



UNIVERSIDAD
NEBRIJA

IME 108 – CÁLCULO, DISEÑO Y ENSAYO DE MÁQUINAS

1

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TEMA 5.

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

1. INTRODUCCIÓN
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA
3. SUJETADORES ROSCADOS
4. RIGIDEZ DEL SUJETADOR
5. JUNTAS CON EMPAQUETADURA
6. PRECARGA DE PERNOS. CARGA ESTÁTICA.
7. PRECARGA DE PERNOS. CARGA DINÁMICA.
8. RESISTENCIA DEL PERNO
9. CÓMO EVITAR EL AFLOJAMIENTO

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



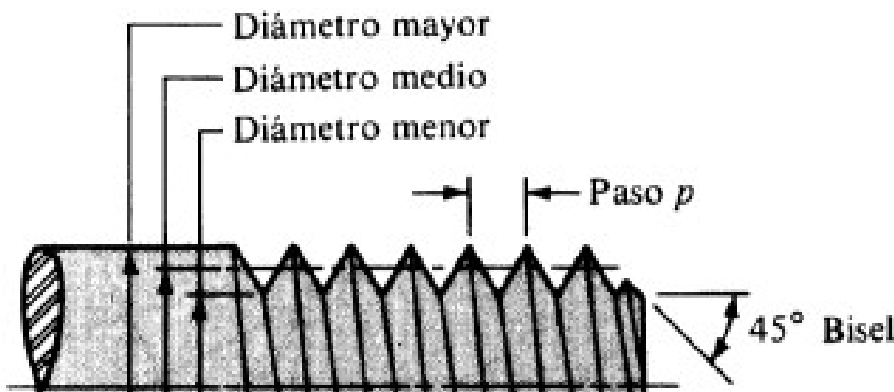
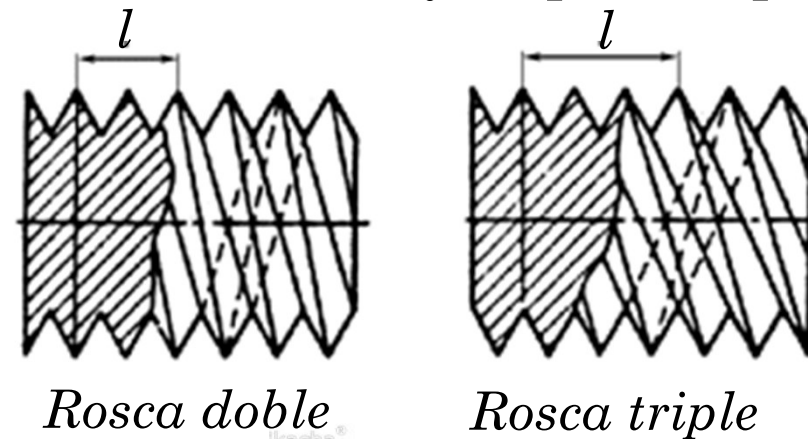
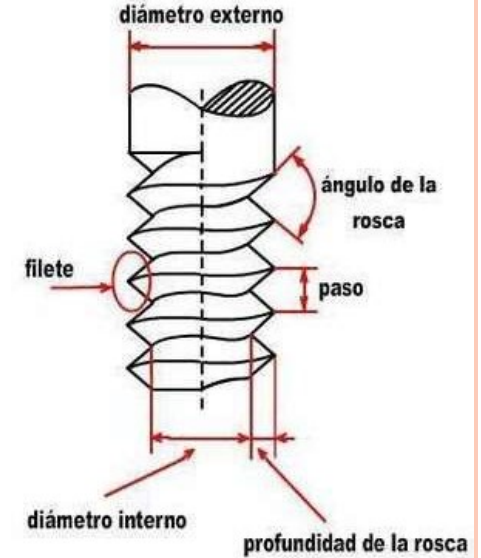
NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

1. INTRODUCCIÓN

○ Nomenclatura

- p , paso, distancia entre dos hilos adyacentes
- l , avance, lo que avanza una tuerca al dar una vuelta. En roscas dobles y triples, el avance es doble y triple del paso



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

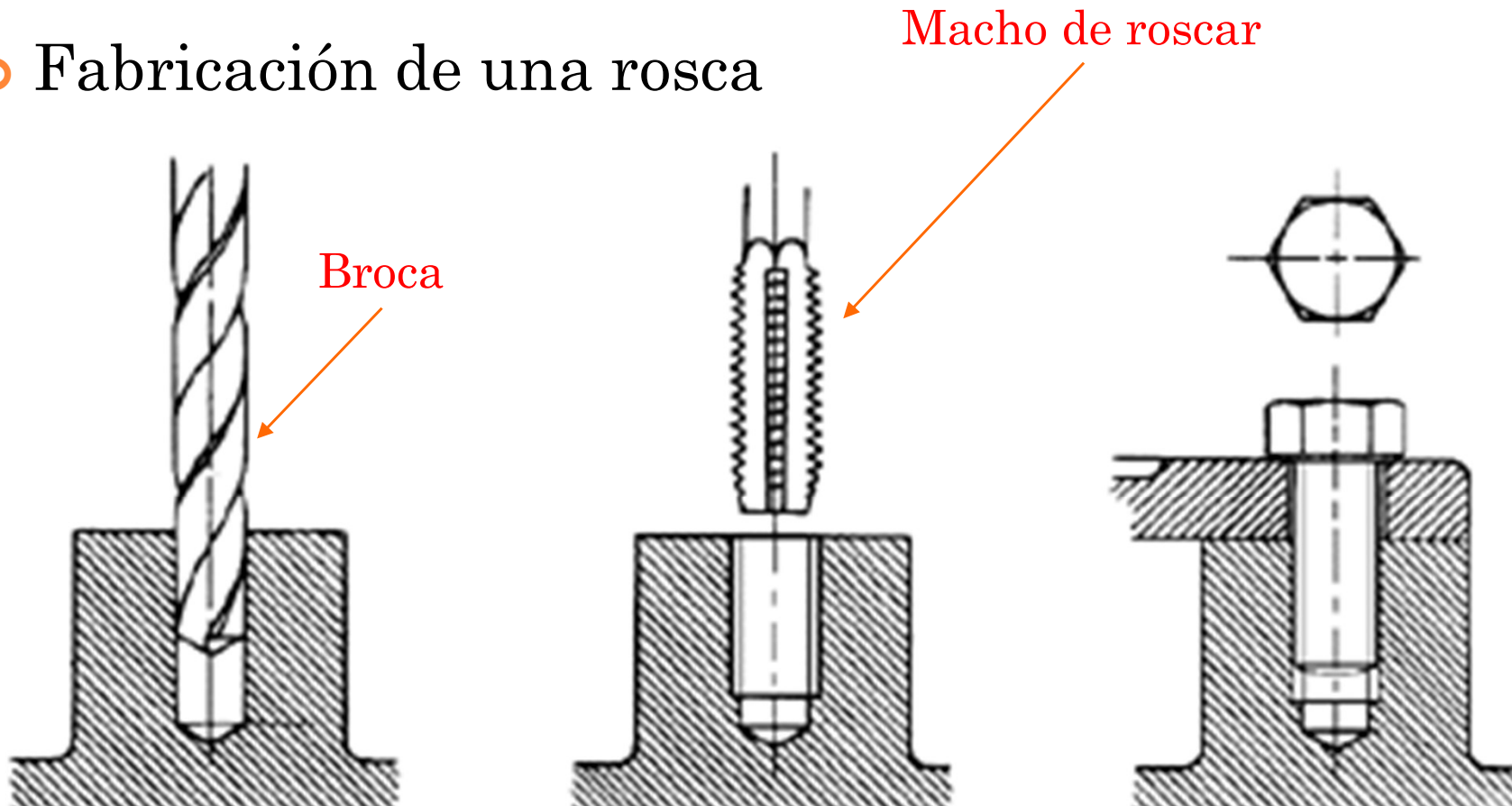
Cartagena99

Cresta Angulo de la rosca 2α

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

1. INTRODUCCIÓN

- Fabricación de una rosca



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



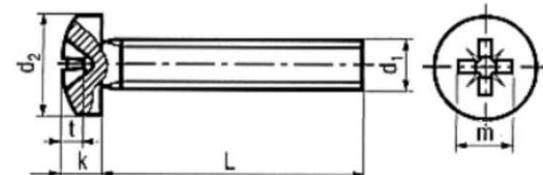
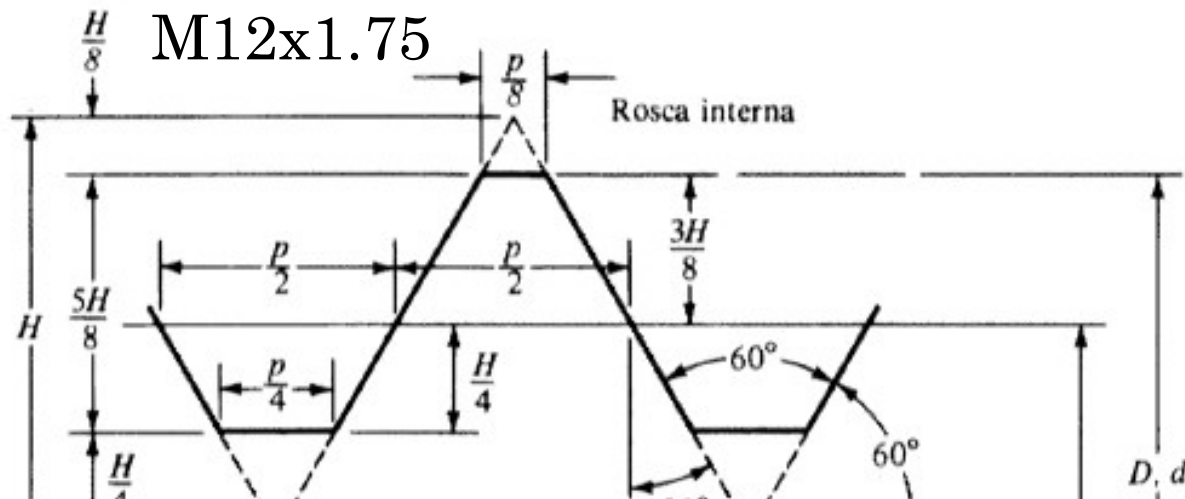
NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

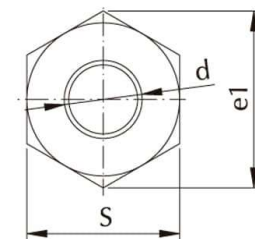
1. INTRODUCCIÓN

○ Rosca

- Perfil básico de roscas métricas internas y externas.
- Para especificar roscas métricas se expresa diámetro y paso en milímetros. P.e. M12x1.75

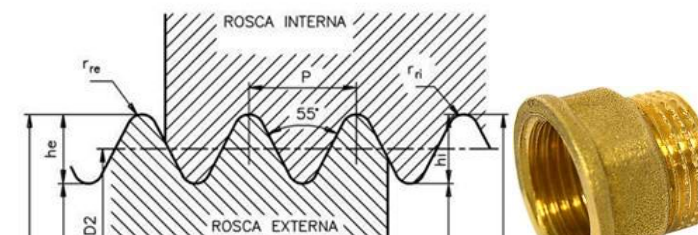


d ₁	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6
d ₂ max.	4	5	6	8	10	12
k max.	1,72	2,12	2,52	3,25	3,95	4,75
	1	1	1	2	2	3
m ~	2,4	2,6	3	4,3	5	6,7
l	min. 1,1	1,27	1,68	1,9	2,64	3,02
	max. 1,35	1,52	1,93	2,36	3,1	3,48



d	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14	M16	M18
m	2,4	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11	13	15
S	5,5	7	8	10	11	13	17	19	22	24	27
e1	6,1	7,7	8,7	10,9	12	14,3	18,8	20,9	24,2	26,4	29,8

Sistema de roscas WIHTWORTH



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Altura del filete = 0.64 x P

Cartagena99

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

1. INTRODUCCIÓN

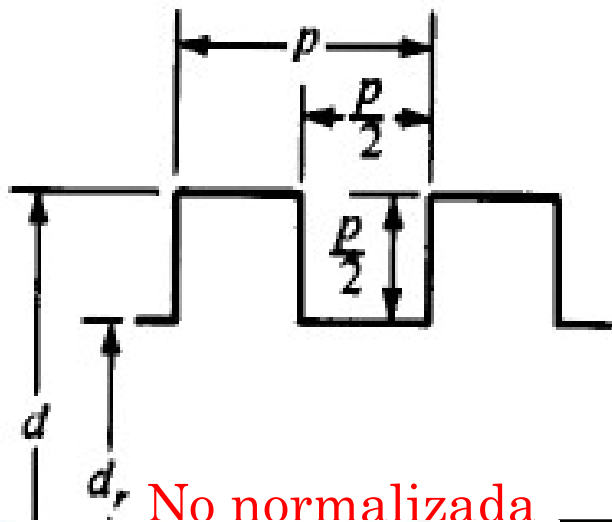
DIN 103

- Roscas de potencia
 - Roscas de perfil cuadrado y Acme.
 - Se modifican según necesidad

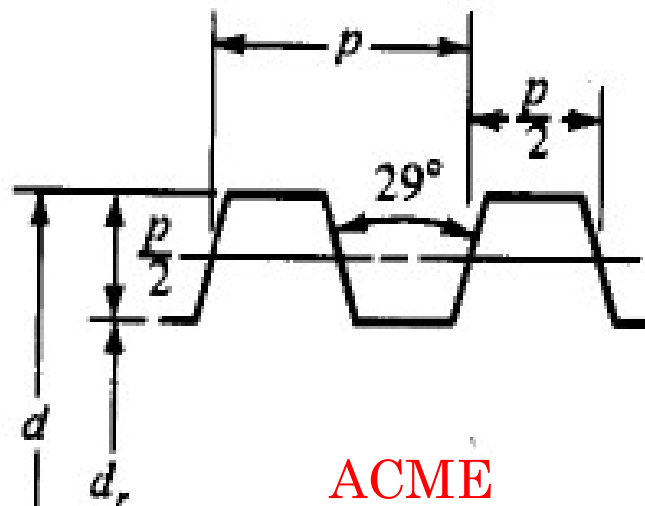
ROSCA ACME

Table 12.6 Principal dimensions for ACME threads

Major diameter (in)	Threads per inch	Thread pitch (in)	Pitch diameter (in)	Minor diameter (in)	Tensile stress area (in ²)
0.25	16	0.063	0.219	0.188	0.032
0.313	14	0.071	0.277	0.241	0.053
0.375	12	0.083	0.333	0.292	0.077
0.438	12	0.083	0.396	0.354	0.110
0.500	10	0.100	0.450	0.400	0.142
0.625	8	0.125	0.563	0.500	0.222
0.750	6	0.167	0.667	0.583	0.307
0.875	6	0.167	0.792	0.708	0.442
1.000	5	0.200	0.900	0.800	0.568
1.125	5	0.200	1.025	0.925	0.747
1.250	5	0.200	1.150	1.050	0.950
1.375	4	0.250	1.250	1.125	1.108
1.500	4	0.250	1.375	1.250	1.353
1.750	4	0.250	1.625	1.500	1.918
2.000	4	0.250	1.875	1.750	2.580
2.250	3	0.333	2.083	1.917	3.142
2.500	3	0.333	2.333	2.167	3.976
2.750	3	0.333	2.583	2.417	4.909
3.000	2	0.500	2.750	2.500	5.412
3.500	2	0.500	3.250	3.000	7.670
4.000	2	0.500	3.750	3.500	10.321
4.500	2	0.500	4.250	4.000	13.364
5.000	2	0.500	4.750	4.500	16.800



No normalizada



ACME



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

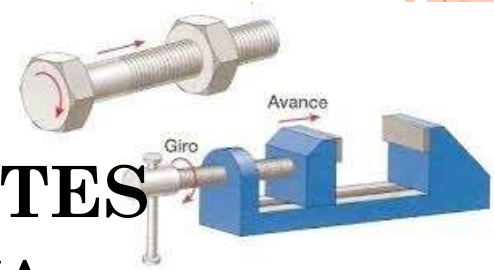
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



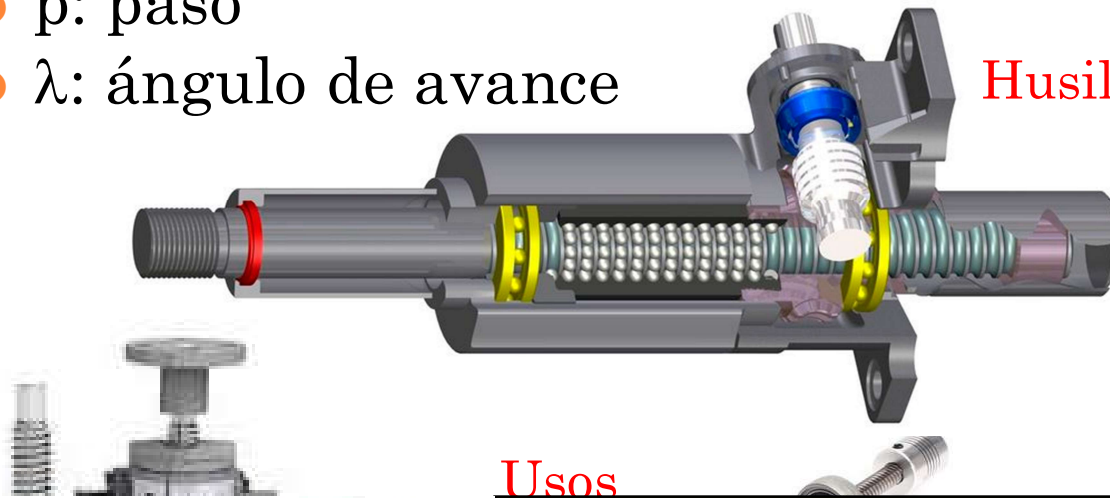
Cartagena99

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

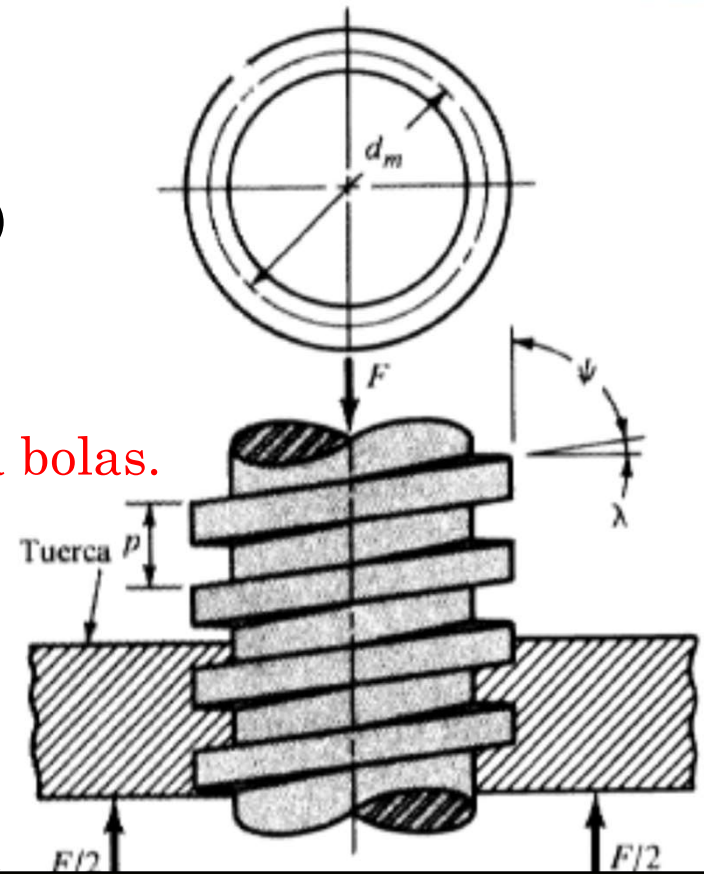
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA



- Los tornillos de potencia se usan para cambiar el movimiento angular a movimiento lineal y para transmitir potencia (tornillos de torno, prensas, ...)
- d_m : diámetro medio del tornillo.
- p : paso
- λ : ángulo de avance



Husillos a bolas.

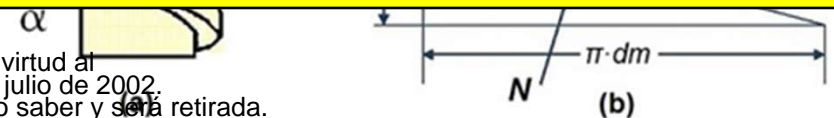


Usos

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

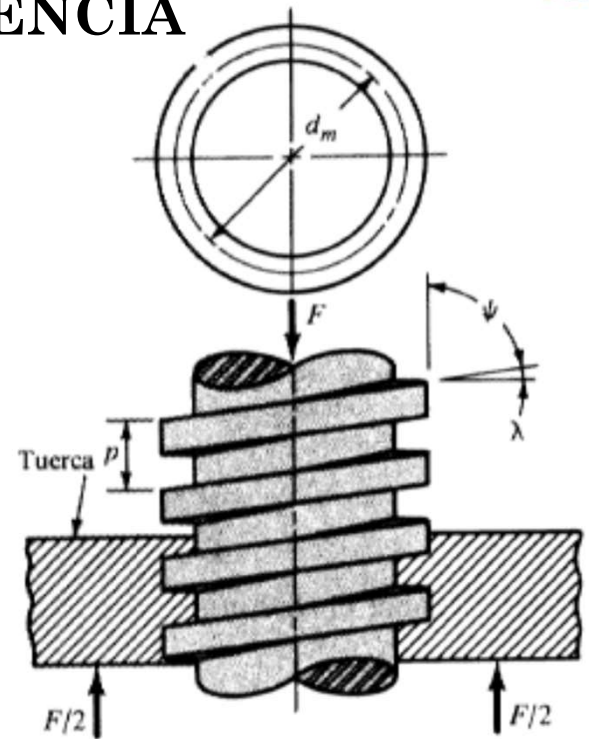
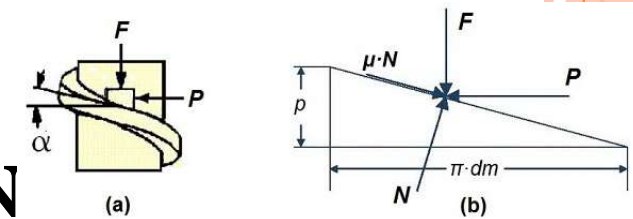
Cartagena99



CÁLCULO DE UNIONES NO PERMAN

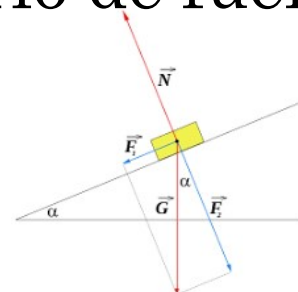
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

- El tornillo de la figura esta cargado a compresión.
- ¿Qué par de torsión T será necesario aplicar para subir o bajar la fuerza F ?
- Cójase una vuelta de la rosca y desenróllese sobre el plano.
- Se realiza el equilibrio de fuerzas para cada caso.



Subir → giro antihorario

bajar → giro horario



λ : ángulo de hélice
 ψ : ángulo de avance
 l : avance del tornillo (paso en roscas sencillas)
 d_m : diámetro medio del tornillo (diámetro primitivo)

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

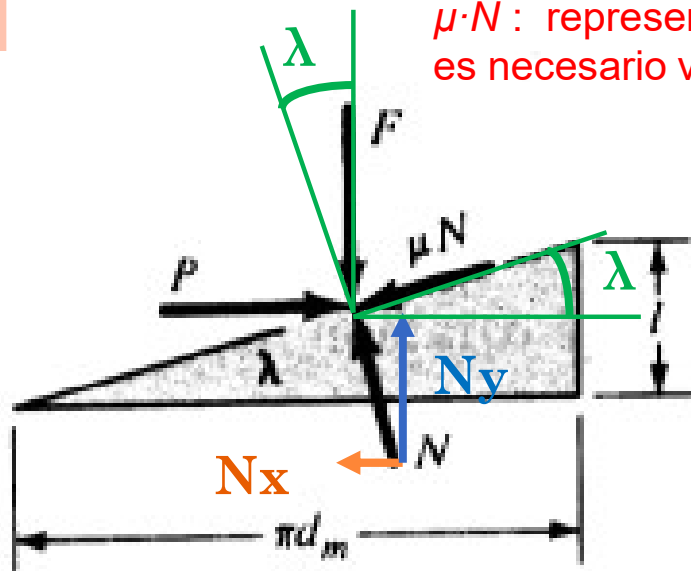
Cartagena99

(a) $tg(\lambda) = \frac{l}{\pi \cdot d_m}$ hacer ascender/descender la carga por el plano inclinado de la rosca del tornillo.

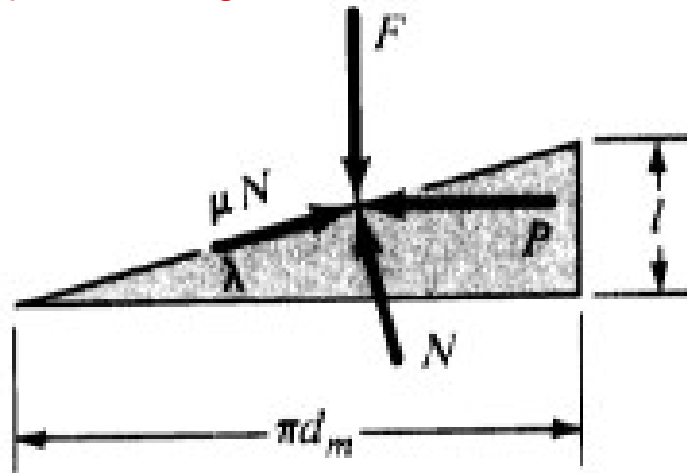
CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

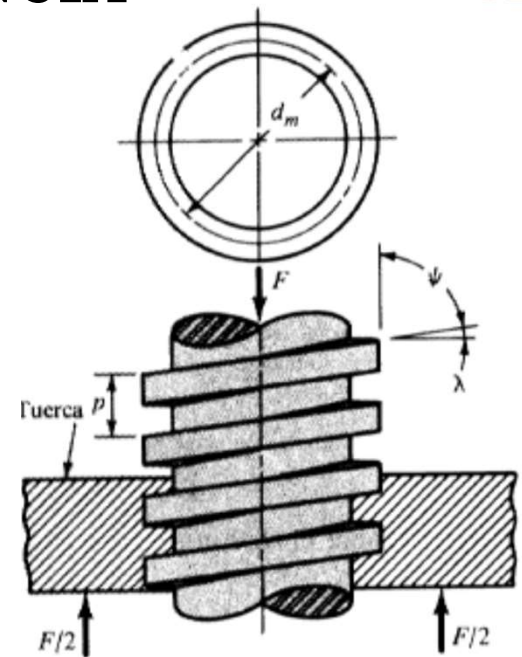
$\mu \cdot N$: representa a la fuerza de rozamiento que es necesario vencer para hacer girar al tornillo.



(a)



(b)



$$\sum F_x = P - N \cdot \text{sen}(\lambda) - \mu \cdot N \cdot \text{cos}(\lambda) = 0$$

$$\sum F_x = -P - N \cdot \text{sen}(\lambda) + \mu \cdot N \cdot \text{cos}(\lambda) = 0$$

$$\sum F_y = F - N \cdot \text{cos}(\lambda) + \mu \cdot N \cdot \text{sen}(\lambda) = 0$$

$$\sum F_y = F - N \cdot \text{cos}(\lambda) - \mu \cdot N \cdot \text{sen}(\lambda) = 0$$

$$P_{\text{subir}} = \frac{F \cdot (\text{sen}(\lambda) + \mu \cdot \text{cos}(\lambda))}{\dots}$$

$$P_{\text{bajar}} = \frac{F \cdot (\mu \cdot \text{cos}(\lambda) - \text{sen}(\lambda))}{\dots}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



NEBRIJA

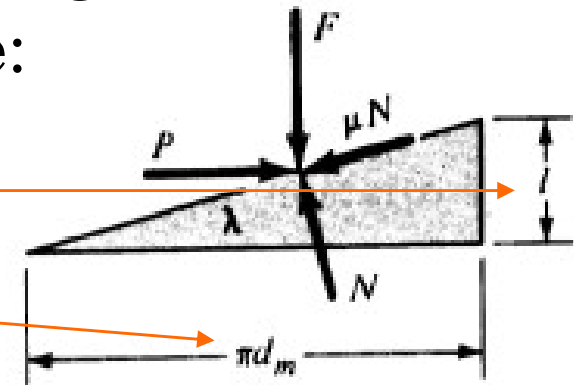
CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

- De las hélices desarrolladas en los triángulos rectángulos de la figura se deduce que:

$$\tan(\lambda) = \frac{l}{\pi \cdot d_m}$$

Eliminar de la ecuación λ



- De donde por trigonometría se puede sacar su ^(a) coseno y el seno y sustituir en las ecuaciones anteriores.
- Por otra parte **el par T** aplicado al tornillo se puede obtener con:

$$P_{subir} = \frac{F \cdot (\sin(\lambda) + \mu \cdot \cos(\lambda))}{\cos(\lambda)} \longrightarrow T_{subir} = \frac{d_m}{2} \frac{F \cdot (\tan(\lambda) + \mu \cdot 1)}{\cos(\lambda)}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

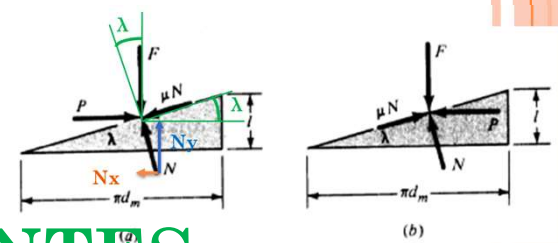
$$T_{subir} = \frac{F \cdot d_m}{2} \frac{1 + \mu \cdot \tan(\lambda)}{\cos(\lambda)}$$



NEBRIJA

Cartagena99

$$P_{subir} = \frac{F \cdot (\text{sen}(\lambda) + \mu \cdot \text{cos}(\lambda))}{\text{cos}(\lambda) - \mu \cdot \text{sen}(\lambda)} \quad P_{bajar} = \frac{F \cdot (\mu \cdot \text{cos}(\lambda) - \text{sen}(\lambda))}{\text{cos}(\lambda) + \mu \cdot \text{sen}(\lambda)}$$



CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

- Sustituyendo las expresiones anteriores en las ecuaciones, se obtienen las fórmulas del par T para subir o bajar la fuerza F usando el tornillo de potencia.

a) Subir la carga

$$T_{subir} = \frac{F \cdot d_m}{2} \left(\frac{l + \pi \cdot \mu \cdot d_m}{\pi \cdot d_m - \mu \cdot l} \right)$$

b) Bajar la carga

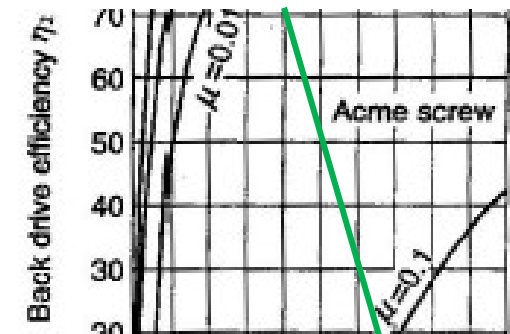
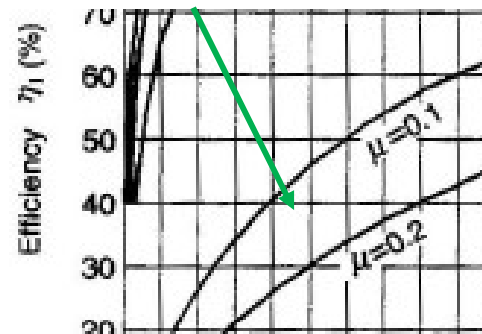
$$T_{bajar} = \frac{F \cdot d_m}{2} \left(\frac{\pi \cdot \mu \cdot d_m - l}{\pi \cdot d_m + \mu \cdot l} \right)$$

Caso ideal: $\mu=0$ $T_0 = Fl/2\pi$

Eficiencia

$e = T_0/T$ donde $\mu < 0$ $T_0 < T$

Caso rotación a traslación y traslación a rotación.



Equilibrio : $\pi \cdot \mu \cdot d_m = l$;

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

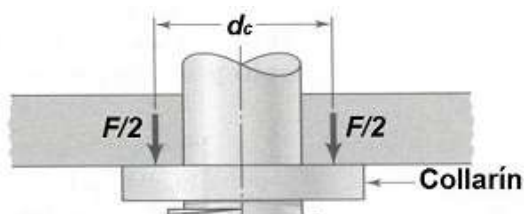
Cartagena99

Efficiency of normal operation (Converting rotary motion to linear motion) (Converting linear motion to rotary motion)
μ: Friction coefficient

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

- En el caso b), cuando la fricción es pequeña o/y el avance grande, puede haber casos donde la carga baje por sí misma, lo que provoca que el tornillo gire sin ningún esfuerzo externo.
- En estos casos el par de torsión T , de acuerdo con la expresión más abajo, será negativo o igual a cero.
- Cuando se obtiene un par de torsión positivo mediante esta ecuación, se dice que el tornillo es autobloqueante.



b) Bajar la carga

$$T_{bajar} = \frac{F \cdot d_m}{2} \left(\frac{\pi \cdot \mu \cdot d_m - l}{\pi \cdot d_m} \right)$$

$\pi \cdot \mu \cdot d_m < l$ El sistema se acelera. Depende de la geometría del tornillo.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

NEFRITA

Tornillo autoasegurante $\pi \cdot \mu \cdot d_m > l$

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

AUTOBLOQUEO

- La condición para el autobloqueo

Caso ideal: $\mu=0$ $T_o=F_l/2\pi$ $\pi \cdot \mu \cdot d_m > l$

Eficiencia

$e = T_o/T$ donde $\mu < 0$ $T_o < T$

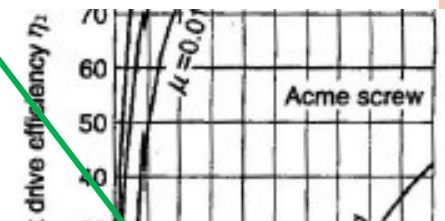
- Dividiendo ambos lados por π y el d_m se tiene:

$$\mu > \frac{l}{\pi \cdot d_m} \rightarrow \mu > \tan(\lambda)$$

- Lo que establece que el autobloqueo se



Ej. apoyo mesa.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Back drive efficiency
(Converting linear motion to rotary motion)

μ : Friction coefficient

$$T_0 = \frac{F \cdot d_m}{2} \left(\frac{l + \pi \cdot \mu \cdot d_m}{\pi \cdot d_m - \mu \cdot l} \right) \xrightarrow{\mu=0} \frac{F \cdot d_m}{2} \left(\frac{l + 0}{\pi \cdot d_m - 0} \right) = \frac{Fl}{2\pi}$$

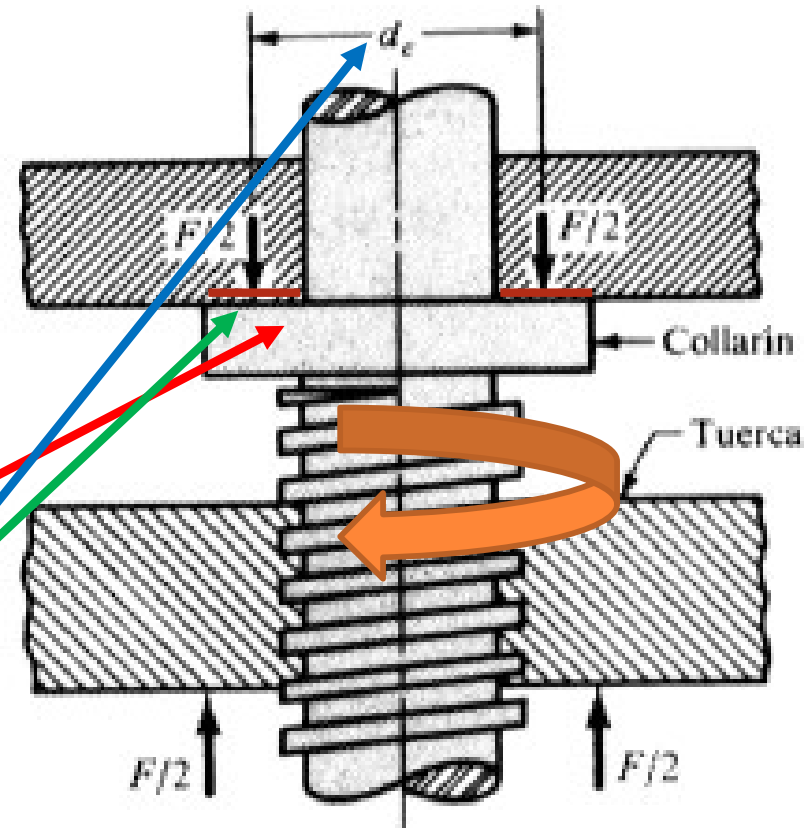
CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA EFICIENCIA e DEL TORNILLO

- La **eficiencia**, e , de un tornillo se obtiene comparando el par que hay que realizar T , con el par T_0 que habría que realizar si el rozamiento fuera nulo ($\mu=0$)

$$T_0 = \frac{F \cdot l}{2 \cdot \pi}; \quad e = \frac{T_0}{T}$$

- Por lo general, cuando se carga el tornillo axialmente hay que emplear un **collarín**, lo que introduce un rozamiento adicional entre el collarín y la carga, que se



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

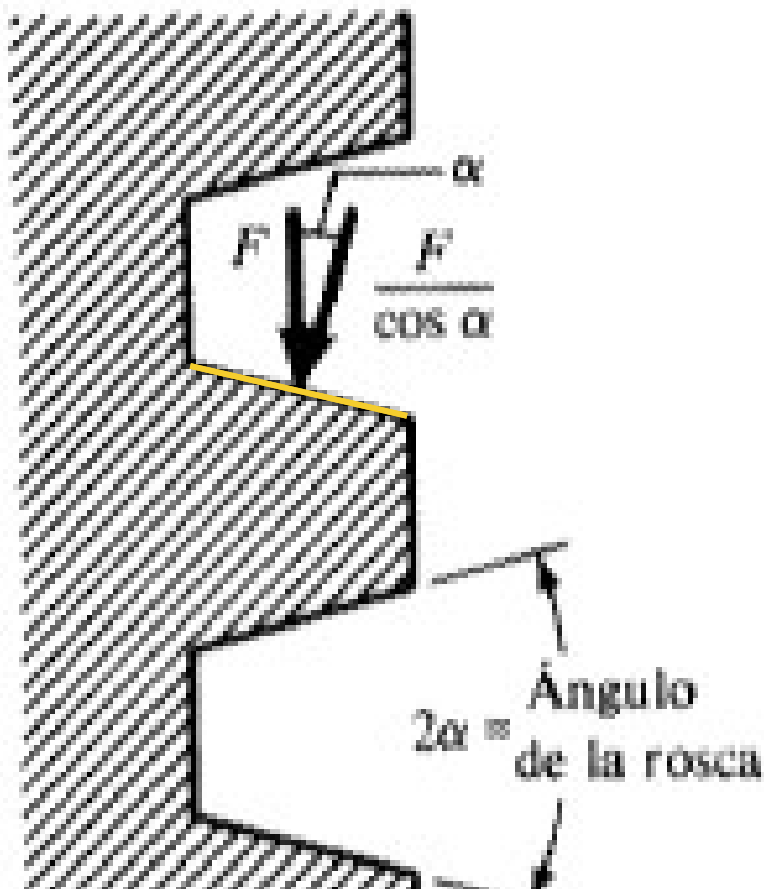
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

entre el exterior y el

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA



ROSCA ACME

- En caso de **rosca ACME**, la carga normal no es paralela al eje del tornillo (queda inclinada respecto a éste)
- En este caso el par necesario para subir la carga se aproxima por:

$$T_{S_ACME} = \frac{F \cdot d_m}{2} \left(\frac{l + \pi \cdot \mu \cdot d_m \cdot \sec(\alpha)}{\pi \cdot d_m - \mu \cdot l \cdot \sec(\alpha)} \right)$$

- De la expresión anterior se deduce que **la rosca ACME no es tan eficiente**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Mecánica - 00 → α = 30



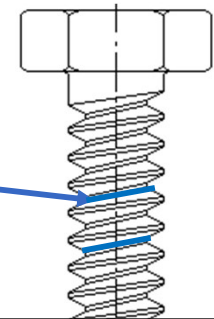
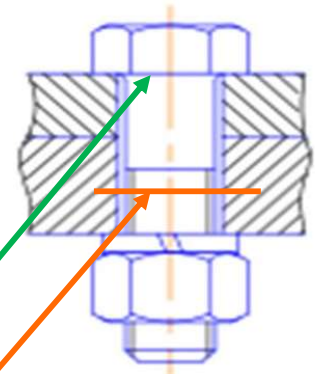
NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

ESFUERZOS BAJO CARGA ESTÁTICA

- Los tornillos están sometidos a cargas axiales, transversales y de torsión.
- Para análisis de esfuerzos se deben considerar áreas críticas con concentradores (el cambio de sección entre cabeza y vástago, el área transversal en la rosca y la base de los filetes de la rosca).
- Pero... como se sabe, si la carga es estática y el material es dúctil, el efecto del **concentrador de esfuerzos se puede despreciar**.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

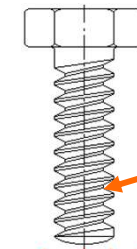
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

TENSIONES EN EL CUERPO DE LOS TORNILLOS

- Tensión normal nominal en el cuerpo del tornillo debido a la carga axial F :

Núcleo

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_r^2}$$



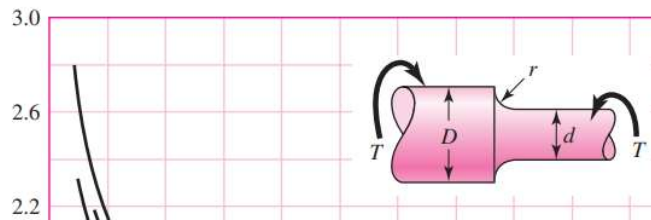
d_r

Diámetro interior.

- Tensiones cortantes por torsión en el cuerpo:

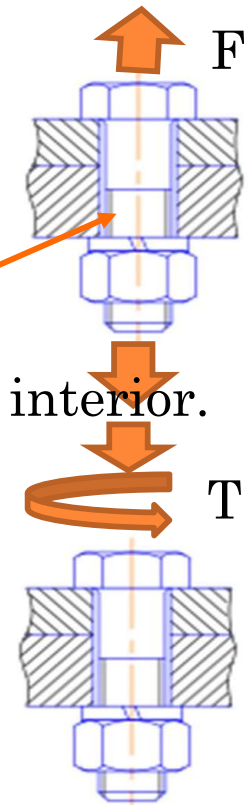
Figure A-15-8

Round shaft with shoulder fillet in torsion. $\tau_0 = Tc/J$, where $c = d/2$ and $J = \pi d^4/32$.



$$\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d_r^3}$$

- Tensiones cortantes por carga transversal F_t :



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Area

NE

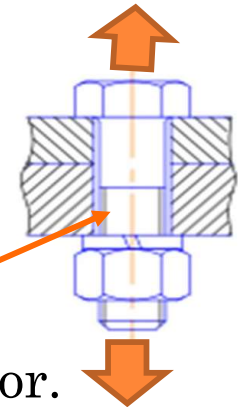
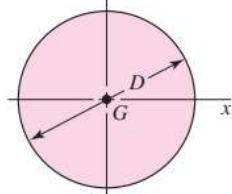


CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

TENSIONES EN EL CUERPO DE LOS TORNILLOS

- Tensión normal nominal carga axial F:



Diámetro interior.

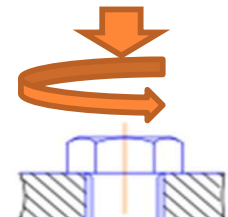
$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_r^2}$$

- Tensiones cortantes por torsión en el cuerpo:

$$r = \frac{d_r}{2}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d_r^3}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

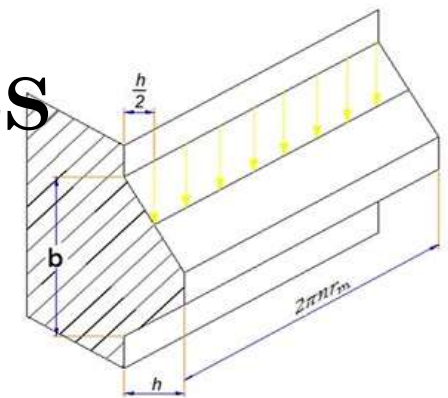
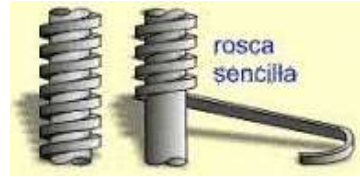


NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

Rosca.



TENSIONES EN LA ROSCA

- En los cálculos se realiza la hipótesis que **todos los n hilos de la rosca en contacto con la tuerca comparten carga**, lo que no es totalmente cierto, por lo que habrá que utilizar **coeficientes de seguridad amplios**.

- Presión de contacto.

Diámetro medio

$$\sigma_B = \frac{F}{\pi \cdot d_{mr} \cdot h \cdot n}$$

- Tensión debida a la flexión.

- Se supone F uniforme en todo el diámetro.

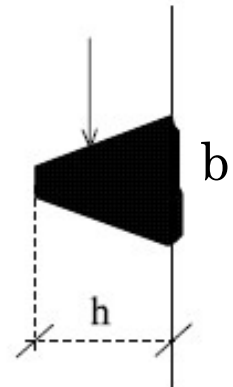
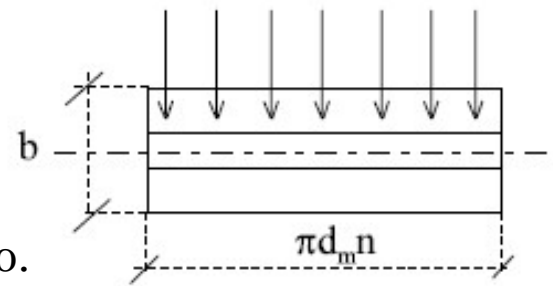
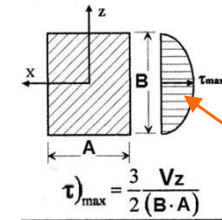


Figure A-15-4

Notched rectangular bar in bending. $\sigma_0 = Mc/I$, where $c = d/2$, $I = td^3/12$, and t is the thickness.

$$\sigma_b = \frac{6M}{tb^2}$$

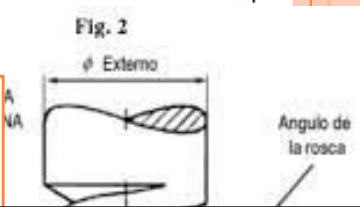
$$M_{\max} = \frac{F \cdot h}{2} \rightarrow \sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot h}{\pi \cdot d_r \cdot n \cdot b^2}$$



$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{Vz}{B \cdot A}$$

$$\tau = \frac{3F}{2A}$$

- Tensión cortante: En una sección rectangular A se vio:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

$$\tau = \frac{F}{A}, \quad d = \text{diam. mayor}$$



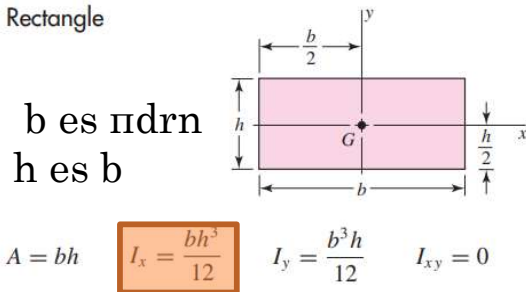
DEMOSTRACION

Presión de contacto.

$$\sigma_b = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi \cdot d_{mr} \cdot h \cdot n}$$

Tensión debida a la flexión.

Rectangle



$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{Fh}{2} \times \frac{b}{2} \frac{1}{\frac{\pi d_r n b^3}{12}}$$

Valor máximo en los extremos.

$$M_{\max} = \frac{F \cdot h}{2} \rightarrow \sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot h}{\pi d_r \cdot n b^2}$$

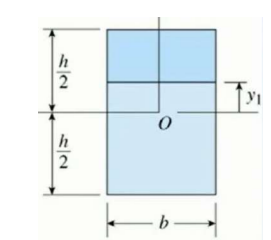
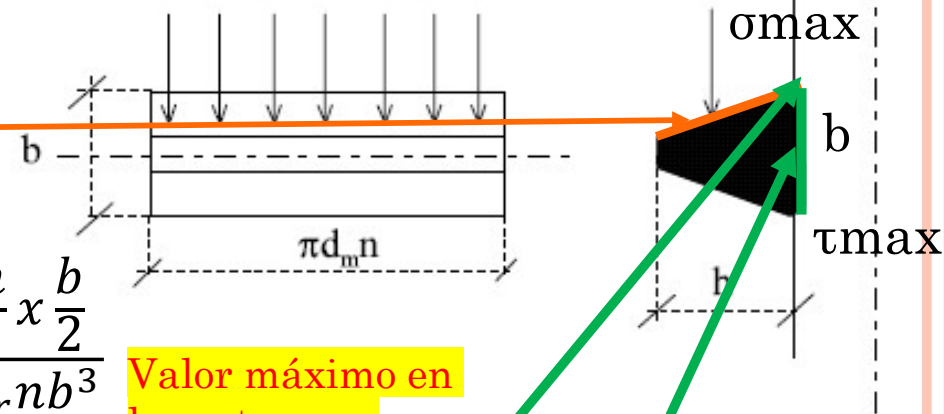
Tensión cortante:

Para una viga rectangular.

$$\tau = \frac{VQ}{Ib} = \frac{V}{Ib} \frac{b}{2} \left(\frac{h^2}{4} - y^2 \right) \xrightarrow{y=0} \tau_{\max} = \frac{V}{2 \frac{bh^3}{12}} \left(\frac{h^2}{4} \right) = \frac{3V}{2bh} = \frac{3V}{2A}$$

$$V = F$$

$$A = \pi d_r n b$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Valor máximo en la fibra neutra



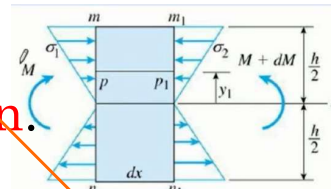
NEBRIJA

DEMOSTRACIÓN

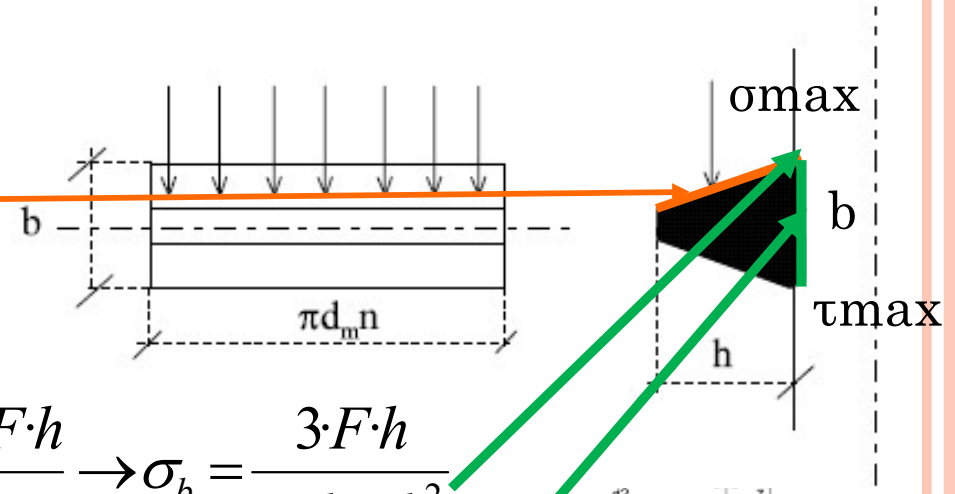
Presión de contacto.

$$\sigma_b = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi \cdot d_{mr} \cdot h \cdot n}$$

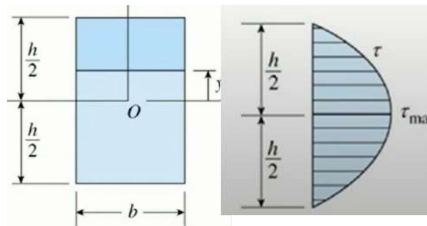
Tensión debida a la flexión.



$$M_{\max} = \frac{F \cdot h}{2} \rightarrow \sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot h}{\pi d_r \cdot n \cdot b^2}$$



Tensión cortante:



Valor máximo en los extremos.

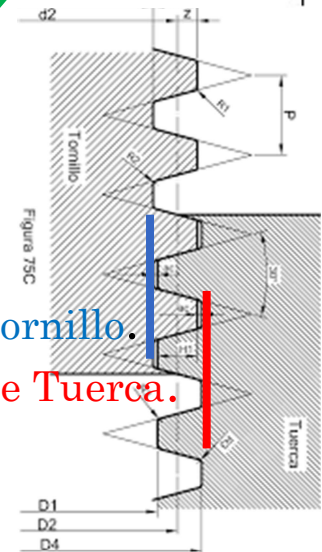
Tornillo $3F$
 $\tau = \frac{3F}{2\pi d_r \cdot n \cdot b}$, $d_r = \text{diam. interior}$

Tuerca $3F$
 $\tau = \frac{3F}{2\pi d_o \cdot n \cdot b}$, $d_o = \text{diam. mayor}$

Valor máximo en la fibra neutra

Rotura cortante Tornillo.

Rotura cortante Tuerca.



$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2};$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

O sea, no se aplica Von Mises correctamente.



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

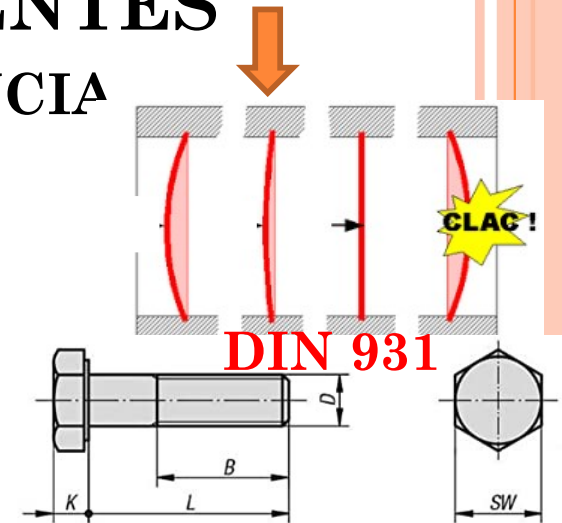
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

Inestabilidad por compresión

Ligada a la esbeltez. Equilibrio inestable.

OTRAS CONSIDERACIONES

- En caso de tener una longitud de tornillo superior a **8 veces el diámetro**, es necesario considerar el **pandeo**.
- En cuanto a la **altura de la tuerca** (es decir, el número de hilos en contacto entre perno y tuerca), un criterio orientativo consiste en **igualar la resistencia a tracción del perno con la resistencia a cortante de la rosca de la tuerca**.
- Cuando se necesita un **rendimiento muy alto** hay que utilizar husillos a bolas.



	D	M5	M6	M8	M10	M12
SW		8	10	13	17	19
K		3,5	4	5,3	6,4	7,5
B		16	18	22	26	30
L (mm)	30	x	x	x		
	35	x	x	x		
	40	x	x	x		
	45	x	x	x	x	
	50	x	x	x	x	x
	55	x	x	x	x	
	60	x	x	x	x	x
	65			x		
	70		x	x	x	x
	75			x		
	80		x	x	x	x
	90		x	x	x	x
	100		x	x	x	x
	110			x	x	x
	120		x	x	x	x
	130			x	x	x
140		x	x	x	x	
150			x	x	x	
160				x		

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Paso	0,4	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,2	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4	4,5	4,5	5	5	5,5	5,5	6	6		
B	1,6	2,4	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11	13	15	16	18	19	22	24	26	29	31	34	36	38	42	45	48	51	54

Cartagena99

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

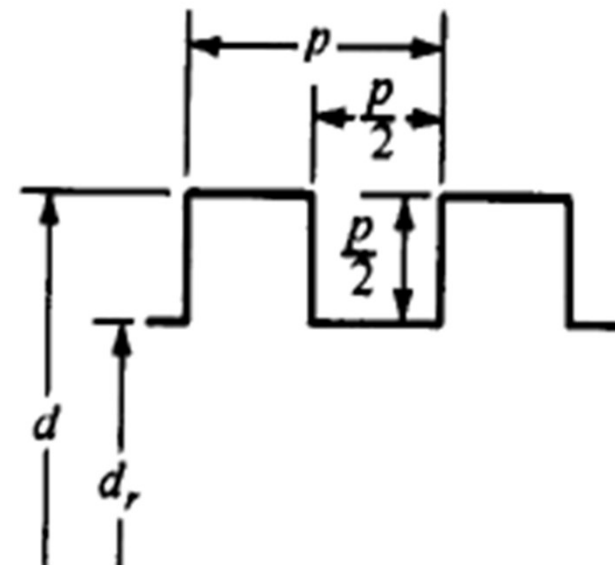
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga
- Eficiencia durante la elevación de la carga
- Esfuerzos de torsión y compresión en el cuerpo
- Esfuerzo de apoyo



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

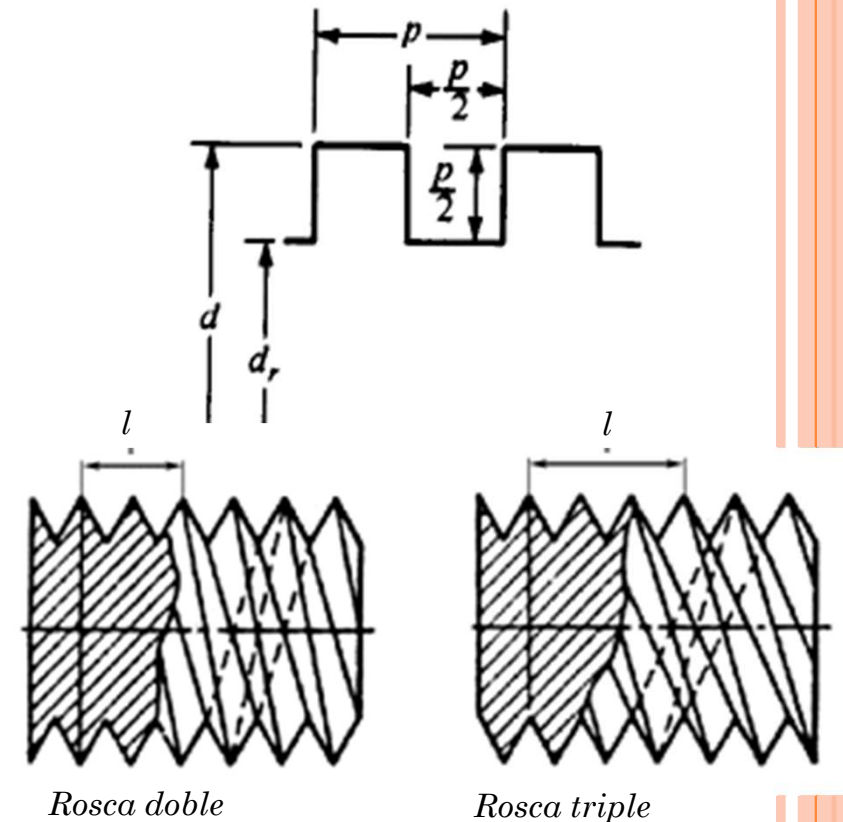
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

a) Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.



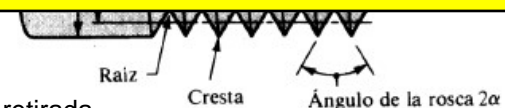
diámetro mayor: d	d	32 mm
	P	4 mm
Rosca doble	n	2
	$\mu = \mu_c =$	0,08
	d_c	40 mm
	F	6.4 kN

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Diámetro mayor
Diámetro medio



avance

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

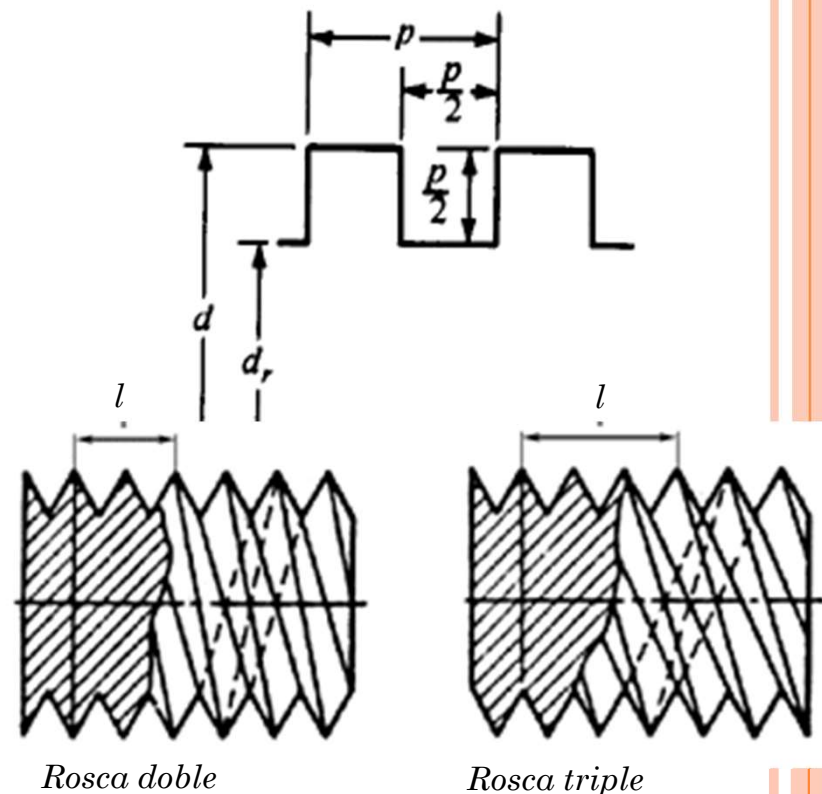
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4 mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40 \text{ mm}$ y $F = 6.4 \text{ kN}$ por tornillo

a) Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.



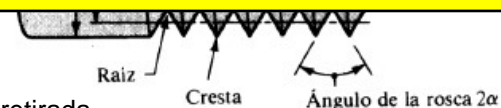
diámetro mayor: d	d	32 mm
	P	4 mm
Rosca doble	n	2
	$\mu = \mu_c =$	0,08
	d_c	40 mm
	F	6.4 kN

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Diámetro mayor
Diámetro medio



CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

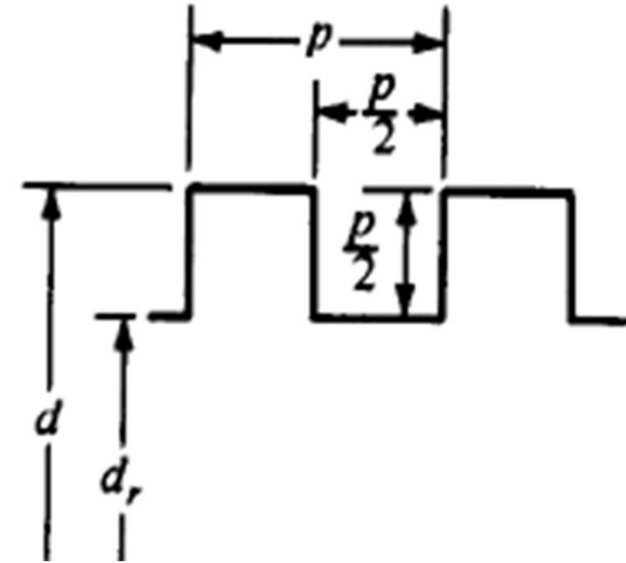
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga



$$T_{\text{Bajar tornillo}} = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi \mu d_m - l}{\pi d_m + \mu l} \right)$$

F	6,4 KN
d_m	30 mm

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

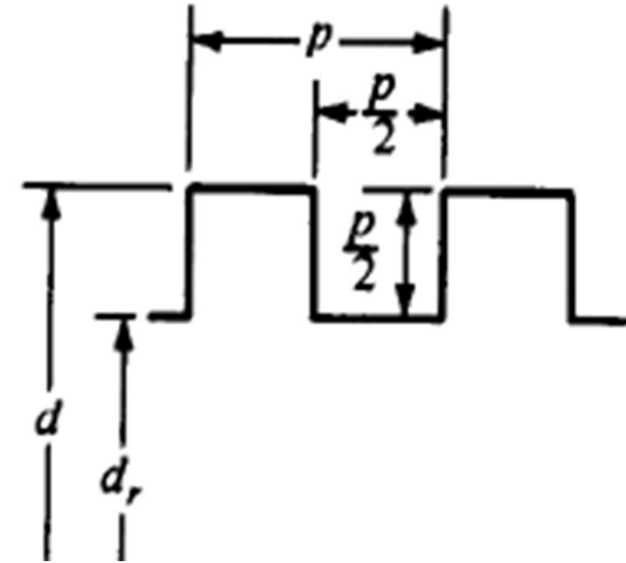
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga



$$T_{\text{Bajar tornillo}} = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi \mu d_m - l}{\pi d_m + \mu l} \right)$$

F	6,4 KN	Tbajar	96 (-0,00485)
d _m	30 mm	Tbajar	0,47 Nm	

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

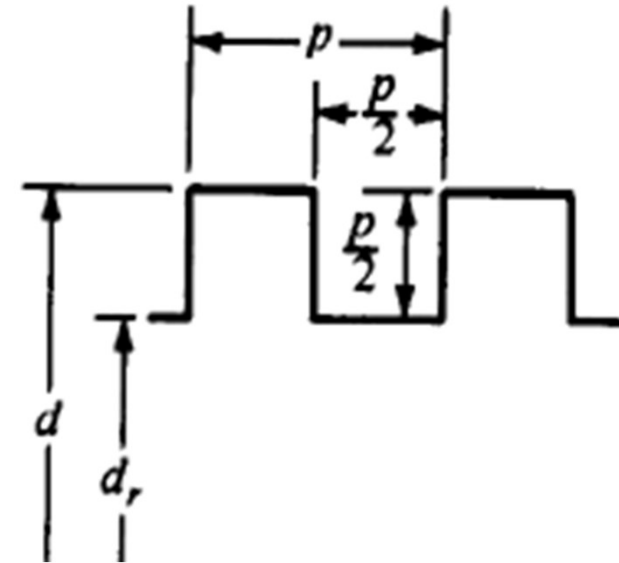
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga



$$T_{\text{Bajar tornillo}} = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi \mu d_m - l}{\pi d_m + \mu l} \right)$$

F	6,4 KN	Tbajar	96 (-0,00485)
d _m	30 mm	Tbajar	0,47 Nm	

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

15,94 Nm

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

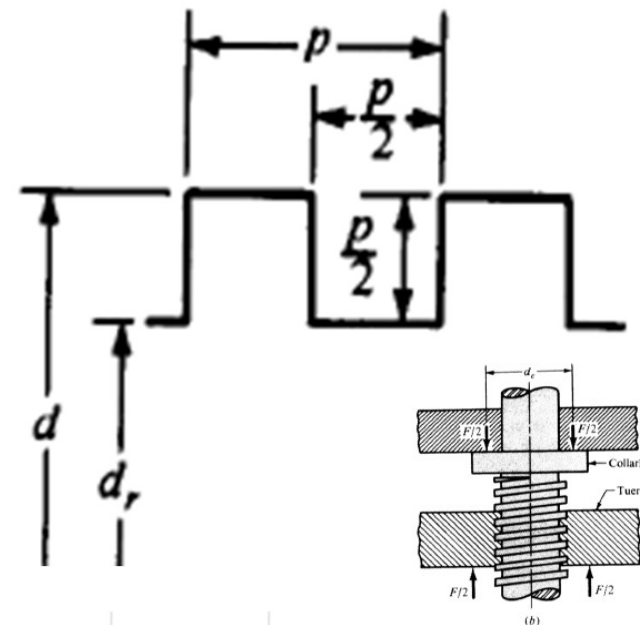
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga



$$T_{\text{Bajar tornillo}} = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi \mu d_m - l}{\pi d_m + \mu l} \right)$$

$$T_{\text{collarin}} = T_c = \frac{F \mu_c d_c}{2}$$

F	6,4 KN	Tbajar	96 (-0,00485)	Tc	10,24 Nm
d _m	30 mm	Tbajar	0,47 Nm			

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

		15,94 Nm		26,18 Nm
--	--	----------	--	----------

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

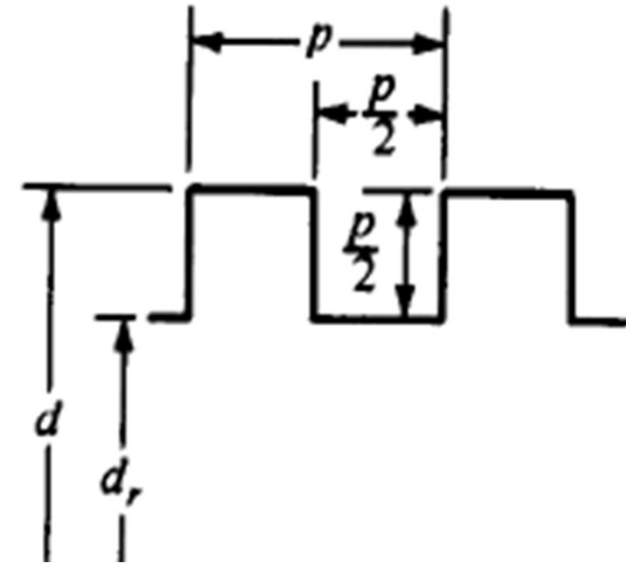
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu=\mu_c=0.08$, $d_c=40\text{mm}$ y $F=6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga
- Eficiencia durante la elevación de la carga



$$T_{\text{Subir tornillo}} = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

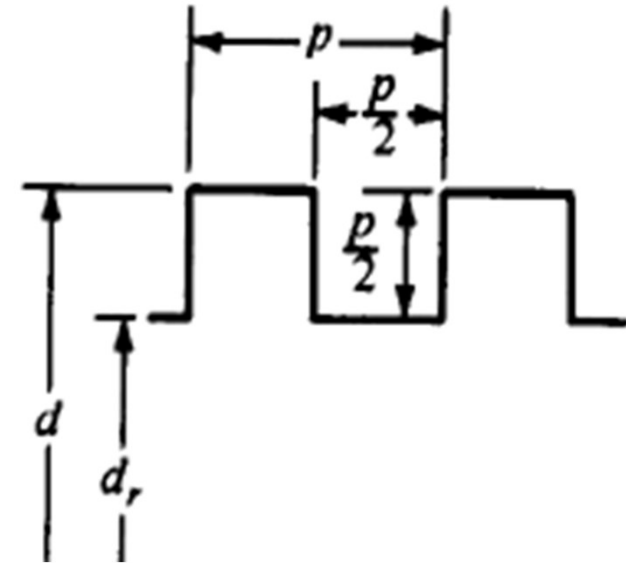
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu=\mu_c=0.08$, $d_c=40\text{mm}$ y $F=6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga
- Eficiencia durante la elevación de la carga



$$T_{\text{Subir tornillo}} = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

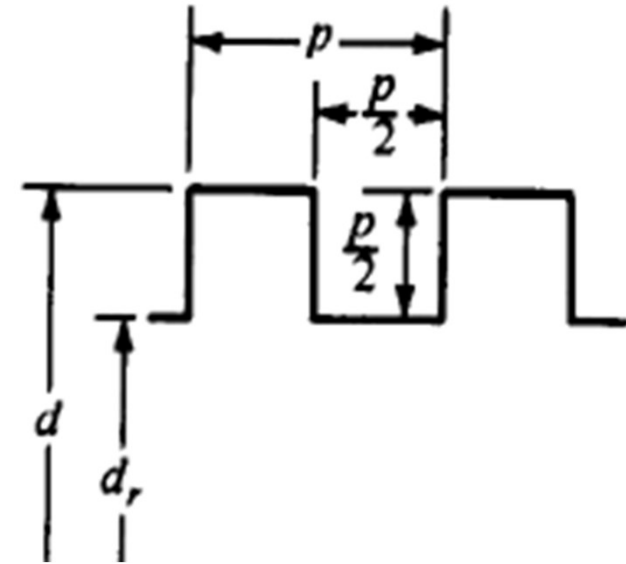
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu=\mu_c=0.08$, $d_c=40\text{mm}$ y $F=6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga
- Eficiencia durante la elevación de la carga



$$T_{\text{Subir tornillo}} = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

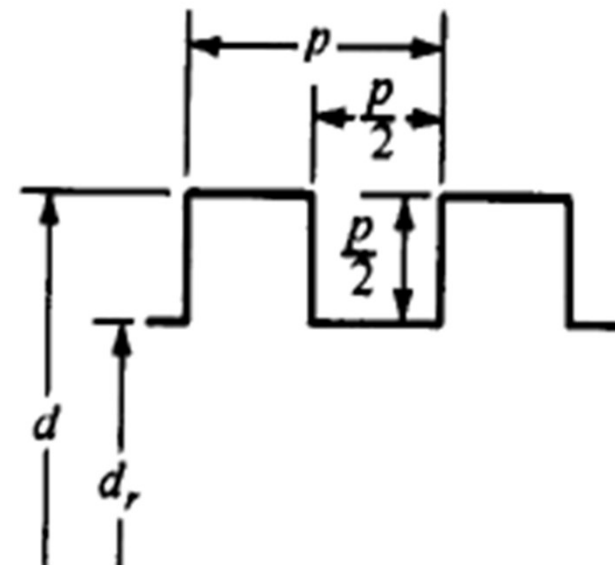
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga
- Eficiencia durante la elevación de la carga



$$T_{\text{Subir tornillo}} = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right)$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

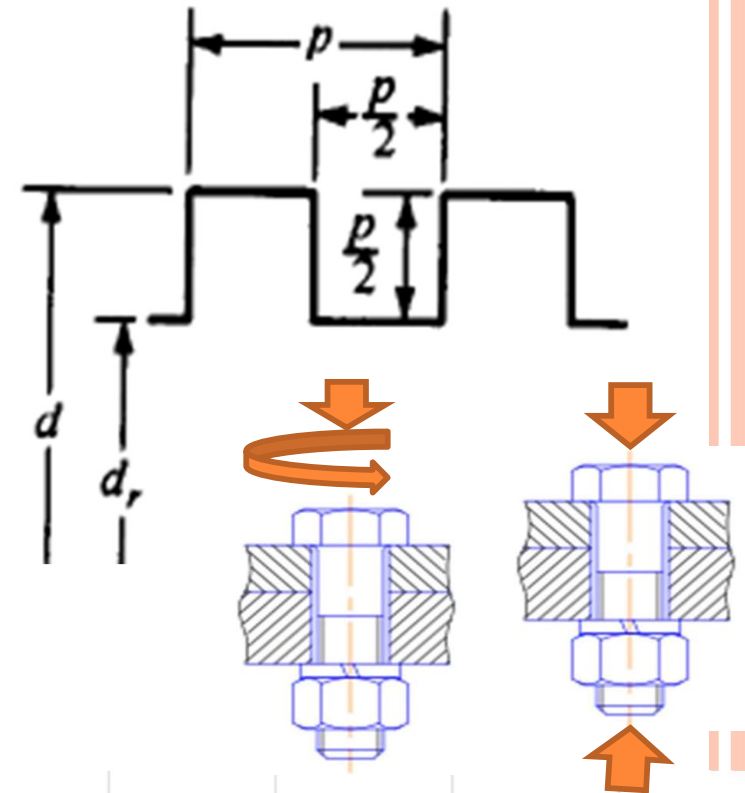
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga
- Eficiencia durante la elevación de la carga
- Esfuerzos de torsión y compresión en el cuerpo



16·T

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

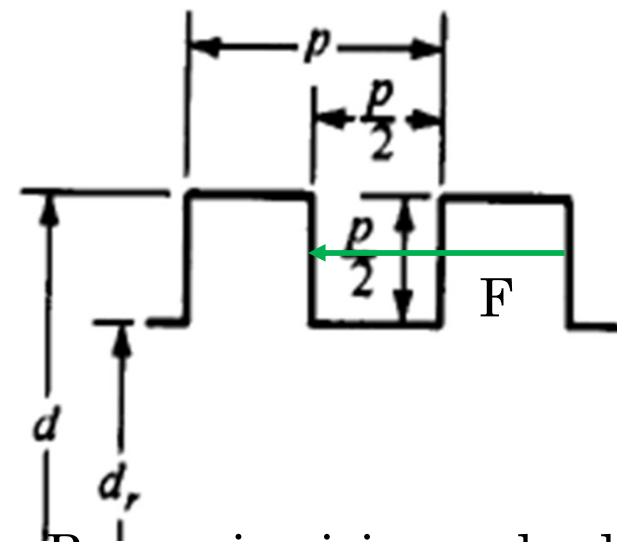
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

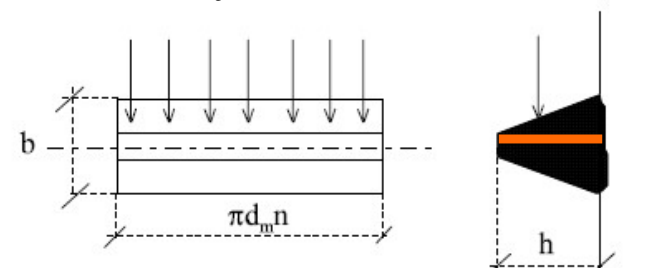
Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- Encuentre la profundidad, el ancho, el diámetro de paso, el menor y el de avance de la rosca.
- Determine el par de torsión necesario para elevar y bajar la carga
- Eficiencia durante la elevación de la carga
- Esfuerzos de torsión y compresión en el cuerpo
- Esfuerzo de apoyo



Rosca ejercicio cuadrada.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

p/2

2 mm

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

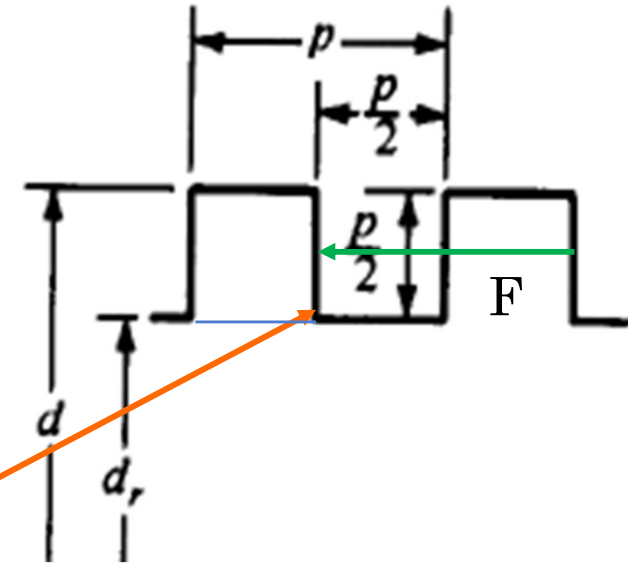
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- a) En la rosca, determinar el **esfuerzo flexionante en la raíz, cortante en la raíz** y el **esfuerzo de von Mises** y el **esfuerzo cortante máximo en la misma ubicación.**



F	6,40	KN
l	8,00	mm
dr	28,00	mm
n	2,00	Doble helice
p/2	2,00	mm
Profundidad	h	
p/2	2,00	mm

$$\sigma_b = \frac{Fh}{\pi d_r n b^2} \xrightarrow{h=b=p/2} \sigma_b = \frac{F p / 2}{\pi d_r n (p/2)^2} \xrightarrow{h=b=p/2} \sigma_b = \frac{2F}{\pi d_r n p}$$

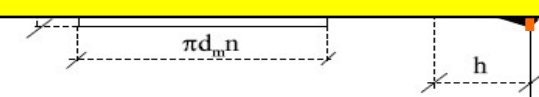
Tensión debida a la flexión en rosca

Esfuerzo flexionante σ_b	0,0182	KN/mm2	18,19 Mpa
---	---------------	---------------	------------------

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cortantes



CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

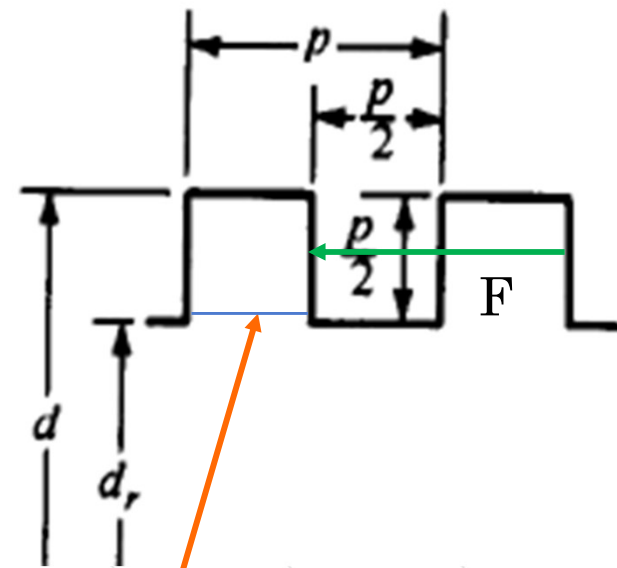
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu=\mu_c=0.08$, $d_c=40\text{mm}$ y $F=6.4\text{kN}$ por tornillo

- a) En la rosca, determinar el esfuerzo flexionante en la raíz, cortante en la raíz y el esfuerzo de von Mises y el esfuerzo cortante máximo en la misma ubicación.



$$\tau = \frac{3F}{\pi d_r n b} \quad h=b=p/2 \quad \tau = \frac{6F}{\pi d_r n p}$$

cortante en la raíz=0

F	6,40	KN
l	8,00	mm
dr	28,00	mm
n	2,00	Doble helice
p/2	2,00	mm
Profundidad h	p	
p/2	2,00	mm
ancho b	-	
d	4.00	mm

cortante maximo τ	0,0546	KN/mm2	54,57	Mpa
--	---------------	---------------	--------------	------------

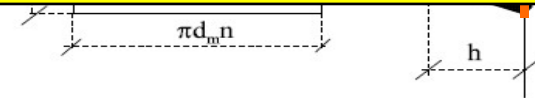
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Flectores

$\tau = \frac{6F}{\pi d_r n p}$, $d_r = \text{diam.interior}$



CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

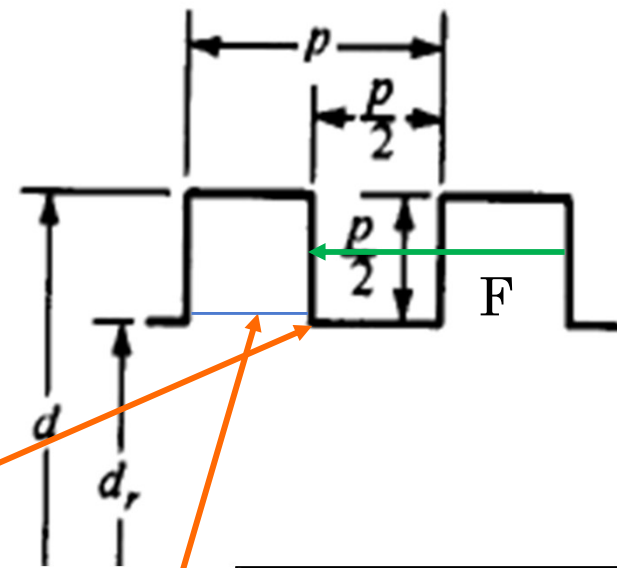
2. MECÁNICA DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA

EJEMPLO – SHIGLEY 8-1. Página 405

Un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada tiene un diámetro mayor de 32 mm y un paso de 4mm con roscas dobles.

Datos: $\mu = \mu_c = 0.08$, $d_c = 40\text{mm}$ y $F = 6.4\text{kN}$ por tornillo

- a) En la rosca, determinar el esfuerzo flexionante en la raíz, cortante en la raíz y el esfuerzo de von Mises y el esfuerzo cortante máximo en la misma ubicación.



$$\sigma' \geq S_y$$

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

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}{2}}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3\tau_{max}^2};$$

σ_{eq} se comparará con S_y o S_u para ver si aguante la rosca estaticamente
 σ_{eq} Si es una fuerza dinámica con S_e

Suman de los dos aunque el

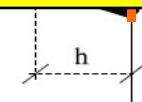
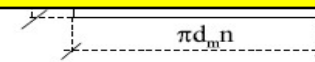
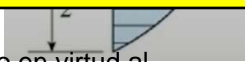
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Electores

$\Sigma \pi \cdot a_r \cdot n \cdot b$

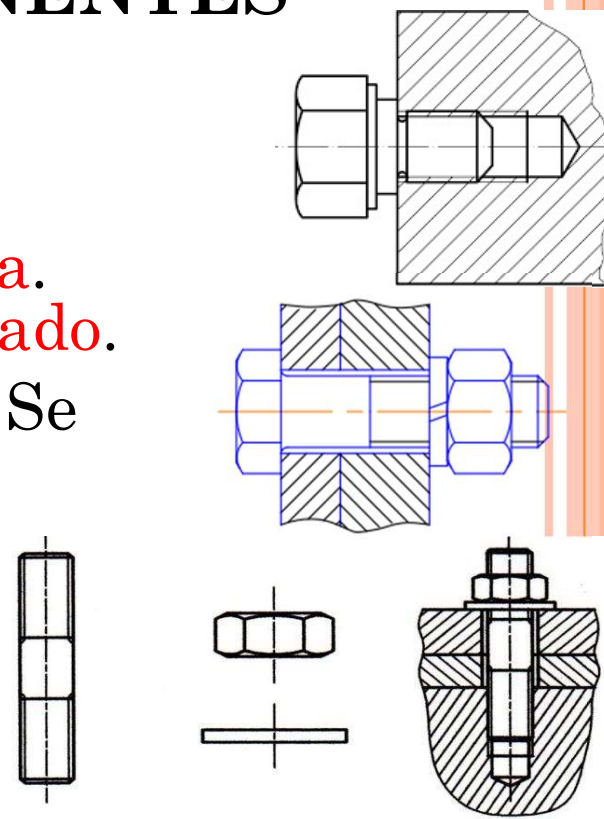


CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

3. SUJETADORES ROSCADOS

Nomenclatura

- **Tornillo:** Se aprieta aplicando par a la cabeza. Diseñado para instalarse en un agujero roscado.
- **Perno:** Diseñado para instalarse con tuerca. Se aprieta aplicando par de torsión a la tuerca.
- **Espárrago:** Es un perno con rosca en los dos extremos.
- **Longitud ideal del tornillo:** es en la que sólo sobresale una o dos roscas de la tuerca tras apretar.
- Los agujeros pueden presentar rebabas, lo que crearía entallas y concentraciones de tensiones en los tornillos. **Se usan arandelas** debajo de la



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Pieza 2

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

3. SUJETADORES ROSCADOS

Propósito y Funcionamiento

- El propósito de un tornillo es sujetar dos o más partes.
- La carga de sujeción estira o alarga el tornillo al hacer girar la tuerca.
- El tornillo se alarga casi hasta su **límite elástico.**
- **Si la tuerca no se afloja, la tensión en el tornillo permanece como la fuerza de precarga o sujeción.**
- Al apretar lo ideal es mantener estacionaria la cabeza del tornillo y hacer girar la tuerca (así el cuerpo del tornillo no sentirá el par de torsión de fricción de la rosca)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

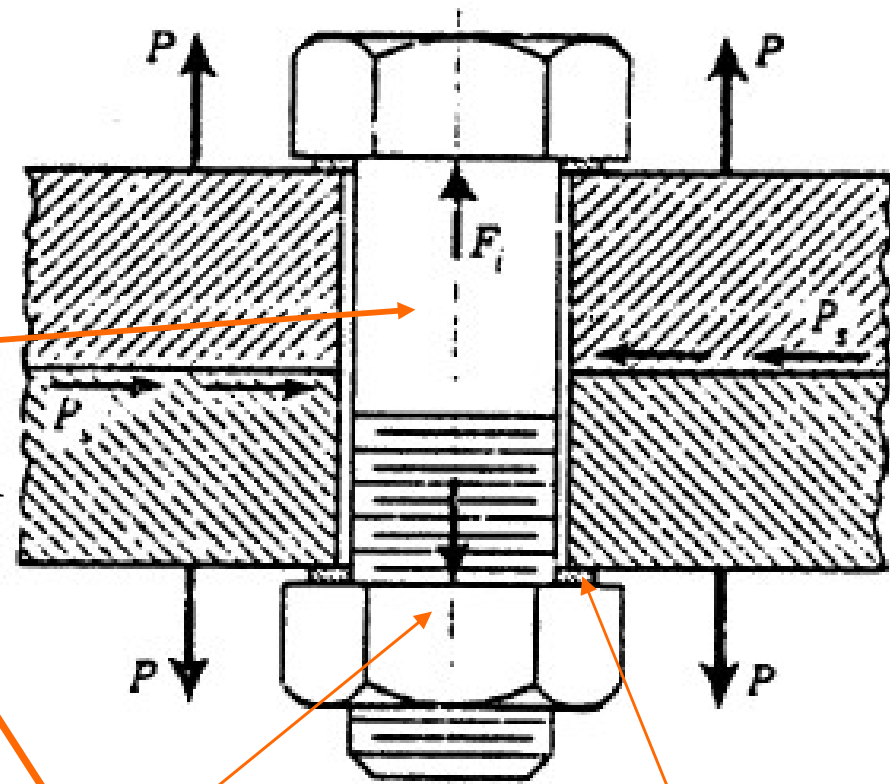


NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

4. RIGIDEZ DEL SUJETADOR (PRECARGA)

- Perno con precarga inicial a la que se le aplica una carga P .
- F_i = precarga inicial. Perno estirado para la compresión P_p
- K_p = rigidez del perno
- K_m = rigidez de las piezas sujetadas (sumadas, en serie) P_m
- P = carga que se aplica.
- Esta carga se reparte entre el perno y las piezas unidas: P_p y P_m respectivamente.



JUNTA ATORNILLADA

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



NEBRIJA

Situación inicial F_i =Fuerza precarga, en el perno $F_p=F_i$ y en las masas $F_m= -F_i$

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

4. RIGIDEZ DEL SUJETADOR

- Ecuaciones que deben cumplirse (siempre que exista algo de compresión en las piezas)

Al aplicar P descomprime las piezas y estira más el perno con lo que podemos descomponer la fuerza

$$P = P_p + P_m = k_p \Delta\delta_p + k_m \Delta\delta_m$$

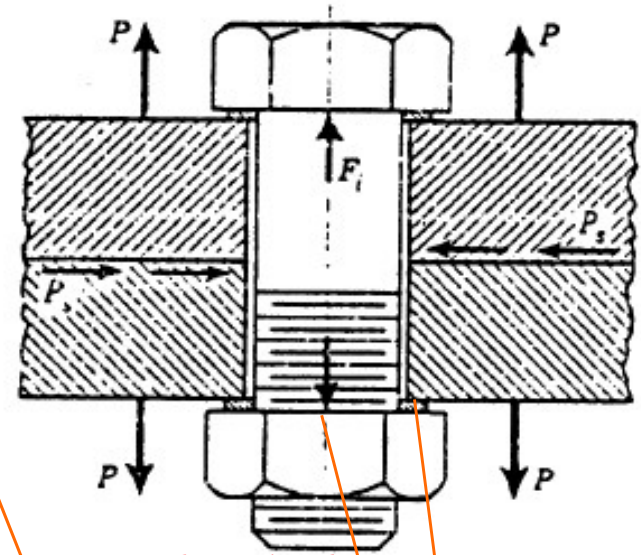
Rigidez por deformación

$$\Delta\delta_p = \Delta\delta_m \Rightarrow \frac{P_p}{k_p} = \frac{P_m}{k_m}$$

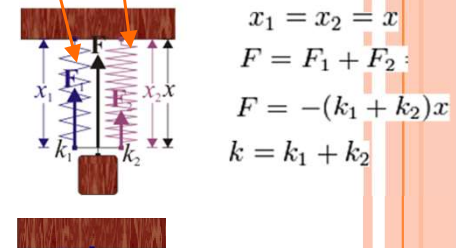
\Rightarrow

$$P_p = \frac{k_p P}{k_p + k_m}$$

$$P_m = \frac{k_m P}{k_p + k_m}$$



Distribución de P entre perno y piezas.
Solo para recordar piezas.



Lo que estira el perno es lo que descomprimen las piezas.

- Carga sobre el perno...

$$F_p = P_p + F_i = \frac{k_p P}{k_p + k_m} + F_i$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

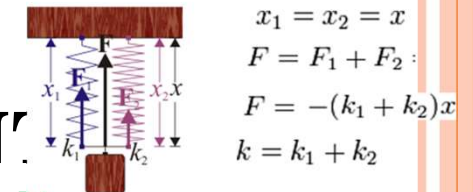
$F_m \leq 0$ para que se cumpla

$\Delta\delta_p = \Delta\delta_m$

Situación en carga.

NEBRIFA

Situación inicial F_i =Fuerza precarga, $F_p=F_i$ y $F_m=-F_i$



CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

4. RIGIDEZ DEL SUJETADOR

- Ecuaciones que deben cumplirse (siempre que exista algo de compresión en las piezas)

$$F_p = P_p + F_i = \frac{k_p P}{k_p + k_m} + F_i$$

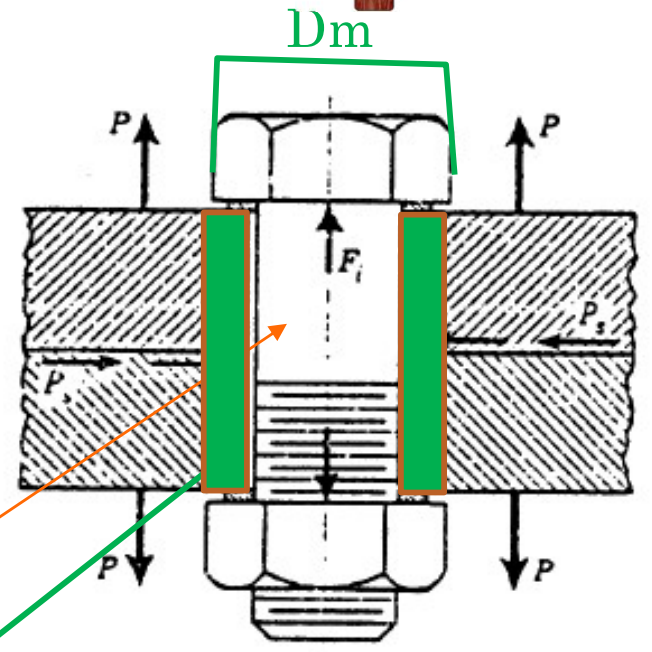
Si $F_i > 0$ entonces $C = \frac{k_p}{k_p + k_m} < 1$ y $\frac{k_p P}{k_p + k_m} < P$

Factor de junta.

$$k_p = \frac{E_p A_p}{L_p} = \frac{E_p \pi d_p^2}{4 L_p}$$

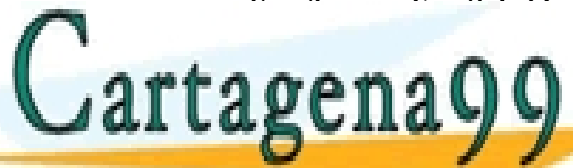
La precarga distribuye la fuerza entre elementos o lo que es lo mismo la fuerza sobre el perno y las masas.

Hipótesis calculo perno.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Mismo material

Bueno para ratiaga NEBRIJA

Situación inicial F_i =Fuerza precarga, $F_p=F_i$ y $F_m=-F_i$

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

4. RIGIDEZ DEL SUJETADOR

- Ej. Ecuaciones que deben cumplirse (siempre que exista algo de compresión en las piezas)

Consideramos $L_m = L_p = L$

Mismo material. $k_p = k_m = k$ y $E_p = E_m = E$

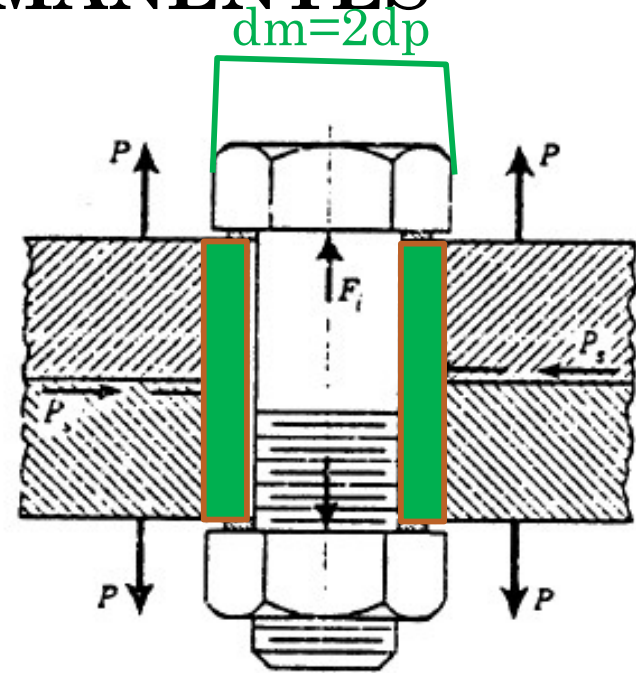
Hipótesis calculo perno. $d_m = 2d_p$

$$k_p = \frac{E_p A_p}{L_p} = \frac{E_p \pi d_p^2}{4L_p} = \frac{E \pi d_p^2}{4L}$$

$$k_m = \frac{E_m A_m}{L_m} = \frac{E_m \pi (d_m^2 - d_p^2)}{4L_m} = \frac{E \pi (4d_p^2 - d_p^2)}{4L} = \frac{3E \pi d_p^2}{4L}$$

$$C = \frac{k_p}{k_p + k_m} = \frac{\frac{k_p}{k_p}}{\frac{k_p}{k_p} + \frac{k_m}{k_p}} = \frac{1}{1 + \frac{k_m}{k_p}} = \frac{1}{1 + \frac{\frac{3E \pi d_p^2}{4L}}{\frac{E \pi d_p^2}{4L}}} = \frac{1}{4}$$

Factor de junta.



Si es una fuerza fluctuante:

Fuerza media.

$$F_{p_m} = \frac{P_m}{4} + F_i \quad \xrightarrow{F_i = cte} \quad F_{p_m} = \frac{P_m}{4} + F_i$$

Fuerza Alternante.

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

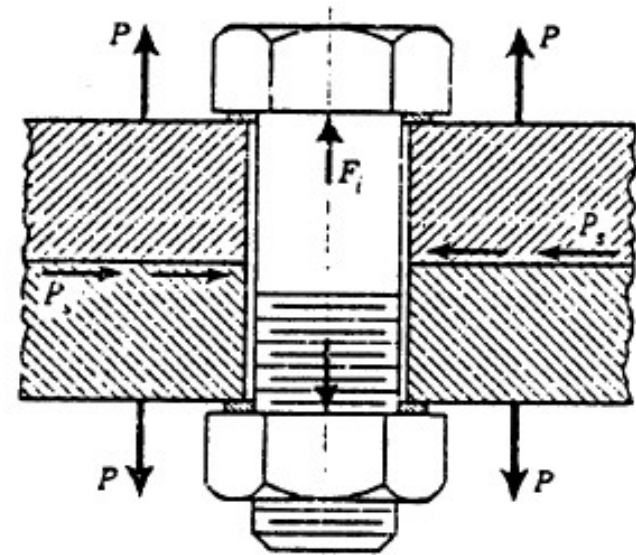
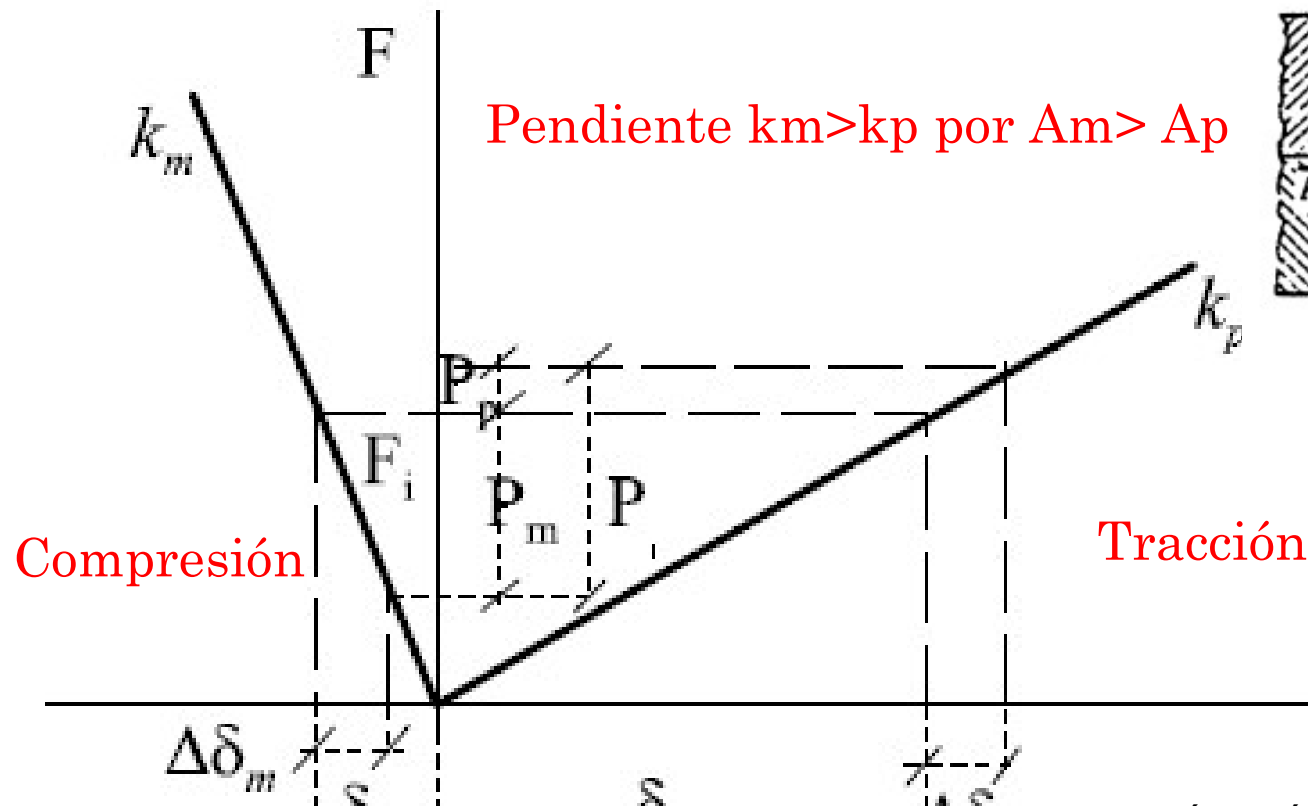
Cartagena99

- F_i reduce o a
bueno para fatiga en el perno.
saber y será retirada.

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

4. RIGIDEZ DEL SUJETADOR

- Gráficamente



$$\Delta\delta_p = \Delta\delta_m$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

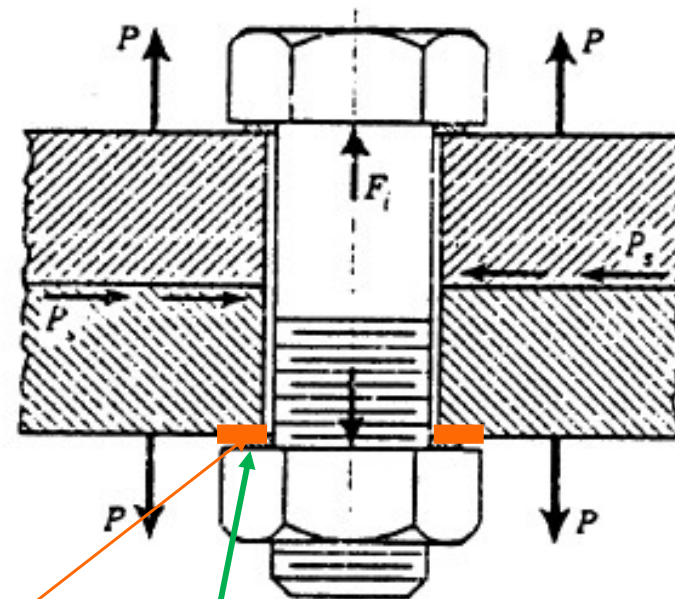


NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

4. RIGIDEZ DEL SUJETADOR

- De lo anterior se deduce que es **importante precargar los pernos...**
- ... desde **el punto de vista de fatiga** (fluctuación menor de la carga)
- ... para mejora el efecto de **aseguramiento**
- Para conocer la precarga a aplicar en un perno se mide el par de torsión de apriete (p.e. con llave torsiométrica)



JUNTA ATORNILLADA

Rozamiento en esta zona.

$$F_i \cdot d_m (l + \pi \cdot u \cdot d_m \cdot \sec \alpha) = F_i \cdot l \cdot d$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

5. JUNTAS CON EMPAQUETADURA

- Puede haber más de dos elementos incluidos en el agarre del sujetador.
- En conjunto actúan como resortes de compresión en serie...

Rigidez elementos en serie.

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots + \frac{1}{k_i}$$

Como resortes en serie que comparten la fuerza.

$$F=kx; x=F/k$$

$$k_1 > k_2 \rightarrow x_2 > x_1$$

$$x \rightarrow \theta$$

$$F \rightarrow T$$

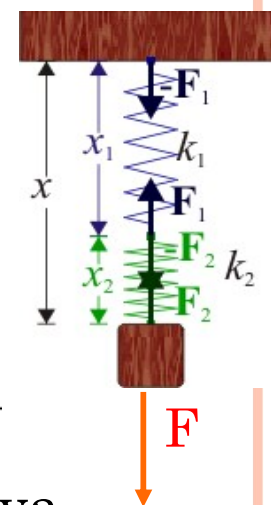
$$K \rightarrow GJ/l$$

$$x_1 + x_2 = x$$

$$F_1 = F_2 = F$$

$$x = x_1 + x_2 = -\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right) F$$

Por ej. Goma. $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$



- Si uno de los elementos es un empaque suave, su rigidez relativa frente a los otros resulta tan pequeña que los términos de los otros pueden despreciarse, de forma que sólo se considere la rigidez del empaque suave.

A metal

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{k_A} + \frac{1}{k_B} + \frac{1}{k_C} \rightarrow k_m \sim k_B$$

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

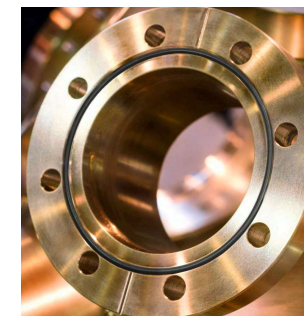
Cartagena99



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

5. JUNTAS CON EMPAQUETADURA



A metal

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

6. PRECARGA DE PERNOS. C. ESTÁTICA

- Antes se halló la carga de un perno precargado con F_i y una carga externa P .
- La separación de la junta se da para $F_m = 0$ (desaparece la compresión y el tornillo soporta toda la carga).
- En estas condiciones el $F_i > F_m$, pero además no debe producir fluencia del

$$1 - C = \frac{k_m}{k_p + k_m}$$

$$F_p = C \cdot P + F_i$$

$$F_m = (1 - C) \cdot P - F_i$$

donde $C = \frac{k_p}{k_m + k_p}$

Como $F_m \geq 0$ $F_i > (1 - C)P_{max}$

F_i no puede generar deformación en la pieza luego $F_i < A_t \cdot S_y$ (fuerza = área x tensión)

$$n \cdot (1 - C) \cdot P < F_i < A_t S_y$$

A_t : Área de trabajo

S_y : Límite de fluencia

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

7. PRECARGA DE PERNOS. C. FATIGA

- Aquí es necesario hallar la carga media y alternante.
- Si conocemos la variación de P se pueden deducir, suponiendo que el área efectiva del perno es A_t :
Consideración $P_{max}=P$ $P_{min}=0$

$$(F_p)_{max} = \frac{k_p P}{k_p + k_m} + F_i$$

$$(F_p)_{min} = +F_i$$

$$\sigma_a = \frac{(F_p)_{max} - (F_p)_{min}}{2A_t}$$

$$\sigma_m = \frac{(F_p)_{max} + (F_p)_{min}}{2A_t}$$

- A partir de estas expresiones y utilizando por ejemplo el criterio de Goodman modificado se puede determinar la fuerza F_i limitada por resistencia a fatiga

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = 1$$

Tabla en Campus

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

7. PRECARGA DE PERNOS. C. FATIGA

- En casos de carga variable ya se sabe que es preciso tener en cuenta el efecto de concentradores de esfuerzo sin importar si son dúctiles o no.
- En tornillos hay dos tipos de concentradores:
 - Cambio de sección entre cabeza y vástago
 - La rosca
- Los K_f varían según el tratamiento al que el tornillo se ha visto sometido para obtener el grado de resistencia deseado.
- El método de manufactura para construir la rosca también influye. En rosca cortada los radios suelen ser más agudos (concentradores más agudos) y aparecen grietas por arranque de viruta. En las rosclas roladas en frío las crestas son redondeadas y los granos fluyen a lo largo del filete.

$$S_e = 0,5 S_{ut} / K_f$$

Más los datos que nos faciliten.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

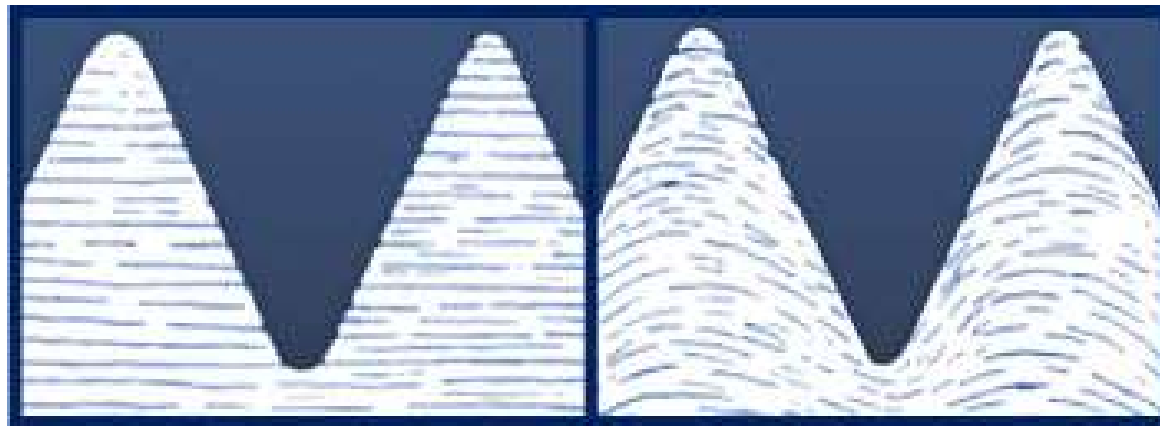
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

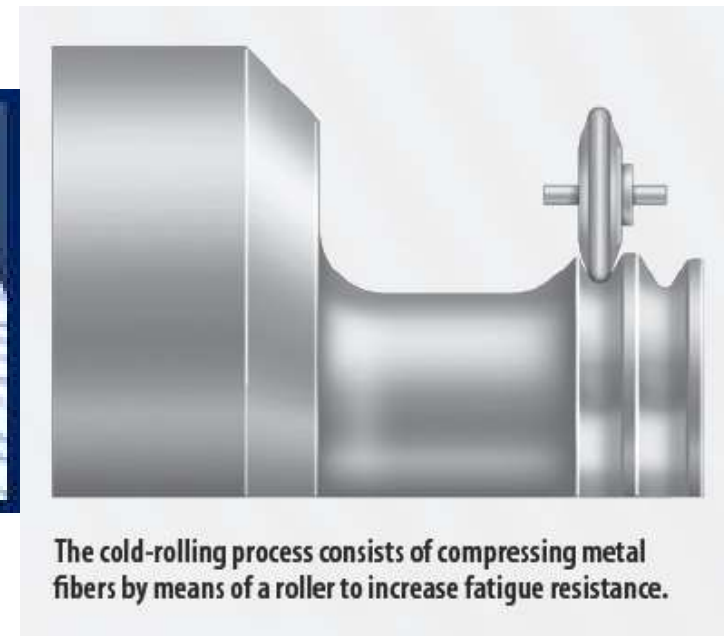
7. PRECARGA DE PERNOS. C. FATIGA

- Rosca cortada vs rolada en frío



Cut Thread

Rolled Thread



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

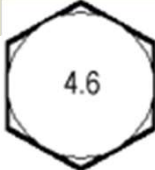







NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

8. RESISTENCIA DEL PERNO

Propiedades mecánicas de elementos roscados de clase métrica

Clase	Rango del diámetro	Carga de prueba [MPa]	Esfuerzo de ruptura [MPa]	Material	Marcado de la cabeza
4.6	M5 - M36	225	400	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
4.8	M1.6 - M16	310	420	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5.8	M5 - M24	380	520	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
8.8	M16 - M36	600	830	Acero al carbono, Templado y Revenido	
9.8	M1.6 - M16	650	900	Acero al carbono, Templado y Revenido	
10.9	M5 - M36	830	1040	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y	

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

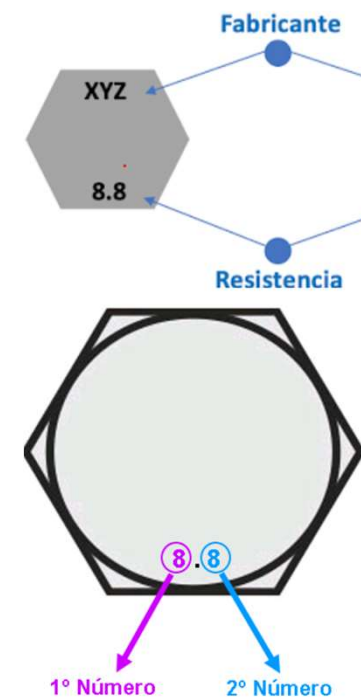
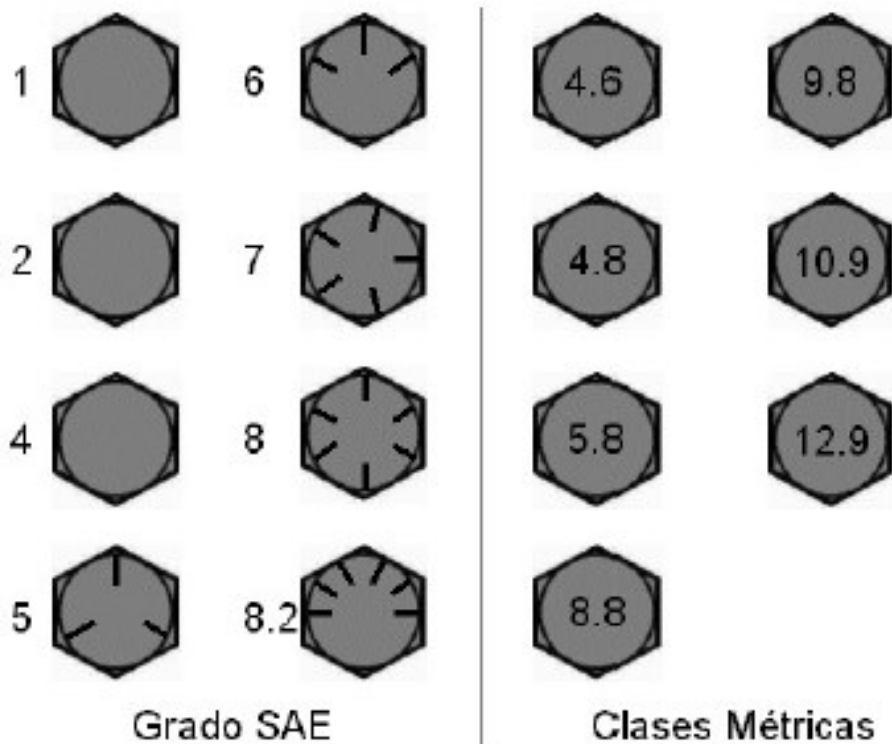
LABORATORIOS DE INVESTIGACIONES Y ANÁLISIS S.A. SAE O ASTM (ver Shigley p. 410)



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

8. RESISTENCIA DEL PERNO



1º Número nos indica la resistencia máxima a la tracción, que es la máxima fuerza que puede soportar un tornillo sin romperse, se mide en N/mm².

Grados de Resistencia			
MARCAS DE			

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

RESISTENCIA TENSIL (N/mm ²)	3/4" - 1-1/2" DIA.	HASTA 1" DIA.	150.000 PSI

límite el cuerpo (en este caso tornillo)

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

9. CÓMO EVITAR EL AFLOJAMIENTO

- Los elementos de máquina suelen estar **sometidos a cargas variables y vibración, por lo que es frecuente que las tuercas se aflojen.**
- Se puede aplicar un par superior al necesario, pero esto puede dañar plásticamente el tornillo y/o las piezas de la unión.
- Algunas alternativas:
 - **Tornillos de rosca fina:** al tener una eficiencia de transmisión más pobre, son más difíciles de aflojar.
 - **Uso de tuerca y contratuerca.** Al apretar una contra otra se genera una preçarga interna y mutuamente impiden el aflojamiento. (Útil si las piezas a unir son blandas y deformables fácilmente)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

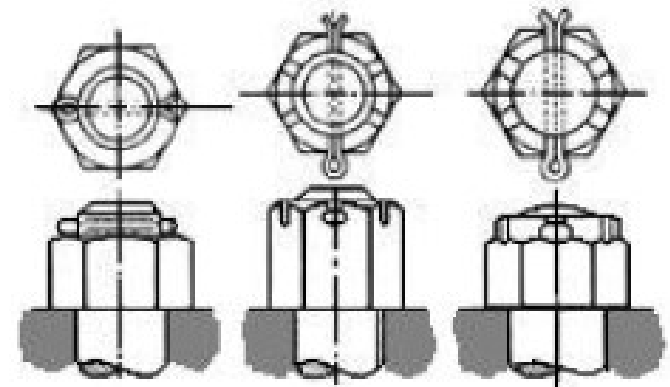


NEBRIJA

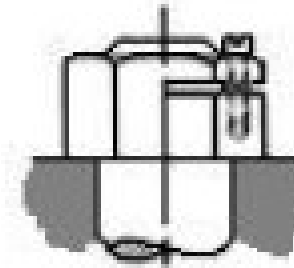
CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

9. CÓMO EVITAR EL AFLOJAMIENTO

- Algunas alternativas (continúa):
 - Uso de **arandelas de cierre o de presión**.
 - Si la unión está sometida a un gran par, gran vibración y/o cambio del sentido de rotación se puede usar un **pin candado atravesando la parte sobresaliente de la rosca del tornillo**. (Cuidado con el concentrador de tensiones que se crea en este caso)
 - Alternativamente se puede usar una **tuerca ranurada**.



Pasador de aletas en tuercas almenadas



Deformación

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

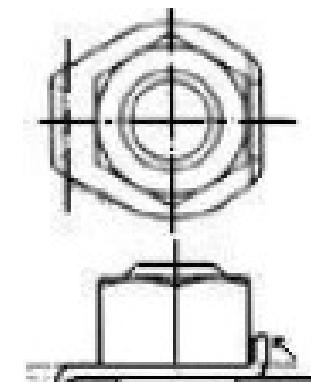
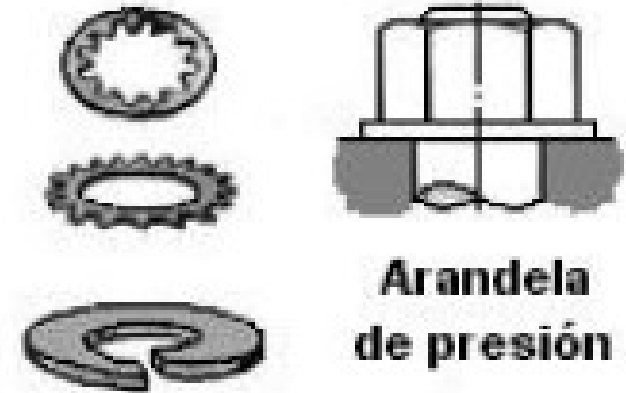


NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

9. CÓMO EVITAR EL AFLOJAMIENTO

- **La precarga** es uno de los métodos más usuales para evitar el aflojamiento.
- También **sirve para eliminar parcial o totalmente los efectos de la fatiga sobre el tornillo.**
- Para su aplicación se utilizan **arandelas de cierre o presión.** La más común tiene forma de espira de resorte helicoidal y funciona igual que éste.



Belleville

Glomer

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INEDRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

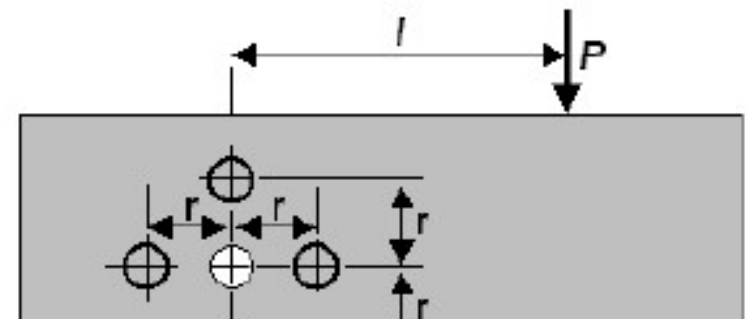
10. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

- Piezas sometidas a **cargas excéntricas** (p.e. torsión) necesita **al menos de dos tornillos** para evitar la **rotación relativa** entre las piezas sin necesidad de apretar excesivamente una pieza contra otra para obtener la fricción requerida.
- En uniones de dos o más tornillos por unión... ¿cómo se distribuye la carga?

Esfuerzos cortantes.

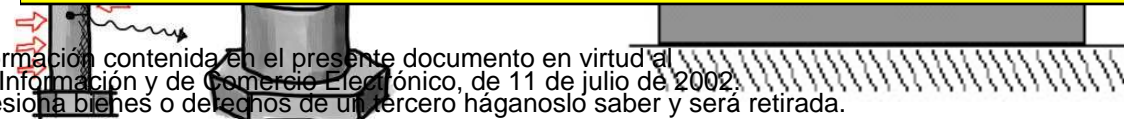
Parte del esfuerzo lo absorbe el rozamiento entre placas.

Para nuestro calculo consideramos que las placas no absorben esfuerzos. Criterio prudencia.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



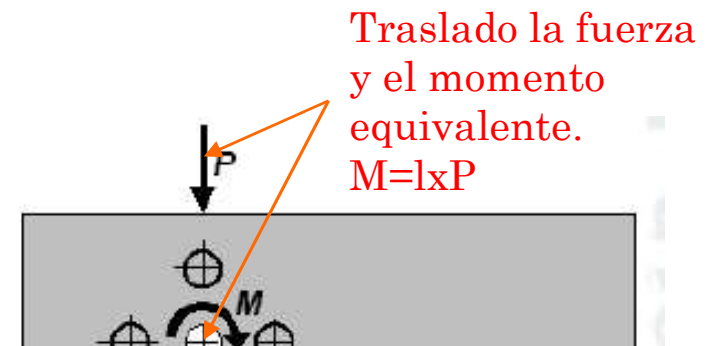
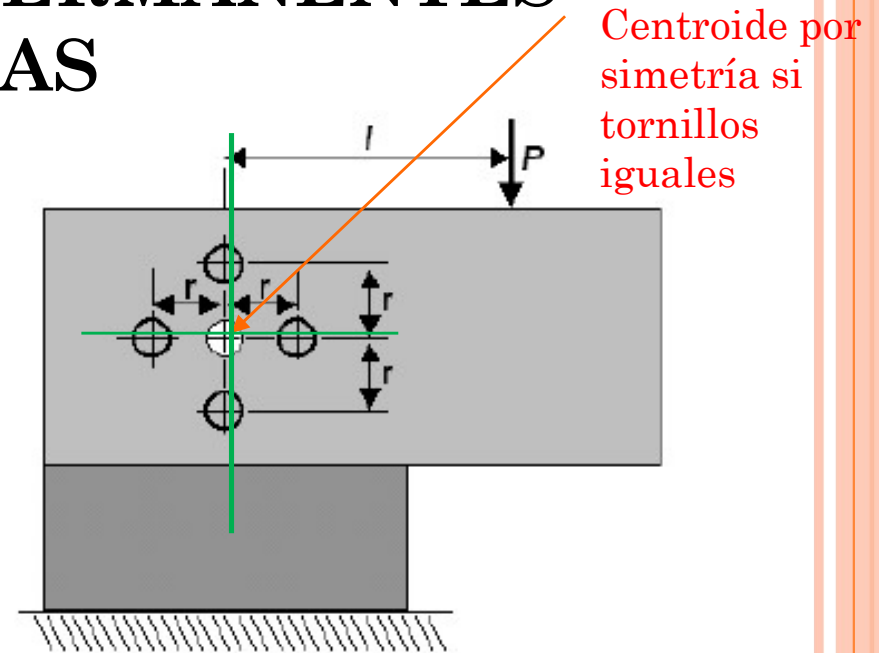
Cartagena99

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

10. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

- Método de cálculo:
- 1º) Asignar un sistema de coordenadas local.
- 2º) Ubicar las coordenadas de los centros de los agujeros.
- 3º) Hallar el centroide de los agujeros (las A_i son las áreas de cada agujero):

$$x_c = \frac{\sum_1^n A_i \cdot x_i}{\sum_1^n A_i}; \quad y_c = \frac{\sum_1^n A_i \cdot y_i}{\sum_1^n A_i}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Mantenimiento, número

n

n

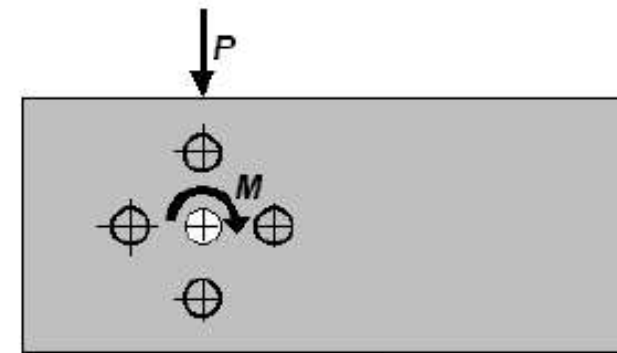
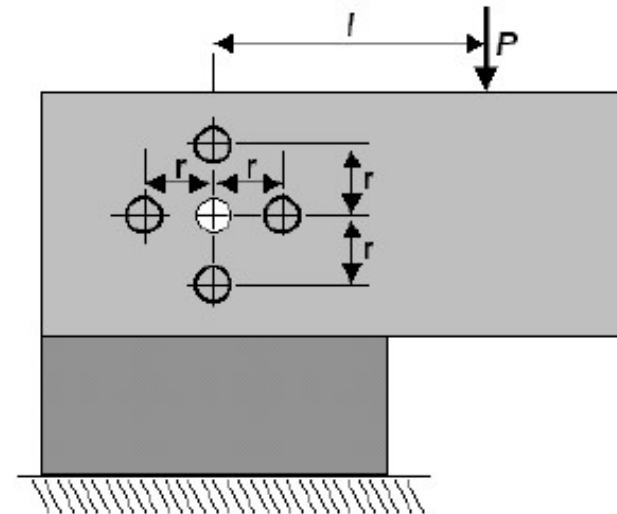
CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

10. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

- Método de cálculo (continuación):
- 4º Se mide la excentricidad “ l ” perpendicular desde el centroide a la línea de acción de la fuerza P
- 5º **Se halla el momento equivalente.**

$$M = P \cdot l$$

- **La carga excéntrica se descompone en una carga céntrica P y un momento M alrededor del centroide.**
- **6º La fuerza P se distribuye equitativamente entre los tornillos,** suponiendo que no existen holguras debidas a errores de manufactura que



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

10. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

F1 Fuerza Pi
 F2 Fuerza de Momento Pmi
 F Resultante
 r distancia entre centros

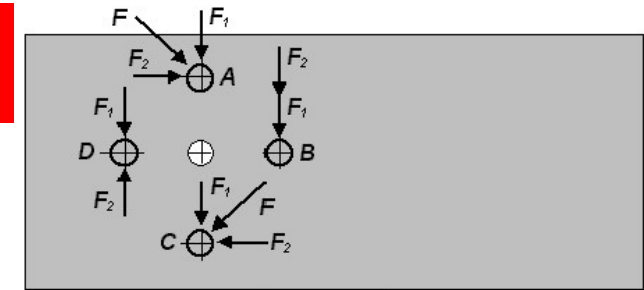
- Método de cálculo (continuación):
- 7º) El momento se descompone en fuerzas equivalentes cuyas magnitudes dependen de la distancia r_i del tornillo al centroide.

Fuerza ejemplo
 $P_i = \frac{P}{n}$

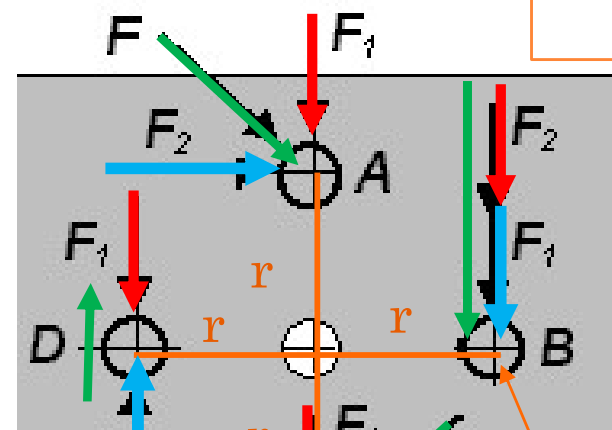
Fuerza de momento ejemplo
 $|P_{mi}| = \frac{M}{r}$
 Para i de 1 a 4

$$|P_{mi}| = \frac{M \cdot r_i}{\sum_{j=1}^n r_j^2}$$

- 8º) La dirección de P_{mi} es perpendicular al radio r y en el sentido indicado por el momento.
- 9º) La fuerza resultante sobre cada tornillo se obtiene por suma vectorial de las diversas componentes.
- 10º) Se calcula el esfuerzo a cortante



$$\tau = \frac{F_1 + F_2}{A_t}$$



Tresca
 $\tau \leq \frac{S_y}{2CS}$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

NEBRIJA

Agujero crítico

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

10. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

- Método de cálculo (continuación):
- 11º) **Si alguno de los tornillos falla se tienen varias alternativas:**
 - **Aumentar el nº de tornillos** disminuye la magnitud de las cargas individuales, pero... aumenta costos, tiempo de manufactura y hace más difícil que las piezas coincidan a menos que se taladren a la vez; en espacios reducidos, más agujeros reduce el área transversal de la pieza y aumenta los concentradores.
 - **Aumentar la distancia de cada tornillo al centroide** disminuye la componente del momento, pero cuidado de no acercarse al borde de la pieza.
 - **Aumentar el grado de resistencia del tornillo** mejora el factor de seguridad, pero incrementa el costo.
 - **Aumentar el diámetro de los tornillos** disminuye los esfuerzos pero aumenta el costo (menos que el anterior).

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

(misma resistencia y una sola llave de montaje).



NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

11. HUSILLOS A BOLAS

- Los husillos a bolas (*ball screw*) convierten en rotación un movimiento lineal (y viceversa).
- Un par pequeño se convierte en una fuerza de empuje con mayor eficiencia y precisión que la conseguida con un tornillo de potencia.
- El sistema consta de husillo, tuerca, bolas y sistema de recirculación. Las bolas giran entre el eje y la tuerca para reducir el rozamiento y elevar el rendimiento de la operación.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



NEBRIJA

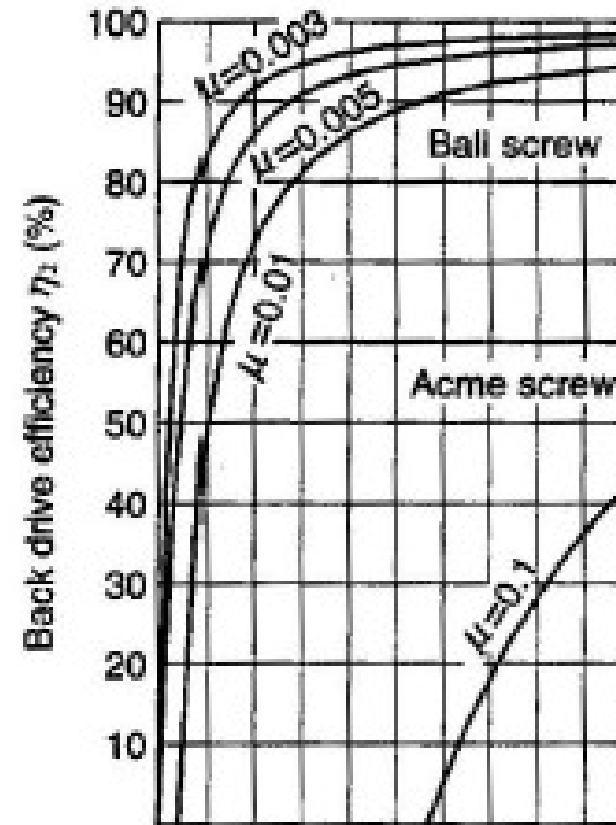
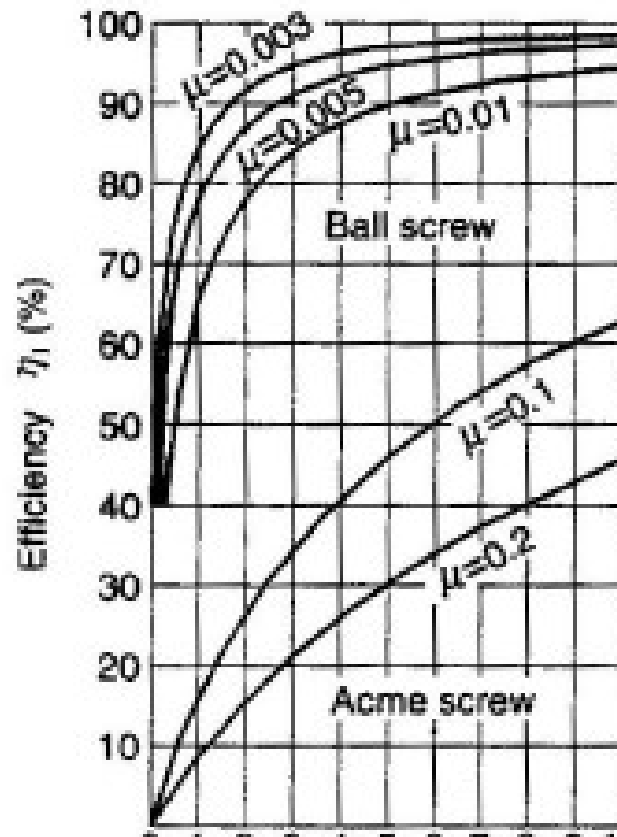
CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

11. HUSILLOS A BOLAS

Caso ideal: $\mu=0$ $T_o=F/2\pi$

Eficiencia

$e = T_o/T$ donde $\mu < 0$ $T_o < T$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

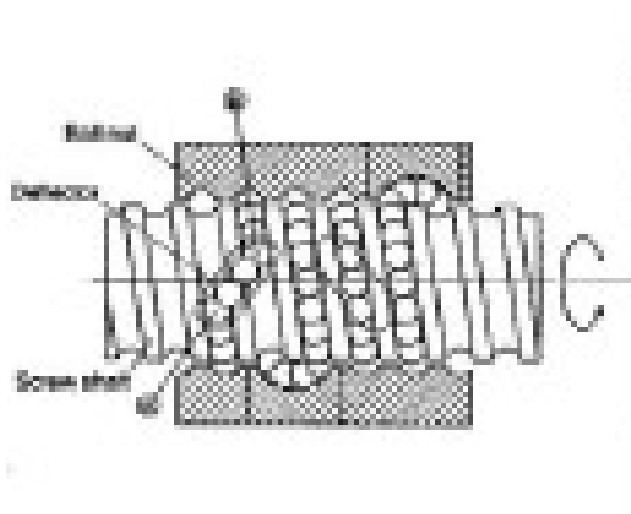


CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

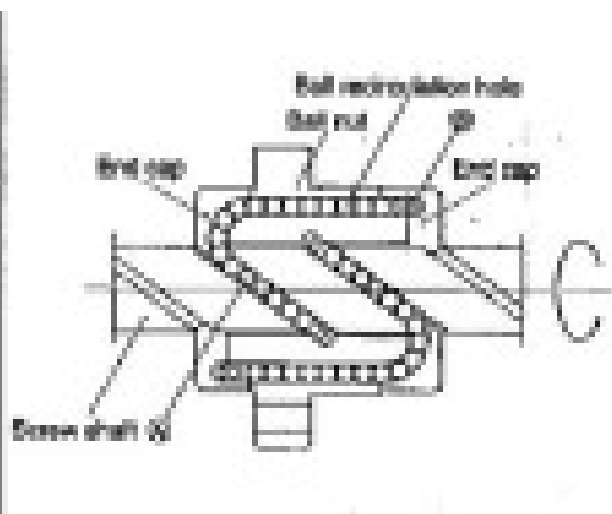
11. HUSILLOS A BOLAS

- Tipos de recirculación:

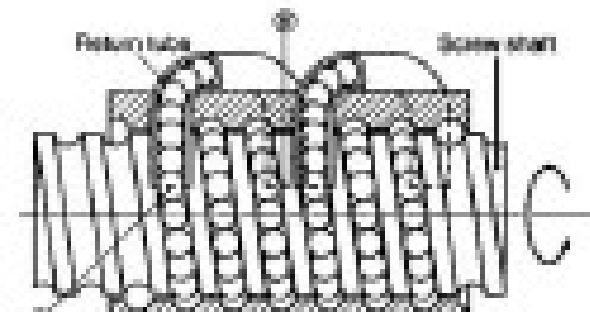
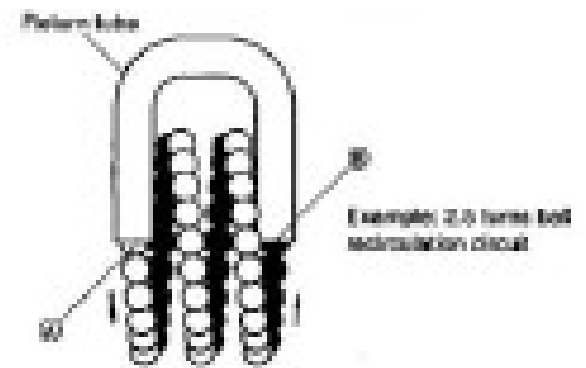
Tubo exterior



Deflectores



End-Cap



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

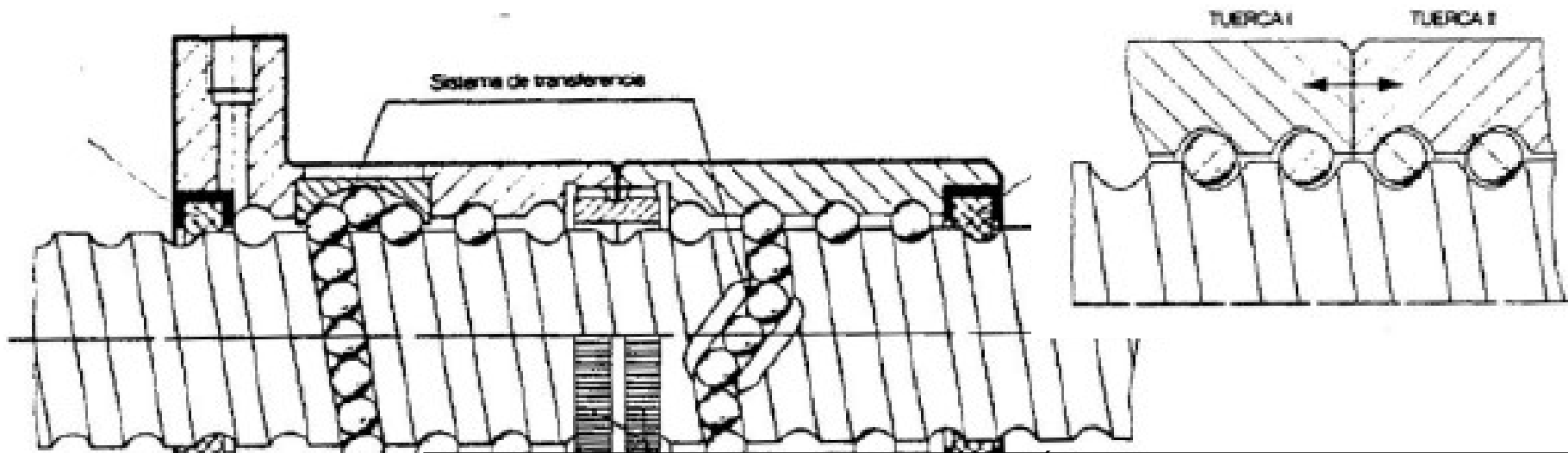


NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

11. HUSILLOS A BOLAS

- Precarga: Con objeto de obtener un husillo a bolas libre de juego axial o de aumentar su rigidez axial, el conjunto de tuercas está provisto de un dispositivo de precarga situado entre las tuercas y el eje.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

11. HUSILLOS A BOLAS

- Factores que limitan la velocidad en los husillos:
 - 1º) Velocidad de rotación máxima admisible de las bolas
 - 2º) Velocidad límite de rotación del eje
 - 3º) Ruido y vibraciones
 - 4º) Temperatura y deformación térmica creadas
 - 5º) Cargas causadas por la velocidad y aceleraciones



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

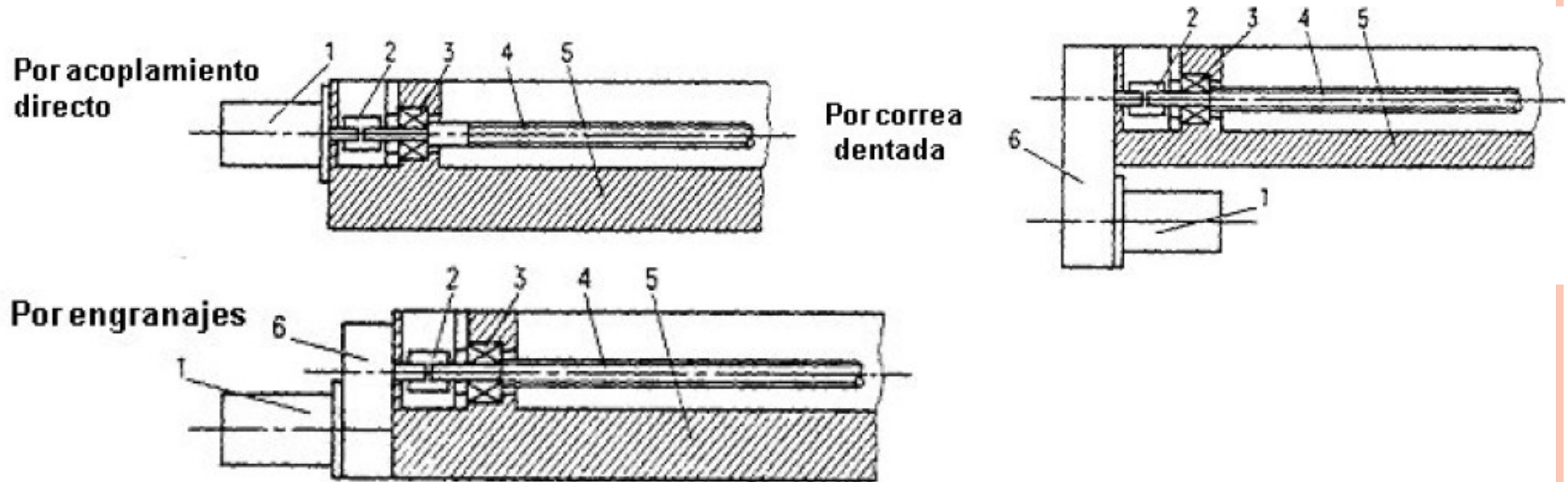


NEBRIJA

CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

11. HUSILLOS A BOLAS

- Tipos de acoplamiento:



1. Motor

3. Rodamientos 5. Mesa/carro

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



NEBRIJA

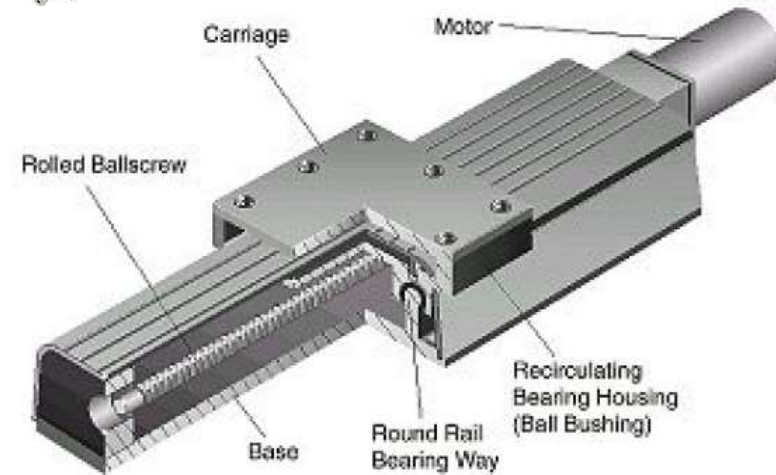
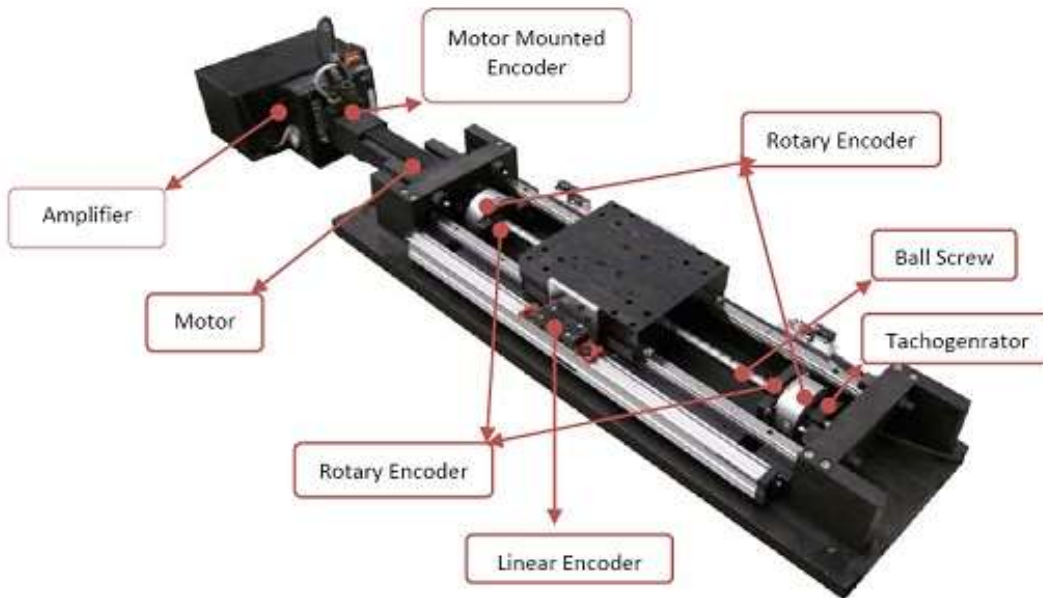
CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

11. HUSILLOS A BOLAS

Tipos de acoplamiento:



Guías lineales.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CÁLCULO DE UNIONES NO PERMANENTES

12. EJERCICIOS

- Shigley. Ejemplos 8-1 (pág. 405), 8-2 (pág. 416), 8-3 (pág. 424), 8-4 (pág. 427), 8-6 (pág. 437), 8-7 (pág. 441)
- Norton. Ejemplo 14-1 (pág. 904), 14-2 (pág. 920), 14-3 (pág. 924), 14-5 (pág. 939), 14-6 (pág. 944)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



NEBRIJA