

# ESTRUCTURAS METALICAS

Prof. Alberto Moya Arredondo

v.2018

*[Metalicas-uv.weebly.com](http://Metalicas-uv.weebly.com)*

07/03/2018

# OBJETIVOS DEL CURSO:

- Asignatura relacionada con la ejecución de obras en las que se emplean estructuras metálicas, y capacita al estudiante en la comprensión de sistemas constructivos y los esfuerzos involucrados en ellas, permitiéndole plantear sistemas de inspección de obras de acuerdo a normas de diseño y ejecución pertinentes.

Al concluir la asignatura el estudiante será capaz de:

1. Identificar, comprender y aplicar especificaciones técnicas relativas a obras de Estructuras Metálicas
2. Ejecutar, controlar y supervisar obras en las que se utilicen elementos de este tipo.
3. Planificar y dar soluciones constructivas de dichas estructuras, así como de sus conexiones

4. Diseñar elementos y sistemas de estructuras metálicas sencillas en concordancia con NCh427.Of76, Método ASD.
5. En este Curso deberá aplicar un Manual específico que contiene las normas respectivas, tablas de perfiles de diversos fabricantes nacionales y extranjeros, y recomendaciones y especificaciones constructivas.

# Metodología

- Desarrollo del curso secuencial y acumulativo.
- Exposición de conceptos y normas aplicadas
- Resolución de problemas de aplicación de normas en casos reales. Ejercicios
- Utilización de apuntes especiales para el curso.
- Evaluación por unidades temáticas
- Realización de un trabajo relativo a inspección de obras según NCh428of57

# Evaluaciones

1. Certamen 1: Tracción y conectores, normas de ejecución de construcción en acero.
  2. Certamen 2: Compresión axial (simple y compuesta)
  3. Certamen 3: Flexión, interacciones, placas de anclaje
  4. Trabajo de Investigación (Informe) , tema Inspección Técnica de obras de Est.Metálicas y elementos complementarios
- Examen final ( Sumativa extraordinaria)

# BIBLIOGRAFIA

- W. Nash, Shaum 1992. “Resistencia de Materiales”.
- J. Tuma, McGraw-Hill 1970. “Análisis Estructural”.
- J.M.García, McGraw-Hill,1997.”Fundamentos para el Cálculo y Diseño de Estructuras de Acero”.
- McCormac, Alfa Omega, 1999. “Diseño de Estructuras Metálicas, Método ASD”.
- CEAC, 1993. “Manual de Soldadura Eléctrica”.
- P. Beer & E. Russel, Mcgraw-Hill, 1998. “Mecánica de Materiales”.
- NCh427 Of76
- NCh428 Of57

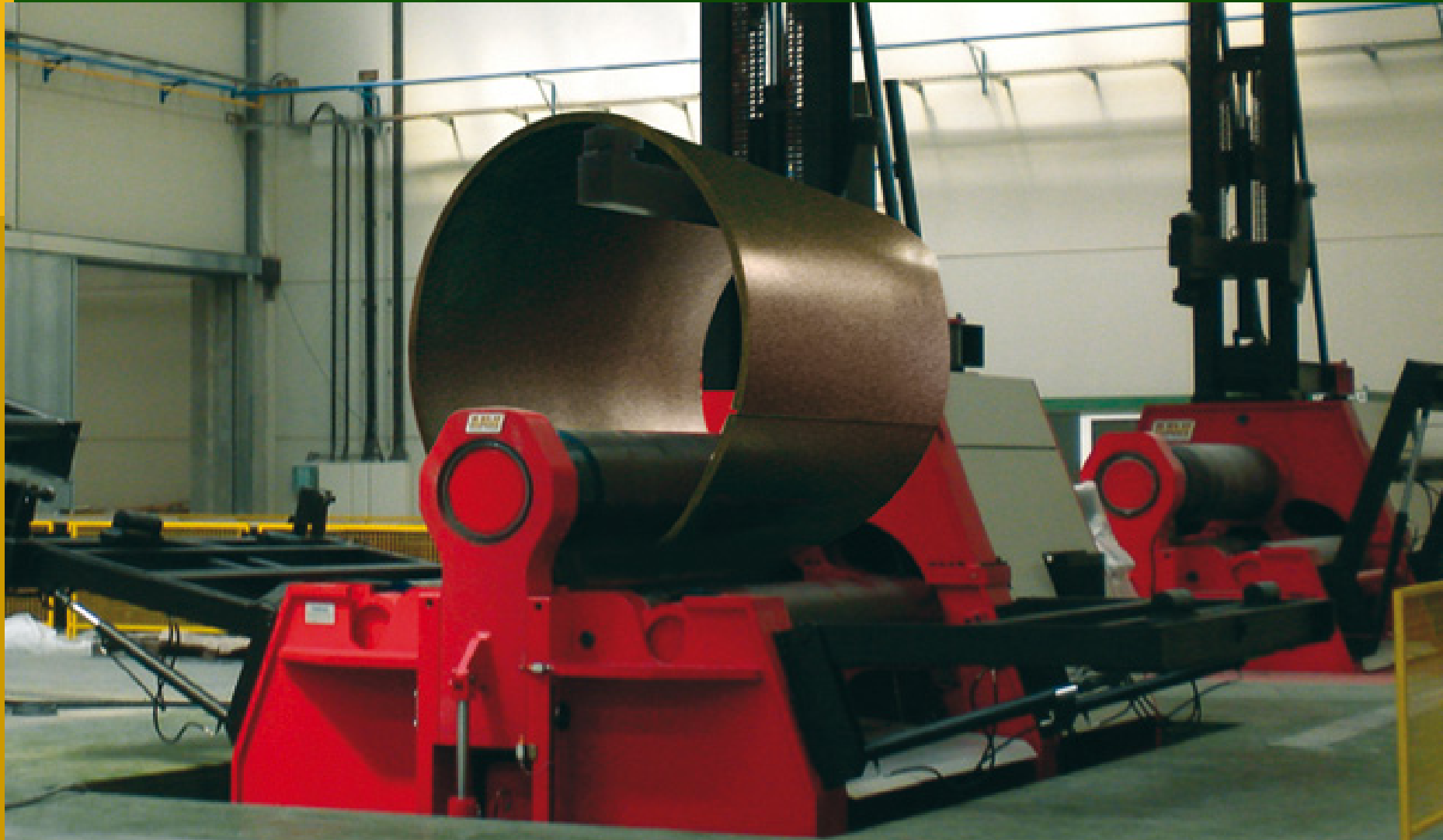
# RECOMENDACIONES

- Período de Ajuste....
  - Puede ser que el estudiante requiera clases de ejercitación y/o pruebas en días extras.
  - No posponer ni faltar a pruebas.
- Grado de Dificultad....
  - Estudiar mucho.
  - Asistir a clases siempre.









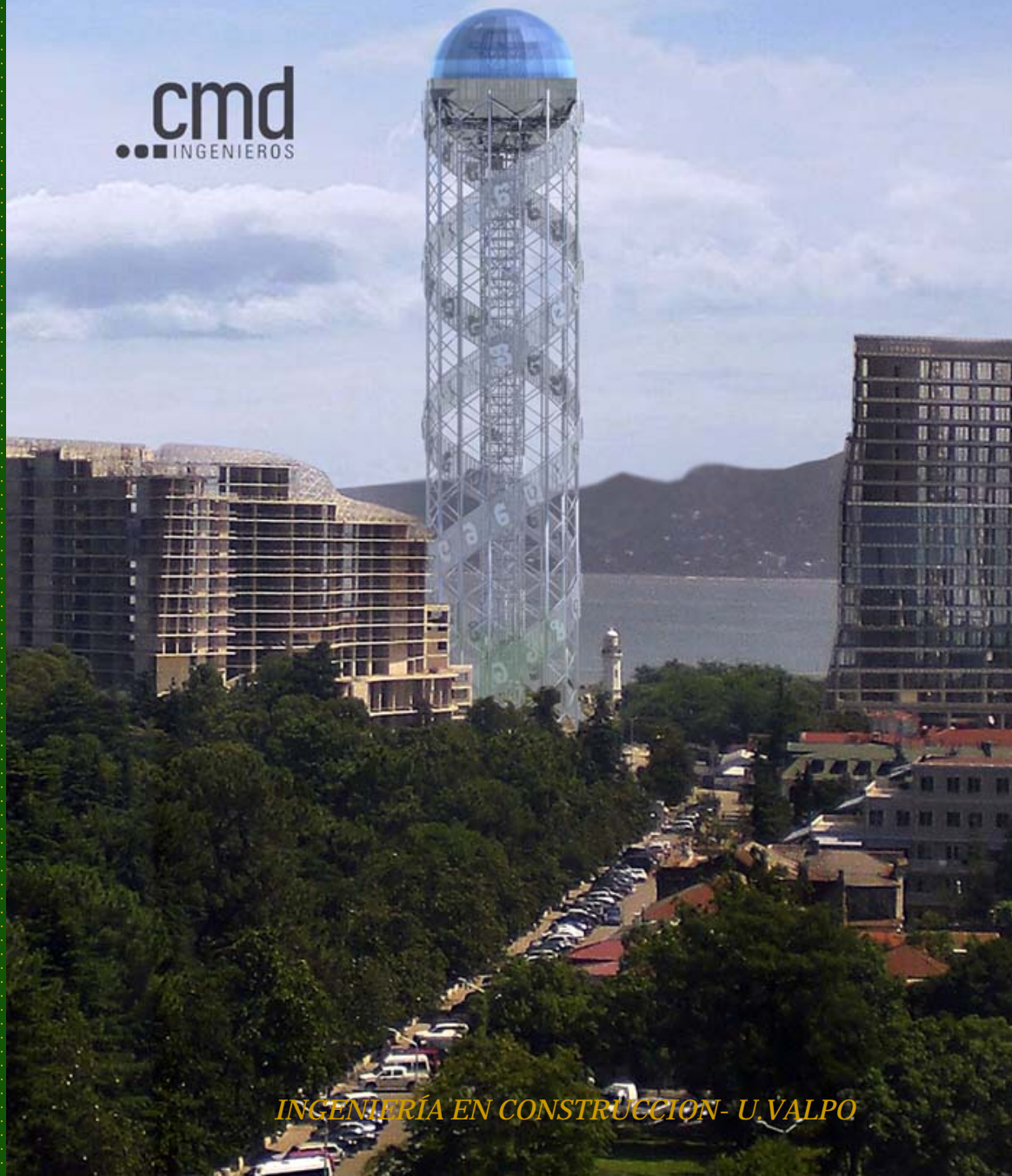








cmd  
INGENIEROS



INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN- U.VALPO

07/03/2018

15

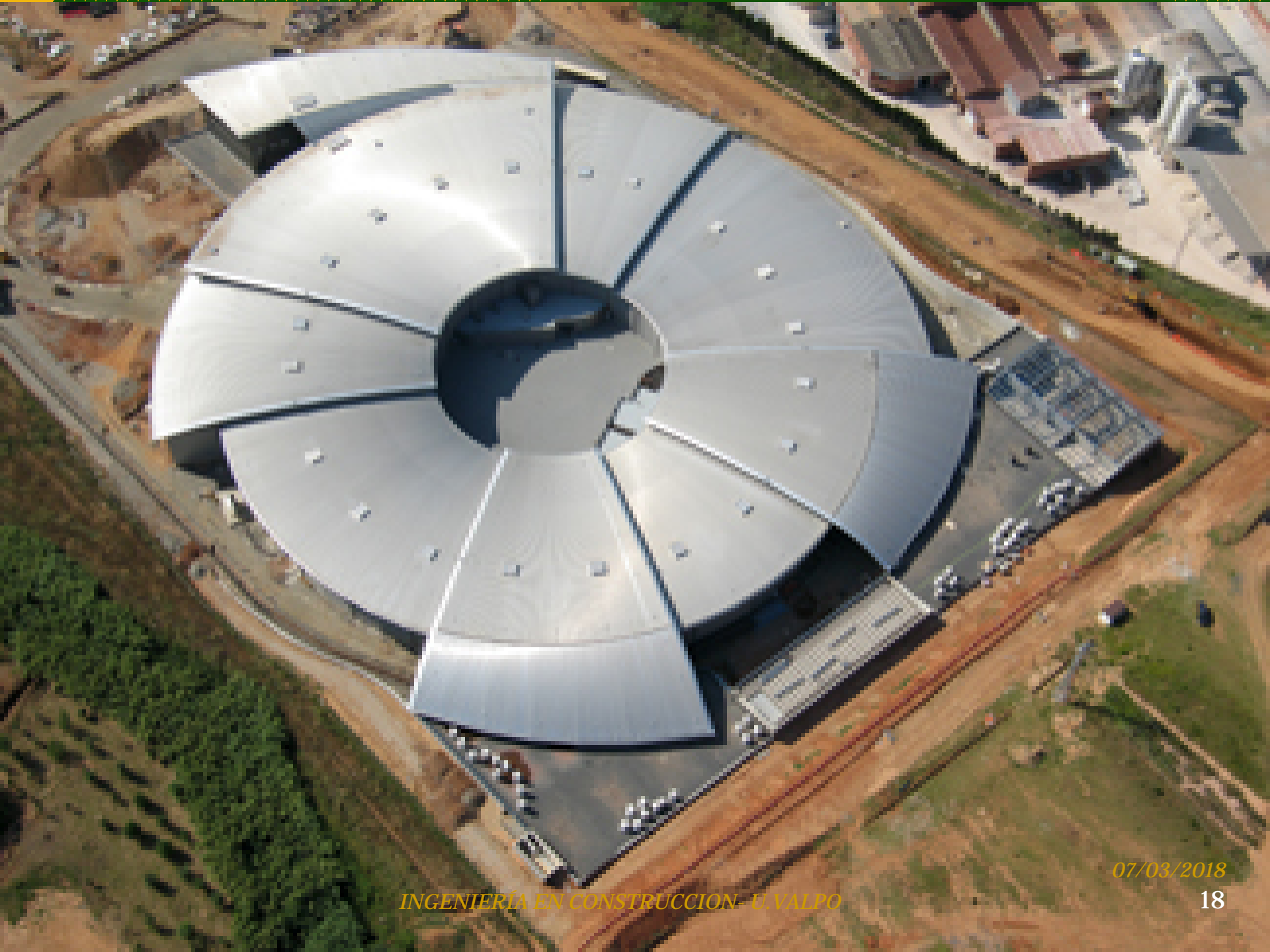








07/08/2018



# Capítulo I: “El Acero”

## 1.- Introducción al Diseño Estructural en Acero.

### **1.1.- Ventajas del Acero como Material Estructural.**

- ✓ Alta Resistencia.
- ✓ Uniformidad.
- ✓ Elasticidad.
- ✓ Durabilidad.
- ✓ Ductilidad.
- ✓ Tenacidad.



## *1.1.- Ventajas del Acero como Material Estructural.*

✓ Ampliaciones  
de  
Estructuras  
existentes.





# ✓ Gran Adaptabilidad a la Prefabricación.



07/03/2018

- ✓ **Gran Facilidad para unir miembros a través de varios tipos de conectores.**



## ✓ Rapidez de Montaje.





✓ **Gran Capacidad para Laminación (Maleabilidad) y plegado en frío.**







ACERO  
**PERFILES ABIERTOS**



07/08/2018



# Reutilización después de desmontaje en otra localización.



07/03/2018

# Valor Residual como chatarra



## 1.2.- Desventajas del Acero como Material Estructural.

× Costo de Mantenimiento.



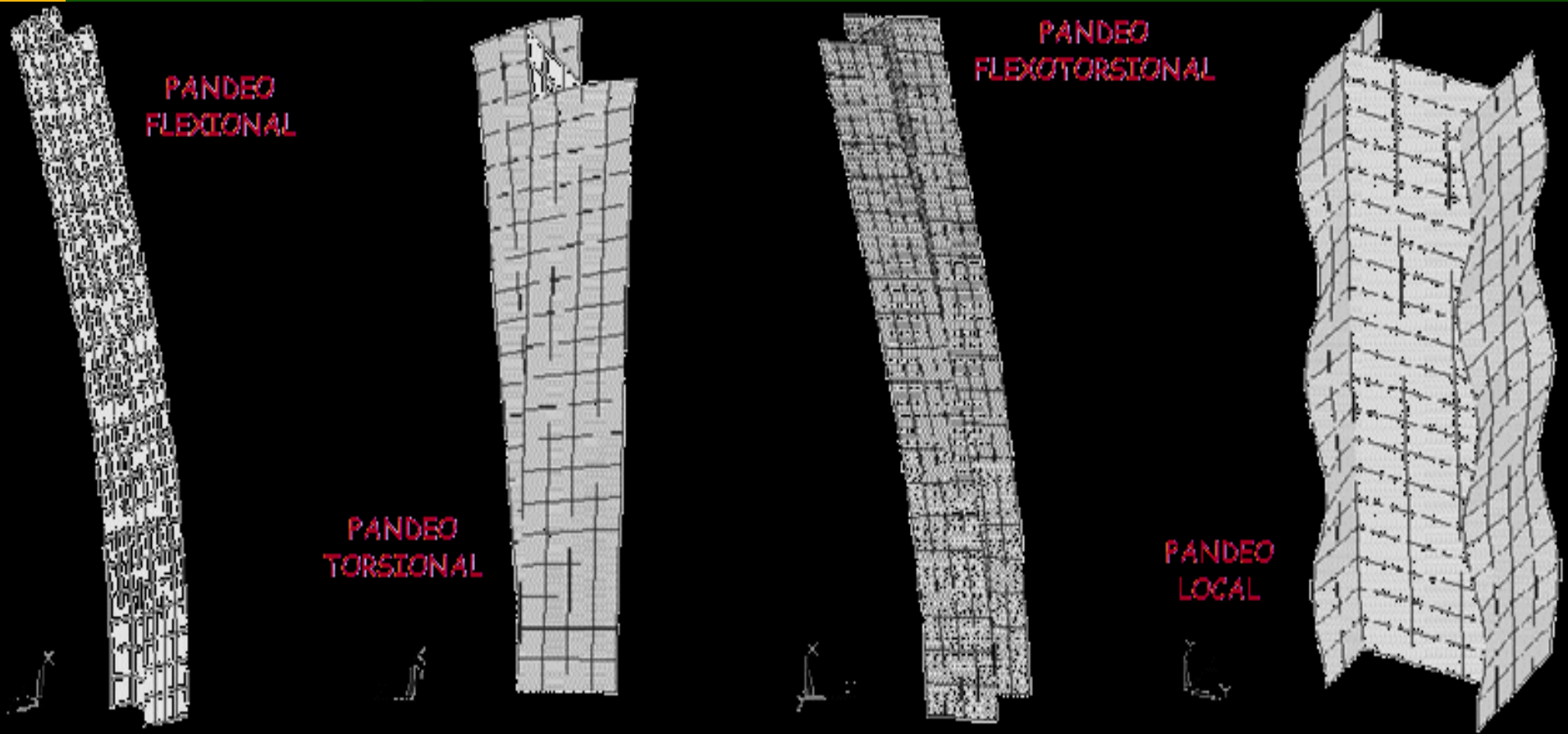
07/03/2018



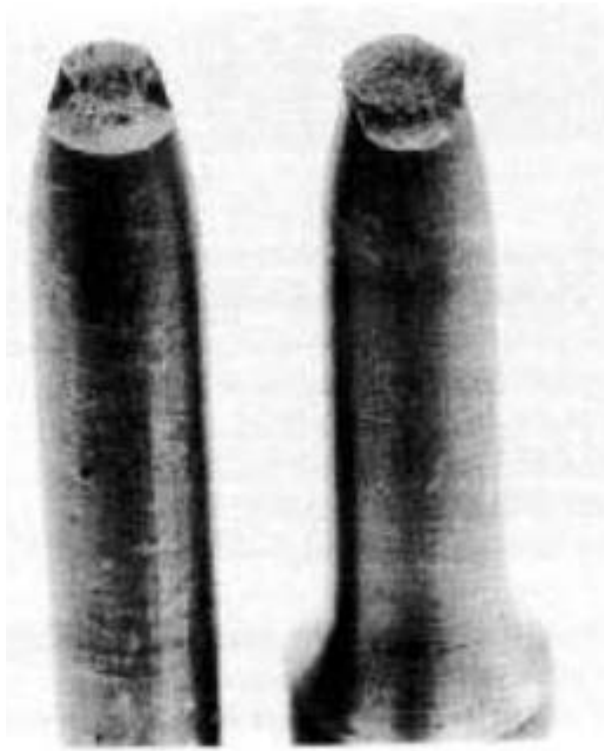
# Costo de Protección contra Fuego



# Susceptibilidad al Pandeo



# Tipos de Fractura



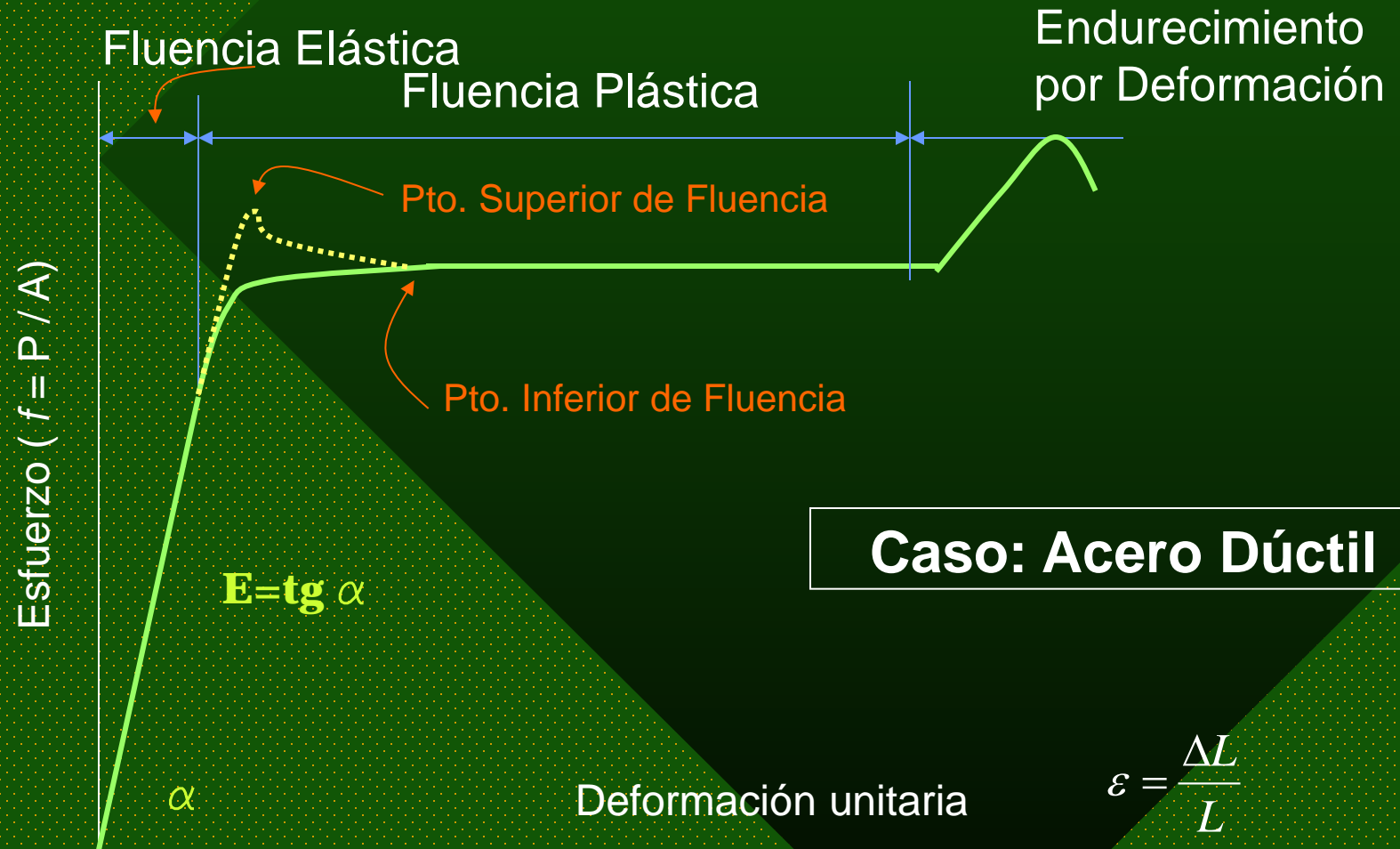
**Fractura Dúctil**



**Fractura Frágil.**

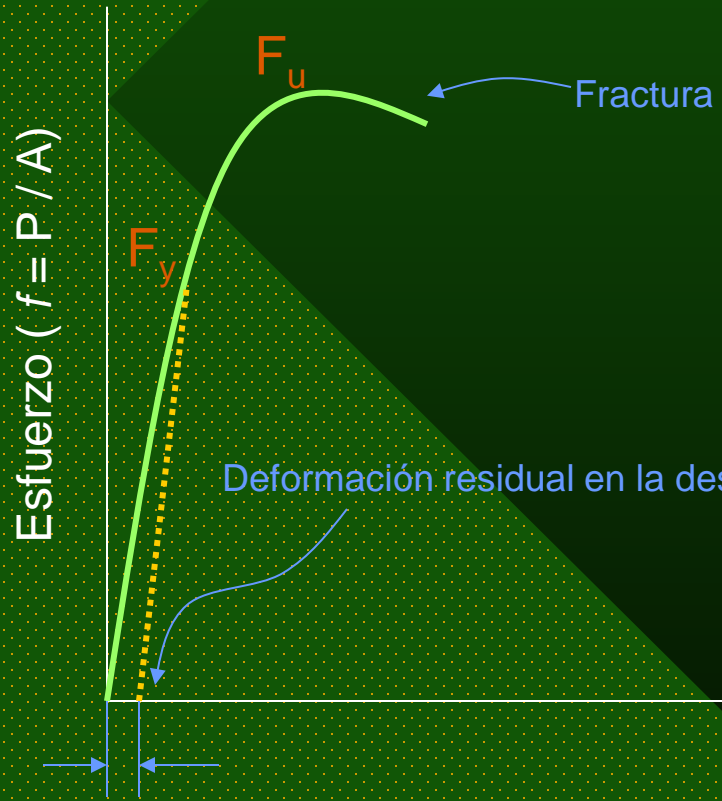


# 1.3.- Relación Esfuerzo-Deformación del Acero Estructural.



# 1.3.- Relación Esfuerzo-Deformación del Acero Estructural. (Cont...)

**Caso: Acero Frágil**



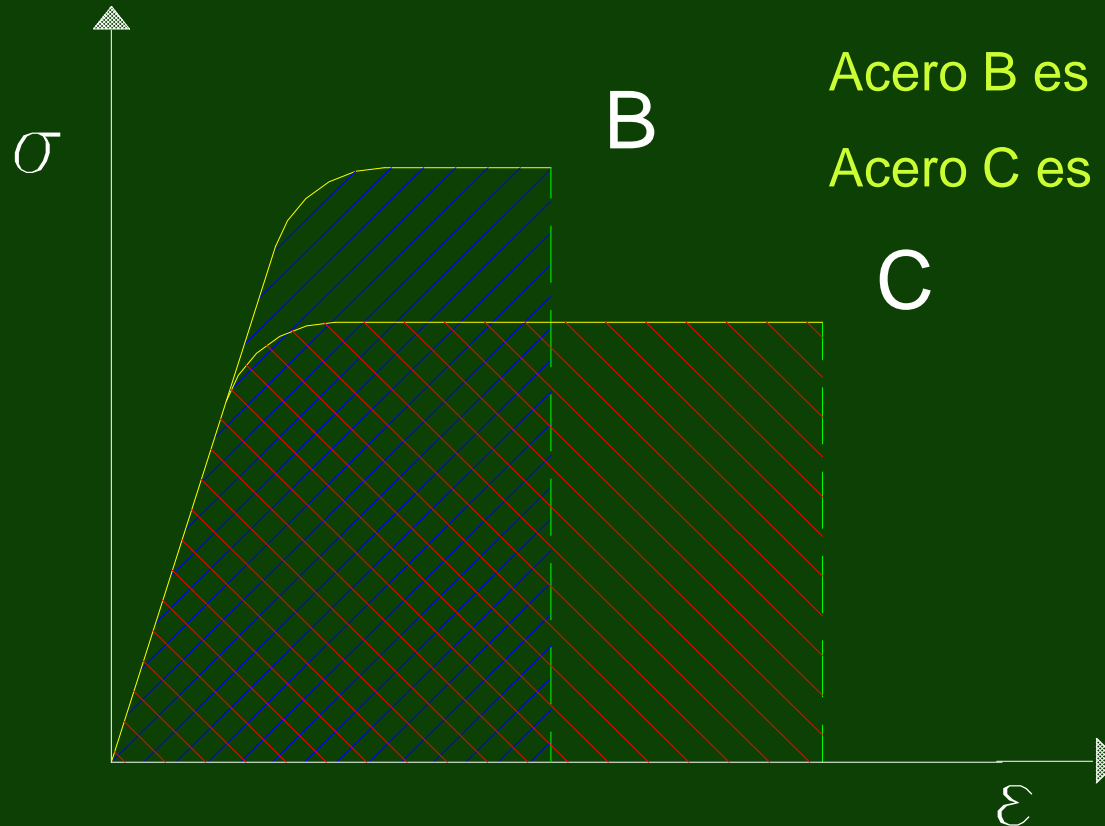
$F_u$  = Resistencia mínima última tensión.

$F_y$  = Esfuerzo mínimo de Fluencia.

Deformación unitaria

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

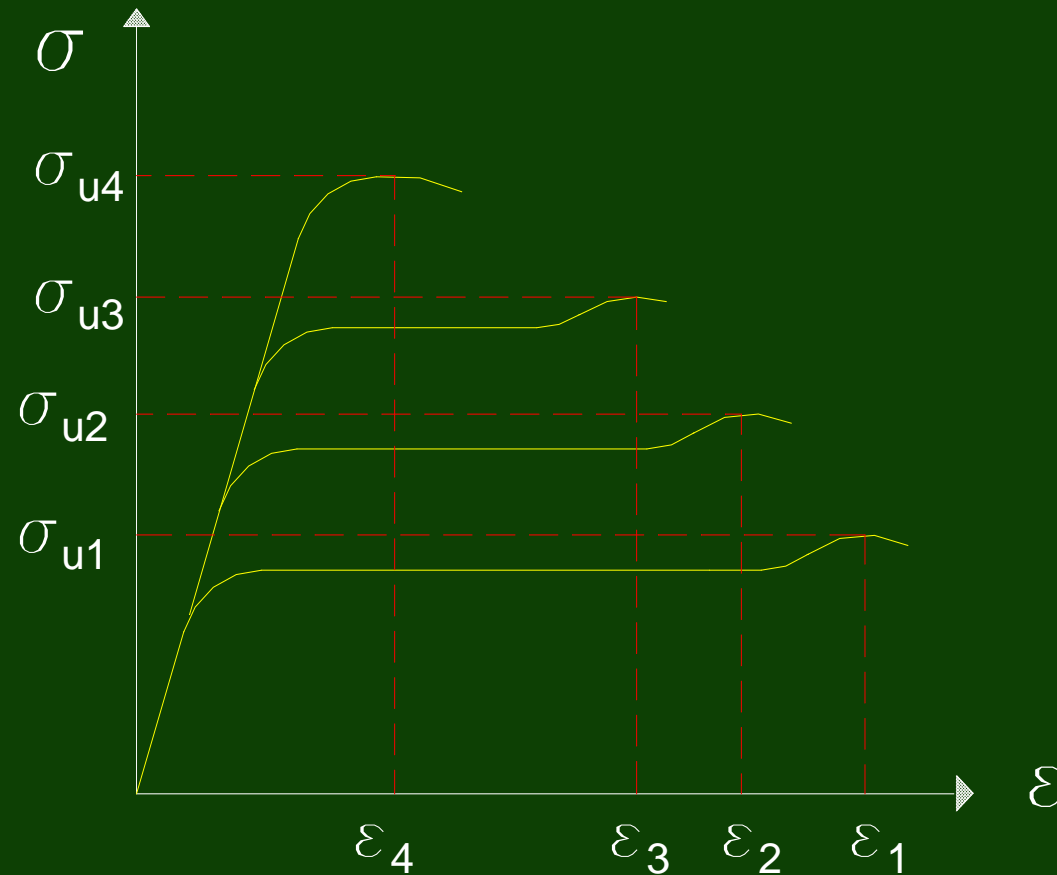
## 1.4.- Relación Ductilidad - Tenacidad



Acero B es más Resistente que C.  
Acero C es más Ductil que B.

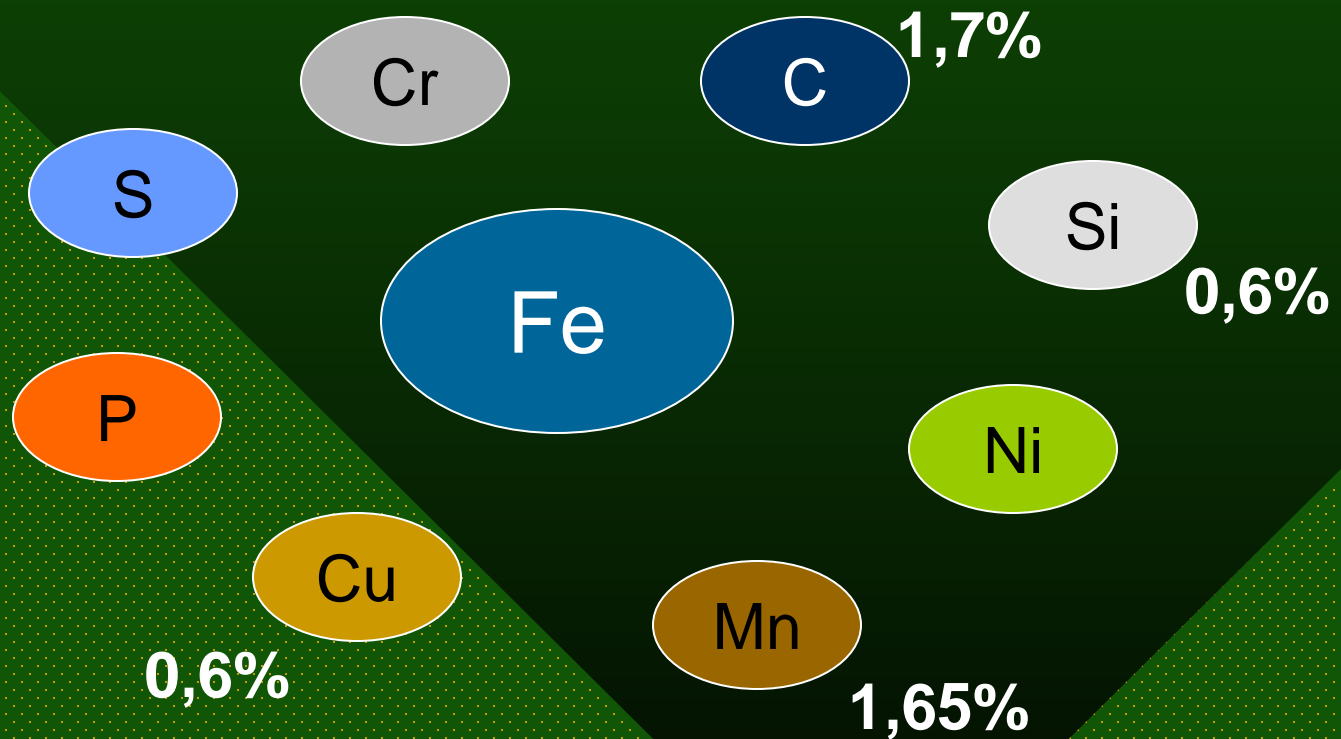
Si  $A_{(B)} = A_{(C)} \Rightarrow$  Acero B es tan tenaz como Acero C

## 1.4.- Relación Ductilidad – Tenacidad (cont.)



## 1.5.- Aceros Estructurales Modernos.

- Aceros al Carbono



- Aceros al Carbono (Cont...)

La composición Química influye en propiedades como:

- Soldabilidad.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a la Fractura.

• Aceros al Carbono (Cont...)

Propiedades de los Aceros Estructurales  
(Según ASTM)

Tipo ASTM		Formas
Al Carbono A-36 A529		Perfiles, barras y placas. Perfiles y placas hasta ½"
Alta resistencia y baja aleación A441 A572 A242 A588	Resistente a la corrosión. Baja Aleación Columbio-Vanadio. Muy resistente a la corrosión. Muy resistente a la corrosión.	Perfiles, placas y barras hasta 8 plg. Perfiles, placas y barras hasta 6 plg. Perfiles, placas y barras hasta 4 plg. Placas y barras.
Templados y revenidos A514		Placas sólo hasta 4 plg.

# Propiedades de los Aceros Estructurales (Según ASTM)

Tipo ASTM	Usos
A-36 A529	Puentes, Edificios y Estructuras remachadas, atornilladas o soldadas.
A441	Puentes, Edificios y Estructuras remachadas, atornilladas pero preferentemente soldadas.
A572	Estructuras remachadas, atornilladas o soldadas. No se emplea en puentes soldados si el grado es superior a 50.
A242	Puentes, edificios y estructuras remachadas, atornilladas o soldadas siendo muy importante la técnica de soldeo.
A588	Enfocado principalmente a Puentes y Edificios soldados.
A514	Enfocado principalmente a puentes soldados. Requiere mucha atención a la técnica de soldeo, no se usa si la ductilidad es importante.



**Tabla 1-1 PROPIEDADES DE ACEROS ESTRUCTURALES**

Designación de la ASTM	Tipo de acero	Formas	Usos recomendados	Esfuerzo mínimo de fluencia $F_y^a$ , klb/plg <sup>2</sup>	Resistencia especificada mínima a la tensión $F_u^b$ , klb/plg <sup>2</sup>
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Puentes, edificios y otras estructuras atornilladas, soldadas o remachadas	36, pero 32 si el espesor es mayor de 8 plg <b>2530</b>	50-80 <b>3515- 5625</b>
A529	Al carbono	Perfiles y placas hasta 1/2 plg	Similar al A36	42 <b>2953</b>	60-85 <b>4218- 5976</b>
A441	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta 8 plg	Similar al A36	40-50 <b>2953- 3515</b>	60-70 <b>3515- 4921</b>
A572	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta 6 plg	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas. No para puentes soldados de acero con $F_y = 55$ o mayores	42-65 <b>2953- 4570</b>	60-80 <b>3515- 5625</b>
A242	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Perfiles, placas y barras hasta 4 plg	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas; técnica de soldado muy importante	42-50 <b>2953- 3515</b>	6370 <b>4429- 4921</b>
A588	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Placas y barras	Construcciones atornilladas y remachadas	42-50 <b>2953- 3515</b>	63-70 <b>4429- 4921</b>
A852	De baja aleación, templado y revenido	Placas sólo hasta 4 plg	Construcción soldada, remachada o atornillada; principalmente para puentes y edificios soldados. Técnica de soldado de importancia fundamental	70 <b>4921</b>	90-110 <b>6328- 7734</b>
A514	Aleados templados y revenidos	Placas sólo hasta 4 plg	Estructuras soldadas con mucha atención a la técnica empleada; no se use si la ductilidad es importante	90-100 <b>6328- 7031</b>	100-130 <b>7031- 9140</b>

## 1.6.- Propiedades en Ley de Hooke.

- Módulo de Elasticidad de Young:

$$E = 200.000 \text{ Mpa} = 2.040.000 \text{ kg/cm}^2$$

- Coeficiente de Poisson:

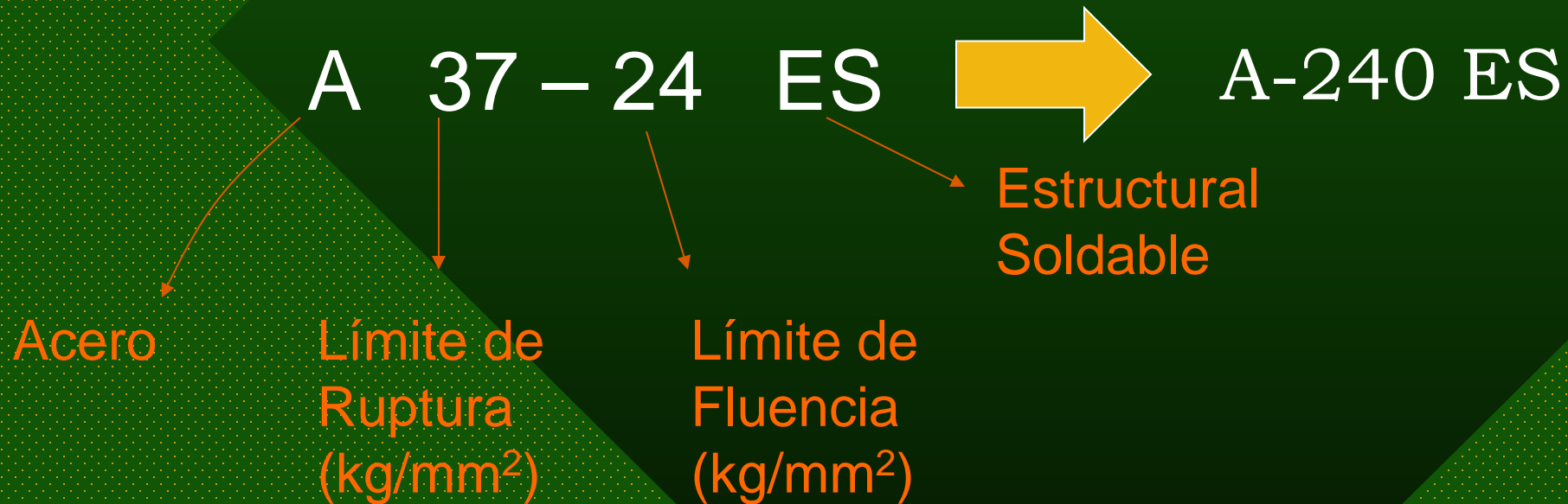
$$\nu = \delta / \varepsilon = 0,3.$$

- Módulo Elástico transversal:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = 77.200 \text{ MPa} = 787.440 \text{ kg/cm}^2$$

## 1.7.- Calidades Comerciales en Chile.

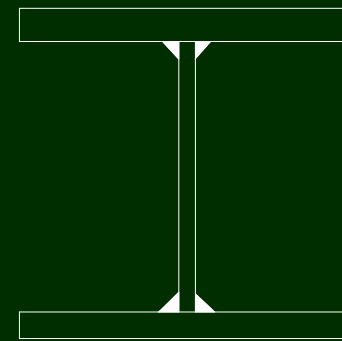
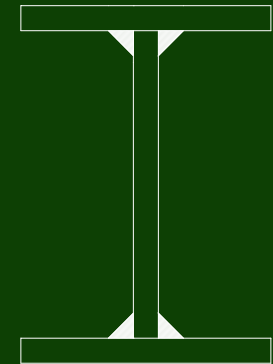
Designación de aceros (según NCh 427)



Otros: A 42-27 ES      A270-ES  
 A 52-34 ES      A345 ES

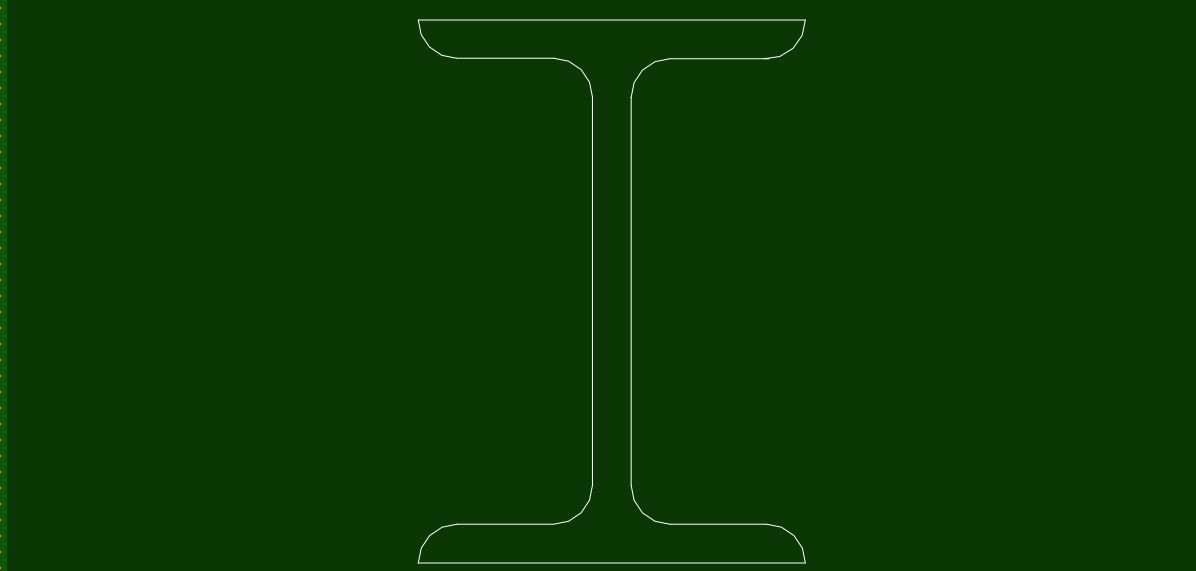
## 1.8.- *Productos Estructurales más usados en Chile*

- Armados: (soldados)
  - IN doble T (serie normal de vigas)
  - IB doble T (serie híbrida de vigas)
  - HN doble T (serie normal de columnas)



## 1.8.- *Productos Estructurales más usados en Chile*

- Laminados (Tren de laminación)
  - W doble T (serie Americana)
  - IPE doble T (serie Alemana)



## 1.8.- Productos Estructurales más usados en Chile (Cont.)

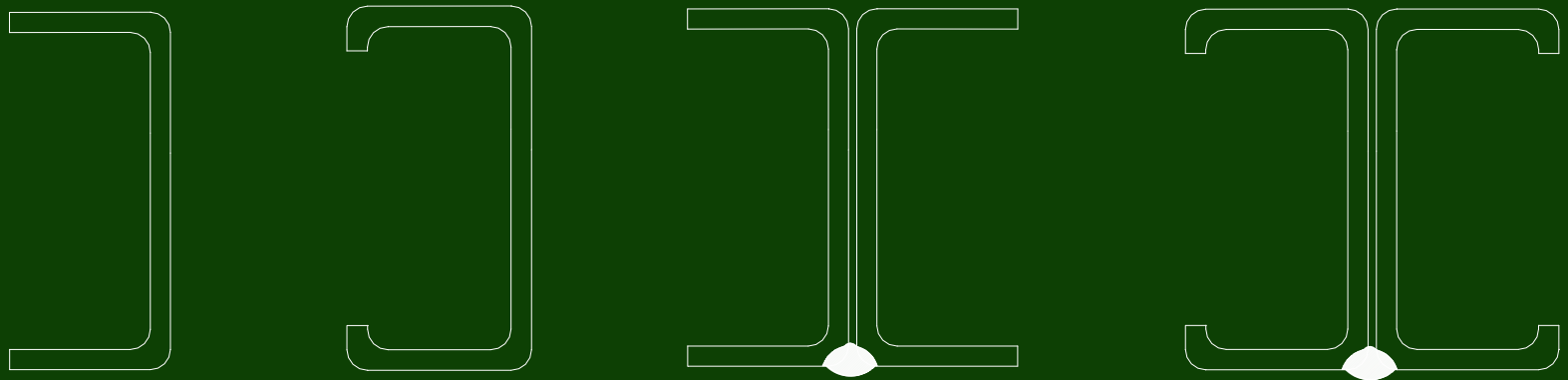
- Plegado en frío

C canal

CA canal atiesada

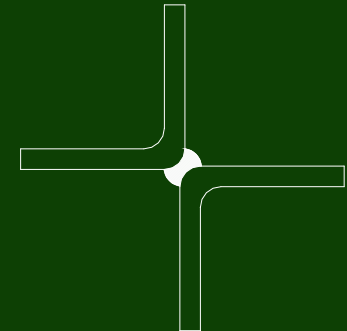
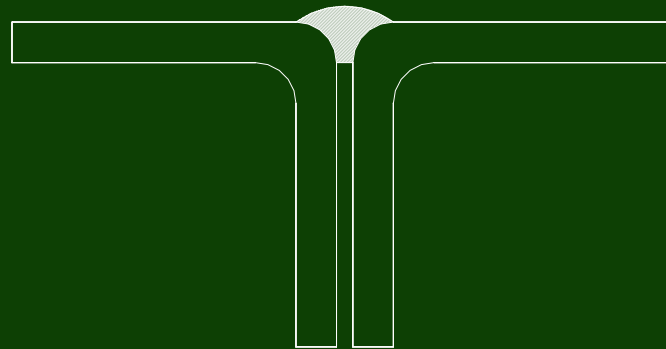
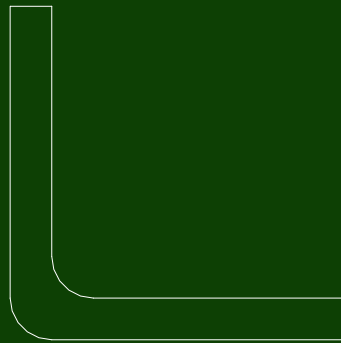
IC doble T (2 canales espalda espalda)

ICA doble T (2 canales atiesadas espalda espalda)



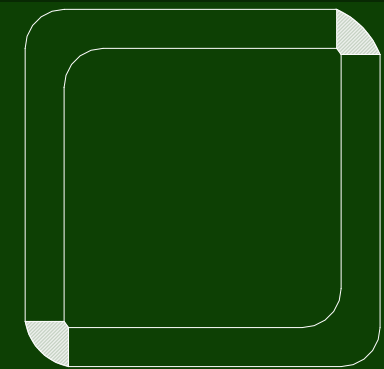
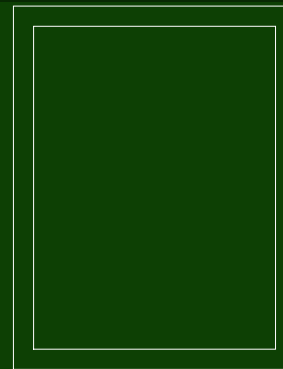
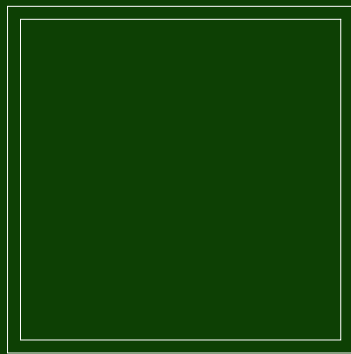
## 1.8.- Productos Estructurales más usados en Chile (Cont.)

- Plegado en frío
  - L ángulo
  - TL T formada por dos ángulos espalda espalda
  - XL X formada por dos ángulos vértice vértice



## 1.8.- Productos Estructurales más usados en Chile (Cont.)

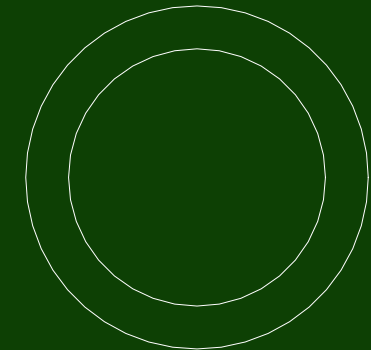
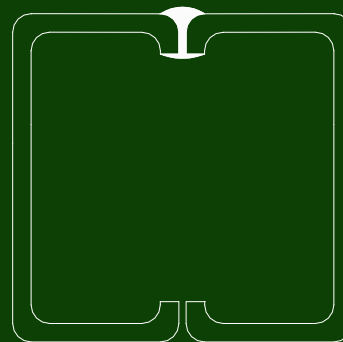
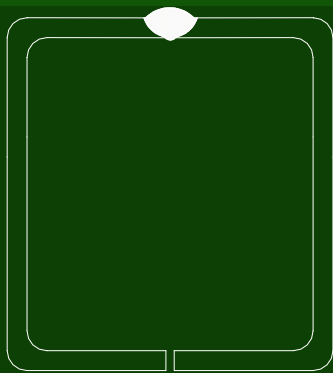
- Plegado en frío (cont.)
  - □ cajón cuadrado
  - □ cajón rectangular.
  - □ L cajón formado por 2 ángulos de frente.





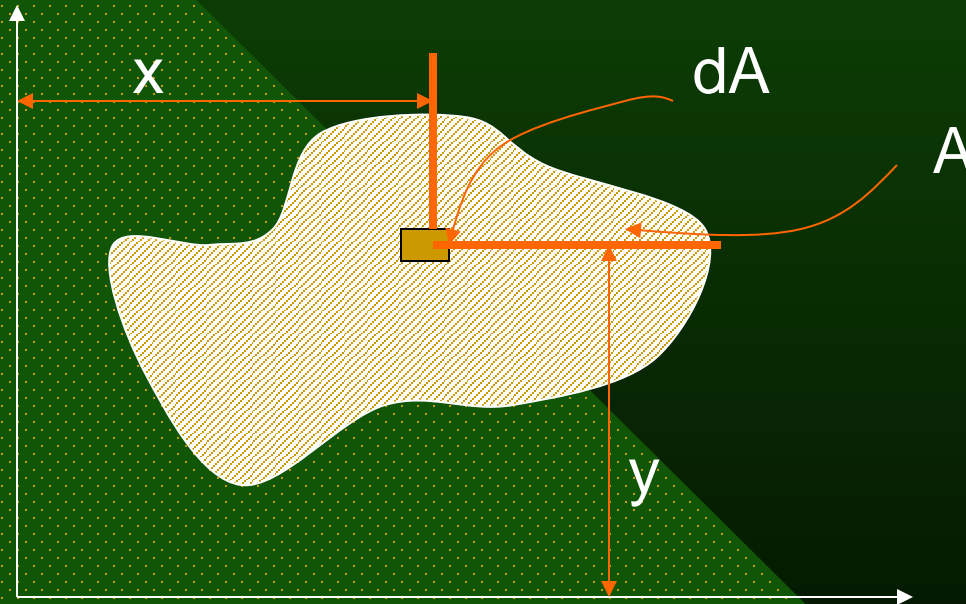
## 1.8.- Productos Estructurales más usados en Chile (Cont.)

- Plegado en frío (cont.)
  - □ C cajón formado por 2 canales de frente.
  - □ CA cajón formado por 2 canales atiesadas frente.
- Tubos
  - ○ sección tubular redonda



## 2.- Propiedades de Areas Planas

### 2.1.- Momento Estático

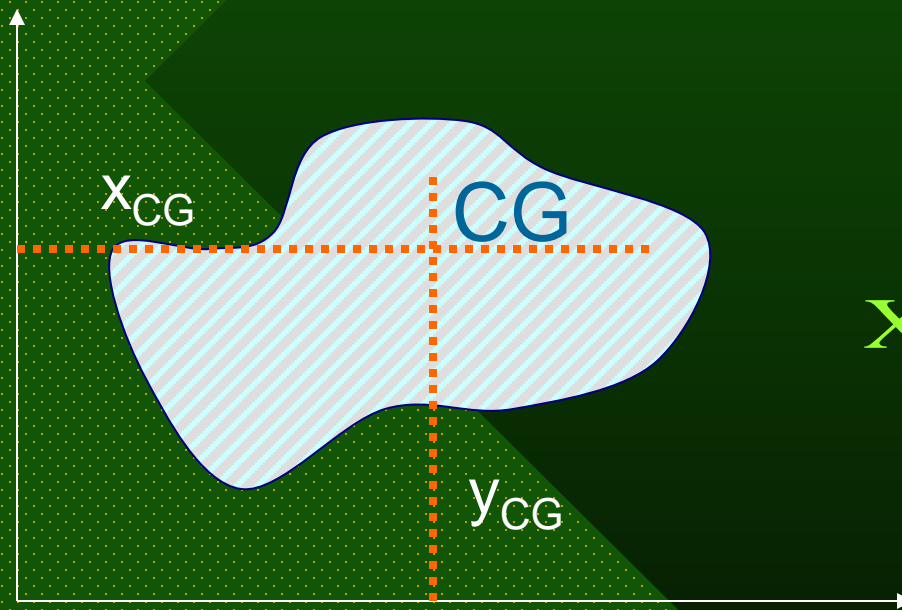


$$\tau = \frac{Q \times S}{b \times I}$$

$$S_x = \int_A y \, dA$$

$$S_y = \int_A x \, dA$$

## 2.2.-Ejes de Gravedad



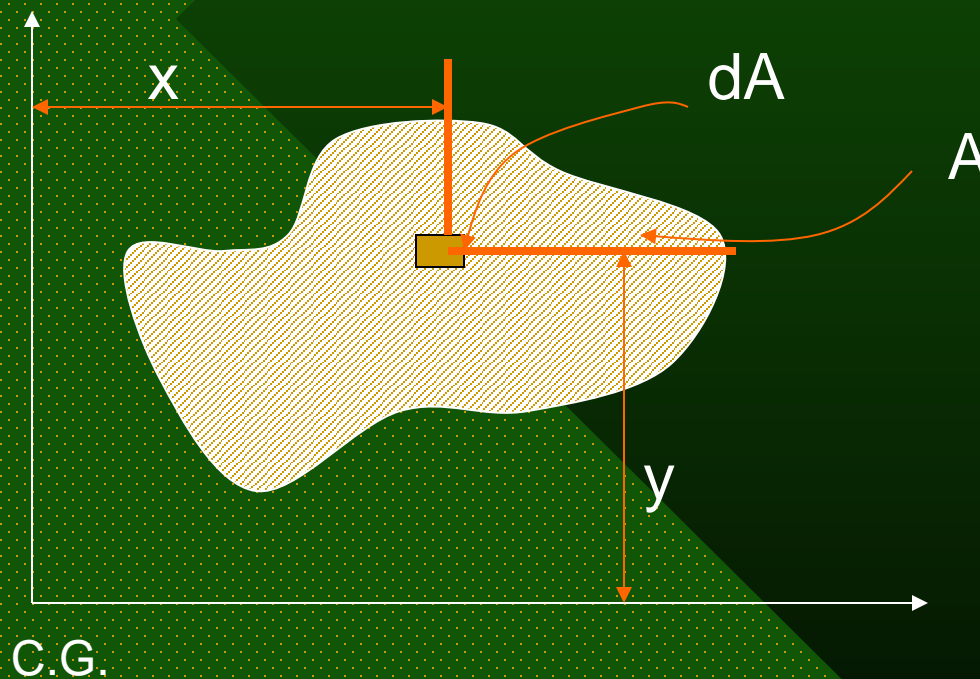
$$Y_{CG} = \frac{\int y \, dA}{A} = \frac{S_x}{A}$$

$$X_{CG} = \frac{\int x \, dA}{A} = \frac{S_y}{A}$$

$$S_x = A y_{CG}$$

$$S_y = A x_{CG}$$

## 2.3.- Momento de Inercia



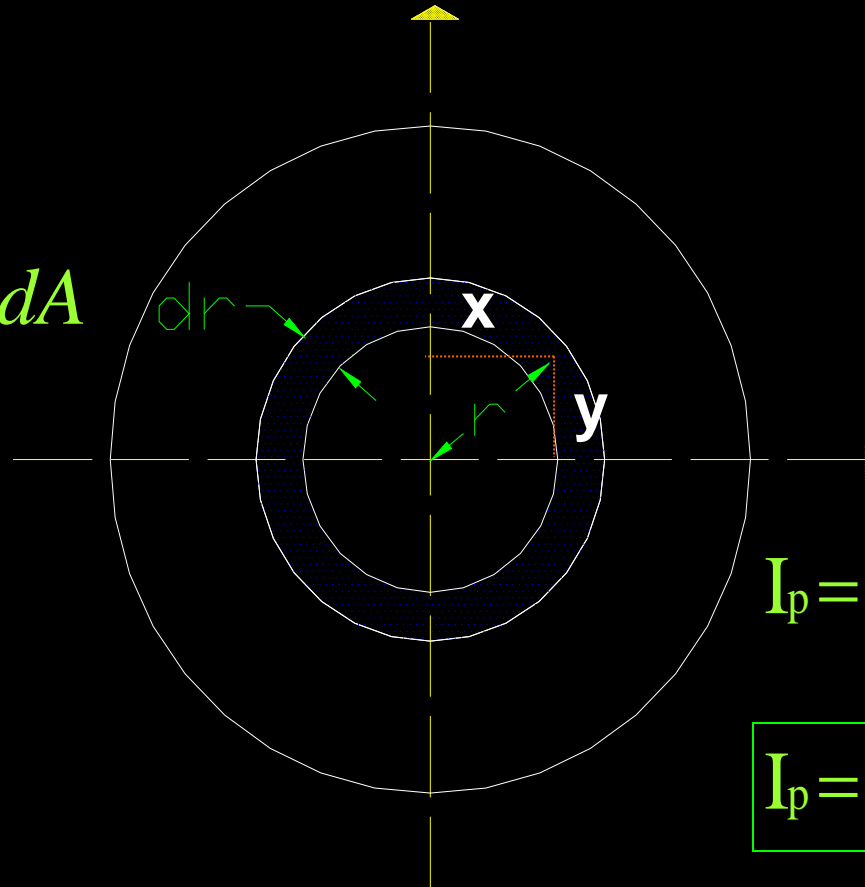
$$I_x = \int_A y^2 dA$$

$$I_y = \int_A x^2 dA$$

## 2.4.- Momento Polar de Inercia

$$I_p = \int_A r^2 dA$$

$$I_p = \int_A (x^2 + y^2) dA$$

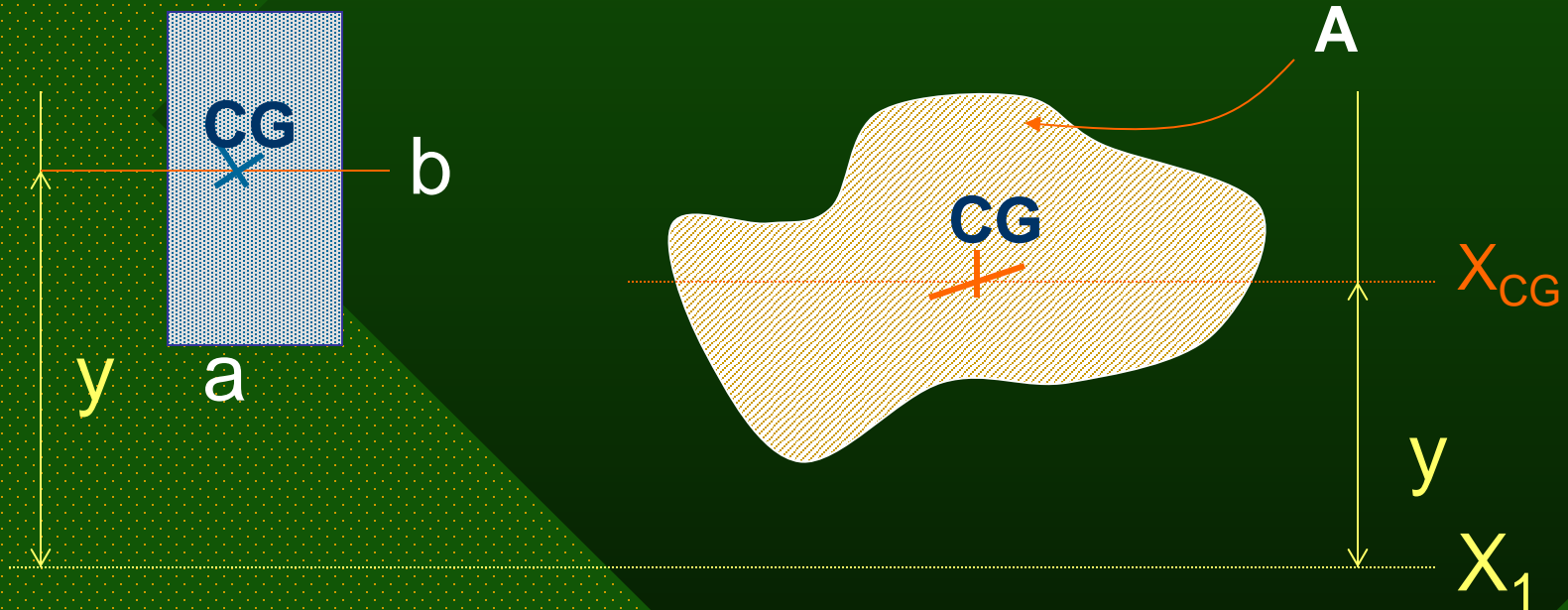


$$I_p = \int_A x^2 dA + \int_A y^2 dA$$

$$I_p = I_y + I_x$$



## 2.5.- Teorema de Steiner (Ejes Paralelos)



$$I_{x_1} = (ab^3)/12 + aby^2$$

$$I_{x_1} = I_{X_{CG}} + Ay^2$$

## 2.6.- Módulo de Sección (Momento Resistente: W).

$$M = \sigma W$$

$$W = \frac{M}{\sigma}$$

$$W = \frac{I}{y}$$

## 2.7.- Radio de Giro.

$$i_{x, y} = \sqrt{\frac{I_{x, y}}{A}}$$

### 3.- Cargas de Diseño.

Cargas Normales	Cargas Eventuales
<b>Peso Propio (P.P)</b>	<b>Viento (V) NCh 432</b>
<b>Sobrecarga (S.C)</b>	<b>Sismo (S) NCh 433</b>
<b>Impacto (I)</b>	<b>Otras Fuerzas (Ej: Huracán)</b>
<b>Fuerza Horizontal en los rieles de una grúa (H)</b>	

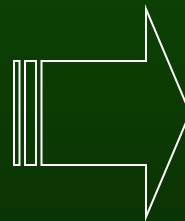
• Combinación de Cargas (NCh 427 cR 77)

• P.P + S.C.  $\Rightarrow$  Coeficiente de Cargas = 1

• P.P + S.C. + N

• P.P + S.C. + S

• P.P + S.C. + V



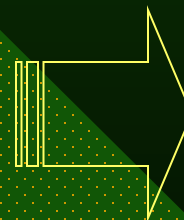
Con 1 eventualidad:

Coef. de Cargas = 0.75

• P.P + S.C. + N + V

• P.P + S.C. + S + N

• P.P + S.C. + V + S



Con 2 eventualidades:

Coef. de Cargas = 0.67



## 4.- Métodos de Diseño Estructural.

### 4.1.- El Projectista Estructural.

Distribuye y dimensiona las estructuras y las partes de ella para soportar satisfactoriamente las cargas a que quedaran sometidas.

## 4.1.- El Proyectista Estructural. (Cont.)

### Funciones:

- Trazo general de la estructura.
- Estudio de las formas estructurales posibles.
- Consideración de las condiciones de carga.
- Análisis de esfuerzos, deflexiones, etc.
- Diseño de elementos.
- Preparación de los Planos.

## 4.1.- El Proyectista Estructural. (Cont.)

- Objetivos del Proyecto Estructural:
  - Seguridad.
  - Costo.
  - Factibilidad.

## 4.1.- El Proyectista Estructural. (Cont.)

### Diseño Económico de Miembros de Acero:

- Debe seleccionar perfiles según existencias.
- Uniformar el mayor número posible de perfiles.
- Considerar en edificios altos (muchos pisos) la posible reducción de la altura total.

## Diseño Económico de Miembros de Acero: (Cont.)

- Considerar los costos de transporte en elementos muy grandes.
- Escoger secciones fáciles de montar y mantener.
- Considerar posibles interferencias con instalaciones.
- Considerar la apariencia (Efecto estético).



## Exactitud de los Cálculos.

- El diseño Estructural no es una ciencia exacta.
  - Métodos de análisis basados en suposiciones parcialmente ciertas.
  - Las resistencias de los materiales varían apreciablemente.
  - Cargas máximas pueden determinarse sólo aproximadamente.

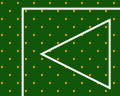
## Exactitud de los Cálculos.(Cont.)

- Entonces:

A pesar de la Precisión de las calculadoras y computadores, el uso de más de 2 ó 3 cifras significativas, son de poco valor y pueden darle al estudiante una falsa idea de seguridad. (en los resultados)

## 4.2.- Diseño Elástico y Diseño Plástico.

Diseño Elástico	Diseño Plástico
Esfuerzos Admisibles	Diseño al colapso
Esfuerzos de Trabajo	
$\sigma_{\text{trabajo}} \leq \sigma_{\text{admisible}}$	$P_{\text{trabajo}} * F.C. \approx P_{\text{colapso}}$
$\sigma_{\text{admisibles}} = f / C.S.$	



## 4.2.1.- Diseño Elástico.

### Método A.S.D. (Allowable Stress Design)

Distribución de Esfuerzos en el Colapso  
=  
Distribución de Esfuerzos en el Régimen Elástico

La Estructura falla provocada por un aumento proporcional de todas las sollicitaciones.

## 4.2.1.- Diseño Elástico.

### DISTORSIÓN

- Es falsa, no considera la redistribución de esfuerzos antes de la falla.
- No es Real (Ej.: La carga muerta no varía)

## 4.2.2.- Diseño Plástico.

### Método L.R.F.D. (Load and Resistance Factor Design)

- Considera la condición de falla o de resistencia última.
- Combina el cálculo de estados límites de resistencia y servicio con un enfoque probabilístico de la seguridad.



## 4.2.2.- Diseño Plástico.



# RESUMEN A.S.D.

## Método de las tensiones admisibles

**TRACCIÓN :**  $f_t \leq Ft$

**COMPRESIÓN:**  $f_c \leq Fc$

**CORTANTE:**  $f_v \leq Fv$

**APLASTAMIENTO**  $f_{ap} \leq Fap$

**FLEXIÓN:**  $f_m \leq Fm$