



Husillos y Tuercas Trapeciales

Bronce · Acero · Material Plástico

Índice

Dimensiones y características de la barra	06
Datos técnicos husillos trapeciales	07
Tuercas	
Tuercas de bronce · EFM	08
Tuercas de acero · KSM	09
Tuercas de bronce · LR	10
Tuercas de bronce · CR	11
Tuercas de bronce · TUER	12
Tuercas hexagonales de acero · SKM	13
Tuercas de material plástico · FCS	14
Información técnica	
Criterio general de elección (elección del husillo y de la tuerca)	15
Criterio general de dimensionamiento	16
Dimensionamiento para tuercas de bronce	17
Consideraciones generales para tuercas de bronce	18
Ejemplo de cálculo con tuerca de bronce	19
Dimensionamiento para tuercas de material plástico	20
Consideraciones generales para tuercas de material plástico	22
Ejemplo de cálculo con tuerca de material plástico autolubrificante	23
Duración de la tuerca de material plástico	24
Carga axial crítica (carga de punta)	26
Número de vueltas crítico	27
Eficiencia	28
Par · Potencia	29
Productos y servicios relacionados	30
Red comercial	31

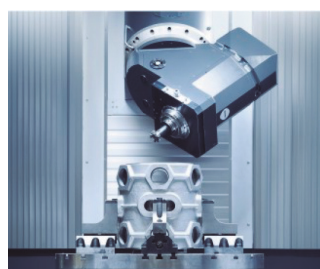
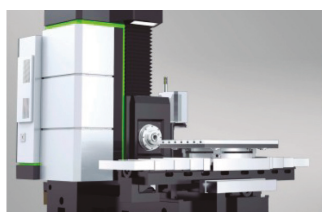
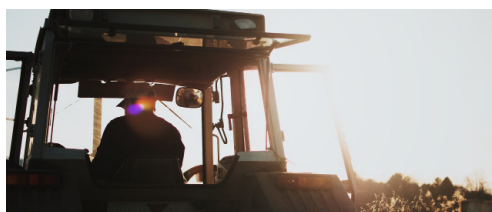
GRUPO GAES ofrecemos soluciones técnicas enfocadas en sistemas mecánicos industriales.

En **Sistemas Mecánicos GAES**, desarrollamos 5 líneas principales de negocio vinculadas a la mecánica industrial. Desde nuestros orígenes trabajamos con las mejores marcas del sector, siendo canal oficial de distribución en España.

Disponemos de instalaciones en toda la Península, lo que nos permite agilizar los procesos (solución de problemas, abastecimiento de material, etc) que requieran nuestros clientes.

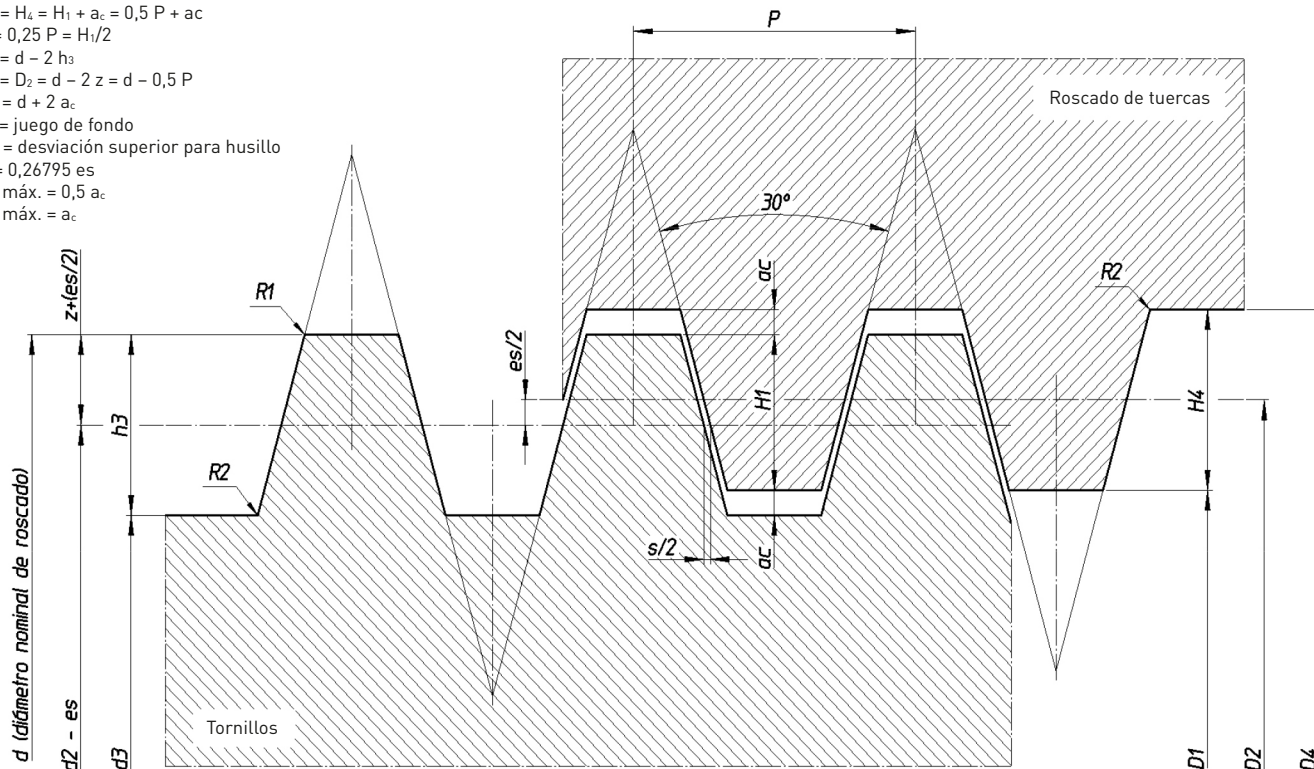
Sectores de aplicación

- Procesamiento láser
- Logística inteligente
- Solución robótica
- Maquinaria de impresión
- Automatización industrial
- Equipo médico
- Equipo semiconductor
- Transporte inteligente
- Industria energética
- Maquinaria textil
- Maquinaria de alimentos
- Equipo de entretenimiento
- Equipo de pruebas
- Industria papelera
- Industria del automóvil
- Energías renovables
- Industria naval
- Obra pública
- Industria del reciclaje
- Máquina Herramienta
- Envase y embalaje
- Industria alimentaria
- Elevación
- Siderurgia
- Hormigones y áridos
- Industria maderera
- Equipo óptico
- Equipo de alta precisión



Dimensiones y características de la barra

$H_1 = 0,5 P$
 $h_3 = H_1 + a_c = 0,5 P + a_c$
 $z = 0,25 P = H_1/2$
 $d_3 = d - 2 h_3$
 $d_2 = D_2 = d - 2 z = d - 0,5 P$
 $D_2 = d + 2 a_c$
 $a_c = \text{juego de fondo}$
 $es = \text{desviación superior para husillo}$
 $s = 0,26795 es$
 $R_1 \text{ máx.} = 0,5 a_c$
 $R_2 \text{ máx.} = a_c$



Referencia		Referencia inoxidable		d1 · Diam ext. tolerancia 4h		d3 · Diam int. tolerancia 7h		Ángulo de hélice	Eficiencia ¹ · η		H1 ² (mm)	I Momento de inercia
Rosca derecha	Rosca izquierda	Rosca derecha	Rosca izquierda	min. (mm)	máx. (mm)	min. (mm)	máx. (mm)		$f=0,1$	$f=0,2$		
TR 12 x 3	TR 12 x 3 L	SSTR 12 x 3	SSTR 12 x 3 L	11,764	12,000	8,135	8,500	5°12'	0,47	0,31	1,5	215
TR 16 x 4	TR 16 x 4 L	SSTR 16 x 4	SSTR 16 x 4 L	15,700	16,000	11,074	11,500	5°12'	0,47	0,31	2,0	738
TR 18 x 4	TR 18 x 4 L	SSTR 18 x 4	SSTR 18 x 4 L	17,700	18,000	13,074	13,500	4°33'	0,44	0,28	2,0	1434
TR 20 x 4	TR 20 x 4 L	SSTR 20 x 4	SSTR 20 x 4 L	19,700	20,000	15,074	15,500	4°03'	0,41	0,26	2,0	2534
TR 22 x 5	TR 22 x 5 L	SSTR 22 x 5	SSTR 22 x 5 L	21,665	22,000	16,044	16,500	4°40'	0,45	0,28	2,5	3232
TR 24 x 5	TR 24 x 5 L	SSTR 24 x 5	SSTR 24 x 5 L	23,665	24,000	18,019	18,500	4°14'	0,42	0,27	2,5	5175
TR 25 x 5	TR 25 x 5 L	SSTR 25 x 5	SSTR 25 x 5 L	24,665	25,000	19,019	19,500	4°03'	0,41	0,26	2,5	6423
TR 26 x 5	TR 26 x 5 L	SSTR 26 x 5	SSTR 26 x 5 L	25,665	26,000	20,019	20,500	3°52'	0,40	0,25	2,5	7884
TR 28 x 5	TR 28 x 5 L	SSTR 28 x 5	SSTR 28 x 5 L	27,665	28,000	22,019	22,500	3°34'	0,38	0,23	2,5	11539
TR 30 x 6	TR 30 x 6 L	SSTR 30 x 6	SSTR 30 x 6 L	29,625	30,000	22,463	23,000	4°03'	0,41	0,26	3,0	13650
TR 35 x 6	TR 35 x 6 L	SSTR 35 x 6	SSTR 35 x 6 L	34,625	35,000	27,463	28,000	3°25'	0,37	0,23	3,0	30000
TR 36 x 6	TR 36 x 6 L	SSTR 36 x 6	SSTR 36 x 6 L	35,625	36,000	28,463	29,000	3°19'	0,36	0,22	3,0	34540
TR 40 x 7	TR 40 x 7 L	SSTR 40 x 7	SSTR 40 x 7 L	39,575	40,000	31,431	32,000	3°30'	0,38	0,23	3,5	51030
TR 50 x 8	TR 50 x 8 L	SSTR 50 x 8	SSTR 50 x 8 L	49,550	50,000	40,368	41,000	3°10'	0,35	0,21	4,0	136930
TR 60 x 9	TR 60 x 9 L	SSTR 60 x 9	SSTR 60 x 9 L	59,500	60,000	49,329	50,000	2°57'	0,34	0,20	4,5	302600

¹ Efecto útil para la conversión de un movimiento giratorio en un movimiento lineal, con un coeficiente de fricción $f=0,1$ y $f=0,2$. Consultar pág. 28.

² Dimensión radial de apoyo entre diente husillo y diente tuerca.

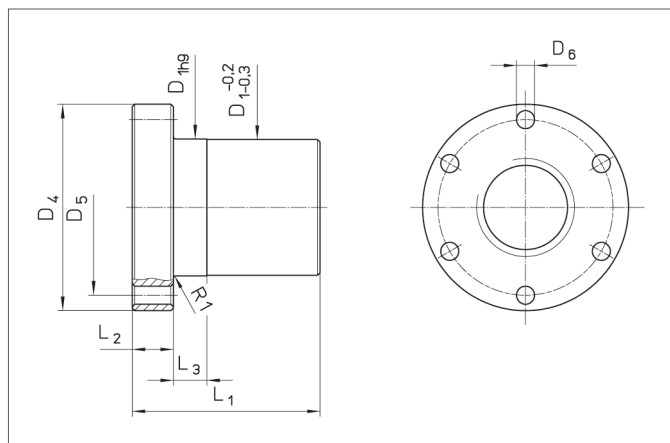
Datos técnicos **husillos trapeciales**



MATERIAL: Acero [C45 1.0503] y acero inoxidable [AISI 304]. Bajo consulta también disponibles en C15 1.0401 y AISI 316. Otras medidas y entradas múltiples disponibles bajo consulta.

Referencia		Referencia inoxidable		Acero inoxidable (AISI 304)			Acero [C45 1.0503]		
Rosca derecha	Rosca izquierda	Rosca derecha	Rosca izquierda	Clase de precisión ($\mu\text{m}/300\text{ mm}$)	Rectitud (mm/mm)	Peso (kg/mt)	Clase de precisión ($\mu\text{m}/300\text{ mm}$)	Rectitud (mm/mm)	Peso (kg/mt)
TR 12 x 3	TR 12 x 3 L	SSTR 12 x 3	SSTR 12 x 3 L	200	1,5 / 300	0,65	100	0,5 / 300	0,65
TR 16 x 4	TR 16 x 4 L	SSTR 16 x 4	SSTR 16 x 4 L	200	1,5 / 300	1,17	100	0,5 / 300	1,17
TR 18 x 4	TR 18 x 4 L	SSTR 18 x 4	SSTR 18 x 4 L	200	1,5 / 300	1,53	100	0,5 / 300	1,53
TR 20 x 4	TR 20 x 4 L	SSTR 20 x 4	SSTR 20 x 4 L	200	1,5 / 300	1,94	100	0,5 / 300	1,94
TR 22 x 5	TR 22 x 5 L	SSTR 22 x 5	SSTR 22 x 5 L	200	1,5 / 300	2,29	100	0,2 / 300	2,29
TR 24 x 5	TR 24 x 5 L	SSTR 24 x 5	SSTR 24 x 5 L	200	1,5 / 300	2,78	100	0,2 / 300	2,78
TR 25 x 5	TR 25 x 5 L	SSTR 25 x 5	SSTR 25 x 5 L	200	1,5 / 300	3,05	100	0,2 / 300	3,05
TR 26 x 5	TR 26 x 5 L	SSTR 26 x 5	SSTR 26 x 5 L	200	1,5 / 300	3,33	100	0,2 / 300	3,33
TR 28 x 5	TR 28 x 5 L	SSTR 28 x 5	SSTR 28 x 5 L	200	1,5 / 300	3,92	100	0,2 / 300	3,92
TR 30 x 6	TR 30 x 6 L	SSTR 30 x 6	SSTR 30 x 6 L	200	1,5 / 300	4,38	100	0,2 / 300	4,38
TR 35 x 6	TR 35 x 6 L	SSTR 35 x 6	SSTR 35 x 6 L	200	1,5 / 300	6,16	100	0,2 / 300	6,16
TR 36 x 6	TR 36 x 6 L	SSTR 36 x 6	SSTR 36 x 6 L	200	1,5 / 300	6,56	100	0,2 / 300	6,56
TR 40 x 7	TR 40 x 7 L	SSTR 40 x 7	SSTR 40 x 7 L	200	1,5 / 300	8,03	100	0,2 / 300	8,03
TR 50 x 8	TR 50 x 8 L	SSTR 50 x 8	SSTR 50 x 8 L	200	1,5 / 300	12,90	100	0,2 / 300	12,90
TR 60 x 9	TR 60 x 9 L	SSTR 60 x 9	SSTR 60 x 9 L	200	1,5 / 300	18,74	100	0,2 / 300	18,74

TUERCAS DE BRONCE · EFM

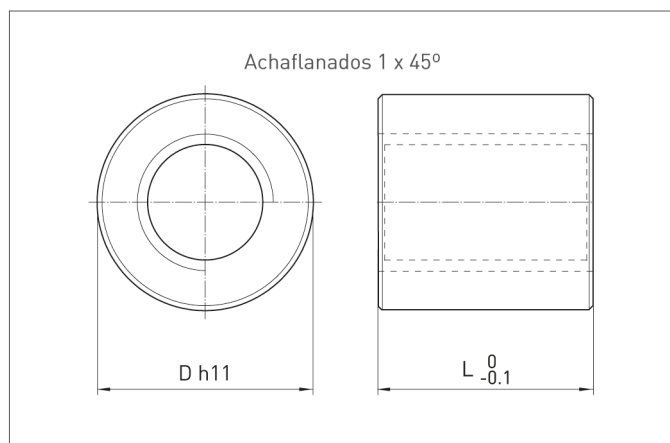


Referencia Ø x paso		Husillo	D1 (mm)	D4 (mm)	D5 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	D6 (x6) (mm)	Δt (mm ²)	Peso (kg)
Rosca derecha	Rosca izquierda										
EFM 16 x 4	EFM 16 x 4 L	TR 16 x 4	28	48	38	35	12	8	6	770	0.248
EFM 18 x 4	EFM 18 x 4 L	TR 18 x 4	28	48	38	35	12	8	6	880	0.232
EFM 20 x 4	EFM 20 x 4 L	TR 20 x 4	32	55	45	44	12	8	6.5	1244	0.353
EFM 24 x 5	EFM 24 x 5 L	TR 24 x 5	32	55	45	44	12	8	6.5	1486	0.308
EFM 26 x 5	EFM 26 x 5 L	TR 26 x 5	38	62	50	46	14	8	6.5	1698	0.485
EFM 28 x 5	EFM 28 x 5 L	TR 28 x 5	38	62	50	46	14	8	6.5	1842	0.452
EFM 30 x 6	EFM 30 x 6 L	TR 30 x 6	38	62	50	46	14	8	6.5	1951	0.425
EFM 36 x 6	EFM 36 x 6 L	TR 36 x 6	45	70	58	54	16	10	6.5	2800	0.625
EFM 40 x 7	EFM 40 x 7 L	TR 40 x 7	63	95	78	66	16	12	8.5	3784	1.706
EFM 50 x 8	EFM 50 x 8 L	TR 50 x 8	72	110	90	75	18	14	10.5	5419	2.353
EFM 60 x 9	EFM 60 x 9 L	TR 60 x 9	88	130	110	90	20	16	12.5	7846	4.022

MATERIAL: Bronce 88/12

Otras medidas y entradas múltiples disponibles bajo consulta.

TUERCAS DE ACERO · KSM

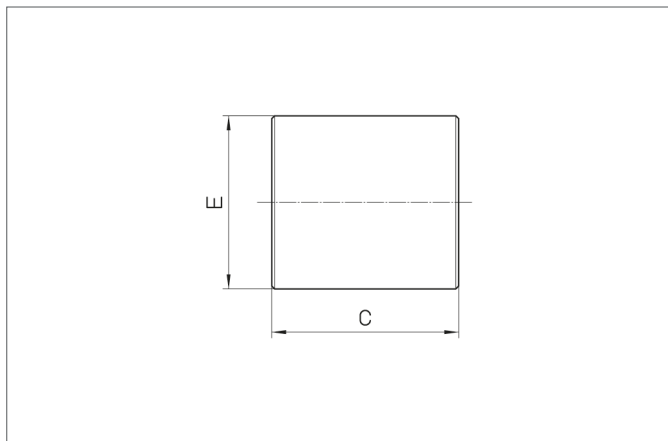


Referencia		Husillo	D (mm)	L (mm)	Δt (mm²)	Peso (kg/cad)
Rosca derecha	Rosca izquierda					
KSM 12 x 3	KSM 12 x 3 L	TR 12 x 3	36	36	592	0.255
KSM 16 x 4	KSM 16 x 4 L	TR 16 x 4	36	36	792	0.238
KSM 18 x 4	KSM 18 x 4 L	TR 18 x 4	36	36	905	0.224
KSM 20 x 4	KSM 20 x 4 L	TR 20 x 4	40	40	1130	0.306
KSM 22 x 5	KSM 22 x 5 L	TR 22 x 5	40	40	1225	0.290
KSM 25 x 5	KSM 25 x 5 L	TR 25 x 5	45	45	1590	0.4
KSM 30 x 6	KSM 30 x 6 L	TR 30 x 6	50	50	2120	0.52
KSM 35 x 6	KSM 35 x 6 L	TR 35 x 6	55	55	2764	0.65
KSM 40 x 7	KSM 40 x 7 L	TR 40 x 7	60	60	3440	0.79
KSM 50 x 8	KSM 50 x 8 L	TR 50 x 8	70	70	5057	1.12
KSM 60 x 9	KSM 60 x 9 L	TR 60 x 9	80	80	6975	1.51

MATERIAL: Acero EN 10277-3 11SMnPb37 - 1.0737

Otras medidas y entradas múltiples disponibles bajo consulta.

TUERCAS DE BRONCE · LR

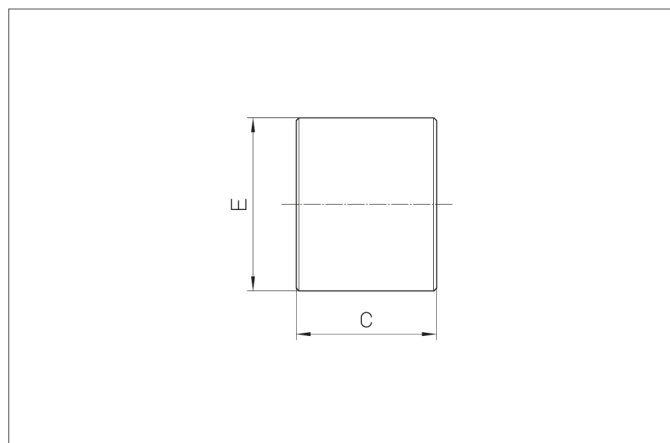


Referencia		Husillo	E (mm)	C (mm)	Δt (mm²)	Peso (kg)
Rosca derecha	Rosca izquierda					
LR 16 x 4	LR 16 x 4 L	TR 16 x 4	36	32	704	0.245
LR 18 x 4	LR 18 x 4 L	TR 18 x 4	40	36	905	0.337
LR 20 x 4	LR 20 x 4 L	TR 20 x 4	45	40	1130	0.476
LR 22 x 5	LR 22 x 5 L	TR 22 x 5	45	40	1225	0.456
LR 24 x 5	LR 24 x 5 L	TR 24 x 5	50	48	1620	0.680
LR 26 x 5	LR 26 x 5 L	TR 26 x 5	50	48	1770	0.648
LR 28 x 5	LR 28 x 5 L	TR 28 x 5	60	60	2400	1.237
LR 30 x 6	LR 30 x 6 L	TR 30 x 6	60	60	2544	1.195
LR 32 x 6	LR 32 x 6 L	TR 32 x 6	60	60	2733	1.145
LR 36 x 6	LR 36 x 6 L	TR 36 x 6	75	72	3732	2.232
LR 40 x 7	LR 40 x 7 L	TR 40 x 7	80	80	4587	2.823
LR 44 x 7	LR 44 x 7 L	TR 44 x 7	80	80	5090	2.639
LR 50 x 8	LR 50 x 8 L	TR 50 x 8	90	100	7224	4.142
LR 60 x 9	LR 60 x 9 L	TR 60 x 9	100	120	10462	5.716

MATERIAL: Bronce 88/12

Otras medidas y entradas múltiples disponibles bajo consulta.

TUERCAS DE BRONCE · CR

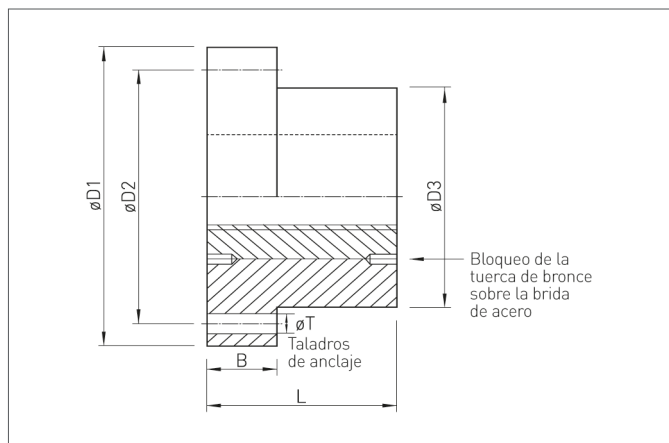


Referencia		Husillo	E (mm)	C (mm)	Δt (mm ²)	Peso (kg)
Rosca derecha	Rosca izquierda					
CR 16 x 4	CR 16 x 4 L	TR 16 x 4	25	25	514	0.28
CR 20 x 4	CR 20 x 4 L	TR 20 x 4	30	30	791	0.35
CR 24 x 5	CR 24 x 5 L	TR 24 x 5	35	37	1183	0.47
CR 25 x 5	CR 25 x 5 L	TR 25 x 5	35	37	1237	0.49
CR 30 x 6	CR 30 x 6 L	TR 30 x 6	45	45	1766	0.385
CR 35 x 6	CR 35 x 6 L	TR 35 x 6	55	60	2553	0.6
CR 36 x 6	CR 36 x 6 L	TR 36 x 6	55	60	3110	0.62
CR 40 x 7	CR 40 x 7 L	TR 40 x 7	55	60	3440	0.6725
CR 50 x 8	CR 50 x 8 L	TR 50 x 8	65	75	5419	1.0493
CR 60 x 9	CR 60 x 9 L	TR 60 x 9	75	90	7037	1.5182

MATERIAL: Bronce 88/12

Otras medidas y entradas múltiples disponibles bajo consulta.

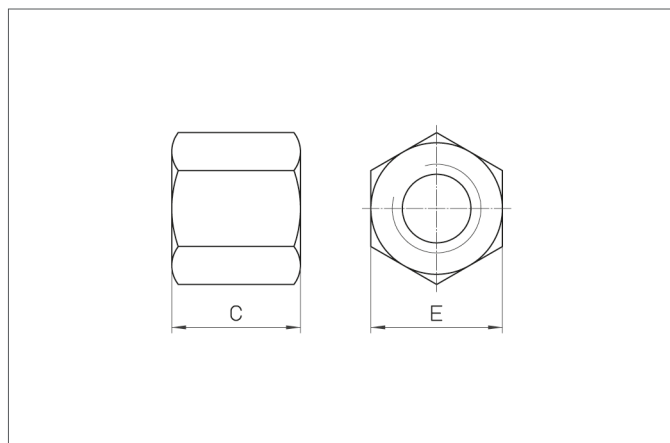
TUERCAS DE BRONCE · TUER



Referencia Ø x paso		Husillo	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	L (mm)	B (mm)	Nº T (mm)	Δt (mm²)
Rosca derecha	Rosca izquierda								
TUER 16 x 4	TUER 16 x 4 L	TR 16 x 4	60	50	38	25	10	3 x 6.5	514
TUER 20 x 4	TUER 20 x 4 L	TR 20 x 4	70	55	42	30	12	4 x 6.5	791
TUER 24 x 5	TUER 24 x 5 L	TR 24 x 5	80	65	52	37	12	4 x 6.5	1.183
TUER 25 x 5	TUER 25 x 5 L	TR 25 x 5	80	65	52	37	12	4 x 6.5	1.237
TUER 30 x 6	TUER 30 x 6 L	TR 30 x 6	100	82	65	45	16	4 x 8.5	1.766
TUER 35 x 6	TUER 35 x 6 L	TR 35 x 6	110	93	75	60	16	6 x 8.5	2.553
TUER 36 x 6	TUER 36 x 6 L	TR 36 x 6	110	93	75	60	16	6 x 8.5	3.110
TUER 40 x 7	TUER 40 x 7 L	TR 40 x 7	110	93	75	60	16	6 x 8.5	3.440
TUER 50 x 8	TUER 50 x 8 L	TR 50 x 8	135	113	90	75	18	6 x 10.5	5.419
TUER 60 x 9	TUER 60 x 9 L	TR 60 x 9	155	129	105	90	22	6 x 12.5	7.037

MATERIAL: Bronce 88/12 (tuerca) · Acero EN 10277-3 11SMnPb37 - 1.0737 (brida)
Otras medidas y entradas múltiples disponibles bajo consulta.

TUERCAS HEXAGONALES DE ACERO · SKM

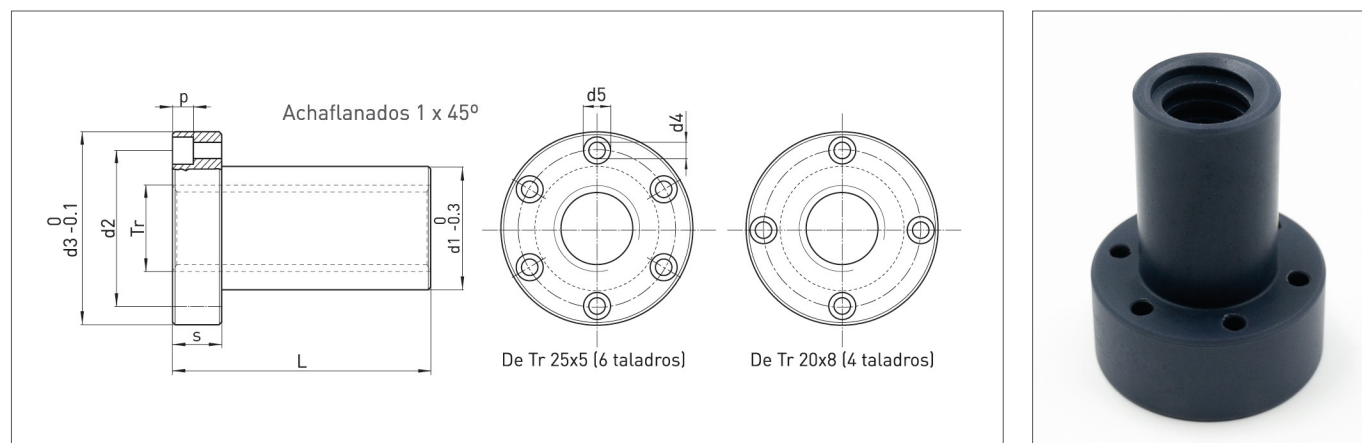


Referencia		Husillo	E (mm)	C (mm)	Δt (mm ²)	Peso (kg/cad)
Rosca derecha	Rosca izquierda					
SKM 20 x 4	SKM 20 x 4 L	TR 20 x 4	30	30	847	0.114
SKM 24 x 5	SKM 24 x 5 L	TR 24 x 5	36	36	1215	0.20
SKM 30 x 6	SKM 30 x 6 L	TR 30 x 6	46	45	1908	0.42
SKM 36 x 6	SKM 36 x 6 L	TR 36 x 6	55	54	2800	0.706
SKM 40 x 7	SKM 40 x 7 L	TR 40 x 7	65	60	3440	1.172
SKM 50 x 8	SKM 50 x 8 L	TR 50 x 8	75	75	5418	1.783

MATERIAL: Acero EN 10277-3 11SMnPb37 - 1.0737

Otras medidas y entradas múltiples disponibles bajo consulta.

TUERCAS DE MATERIAL PLÁSTICO* · FCS



Referencia		Husillo	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	L (mm)	S (mm)	Δt (mm²)	Peso (kg/c/u)
Rosca derecha	Rosca izquierda									
FCS 12 x 3	FCS 12 x 3 L	TR 12 x 3	18	26	37	4.5	36	12	594	0.016
FCS 16 x 4	FCS 16 x 4 L	TR 16 x 4	22	32	45	5.5	48	16	1056	0.030
FCS 20 x 4	FCS 20 x 4 L	TR 20 x 4	30	40	52	5.5	60	20	1696	0.057
FCS 20 x 8	FCS 20 x 8 L	TR 20 x 8	30	40	52	5.5	60	20	1696	0.057
FCS 25 x 5	FCS 25 x 5 L	TR 25 x 5	35	48	62	6.5	75	25	2650	0.094
FCS 28 x 5	FCS 28 x 5 L	TR 28 x 5	40	53	68	6.5	90	30	3600	0.142
FCS 28 x 10	FCS 28 x 10 L	TR 28 x 10	40	53	68	6.5	90	30	3600	0.142
FCS 30 x 6	FCS 30 x 6 L	TR 30 x 6	40	53	68	6.5	90	30	3816	0.135
FCS 35 x 6	FCS 35 x 6 L	TR 35 x 6	50	63	78	8.5	105	35	5277	0.221
FCS 40 x 7	FCS 40 x 7 L	TR 40 x 7	55	68	84	8.5	120	40	6880	0.289
FCS 40 x 10	FCS 40 x 10 L	TR 40 x 10	55	68	84	8.5	120	40	6597	0.252
FCS 50 x 8	FCS 50 x 8 L	TR 50 x 8	65	80	100	10.5	150	50	10840	0.476

MATERIAL: PA6 + Mo S27728 + aditivos

Otras medidas y entradas múltiples disponibles bajo consulta.

Criterio general de elección

La elección entre los diferentes tipos de husillos y tuercas disponibles, generalmente se realiza en función de las siguientes consideraciones:

Elección del **husillo**

Ambiente de trabajo

En ambientes de trabajo donde no existen agentes oxidantes o corrosivos particulares se pueden utilizar los husillos C45. Cuando no se respetan estas condiciones se recomienda utilizar los husillos Inox A2 o también husillos Inox A4, particularmente aptos en los siguientes casos:

- con humedad relativa mayor al 70/80%.
- sumergidos en agua, incluso en agua de mar.
- en presencia de agentes corrosivos particulares como por ejemplo los cloruros. En caso de agentes particularmente corrosivos es necesario contactar directamente con nuestra Oficina Técnica.
- para exigencias específicas de construcción no debe existir oxidación en los componentes, por ejemplo en el sector alimentario, acoplado con tuercas inoxidable.
- donde no es posible alcanzar los husillos para la lubricación. En particular acoplados con tuercas de material plástico autolubrificante para montajes "sin manutención".
- donde la temperatura de funcionamiento es bastante elevada debido a que los Inox A2 e Inox A4 presentan "Temperatura residual" prevalentemente alta, característica debida a la estructura austenítica del material.

Precisión de posicionamiento

Para husillos de posicionamiento es necesario mantener el control del error de paso del husillo.

Ponemos a disposición del cliente husillos con clase de precisión 50 (50 µm/300 mm), 100 (100 µm/300 mm) y husillos con clase 200 (200 µm/300 mm) tanto en C45 como en Inox A2.

Para los husillos transportadores estándar se pueden utilizar los husillos de clase 200.

Irreversibilidad

La completa irreversibilidad se obtiene con husillos trapezoidales con ángulo de hélice $< 2^{\circ}30'$.

En los demás casos se pueden transmitir momentos de torsión en el cuerpo de accionamiento en condición de husillo parado y sometido a carga en la tuerca (sobre todo en presencia de vibraciones). De todos modos, una buena irreversibilidad sigue presente hasta 5 o 6 grados.

Elección de la **tuerca**

Ambiente de trabajo

Los materiales usados para la fabricación de las tuercas que ponemos a disposición del cliente, tanto de bronce como de Inox 303, son muy resistentes a los normales agentes oxidantes que se presentan en las diferentes aplicaciones de los husillos/tuercas trapezoidales. En presencia de agentes particularmente corrosivos se puede contactar directamente con nuestra Oficina Técnica.

En las aplicaciones donde no se admite la presencia de lubricante agregado (grasa o aceite) se recomienda el uso de tuercas de material plástico autolubrificante.

El uso de materiales plásticos está muy limitado por las efectivas condiciones de trabajo, por lo tanto es necesario estudiar el problema con nuestra oficina técnica, y no fiarse de una elección basada solo en la intuición.

Esto porque, a veces las materias plásticas tienen óptimas características de autolubricación pero, al mismo tiempo tienen limitaciones relativas a temperatura de trabajo o problemas de higroscopicidad o de algunas características mecánicas que pueden no ser aptas para el uso que se desea hacer.

Por consiguiente, el estudio preventivo de la aplicación en estos casos es obligatorio para obtener resultados positivos y satisfactorios.

Criterio general de dimensionamiento

El dimensionamiento efectivo para una pareja husillo trapezoidal/tuerca trapezoidal se realiza considerando los tres puntos a continuación:

1. dimensionamiento para el desgaste
2. dimensionamiento para la carga crítica de flexión
3. dimensionamiento para las velocidades críticas

Para que una pareja husillo/tuerca se encuentre en condición de buen funcionamiento, debe estar correctamente dimensionada con respecto a los tres puntos anteriores.

Dimensionamiento de **desgaste**

La pareja husillo/tuerca trapezoidal es un sistema utilizado desde hace mucho tiempo en numerosas aplicaciones para la transformación del movimiento giratorio en movimiento lineal. La potencia total aplicada al husillo (P_t) se entiende como potencia utilizable (P_u) en la tuerca. La relación $P_u/P_t = \eta$ define la eficiencia del sistema que depende básicamente del coeficiente de fricción entre las superficies en contacto con el husillo y la tuerca y del ángulo de hélice de la rosca. Estamos en presencia de fricción rasante, por lo tanto tenemos una parte de potencia que se transforma en calor cada vez que realizamos un movimiento. Precisamente al estudiar esta fricción rasante se pueden proporcionar parámetros para evaluar el buen funcionamiento del acoplamiento. El criterio seguido es el de limitar la presión superficial de contacto a los lados de la rosca para permitir un deslizamiento suave entre las dos superficies y evitar roces tan fuertes que erosionen el material de la tuerca. Se limita también el producto $p \cdot V_{st}$ (p = presión superficial de contacto y V_{st} = velocidad de deslizamiento en el diámetro medio de la rosca) con el fin de limitar la potencia que se disipa con el calor. Esto permite reducir la temperatura de las superficies en contacto. Esta limitación es importante ya que en caso de usar tuercas de bronce, es fundamental no arruinar el lubricante, mientras que si se usan tuercas de material plástico autolubrificante de funcionamiento sin agregado ulterior de aceite o grasa es necesario controlar la temperatura, porque las temperaturas mayores se obtienen con valores menores de producto $p \cdot V_{st}$ admisibles.

Cálculo de la **presión superficial de contacto “p”**

La presión superficial de contacto “p” se calcula con la siguiente fórmula:

$$(1) \quad p = \frac{F}{A_t}$$

F = Fuerza axial [N]
 A_t = Superficie de apoyo total entre los dientes del husillo y los dientes de la tuerca en el plano perpendicular al eje. [mm²]

$$(2) \quad A_t = n \cdot d_m \cdot Z \cdot H_1$$

d_m = diámetro medio de la rosca [mm]
 H_1 = dimensión radial de apoyo entre diente husillo y diente tuerca [mm]
 Z = n° dientes de sujeción

$$Z = \frac{h \text{ tuerca [mm]}}{\left(\frac{\text{paso efectivo [mm]}}{n^\circ \text{ entradas}} \right)}$$

Para las tuercas estándares hemos asignado en los cuadros el valor A_t relativo a cada una de las tuercas.

Cálculo de la **velocidad de deslizamiento “Vst”**

La velocidad de deslizamiento puede ser calculada con una de las dos fórmulas a continuación:

• si ya hemos definido a cuántos n° vueltas al minuto deberá girar el husillo:

$$(3) \quad V_{st} = \frac{n \cdot P}{1000 \cdot \sin \alpha}$$

n = n° vueltas al minuto del husillo $\left(\frac{\text{vueltas}}{\text{min}} \right)$
 P = paso de la rosca [mm]
 α = ángulo de la hélice de la rosca

• si ya hemos definido a qué velocidad de traslación deberá trasladarse la tuerca:

$$(4) \quad V_{st} = \frac{V_{tr}}{\sin \alpha}$$

V_{st} = velocidad de deslizamiento en el diámetro med. [m/min]
 V_{tr} = velocidad de traslación [m/min]
 α = ángulo de inclinación de la hélice de la rosca

Recordamos que el n° de vueltas por minuto del husillo y la velocidad de traslación corresponden a la relación:

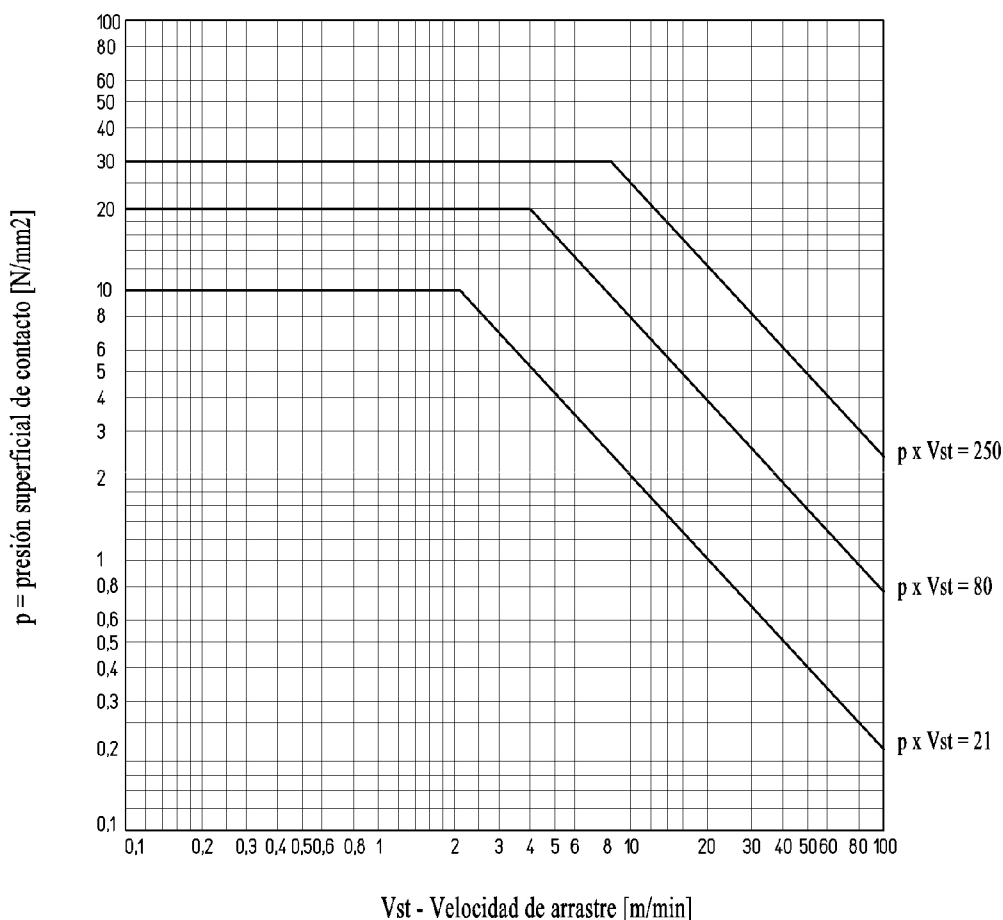
$$(5) \quad n = \frac{1000 \cdot V_{tr}}{P}$$

n = n° vueltas al minuto
 V_{tr} = velocidad de traslación [m/min]
 P = paso de la rosca [mm]

Dimensionamiento para tuercas de bronce

Por lo que se refiere a las tuercas de bronce, el estudio del producto $p \cdot V_{st}$ permite trazar el gráfico n° 1 donde se observan tres zonas, cada una de las cuales está caracterizada por determinadas condiciones de trabajo que desde el punto de vista del deslizamiento de las superficies en contacto, nos permiten hacer algunas evaluaciones en base a los resultados experimentales obtenidos anteriormente. De todos modos, siempre es necesaria una buena lubricación en lo posible con aceite. Con lubricación escasa o ausente las condiciones pueden variar mucho.

Gráfico n° 1 – Condiciones de deslizamiento para bronce



Zona A: la zona A está cerrada por el límite $p \cdot V_{st} = 21$ [N/mm² • m/min]

En esta zona el funcionamiento se realiza en las mejores condiciones.

Es posible el "servicio continuo" ya que la cantidad de calor producida dentro de estos límites $p \cdot V_{st}$ es bastante reducida.

La duración de la tuerca resulta muy buena.

Zona B: la zona B está cerrada por el límite $p \cdot V_{st} = 80$ [N/mm² • m/min]

En esta zona el funcionamiento se realiza en condiciones más difíciles.

Las condiciones de deslizamiento son tales que es necesaria una constante lubricación para reducir la erosión del bronce para poder obtener aún mejores valores de duración de la tuerca. El funcionamiento "continuo" es posible solo por periodos de tiempo limitados debido a que la cantidad de calor producida es tal que puede provocar un calentamiento bastante marcado de la tuerca, dependiendo también de la efectiva cantidad de aceite usado, ya que además de la acción lubricante, el mismo contribuye a disipar calor.

De todos modos las condiciones de vida de la tuerca es limitada.

Zona C: la zona C está cerrada por el límite $p \cdot V_{st} = 250$ [N/mm² • m/min]

En esta zona el funcionamiento se realiza en condiciones extremas.

Con estos valores de $p \cdot V_{st}$ seguramente no se podrá trabajar en "servicio continuo". Aun con buena lubricación, se produce un notable calentamiento y un consumo de la tuerca muy rápido porque el roce entre las superficies en contacto es tal que provoca una erosión rápida de la tuerca.

Consideraciones generales para tuercas de bronce

En las tres condiciones de trabajo descritas, el desgaste de la tuerca de bronce está ampliamente influenciado por las condiciones de lubricación efectivas durante el uso, resulta por lo tanto imposible dar valores numéricos de referencia aceptables en fase de proyecto en relación con la duración de la tuerca. Prestar particular atención en las aplicaciones donde la temperatura del ambiente de trabajo puede ser mayor a 140/150°C, ya que estas temperaturas pueden arruinar el lubricante con el consiguiente empeoramiento de las condiciones de funcionamiento y duración. En estos casos se recomienda el uso de lubricantes aptos para soportar temperaturas elevadas.

Coeficiente de seguridad para las **fuerzas de inercia “fi”**

Durante la fase de dimensionamiento es necesario controlar también que las fuerzas de inercia presentes durante la fase de aceleración y desaceleración sean bastante reducidas para que el valor de $p \cdot V_{st}$ se mantenga dentro de límites controlados. Donde este cálculo resulte difícil, en presencia de movimiento no uniforme o sujeto a notables variaciones, se debe tener en cuenta los coeficientes de seguridad señalados en el Cuadro nº 1.

Cuadro nº 1 – Coeficientes de seguridad respecto a las fuerzas de inercia

Tipo carga	<i>fi</i>
Cargas constantes con rampas acel./desac. controladas	de 1 a 0,5
Cargas constantes con arranque y detenciones a tirones	de 0,5 a 0,33
Cargas muy variables y velocidades muy variables	de 0,33 a 0,25
Cargas en presencia de golpes y vibraciones	de 0,25 a 0,17

El coeficiente “*fi*” sirve para corregir el valor del producto “ $(p \cdot V_{st})_{m\acute{a}x}$ ” obtenido del gráfico nº 1, considerando la velocidad máxima de deslizamiento admitida al valor de presión superficial de contacto relativa al caso real en examen; se debe considerar la limitación dada por la “zona” (A, B o C) en la que se quiere trabajar. Para encontrar el $p \cdot V_{st}$ admisible relativo al caso en examen debe utilizarse la (6).

$$(6) \quad p \cdot V_{st \text{ am}} = (p \cdot V_{st})_{m\acute{a}x} \cdot fi$$

Ejemplo de cálculo con tuerca de bronce

Dimensionar en desgaste una tuerca de bronce que tenga que funcionar de manera continua manteniéndose en el valor límite máximo de $p \cdot V_{st} = 21$ (Zona A), con buena lubricación.

Carga axial constante no sujeta a variaciones importantes, con fuerzas de inercia limitadas por rampas de aceleración/desaceleración controladas.

Carga axial $F = 1200 \text{ N}$ (1 Kg f = 9,81N)
Velocidad de traslación constante $V_{tr} = 2,8 \text{ m/min}$

Evaluación del producto $p \cdot V_{st}$ usando un husillo TR30x6 (tuerca con brida de bronce con rosca Tr 30x6 1 Entrada derecha)

Se calcula la presión superficial de contacto con la (1)

$$p = \frac{F}{A_t} = \frac{1200 \text{ [N]}}{2120 \text{ [mm}^2\text{]}} = 0,57 \left[\frac{\text{N}}{\text{[mm}^2\text{]}} \right]$$

F = Fuerza axial [N]
 A_t = Superficie de apoyo total entre los dientes del husillo y los dientes de la tuerca en el plano perpendicular al eje [mm²]

La velocidad de deslizamiento se obtiene con la (4)

$$V_{st} = \frac{V_{tr}}{\sin \alpha} = \frac{2,8 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]}{\sin 4^\circ 03'} \quad V_{st} \approx 39,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

V_{tr} = velocidad traslación $\left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$
 α = ángulo de inclinación de la hélice de la rosca

El valor del producto $p \cdot V_{st}$ resulta:

$$p \cdot V_{st} = 0,57 \text{ [N/mm}^2\text{]} \cdot 39,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \approx 22,57 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

El valor máximo admisible de $p \cdot V_{st}$ para mantenerse en condiciones de posibilidad de funcionamiento continuo, corregido con el coeficiente de seguridad f_i deducido del cuadro nº 1, en este caso = 0,77 resulta ser la (6)

$$p \cdot V_{st \text{ am}} = (p \cdot V_{st})_{\max} \cdot f_i = 21 \cdot 0,77 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \quad p \cdot V_{st \text{ am}} = 16,15 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Dado que el valor máximo admisible del producto $p \cdot V_{st}$ resulta menor que el valor que efectivamente nosotros tendríamos usando una tuerca FTN 30 AR, probamos verificar, teniendo en cuenta el uso de una tuerca HDL 30 AR (tuerca con brida de bronce con longitud 3xTr con rosca Tr 30x6 derecha)

La presión superficial de contacto resulta con la (1)

$$p = \frac{F}{A_t} = \frac{1200 \text{ [N]}}{3816 \text{ [mm}^2\text{]}} = 0,31 \left[\frac{\text{N}}{\text{[mm}^2\text{]}} \right]$$

F = Fuerza axial [N]
 A_t = Superficie de apoyo total entre los dientes del husillo y los dientes de la tuerca en el plano perpendicular al eje [mm²]

La velocidad de deslizamiento se mantiene igual respecto al cálculo precedente

$$V_{st} = 39,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

El valor de $p \cdot V_{st}$ resulta ahora:

$$p \cdot V_{st} = 0,31 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \cdot 39,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \approx 12,28 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Ahora el valor obtenido es menor que el admisible, se elige por lo tanto la HDL 30 AR.

Dimensionamiento para tuercas de material plástico

En las aplicaciones donde es importante el silencio o donde no se admite la presencia de lubricante agregado (grasa o aceite) se recomienda el uso de las tuercas de material plástico autolubrificante. El uso de materiales plásticos está muy limitado por las efectivas condiciones de trabajo, por lo tanto es necesario estudiar el problema con nuestra oficina técnica, y no fiarse de una elección basada solo en la intuición. Ello se debe a que, a veces las materias plásticas tienen óptimas características de autolubricación pero, contemporáneamente limitaciones relativas a la temperatura de trabajo e incluso a problemas de higroscopicidad o algunas características mecánicas que pueden no ser aptas para el uso que se desea hacer. Por consiguiente, el estudio preventivo de la aplicación en estos casos es obligatorio para obtener resultados positivos y satisfactorios.

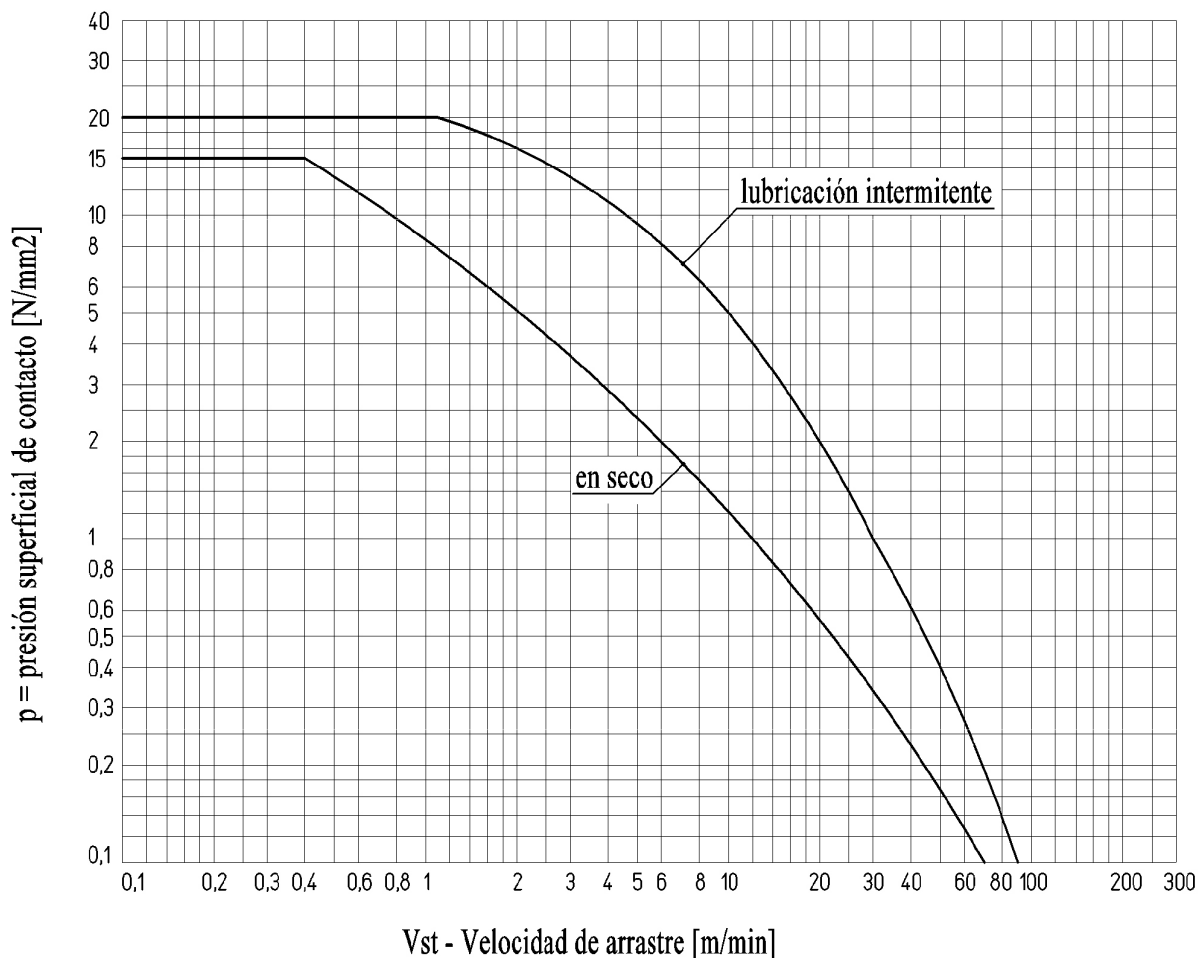
Por lo que se refiere a las tuercas de material plástico, el estudio del producto $p \cdot V_{st}$ permite trazar un gráfico donde se describe una curva que limita los valores de $p \cdot V_{st}$ dentro de los cuales se produce un deslizamiento suave de las superficies en contacto con consumo limitado de la tuerca y constante en el tiempo. No se puede trabajar fuera del límite trazado en el gráfico porque en este caso se produciría un rápido consumo de la tuerca debido a una erosión de la superficie de la tuerca en contacto con el husillo.

Tuercas cilíndricas LR

El gráfico n° 2 se refiere al límite del producto $p \cdot V_{st}$ relativo a las tuercas MPH. Dado que este tipo de material plástico es resistente al desgaste pero no es autolubrificante, ha sido necesario trazar la curva límite relativa al material usado en seco y para material lubricado con intermitencia.

Gráfico n° 2 – Condiciones de deslizamiento para tuercas LR

Condiciones de prueba: - funcionamiento continuo - temperatura 23°C - humedad relativa aprox. 50%



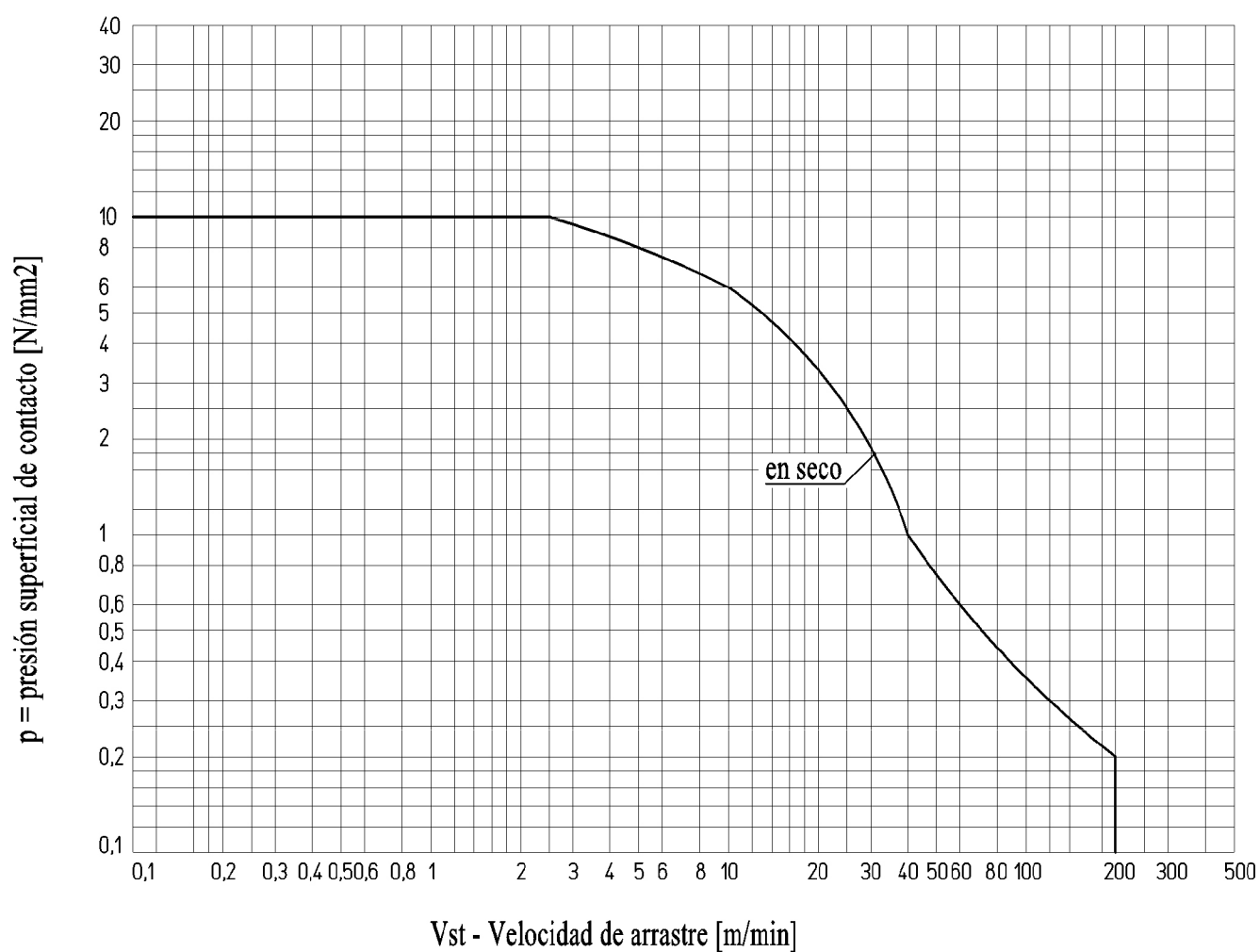
Tuercas con bridas de material plástico autolubrificante con longitud **3xTr FCS**

El gráfico nº 3 se refiere al límite del producto $p \cdot V_{st}$ relativo a las tuercas FCS. El material plástico usado para las FCS está caracterizado por una notable resistencia al desgaste y por la total propiedad autolubrificante.

Antes de utilizar las FCS consultar la información de la pág. 14.

Gráfico nº 3 – Condiciones de deslizamiento para tuercas de material plástico autolubrificante FCS

Condiciones de prueba: - funcionamiento continuo - temperatura 23°C - humedad relativa aprox. 50% sin lubricación



Consideraciones generales para tuercas de material plástico

El uso de materiales plásticos está muy limitado por las efectivas condiciones de trabajo, por lo tanto es necesario estudiar el problema con nuestra oficina técnica, y no fiarse de una elección basada solo en la intuición. Esto es porque a veces las materias plásticas tienen óptimas características de autolubricación pero, en el mismo tiempo limitaciones relativas a la temperatura de trabajo o a problemas de higroscopicidad o de algunas características mecánicas que pueden no ser aptas para el uso que se desea hacer. Por consiguiente, el estudio preventivo de la aplicación en estos casos es obligatorio para obtener resultados positivos y satisfactorios.

Coeficiente de seguridad para las fuerzas de inercia “fi”

Durante la fase de dimensionamiento es necesario controlar que las fuerzas de inercia presentes durante la fase de aceleración y desaceleración sean bastante reducidas para que el valor $p \cdot V_{st}$ se mantenga dentro de límites controlados. Donde este cálculo resulta difícil, en presencia de movimiento no uniforme o sujeto a notables variaciones, se debe tener en cuenta los coeficientes de seguridad señalados en el cuadro n° 2.

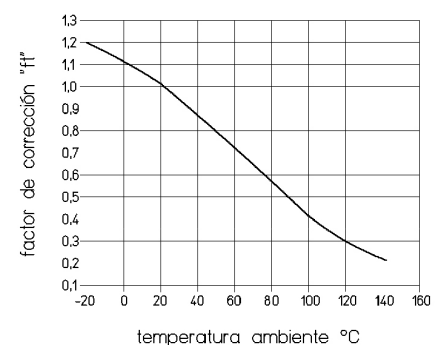
Cuadro n° 2 – Coeficientes de seguridad para las fuerzas de inercia

Tipo carga	fi
Cargas constantes con rampas de acel./desac. controladas	de 1 a 0,5
Cargas constantes con arranque y paradas a tirones	de 0,5 a 0,33
Cargas muy variables y velocidades muy variables	de 0,33 a 0,25
Cargas en presencia de golpes y vibraciones	de 0,25 a 0,17

Factor de corrección para la temperatura en el ambiente de uso

Usando tuercas de material plástico LR o FCS, el valor $p \cdot V_{st}$ admisible debe ser corregido incluso en función de la temperatura en el ambiente de uso. El material plástico se suaviza con temperatura más elevada y soporta cargas de menor entidad. Con temperaturas más bajas, se endurece y soporta cargas mayores. El factor de corrección “fi” se deduce del gráfico n° 4.

Gráfico n° 4 – Factor de corrección “fi” para husillos LR y FCS



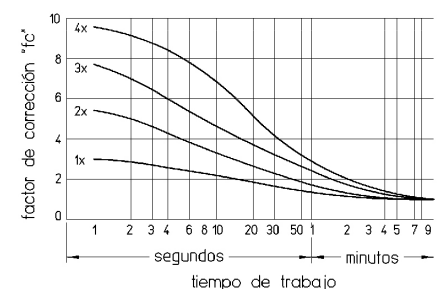
Factor de corrección dependiente de la intermitencia del uso

Las tuercas de material plástico que funcionan con ciclos de intermitencia por periodos de tiempo relativamente breves, no alcanzan los valores límites de la temperatura máxima admitida por la superficie en contacto con el husillo. Esta temperatura límite es una restricción que contribuye más a limitar los valores del producto $p \cdot V_{st}$ de los gráficos n° 2 y n° 3 relativos a las tuercas LR y FCS en funcionamiento continuo. El valor $p \cdot V_{st}$ admisible cuando la tuerca funciona con ciclos de intermitencia, resulta mayor respecto al valor del funcionamiento continuo. Deducir del gráfico n° 5 el valor del factor “fc”. Las curvas de la “x” representan la relación entre el tiempo detenido y el tiempo de funcionamiento de la tuerca.

- 1 x representa el tiempo detenido igual al tiempo de funcionamiento.
- 2 x representa el doble del tiempo detenido con respecto al tiempo de funcionamiento.
- 3 x representa el triple de tiempo detenido con respecto al tiempo de funcionamiento.
- 4 x representa el cuádruple de tiempo detenido con respecto al tiempo de funcionamiento.

Encontrar en el eje de las abscisas el valor de tiempo de funcionamiento relativo al caso en examen, subir verticalmente hasta intersectar la curva correspondiente que define la relación entre el tiempo detenido y el tiempo de funcionamiento, luego moverse de forma horizontal y leer el valor “fc”

Gráfico n° 5 – Factor de corrección “fc” para husillos LR y FCS



Los tres valores de los coeficientes “fi”, “ft”, “fc” sirven para corregir el valor del producto “(p·Vst)” máx. obtenido del gráfico n° 2 (para tuercas LR) o gráfico n° 3 (para tuercas FCS), considerando la velocidad máxima de deslizamiento admitida en las “condiciones de prueba” relativa al valor de presión superficial de contacto del caso real en examen.

Para calcular el $p \cdot V_{st}$ admisible relativo al caso en examen, debe usarse la (7): $p \cdot V_{st \text{ am}} = (p \cdot V_{st})_{\text{máx}} \cdot fi \cdot ft \cdot fc$

Ejemplo de cálculo con tuerca de material plástico autolubricante

Dimensionar en desgaste una tuerca FCS con brida de material plástico autolubricante con longitud 3xTr que tenga que funcionar en las siguientes condiciones:

- carga axial constante con fuerzas de inercia limitadas por rampas de aceleración y desaceleración controladas $F = 1750\text{N}$
- velocidad de traslación = 10 m / min
- tiempo de funcionamiento = 20 s con tiempo detenido = 60 s
- temperatura del ambiente de trabajo = 50°C
- total ausencia de lubricación

La tuerca tipo FCS es perfectamente autolubricante y por lo tanto apta para funcionar en las condiciones en examen.

Se debe elegir una tuerca entre las disponibles que sea compatible con las dimensiones del sistema de traslación a realizar y confirmar que el valor del producto $p \cdot V_{st}$ que calculamos sea menor que el valor $p \cdot V_{st}$ admisible obtenido del gráfico nº 3 y corregido con los coeficientes “fi”, “ft” y “fc” obtenidos del cuadro nº 2 y de los gráficos nº 4 y 5.

Elegimos la tuerca FCS40AR (tuerca con brida de material plástico autolubricante 3xTr con rosca Tr 40x7 dcho.)

Se calcula la presión superficial de contacto con la (1)

$$p = \frac{F}{A_t} = \frac{1750 [\text{N}]}{6880 [\text{mm}^2]} \quad \begin{array}{l} F = \text{Fuerza axial} [\text{N}] \\ A_t = \text{Superficie de apoyo total entre los dientes del husillo y los dientes de la tuerca en el plano perpendicular al eje} [\text{mm}^2] \end{array}$$

$$p = 0,25 \left[\frac{\text{N}}{[\text{mm}^2]} \right]$$

La velocidad de deslizamiento se calcula con la (4)

$$V_{st} = \frac{V_{tr}}{\sin \alpha} = \frac{10 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]}{\sin 3^\circ 30'}$$

$$V_{tr} = \text{velocidad traslación} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$$\alpha = \text{ángulo de inclinación de la hélice de la rosca}$$

$$V_{st} \approx 164 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

El valor del producto $p \cdot V_{st}$ resulta:

$$p \cdot V_{st} = 0,25 [\text{N/mm}^2] \cdot 164 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \approx 41 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Ahora calculamos el valor del producto $p \cdot V_{st}$ admisible para las condiciones de trabajo en examen.

En el gráfico nº 3 vemos que en condiciones de funcionamiento continuo a 23°C con $p = 0,25 [\text{N/mm}^2]$ el valor V_{st} admisible es $V_{st} \approx 140 [\text{m/min}]$

$$\text{Es decir, } (p \cdot V_{st})_{\text{máx}} = 0,25 \cdot 140 = 35 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

- Obtenemos del cuadro nº 2 el valor del coeficiente “fi”. En nuestro caso “fi” puede ser deducido: “fi” = 0,75.
- El valor del coeficiente “ft” del gráfico nº 4. En nuestro caso con ambiente de trabajo a 50°C podemos deducir “ft” = 0,8
- El valor del coeficiente “fc” del gráfico nº 5. En nuestro caso con tiempo de trabajo=20 s y tiempo detenido=60 s, por lo tanto

$$\frac{\text{tiempo detenido}}{\text{tiempo de trabajo}} = 3 \text{ (curva 3x)} \quad \text{podemos deducir “fc”} = 3,7$$

El valor máximo admisible del producto $p \cdot V_{st}$ en el caso en examen se calcula con la (7):

$$p \cdot V_{st} \text{ am} = (p \cdot V_{st})_{\text{máx}} \cdot f_i \cdot f_t \cdot f_c = 35 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \cdot 0,75 \cdot 0,8 \cdot 3,7 = 77,7 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Dado que el valor calculado $p \cdot V_{st}$ relativo a nuestro caso resulta menor que el valor admisible, la tuerca FCS 40 AR puede ser usada para estos movimientos.

Duración de la tuerca de material plástico

Usando valores experimentales se puede proporcionar una indicación de la vida que pueden tener las tuercas de material plástico. Los parámetros que condicionan la vida de una tuerca de material plástico son los siguientes:

- valor de la presión superficial de contacto p [N/mm²]
- valor de la velocidad de roce V_{st} [m/min]
- constante resistencia al desgaste relativo al material plástico en examen obtenido con pruebas experimentales

$$k \left[\frac{\text{mm}^3 \cdot \text{min}}{\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{horas}} \right]$$

- factor de corrección f_c relativo a la intermitencia de uso.

Todos los datos indicados a continuación son válidos para acoplamiento de tuercas de material plástico en nuestros husillos laminados de precisión ya que garantizamos una rugosidad superficial menor a 1 μm Ra.

No se pueden acoplar tuercas de material plástico con husillos mecanizados.

Los cálculos y las consideraciones descritas a continuación son válidas para husillos que funcionan en un ambiente a aprox. 20/25°C con humedad relativa aprox. del 30% al 70%.

Para ambientes de trabajo con temperatura y humedad diferente a la indicada, se ruega contactar directamente con nuestra Oficina Técnica.

Para el cálculo de la duración se utiliza la siguiente fórmula:

$$(8) \quad t = \frac{m \cdot f_c}{p \cdot V_{st} \cdot k}$$

m = aumento del juego axial entre husillo y tuerca respecto al valor inicial [mm]
 f_c = factor de corrección deducido del gráfico nº 5
 p = presión superficial de contacto [N/mm²]
 V_{st} = velocidad deslizamiento y siguientes) [m/min]
 k = constante resistencia al desgaste $\left[\frac{\text{mm}^3 \cdot \text{min}}{\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{horas}} \right]$

Valor de la constante k para las tuercas de material plástico.

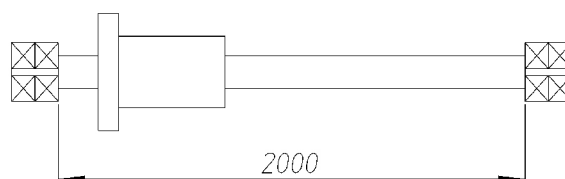
para tuercas MPH	$k = 10,5 \cdot 10^{-5}$
para tuercas FCS	$k = 2,5 \cdot 10^{-5}$

Ejemplo de cálculo de la duración de una tuerca de material plástico

Dimensionar en desgaste y calcular la duración de una tuerca FCS que tenga que funcionar en las siguientes condiciones:

- carga axial constante con fuerza de inercia limitada por rampas de aceleración y desaceleración controladas $F = 450 \text{ N}$
- velocidad de traslación = 10 m/min
- tiempo de funcionamiento = 12 s con tiempo detenido = 12 s
- tramo que se recorre en 12 s a 10 m/min $\approx 2000 \text{ mm}$
- temperatura del ambiente de trabajo $\approx 22^\circ\text{C}$
- humedad relativa media del ambiente de trabajo $\approx 40\% : 60\%$
- total ausencia de lubricación
- duración mínima exigida: el acoplamiento husillo tuerca debe funcionar por 200.000 carreras (o sea aprox. 1.330 horas en las condiciones indicadas arriba) aumentando el juego axial respecto al valor inicial 0,1 mm.

V traslación = 10 m/min



Las tuercas tipo FCS son perfectamente autolubrificantes y por lo tanto aptos para funcionar en las condiciones en examen. Debido a la óptima velocidad de traslación exigida (10 m/min) se procede a verificar en desgaste la tuerca FCS 28 BR o sea que tiene una rosca paso 10 (obtenida con paso 5 a 2 entradas).

La primera parte controlada del producto $p \cdot V_{st}$ es completamente análoga al ejemplo pág. 17.

Se calcula la presión superficial de contacto con la (1).

$$p = \frac{F}{A_t} = \frac{450 \text{ [N]}}{3600 \text{ [mm}^2\text{]}} = 0,125 \left[\frac{\text{N}}{\text{[mm}^2\text{]}} \right]$$

La velocidad de deslizamiento se obtiene con la (4).

$$V_{st} = \frac{V_{tr}}{\sin \alpha} = \frac{10 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]}{\sin 7^\circ 07'} = 80,7 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

El valor del producto $p \cdot V_{st}$ resulta:

$$p \cdot V_{st} = 0,125 \text{ [N/mm}^2\text{]} \cdot 80,7 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \cong 10 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Ahora calculamos el valor del producto $p \cdot V_{st}$ admisible en las condiciones de trabajo en examen.

En el gráfico n° 3 observamos que en condiciones de funcionamiento continuo a 23°C con $p = 0,125 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ el valor V_{st} admisible es $V_{st} \cdot 180 \text{ [m/min]}$

$$\text{Es decir } (p \cdot V_{st}) \text{ máx} = 0,125 \cdot 180 = 22,5 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

- del cuadro n° 2 obtenemos " f_i " = 0,75
- del gráfico n° 4 obtenemos " f_t " = 1
- del gráfico n° 5 obtenemos " f_c " = 3
- el valor máximo admisible del producto $p \cdot V_{st}$ en el caso en examen se calcula con la (7):

$$p \cdot V_{st} \text{ amm} = p \cdot V_{st} \cdot f_i \cdot f_t \cdot f_c = 22,5 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 2 = 33,75 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Debido a que el valor calculado $p \cdot V_{st}$ relativo al caso en examen resulta menor que el valor admisible, la tuerca FCS 28 BR puede ser usada para este movimiento.

Control en desgaste:

A continuación se calcula cuánto será el tiempo en funcionamiento continuo que provoca el desgaste (y por lo tanto un aumento del juego axial) 0,2 mm con la (8)

$$t = \frac{m \cdot f_c}{p \cdot V_{st} \cdot k} = \frac{0,1 \cdot 2}{10 \cdot 2,5 \cdot 10^{-5}} = 800 \text{ horas}$$

Es decir 800 horas de funcionamiento que corresponden, a la velocidad 10 m/min, a un total de metros recorridos:

$$800 \cdot 60 \cdot 10 = 480.000 \text{ m}$$

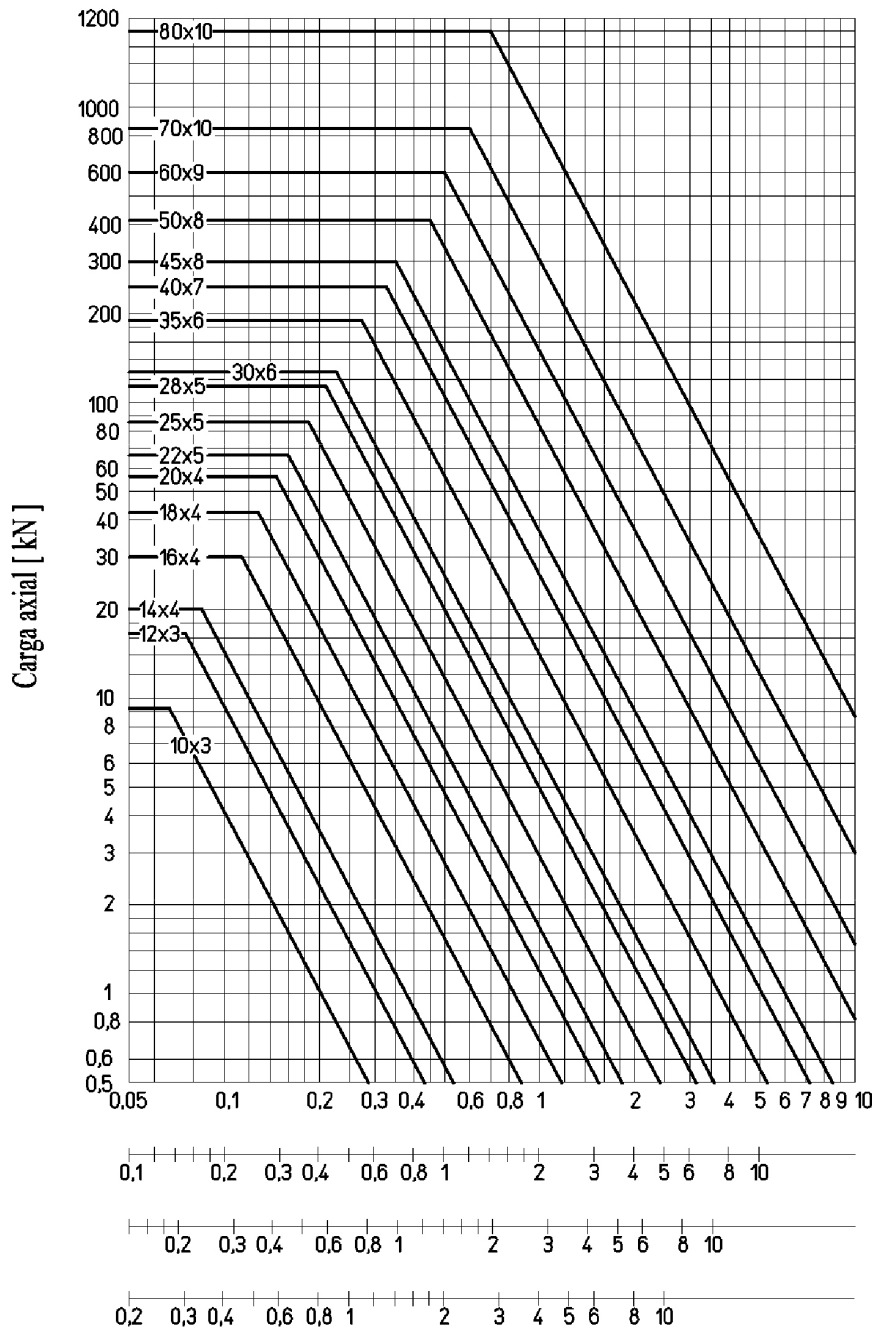
$$\text{Es decir a un número de carreras: } \frac{480.000}{2} = 240.000 \text{ carreras}$$

Es decir una duración en las condiciones de funcionamiento relativo a nuestro caso de 1.600 horas.

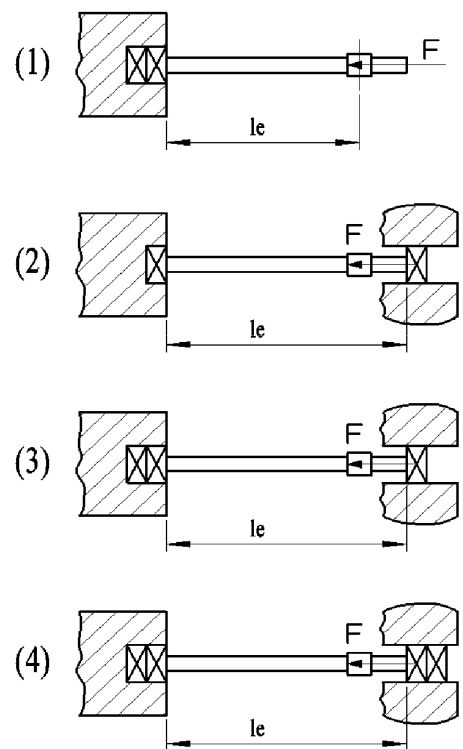
Carga Axial Crítica (Carga de Punta)

En presencia de husillos cargados a compresión es necesario tener en cuenta las limitaciones debidas a la "Carga de Punta", para evitar que se verifiquen flexiones del husillo por la excesiva carga axial de compresión. La carga axial depende del diámetro central (d_3) del husillo, desde las restricciones hasta las extremidades (cojinetes) y de la longitud libre "le". Respecto a los valores obtenidos del grafico nº 6 considerar un coeficiente de seguridad ≥ 2 .

Gráfico nº 6 – Carga de punta



longitud libre "le"
según el tipo de restricción



(1) longitud libre "le" [m]

(2)

(3)

(4)

Ejemplo: calcular la carga axial admisible de un husillo Tr 30x6 longitud 3000 mm en condiciones de restricción como en la fig. nº 4.

Del gráfico nº 6 obtenemos $F_{max} = 11$ kN, con coeficiente de seguridad = 2 se puede deducir $F_{amm} = 11/2 = 5,5$ kN

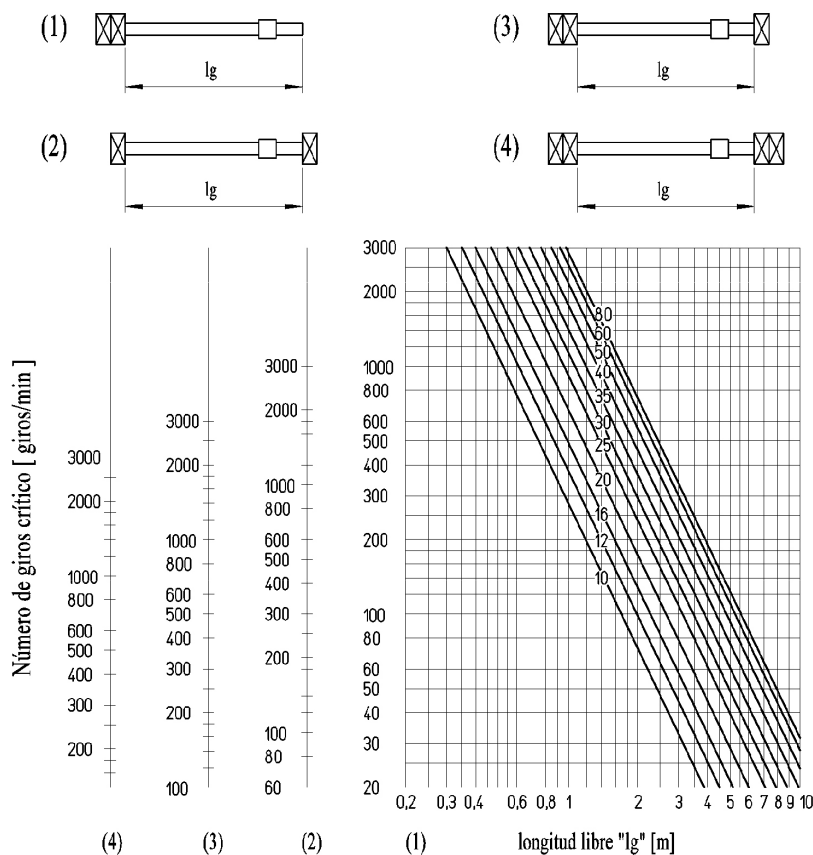
Número de vueltas crítico

El número de vueltas crítico es la frecuencia de rotación en la que se manifiestan vibraciones del husillo. No se debe alcanzar esta velocidad de rotación ya que las vibraciones provocan graves irregularidades de funcionamiento. El número de vueltas crítico depende del diámetro del husillo, de las restricciones en las extremidades (cojinetes), de la longitud libre "lg" y de la precisión del montaje. De los valores obtenidos del gráfico nº 7 es necesario considerar un coeficiente de seguridad relativo a la precisión de montaje como en el siguiente cuadro:

Cuadro nº 3 – Coeficiente de precisión de montaje

Precisión de montaje		
Montajes de buena precisión: alineamiento de la tuerca con el husillo dentro de 0,05 mm	Fabricación de los alojamientos de los cojinetes y del alojamiento de la tuerca obtenida con máquinas de control numérico en la estructura ya terminada	1,3 – 1,6
Montajes de precisión media: alineamiento de la tuerca con el husillo dentro de 0,10 mm	Fabricación de los alojamientos de los cojinetes y del alojamiento de la tuerca realizada por partes que luego se montan juntas entre sí. Control de las alineaciones realizado con los comparadores con extremo cuidado después del montaje	1,7 – 2,5
Montajes de baja precisión: alineación de la tuerca con el husillo dentro de 0,25 mm	Fabricación de los alojamientos de los cojinetes y del alojamiento de la tuerca obtenida por partes que luego se montan o sueldan juntas entre sí. Control de las alineaciones realizado con los comparadores después del montaje.	2,6 – 4,5

Gráfico nº 7 – Número de vueltas crítico



Ejemplo: calcular el nº vueltas crítico de un husillo Tr 40x7 longitud 3000 mm en condiciones de restricción como en la fig. nº 3 y montaje de precisión media.

Del gráfico nº 7 obtenemos n. crítico ≈ 1000 vueltas/min. Del cuadro nº 3 obtenemos el Coeficiente seguridad = 2,2.

Podemos llegar en ejercicio a un número de vueltas máximo: n. máx = $1000/2,2 = 454$ vueltas/min.

Eficiencia

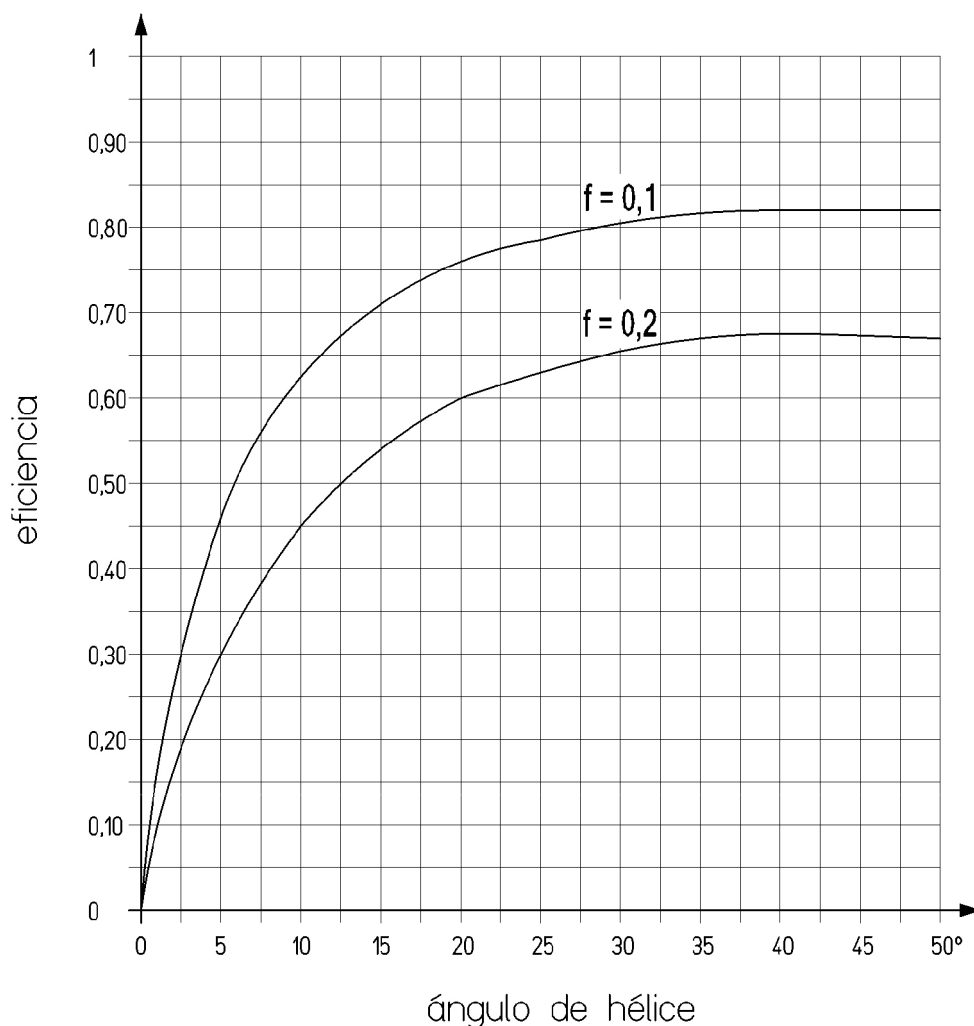
Por eficiencia se entiende la aptitud de un sistema husillo/tuerca que transforma el movimiento giratorio en movimiento rectilíneo. Este parámetro permite evaluar qué parte de energía de rotación es transformada en energía útil para el movimiento lineal, por lo tanto también cuánta energía se disipa por el calor. Se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$(9) \quad n = \frac{1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha}{1 + \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha}}$$

n = eficiencia
 f = coeficiente de fricción dinámico entre el material del husillo y el material de la tuerca
 α = ángulo de hélice de la rosca

Los valores numéricos de la eficiencia de cada límite se señalan en el cuadro "Datos técnicos husillos" en la pág.6.

Gráfico nº 8 – Eficiencia



El gráfico nº 8 demuestra que la eficiencia es mayor si es mayor el ángulo de hélice de la rosca del husillo, por lo tanto para disipar menos energía por calor, se recomienda el uso de husillos con ángulos de hélice lo más elevados posible en relación al tipo de uso (atención a la irreversibilidad del sistema). La eficiencia es inversamente proporcional también al coeficiente de fricción dinámico es decir utilizando materiales con coeficiente de fricción más bajo se obtiene menor derroche de energía. Precisamente por estas consideraciones fabricamos husillos trapezoidales laminados de precisión con un grado de rugosidad muy baja a los lados del diente, siempre inferior a $1 \mu\text{m Ra}$ (normalmente $0,2 \div 0,7 \mu\text{m}$). Además, hemos realizado tuercas con bridas con un material plástico muy resistente al desgaste y autolubrificante que garantiza coeficientes de fricción muy baja sin ninguna necesidad de lubricación. Coeficiente de fricción dinámico $f \approx 0,1$, primera separación $\approx 0,15$.

Par

El par necesario para el movimiento de un sistema husillo/tuerca se calcula con la siguiente ecuación:

$$(10) C = \frac{F \cdot P}{2 \pi n 1000}$$

C = par (input) [N•m]
 F = fuerza axial en la tuerca [N]
 P = paso del husillo efectivo [mm]
 η = eficiencia (se debe considerar la eficiencia con el coeficiente de fricción primera separación $f' = 0,2$ Cuadro pág. 14)

Ejemplo de cálculo:

Para determinar el par necesario para el movimiento de un husillo Tr 30x6 acoplado a una tuerca HCL Tr 30x6 P1 dcha.

Fuerza axial resistente = 10.000 N

Paso del husillo = 6 mm

$n = 0,26$

$$\text{Par} = \frac{F \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot 1000} = \frac{10.000[\text{N}] \cdot 6[\text{mm}]}{2 \cdot \pi \cdot 0,26 \cdot 1000} = 36,7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Este valor par no tiene en cuenta el rendimiento de los cuerpos en movimiento con el husillo, como cojinetes, correas u otros cuerpos de transmisión. Se considera en fase de proyecto un aumento del 20/30% respecto al valor teórico. Si se utilizan motores eléctricos con bajo par de arranque, se debe considerar otro aumento del 50% para obtener el par nominal.

$$C = 36,7 [\text{N} \cdot \text{m}] \cdot 1,3 \cdot 1,5 \cong 71,6 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

Potencia

La potencia necesaria para el movimiento de un sistema de husillo/tuerca trapezoidal se calcula con la siguiente ecuación:

$$(11) P_t = \frac{C \cdot n}{9550}$$

P_t = potencia [kW]
 C = par [N•m]
 n = número de vueltas/minuto

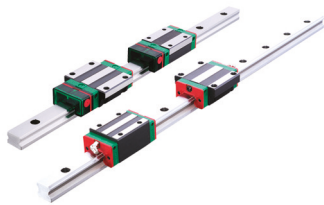
Ejemplo de cálculo:

Se calcula la potencia necesaria para mover el husillo de Tr 30x6 del ejemplo precedente a 600 vueltas/min.

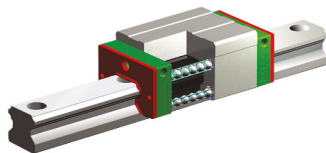
$$P_t = \frac{C \cdot n}{9550} = \frac{71,6[\text{N} \cdot \text{m}] \cdot 600 [\text{giros/min}]}{9550} = 4,5 \text{ kW}$$

Esta potencia es la potencia útil mínima necesaria.

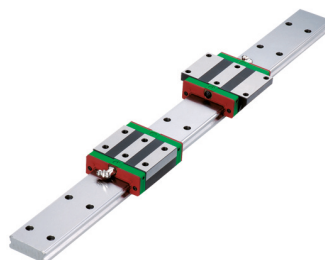
Productos y servicios relacionados



Guías de recirculación de bolas
Accesorios de guías, guías
protegidas



Guías de recirculación con jaula



Guías monorraíl



Guías con encoder



Reductor planetarios de precisión



Cremallera de precisión



Soportes de husillos



Mesas lineales



Tuercas y husillos a bolas



Tuercas dobles



Tuercas rotativas



Actuadores lineales



Tuercas de precisión



Rodamientos de rodillos cruzados

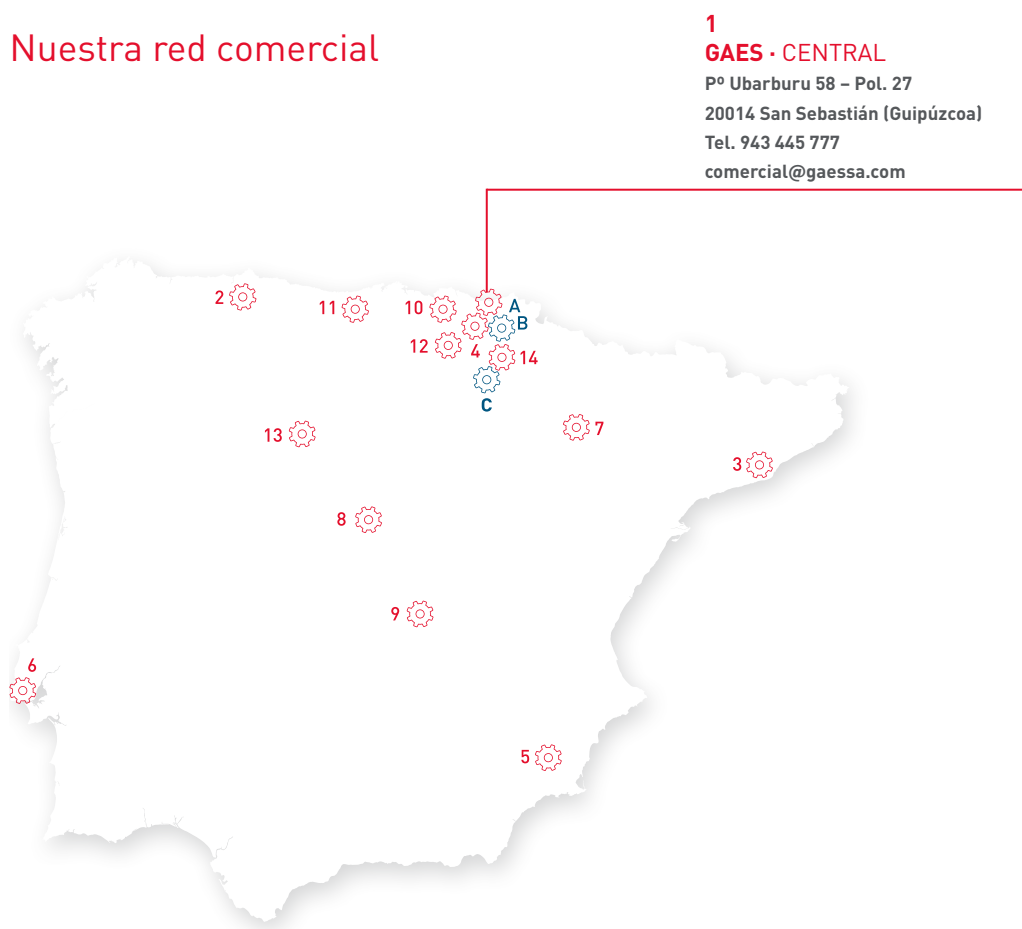


Torquemotores



Reductores armónicos

Nuestra red comercial



1
GAES · CENTRAL
Pº Ubarburu 58 – Pol. 27
20014 San Sebastián (Guipúzcoa)
Tel. 943 445 777
comercial@gaessa.com

2
GAES · ASTURIAS
C/ Peña Redonda NºR43 · P. I. Silvota
33192 Llanera (Asturias)
Tel. 985 232 997
oviedo@gaessa.com

6
GAES · PORTUGAL
Lisboa
Tel. +351 918 113 097
paulo.armada@gaessa.com

10
GAES VIMECA
Pol. Ind. Aperribai
48960 Galdakao (Vizcaya)
Tel. 944 267 510
bilbao@gaessa.com

14
SOLTECNA
C/ Ezponda nº 3 – Pol. Ind. Areta
31620 Huarte-Pamplona (Navarra)
Tel. 948 361 055
soltecna@soltecna.com

3
GAES · CATALUÑA
DP – Pº Ubarburu 58 – Pol. 27
20014 San Sebastián (Guipúzcoa)
Tel. 637 587 389
paco.arias@gaessa.com

7
GAES · ZARAGOZA
C/ Sisallo 13 Nave 2 · P. Empresarium
50720 La Cartuja (Zaragoza)
Tel. 976 523 511
zaragoza@gaessa.com

11
GAES VIMECA
C/ Bonifacio del Castillo 15-17
39300 Torrelavega (Cantabria)
Tel. 664 682 271
cantabria@gaessa.com

Empresas de servicios:

A TALLER DE MONTAJE & MECANIZADO
B TALLERES MECÁNICOS ARATZ
C TÉCNICAS MECÁNICAS & DESARROLLO NAVARRA (TEMEDENA)

4
GAES · GUIPÚZCOA
Pol. Ittola 5C – Barrio Salbatore
20200 Beasain (Guipúzcoa)
Tel. 943 881 317
beasain@gaessa.com

8
GAES MICROSYSTEM MOTION
C. del Mar Mediterráneo 2, Nave 5
28830 S. Fernando de Henares (Madrid)
Tel. 919 199 139
info@gaesmicrosystem.com

12
RODALSA
C/ Zurrupitieta, 26 · Pab.28 · P. I. Jundiz
01015 Vitoria (Álava)
Tel. 945 289 395
rodalsa@infonegocio.com

5
GAES · LEVANTE
DP – Pº Ubarburu 58 – Pol. 27
20014 San Sebastián (Guipúzcoa)
Tel. 672 241 378
ivan.gonzalez@gaessa.com

9
GAES NAWERS MOTION
C/ Ruidera – Esq. Valle de Alcludia
13700 Tomelloso (Ciudad Real)
Tel. 926 501 800
info@gaesnawers.com

13
RODALSA
C/ Oro 42, 2º Iz. Of 11 · P. San Cristóbal
47012 Valladolid (Valladolid)
Tel. 983 081 769
rodalsa@infonegocio.com

This image shows a full page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.

Observaciones

This image shows a full page of a document template designed for handwriting practice. It features approximately 28 evenly spaced, horizontal dashed lines across the entire width of the page. The background is plain white, providing a clear guide for letter height and placement. There are no margins, text, or other markings present.

