



HARDOX[®]

WELDOX[®]

mecanizado

SSAB
OXELÖSUND

Taladrado
Avellanado
Roscado
Torneado
Fresado

Tanto la chapa antidesgaste HARDOX como la chapa estructural de alta resistencia WELDOX pueden trabajarse por arranque de viruta con herramientas de acero rápido (HSS) o metal duro (MD). Este folleto proporciona una guía a la elección de la herramienta y datos de corte. También se tratan otros factores que deben considerarse en todo trabajo de mecanizado. Esta guía ha sido obtenida a través de ensayos propios con herramientas de distinta concepción y origen y en cooperación con fabricantes líderes en herramientas.

PROPIEDADES TÍPICAS DE LAS CHAPAS WELDOX Y HARDOX

	WELDOX 420 / 460	WELDOX 500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500
Carga de rotura, R_m [N/mm ²]	~ 550	~ 620	~ 860	~ 1040	~ 1350	~ 1250	~ 1400	~ 1550
Dureza [HBW]	~ 180	~ 200	~ 260	~ 320	~ 430	~ 400	~ 450	~ 500

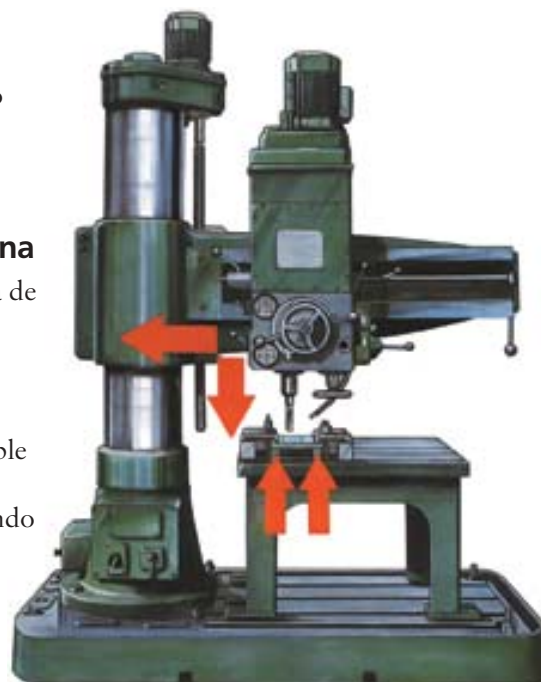
Taladrado

El taladrado puede efectuarse con brocas de acero rápido o de metal duro. La elección de la broca dependerá del tipo de máquina disponible y la rigidez de la misma.

Trabajos en taladradoras radiales o de columna

Con el fin de minimizar las vibraciones y aumentar la vida de la broca recomendamos:

- Minimizar la distancia entre la broca y la columna
- Evitar el uso de bridas/placas de fijación de madera
- Fijar rígidamente la pieza y taladrar lo más cerca posible de las bridas de fijación.
- Minimizar el brazo de palanca sobre la broca, utilizando brocas cortas y husillos portabrocas cortos.
- Poco antes de que la broca atravesara totalmente el espesor a taladrar, desacoplar el avance, durante aproximadamente 1 segundo. Esta precaución neutralizará los juegos/huelgos y el retorno elástico de la máquina que podrían deteriorar la broca. Reacoplar el avance apenas los juegos y el retorno elástico hayan sido absorbidos.
- Utilizar abundantemente líquido de corte.



HSS
HSS-E
HSS-Co

Para el taladrado de pocos agujeros pueden utilizarse brocas de HSS. Para producción en serie se recomiendan brocas microaleadas (HSS-E) o al cobalto (HSS-Co)



HSS-Co

Utilizar brocas HSS-Co (8% Co) con ángulo de espiral pequeño y núcleo robusto, que soporta elevados momentos torsores.

	WELDOX 420 / 460	WELDOX 500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500
v_c [m/min]	~ 26	~ 22	~ 18	~ 15	~ 7	~ 9	~ 7	~ 5
D [mm]	Avance, f [mm/revolución] / r.p.m, n [revoluciones/min]							
5	0,14 / 1700	0,12 / 1520	0,10 / 1150	0,10 / 950	0,05 / 445	0,05 / 570	0,05 / 445	0,05 / 320
10	0,17 / 860	0,15 / 760	0,10 / 575	0,10 / 475	0,09 / 220	0,10 / 290	0,09 / 220	0,08 / 130
15	0,18 / 570	0,17 / 500	0,16 / 400	0,16 / 325	0,15 / 150	0,16 / 190	0,15 / 150	0,13 / 85
20	0,28 / 430	0,26 / 380	0,23 / 300	0,23 / 235	0,20 / 110	0,23 / 150	0,20 / 110	0,18 / 65
25	0,30 / 340	0,30 / 300	0,30 / 240	0,30 / 195	0,25 / 90	0,30 / 110	0,25 / 90	0,22 / 50
30	0,38 / 280	0,36 / 250	0,35 / 200	0,35 / 165	0,30 / 75	0,35 / 90	0,30 / 75	0,25 / 45

Trabajos en máquinas intrínsecamente rígidas como mandrinadoras o fresadoras de lecho plano

En máquinas modernas y rígidas deben aprovecharse las ventajas de mayor productividad ofrecidas por las brocas de metal duro.

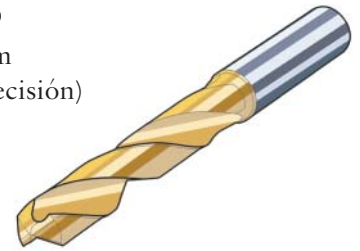
Existen tres tipos principales de brocas con filos de corte de metal duro. La elección del tipo de broca depende de la rigidez de la máquina herramienta, de la fijación de la pieza, del diámetro del agujero y su tolerancia. Utilizar brocas lo más cortas posible.

Líquido de corte/emulsión

- Utilizar líquido de corte/emulsión indicado para taladrado.
- Valor guía para taladrado con brocas con canales de refrigeración internos:
Caudal de líquido de corte [l/min]
≈ Diámetro del agujero [mm]

Brocas macizas de metal duro

- Diámetros a partir de ~ 3 mm
- Tolerancias estrechas (alta precisión)
- Reafilables
- Frágiles en presencia de vibraciones



Brocas con plaquitas de metal duro soldadas

- Diámetros a partir de ~ 10 mm
- Tolerancias estrechas (alta precisión)
- Reafilables
- Menos frágiles que las de MD macizas, en presencia de vibraciones



Brocas con plaquitas de fijación mecánica

- Diámetros a partir de ~ 12 mm
- Alta productividad
- Tolerancias mayores que en los dos casos anteriores (menor precisión)
- Buena economía de producción



	WELDOX 420 / 460	WELDOX 500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500	
Velocidad de corte, v_c [m/min] y Avance, f [mm/rev]									
Metal duro, maciza	v_c	50-70	50-70	50-70	40-50	30-40	35-45	30-40	25-35
	f	0,1-0,2	0,1-0,2	0,10-0,18	0,10-0,18	0,10-0,15	0,10-0,15	0,10-0,15	0,08-0,12
Metal duro, soldadas	v_c	50-70	40-60	40-60	40-60	30-40	35-45	30-40	20-30
	f	0,12-0,20	0,12-0,20	0,12-0,18	0,12-0,18	0,10-0,15	0,10-0,15	0,10-0,15	0,08-0,12
De fijación mecánica	v_c	160-180	110-130	100-120	70-90	50-70	60-80	50-70	40-60
	f	0,1-0,2	0,1-0,2	0,10-0,18	0,10-0,18	0,06-0,14	0,06-0,14	0,06-0,14	0,06-0,12

Si el diámetro de la broca es pequeño, elegir un valor de avance bajo, dentro del intervalo dado.

Así se calcula el número de r.p.m. a partir de la velocidad de corte :

Ejemplo para diámetro de broca $D = 15$ mm y velocidad de corte $v_c = 80$ m/min

$$\text{r.p.m., } n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D} = \frac{80 \times 1000}{3,14 \times 15} = 1698 \approx 1700 \text{ r.p.m.}$$

Fórmulas:

$$v_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D}$$

$$v_f = f \times n$$

- v_c = velocidad de corte [m/min]
- D = diámetro del agujero [mm]
- n = número de revoluciones por minuto [r.p.m.]
- $\pi = 3,14$
- v_f = avance [mm/min]
- f = avance [mm/revolución]

Taladrado (cont.)

En caso de problemas ...

- Punta de broca deformada, acero rápido
- Punta de broca deformada, metal duro
- Desgaste del borde externo de la broca
- Diám. del agujero mayor/menor que el nominal
- La viruta obstruye los canales de refriger. de la broca
- Vibraciones
- Pequeñas fracturas en el filo de corte
- Agujeros no simétrico
- Vida útil muy corta, broca de acero rápido
- Vida útil muy corta, broca de metal duro

Medidas correctivas y soluciones ▲

- Modificar el ajuste de la broca.
- Aumentar caudal del líq. de corte, limpiar filtro y la boca de entrada del líq. de corte en la broca.
- Elegir un material más tenaz - ver fig. en pág. 8.
- Disminuir el avance.
- Aumentar el avance.
- Mejorar la rigidez mediante una sujeción más fuerte y brazos de palanca más cortos.
- Verificar los valores guía de datos de corte.
- Controlar si se están utilizando las calidades adecuadas de HSS o MD.
- Aumentar la velocidad de corte.
- Disminuir la velocidad de corte.

Avellanado

El avellanado plano y el cónico se efectúan mejor con herramientas con plaquitas intercambiables de metal duro, dotadas de guía piloto giratoria. Utilizar líquido de corte.

Herramienta para avellanado plano con guía piloto giratoria.



Herramienta para avellanado cónico con guía piloto giratoria.



IMPORTANTE

1. Disminuir los valores de datos de corte de 30% en caso de avellanado cónico.
2. Utilizar guía piloto giratoria.

	WELDOX 420 / 460	WELDOX 500 ¹	WELDOX 700 ¹	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500
v_c [m/min]	90–140 ²	80–120 ²	70–100 ²	40–65 ²	20–50 ²	25–70 ²	20–50 ²	17–50 ²
Avance, f [mm/rev]	0,10–0,20	0,10–0,20	0,10–0,20	0,10–0,20	0,10–0,20	0,10–0,20	0,10–0,20	0,10–0,20
D [mm]	Número de revoluciones por minuto, n [r.p.m.]							
19	1510–2345	1340–2010	1175–1675	670–1090	335–840	420–1175	335–840	285–840
24	1195–1860	1060–1590	930–1325	530–865	265–665	330–930	265–665	225–665
34	845–1310	750–1125	655–935	375–610	185–470	235–655	185–470	160–470
42	680–1060	605–910	530–760	300–495	150–380	190–530	150–380	130–380
57	505–780	445–670	390–560	225–365	110–280	140–390	110–280	95–280

- 1) En caso de problema para romper la viruta, avellanar 2 mm por vez.
- 2) En máquinas de baja potencia, elegir la velocidad de corte entre los valores inferiores del intervalo.

Las herramientas de acero rápido para avellanado cónico, de tres filos y con guía piloto giratoria, pueden utilizarse para las calidades de acero WELDOX abajo indicadas. Se requiere abundante líquido de corte.

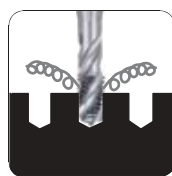
		WELDOX 420 / 460	WELDOX 500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960
v_c [m/min]		~12	~10	~8	~7
D [mm]	Avance f [mm/rev]	Número de revoluciones por minuto, n [r.p.m.]			
15	0,05–0,20	250	210	170	150
19	0,05–0,20	200	170	130	120
24	0,07–0,30	160	130	100	90
34	0,07–0,30	110	90	70	70
42	0,07–0,30	90	60	60	50
57	0,07–0,30	70	60	40	40



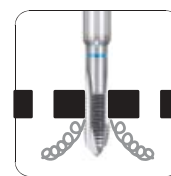
Roscado

Con la herramienta de roscado adecuada se puede roscar en todas las calidades de aceros HARDOX y WELDOX. Se recomiendan machos de 4 filos, los cuales soportan los elevados momentos de torsión originados durante el roscado de materiales duros. Para el roscado de HARDOX y WELDOX se recomienda usar aceite o grasa para roscado. Para los aceros más blandos, WELDOX 420, WELDOX 460 y WELDOX 500, puede también utilizarse aceite emulsionado.

En aplicaciones en que la resistencia de la rosca no es un factor esencial, se puede taladrar un agujero un poco más grande (3%) que el estándar y de este modo disminuir los esfuerzos en el macho de roscar. Esta precaución aumenta la vida útil del macho de roscar, especialmente en el roscado de HARDOX y de WELDOX 1100.



Macho de roscar para agujero ciego



Macho de roscar para agujero pasante

IMPORTANTE

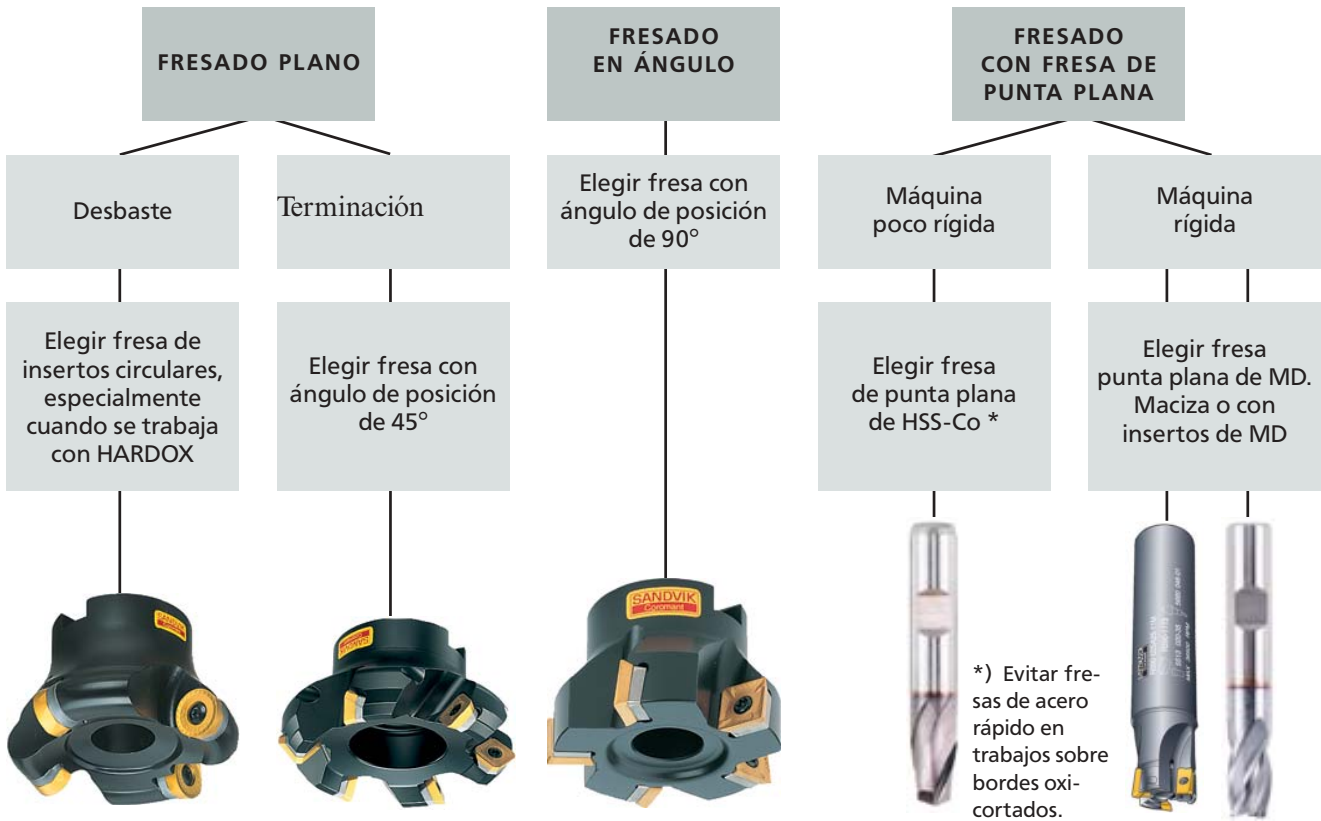
1. En caso de machos sin recubrimiento, los datos de corte dados deben reducirse de un 30%.
2. Si se efectúa el roscado en una máquina de control numérico, se podrá obtener la rosca por fresado.

	HSS recubierto conTiN	HSS-Co (HSS-E) recubierto conTiN o TiCN		HSS-Co (HSS-E) recubiertoTiCN			
	WELDOX 420/460/500	WELDOX 700	WELDOX 900 / 960	WELDOX 1100	HARDOX 400	HARDOX 450	HARDOX 500
v_c [m/min]	15	10	8	3	5	3	2.5
Dimensión	Número de revoluciones por minuto, n [r.p.m.]						
M10	475	320	255	95	160	95	80
M12	395	265	210	80	130	80	65
M16	300	200	160	60	100	60	50
M20	235	160	125	45	80	45	40
M24	200	130	105	40	65	40	30
M30	160	105	85	32	50	32	25
M42	110	75	60	22	35	22	20

Fresado

ELECCIÓN DEL MÉTODO Y HERRAMIENTA DE FRESADO

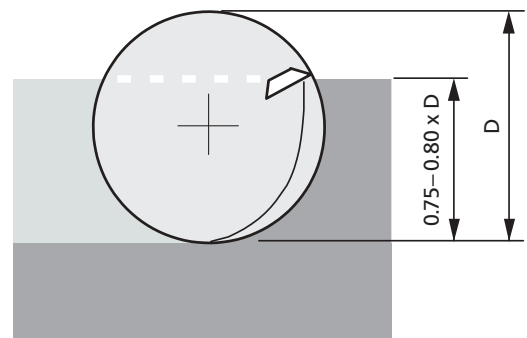
Para una producción en serie se recomienda fresar con plaquitas (insertos) de metal duro



*) Evitar fresas de acero rápido en trabajos sobre bordes oxycortados.

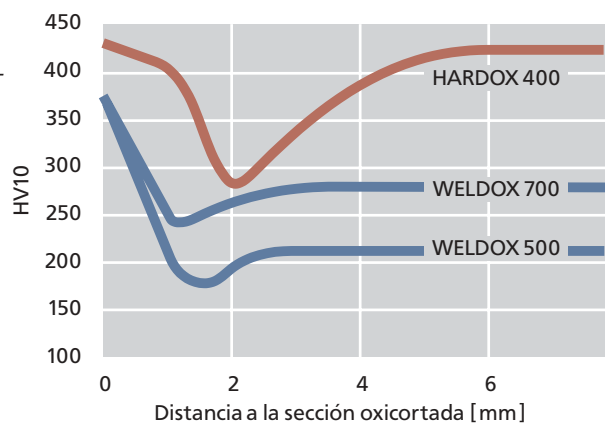
Consideraciones a tener en cuenta en trabajos de fresado :

- Sujetar rígidamente la pieza.
- En caso de máquina de baja potencia, utilizar fresas con dientes bien separados.
- Evitar en lo posible el uso de cabezal universal, dado que ésta debilita la sujeción de la herramienta y la transmisión de potencia.
- En caso de fresado plano, el ancho de la zona trabajada deberá ser de 75-80% del diámetro de la fresa (ver figura a la derecha).
- En caso de fresado plano de superficies de ancho inferior al diámetro de la fresa, ésta debe posicionarse excéntrica, para que el mayor número de dientes corte simultáneamente.
- En el fresado de un borde oxycortado, la profundidad de corte deberá ser por lo menos de 2 mm para evitar la capa superficial dura del borde /ver figura).



Ancho de trabajo recomendado en caso de fresado plano

Distribución de dureza en borde oxycortado (en aire)



	FRESADO PLANO				FRESADO CON FRESA DE PUNTA PLANA			
	MD recubierto		Cermet	MD recub.	Metal Duro		HSS-Co	
Tipo de material de la herramienta	P40 / C5	P25 / C6	P20 / C6-C7	K20 / C2	K10 / C3- no recubierto	K10 / C3- recubierto	P10 / C7- fij. mecánica	TiCN- recubierto
Rigidez máquina	baja	media	alta	alta	alta	alta	alta	baja
Avance (f_z)	0,1 – 0,2 – 0,3	0,1 – 0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2	0,02 – 0,10	0,02 – 0,20	0,05 – 0,15	0,03 – 0,09
Calidad de chapa	Velocidad de corte, v_c [m/min]							
WELDOX 420/460	220–180–120	250–210–180	350–280	–	130	210	220–180	60
WELDOX 500	220–180–120	250–210–180	350–280	–	125	210	220–180	50
WELDOX 700	195–150–95	220–180–150	240–200	–	100	180	195–150	40
WELDOX 900/960	95–75–50	200–160–130	220–170	–	90	130	140–120	18
WELDOX 1100	–	150–120–110	150–120	–	90	100	110–90	18
HARDOX 400	–	150–120–110	150–120	–	90	100	110–90	18
HARDOX 450	–	150–120–110	150–120	–	90	100	110–90	18
HARDOX 500	–	120–100	120–100	120–100	50	80	90–70	–

A un aumento del avance deberá corresponder una disminución de la velocidad de corte.

Fórmulas :

$$v_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D}$$

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z}$$

$$v_f = f_z \times n \times z$$

v_c = velocidad de corte [m/min]

D = diámetro de la fresa [mm]

n = revoluciones por minuto [r.p.m.]

π = 3,14

v_f = avance [mm/min]

f_z = avance por diente [mm/diente]

z = número de dientes de la fresa

En caso de problemas ...

Desgaste del labio de corte
 Formación de entallas aisladas en el labio de corte
 Formación de cráter/concavidad en el labio de corte
 Deformación plástica
 Recrecimiento del filo de corte sobre sí mismo
 Fisuras con forma de "peine"
 Pequeñas fracturas en el filo de corte
 Rotura del filo de corte
 Vibraciones
 Baja calidad de acabado (terminación)
 Vida útil muy corta, fresas de HSS-Co

Medidas correctivas y soluciones ▲

Disminuir la velocidad de corte.
 Aumentar la velocidad de corte.
 Disminuir el avance por diente.
 Aumentar el avance por diente.
 Elegir una calidad de MD de mayor resistencia al desgaste (ver fig. en pág. 8).
 Elegir una calidad de MD más tenaz (ver fig. en pág. 8).
 Utilizar una fresa de dientes bien distanciados.
 Variar el ancho de la superficie trabajada por la fresa.
 Evitar el uso de líquido de corte.
 Pasar de una fresa de HSS-Co a una de MD maciza.
 Controlar la fijación de la fresa.

Torneado

Los datos de corte indicados abajo se aplican a calidades de metal duro tenaces, que se requieren para trabajos en que la herramienta recibe impactos, por ej. en el torneado de bordes oxycortados.

Calidad de MD	P25 / C6	P35 / C6-C5	K20 / C2
Avance, f_n [mm / rev]	0,1–0,4–0,8	0,1–0,4–0,8	0,1–0,3
	Velocidad de corte, v_c [m / min]		
WELDOX 420/460	450–300–210	285–175–130	–
WELDOX 500	450–300–210	285–175–130	–
WELDOX 700	285–195–145	230–150–100	–
WELDOX 900/960	130–90–70	105–65–45	–
WELDOX 1100	130–90–70	105–65–45	–
HARDOX 400	130–90–70	105–65–45	–
HARDOX 450	130–90–70	105–65–45	–
HARDOX 500	–	–	100–80

Fórmulas:

$$v_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

v_c = velocidad de corte [m/min]
D = diámetro de la pieza [mm]

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D}$$

n = revoluciones por minuto [r.p.m.]

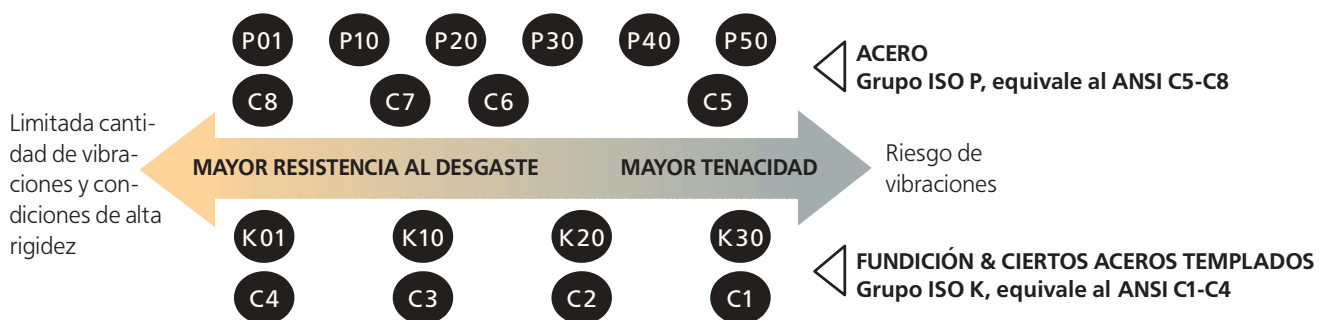
$$v_f = f_n \times n$$

$\pi = 3,14$
 v_f = avance [mm/min]

f_n = avance [mm/rev]

A un aumento del avance deberá corresponder una disminución de la velocidad de corte.

Materiales para herramientas / Calidades de metal duro



Este folleto ha sido elaborado en cooperación con Sandvik Coromant AB y Dormer Tools AB. La empresa Granlund Tools AB ha contribuido con material gráfico y datos de corte de la sección avellanado.

Contacte con nuestra división de Servicio Técnico Clientes para mayor información.

El folleto *Mecanizado* forma parte de una serie de impresos que dan recomendaciones e instrucciones sobre cómo trabajar con las chapas HARDOX y WELDOX. Los demás folletos son *Soldadura* y *Plegado*. Solicítelos a nuestra división de Market Communication.

