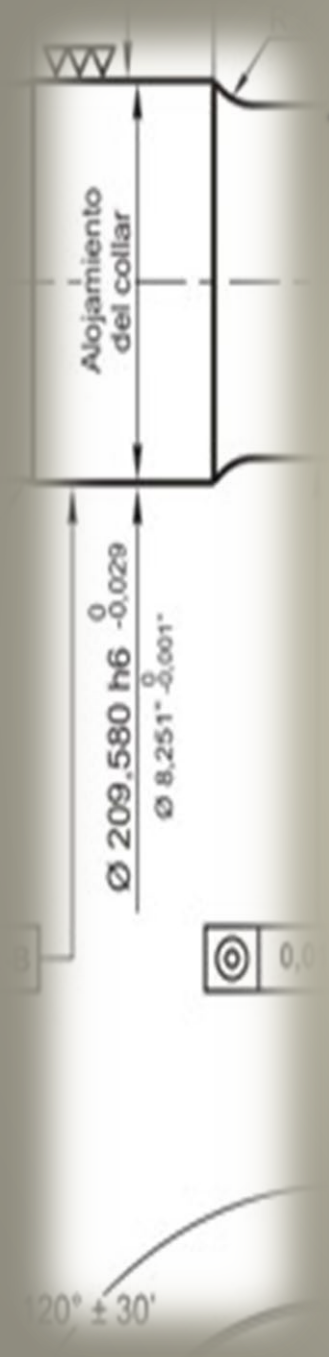
.UBAfiuba
FACULTAD DE INGENIERÍA

depto. Ingeniería Mecánica

67.29
PROYECTO DE MAQUINAS
"RUGOSIDAD SUPERFICIAL"

Ing. FERNANDEZ Galván, Eriel A.
Ing. FACAL, Guillermo R.

Conceptos de Rugosidad Superficial



Introducción

Las rugosidades o asperezas son las huellas que se producen en la superficie de las piezas, como consecuencia de los procesos de elaboración.

La rugosidad va relacionada íntimamente con el procedimiento de trabajo.

Conceptos de Rugosidad Superficial



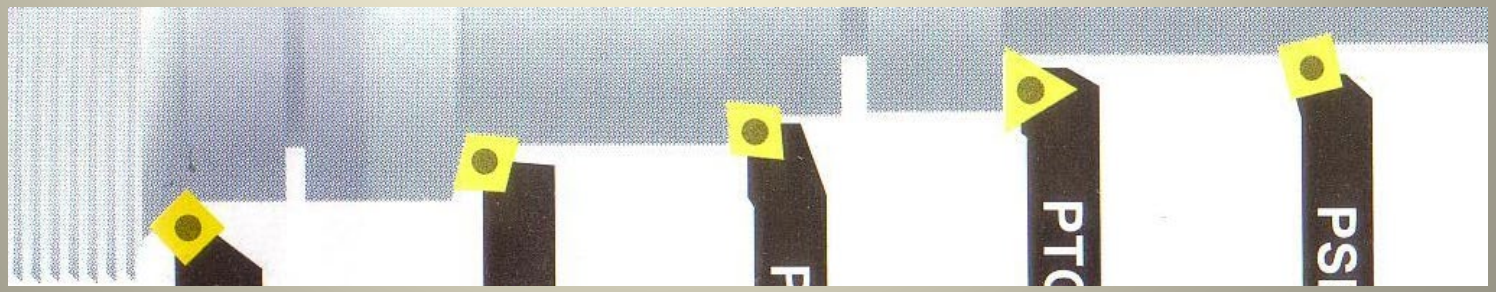
Importancia de la Superficie

1) Razones estéticas
2) Las superficies afectan la seguridad.
3) La fricción y el uso dependen de las características de las superficies.
4) Las superficies afectan las propiedades mecánicas y físicas
5) El ensamblaje de las piezas se ve afectado por sus superficies.
6) Las superficies suaves constituyen contactos eléctricos mejores.

Conceptos de Rugosidad Superficial

Importancia de la Superficie

Mecanizada una pieza, sus superficies no son rigurosos planos o cilindros perfectos ya que en razón de los mecanismos de desprendimiento de viruta la superficie es rugosa en mayor o menor grado.



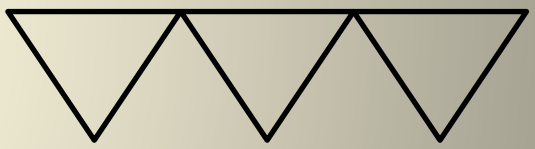
Conceptos de Rugosidad Superficial



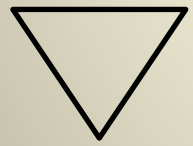
Las normas antiguas designaban con símbolos estas calidades de superficie mediante un sistema de triángulos:



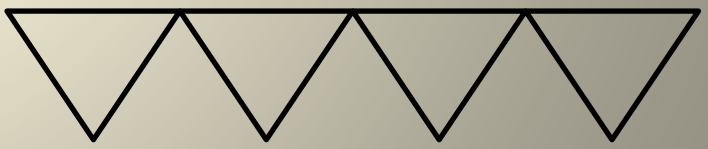
Sin Mecanizar



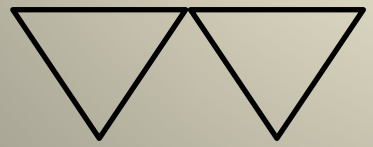
Para Rectificado



Mecanizado de Desbaste

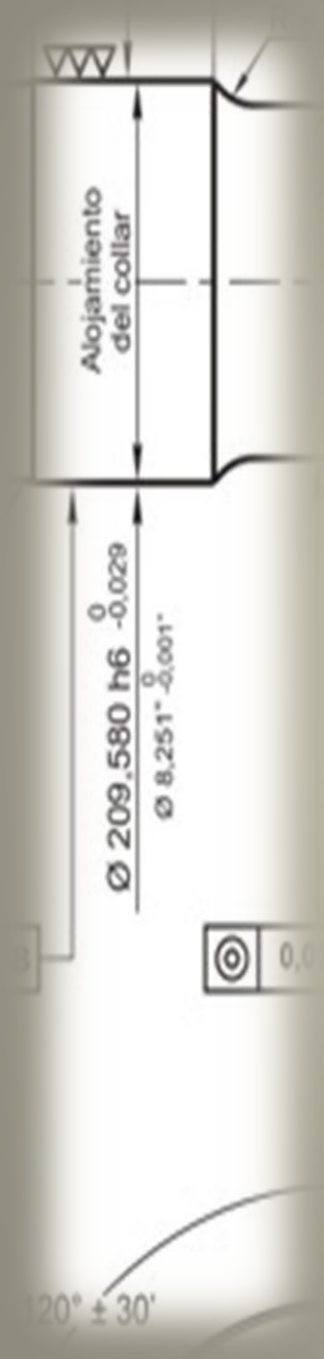


Para Bruñido o lapidado



Mecanizado Pasada Final

Conceptos de Rugosidad Superficial

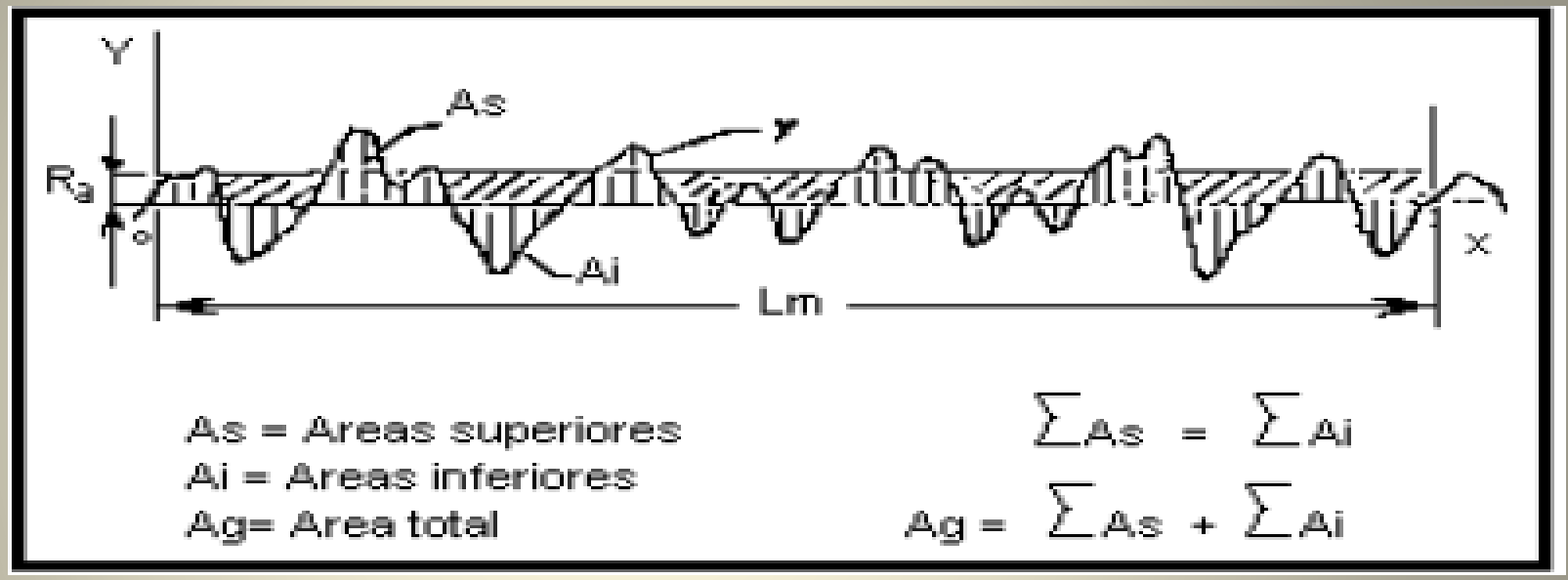


La asignación de la rugosidad correspondiente se establecía por comparación con placas patrones, usando la vista o el tacto lo que lo hacia muy **subjetivo**.

La técnica moderna puso de manifiesto la necesidad de establecer un numero de grado de superficie y así estableció el valor Ra (Valor Medio de la Rugosidad), que a su vez es un promedio de los valores medios de rugosidad de la superficie.

Conceptos de Rugosidad Superficial

Ra : Media Aritmética de la Rugosidad

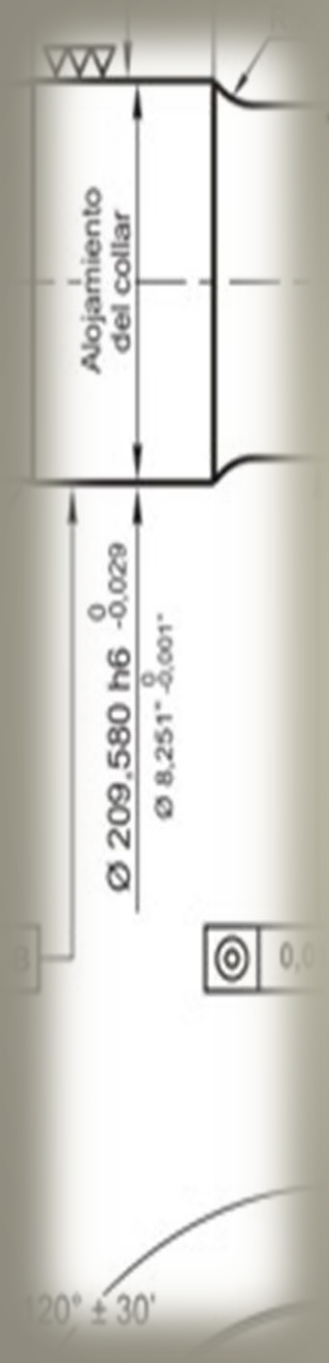


$$Ra = \frac{1}{Lm} \int_0^{Lm} |y| \, dx$$

R_a

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial



Ra : Media Aritmética de la Rugosidad

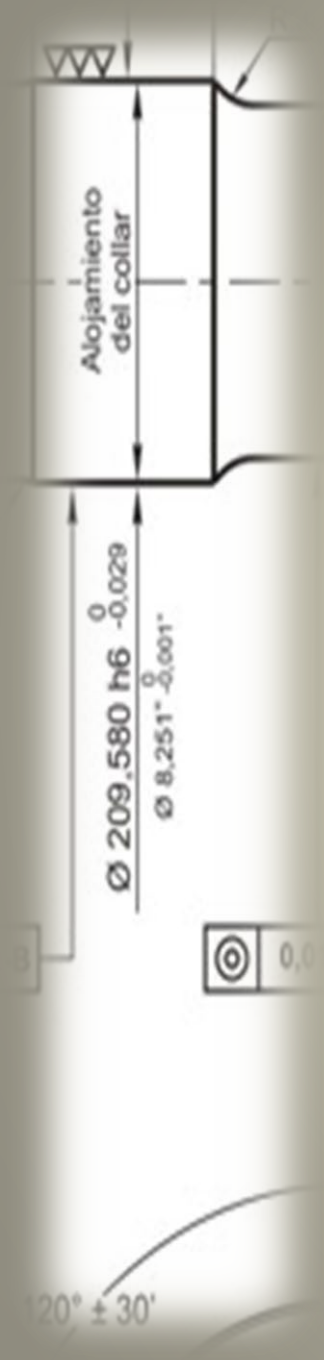
Se la conoce también como CLA (Center Line Average en Gran Bretaña),AA(aritmetical Average de USA) y hm (Norma IRAM).
Está definido como la media aritmética de los valores absolutos de las coordenadas de los puntos del perfil de rugosidad en relación a la línea media dentro de la longitud de medición Lm.
Esta medida también puede ser definida también como: siendo (a) la altura de un rectángulo cuya área sea igual a la suma absoluta de la áreas delimitadas entre el perfil de rugosidad y la línea media, siendo Lm la longitud de medición.
También se puede tomar por aproximación el valor de Ra tomando un cierto número de ordenadas de puntos del pérfil.

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} |y|$$

R_a

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial



Ra : Media Aritmética de la Rugosidad

Siendo :
y: ordenada
n: número de ordenadas consideradas
El valor de n es prefijado según el tipo de aparato.

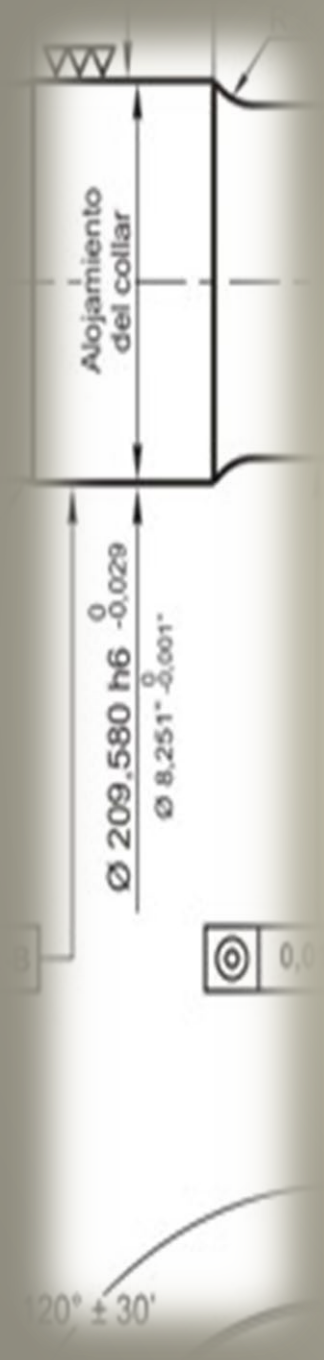
Ra se mide en micrones

Ra se mide en milésimas de pulgada

R_a

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial



Ra : Media Aritmética de la Rugosidad

A fin de racionalizar los valores de Ra indicados en planos y especificaciones , se toman los valores indicados en la tabla siguiente

Tabla 1. Parámetros normalizados de Ra (µm)

0,008	0,040	0,20	1,00	5,0	25,0
0,010	0,050	0,25	1,25	6,0	32,0
0,012	0,063	0,32	1,60	8,0	40,0
0,016	0,080	0,40	2,00	10,0	50,0
0,020	0,100	0,50	2,50	12,5	63,0
0,025	0,125	0,63	3,20	16,0	80,0
0,032	0,160	0,80	4,00	20,0	100,0

R_a

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial



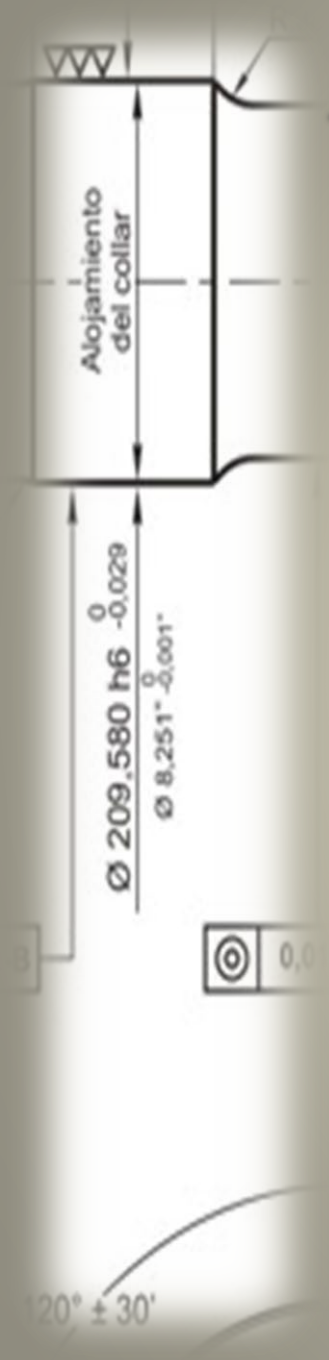
Ra : Media Aritmética de la Rugosidad

Para las aplicaciones indicadas a continuación se indican los siguientes valores de Ra

Ra [µm]	Aplicaciones típicas de rugosidad superficial
0,01	Bloques patrón – Reglas de alta precisión – Guías de aparatos de medida de alta precisión
0,02	Aparatos de precisión- Superficies de medida en micrómetros y calibres de precisión
0,03	Calibradores. Elementos de válvulas de alta presión hidraúlica
0,04	Agujas de rodamientos. Superacabado de camisas de block de motores
0,05	Pistas de rodamientos. Piezas de aparatos control de alta precisión
0,06	Válvulas giratorias de alta presión. Camisas block de motor.
0,08	Rodamientos de agujas de grandes rodamientos
0,1	Asientos cónicos de válvulas. Ejes montados sobre bronce, teflón, etc. a velocidades medias. Superficies de levas de baja velocidad.
0,15	Rodamientos de dimensiones medias. Protectores de rotores de turbinas y reductores.
0,2	Anillos de sincronizados de cajas de velocidades
0,3	Flancos de engranaje. Guías de mesa de máquinas-herramientas
0,4	Pistas de asientos de agujas en crucetas.
0,6	Válvulas de esfera. Tambores de freno.
1,5	Asientos de rodamiento en ejes c/carga pequeña. Ejes-agujeros de engranajes. Cabezas de pistón
2	Superficies mecanizadas en general, ejes, chavetas, alojamientos, etc.
3	Superficies mecanizadas en general. Superficies de referencia. Superficies de apoyo
4	Superficies desbastadas
5 a 15	Superficies fundidas y estampadas
>15	Piezas fundidas, forjadas y laminadas.

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Empleo de Ra:

- Cuando es necesario medir la rugosidad en forma continua en la fabricación debido a la facilidad de obtención del resultado.
- Superficies en donde el acabado muestra los surcos bien orientados (torneado, fresado)
- Superficies rectificadas, bruñidas , lapidadas, etc.
- Superficies que no inciden demasiado en la funcionalidad.

R_a

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Ventajas:

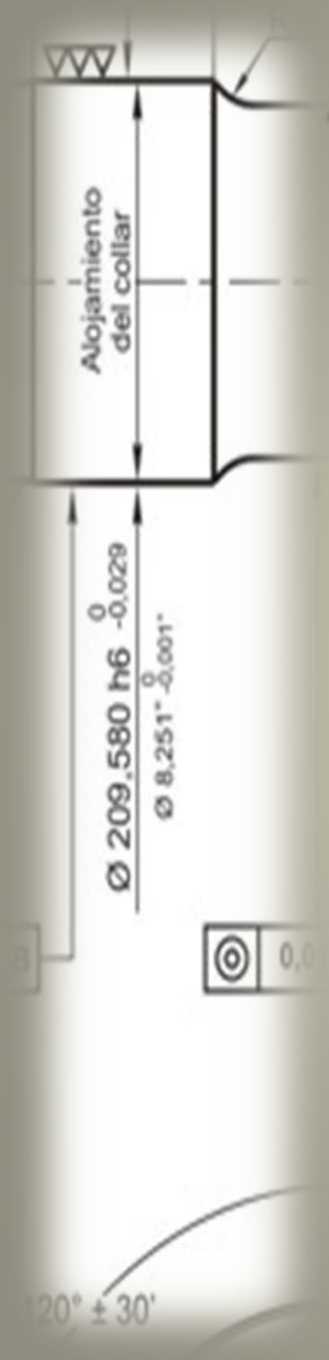
- Es el parámetro más utilizado a nivel global.
- Es aplicable a la mayoría de los procesos de fabricación.
- Debido a su gran utilización casi todos los equipos miden Ra en forma analógica o digital.
- Para la mayoría de las superficies la distribución está de acuerdo a la curva de gauss y es generalmente observado que el valor de Ra es un buen dato estadístico que caracteriza la distribución de amplitud.

R_a

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Desventajas:

El valor de Ra en un módulo de medición, representa la media de la rugosidad, por eso un pico o un valle no típico en una superficie, va a alterar el valor de la medida, no representando fielmente el valor medio de la rugosidad.

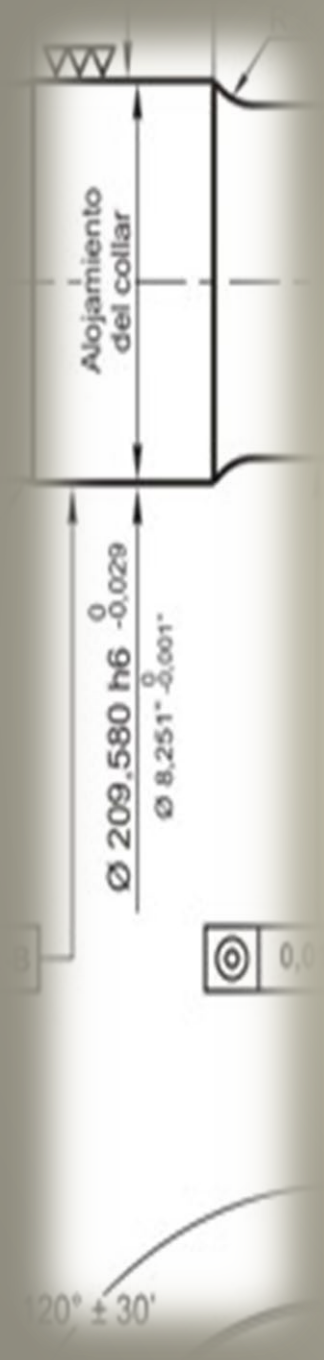
El valor de Ra no define la forma de irregularidad de un perfil ,de esa forma tendremos un prácticamente un mismo valor de Ra, para superficies con procesos de acabado diferentes.

No se hace distinción entre picos y valles.

Para algunos procesos de fabricación como es el sinterizado que hay una diferencia muy alta de picos y valles, el parámetro no es el adecuado

R_a

Conceptos de Rugosidad Superficial



La norma DIN 4769 divide en grados los distintos valores de Ra en micrones y se puede ver en la tabla siguiente:

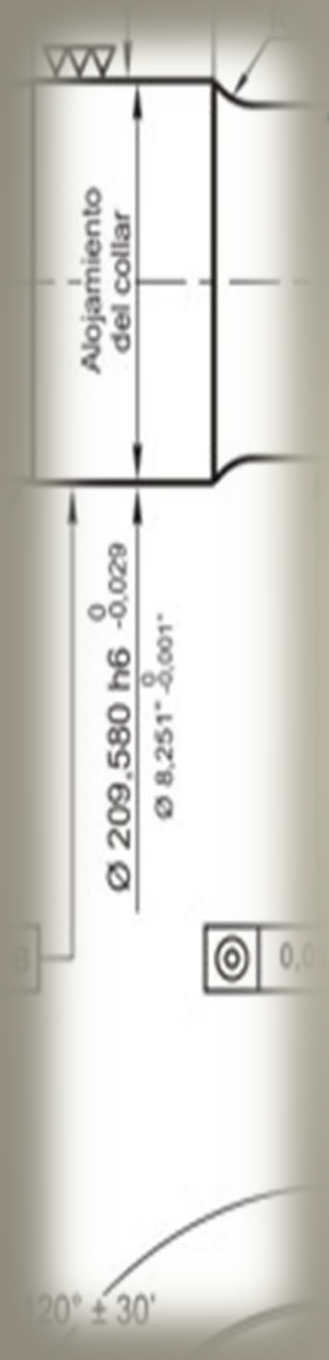
Ra [µm]	N° de Grado de Rugosidad
50	N12
25	N11
12,5	N10
6,3	N9
3,2	N8
1,6	N7
0,8	N6
0,4	N5
0,2	N4
0,1	N3
0,05	N2
0,025	N1



R_a

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Rq mide la rugosidad media cuadrática

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{L}\int_0^L y^2\,dx}$$

Aproximadamente :

$$Rq = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} y^2}$$

R_q

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



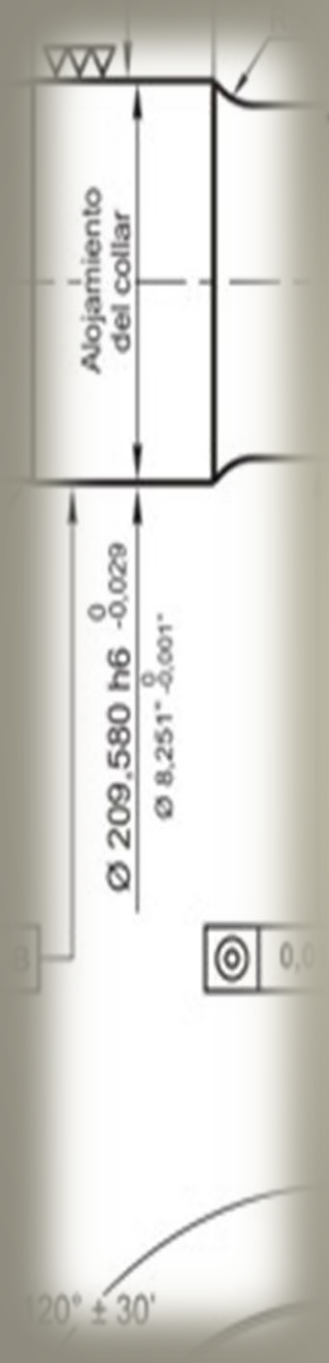
Está definido como la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de la ordenada del perfil efectivo en relación a la línea media en un módulo de medición.

R_q

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Empleo de Rq :

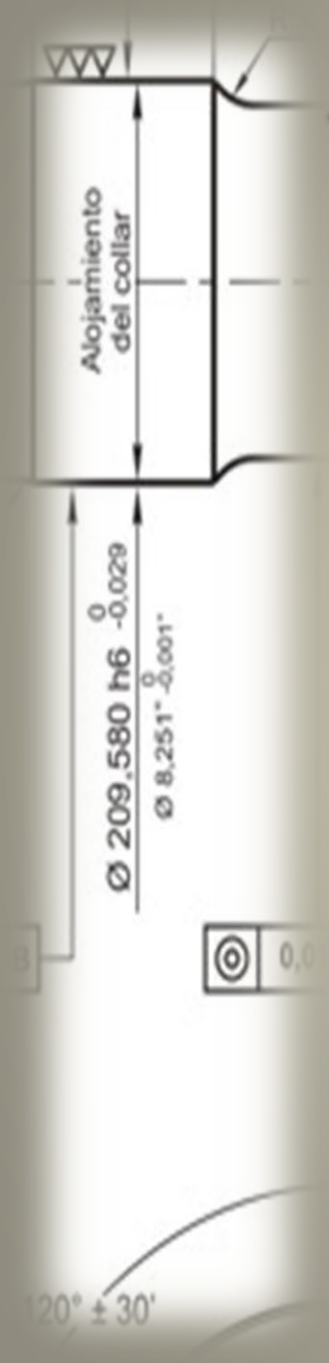
- Superficies donde el acabado presenta los surcos bien orientados (torneado, fresado,etc.)
- Superficies donde Ra presenta poca resolución

R_q

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Ventajas de Rq:

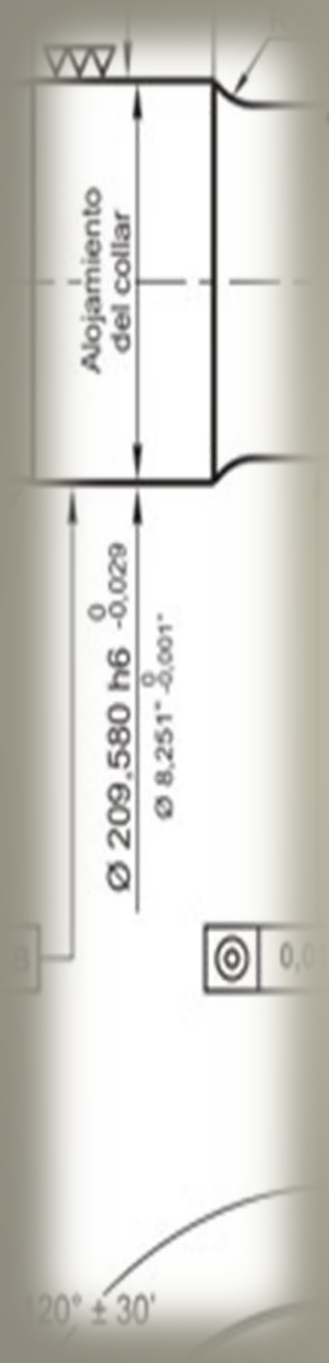
- Comparado con Ra este parámetro tiene el efecto de dar peso extra para altos valores.
- Para superficies donde la detección de picos o valles se torna importante. Estos se evidencian más que con Ra , pues acentúa el error elevándolo al cuadrado.

R_q

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Desventajas de Rq:

- Poco utilizado.
- Es más difícil de obtener gráficamente que Ra.
- Tal como Ra no define la forma de irregularidad.
- Normalmente viene acompañado de Rt o Rmax.

R_q

Se obtienen valores de Rugosidad

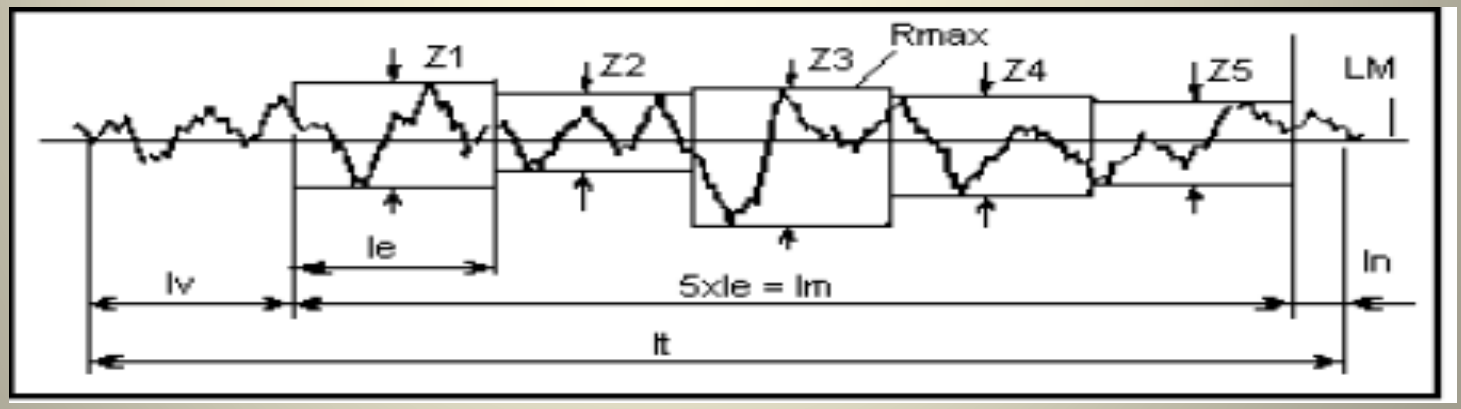
Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad

Rugosidad Parcial Zi

i = 1 a 5

Es igual a la suma de las ordenadas (en valor absoluto) de los puntos más alejados de la línea media dentro de cada módulo. En la representación gráfica del perfil este valor corresponde a la distancia entre los puntos máximo y mínimo dentro del recorrido de medición Le.



Z

Se obtienen valores de Rugosidad

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Empleo del Parámetro Z

- Usado para el análisis de superficies, ya que no es aconsejable para especificaciones de diseño.
- Utilizado para determinar Ra, Rz y Rmax

Z

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



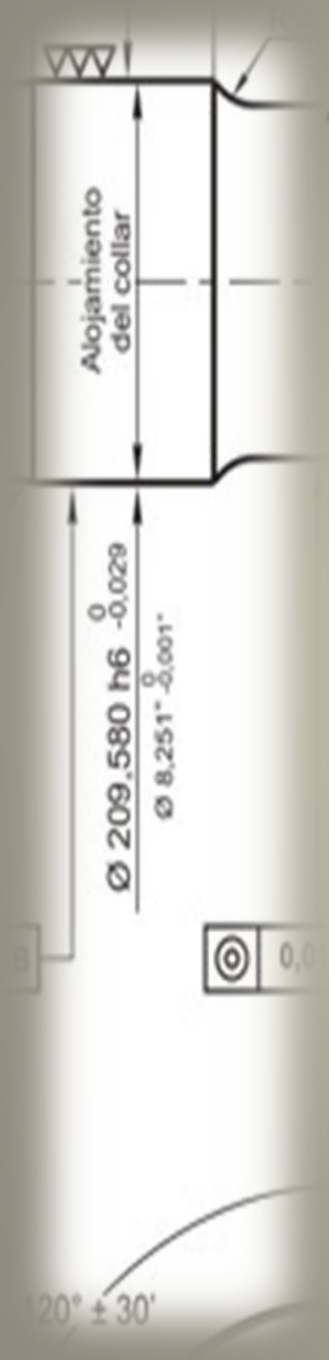
Ventajas del Parámetro z

- Indica información complementaria a Ra.
- Indica la posición donde se encuentra el mayor Z.
- A través de él se determina Rz y Rmax.
- Cuando el equipamiento lo indica el gráfico correspondiente es de fácil obtención.

Z

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Rugosidad Media Rz (DIN 4768)

Es la media aritmética de los valores de rugosidad parcial Zi correspondientes a cada uno de los cinco módulos integrantes de la longitud de medición

$$R_Z = \frac{1}{5}\left(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5\right)$$

Rz

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Empleo de Rz:

Puede ser usado en los casos en que los puntos aislados no influencien la función de la pieza a ser controlada.
Por ejemplo: superficies de apoyo de deslizamiento, ajustes prensados , etc.

Rz

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad



Ventajas de Rz:

- De fácil obtención a través de equipos que ejecuten gráficos.
- En perfiles periódicos define muy bien la superficie.
- Surcos aislados serán considerados parcialmente, de acuerdo a la cantidad de puntos aislados.

Rz

Conceptos de Rugosidad Superficial

Determinación del valor de rugosidad

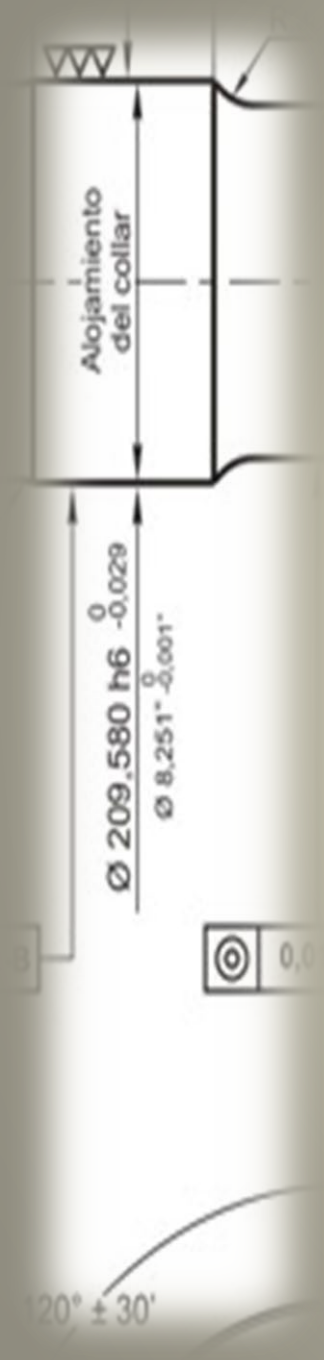


Desventajas de Rz:

- En algunas aplicaciones esa consideración de los puntos aislados no es aconsejable, porque una alteración considerable en un punto aislado, será ponderada un 20%.
- Al igual que Rmax no proporciona ninguna información de la forma del pérfil como así tampoco la distancia entre los puntos.
- No todos los equipos suministran este parámetro.

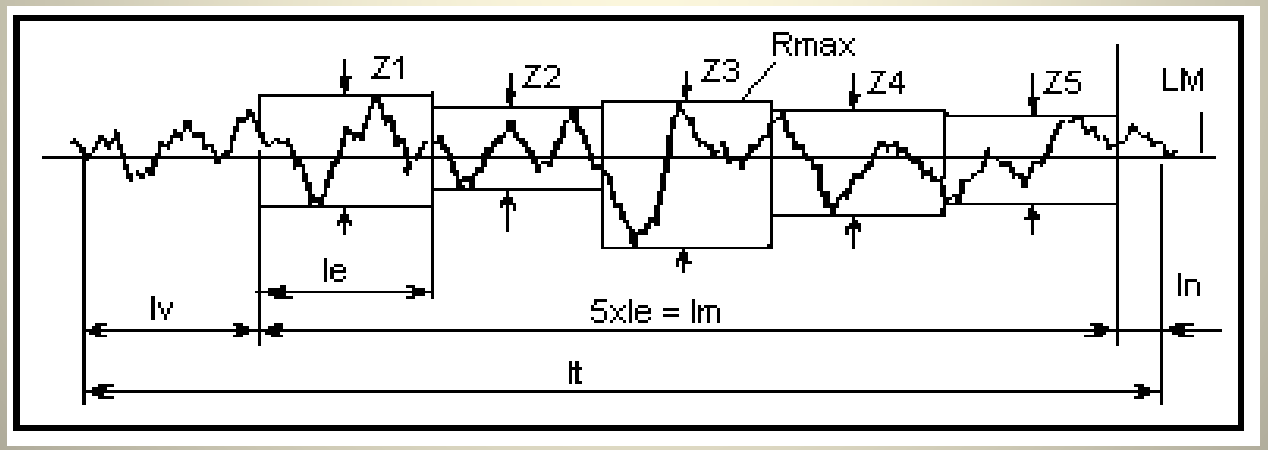
Rz

Conceptos de Rugosidad Superficial



Rmax: Rugosidad Máxima

- Es la mayor de las rugosidades parciales Zi que se presentan en la longitud de medición Lm. Es el valor de Z3 en la figura



Rmax

Conceptos de Rugosidad Superficial



Empleo del parámetro Rmax:

- Superficie dinámicamente cargada.
- Superficies de deslizamiento donde el perfil es teórico, más debe ir acompañado de inclinación y ondulación.

Rmax

Conceptos de Rugosidad Superficial

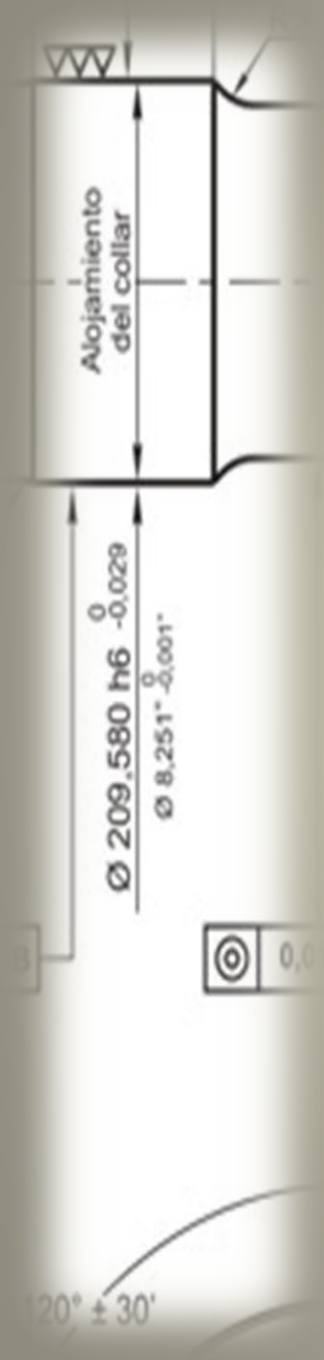


Ventajas de Rmax:

- Informa sobre el máximo deterioro en la dirección vertical respecto al perfil de la superficie de la pieza.
- Cuando el equipo de medición lo posee, el gráfico de la superficie es de fácil obtención.
- Se usa en la mayoría de los países.
- Contiene información complementaria respecto de Ra.(Incluye los valores de los picos y los valles

Rmax

Conceptos de Rugosidad Superficial



Desventajas de Rmax:

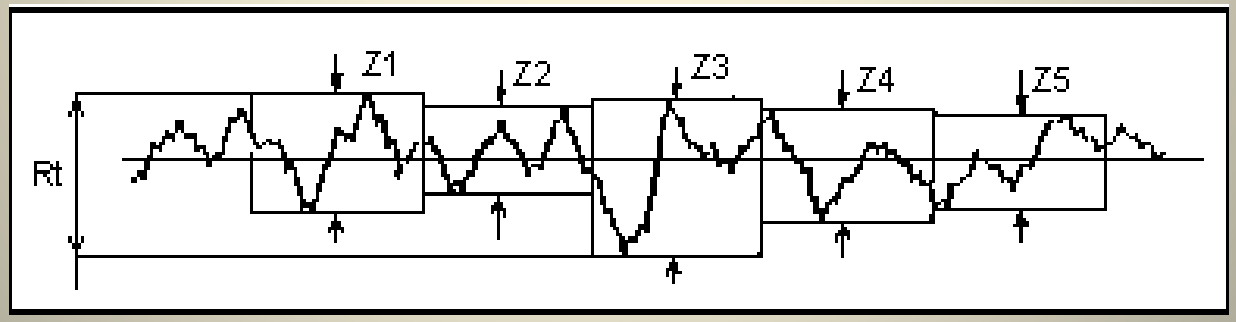
- No todos los equipos contienen el parámetro y para valuarlo a través del gráfico es preciso tener certeza de que el perfil registrado es un perfil de rugosidad
- Puede dar una imagen errónea de la superficie, pues evalúa errores que muchas veces no representan a la superficie como un todo. Por ejemplo, un surco que fue causado durante el mecanizado y que no caracteriza al proceso.
- Individualmente no presenta información suficiente respecto de una superficie, esto es, no da información sobre su forma.

Rmax

Conceptos de Rugosidad Superficial

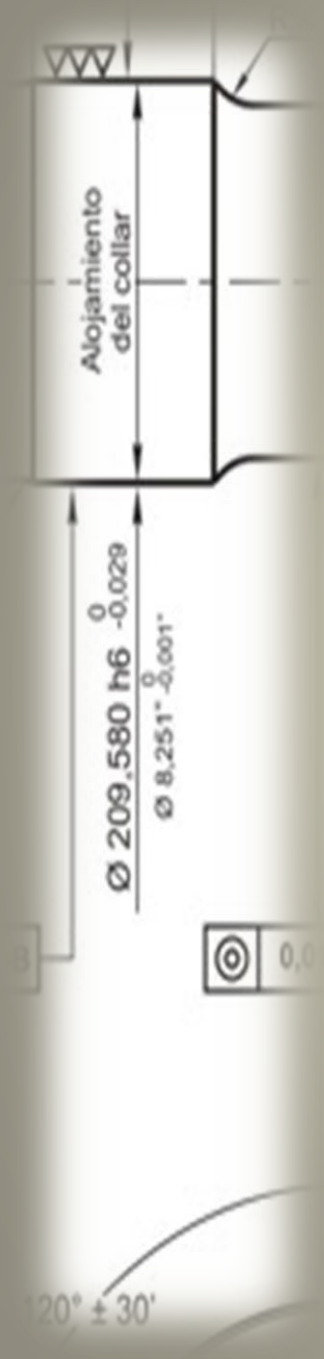
Rt : Profundidad Total de la Rugosidad

Es la distancia vertical entre el pico más alto y el valle más profundo dentro de la longitud de medición.



Rt

Conceptos de Rugosidad Superficial



Rt : Empleo de Rt

Tiene las mismas características que Rmáx, pero con mayor rigidez, pues considera la longitud de medición igual a la longitud de palpado del equipo

Rt

Conceptos de Rugosidad Superficial



Ventajas de Rt

- Es más rígido en la evaluación que Rmáx, pues considera toda la longitud de evaluación (carrera del palpador) y no como el caso de Rmáx que desprecia un trecho al comienzo y al fin de la carrera de medición.
- Cuando el rugosímetro lo suministra, el gráfico de la superficie es más fácil de obtener que Rmáx.

Rt

Conceptos de Rugosidad Superficial



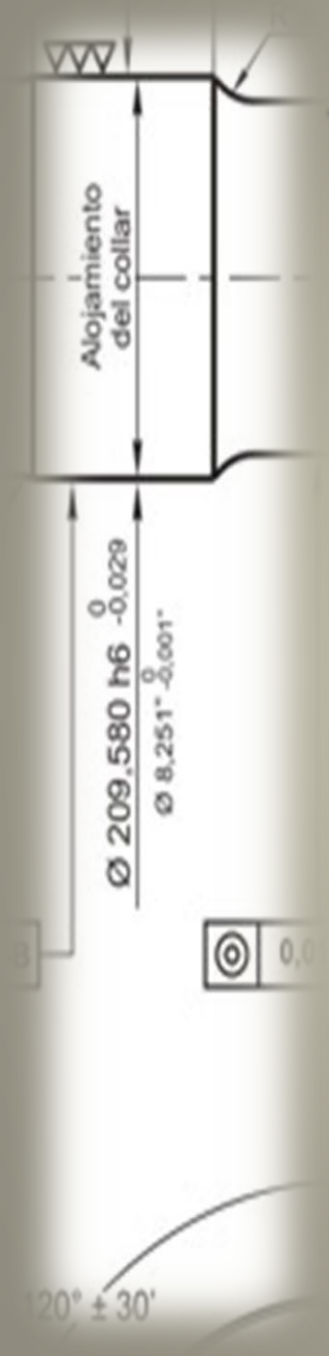
Desventajas de Rt

- En algunos casos la rigidez de evaluación lleva a resultados engañosos.
- Poco utilizado salvo en algunos países como Alemania.
- Tiene todas las desventajas de Rmáx

Rt

Conceptos de Rugosidad Superficial

Calidades y valores de la Rugosidad



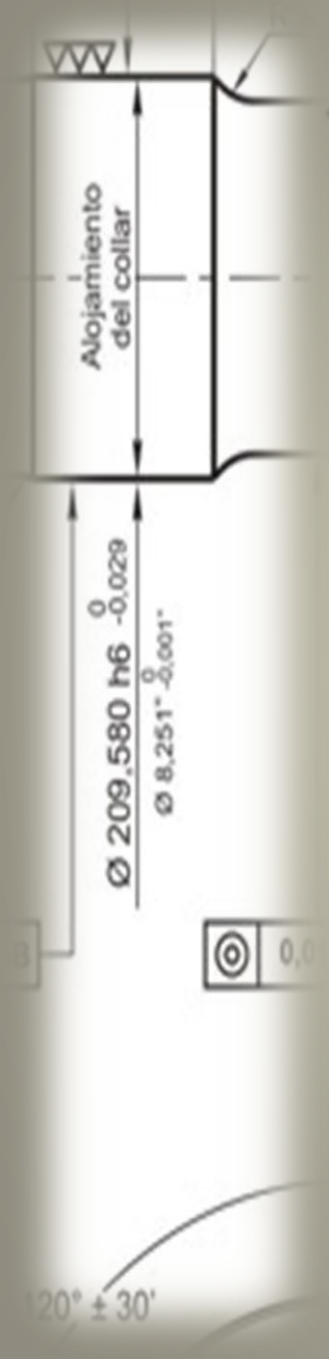
CALIDAD SUPERFICIAL.			
Símbolo Antiguo	Designación	Ra (µm)	Rz (µm)
~	N12	50	240
	N11	25	160
▽	N10	12,5	100
▽▽	N9	6,3	63
	N8	3,2	40
	N7	1,6	20
▽▽▽	N6	0,8	12,5
	N5	0,4	8
	N4	0,2	4
▽▽▽▽	N3	0,1	2,5
	N2	0,05	1,6
	N1	0,025	1

Menor Rugosidad

Mayor calidad

Conceptos de Rugosidad Superficial

Calidades y valores de la Rugosidad



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 hidraúlicas. Cojinetes lapeados. Pernos de árboles para rotores de turbinas, 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.



Menor Rugosidad

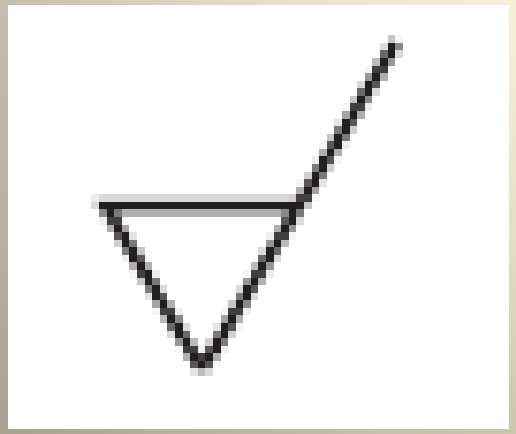
Mayor calidad

Conceptos de Rugosidad Superficial

Simbología según Norma IRAM

El símbolo básico lo forman dos trazos desiguales, inclinados 60º con respecto a la superficie considerada.



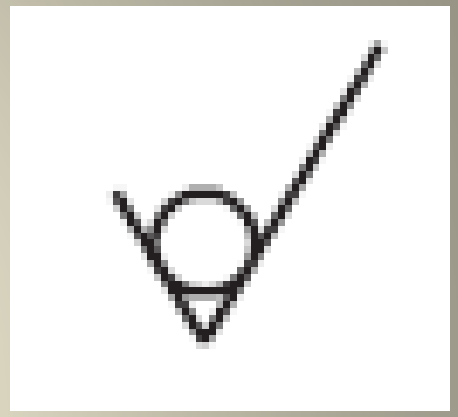


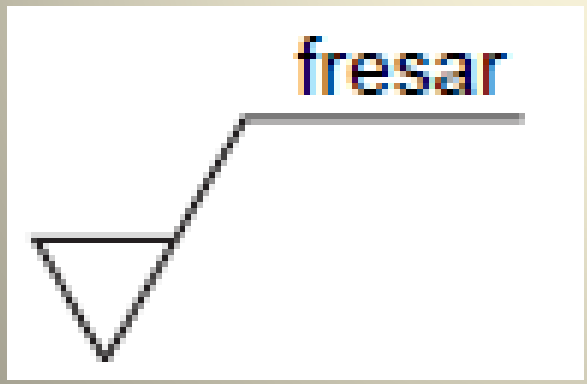
Cuando se exige un mecanizado con arranque de viruta, se añade al símbolo base, un tramo horizontal.

Conceptos de Rugosidad Superficial

Simbología según Norma IRAM

Cuando **NO EXISTE** o **NO ESTA PERMITIDO** el arranque de viruta, se inscribe un círculo en el símbolo base.



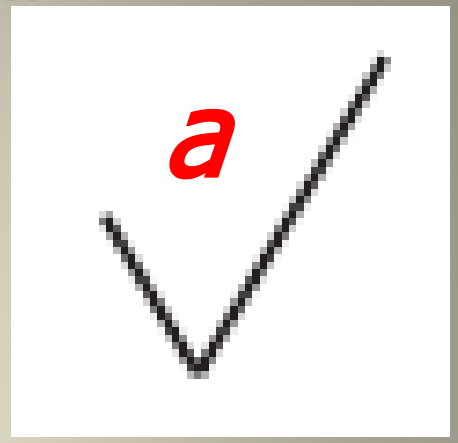


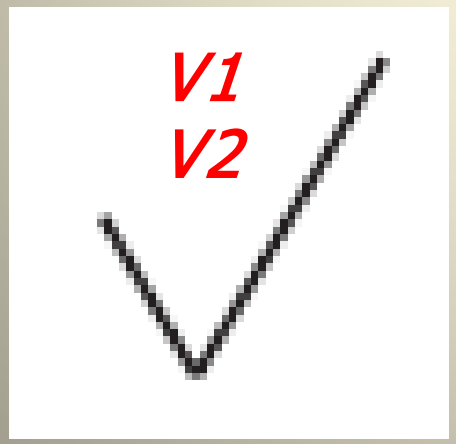
Cuando interesa hacer constar el procedimiento de mecanización, el trazo largo se completa con otro trazo horizontal y se escribe un poco más arriba el procedimiento que se debe emplear.

Conceptos de Rugosidad Superficial

Simbología según Norma IRAM

Los valores numéricos de la rugosidad (Ra), o su denominación (Nx), deberán colocarse, según las fisuras, en lugar de la letra ***a***

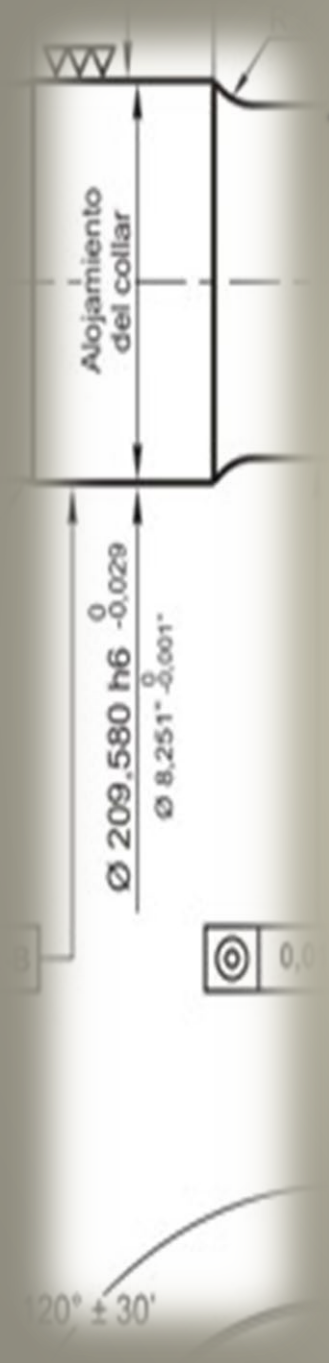




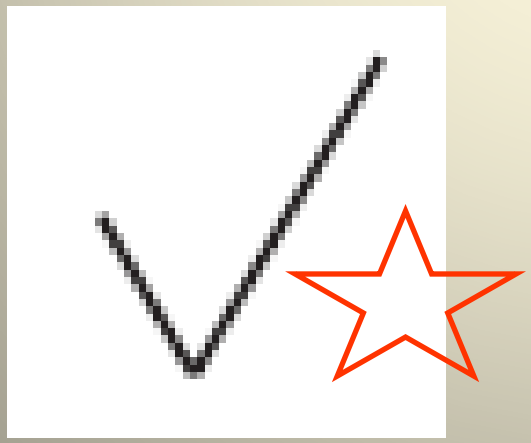
Cuando interesa escribir los límites admisibles de rugosidad, se hace tal como se indica, situando el valor máximo V1 encima del valor mínimo V2

Conceptos de Rugosidad Superficial

Simbología según Norma IRAM



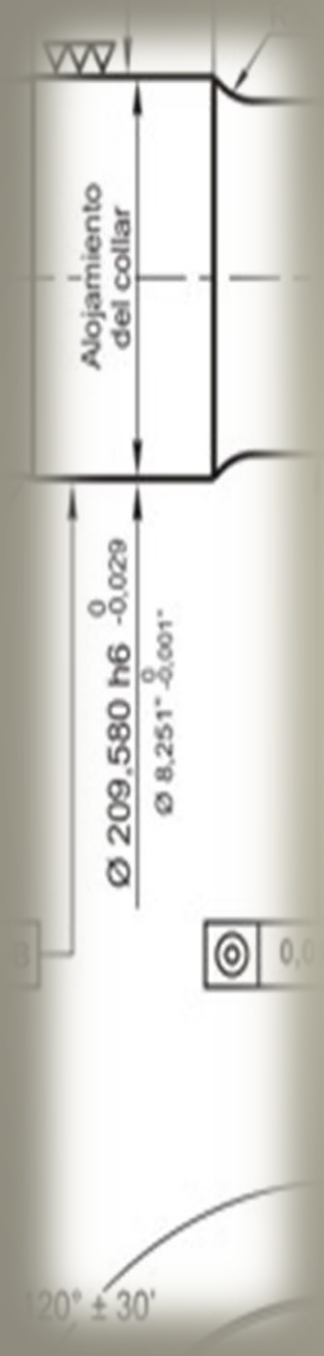
Si es necesario hacer constar la dirección de las estrías del mecanizado, se añade el símbolo elegido, tal como se indica.

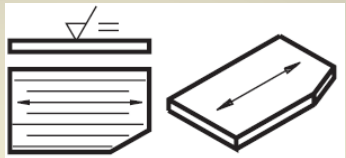
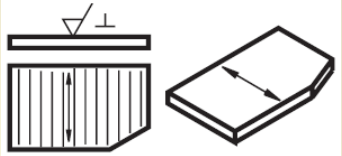
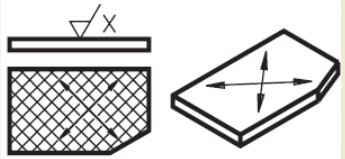
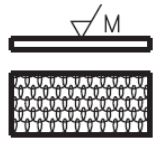


SÍMBOLO	ORIENTACIÓN DE LA RUGOSIDAD	EJEMPLO	RUGOSIDAD
=	Paralela a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.	0, 8	Rugosidad máxima Ra = 0, 8 µm.
⊥	Perpendicular a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.	1, 6 0. 8	Rugosidad comprendida entre Ra = 0, 8 µm y Ra = 1, 6 µm.
×	Cruzado respecto a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.	0, 4 ⊥	Rugosidad máxima Ra = 0, 4 µm en la orientación.
M	Multidireccional.	0, 8 0, 4	Rugosidad máxima Ra = 0, 8 µm con paso de la rugosidad de 0, 4 mm.
C	Aproximadamente circular respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.	0, 4 1	Rugosidad máxima Ra = 0, 4 µm con altura de 1 mm.
R	Aproximadamente radial respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.	0, 4 1 - 6	Rugosidad máxima Ra = 0, 4 µm con altura de 1 mm y paso de la ondulación de 6 mm.

Conceptos de Rugosidad Superficial

Simbología según Norma IRAM

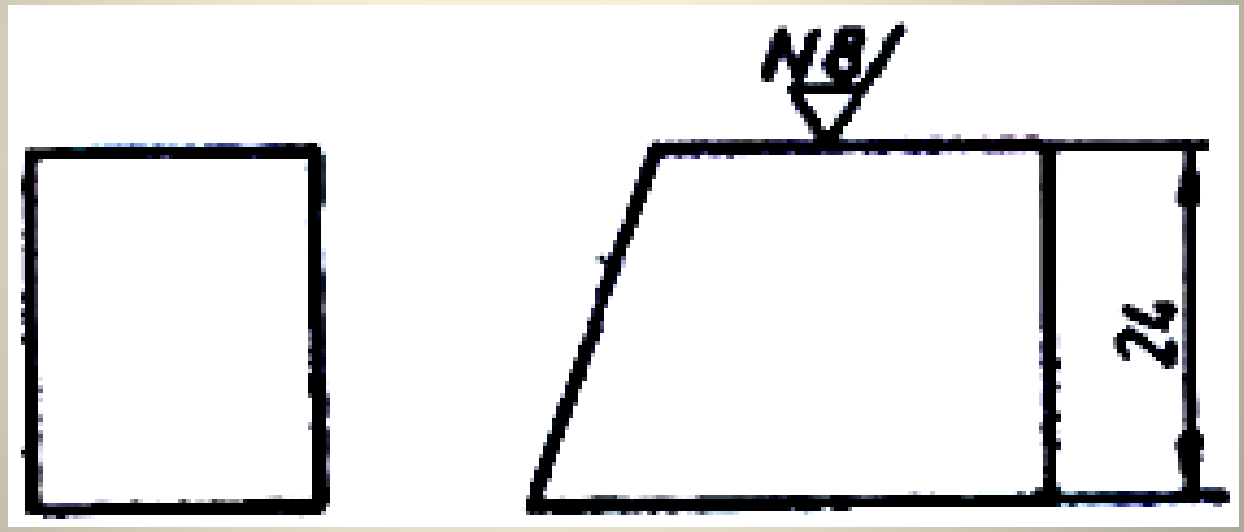


=	
^	
X	
M	
C	
R	

Conceptos de Rugosidad Superficial

Simbología según Norma IRAM

El signo superficial se coloca en la vista donde se acota la superficie a que se refiere.



Conceptos de Rugosidad Superficial

Como llegamos a las rugosidades acotadas.

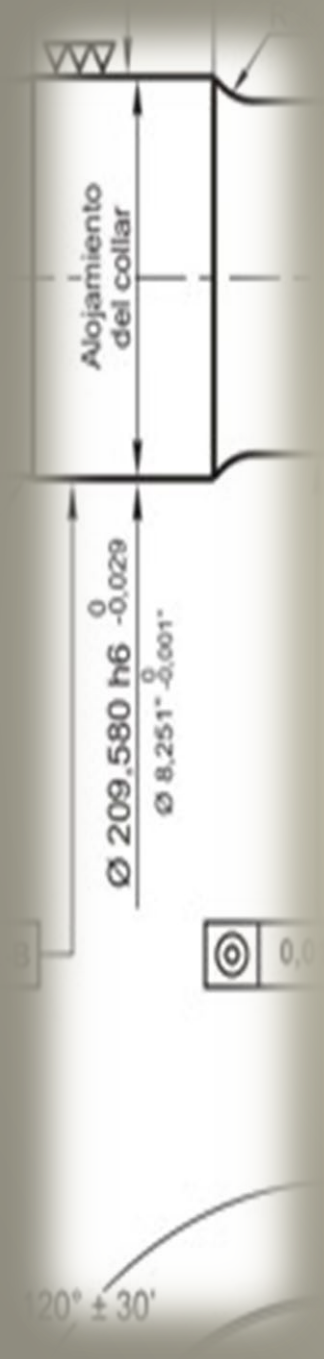


CALIDAD SUPERFICIAL.

Símbolo Antiguo	Designación	Ra (µm)	Rz (µm)	Procesos de mecanizado		
~	N12	50	240	SIN MECANIZAR / BIEN ACABADO		
~	N11	25	160			
▽	N10	12,5	100	TORNEADO	FRESADO TANGENCIAL	FRESADO FRONTAL
▽▽	N9	6,3	63			
▽▽	N8	3,2	40			
▽▽	N7	1,6	20			RECTIFICADO
▽▽▽	N6	0,8	12,5		BRUÑIDO	
▽▽▽	N5	0,4	8	LAPEADO		
▽▽▽	N4	0,2	4			
▽▽▽▽	N3	0,1	2,5			
▽▽▽▽	N2	0,05	1,6			
▽▽▽▽	N1	0,025	1			

Conceptos de Rugosidad Superficial

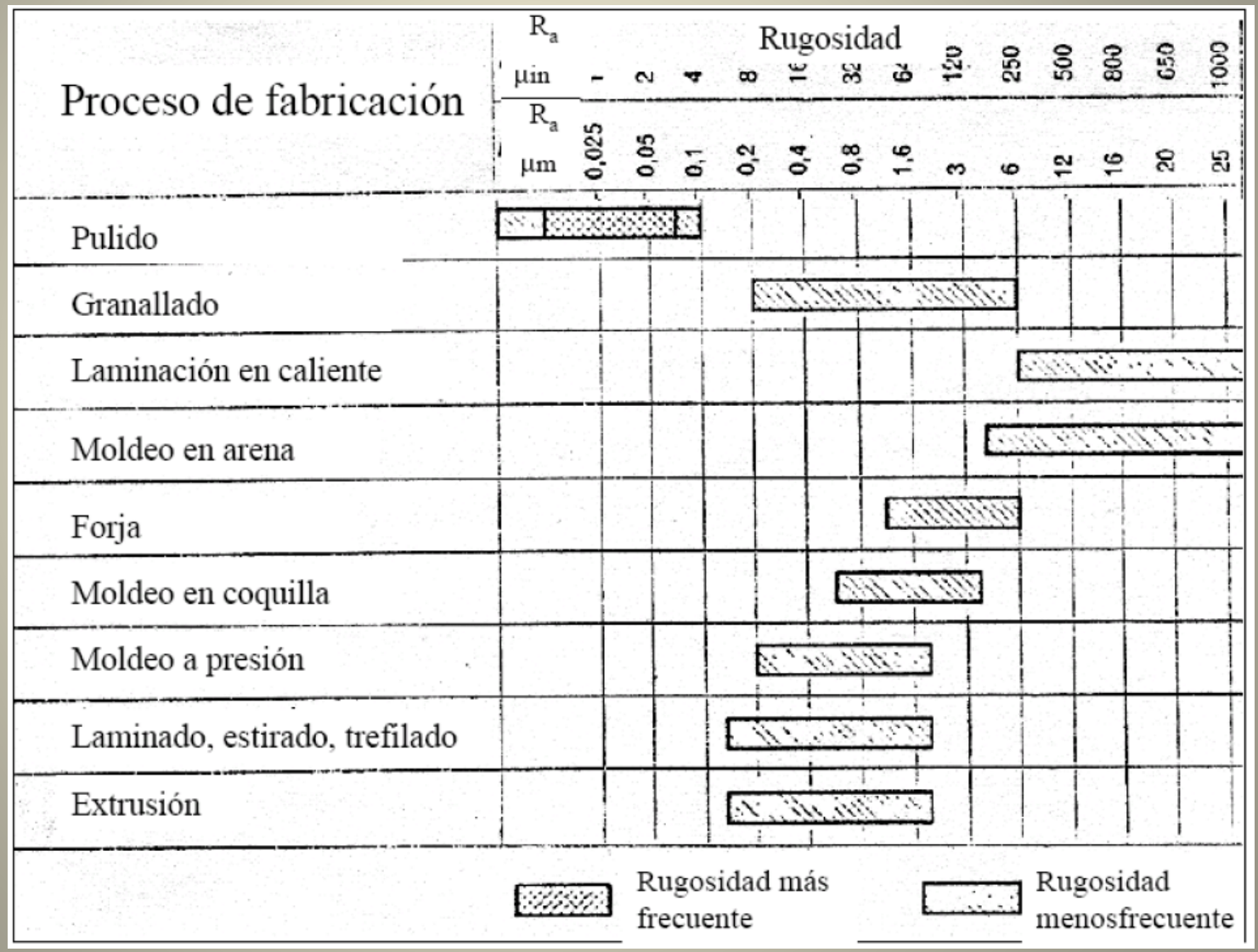
Como llegamos a las rugosidades acotadas.



Proceso de fabricación	R_a µin: 1 · 2 · 4 · 8 · 16 · 32 · 64 · 125 · 250 · 500 · 800 · 650 · 1000 — Rugosidad — R_a 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	
Mandrinado	
Brochado	
Rectificado	
Bruñido	
Superacabado (lapeado)	
Pulido	

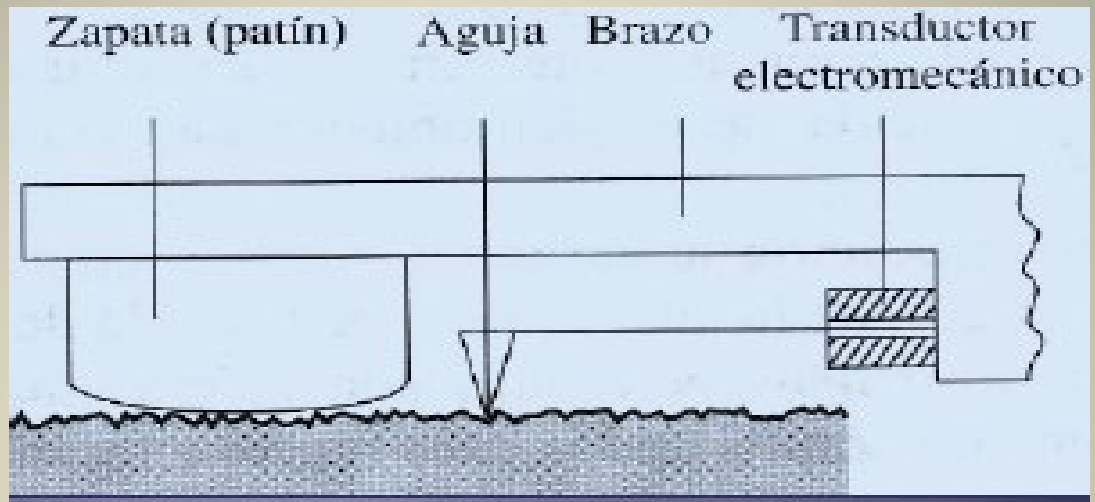
Conceptos de Rugosidad Superficial

Como llegamos a las rugosidades acotadas.



Conceptos de Rugosidad Superficial

Rugosimetros





Conceptos de Rugosidad Superficial

Rugosimetros

Pueden ser portátiles como en la diapositiva anterior o lo que muestra la figura.

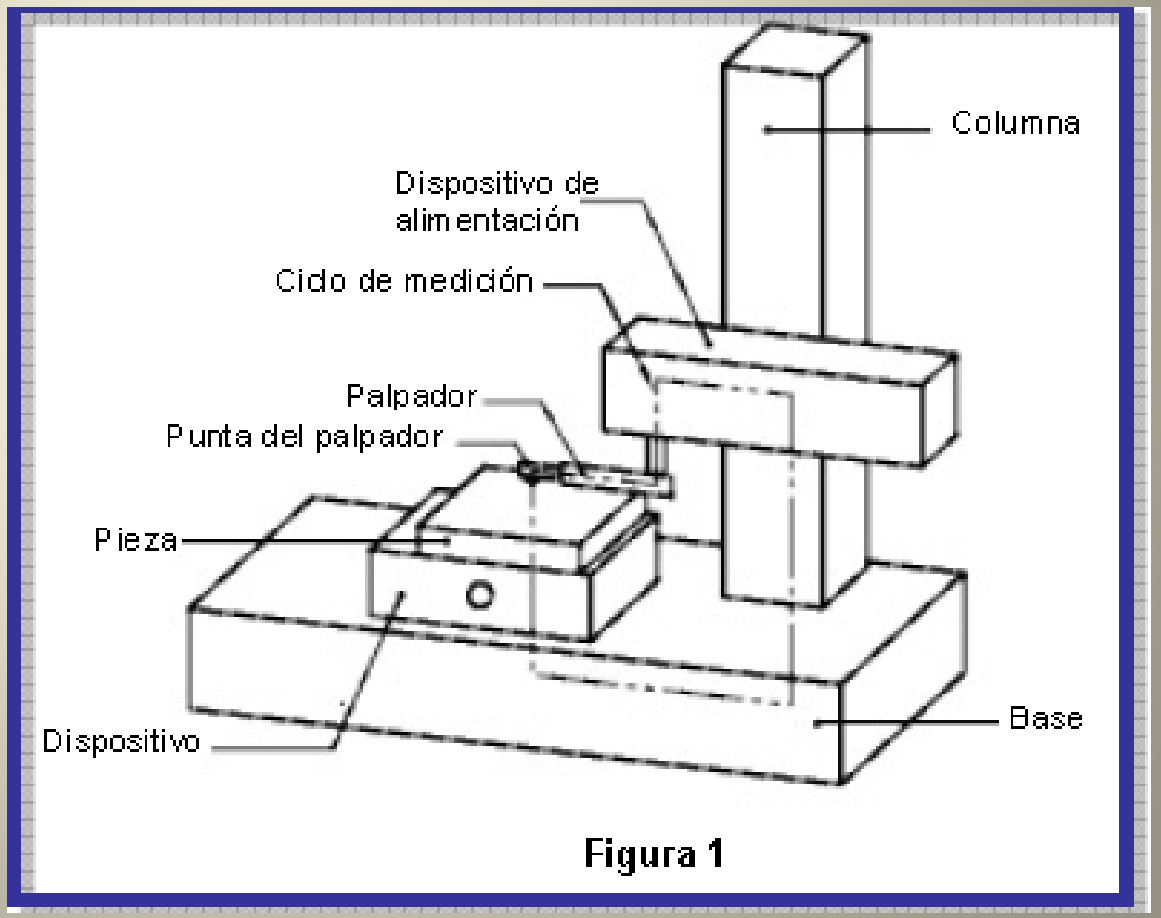
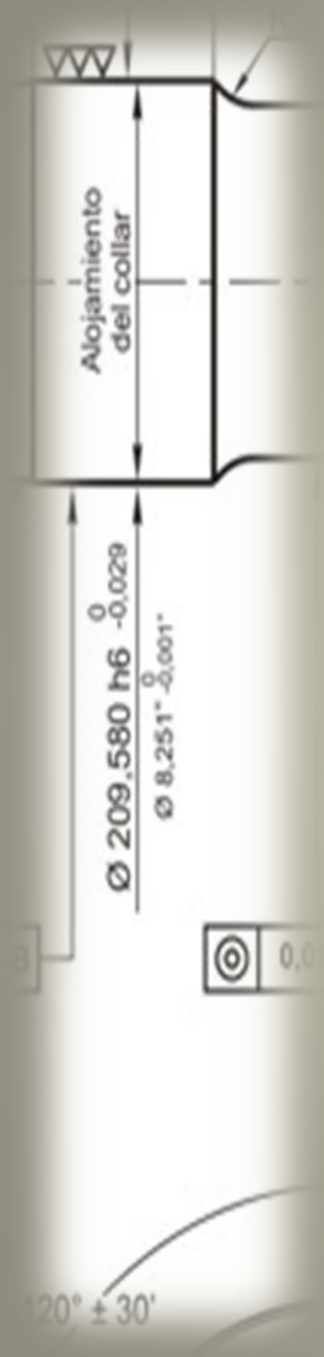


Figura 1

Conceptos de Rugosidad Superficial



Rugosimetros

La descripción del equipos es la siguiente:
Sobre una base se coloca un dispositivo de nivelación/sujeción/alineación sobre el que se coloca la pieza a medir, un palpador con una punta cónica con un radio esférico muy pequeño recorre una pequeña distancia sobre la superficie a la que se desea medir la rugosidad el palpador es movido por el dispositivo de alimentación que esta montado sobre una columna.
Estos equipos pueden transmitir los datos obtenidos a una PC para evaluar los parámetros de acuerdo con norma desde tres perfiles diferentes, el primario, el de rugosidad y el de ondulación mediante filtrado