

# Todo menos superficial:

*Consejos y trucos para conseguir el pulido perfecto*





## Índice

En las siguientes páginas encontrará información importante sobre el pulido y todo lo que debe tener en cuenta al trabajar con diferentes materiales. Además, le mostraremos cómo evitar los errores de pulido más habituales.

<b>Pulido: normas y métodos</b>	<b>Página 3</b>
<b>Acero de construcción a prueba</b>	<b>Página 8</b>
<b>Acero inoxidable a prueba</b>	<b>Página 11</b>
<b>Aluminio a prueba</b>	<b>Página 14</b>
<b>Cómo evitar errores de pulido</b>	<b>Página 17</b>



# PULIDO

El pulido es el rectificado de precisión en los procedimientos de rectificado. A primera vista, parece un procedimiento de mecanizado de precisión sin huellas. Gracias a sus muchos años de experiencia como profesional, sabe que el pulido consiste principalmente

en aumentar la zona de contacto técnica de los componentes o en reducir la profundidad de rugosidad por razones higiénicas. El brillo es un efecto secundario, pero que desempeña un papel importante, especialmente en los moldes de fundición inyectada.

# Para que nada se quede pegado.

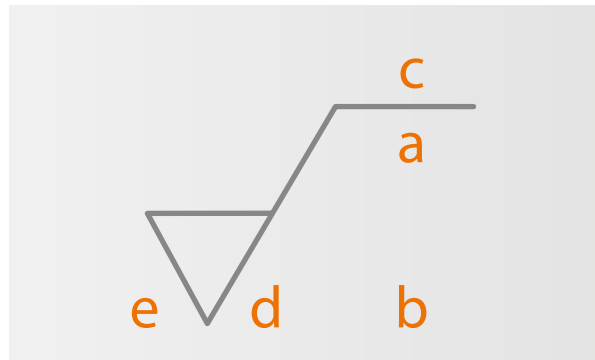
## Un vistazo a la superficie individual del material.

Las propiedades de las piezas y de los componentes, tanto estéticas como funcionales, se definen en gran medida por la calidad de la superficie del material.

Las propiedades de la superficie ya influyen durante la fabricación de los componentes en el proceso de producción. En este sentido, son relevantes los índices de rugosidad, la humectabilidad de la superficie con grasas, aceites, agua o pinturas, la adherencia de los recubrimientos o las cuestiones relativas al proceso posterior de unión. La posibilidad de soldar o pegar depende también del material y de las propiedades específicas de su superficie.

En los dibujos técnicos, la información relevante sobre la rugosidad de la superficie se representa con un símbolo [fig. 1]. Por ejemplo, se puede introducir información sobre el valor de rugosidad en  $\mu\text{m}$  (a), información sobre las características de la superficie (b), información sobre el proceso de fabricación o

del tratamiento de la superficie o el recubrimiento (c), detalles sobre las características de la superficie con respecto a las ranuras y la dirección de las ranuras (d) y, por último, información sobre las creces para mecanizado en mm (e).



[Figura 1]  
Símbolo de las superficies con información adicional.

## Cada sector requiere una calidad: componentes y sus requisitos específicos

Después de fabricar un componente, su superficie determina las propiedades específicas, como la resistencia a la corrosión, el comportamiento de desgaste, la resistencia al contacto eléctrico, el efecto catalítico y, no hay que olvidar, los aspectos ópticos como la reflexión, el brillo o el color.

Por ejemplo, los fabricantes industriales de microelectrónica/tecnología de microsistemas, del sector

de la óptica y de la tecnología médica tienen que cumplir unos requisitos muy altos en cuanto a superficies perfectas. Lo mismo ocurre con los fabricantes de maquinaria e instalaciones que suministran a las empresas farmacéuticas o los proveedores de la industria del automóvil, por comentar algunos casos. Para todos ellos, existen también normas y reglamentos específicos del sector que hay que cumplir en materia de "superficies".

## Normas y reglamentos: protección para el fabricante y el consumidor

La norma más importante actualmente es la ISO 1302, que regula la calidad de la superficie de la pieza de trabajo. Además, hay otros reglamentos que son vinculantes para el entorno de Life Science, especialmente para la producción de alimentos y la fabricación de medicamentos. Este reglamento, conocido también bajo el concepto genérico Hygienic Design, se aplica a todos los fabricantes de maquinaria e instalaciones y a sus proveedores. Ya es decisivo en la primera fase del ciclo de vida de un componente: en la selección de material.

La rugosidad es un aspecto central de todas las regulaciones que está directamente relacionado con las propiedades de la superficie. A su vez, se especi-

fica a través de las magnitudes de la profundidad de rugosidad, de la profundidad de rugosidad media y el llamado valor de rugosidad medio. La medida estándar de todas las magnitudes es el micrómetro [ $\mu\text{m}$ ]. La profundidad de rugosidad es el valor máximo medido a partir de un perfil de referencia y un perfil de base.

Si se observa una superficie en el microscopio, se pueden ver puntas y valles. El llamado perfil de referencia es el pico de mayor elevación en una superficie. El perfil de base es el valle. La profundidad de rugosidad es el valor máximo entre la elevación y el valle.

**Datos interesantes:** La profundidad de rugosidad se abrevia como "Rt" según la ISO 1302. La profundidad media de rugosidad es, según la ISO 1302, un valor medio determinado a partir de cinco profundidades de rugosidad individuales seleccionadas mediante procedimientos aritméticos. Solo da un dato puntual de la calidad de una superficie. La profundidad media de rugosidad se abrevia como "Rz". El valor medio de rugosidad es un valor medio aritmético determinado a partir de todas las profundidades de rugosidad de una superficie en una línea central. La línea central se determina a partir de la profundidad de rugosidad. La abreviatura para el valor medio aritmético de rugosidad es "Ra".

La rugosidad de una pieza de trabajo es el resultado de los procesos que intervienen en su fabricación y mecanizado.

Según la ISO 1302, la rugosidad típica seleccionada en la fabricación ilustra las diferencias en los procedimientos de mecanizado en el contexto de las profundidades de rugosidad.

**Nota:** Las profundidades de rugosidad media Rz superan por 4-5 veces los valores de rugosidad media.

**Atención:** El rango de pulido no se define en la norma ISO 1302. En la práctica, los siguientes valores sirven de orientación:

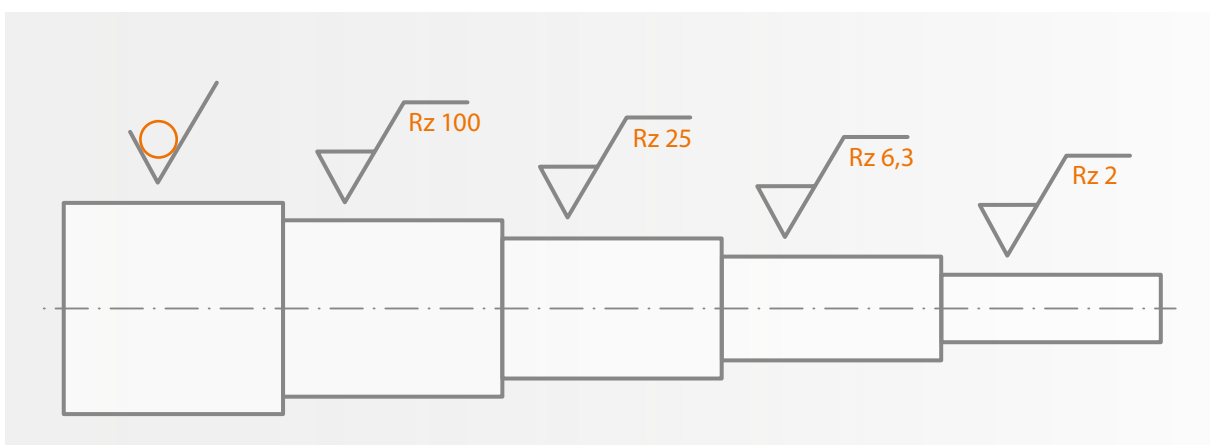
- Pulido con piedra: N9 a N7
- Pulido con borla: N6 a N4
- Pulido de alto brillo de pastas diamantadas: N3 a N0
- Herramientas para pulir CaraFin (GARANT) y herramientas para pulir aglomeradas con PU N3 a N0

**Datos interesantes:** Para los procedimientos de rectificado especialmente finos, como el pulido o lapeado, se introdujo el índice de rugosidad adicional N0. Corresponde a un Ra de 0,008 a 0,006.

- Fundición en molde de arena: Ra N10 a N12, corresponde a una profundidad de rugosidad media de 12,5 a 50  $\mu\text{m}$
- Embutición de chapa: Ra N4 a N9, corresponde a una profundidad de rugosidad media de 0,2 a 6,3  $\mu\text{m}$
- Perforación: Ra N7 a N11, corresponde a una profundidad de rugosidad media de 1,6 a 25  $\mu\text{m}$
- Fresado: Ra N5 a N11, corresponde a una profundidad de rugosidad media de 0,8 a 25  $\mu\text{m}$
- Rectificado: Ra N1 a N8, corresponde a una profundidad de rugosidad media de 0,025 a 3,2  $\mu\text{m}$

La ISO 1302 propone una definición terminológica exacta para profundidad de rugosidad. La figura 2 ilustra esta relación.

- Componentes originales **sin mecanizar** (por ejemplo, piezas de fundición en bruto): **no se indica la profundidad de rugosidad ni el ángulo con círculo**
- Componentes **desbastados**: las estrías son visibles y se pueden notar, **a partir de Rz 100**
- Componentes **acabados**: las estrías ya no son visibles, **a partir de Rz 25**
- Componentes con **acabado fino**: las estrías ya no son visibles y el componente es "mate", **a partir de Rz 6,3**
- Componentes con **mecanizado fino**: el componente es brillante o reflectante: **a partir de Rz 2**



[Figura 2]  
Diferentes profundidades de rugosidad



Especialidad en la industria alimentaria y la tecnología médica

### Hygienic Design: obligatorio para el sector farmacéutico y la industria alimenticia

En la construcción de máquinas e instalaciones para el entorno de Life Science, es decir, la producción de alimentos y, por ejemplo, la industria farmacéutica, deben tenerse en cuenta unos estrictos criterios higiénicos durante la construcción y el diseño de una instalación. El material elegido suele ser el acero fino.

Sin embargo, incluso ese material, que también suele llamarse acero inoxidable, puede oxidarse si entra en contacto con los cloruros de los productos de limpieza, por ejemplo.

Por ello, se requiere la máxima calidad de la superficie posible, especialmente en las zonas que entran en contacto con el producto. De estos y otros temas se ocupan diferentes organizaciones

como la EHEDG (European Hygienic Engineering and Design Group).

Este tema se trata de forma similar en un entorno farmacéutico y en la tecnología médica. El llamado Hygienic Design se centra en el máximo nivel de limpieza en los entornos de producción. Las esquinas, las superficies rugosas o los espacios muertos presentan riesgos de contaminación y deben evitarse. Esto puede lograrse mediante una pasivación, por ejemplo, con el electropulido, que permite profundidades de rugosidad media máximas de 0,8  $\mu\text{m}$ .

### Metales en el cuerpo: rugosidad deseada

Si los componentes, conocidos como implantes, se insertan en el cuerpo humano, es útil realizar una modificación topológica de la superficie de los implantes metálicos. Un ejemplo de ello es el requisito de crear la base para una buena adhesión entre el implante y el tejido mediante una superficie rugosa.

En cambio, se puede ver todo lo contrario (una superficie lisa y pulida) en los implantes que están en contacto directo con la sangre, por ejemplo. Las prótesis de válvulas cardíacas, requieren superficies muy lisas con valores de Rz por debajo de 0,1  $\mu\text{m}$ .

Si desea profundizar sobre el tema de Hygienic Design y las propiedades de la superficie, puede encontrar aquí información:

- **EN 1672-2:2009** Maquinaria para procesado de alimentos / Conceptos básicos / Parte 2: Requisitos de higiene.
- **EN ISO 14 159:2008** Seguridad de las máquinas: requisitos de higiene en el diseño de maquinaria.
- **EN 16 001** Gestión de la energía para mejorar la eficiencia energética.
- **Directivas de máquinas 2006/42/CE**
- **Documento 13 EHEDG Guideline Hygienic**, diseño de aparatos para procesos abiertos, elaborado en colaboración con 3-A y NSF International.
- **Reglamento 1935/2004** (con algunas normas sobre materiales y objetos que pueden entrar en contacto con alimentos).

# Cómo hacer que todo vaya bien: métodos para reducir la rugosidad.

El **acero de construcción** cumple una amplia gama de requisitos para la construcción de moldes y herramientas cuando se mecaniza adecuadamente. Esto es posible gracias a la variedad de aceros de construcción y a las propiedades específicas de los materiales. Los aceros se diferencian según su uso práctico. Los aceros para herramientas se utilizan para la fabricación de herramientas manuales o mecánicas, en ingeniería mecánica o en la construcción de vehículos. Los aceros de construcción se procesan mediante cilindros, forja, fundición de tramo o presión en chapas, bobinas o productos largos como barras, tubos o perfiles. Se aplica lo siguiente en todos los casos: los aceros de construcción suelen tener que soportar cargas mecánicas y térmicas muy elevadas. Para ello, se necesita un buen tratamiento de la superficie, que suele incluir un pulido profesional.

Casi nada resiste tanto la corrosión como el **acero inoxidable**. Por supuesto, siempre que la superficie se procese correctamente.

Hay que tener en cuenta algunos aspectos, puesto que el acero inoxidable, conocido también como acero al cromo-níquel, combina todas las buenas propiedades del hierro y el cromo, el níquel, el molibdeno o el manganeso.

- El cromo hace que sea inoxidable.
- El níquel refuerza la resistencia contra los ácidos.
- El molibdeno incrementa el efecto positivo del cromo.
- El vanadio refina la aleación y aumenta la capacidad de procesamiento.

En las aplicaciones industriales, el acero inoxidable se valora por su combinación de distintas propiedades, que garantizan su durabilidad, facilidad de aplicación y un aspecto atractivo. Además, existen propiedades específicas de los materiales, como una enorme dureza, una alta elasticidad, una conductividad térmica variable en función de la composición, una conductividad eléctrica dependiente de la aleación y diversas opciones de recubrimiento. Son parámetros apreciados por los diseñadores técnicos, así como los fabricantes de piezas de bombas o

turbinas, así como por la industria química y la construcción de contenedores.

El **aluminio** gana puntos por ser un material ligero y por su atractivo aspecto. Las empresas lo utilizan para la fabricación de componentes robóticos o accionamiento lineales debido a su combinación de bajo peso de los componentes y alta estabilidad. El aluminio también se utiliza en la fundición a presión, entre otras cosas por su bajo punto de fusión. Es un material blando y, en comparación con otros metales, no es fácil de mecanizar porque lubrica. Por ello, las posibles aleaciones y las propiedades del aluminio influyen de forma decisiva en la presión que se debe ejercer al rectificar y pulir una pieza de trabajo. Esto es diferente con el llamado duraluminio, que es significativamente más duro y quebradizo. Ya sea blando o duro: en el caso del aluminio, en particular, la presión determina la calidad de la superficie resultante de la herramienta o el molde. También es decisivo el hecho de que todo proceso de rectificado de aluminio lleva a la compresión de la superficie. Así, la presión y el proceso de rectificado son decisivos para la calidad de los moldes y las herramientas.

Los **plásticos reforzados con fibras** como GFK (plástico reforzado con fibras de vidrio) o CFK (plástico reforzado con fibras de carbono) son materiales muy populares actualmente en la ingeniería y el diseño industrial, porque se pueden procesar para adaptarse con precisión. Sin embargo, a diferencia de los metales, ambos requieren procesos de fabricación mucho más complejos como productos semiacabados, como la pulverización de fibras, la laminación manual o los procesos de inyección de resina. Por ese motivo, suelen utilizarse para la construcción de pequeñas series y prototipos, por lo que no se incluyen en esta guía de superficies. Los aceros de construcción, los aceros de cromo-níquel y el aluminio son los materiales más utilizados en la fabricación de herramientas y de moldes industriales. Esta guía de superficies está dedicada a los metales mencionados anteriormente y a su pulido profesional. También muestra los errores más comunes y da consejos para evitarlos.

## Acero de construcción

El acero de construcción muestra su gran diversidad en la fabricación de herramientas y de moldes para la industria proveedora y el sector automovilístico o del transporte. De este modo, se necesitan moldes de acero permanentes para la fundición inyectada (plástico) o a presión (metal) para grandes cantidades de piezas. Los llamados contornos exactos de los moldes se suelen fabricar con acero de herramientas endurecido o templado. El pulido se lleva a cabo teniendo en cuenta los requisitos del sector. La redondez y la cilindridad de los ejes pueden

corregirse y mejorarse durante el mecanizado fino o el pulido reduciendo los picos de rugosidad unos pocos micrómetros. Pero hay que tener cuidado: dado que se tratan de rugosidades de superficie de pocos micrómetros, debe garantizarse la precisión del mecanizado previo con el rectificado.

La siguiente prueba muestra de forma ejemplar la relación entre el rectificado previo y el pulido en una pieza de trabajo de acero.

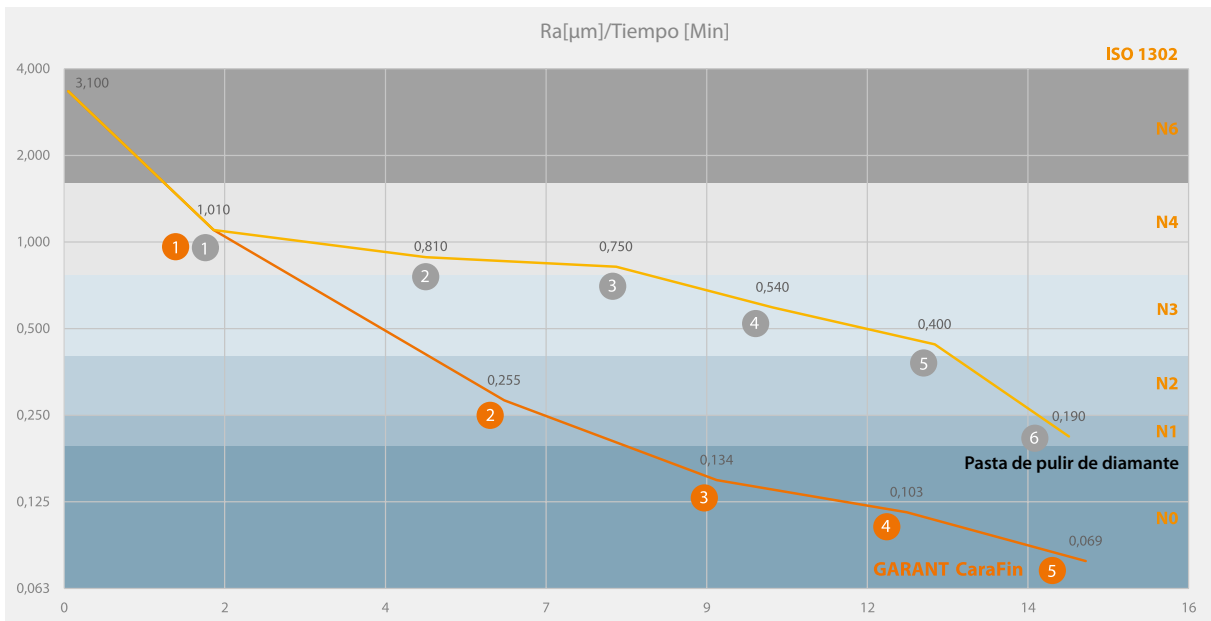
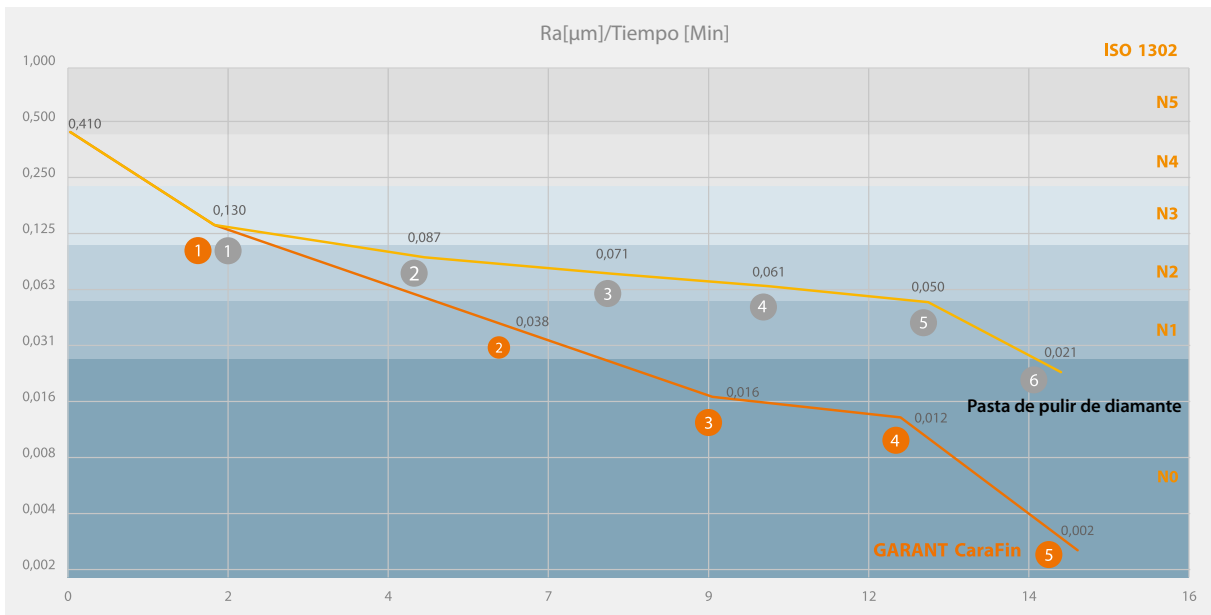
### Configuración de la prueba/parámetros:

- Dureza del material 63 Hrc (780 HV)
- Tamaño de la herramienta: Almohadillas con diámetro exterior de 31 mm
- Tamaño de la pieza de trabajo 50 x 50 mm
- Velocidad de rotación: 1000 U/min, presión de apriete 0,2 – 0,8 kg/cm<sup>2</sup>, avance: 30 mm/s

### Resultado:

	Tiempo/Min	Tiempo/Min totales	Ra	Rz	Tasa de ablación [µm/min]		Tiempo/Min	Tiempo/Min totales	Ra	Rz
<b>Fresado</b>	0	0	0,410	3,100		<b>Fresado</b>	0	0	0,410	3,100
<b>P400</b>	02:10	02:10	0,130	1,01		<b>P400</b>	02:10	02:10	0,13	1,01
<b>Espuma de pulido D151</b>	04:20	06:30	0,038	0,255	0,7997	<b>P600</b>	03:10	05:20	0,087	0,81
<b>Paño para pulir D30</b>	03:10	09:40	0,016	0,134	0,5349	<b>P800</b>	02:50	08:10	0,071	0,75
<b>Paño para pulir D10</b>	02:50	12:30	0,012	0,103	0,1348	<b>15 µm</b>	02:20	10:30	0,061	0,540
<b>Paño para pulir D5</b>	02:40	15:10	0,002	0,069	0,1487	<b>7 µm</b>	02:25	12:55	0,050	0,400
						<b>3 µm</b>	02:00	14:55	0,021	0,190





**5553970/75  
400**



**553980/85/90  
D151**



**553980/85/90  
D30**



**553980/85/90  
D10**



**553980/85/90  
D5**

El rectificado previo se llevó a cabo hasta P400 con un uso posterior de una herramienta para pulir (GARANT CaraFin) y P800 con un uso posterior de una pasta de pulir de diamante.

**Nota:** Los materiales duros, en especial, tienden a formar una superficie irregular y de aspecto mate cuando se pulen demasiado. La causa radica en la composición estructural del acero. Mientras que los componentes estructurales blandos se eliminan con

el pulido, los más duros se mantienen. El resultado: se crea un paisaje de montañas y valles microscópicos que se percibe como un efecto mate.

**Conclusión:** En el caso de materiales muy duros, debe prestarse especial atención a las versiones limpias del rectificado. No es posible compensar los errores causados por el rectificado en los siguientes pasos de pulido. La dureza del material lo hace imposible.



Representación de ejemplo de diferentes etapas de pulido en acero con el uso de GARANT CaraFin.

## Acero inoxidable

El pulido no solo influye en la funcionalidad de un componente de acero inoxidable, sino también en su resistencia a la corrosión. Para que un pulido pueda hacerlo, la calidad del rectificado previo es tan importante como el uso de la herramienta para pulir correcta. También es importante aplicar una presión de apriete óptima y tener un puesto de trabajo limpio para evitar la contaminación.

El factor decisivo para la forma del componente en el primer paso es la eliminación de material, que debe iniciarse con un grano grueso y puede sustituirse más tarde por un medio abrasivo con recubrimiento adicional activo de rectificado frío.

**Atención:** Los medios abrasivos deben estar libres de materias primas que contengan hierro, azufre o cloro. El acero inoxidable tiende a requerir una baja presión de apriete. Además, es importante realizar movimientos oscilantes y utilizar una máquina de rectificado con una potencia de accionamiento alta. Las herramientas para rectificar que ya han sido utilizadas para mecanizar otros metales están prohibidas con el acero inoxidable.

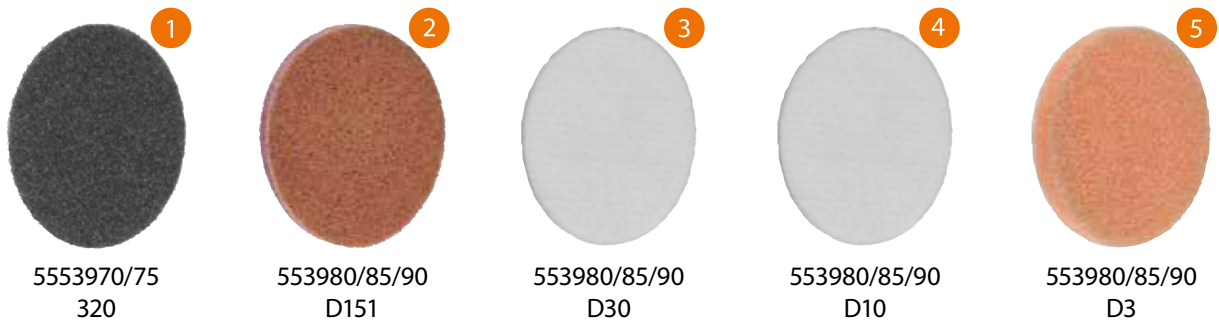
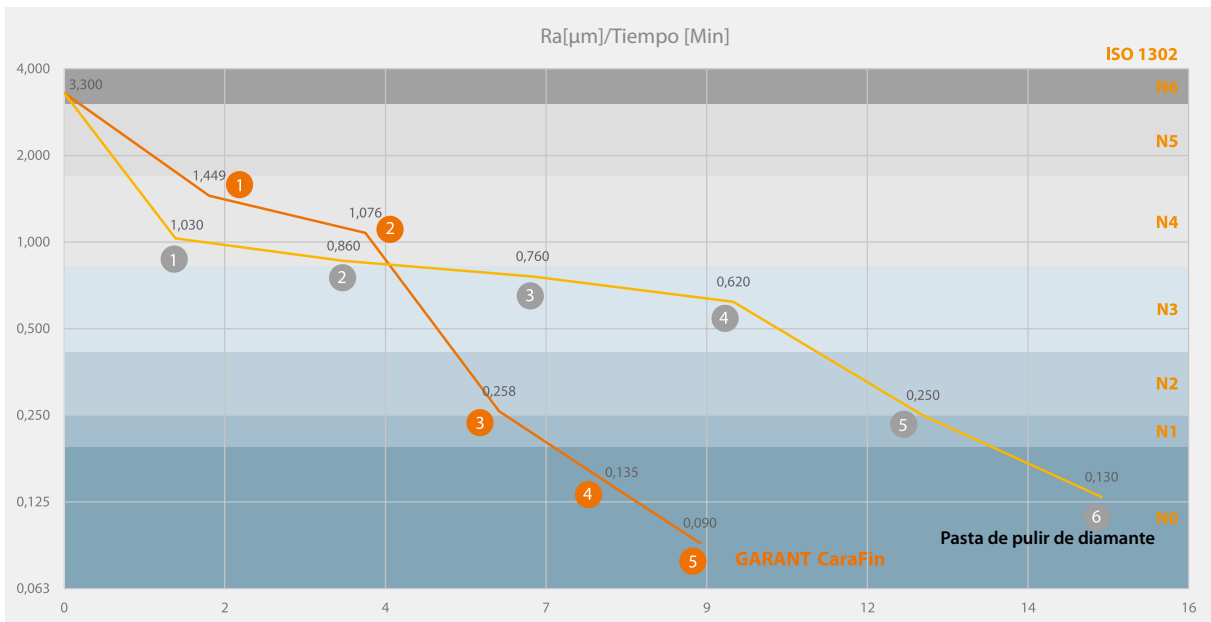
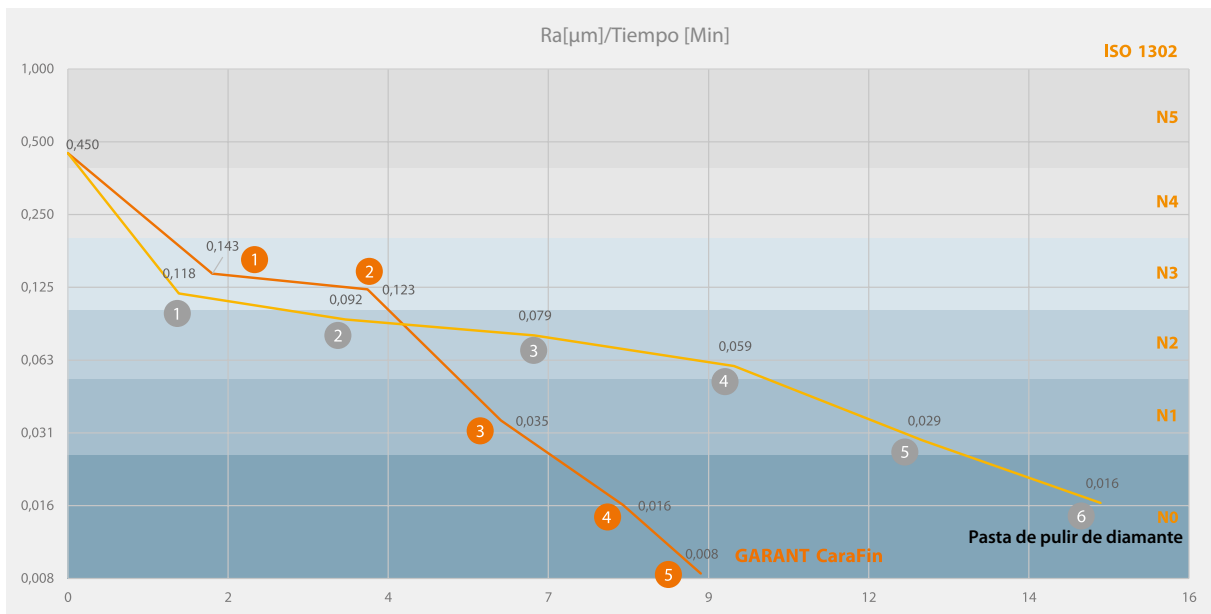
La siguiente prueba ilustra la influencia de diferentes agentes de pulido en una superficie de acero inoxidable.

### Configuración de la prueba/parámetros:

- Dureza del material 250 HV
- Tamaño de la herramienta: Almohadillas con diámetro exterior de 31 mm
- Tamaño de la pieza de trabajo 50 x 50 mm
- Velocidad de rotación: 1000 U/min, presión de apriete 0,2 – 0,8 kg/cm<sup>2</sup>, avance: 30 mm/s

### Resultados:

	Tiempo/Min	Tiempo/Min totales	Ra	Rz	Tasa de ablación [µm/min]		Tiempo/Min	Tiempo/Min totales	Ra	Rz
<b>Fresado</b>	0	0	0,450	3,300		<b>Fresado</b>		0	0,450	3,300
<b>P320</b>	02:10	02:10	0,143	1,449		<b>P400</b>	01:40	01:40	0,118	1,03
<b>Espuma de pulido D151</b>	02:20	04:30	0,123	1,076	2,4720	<b>P600</b>	02:30	04:10	0,092	0,86
<b>Paño para pulir D30</b>	02:00	06:30	0,035	0,258	5,4257	<b>P800</b>	02:50	07:00	0,079	0,76
<b>Paño para pulir D10</b>	01:50	08:20	0,016	0,135	0,8159	<b>15 µm</b>	03:00	10:00	0,059	0,62
<b>Espuma de pulido D3</b>	01:10	09:30	0,008	0,090	0,2993	<b>7 µm</b>	02:50	12:50	0,029	0,25
						<b>3 µm</b>	02:40	15:30	0,016	0,13



El rectificado previo se llevó a cabo hasta P320 con un uso posterior de una herramienta para pulir CaraFin (GARANT) y P800 con un uso posterior de una pasta de pulir de diamante.

**Nota:** El uso de un líquido de pulido CaraFin 553993 UNI (GARANT) evita la piel de naranja y la corrosión por contacto de la abrasión. Aparece como un pulido negro en la superficie de la pieza.

Los colores de revenido y la posible corrosión pueden evitarse manteniendo la entrada de calor en el componente lo más baja posible. Esto puede garantizarse, por ejemplo, con el uso de productos CaraFin (GARANT) y una velocidad baja.



Representación de ejemplo de diferentes etapas de pulido en acero de cromo-níquel con el uso de GARANT CaraFin.

## Aluminio

Cuando se ha igualado el resalto del material en el molde o la herramienta de aluminio y se haya creado la forma final, es el momento de realizar el pulido después del rectificado fino.

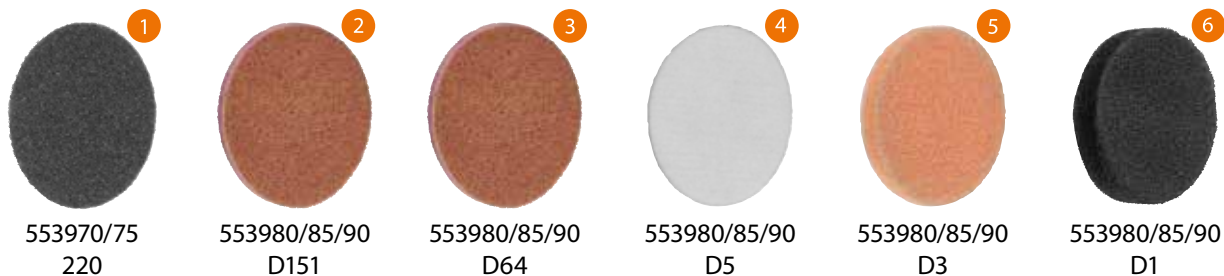
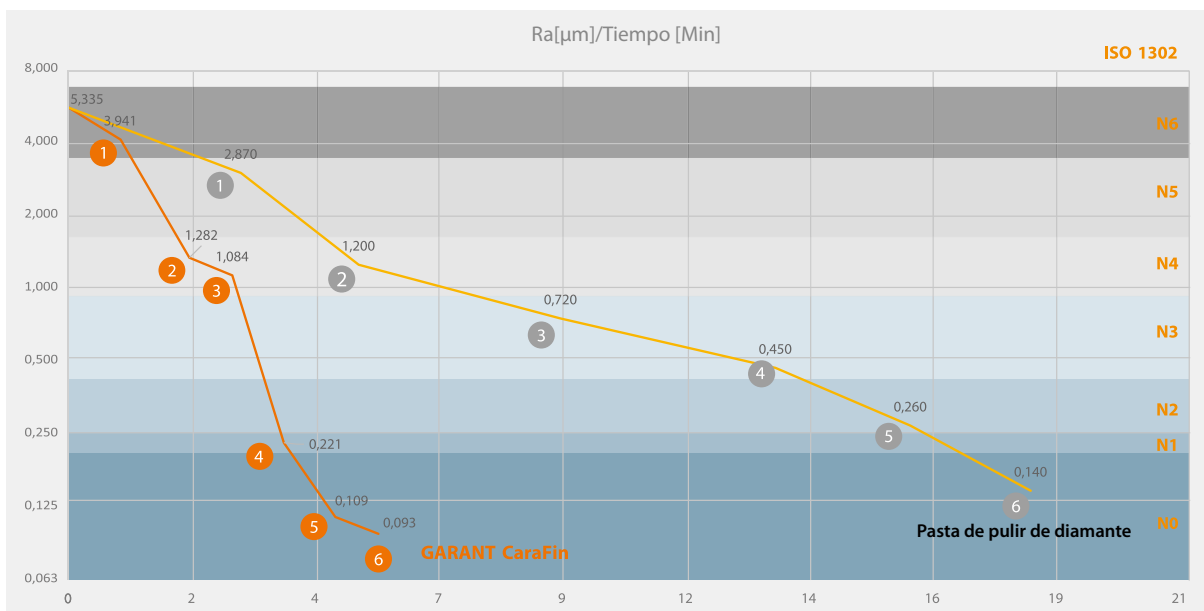
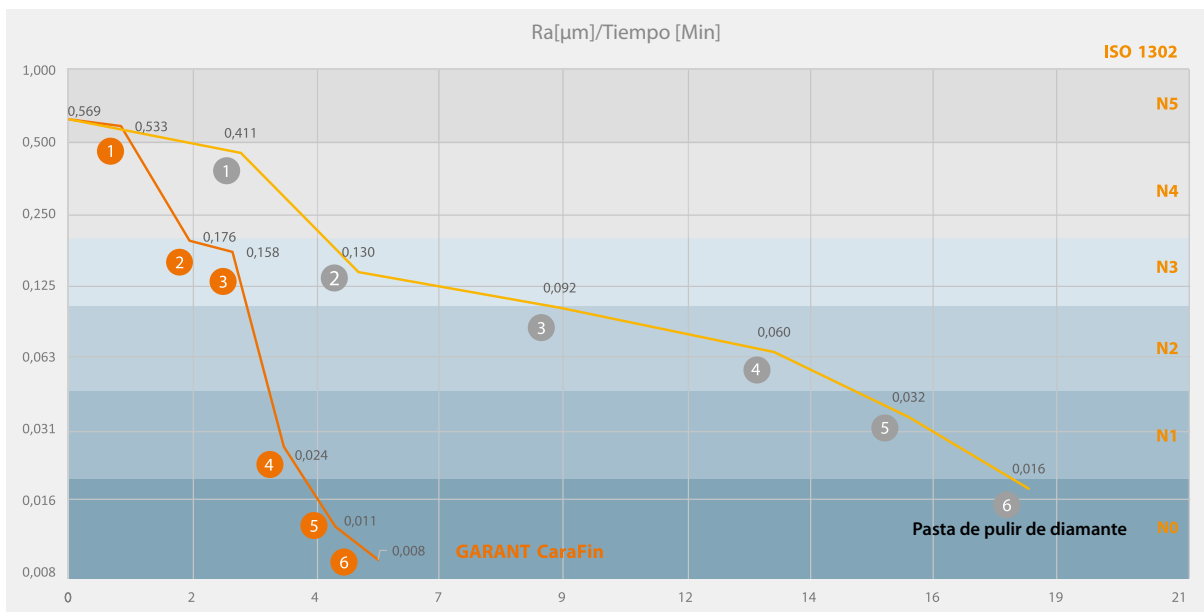
La siguiente prueba muestra qué resultados de pulido se pueden conseguir.

### Configuración de la prueba/parámetros:

- Dureza del material 72 HB o 75 HV
- Tamaño de la herramienta: Almohadillas con diámetro exterior de 31 mm
- Tamaño de la pieza de trabajo 50 x 50 mm
- Velocidad de rotación: 1000 U/min, presión de apriete 0,2 – 0,8 kg/cm<sup>2</sup>, avance: 30 mm/s

### Resultados:

	Tiempo/Min	Tiempo/Min totales	Ra	Rz	Tasa de ablación [µm/min]		Tiempo/Min	Tiempo/Min totales	Ra	Rz
<b>Fresado</b>	0	0	0,569	5,335		<b>Fresado</b>	0	0	0,569	5,335
<b>P220 SiC</b>	01:00	01:00	0,533	3,941	18,5	<b>P400</b>	03:20	03:20	0,411	2,87
<b>Espuma de pulido D151</b>	01:20	02:20	0,176	1,282	35,3	<b>P800</b>	02:17	05:37	0,13	1,2
<b>Espuma de pulido D64</b>	00:50	03:10	0,158	1,084	2,6	<b>15 µm</b>	03:55	09:32	0,092	0,72
<b>Paño para pulir D5</b>	01:00	04:10	0,024	0,221	11,4	<b>7 µm</b>	04:10	13:42	0,06	0,45
<b>Espuma de pulido D3</b>	01:00	05:10	0,011	0,109	1,1	<b>3 µm</b>	02:37	16:19	0,032	0,26
<b>Espuma de pulido D1</b>	00:50	06:00	0,008	0,093	0,4	<b>1 µm</b>	02:20	18:39	0,016	0,14



El rectificado previo se llevó a cabo hasta P220 con un uso posterior de una herramienta para pulir CaraFin (GARANT) y P800 con un uso posterior de una pasta de pulir de diamante.

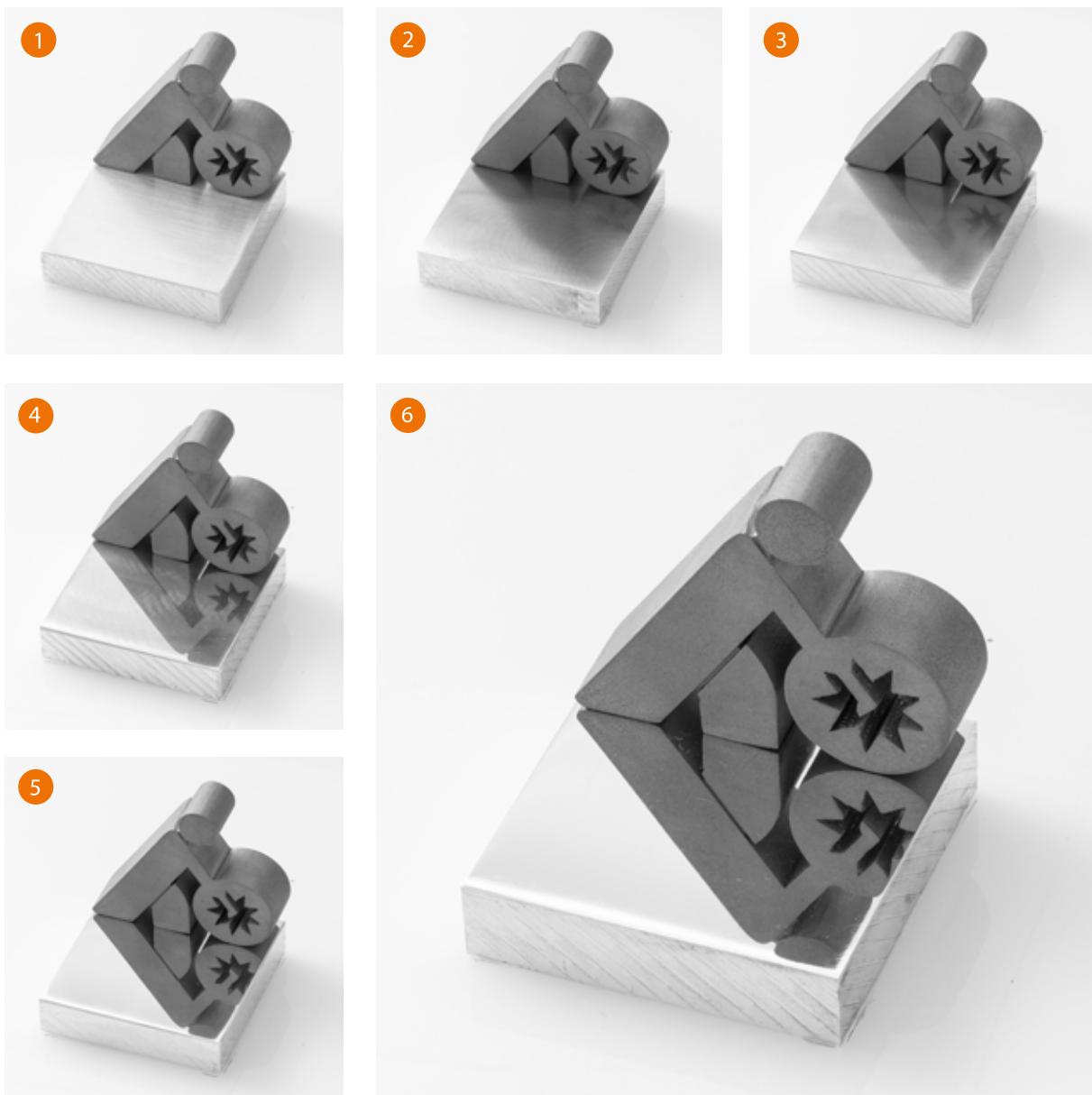
**Nota:** Las herramientas de rectificado y para pulir para trabajar el acero, cobre y otros materiales pesados no deben utilizarse en el aluminio. Causas: Esto puede provocar que se introduzcan trozos de metal en la superficie del material. Tiene un efecto negativo en el resultado del pulido y pueden provocar corrosión por el contacto.

**Atención:** El polvo del aluminio es altamente explosivo. Al realizar el rectificado previo y pulir el aluminio, es imprescindible respetar las directrices para evitar que se produzcan explosiones de polvo.

Para acortar el proceso de rectificado previo en su-

perficie con película de laminación, recomendamos desengrasar la superficie previamente. Se utiliza una solución de hidróxido de sodio del 10 al 20 por ciento para eliminar la película de laminación del óxido duro. Para la posterior neutralización, es necesario realizar un tratamiento posterior con ácido nítrico al 50 por ciento y un aclarado.

**Nota:** Una entrada excesiva de calor en el material puede provocar un cambio rápido en la estructura de la rejilla. Si la pieza de trabajo se va a anodizar posteriormente, se pueden producir irregularidades en el anodizado. Los productos CaraFin (GARANT) pueden ser de ayuda. Funcionan en rangos de velocidad comparativamente más bajos y mantienen una entrada de calor baja en el material. De este modo, se pueden reducir los cambios de estructura.



Representación de ejemplo de diferentes etapas de pulido en aluminio con el uso de GARANT CaraFin.



# Evaluación de superficies ópticas: errores comunes de pulido y cómo evitarlos.

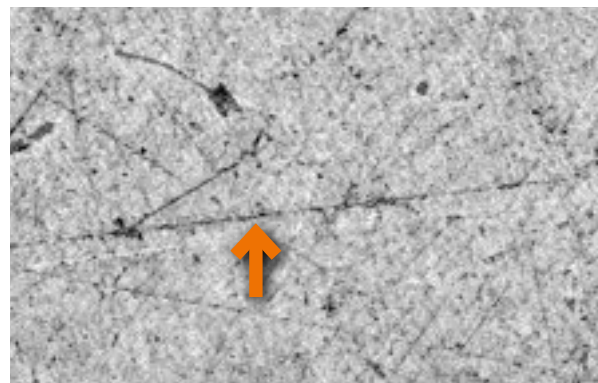
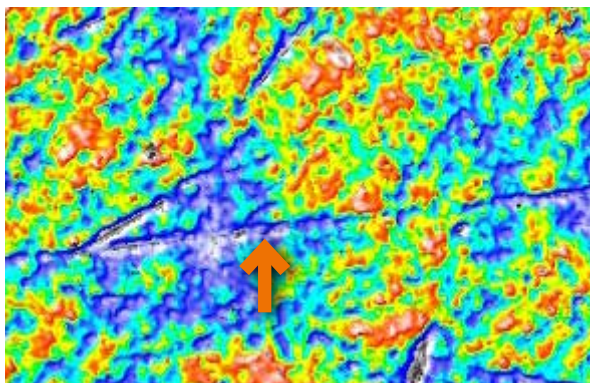
## Cómo evitar los errores

En general, los errores de pulido se dividen en tres categorías:

- 1 Defectos de superficie
- 2 Defectos localizados
- 3 Desviaciones de forma



El **clásico arañazo** sería uno de los defectos de superficie. Esta marca poco profunda suele estar causada por partículas extrañas, aristas de corte o partículas de pulido.

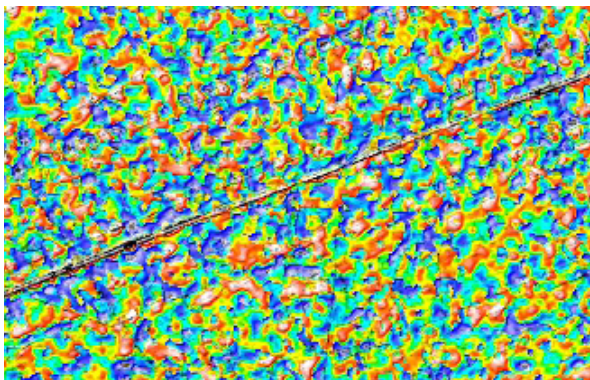


### Consejo:

Preste atención a la limpieza en el puesto de trabajo. Con suerte, los arañazos en la superficie no alterarán el resultado, pero se deberían evitar.



La **piel de naranja** se refiere a una superficie de material de aspecto accidentado al observarse con el microscopio. La causa es una presión excesiva o un tiempo de pulido demasiado largo.

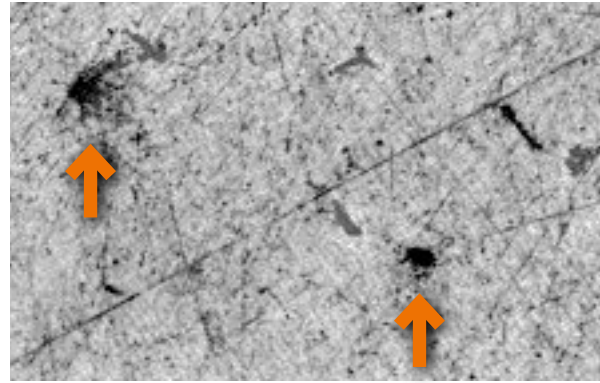
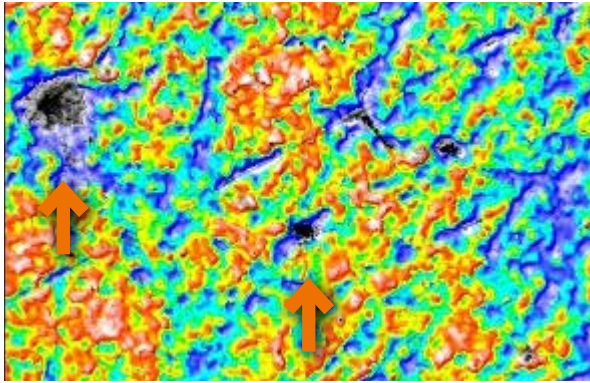


### Consejo:

Pula durante menos tiempo y trabaje con una presión de apriete moderada.



Un **Relieve** se produce cuando las fases de material blando y duro se eliminan de forma diferente.

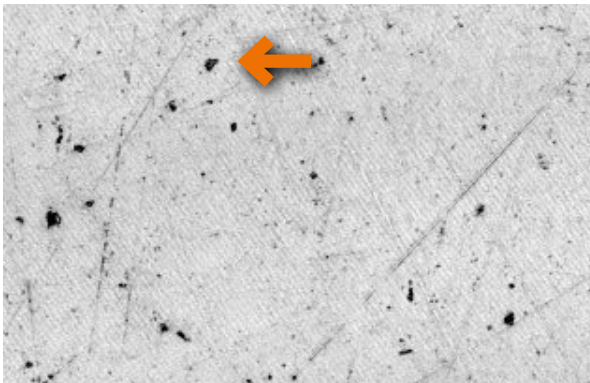


### Consejo:

Elija un material de base que sea lo más duro posible para el pulido. Esto ayuda a eliminar de forma uniforme el material durante las diferentes fases. Al seleccionar el material, asegúrese de que la estructura es lo más homogénea posible.



Los expertos hablan de las llamadas **picaduras** cuando hay pequeñas marcas en forma de agujero por toda la superficie.



### Consejo:

Las picaduras suelen evitarse manteniendo los pasos de pulido lo más cortos posibles. También hay que limpiar y secar bien la pieza de trabajo previamente para evitar la corrosión. Asegúrese de ejercer una presión constante al pulir.



El **redondeo de borde**, como su nombre lo indica, es el resultado de una mayor eliminación de material en los cantos de las piezas.

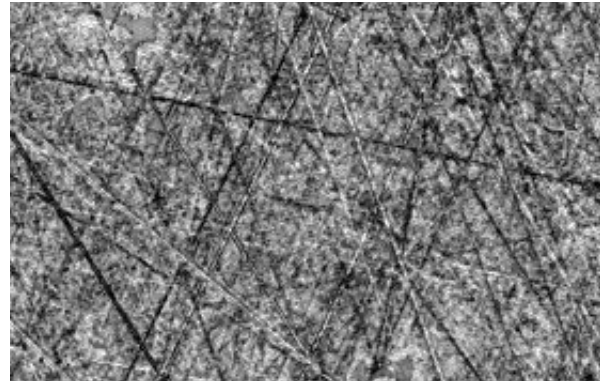
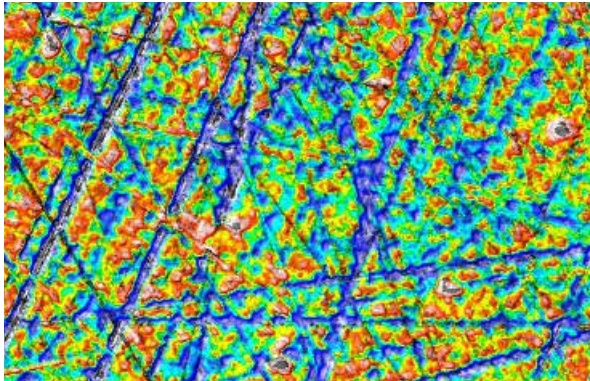
### Consejo:

Evite ejercer demasiada presión al pulir o cambie a un material de base más duro.



Las hendiduras o **estrías** profundas y alargadas se producen por una limpieza inadecuada después del paso de mecanizado.

Los defectos localizados incluyen **estrías** y **picos**.



### Consejo:

Dedique el tiempo suficiente para cada paso del mecanizado. Retire con cuidado las marcas antes de pasar al siguiente paso.



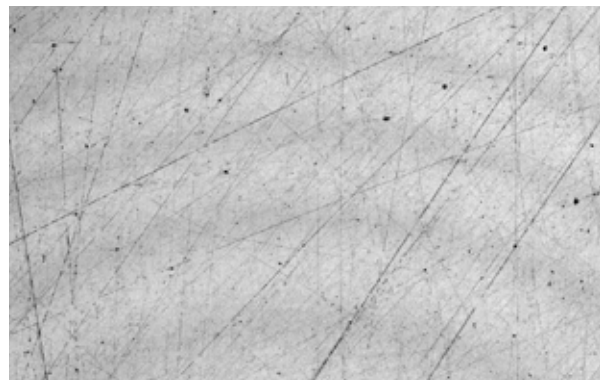
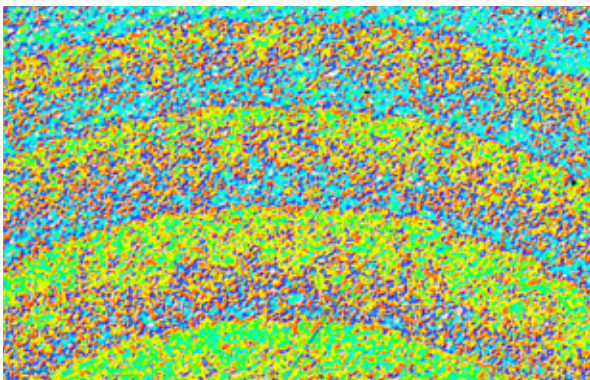
Un **pico** describe las partículas de pulido que han abollado la superficie de la pieza durante el pulido. Crean una elevación, es decir, un pico.

### Consejo:

Escoja un material de base más blando y ejerza una presión uniforme.



El fenómeno de la **ondulación** es una desviación de la forma, al igual que el redondeo de los bordes. Esta desviación de la geometría deseada suele crearse mediante el pulido manual



### Consejo:

Realice unos movimientos de pulido uniformes sobre la pieza de trabajo, no se detenga y ejerza una presión constante.