

Uddeholm

Caldie®

© UDDEHOLMS AB

Queda prohibida la reproducción total o parcial, así como la transferencia de esta publicación con fines comerciales sin el permiso del titular del copyright.

CALDIE® es una marca registrada en la Unión Europea.

Esta información se basa en nuestro presente estado de conocimientos y está dirigida a proporcionar información general sobre nuestros productos y su utilización. No deberá por tanto ser tomada como garantía de unas propiedades específicas de los productos descritos o una garantía para un propósito concreto.

Clasificado de acuerdo con la Directiva 1999/45/EC.

Para más información, consultar nuestras «Hojas informativas de Seguridad del Material».

Edición: 4, 03.2016



INFORMACIÓN GENERAL

Uddeholm Uddeholm Caldíe es un acero para utillajes aleado al cromo- molibdeno-vanadio que se caracteriza por:

- Muy buena resistencia a las melladuras y roturas
- Buena resistencia al desgaste
- Alta dureza (> 60 HRC) después de revenido a alta temperatura
- Buena estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico y en servicio
- Excelentes propiedades de temple
- Buena aptitud de mecanizado y rectificado
- Excelente pulibilidad
- Buenas propiedades para recibir tratamientos de superficie
- Buena resistencia contra la pérdida de dureza durante el trabajo
- Buenas propiedades para realizar electro-erosión por hilo

Análisis típico %	C 0,7	Si 0,2	Mn 0,5	Cr 5,0	Mo 2,3	V 0,5
Especificación standard	No tiene					
Estado de suministro	Recocido blando a max. 215 HB					
Código de color	Blanco / Gris					

APLICACIONES

Uddeholm Caldíe es un acero adecuado para series de producción medias y cortas donde las melladuras y/o las roturas sean el mecanismo de fallo dominante y donde se requiera una alta resistencia a la compresión, (dureza por encima de los 60 HRC). Ello hace que Uddeholm Caldíe sea un excelente solucionador de problemas en aplicaciones severas de trabajo en frío, donde la combinación de una dureza por encima de los 60 HRC, y una alta resistencia a las roturas sean de vital importancia, como por ejemplo en procesos de corte y conformado de chapa de alto límite elástico.

Uddeholm Caldíe es también muy adecuado como acero sustrato para aplicaciones donde se requiera aplicar recubrimientos de superficie.

Algunos ejemplos:

APLICACIONES DE TRABAJO EN FRÍO

- Aplicaciones de estampación donde se requiera alta ductilidad y tenacidad para prevenir melladuras / roturas
- Forjado en frío y operaciones de conformado donde sea necesaria una combinación de alta resistencia a la compresión y una buena resistencia a las melladuras / roturas.
- Cuchillas para maquinaria
- Matrices para peines de roscar
- Substrato para recubrimientos de superficie

APLICACIONES DE UDDEHOLM COMPONENT BUSINESS

- Aplicaciones de ingeniería donde se requiera alta ductilidad y tenacidad para prevenir melladuras / roturas. Las cuchillas de fragmentación de plásticos y metales y los rodillos de conformación por laminación son buenos ejemplos.

PROPIEDADES

Las propiedades a continuación son representativas de muestras que han sido tomadas del centro de las barras y de dimensiones 203 x 80 mm y Ø 102 mm.

A menos que se indique lo contrario, todas las probetas han sido templadas a 1025°C, enfriadas en gas en horno de vacío y revenidas dos veces a 525°C durante 2 h. a 60–61 HRC.

PROPIEDADES FÍSICAS

Material templado y revenido a 60–61 HRC

Temperatura	20°C	200°C	400°C
Densidad kg/m ³	7 820	–	–
Módulo de elasticidad MPa	213 000	192 000	180 000
Coefficiente de expansión térmica par °C a partir de 20°C	–	11,6 x 10 ⁻⁶	12,4 x 10 ⁻⁶
Conductividad térmica W/m °C	–	24	28
Calor específico J/kg °C	460	–	–

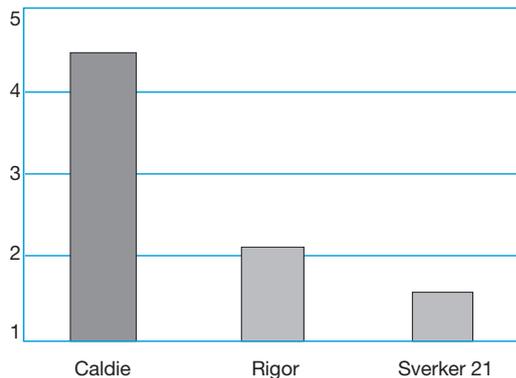
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión aproximada frente a dureza se muestra en la tabla a continuación.

Dureza HRC	Resistencia a la compresión Rc0,2 (MPa)
58	2230
60	2350
61	2430

RESISTENCIA A LAS MELLADURAS

Resistencia a las melladuras relativa para Uddeholm Caldie, Uddeholm Rigor y Uddeholm Sverker 21.



TRATAMIENTO TÉRMICO

RECOCIDO BLANDO

Proteger el acero y calentar en toda su masa hasta alcanzar los 820°C. Luego enfriar en horno a 10°C por hora hasta alcanzar los 650°C, después libremente al aire.

LIBERACIÓN DE TENSIONES – ESTABILIZADO

Una vez realizado el mecanizado de desbaste el utillaje deberá calentarse en toda su masa a 650°C, tiempo de mantenimiento 2 horas. Enfriar lentamente hasta alcanzar los 500°C, luego libremente al aire.

TEMPLE

Temperatura de precalentamiento: 600–650°C y 850–900°C durante el temple. En caso de dimensiones grandes (>150 mm sección transversal) una tercera etapa de precalentamiento a 930°C es recomendada.

Temperatura de austenización: 1000–1050°C, normalmente 1020°C, en caso de dimensiones grandes (>150 mm sección transversal) 1000°C.

Tiempo de mantenimiento: 30 minutos después de calentar la herramienta completamente.

Nota: Tiempo de mantenimiento = tiempo a temperatura de temple tras haberse calentado totalmente el utillaje. Un tiempo de mantenimiento inferior al recomendado provocará la pérdida de dureza.

Se protegerá la pieza contra la decarburación y la oxidación durante el proceso de temple.

Encontrará más información en el folleto de Uddeholm «Heat treatment of tool steels» (Tratamiento térmico de aceros para utillajes).

MEDIOS DE ENFRIAMIENTO

- Vacío (gas a alta velocidad con suficiente presión positiva mínima de 2 bares)
- Baño de martemple, o lecho fluidizado a 200–550°C
- Aire/gas forzado

Nota: Revenir el utillaje tan pronto como su temperatura alcance los 50–70°C.

Para obtener las propiedades óptimas para el utillaje, la velocidad de enfriamiento debe ser lo más alta posible dentro de los límites de distorsión aceptables.

Una velocidad de enfriamiento lenta producirá la pérdida de dureza en comparación con las curvas de revenido facilitadas.

El martemple debe ir seguido de enfriamiento por aire forzado si el espesor de la pared supera los 50 mm.

REVENIDO

La temperatura de revenido puede seleccionarse de acuerdo con la dureza requerida empleando como guía el gráfico de revenido. Realice el proceso de revenido al menos dos veces con un enfriamiento intermedio hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Para conseguir la máxima ductilidad y estabilidad dimensional, se recomienda encarecidamente una temperatura mínima de 540°C y tres revenidos.

El revenido a una temperatura inferior a 540°C puede aumentar la dureza y la resistencia hasta cierto punto, pero también afectará a la resistencia a las grietas y a la estabilidad dimensional. Sin embargo, si se baja la temperatura de revenido, no se debe revenir por debajo de 520°C.

Si se realizan dos revenidos, el tiempo de mantenimiento mínimo a temperatura es de 2 horas. Si se realizan tres revenidos, el tiempo de mantenimiento mínimo es de 1 hora.

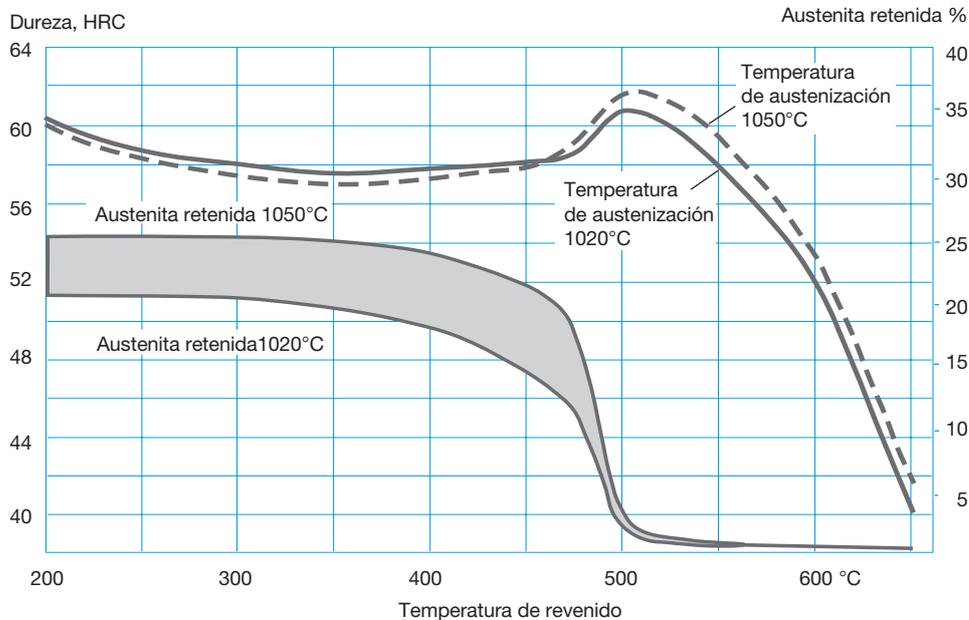
TABLA DE REVENIDO

Temp. temple	Temperatura revenido		
	540°C	550°C	560°C
1000°C*	57-59 HRC	56-58 HRC	54-56 HRC
1020°C	58-60 HRC	57-59 HRC	55-57 HRC
1050°C	59-61 HRC	58-60 HRC	56-58 HRC

Para alta estabilidad dimensional se debe aplicar min. 540°C y 3 x 1 h.

*Temp. temple deberá ser 1000°C para secciones transversales >150 mm espesor.

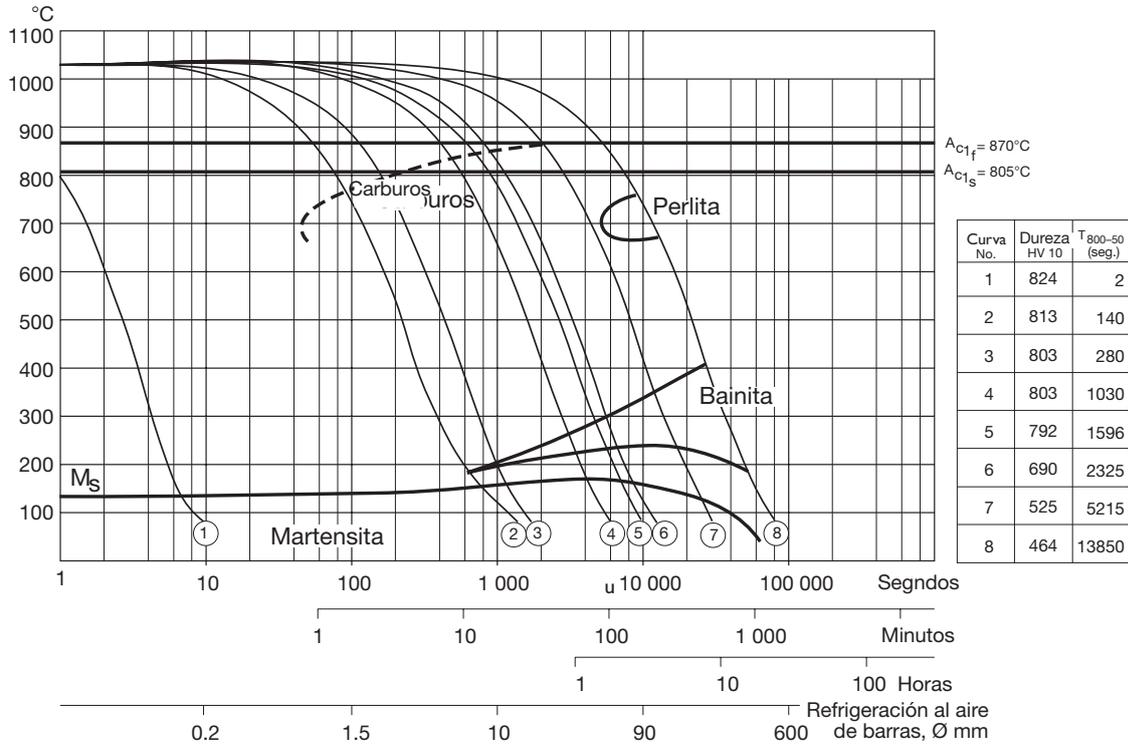
GRÁFICO DE REVENIDO



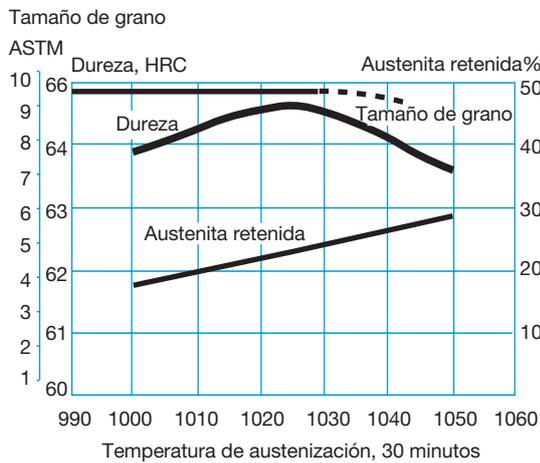
Acerca de las curvas de revenido están obtenidas tras el tratamiento térmico de probetas de tamaño de 15x15x40 mm. enfriadas mediante aire forzado ($T_{800-500} = 300$ sec.). Bajas durezas pueden ser encontrar tras el tratamiento térmico de moldes y matrices debido a dos factores como el tamaño de la herramienta y/o los parámetros del tratamiento térmico.

GRÁFICO CCT

Temperatura de austenización 1025°C. Tiempo de mantenimiento 30 minutos.



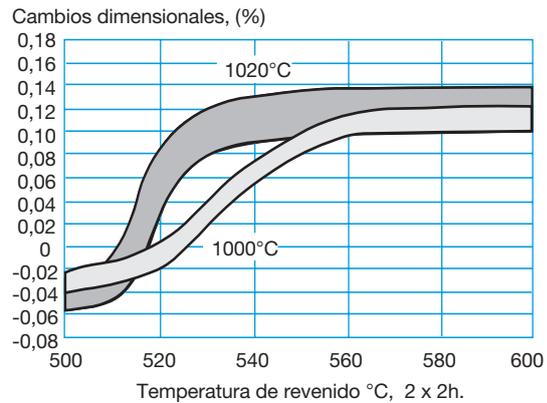
DUREZA, TAMAÑO DE GRANO Y AUSTENITA RETENIDA, EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DE AUSTENIZACIÓN



CAMBIOS DIMENSIONALES

Los cambios dimensionales han sido medidos después de la austenización a 1000°C durante 30 minutos y 1020°C durante 30 minutos, seguido por enfriamiento en gas N₂ a 1,1°C/s entre 800–500°C en cámara de vacío en frío.

Tamaño de la probeta: 100 x 100 x 100 mm. Los valores para todas las direcciones se encuentran dentro de las áreas señaladas.



TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE

A fin de reducir la fricción en incrementar la resistencia al desgaste, pueden aplicarse tratamientos de superficie a los aceros para utillajes. Los tratamientos más utilizados son la nitruración y el recubrimiento de superficie con capas resistentes al desgaste, producidas mediante PVD o CVD.

La alta dureza y tenacidad, juntamente con una buena estabilidad dimensional, hacen que Uddeholm Cladie sea un acero adecuado como sustrato para recibir distintos tipos de recubrimientos de superficie.

NITRURACIÓN Y NITROCARBURACIÓN

La nitruración y la nitrocarburation resultan en una capa dura en la superficie, que es muy resistente al desgaste y a las melladuras.

La dureza de la superficie después de realizada la nitrocarburation es de aproximadamente de 1000–1200 HV_{0,2 kg}. El espesor de la capa deberá seleccionarse según la aplicación en cuestión.

PVD

La deposición física de vapor, PVD, es un método por el que se aplica un recubrimiento resistente al desgaste a temperaturas entre 200–500°C

CVD

La deposición química de vapor, CVD, se utiliza para aplicar recubrimientos resistentes al desgaste a temperaturas alrededor de los 1000°C.

RECOMENDACIONES DE MECANIZADO

Los parámetros de corte de los cuales informamos a continuación, deberán considerarse como valores guía, que deberán adaptarse a las condiciones locales existentes.

Condición: Recocido blando, max. a 215 HB

TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con herramientas de metal duro		Con herramientas de acero rápido Torneado de acabado
	Torneado de desbaste	Torneado de acabado	
Velocidad de corte (v_c) m/min.	140–190	190–240	15–20
Avance (f) mm/r	0,2–0,4	0,05–0,2	0,05–0,3
Profundidad de corte (a_p), mm	2–4	0,5–2	0,5–3
Designación broca ISO	P20–P30 Carburo revestido	P10 Carburo revestido ó cementado	

TALADRADO

TALADRADO CON BROCAS ESPIRALES DE ACERO RÁPIDO

Diámetro de la broca mm	Velocidad de corte (v_c) m/min.	Avance (f) mm/r
– 5	15–20*	0,05–0,10
5–10	15–20*	0,10–0,20
10–15	15–20*	0,20–0,30
15–20	15–20*	0,30–0,35

¹⁾ Para brocas de acero rápido con recubrimiento $v_c = 35–40$ m/min.

TALADRADO CON BROCAS DE METAL DURO

Parámetros de corte	Tipo de broca		
	Metal duro insertado	Metal duro sólido	Broca con refrigeración ¹⁾
Velocidad de corte (v_c) m/min.	160–200	110–140	60–90
Avance (f) mm/r	0,05–0,15 ²⁾	0,08–0,20 ³⁾	0,15–0,25 ⁴⁾

¹⁾ Broca con punta reemplazable o de carburo soldada

²⁾ Avance diámetro de la broca 20–40 mm

³⁾ Avance diámetro de la broca 5–20 mm

⁴⁾ Avance diámetro de la broca 10–20 mm

FRESADO

FRESADO FRONTAL Y AXIAL

Parámetros de corte	Fresado con herramientas de metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado fino
Velocidad de corte (v_c) m/min.	130–160	160–200
Avance (f_z), mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2
Profundidad de corte (a_p) mm	2–4	0,5–2
Designación broca ISO	P20–P40 Carburo revestido	P10–20 Carburo revestido ó cementado

FRESADO DE ACABADO

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro	Metal duro Insertado	Acero rápido
Velocidad de corte (v_c), m/min.	110–140	100–140	18–23 ¹⁾
Avance (f_z) mm/diente	0,01–0,20 ²⁾	0,06–0,20 ²⁾	0,01–0,30 ²⁾
Designación broca ISO	–	P20–P30	–

¹⁾ Para fresas de acero rápido con recubrimiento
 $v_c = 32–38$ m/min.

²⁾ Dependiendo de la profundidad radial y diámetro de corte

RECTIFICADO

A continuación ofrecemos unas recomendaciones generales de rectificado. Pueden obtener más información en la publicación de Uddeholm «Rectificado de Acero para Utilajes».

RECOMENDACIONES SOBRE EL TIPO DE MUELA

Tipo de rectificado	Estado recocido blando	Condición templada
Rectificado frontal muela plana	A 46 HV	A 46 HV
Rectificado frontal por segmentos	A 24 GV	A 36 GV
Rectificado cilíndrico	A 60 KV	A 60 KV
Rectificado interno	A 46 JV	A 60 IV
Rectificado de perfil	A 100 KV	A 120 JV

MECANIZADO POR ELECTROEROSIÓN

— EDM

Si se realiza el mecanizado por electroerosión en condición de temple y revenido, acabar con una «electroerosión fina», es decir a baja corriente y alta frecuencia.

Para obtener un rendimiento óptimo, la superficie electroerosionada deberá rectificarse / pulirse, y el utillaje revenirse de nuevo aproximadamente 25°C por debajo de la temperatura original de revenido.

Pueden obtener información adicional en la publicación de Uddeholm «Mecanizado por electroerosión de aceros para utilajes»

SOLDADURA

Puede realizarse soldadura obteniendo buenos resultados, siempre y cuando se tomen las precauciones adecuadas. Precauciones como preparación de la junta, selección del material de aportación, precalentamiento del utillaje, enfriamiento controlado del utillaje y procesos de tratamiento térmico posteriores a la soldadura. La guía a continuación resume los parámetros más importantes en el proceso de soldadura.

Para obtener información más detallada consulte el catálogo de Uddeholm «Soldadura de acero para utilajes».

Método de soldadura	TIG	MMA
Temperatura de precalentamiento	200–250°C	200–250°C
Material de aportación (consumibles)	Caldie TIG-Weld UTP A696 UTP ADUR600 UTPA 73G2	Caldie Weld UTP 69 UTP 67S UTP 73G2
Temperatura máxima entre pasadas	400°C	400°C
Enfriamiento después de soldadura	20–40°C/h durante las 2 primeras horas después de soldadura luego libremente al aire	
Dureza después de soldadura	54–62 HRC	55–62 HRC
<i>Tratamiento térmico después de soldadura</i>		
Condición templada	Revenir a 510°C durante 2 horas	
Estado de recocido blando	Tratar según las «Recomendaciones sobre tratamiento térmico»	

Reparaciones de poca importancia pueden realizarse a temperatura ambiente utilizando el método de soldadura TIG

TEMPLE A LA LLAMA

Utilizar un equipo de oxi-acetileno con capacidad de 800–1250 l/h. Presión de oxígeno 2,5 bar, presión del acetileno 1,5 bar. Ajustar para conseguir una llama neutral.

Temperatura: 980–1020°C. Enfriar libremente al aire.

La dureza en la superficie será de 58–62 HRC y de 41 HRC a una profundidad de 3–3,5 mm.

COMPARACIÓN RELATIVA DE LOS ACEROS PARA UTILLAJES DE UDDEHOLM PARA TRABAJO EN FRÍO

PROPIEDADES DEL MATERIAL Y RESISTENCIA A LOS MECANISMOS DE FALLO

Calidad Uddeholm	Dureza / Resistencia a la deformación plástica	Mecanibilidad	Rectificabilidad	Estabilidad dimensional	Resistencia al desgaste		Resistencia a la fatiga – rotura	
					abrasivo	adhesivo	Ductilidad / Resistencia a las melladuras	Tenacidad / grandes rotura
Arne	██████	████████	████████	█	████	████	██████	██████
Calmax	██████	████████	████████	██████	████	████	████████	████████
Caldie (ESR)	██████	██████	██████	██████	████	██████	████████	████████
Rigor	██████	██████	██████	██████	████	████	██████	██████
Sleipner	██████	██████	██████	██████	██████	██████	██████	██████
Sverker 21	██████	██████	██████	██████	██████	█	█	██████
Sverker 3	██████	█	█	██████	██████	█	█	█
Vanadis 4 Extra*	██████	██████	██████	██████	██████	██████	████████	██████
Vanadis 8*	██████	██████	██████	██████	██████	██████	██████	██████
Vanadis 23*	██████	██████	██████	██████	██████	██████	██████	██████
Vancron 40*	██████	██████	██████	██████	██████	██████	██████	██████

*Acero Uddeholm SuperClean

INFORMACIÓN ADICIONAL

Rogamos contacte con su oficina local de Uddeholm para información más detallada sobre selección, tratamiento térmico, aplicación y disponibilidad de los aceros de Uddeholm.

Uddeholm es líder mundial en el suministro de material para utillajes. Hemos logrado esta posición al mejorar el negocio diario de nuestros clientes. Una larga tradición combinada con una investigación y un desarrollo de producto, dotan a Uddeholm de capacidad para hacer frente a cualquier tipo de problema que pueda surgir con el utillaje. Esta labor presenta grandes retos, pero nuestro objetivo es claro: ser su primer colaborador y suministrador de acero para utillajes.

Nuestra presencia en todos los continentes le garantiza la misma alta calidad allí donde se encuentre. Afianzamos nuestra posición de liderazgo mundial en el suministro de material para utillajes. Para nosotros es una cuestión de confianza, tanto en nuestras relaciones a largo plazo como en el desarrollo de nuevos productos. La confianza es algo que se gana día a día.

Para más información, por favor visite www.acerosuddeholm.com