



Criterio general de elección

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

Elección del tornillo

Ambiente de trabajo

En ambientes de trabajo donde no existen agentes oxidantes o corrosivos particulares se pueden utilizar los tornillos C45. Cuando no se respetan dichas condiciones se recomienda utilizar los tornillos Inox A2 o también tornillos 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 husillos HDA.
- donde no se puede llegar a los tornillos para la lubricación. En acoplados especiales con husillos de material plástico autolubrificante para montajes "sin mantenimiento".
- 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 auténtica del material.

Precisión de posicionamiento

Para tornillos de posicionamiento es necesario mantener el control del error de paso del tornillo.

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

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

Irreversibilidad

La completa irreversibilidad se obtiene con tornillos 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 tornillo detenido sometido a carga en el husillo (sobre todo en presencia de vibraciones). De todos modos, se manifiesta una buena irreversibilidad de hasta 5 o 6 grados.

Elección del husillo

Ambiente de trabajo

Los materiales usados para la fabricación de los husillos que ponemos a disposición del cliente, ya sean de bronce como de Inox 303, son muy resistentes a los normales agentes oxidantes que se presentan en las diferentes aplicaciones de los tornillos/husillos 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 husillos 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.



Criterio general de dimensiones

La dimensión efectiva para una pareja tornillo trapezoidal/husillo trapezoidal se realiza considerando los tres puntos a continuación:

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

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

Dimensión de desgaste

La pareja tornillo/husillo trapezoidal es un sistema usado desde hace mucho tiempo en numerosas aplicaciones para la transformación del movimiento giratorio en movimiento lineal. La potencia total aplicada al tornillo (Pt) se entiende como potencia utilizable (Pu) en el husillo. 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 tornillo y el husillo 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 del husillo. Se limita también el producto $p \cdot V_{st}$ (p = presión superficial fr 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 husillos de bronce, es fundamental no arruinar el lubricante, mientras que si se usan husillos 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.

Calculo 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 tornillo y los dientes del husillo en el plano perpendicular al eje. [mm²]

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

d_m = diámetro medio de la rosca [mm]
H₁ = dimensión radial de apoyo entre diente tornillo y diente husillo [mm]
Z = n° dientes de sujeción

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

Para los husillos estándares hemos asignado en los cuadros el valor A_t relativo a cada uno de los husillos.

Calculo 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° giros al minuto deberá girar el tornillo:

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

n = n° giros al minuto del tornillo $\left[\frac{\text{giros}}{\text{min.}} \right]$
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 el husillo:

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

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 giros por minuto del tornillo y la velocidad de traslación corresponden a la relación:

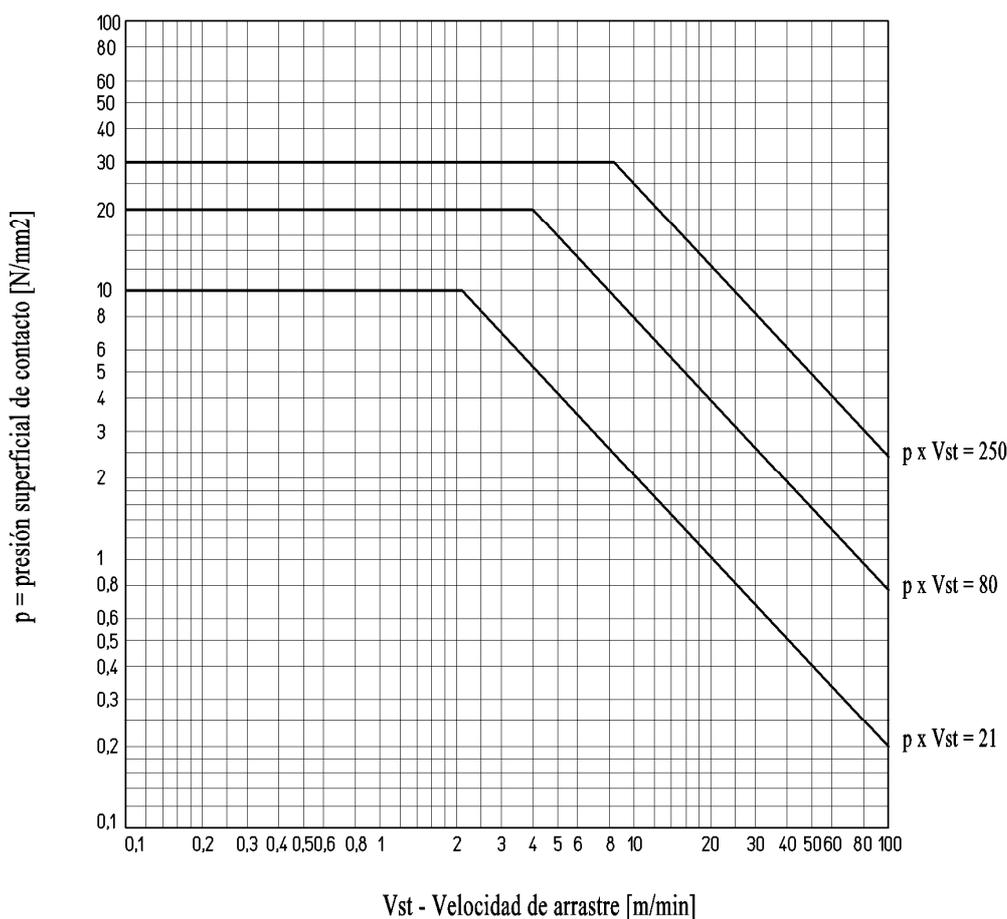
$$(5) \quad n = \frac{1000 \cdot V_{tr}}{P}$$

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

Dimensiones para husillos de bronce

Por lo que se refiere a los husillos 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 $p \cdot V_{st} = 21$ [$N/mm^2 \cdot m/min$]

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 del husillo resulta muy buena.

Zona B : la zona B está cerrada por el límite $p \cdot V_{st} = 80$ [$N/mm^2 \cdot m/min$]

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 del husillo. 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 del husillo, 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 del husillo es limitada.

Zona C : la zona C está cerrada por el límite $p \cdot V_{st} = 250$ [$N/mm^2 \cdot m/min$]

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 del husillo muy rápido porque el roce entre las superficies en contacto es tal que provoca una erosión rápida del husillo.



Consideraciones generales para husillos de bronce

En las tres condiciones de trabajo descritas, el desgaste del husillo 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 del husillo. Prestar particular atención en las aplicaciones donde la temperatura del ambiente de trabajo puede ser mayor a 140/150°C, ya que dichas temperaturas pueden arruinar el lubricante con el consiguiente empeoramiento de las condiciones de funcionamiento y duración. En dichos casos se recomienda el uso de lubricantes aptos para soportar temperaturas elevadas.

Coeficiente de seguridad para las fuerzas de inercia "*f_i*"

Durante la fase de dimensiones 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 dicho 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 n° 1.

Cuadro n° 1 : Coeficientes de seguridad respecto a las fuerzas de inercia

Tipo carga	<i>f_i</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 "*f_i*" sirve para corregir el valor del producto " $(p \cdot V_{st})_{máx}$ " obtenido del gráfico n° 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)

$$(6) \quad p \cdot V_{st \text{ am}} = (p \cdot V_{st})_{máx} \cdot f_i$$



Ejemplo de cálculo con husillo de bronce

Dimensionar en desgaste un husillo 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 FTN 30 AR (husillo embreado de bronce con rosca Tr 30x6 l Entrada derecha)

Se calcula la presión superficial de contacto con la (1) (ver pág. 57)

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

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

La velocidad de deslizamiento se obtiene con la (4) (ver pág. 57)

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

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

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

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

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

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 n° 1, en este caso = 0,77 resulta ser la (6) (ver pág. 59)

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

$$p \cdot V_{st \text{ am}} = 16,15 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

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

la presión superficial de contacto resulta con la (1) (ver pág. 57)

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

$F =$ Fuerza axial [N]
 $A_t =$ Superficie de apoyo total entre los dientes del tornillo y los dientes del husillo 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:

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

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

Dimensiones para husillos 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 los husillos de material plástico autolubricante.

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.

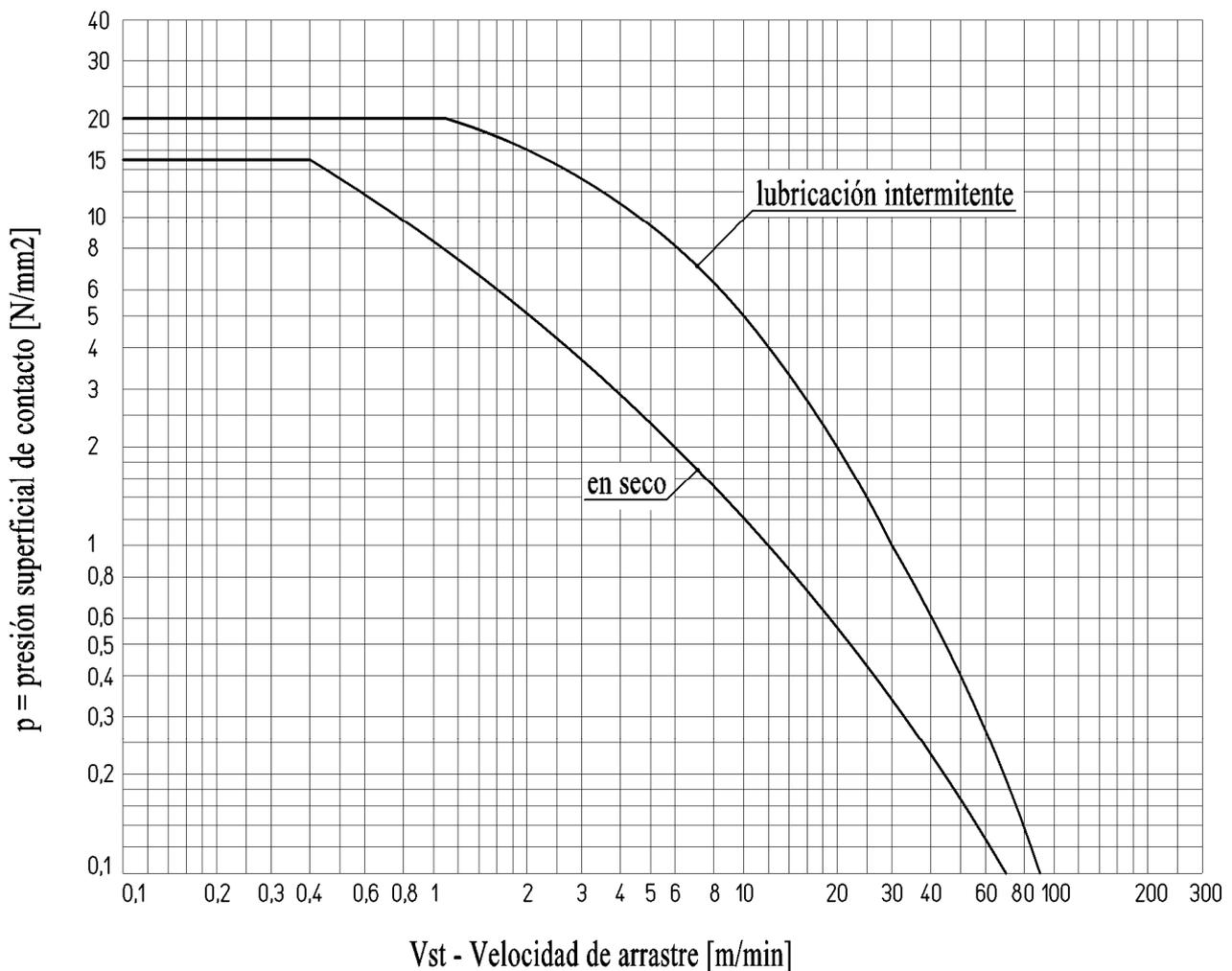
Por lo que se refiere a los husillos de material plástico, el estudio del producto $p \cdot V_{st}$ permite trazar un gráfico donde se describe una curva que limita los valores de $p \cdot V_{st}$ dentro de los cuales se produce un deslizamiento suave de las superficies en contacto con consumo limitado del husillo 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 del husillo debido a una erosión de la superficie del husillo en contacto con el tornillo.

Husillos cilíndricos MPH

El gráfico n° 2 se refiere al límite del producto $p \cdot V_{st}$ relativo a los husillos MPH. Dado que este tipo de material plástico es resistente al desgaste pero no es autolubricante, 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 husillos MPH

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





Husillos embridados de material plástico autolubricante con longitud 3xTr FCS

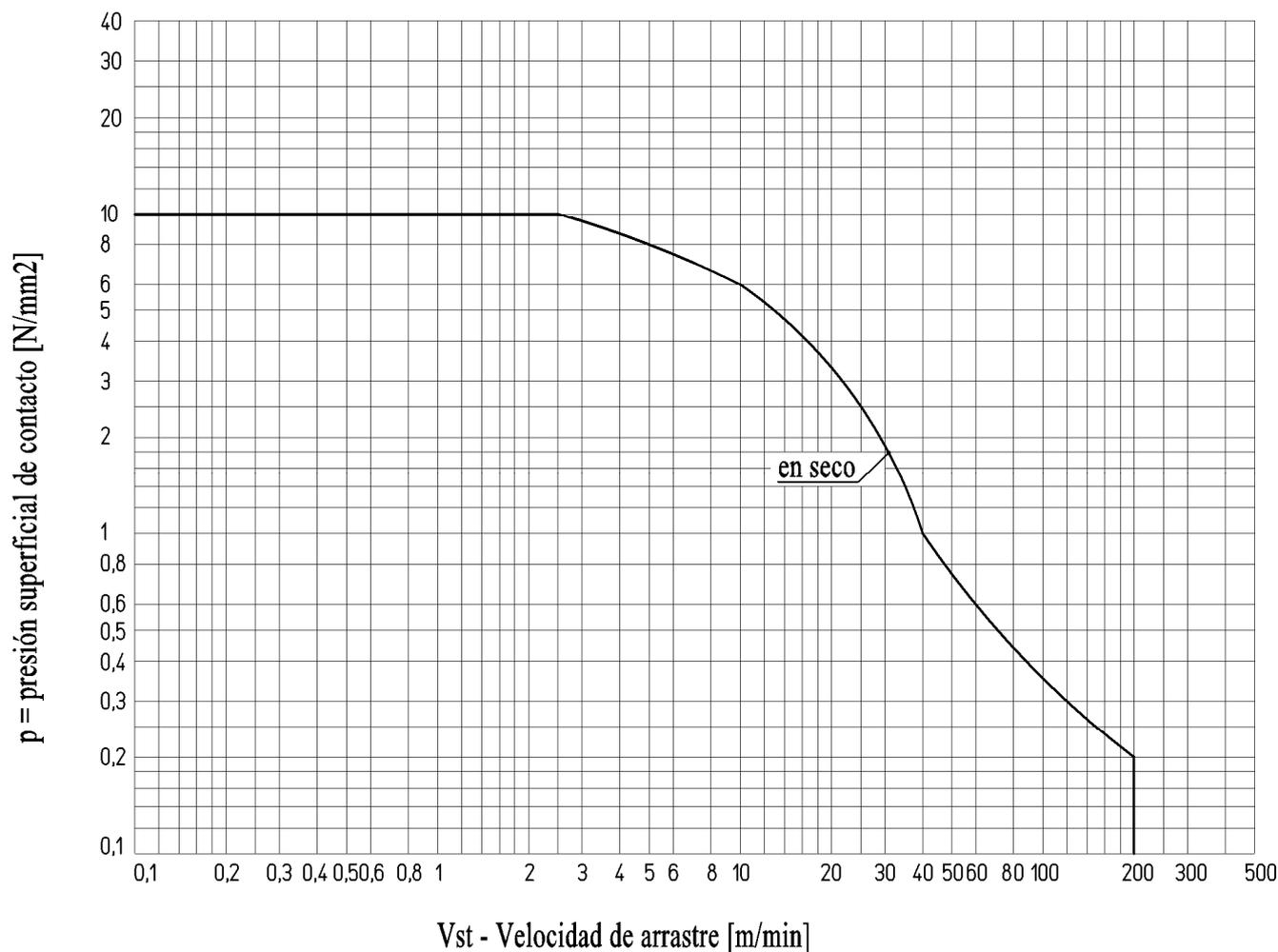
El gráfico n° 3 se refiere al límite del producto $p \bullet V_{st}$ relativo a los husillos FCS. El material plástico usado para los FCS está caracterizado por una notable resistencia al desgaste y por la total propiedad autolubricante.

Antes de utilizar los FCS leer lo que se describe en la pág. 50.

Gráfico n° 3

Condiciones de deslizamiento para husillos de material plástico auto lubricante FCS

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



Consideraciones generales para husillos 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. 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.

Coefficiente de seguridad para las fuerzas de inercia "fi"

Durante la fase de dimensiones 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 dicho cálculo resulta difícil, en presencia de energía no uniforme o sujeto a notables variaciones, se debe tener en cuenta los coeficientes de seguridad señalados en el cuadro n° 2.

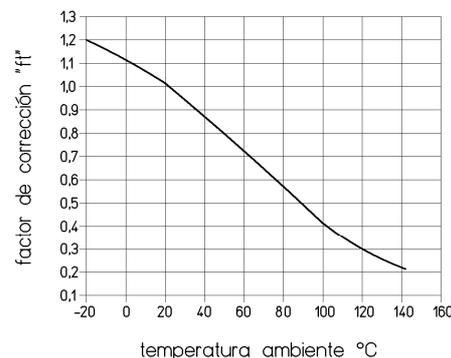
Cuadro n° 2 : Coeficientes de seguridad para las fuerzas de inercia

Tipo carga	fi
Cargas constantes con rampas de acel./desac. controladas	de 1 a 0,5
Cargas constantes con arranque y 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

Factor de corrección para la temperatura en el ambiente de uso

Usando husillos de material plástico MPH 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 "ft" se deduce del gráfico n° 4.

Gráfico n° 4 - Factor de corrección "ft" para husillos MPH y FCS



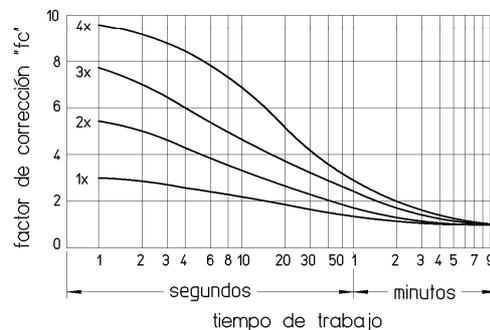
Factor de corrección dependiente de la intermitencia del uso

Los husillos 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 tornillo. 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 los husillos MPH y FCS en funcionamiento continuo. El valor $p \cdot V_{st}$ admisible cuando el husillo 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 del husillo.

- 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 MPH y FCS



Los tres valores de los coeficientes "fi", "ft", "fc" sirven para corregir el valor del producto " $(p \cdot V_{st})$ " máx. obtenido del gráfico n° 2 (para husillos MPH) o gráfico n° 3 (para husillos 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 husillo de material plástico autolubrificante

Dimensionar en desgaste un husillo FCS embridado de material plástico autolubrificante 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

El husillo tipo FCS es perfectamente autolubrificante y por lo tanto apto para funcionar en las condiciones en examen.

Se debe elegir un husillo entre los 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 n° 3 y corregido con los coeficientes "fi", "ft" y "fc" obtenidos del cuadro n° 2 y de los gráficos n° 4 y 5.

Elegimos el husillo FCS40AR (husillo embridado de material plástico autolubrificante 3xTr con rosca Tr 40x7 dcho.)

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

$$p = \frac{F}{A_t} = \frac{1750 \text{ [N]}}{6880 \text{ [mm}^2\text{]}}$$

$F = \text{Fuerza axial [N]}$
 $A_t = \text{Superficie de apoyo total entre los dientes del tornillo y los dientes del husillo en el plano perpendicular al eje [mm}^2\text{]}$

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

La velocidad de deslizamiento se calcula con la (4)

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

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

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

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

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

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

En el gráfico n° 3 vemos que en condiciones de funcionamiento continuo a 23°C con $p = 0,25 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ el valor V_{st} admisible es $V_{st} \cong 140 \text{ [m/min]}$

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

- obtenemos del cuadro n° 2 el valor del coeficiente "fi". En nuestro caso "fi" puede ser deducido: "fi" = 0,75.
- El valor del coeficiente "ft" del gráfico n° 4. En nuestro caso con ambiente de trabajo a 50°C podemos deducir "ft" = 0,8
- el valor del coeficiente "fc" del gráfico n° 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, el husillo FCS 40 AR puede ser usado para estos movimientos.

Duración del husillo de material plástico

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

- valor de la presión superficial de contacto p [N/mm^2]
- 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 $\left[\frac{mm^3 \cdot min}{N \cdot m \cdot horas} \right]$
- factor de corrección f_c relativo a la intermitencia de uso.

Todos los datos indicados a continuación son válidos para acoplamiento de husillos de material plástico en nuestros tornillos rodados de precisión ya que garantizamos una rugosidad superficial menor a $1 \mu m Ra$.

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

Los cálculos y las consideraciones descritas a continuación son válidas para tornillos que funcionan en un ambiente a aprox. $20/25^\circ C$ 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 tornillo y husillo respecto al valor inicial [mm]
 f_c = factor de corrección deducido del gráfico nº 5
 p = presión superficial de contacto (ver pág. 53 y siguientes) [N/mm^2]
 V_{st} = velocidad deslizamiento (ver pág. 53 y siguientes) [m/min]
 k = constante resistencia al desgaste $\left[\frac{mm^3 \cdot min}{N \cdot m \cdot horas} \right]$

Valor de la constante k para los husillos de material plástico.

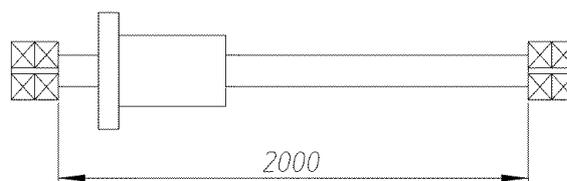
para husillos MPH	$k = 10,5 \cdot 10^{-5}$
para husillos FCS	$k = 2,5 \cdot 10^{-5}$

Ejemplo de cálculo de la duración de un husillo de material plástico

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

- carga axial constante con fuerza de inercia limitada por rampas de aceleración y desaceleración controladas $F = 450 N$
- 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 $\cong 2000 mm$
- temperatura del ambiente de trabajo $\cong 22^\circ C$
- humedad relativa media del ambiente de trabajo $\cong 40\% : 60\%$
- total ausencia de lubricación
- duración mínima exigida: el acoplamiento tornillo husillo debe funcionar por 200.000 recorridos (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





Los husillos tipo FCS son perfectamente autolubricantes 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 el husillo 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. 60.

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

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

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:

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

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 $V_{st} \cong 180 \text{ [m/min]}$

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

- 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, el husillo FCS 28 BR puede ser usado 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 :

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

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

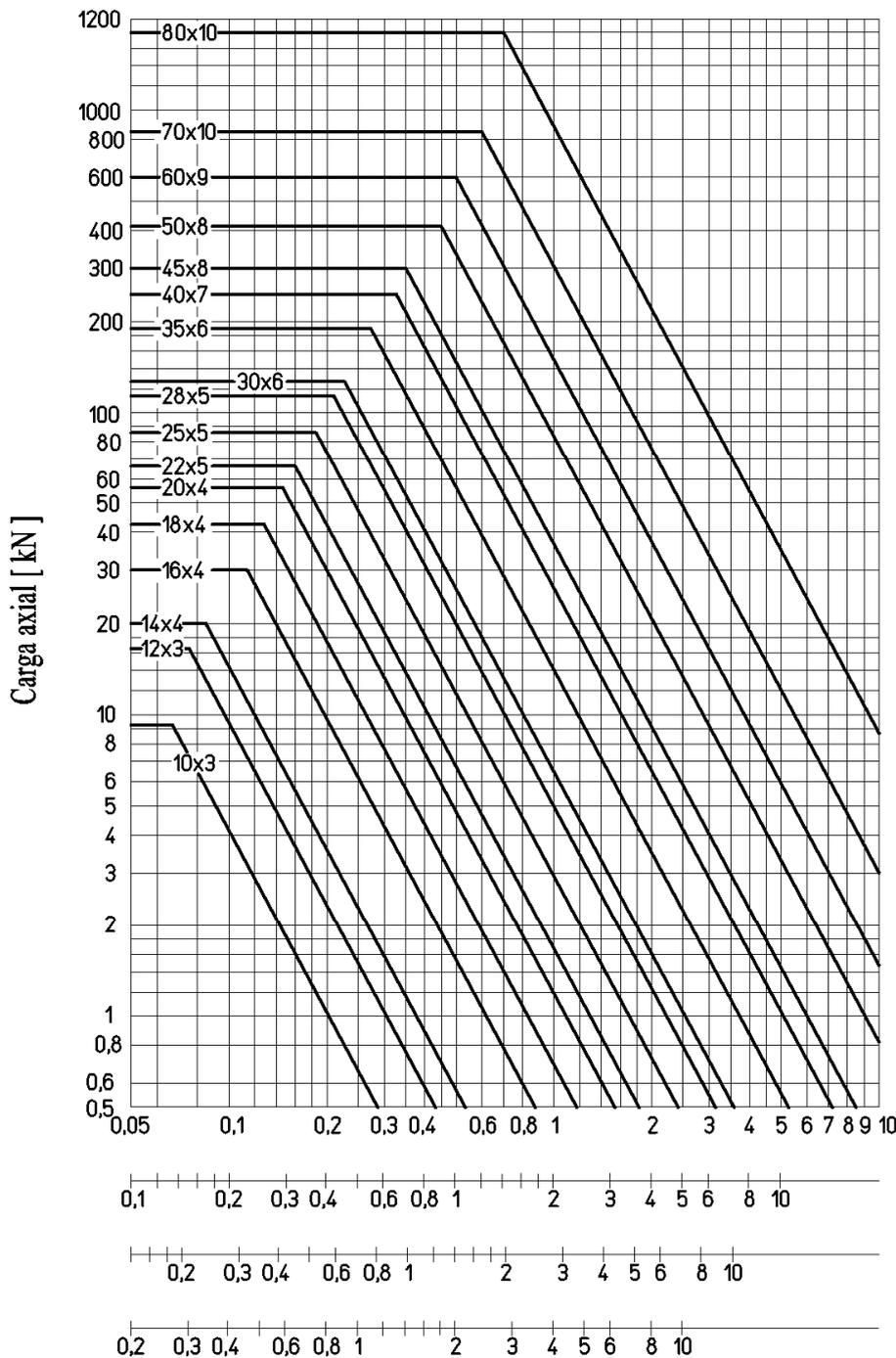
Es decir una duración en las condiciones de funcionamiento relativo a nuestro caso de 1.600 horas.

Carga Axial Crítica (Carga Límite)

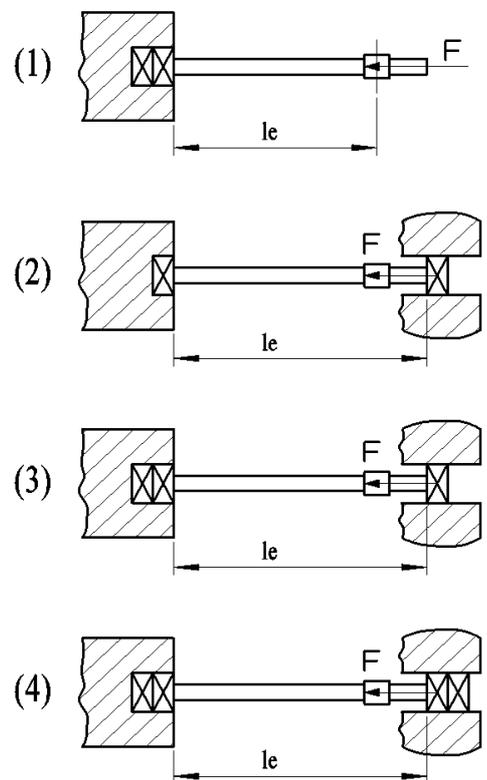
En presencia de tornillos cargados a compresión es necesario tener en cuenta las limitaciones debidas a la "Carga Límite", para evitar que se verifiquen flexiones del tornillo por la excesiva carga axial de compresión. La carga axial depende del diámetro central (d_3) del tornillo, desde las restricciones hasta las extremidades (cojinetes) y de la longitud libre "le".

Respecto a los valores obtenidos del gráfico n° 6 considerar un coeficiente de seguridad ≥ 2 .

Gráfico n° 6: Carga límite



longitud libre "le"
según el tipo de restricción



(1) longitud libre "le" [m]'

(2)

(3)

(4)

Ejemplo: calcular la carga axial admisible de un tornillo Tr 30x6 longitud 3000 mm en condiciones de restricción como en la fig. n° 4.

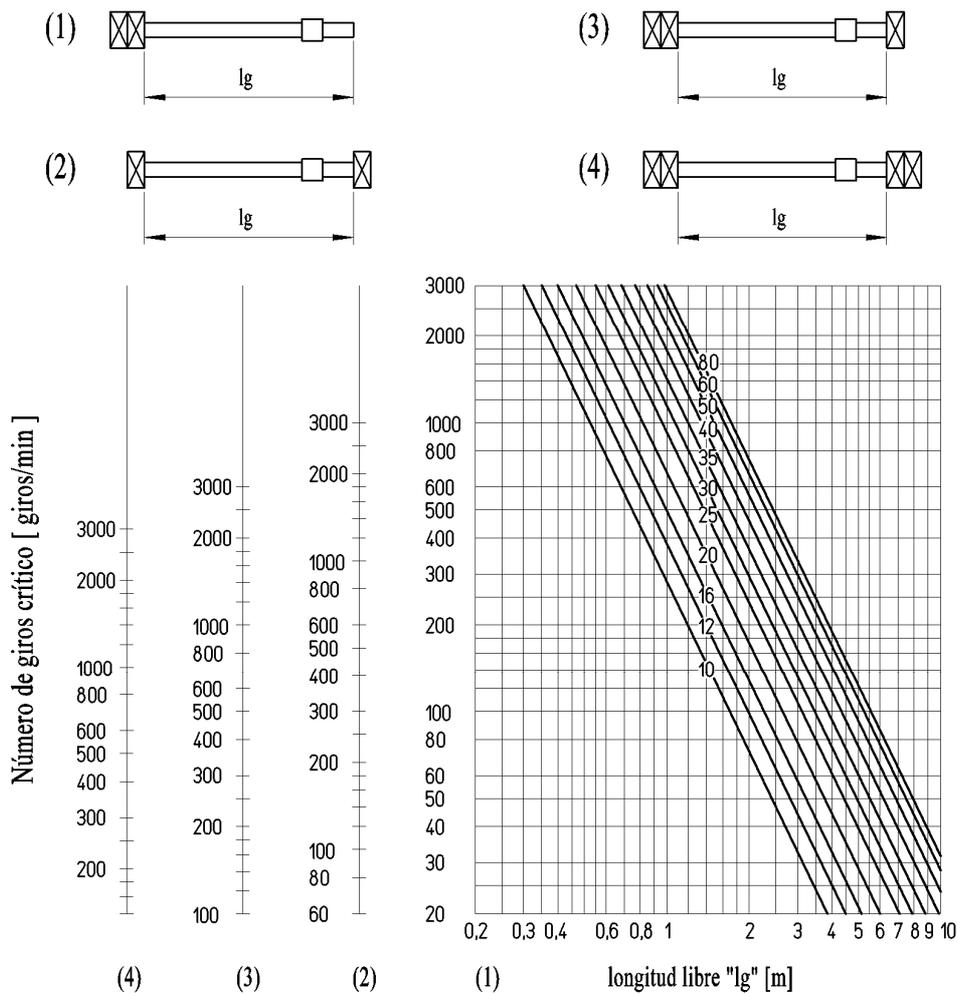
Del gráfico n° 6 obtenemos $F_{max} = 11$ kN, con coeficiente de seguridad = 2 se puede deducir $F_{amm} = 11/2 = 5,5$ kN

Número de giros crítico

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

Cuadro n° 3 Coeficiente de precisión de montaje		
Precisión de montaje	Precisión de montaje	Precisión de montaje
Montajes de buena precisión: - alineamiento del husillo con el tornillo dentro de 0,05 mm	Fabricación de los alojamientos de los cojines y del alojamiento del husillo obtenida con máquinas de control numérico en la estructura ya terminada	1,3 – 1,6
Montajes de precisión media: - alineamiento del husillo con el tornillo dentro de 0,10 mm	Fabricación de los alojamientos de los cojinetes y del alojamiento del husillo 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 del husillo con el tornillo dentro de 0,25 mm	Fabricación de los alojamientos de los cojines y del alojamiento del husillo 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 n° 7: Número de giros crítico



Ejemplo: calcular el n° giros crítico de un tornillo Tr 40x7 longitud 3000 mm en condiciones de restricción como en la fig. n° 3 y montaje de precisión media.

Del gráfico n° 7 obtenemos n. crítico \cong 1000 giros/min. Del cuadro n° 3 obtenemos el Coeficiente seguridad = 2,2. Podemos llegar en ejercicio a un número de giros máximo : n. máx = 1000/2,2 = 454 giros/min.

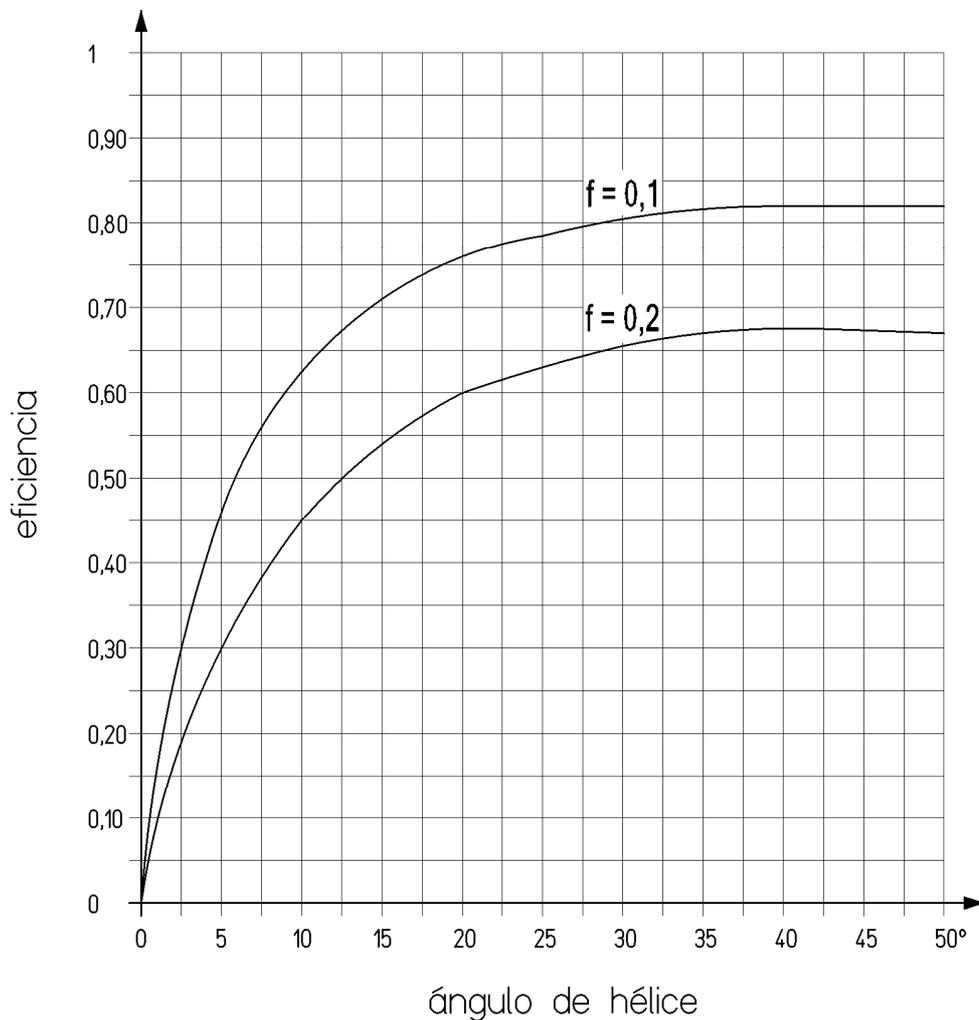
Eficiencia

Por eficiencia se entiende la aptitud de un sistema tornillo/husillo 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:

$$(9) \quad \eta = \frac{1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha}{1 + \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha}} \quad \begin{array}{l} \eta = \text{eficiencia} \\ f = \text{coeficiente de fricción dinámico entre el material del tornillo y el material del husillo} \\ \alpha = \text{ángulo de hélice de la rosca} \end{array}$$

Los valores numéricos de la eficiencia de cada límite se señalan en el cuadro "Datos técnicos tornillos" en la pág. 52.

Gráfico n° 8: Eficiencia



El gráfico n° 8 demuestra que la eficiencia es mayor si es mayor el ángulo de hélice de la rosca del tornillo, por lo tanto para disipar menos energía por calor, se recomienda el uso de tornillos 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 dinámica es decir utilizando materiales con coeficiente de fricción más bajo se obtiene menor derroche de energía. Precisamente por estas consideraciones fabricamos tornillos trapezoidales rodados 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 husillos embridados 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 dinámica $f \cong 0,1$, primera separación $\cong 0,15$.



Par

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

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

C = par (input) [N•m]
 F = fuerza axial en el husillo [N]
 P = paso del tornillo efectivo [mm]
 η = eficiencia (se debe considerar la eficiencia con el coeficiente de fricción primera separación $f=0,2$ Cuadro pág. 52)

Ejemplo de cálculo:

Para determinar el par necesario para el movimiento de un tornillo Tr 30x6 acoplado a un husillo HCL Tr 30x6 P1 dcho.

Fuerza axial resistente = 10.000 N

Paso del tornillo = 6 mm

$\eta = 0,26$

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

Este valor par no tiene en cuenta el rendimiento de los cuerpos en movimiento con el tornillo, 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 tornillo/husillo trapezoidal se calcula con la siguiente ecuación:

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

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

Ejemplo de cálculo :

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

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

Esta potencia es la potencia útil mínima necesaria.



Código para pedidos de tornillos trapezoidales

TORNILLO	K	Q	X	3	0	A	R	2345
	1		2		3	4	5	

- 1 - Tipo tornillo: KTS - KUE - KKA - KSR - KQX - KEQ - KRP - KRE - KAM - KAF ver páginas correspondientes.
 2 - Diámetro externo del tornillo. Valor numérico del cuadro.
 3 - Letra identificativa del paso efectivo y número de entradas. Ver la página relativa al “tipo tornillo” la Letra del “código para pedidos” correspondiente al diámetro y al paso para realizar el pedido.
 4 - R = hélice derecha; L = hélice izquierda.
 5 - Largo tornillo en milímetros: 2000 = 2.000 mm 2345 = 2.345 mm

Ejemplos de pedidos:

-- Tornillos Trapezoidal clase 200 en C15 Tr 50 paso 8 a 1 entrada, rosca derecha longitud 2.000 milímetros completamente roscada:

TORNILLO	K	Q	X	5	0	A	R	2000
	1		2		3	4	5	

-- Tornillos Trapezoidal clase 200 en C15 Tr 40 paso 40 a 5 entradas, rosca derecha longitud 2.500 milímetros completamente roscada:

TORNILLO	K	Q	X	4	0	E	R	2500
	1		2		3	4	5	

Para solicitar tornillos completos con acabado en las extremidades:

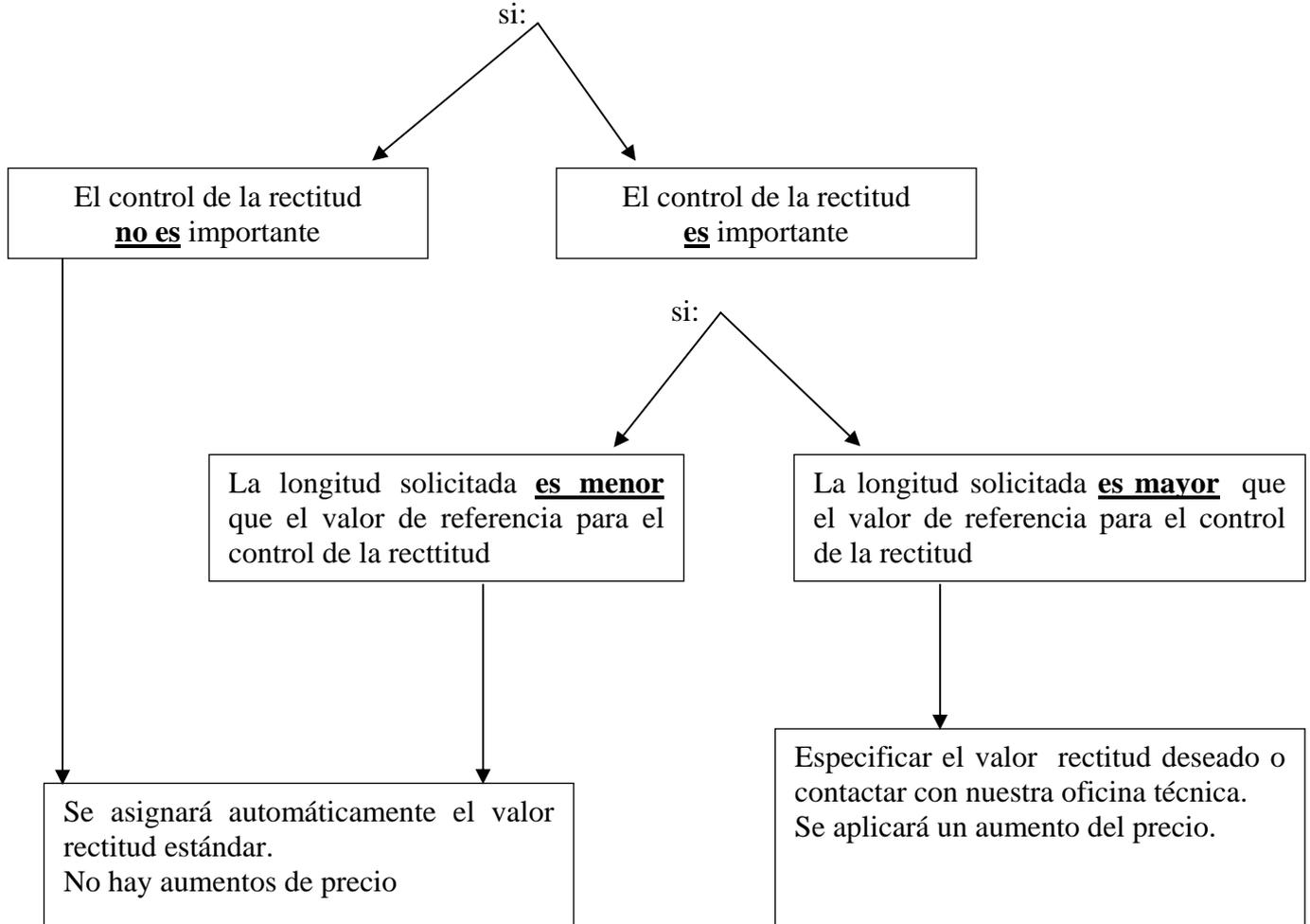
Enviar un diseño por fax o correo electrónico a nuestras oficinas. Se asignará un código a cada diseño. Para los tornillos completos con acabado en las extremidades, el valor de “rectitud” está especificado en el diseño.



ATENCIÓN A LA RECTITUD AL EFECTUAR EL PEDIDO:

Los tornillos se fabrican con una longitud de 6 metros, su rectitud se controla en una longitud menor, que está especificada en la columna “rectitud” del cuadro relativo al tipo de tornillo elegido.

Para solicitar tornillos completamente roscados:



Lo descrito arriba es válido para tornillos completamente roscados.

Para solicitar tornillos completos con acabado en las extremidades:

Para los tornillos completos con acabados en las extremidades, el valor de “rectitud” está siempre especificado en el diseño.



Código para pedidos de husillos trapezoidales

HUSILLO	F	T	N	2	0	A	R
	1	2	3	4			

- 1 - Tipo de husillo: MLF - MZP - HSN - HBD - HDA - HBM - BIG - CQA - QOB - CQF - QBF
FTN - FXN - FMT - HDL - CBC - FFR - FHD - CDF - HAL - MES - FCS - MPH
ver páginas correspondientes.
- 2 - Diámetro externo nominal de la rosca del husillo. Valor numérico de cuadro.
- 3 - Letra identificativa del paso efectivo y número de entradas. Ver la página relativa al "tipo husillo" la letra del "código para pedidos" correspondiente al diámetro y al paso para realizar el pedido.
- 4 - R = hélice derecha; L = hélice izquierda.

Ejemplos de pedidos:

-- Husillo Trapezoidal embridado con longitud 3xTr de bronce Tr 40 paso 10 de 1 entrada, rosca derecha:

HUSILLO	H	D	L	4	0	I	R
	1	2	3	4			

-- Husillo Trapezoidal cilíndrico de bronce Tr 20 paso 4 de 1 entrada, rosca derecha:

HUSILLO	H	S	N	2	0	A	R
	1	2	3	4			

-- Husillo Trapezoidal cilíndrico de bronce Tr 50 paso 3 de 1 entrada, rosca izquierda:

HUSILLO	B	I	G	5	0	R	L
	1	2	3	4			

-- Husillo Trapezoidal cilíndrico de acero Tr 60 paso 9 de 1 entrada, rosca derecha:

HUSILLO	M	Z	P	6	0	A	R
	1	2	3	4			

Para solicitar y obtener husillos con acabado como su diseño:

Enviar un diseño por fax o correo electrónico a nuestras oficinas. Se asignará un código a cada diseño.



FICHA PARA COMENTARIOS

Fecha: _____ 20__

Para mejorar el presente catálogo, les invitamos a hacernos llegar observaciones sobre las descripciones que creen insuficientes e indicaciones de eventuales errores presentes en este catálogo.
Nos interesa saber dónde encuentran mayor dificultad para entender lo expuesto y también qué temas quisieran agregar a los del presente catálogo.

Nombre del catálogo	TORNILLOS TRAPEZOIDALES
Número de emisión	CATÁLOGO 2013-ES-01

Nombre	Sociedad
Cargo	Dirección
Teléfono	Fax
Correo electrónico	

SEÑALACIÓN DE ERRORES

Capítulo	Página	Línea	Comentarios

PROPUESTA DE AMPLIACIÓN DE LOS TEMAS EXPUESTOS

Gracias por su colaboración.

LASIOM, .S.L.

