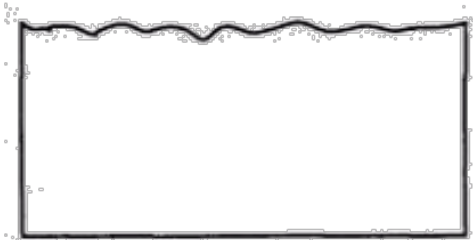


IMPERFECCIONES SUPERFICIALES

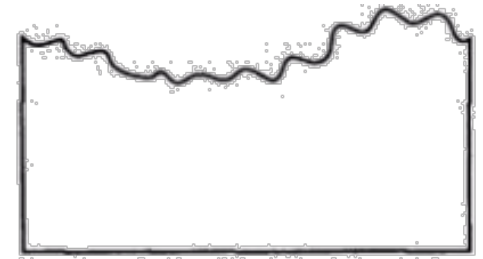
- ◆ Las imperfecciones superficiales se clasifican en:
 - ⊙ **Rugosidades**, producto de las huellas de la herramienta empleada para fabricar la pieza
 - ⊙ **Ondulaciones**, causadas por los desajustes de las máquinas-herramienta utilizadas en el mecanizado
 - ⊙ **Imperfecciones mixtas**, ambos defectos superficiales aparecen conjuntamente



RUGOSIDADES



ONDULACIONES



**RUGOSIDADES Y
ONDULACIONES**



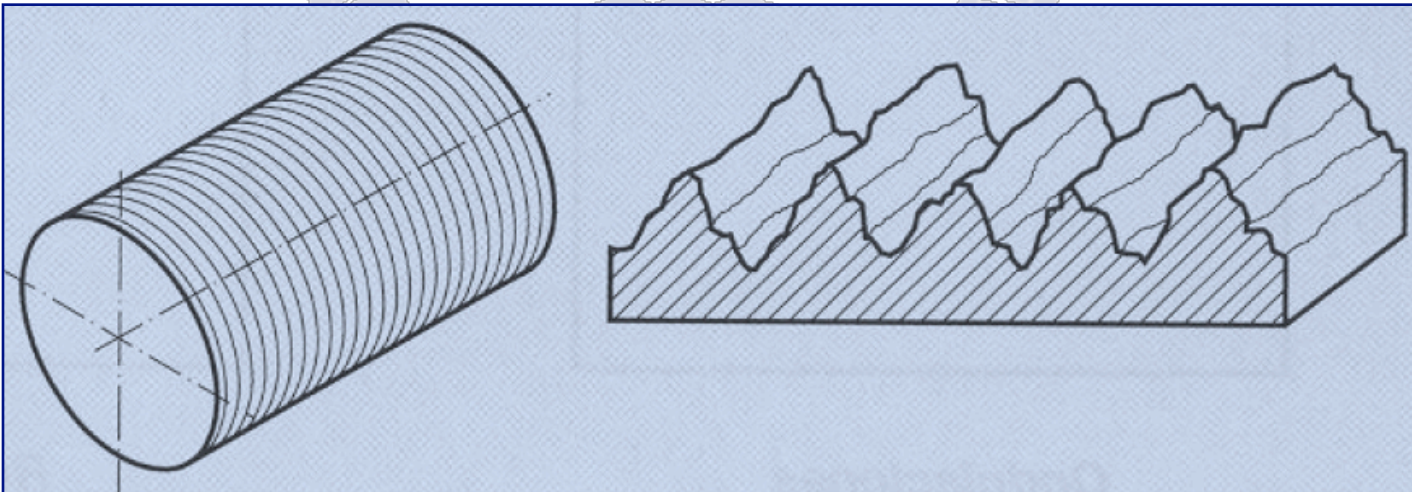
RUGOSIDADES SUPERFICIALES

- ◆ Una tolerancia pierde todo su valor si las irregularidades de la superficie (**estado superficial** o **rugosidades**) son mayores que la tolerancia
- ◆ Las **rugosidades superficiales** son el conjunto de irregularidades de la superficie real, definidas convencionalmente en una sección donde los errores de forma y las ondulaciones han sido eliminados
 - ⊙ El aspecto de la superficie de una pieza depende, principalmente, del material con el cual se fabrica la pieza y de su proceso de conformado
- ◆ En el proceso de fabricación existe una implicación económica, por lo que en el proceso de fabricación debe cumplir dos condiciones:
 - ⊙ **Calidad mínima:** La calidad de la superficie debe ser suficiente para que la pieza cumpla su función (poco coste)
 - ⊙ **Calidad máxima:** La calidad de las piezas debe ser compatible con el costo de la pieza y, por tanto, no debe ser mayor del necesario (mucho coste)

- ◆ Hay muchos parámetros que nos sirven para medir la rugosidad, y todos ellos se pueden clasificar en 3 tipos fundamentales:
 - Respecto a la dirección de las alturas
 - ▶ Desviación media aritmética del perfil, altura de las irregularidades en diez puntos, altura de una cresta del perfil, profundidad de un valle del perfil, altura de una irregularidad del perfil, profundidad de un valle del perfil, etc.)
 - Respecto a la dirección transversal
 - Respecto a la forma de las irregularidades
- ◆ Nos centraremos en la medida respecto a la dirección de las alturas, porque son estos tipos de parámetros los que tienen relación directa con las tolerancias dimensionales y, por tanto, también con ajustes
- ◆ El parámetro de medida de la rugosidad más utilizado es la rugosidad media R_a (desviación media aritmética del perfil).

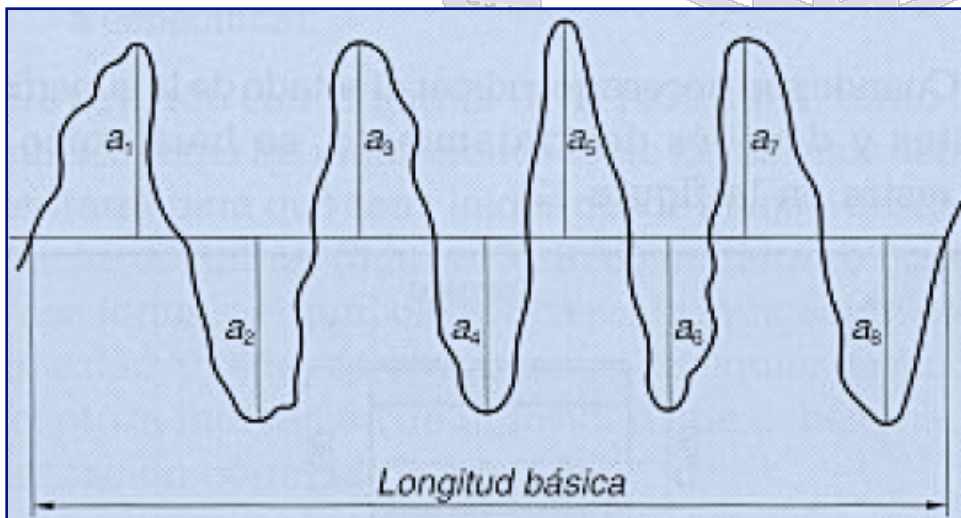
RUGOSIDADES DEL MECANIZADO

- ◆ En muchos casos, las superficies sin mecanizar presentan rugosidades sin ninguna dirección preferente. El tamaño de estas rugosidades depende del proceso de fabricación de la pieza en bruto.
- ◆ El proceso de mecanizado, además de reducir la rugosidad inicial, introduce estrías en la superficie de la pieza, según la dirección en la cual se produce el arranque de material.
- ◆ En la siguiente figura se muestra una pieza torneada (donde se aprecia la dirección de las estrías). Se genera una orientación de la rugosidad, adoptando la superficie la forma de una sucesión de valles y crestas.



ESTIMACIÓN DE LA RUGOSIDAD

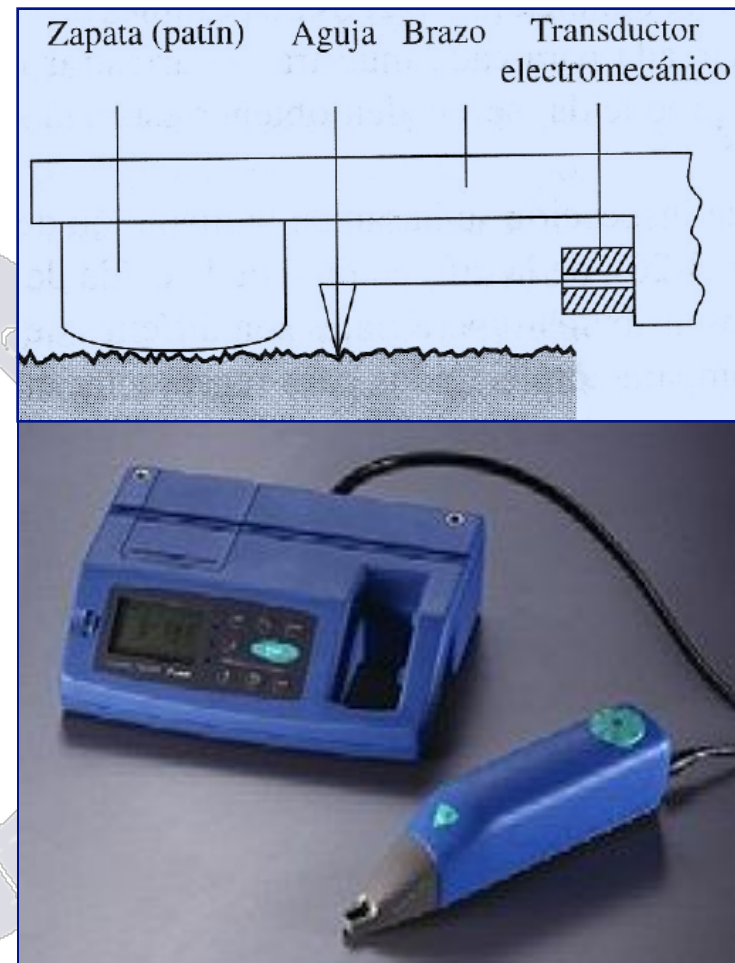
- ◆ Se denomina **rugosidad R_a** a la media aritmética de las desviaciones de la curva del perfil con respecto a la línea media de la longitud básica
- ◆ *Longitud básica* → longitud de la línea de referencia donde se medirá la rugosidad superficial, donde actuará el rugosímetro. La longitud de evaluación consistirá en una o más longitudes básicas.
- ◆ La línea media se obtiene por procedimientos matemáticos (como el método de los mínimos cuadrados).
- ◆ Para la curva de la figura, siendo a_n las alturas de las crestas o las profundidades de los valles, la rugosidad R_a se estimaría como:



$$R_a = \frac{|a_1| + |a_2| + \dots + |a_n|}{n}$$

MEDIDA DE LA RUGOSIDAD

- ◆ **RUGOSÍMETRO** → Instrumento de medida de la rugosidad superficial
- ◆ El rugosímetro determina electrónicamente el perfil de la pieza en una sección transversal con respecto a la dirección de las estrías
- ◆ Se mide la profundidad de la rugosidad media en diez puntos R_z , y el valor de la rugosidad media R_a , expresada en micras
 - ⊙ 1 micra = $1 \mu\text{m} = 0,000001 \text{ m} = 0,001 \text{ mm}$
- ◆ Las normas de rugosidad son las siguientes:
 - ⊙ DIN 4762, DIN 4768, DIN 4771, DIN 4775
 - ⊙ El alcance de la rugosidad de superficies se encuentra en la norma DIN 4766-1



CLASES DE RUGOSIDAD

- ◆ Los valores de rugosidad R_a se clasifican en una serie de intervalos N_x (siendo x un número del **1 al 12**) según se indica en la *Tabla de clases de rugosidad*
- ◆ Las clases de rugosidad se pueden agrupar, según la apreciación visual o táctil, en los siguientes grados:
 - ⊙ **N1-N4** → La superficie es especular.
 - ⊙ **N5-N6** → Las marcas de mecanizado no se aprecian ni con el tacto ni con la vista (pero sí con lupa).
 - ⊙ **N7-N8** → Las marcas de mecanizado se aprecian con la vista pero no con el tacto.
 - ⊙ **N9-N12** → Las marcas de mecanizado se aprecian con la vista y con el tacto.

Rugosidad R_a (μm)	Clase de rugosidad
50	N12
25	N11
12,5	N10
6,3	N9
3,2	N8
1,6	N7
0,8	N6
0,4	N5
0,2	N4
0,1	N3
0,05	N2
0,025	N1



CLASE DE RUGOSIDAD-APLICACIÓN

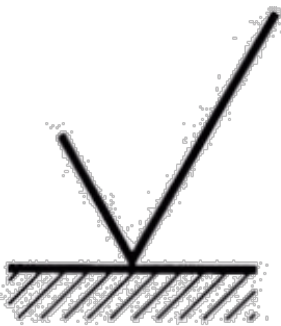
Rugosidad	Aplicación
N1	Espejos. Bloques patrón
N2	Planos de apoyo de relojes comparadores
N3	Herramientas de precisión. Cojinetes superacabados. Acoplamientos estancos de alta presión en movimiento alternativo. Superficies bruñidas de retención sin retén.
N4	Soportes de cigüeñales y árboles de levas. Pies de válvulas. Superficies de cilindros de bombas hidráulicas. Cojinetes lapeados. Pernos de árboles para rotores de turbina, reductores...
N5	Árboles acanalados. Superficie exterior de pistones. Acoplamientos efectuados a presión. Asientos de válvulas...
N6	Tambores de freno. Agujeros brochados. Cojinetes de bronce. Dientes de engranaje. Superficies de piezas deslizantes, como patines y sus guías.
N7	Caras de engranajes. Árboles y orificios de engranajes. Cara de émbolo.
N8	Pernos y cojinetes para transmisión (montaje a mano). Superficies de acoplamiento de partes fijas desmontables.
N9	Superficies laterales de retención con retenes normales.

- La clase de rugosidad se consigue según el proceso de fabricación de la pieza

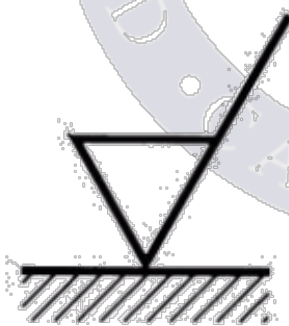
Proceso de fabricación	Rugosidad													
	Ra [μm]	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3	6	12	16	20	25
Desbarbado. Oxicorte										█	█	█	█	█
Torneado. Fresado. Limado				█	█	█	█	█	█					
Taladrado						█	█	█	█					
Cepillado								█	█	█	█	█	█	█
Rectificado			█	█	█	█	█	█						
Superacabado (lapeado)	█	█	█	█										
Pulido	█	█	█											
Laminación en caliente										█	█	█	█	█
Moldeo en arena										█	█	█	█	█
Forja								█	█	█				
Moldeo en coquilla							█	█	█					
Moldeo a presión				█	█	█	█	█						
Laminado, estirado, trefilado				█	█	█	█	█						
Extrusión				█	█	█	█	█						
Rugosidad más frecuente		█												
Rugosidad menos frecuente									█					

INDICACIÓN DE LOS ESTADOS SUPERFICIALES

- ◆ Para indicar las características superficiales en los planos, se parte del **símbolo básico (a)**, representado por dos trazos desiguales, inclinados 60° respecto a la superficie donde se apoyan.
- ◆ Si el mecanizado se realiza por **arranque de viruta** (taladrado, torneado, fresado, cepillado, etc.) se utiliza el símbolo **(b)**.
- ◆ Si el mecanizado se efectúa con un proceso de conformación, **sin arranque de viruta**, (laminado, estirado, estampado, forjado, etc.) se emplea el símbolo **(c)**.
- ◆ Para indicar **características especiales** de la superficie, se usa el símbolo **(d)**.



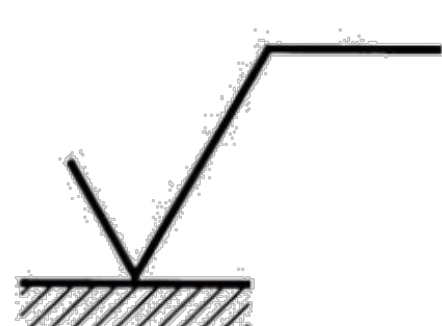
(a)



(b)



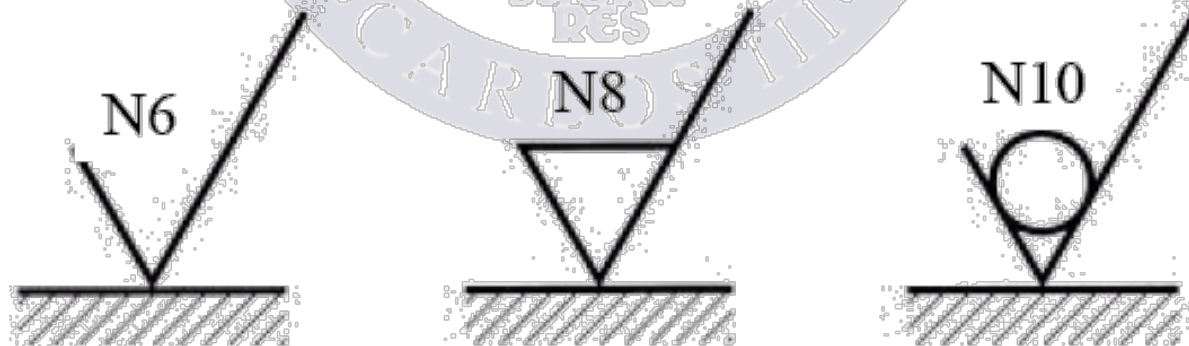
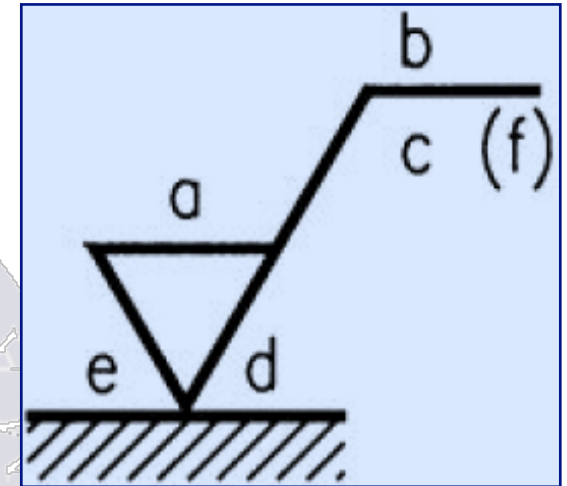
(c)



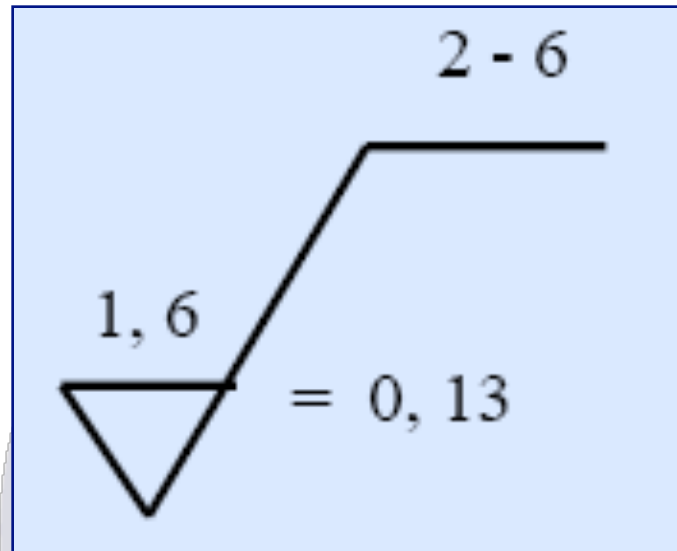
(d)

SIMBOLOGÍA

- a** = Valor de la rugosidad, en micrómetros, o índice de rugosidad (de N1 a N12).
- b** = Proceso de fabricación, tratamiento o recubrimiento
- c** = Longitud básica
- d** = Dirección de las estrías de mecanizado (ver tabla)
- e** = Sobremedida para mecanizado
- f** = Otros valores de rugosidad (entre paréntesis)

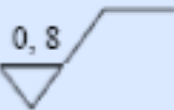
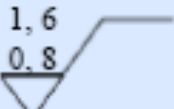
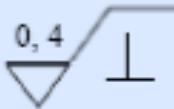
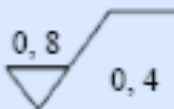
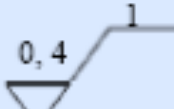
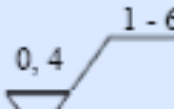


◆ EJEMPLO

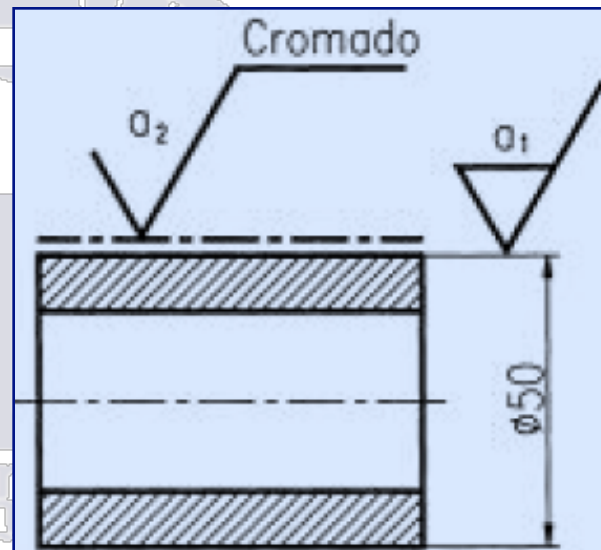


- ◆ **1, 6** valor R_a de la rugosidad en μm (mejor sustituirlo por la clase).
- ◆ **2** valor de la altura de la ondulación (no necesario).
- ◆ **=** orientación de la rugosidad (en este caso paralela a la línea).
- ◆ **0, 13** paso de la rugosidad en μm (no necesario)
- ◆ **6** valor del paso de la ondulación en mm (no necesario).

INDICACIÓN DE LA RUGOSIDAD. Ejemplos


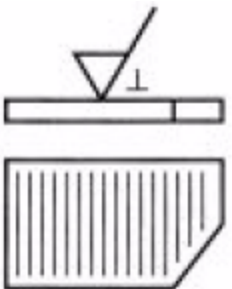
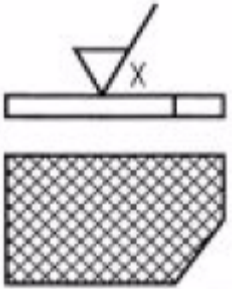
EJEMPLO	RUGOSIDAD
	Rugosidad máxima $Ra = 0,8 \mu\text{m}$.
	Rugosidad comprendida entre $Ra = 0,8 \mu\text{m}$ y $Ra = 1,6 \mu\text{m}$.
	Rugosidad máxima $Ra = 0,4 \mu\text{m}$ en la orientación.
	Rugosidad máxima $Ra = 0,8 \mu\text{m}$ con paso de la rugosidad de $0,4 \text{ mm}$.
	Rugosidad máxima $Ra = 0,4 \mu\text{m}$ con altura de 1 mm .
	Rugosidad máxima $Ra = 0,4 \mu\text{m}$ con altura de 1 mm y paso de la ondulación de 6 mm .

- ◆ Cuando sea necesario indicar el estado de la superficie antes y después del tratamiento se hará como se muestra en la siguiente figura

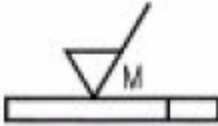
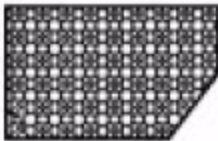
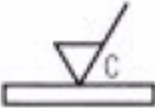

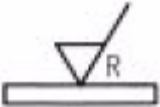
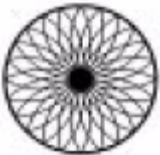


- ◆ Si es necesario indicar la dirección de las huellas producidas por las herramientas se indicarán los símbolos de las tablas de las siguientes dos transparencias.

DIRECCIÓN DE LAS ESTRÍAS

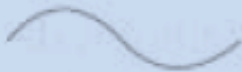

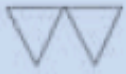
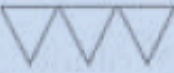

SÍMBOLO	INTERPRETACIÓN	INDICACIÓN
=	Huellas paralelas al plano de proyección de la vista sobre la que se aplica el símbolo	
⊥	Huellas perpendiculares al plano de proyección de la vista sobre la que se aplica el símbolo	
X	Huellas que se cruzan en dos direcciones oblicuas respecto al plano de proyección de la vista sobre la que se aplica el símbolo	

DIRECCIÓN DE LAS ESTRÍAS

SÍMBOLO	INTERPRETACIÓN	INDICACIÓN
M	Huellas sin orientación definida. Huellas multidireccionales	 
C	Huellas de forma aproximadamente circular respecto al centro de la superficie a la que se aplica el símbolo	 
R	Huellas de dirección aproximadamente radial respecto al centro de la superficie a la que se aplica el símbolo	 

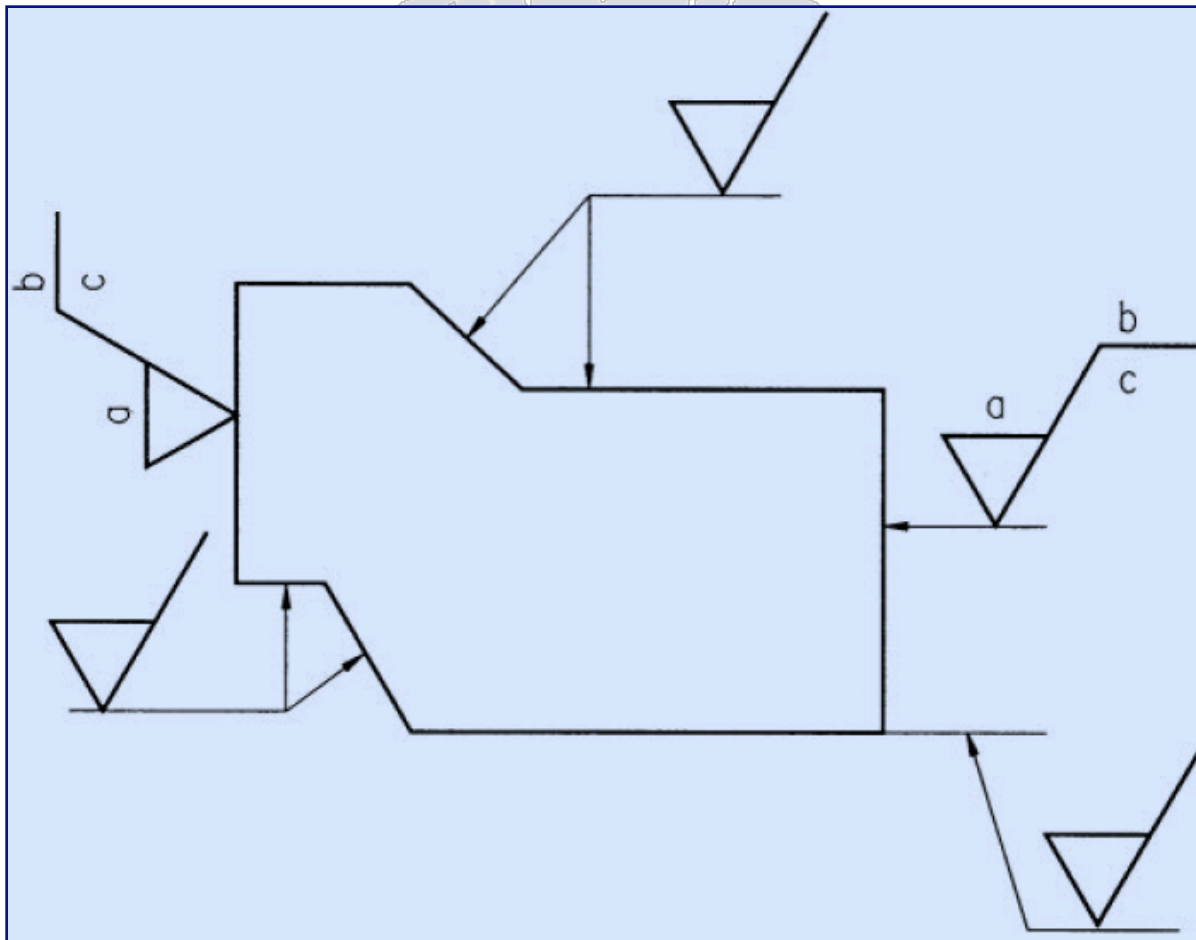
CALIDADES DE PROCESOS

- Las clases de rugosidad también pueden representarse (según la norma **DIN 140**) como una sucesión de triángulos invertidos

Rugosidad (μm)	Clase de rugosidad	Equivalencia DIN 140	Aplicaciones
50	N 12		Forja, fundición, estampación
25	N 11		
12,5	N 10		Trabajos de desbaste arranque basto de viruta
6,3	N 9		
3,2	N 8		Torneado fino, escariado, rectificado, brochado
1,6	N 7		
0,8	N 6		Escariado, rectificado, esmerilado
0,4	N 5		
0,2	N 4		Rectificado fino, bruñido
0,1	N 3		
0,05	N 2		Lapeado
0,025	N 1		

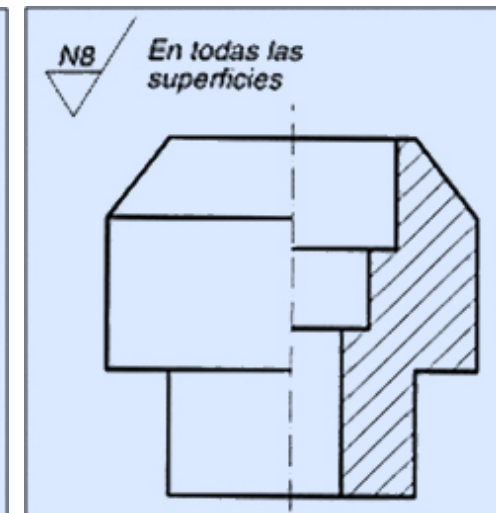
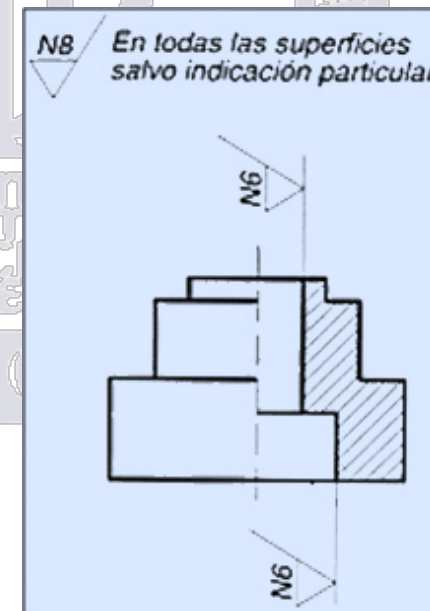
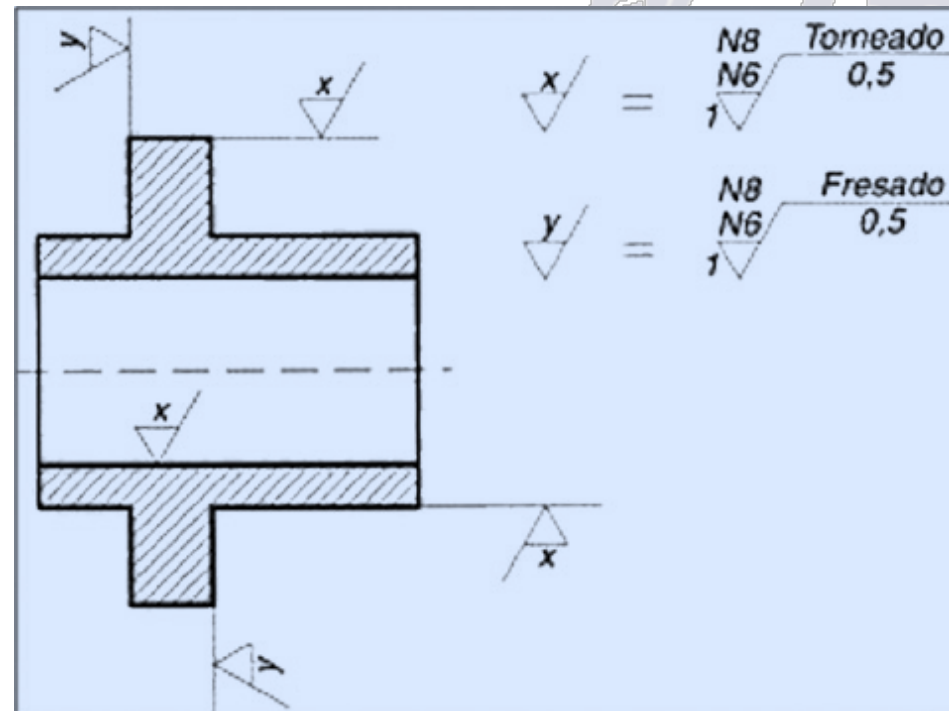
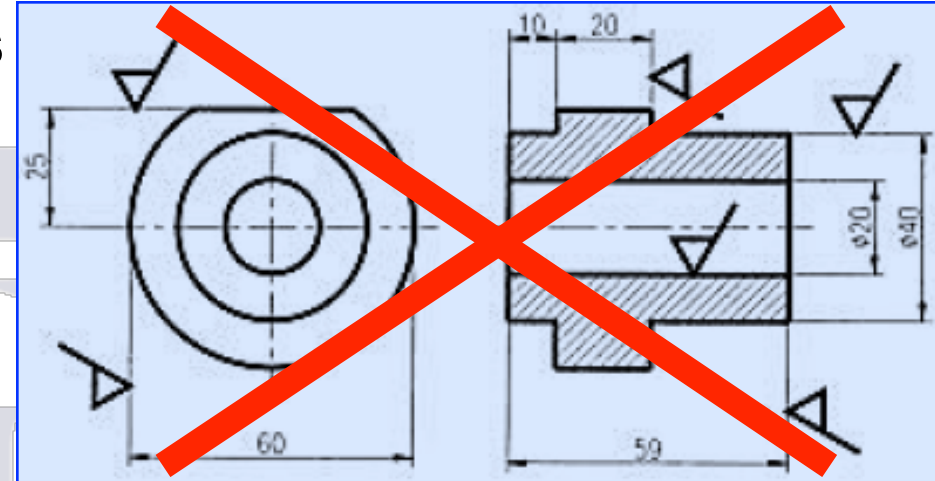
INDICACIONES DE LOS SÍMBOLOS

- ◆ Los símbolos se colocan directamente sobre las superficies a las que se refiere o en su prolongación. También se puede colocar sobre una flecha directriz que apunte a la superficie a especificar



INDICACIONES DE LOS SÍMBOLOS

- ◆ Para evitar redundancias, los símbolos se representan una sola vez por cada superficie y, si es posible, en la vista que lleve su cota correspondiente



INDICACIONES DE LOS SÍMBOLOS

