

Diseño mecánico y estructural

Grado en Diseño de Producto
Guillermo Filippone

Fundamentos del diseño mecánico

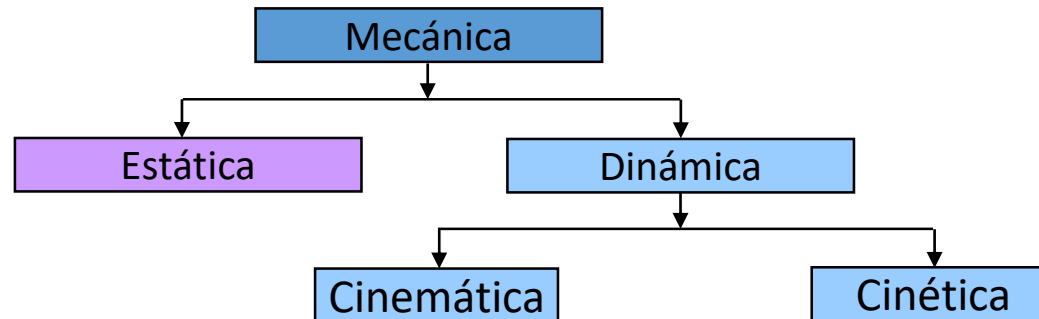
Diseño Mecánico

Diseño. Elaborar un plan que satisfaga determinadas necesidades.

Transformación de conceptos e ideas en un elemento útil

Diseño mecánico. Idem, aplicable a maquinaria útil.

Sistemas mecánicos. Unión sinérgica de elementos de máquinas.



Diseño Mecánico

Fundamentos.

Funcionalidad (servicio).

Competitividad.

Comercializable.

Economía.

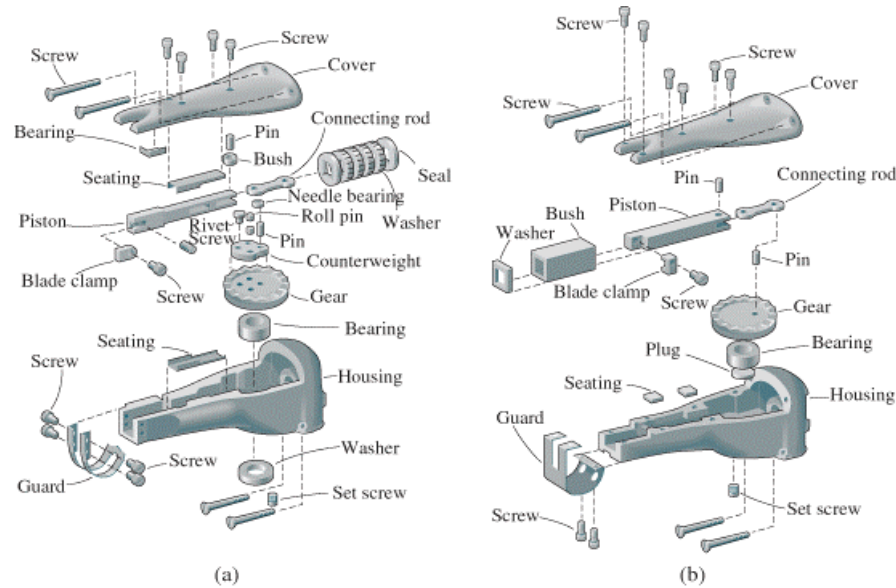
Fabricabilidad.

Códigos y normas.

Etapas

1. Estudio de alternativas y selección: Conocimiento. Experiencia.
2. Dimensionado: Funcionam. satisfecho. Seguridad. Fiabilidad.
3. Evaluación desempeño frente a requisitos. Ensayos...
4. Optimización: Recálculo. Rediseño.

Diseño Mecánico



Diseño de un componente aplicando criterios de fabricabilidad.

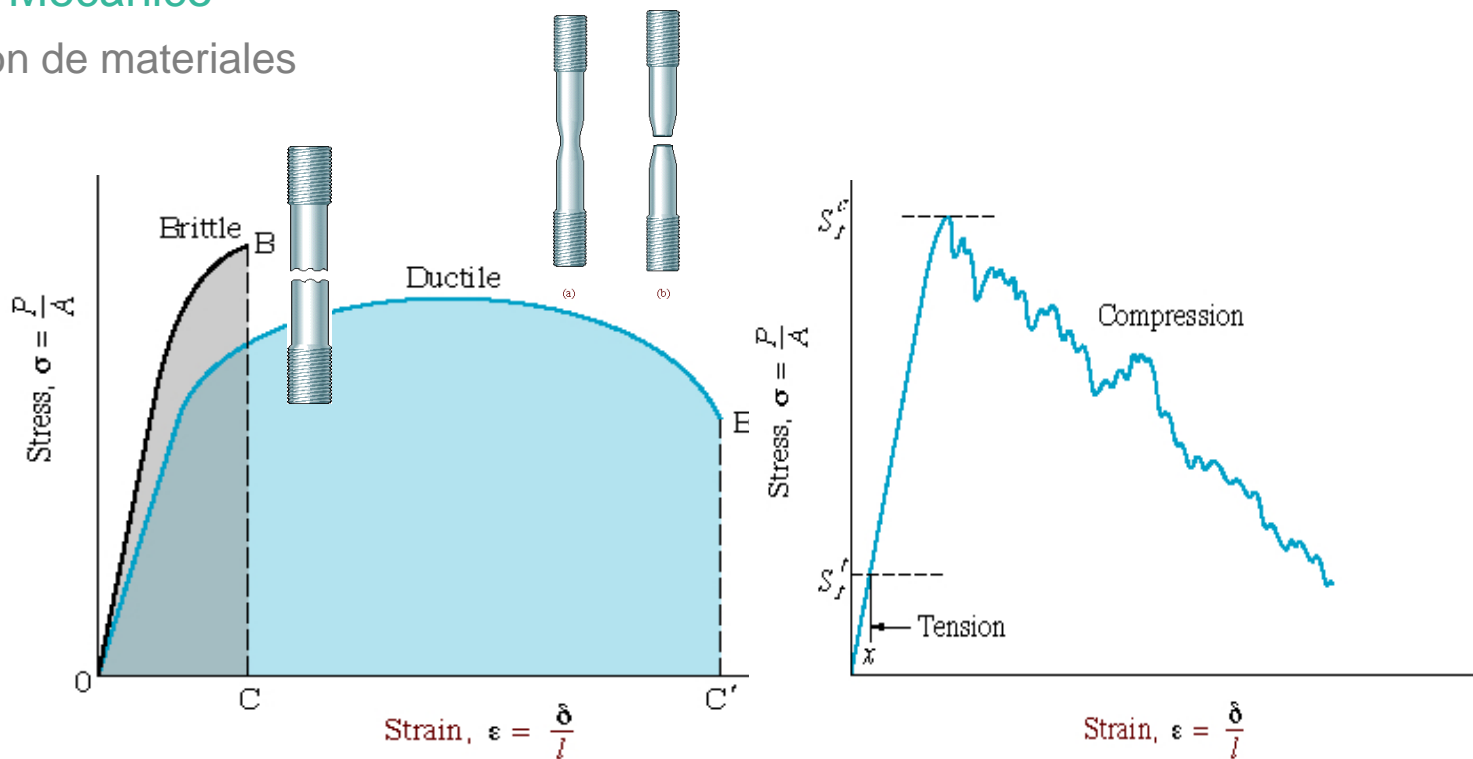
(a) Diseño Original: 41 partes / 6.37 min tiempo de montaje.

(b) Diseño Modificado: 29 partes / 2.58 min tiempo de montaje.

*Basado en "Elementos de máquinas"
HAMROCK, BERNARD J. et al.*

Diseño Mecánico

Selección de materiales

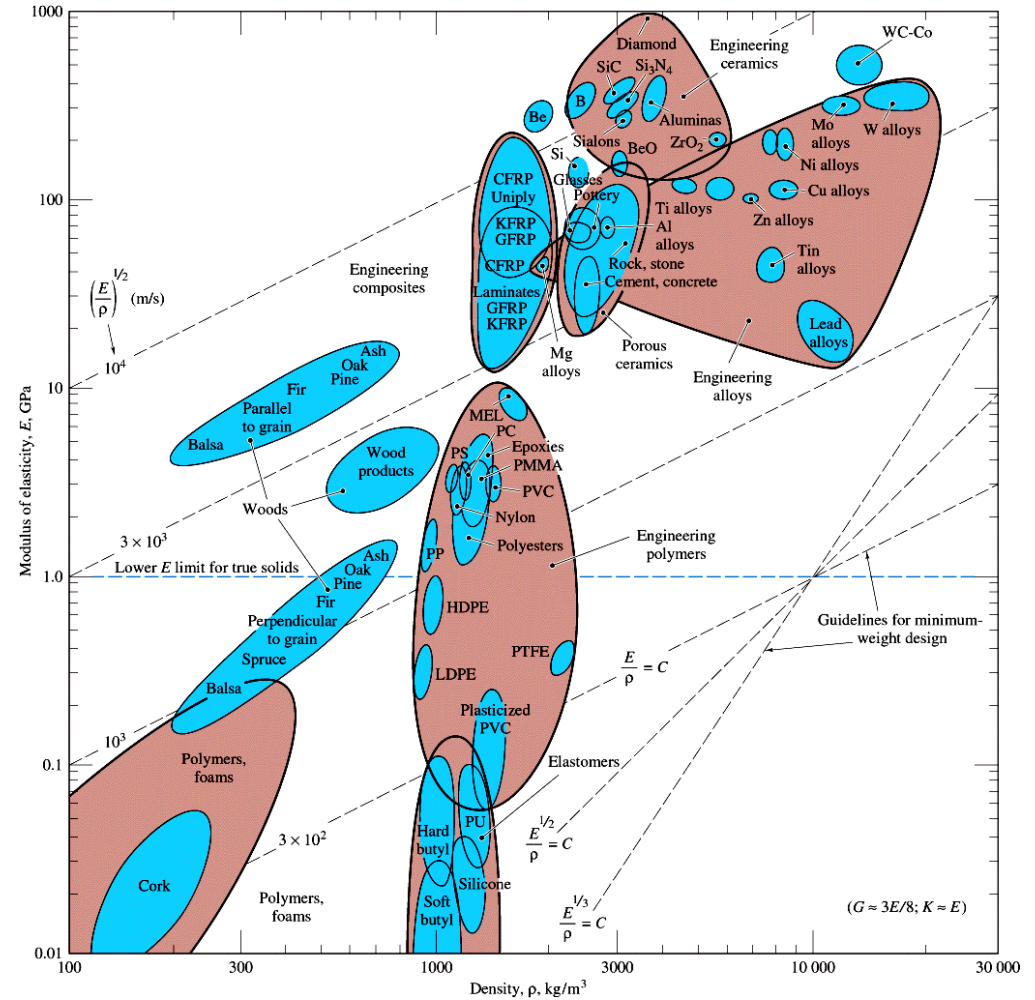


Resistencia y alargamiento de materiales frágiles y dúctiles

Diseño Mecánico

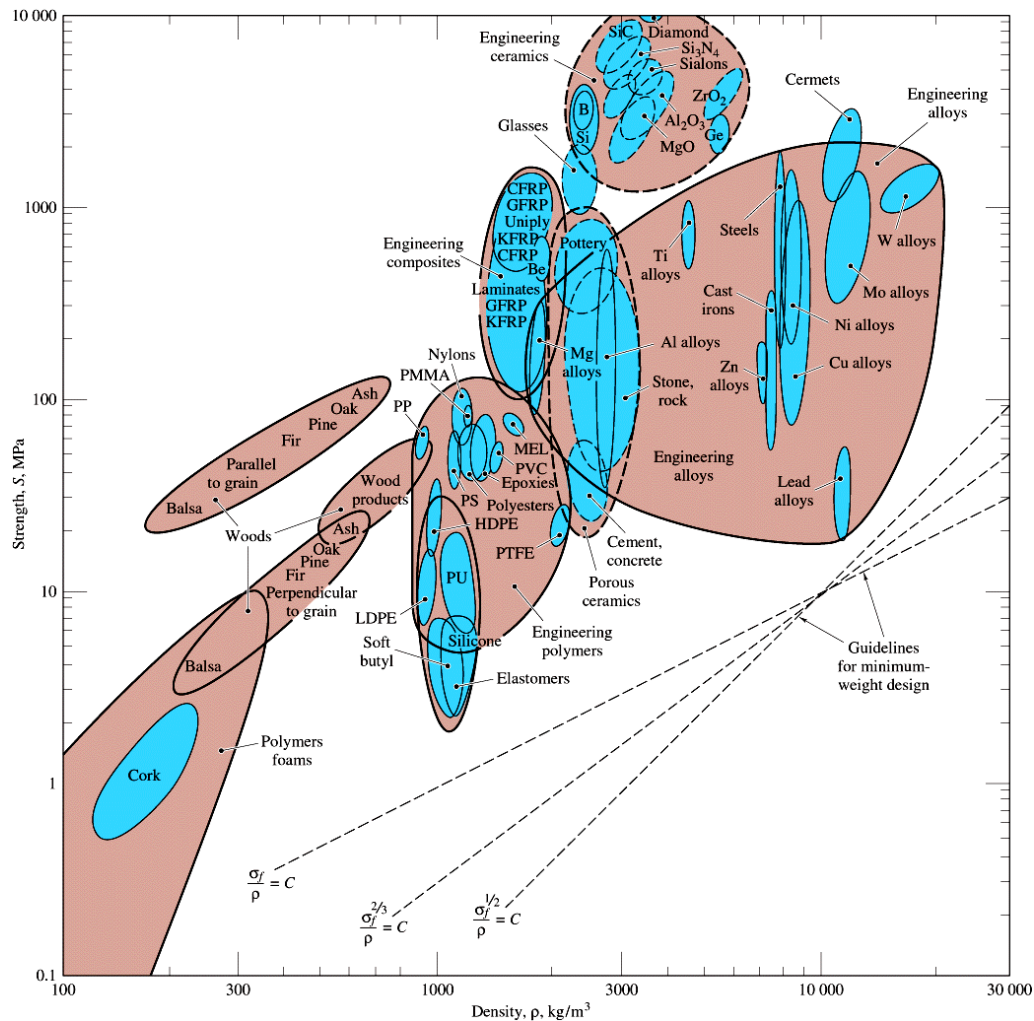
Diagramas de Ashby

Módulo elástico vs. Densidad



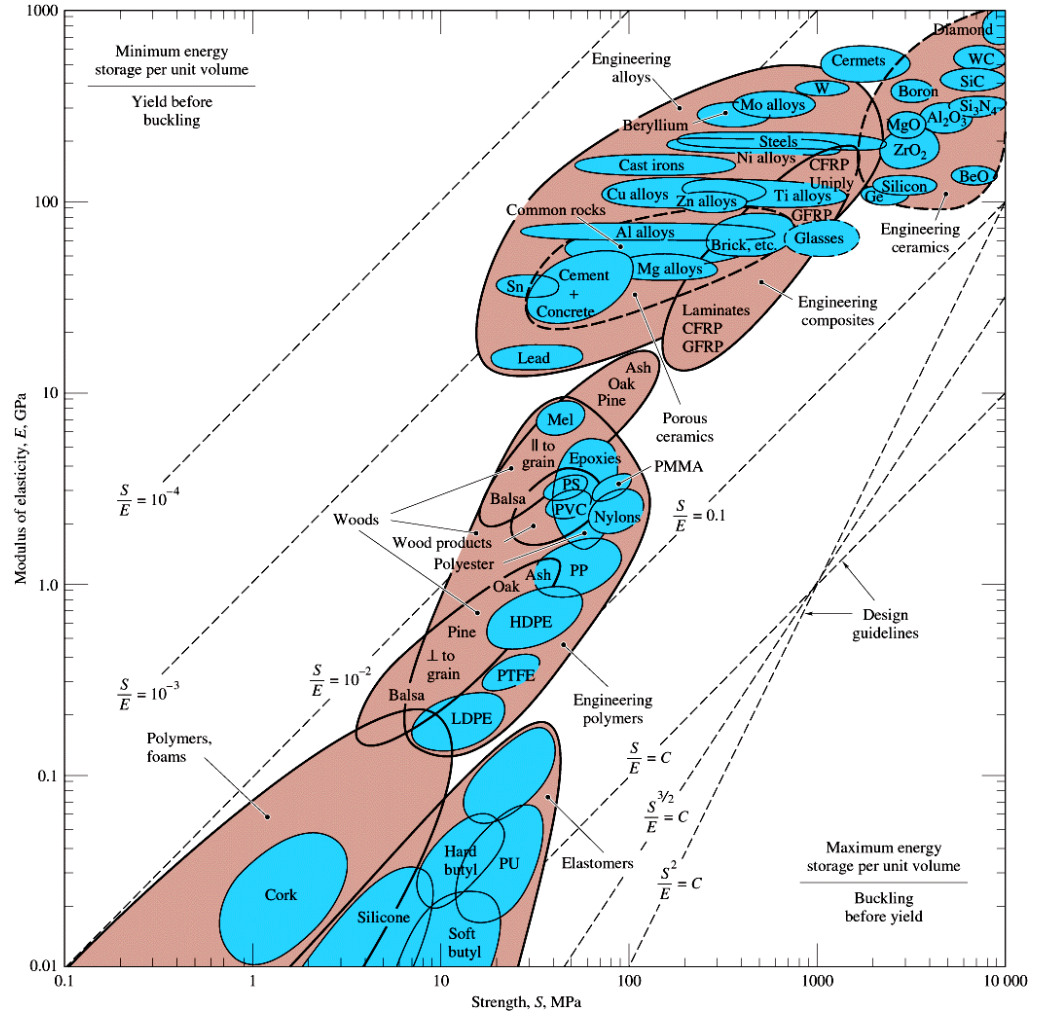
Diseño Mecánico

Resistencia vs. Densidad



Diseño Mecánico

Módulo elástico vs. Resistencia



Diseño Mecánico

$$\frac{W_r}{A} = K_A p$$

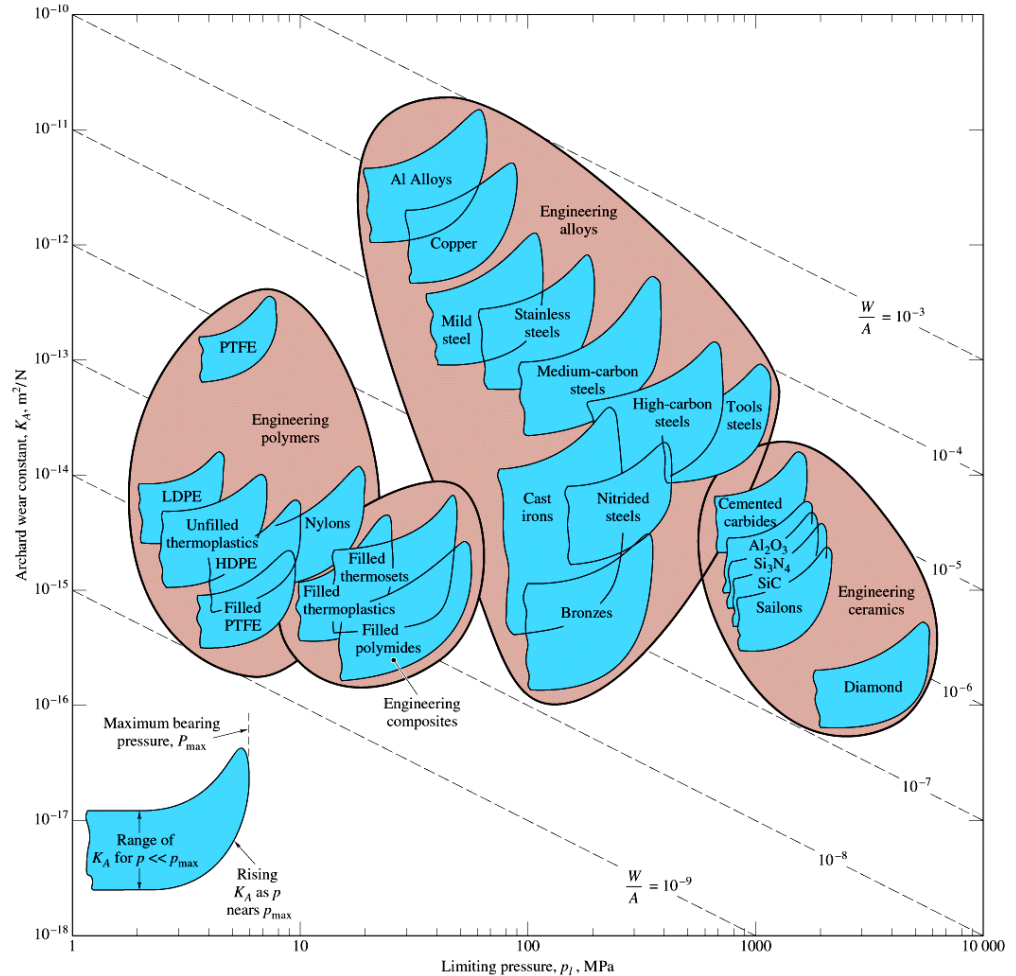
KA. Cte. de Archard (m^2/N)

A. Área (m^2)

p. Presión normal (Pa)

Wr. Razón de desgaste (m^2)

Constante de desgaste vs.
Presión admisible



Diseño Mecánico

Costo mínimo de componentes a tracción

$$C = \frac{E}{C_R \rho}$$

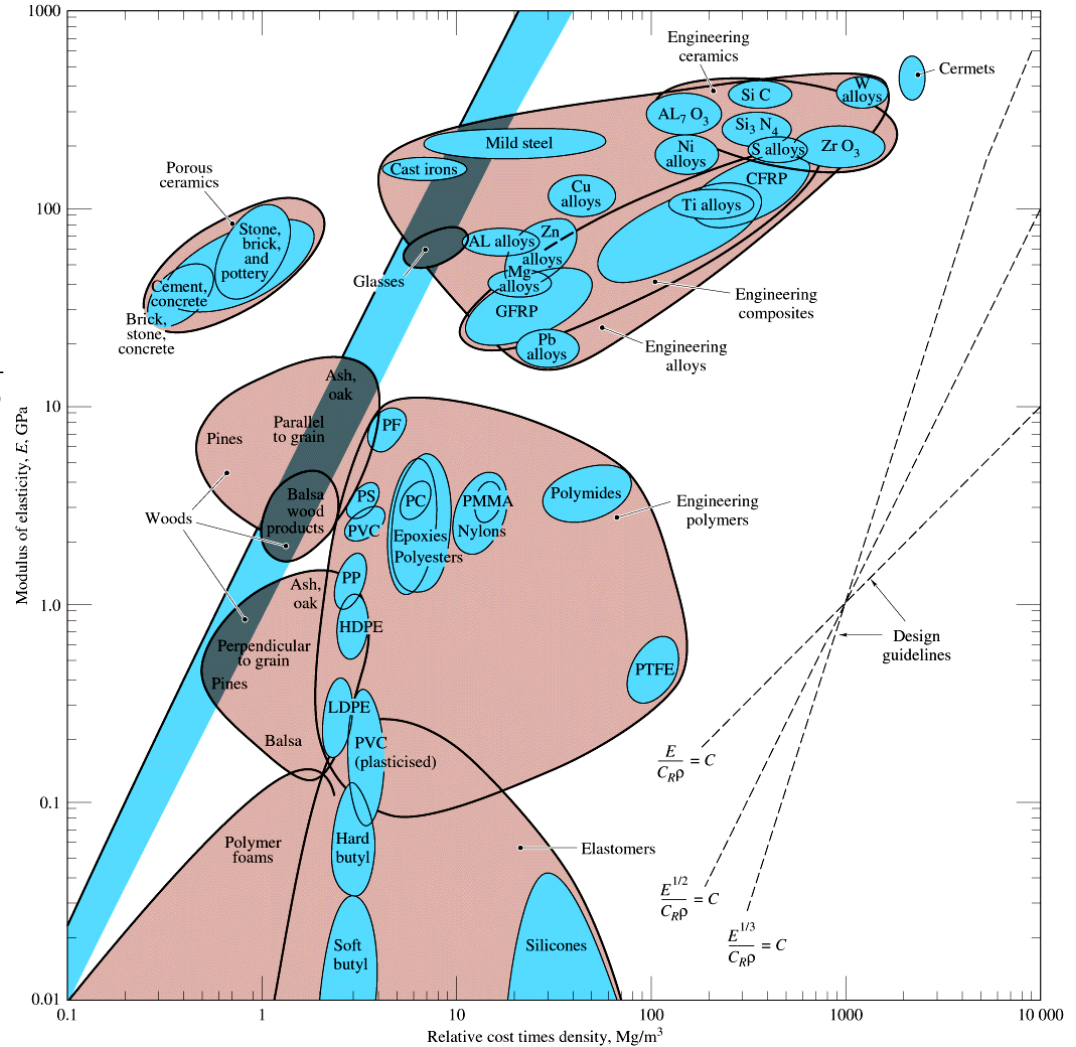
Costo mínimo de vigas y columnas

$$C = \frac{E^{1/3}}{C_R \rho}$$

Costo mínimo de placas rígidas

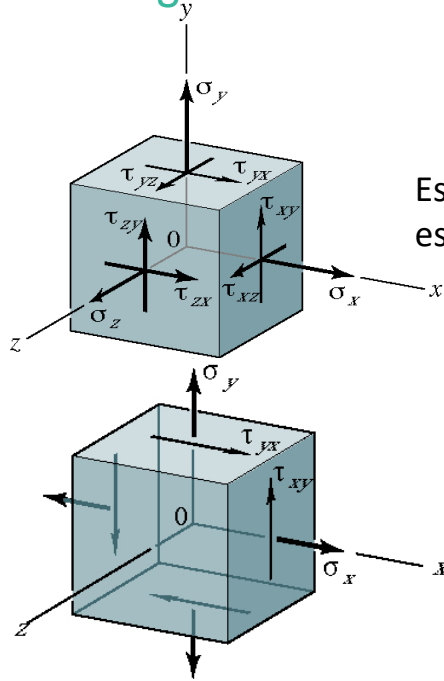
$$C = \frac{E^{1/2}}{C_R \rho}$$

Módulo elástico vs. Costo x Densidad

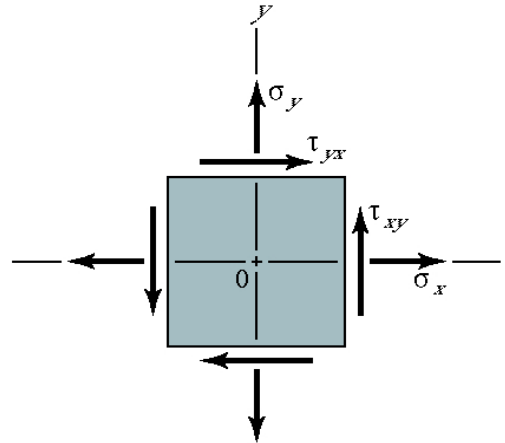


Criterios de cálculo estructural

Tipos de cargas



Estado tensional tridimensional debido al esfuerzo situado en el centro.



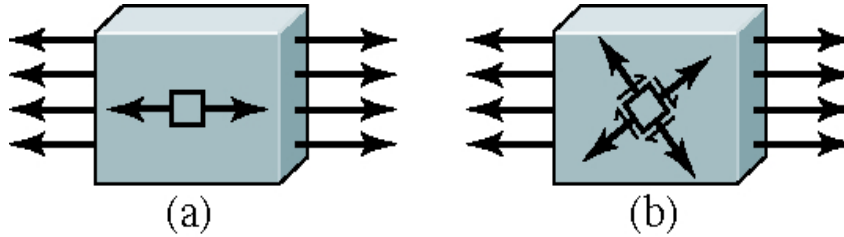
Estado plano de tensiones

- (a) Representación tridimensional
- (b) Representación plana.

(a)

(b)

Tipos de cargas

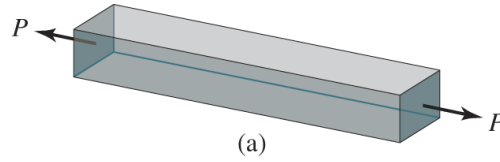


Estado plano de tensiones

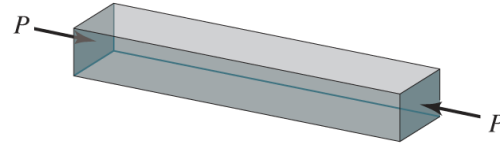
(a) Tensiones principales ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$)

(b) Tensiones componentes ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$)

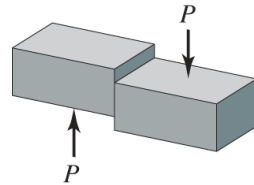
Tipos de cargas



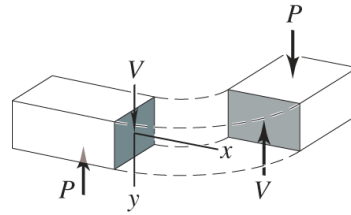
(a)



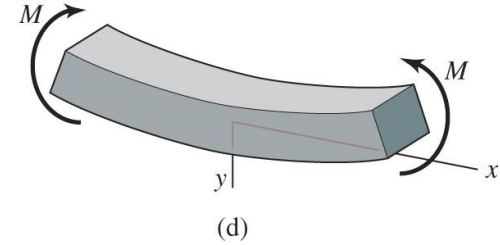
(b)



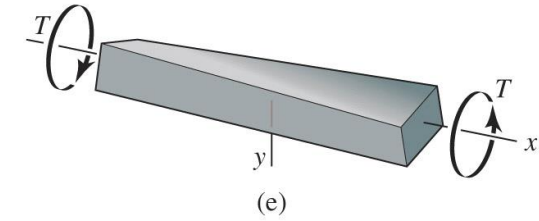
(c)



(d)

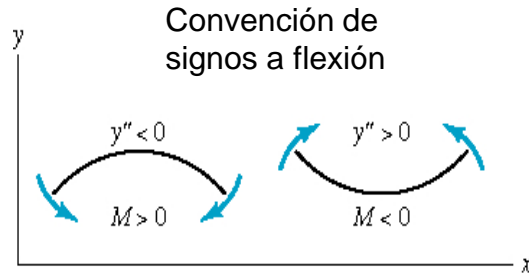


(e)



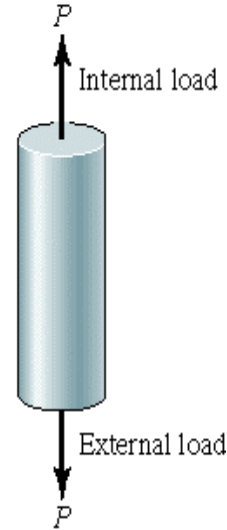
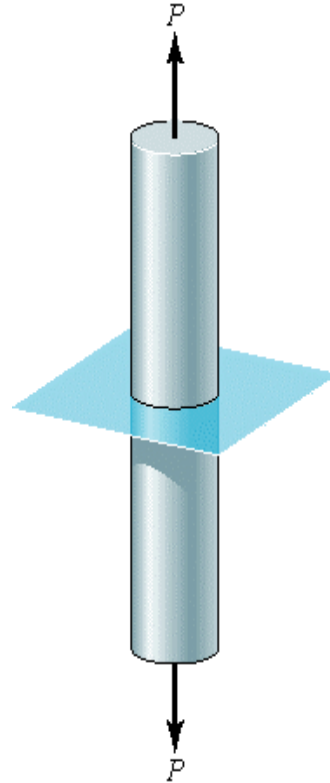
(f)

- (a) Tracción
- (b) Compresión
- (c) Cortadura
- (d) Flexión
- (e) Torsión
- (f) Cargas combinadas



Esfuerzo normal

Cargas axiales



- Tracción
 - Compresión
- ➔ **Pandeo**

$$\sigma_{med} = \frac{P}{A}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

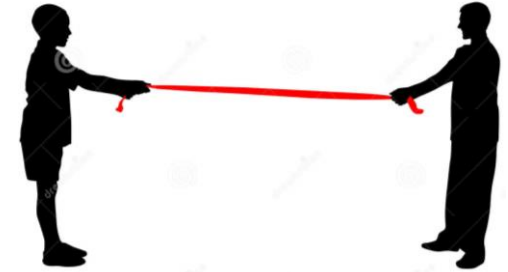
Cargas axiales



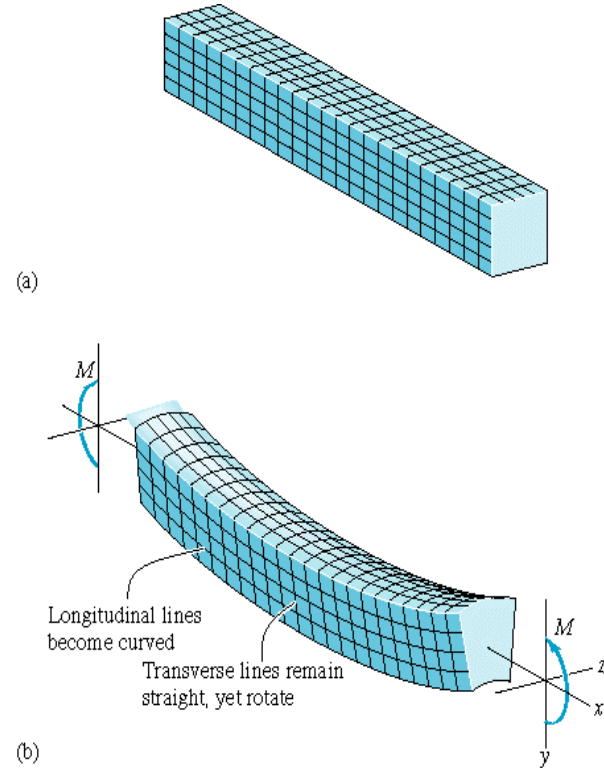
➡ **Pandeo**

Cargas axiales

- Tracción



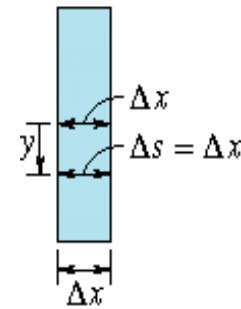
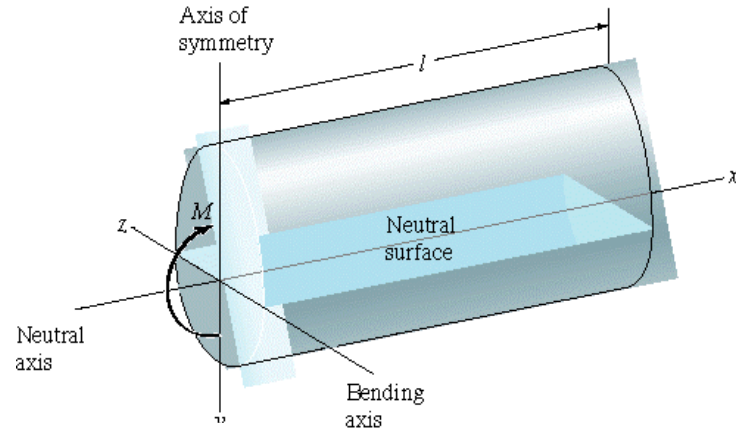
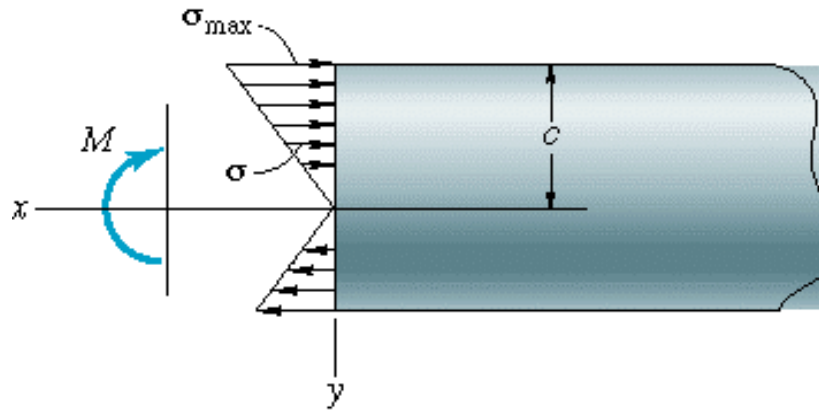
Cargas de flexión



Cargas de flexión

$$\sigma = \frac{M}{I/y} = \frac{M}{W}$$

I (m^4). Momento de inercia
 W (m^3). Módulo resistente



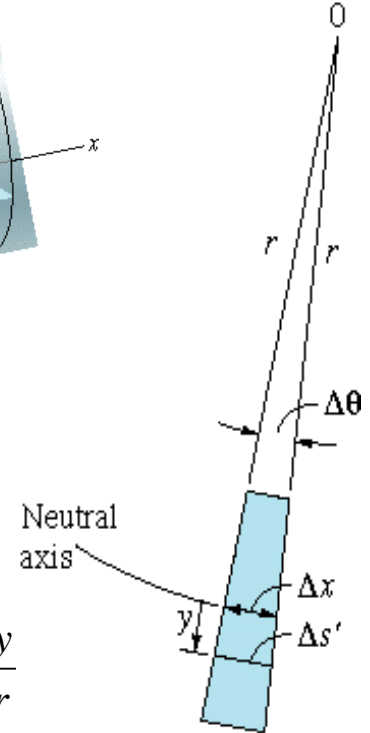
(a)

Tensiones normales

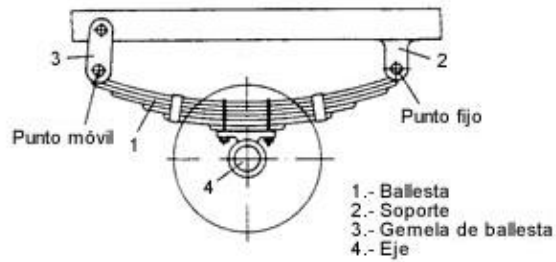
$$\epsilon = \frac{y}{r}$$

$$\epsilon = \epsilon_{max} \frac{y}{c}$$

(b)



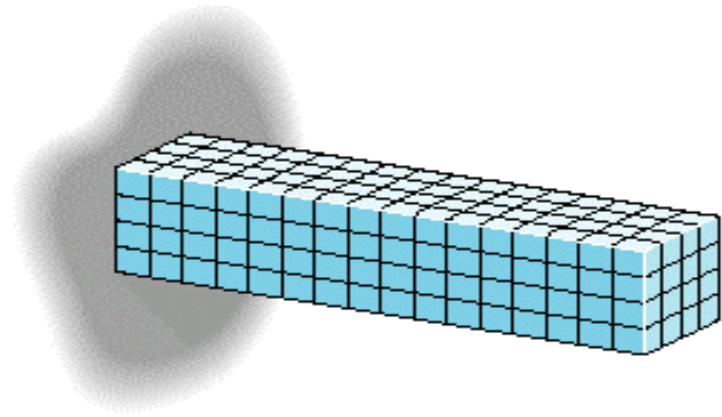
Cargas de flexión



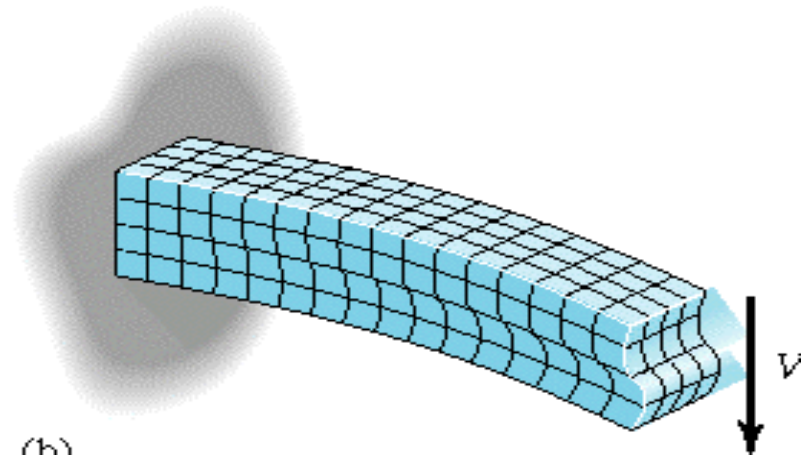
Union de la ballesta al bastidor y eje de rueda



Esfuerzos cortantes



(a)

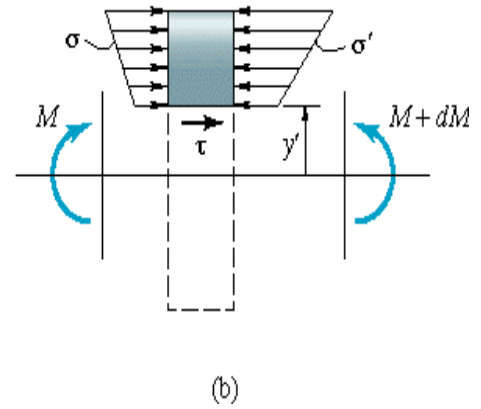
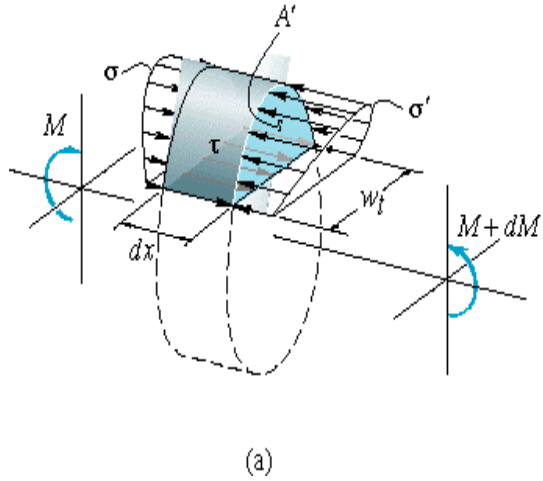


(b)

Diseño mecánico y Estructural

Guillermo Filippone




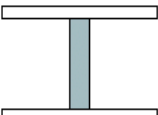
Cortadura



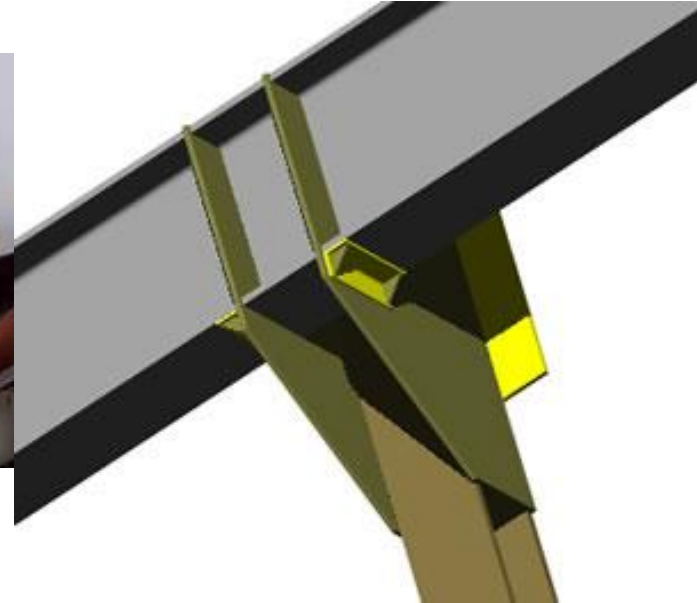
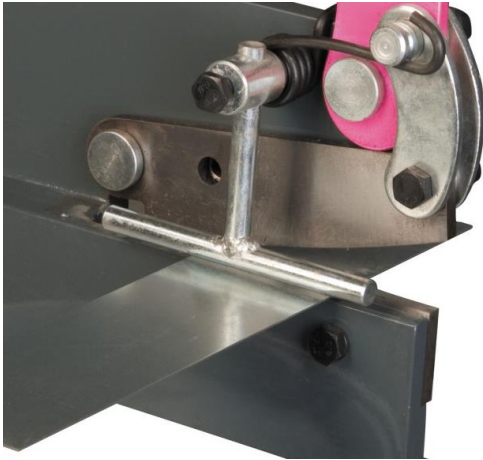
$$\tau = \frac{VQ}{I w_t}$$

V (N). Fza. Cortante
 I (m4). Momento de inercia
 wt (m). Ancho de la sección
 Q (m3). Primer momento cortante

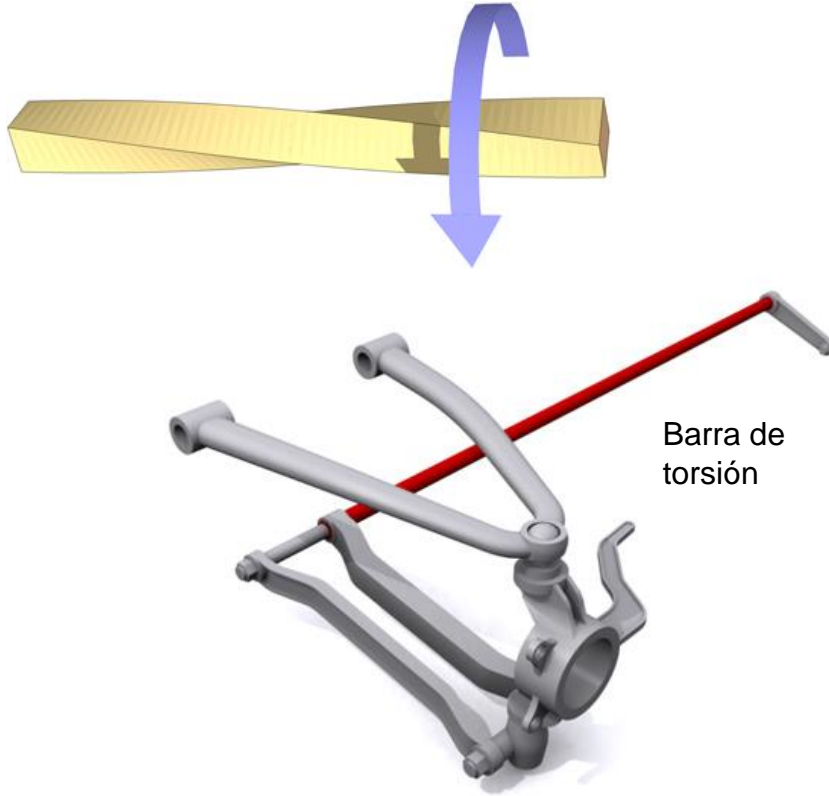
Geometrías habituales

Cross section	Maximum shear stress
 Rectangular	$\tau_{\text{máx}} = \frac{3V}{2A}$
 Circular	$\tau_{\text{máx}} = \frac{4V}{3A}$
 Round tube	$\tau_{\text{máx}} = \frac{2V}{A}$
 I-beam	$\tau_{\text{máx}} = \frac{V}{A_{\text{web}}}$

Cortadura

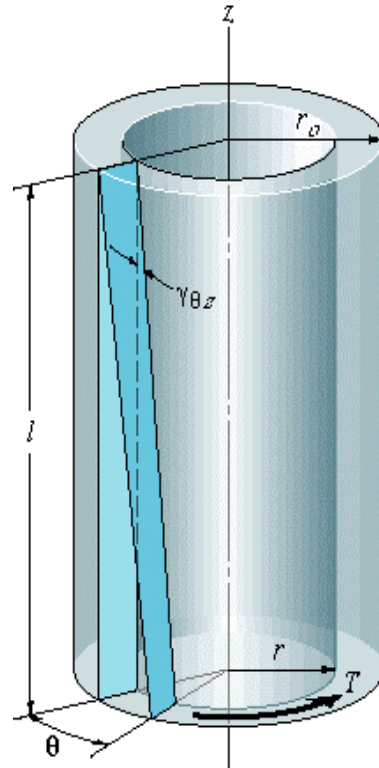


Torsión



Estabilizadora
Ferrari F-150

Torsión



$$\tau_{\Theta z} = \frac{T}{J/r}$$

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

Mom. inercia POLAR
para sección circular

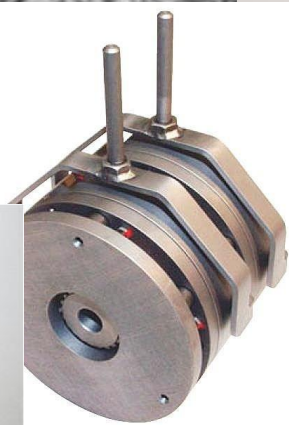
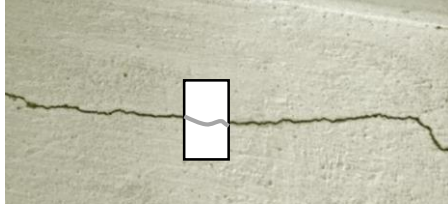
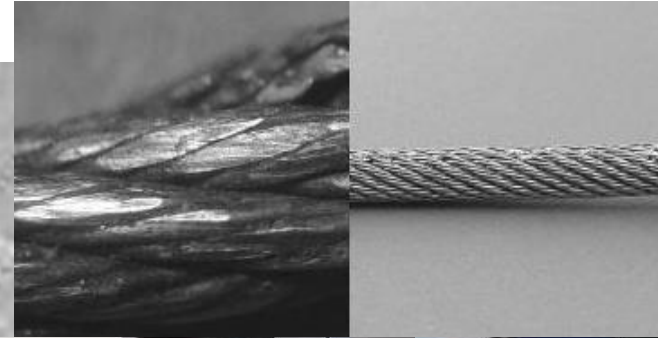
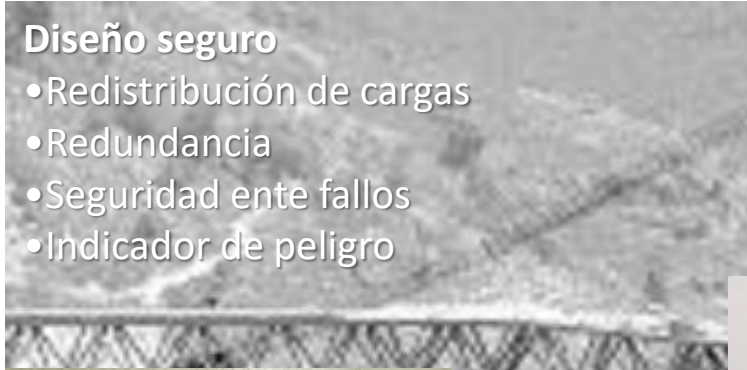
$$\Theta = \frac{Tl}{GJ}$$

$$\gamma_{\Theta z} = r \frac{d\Theta}{dz} = \frac{r\Theta}{l}$$

Seguridad y fiabilidad

Diseño seguro

- Redistribución de cargas
- Redundancia
- Seguridad ante fallos
- Indicador de peligro



Coeficiente de diseño y de seguridad

Verificación

Factor de seguridad

$$n = \frac{S}{\sigma}$$

Cálculo

Factor de diseño

$$n_d = \frac{S}{\sigma_{adm}} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{S}{n_d}$$

$$n_d = n_S \cdot n_L$$

n_S : Factor de resistencia

n_L : Factor de servicio

Characteristic ^a		B=				
		vg	g	f	p	
A=vg	C=	vg	1.1	1.3	1.5	1.7
		g	1.2	1.45	1.7	1.95
		f	1.3	1.6	1.9	2.2
		p	1.4	1.75	2.1	2.45
A=g	C=	vg	1.3	1.55	1.8	2.05
		g	1.45	1.75	2.05	2.35
		f	1.6	1.95	2.3	2.65
		p	1.75	2.15	2.55	2.95
A=f	C=	vg	1.5	1.8	2.1	2.4
		g	1.7	2.05	2.4	2.75
		f	1.9	2.3	2.7	3.1
		p	2.1	2.55	3.0	3.45
A=p	C=	vg	1.7	2.15	2.4	2.75
		g	1.95	2.35	2.75	3.15
		f	2.2	2.65	3.1	3.55
		p	2.45	2.95	3.45	3.95

^avg=very good, g=good, f=fair and p=poor
A=quality of materials, workmanship, maintenance and inspection
B=control over load applied to part
C=accuracy of stress analysis, experimental data, or experience with similar parts

Characteristic ^a	D=		
	ns	s	vs
E=ns	1.0	1.2	1.4
E=s	1.0	1.3	1.5
E=vs	1.2	1.4	1.6

^avs=very serious, s=serious and ns=not serious
D=danger to personnel
E=economic impact

Coeficiente de diseño

Factor de Resistencia

$$n_d = n_s n_L$$

n_s Tabla 1.1

n_L Tabla 1.2

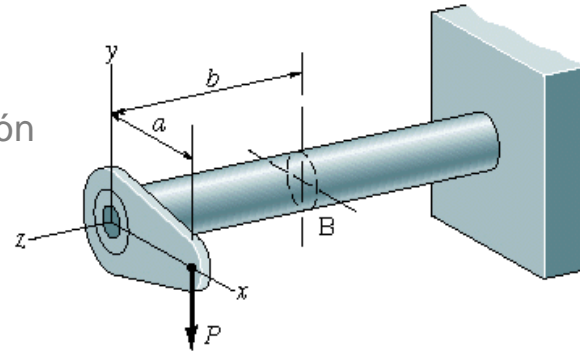
Factor de Servicio

Ref. Hamrock, et al.

Esfuerzos combinados

(a) Conjunto

- (b)
- 1) Esfuerzo normal de tracción
 - 2) Cortadura
 - 3) Flexión
 - 4) Torsión en B



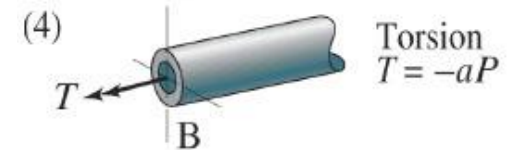
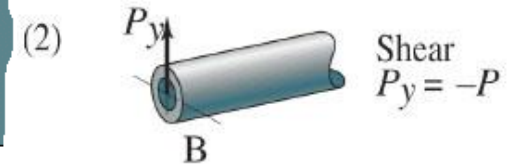
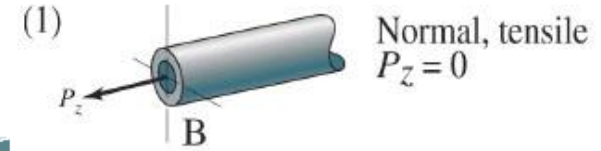
(a)

- Las tensiones N y Q se pueden sumar linealmente entre si:

$$\Sigma\sigma_N = \Sigma\sigma_T/C + \Sigma\sigma_F$$

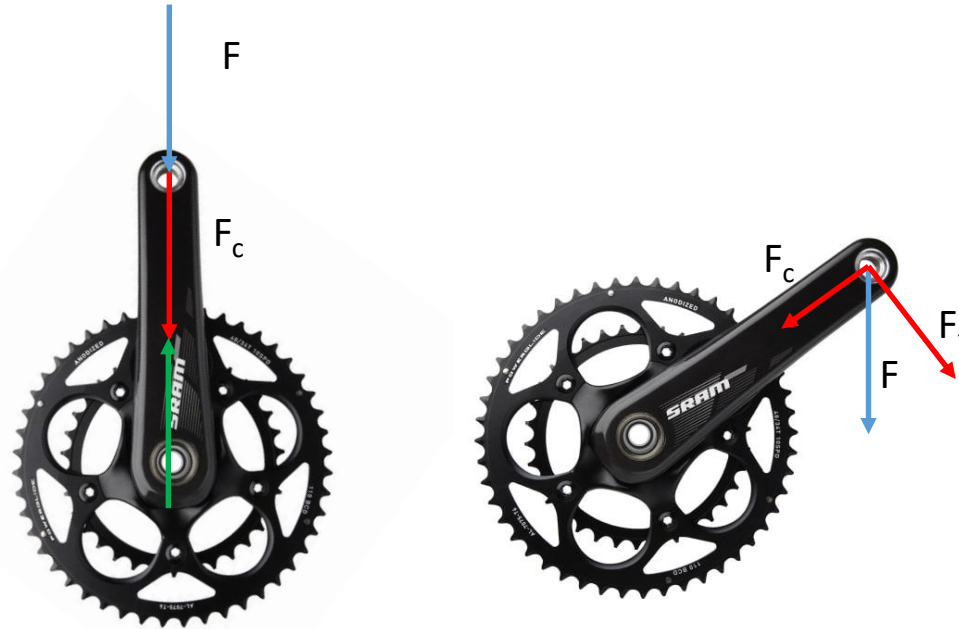
$$\Sigma\tau = \Sigma\tau_t + \Sigma\tau_c$$

-NO se pueden sumar linealmente tensiones de distinta naturaleza



(b)

Caso práctico



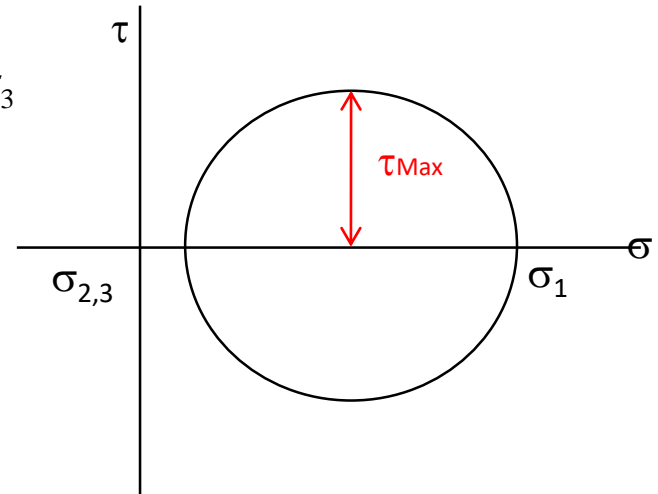
Materiales dúctiles

Teoría del Esfuerzo Cortante Máximo (ECM: Tresca)

$$S_y = \sigma_1 - \sigma_3 \quad \Rightarrow \quad \frac{S_y}{n_s} = \sigma_1 - \sigma_3$$

$$\tau_{\max} = S_{sy} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{S_y}{2}$$

$$S_{sy} = 0,5 S_y$$



Teoría de Energía de Distorsión Máxima (TVM: Von Misses-Henky)

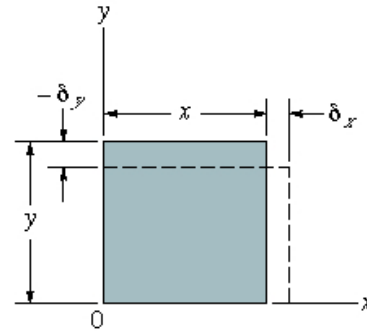
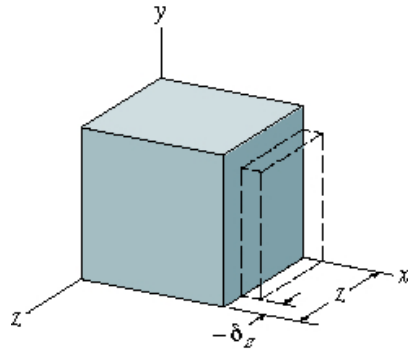
$$S_{vm} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

$$S_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2 \quad \text{Estado biaxial}$$

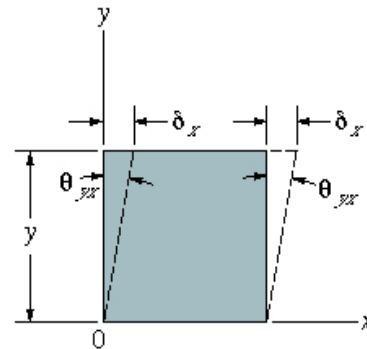
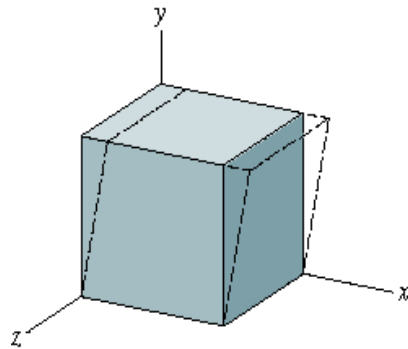
$$S_y^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2$$

$$S_{sy} = 0,577 S_y \quad \text{Torsión pura}$$

Deformaciones

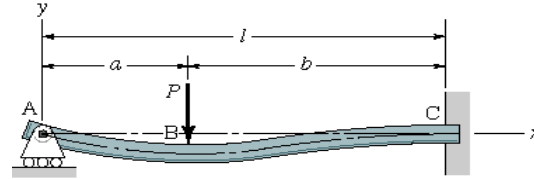


Normales

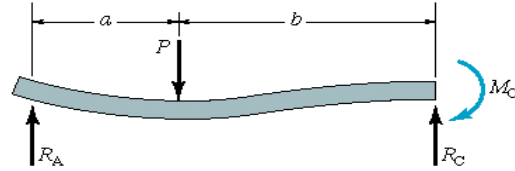


Cortantes

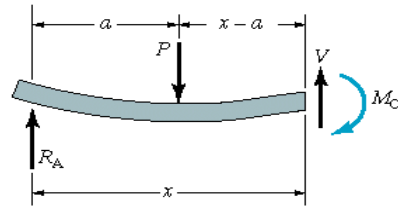
Cálculo práctico de deformaciones



(a)

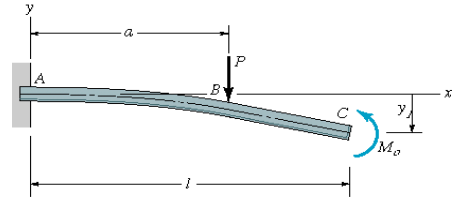


(b)

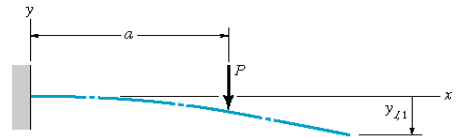


(c)

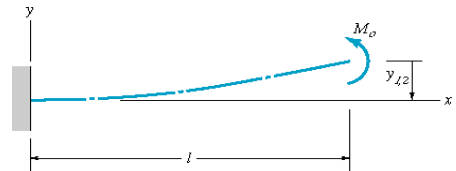
Viga con un extremo empotrado y otro simplemente apoyado



(a)



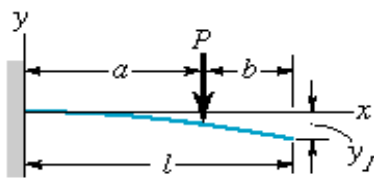
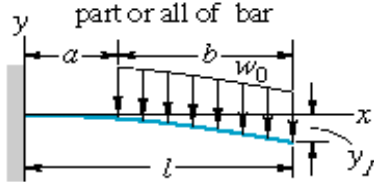
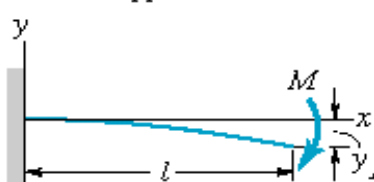
(b)



(c)

Viga en voladizo con extremo empotrado

Cálculo práctico de deformaciones

Type of loading	Deflection for any x
<p>Concentrated load at any x</p> 	$y = -\frac{P}{6EI} (kx - al^3 - x^3 + 3x^2a)$
<p>Unit step distribution over part or all of bar</p> 	$y = \frac{w_0}{EI} \left[\frac{bx^3}{6} - \frac{bx^2}{2} \left(1 + \frac{b}{2} \right) - \frac{1}{24} (kx - al^4) \right]$
<p>Moment applied to free end</p> 	$y = -\frac{Mx^2}{2EI}$

(a)

Muchas gracias

ESNE

**Escuela Universitaria
de Diseño, Innovación
y Tecnología**