

Especificación Geométrica de Productos. Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos. UNE-EN-ISO 1302:2002

Se observa que el perfil teórico (figura 1) de una pieza no es posible obtenerlo de forma completamente precisa, por lo que se aplican tolerancias para determinarlo. Estas tolerancias son: 1. dimensionales, 2. geométricas, es decir, de forma y posición y 3. de acabado superficial.

Las diferencias entre ellas son: el orden de magnitud y el objetivo con el que se aplican. Las dimensionales y de forma y posición afectan a la función de la pieza y a su intercambiabilidad y las de acabado superficial a la estanqueidad, rozamiento o desgaste de la pieza.

Para visualizar estas diferencias de forma orientativa, se muestra una relación factible entre ellas para una pieza de calidad media:

Tolerancia dimensional:	$\pm 0,050$ mm	—————
Tolerancia de forma:	$\pm 0,020$ mm	—————
Tolerancia de acabado:	$\pm 0,005$ mm	———

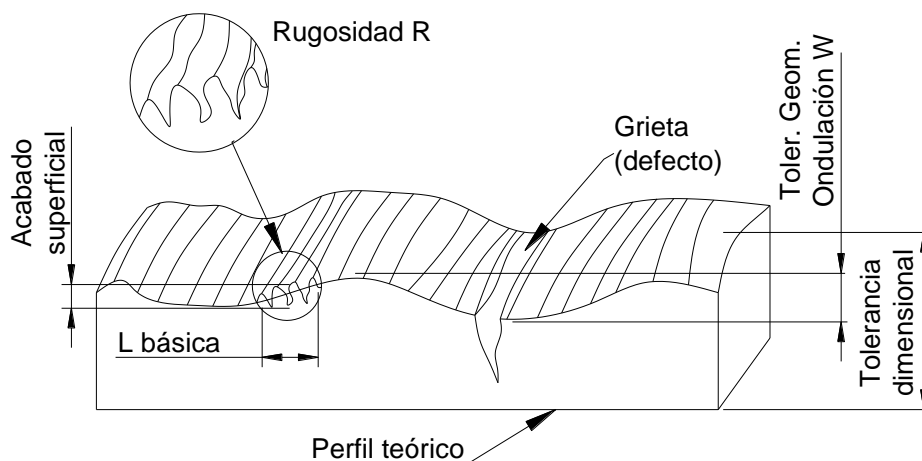


Figura 1: Evaluación del perfil real de una pieza.

Tabla 1. Relación orientativa entre la tolerancia dimensional (IT) y la rugosidad superficial, Ra. ($IT \approx 10Ra$)

Ra μ m	\varnothing mm				
	\varnothing 3	\varnothing 18	\varnothing 80	\varnothing 250	\varnothing 500
0,2	IT 3	IT 2	IT 1	IT 01	
0,4	IT 5	IT 4	IT 3	IT 1	IT 01
0,8	IT 6	IT 5	IT 4	IT 3	IT 1
1,6	IT 8	IT 7	IT 6	IT 4	IT 3
3,2	IT 9	IT 8	IT 7	IT 6	IT 5
6,3	IT 11	IT 10	IT 9	IT 8	IT 7
12,5	IT 13	IT 11	IT 10	IT 9	IT 8

TIPOS DE SUPERFICIE

El acabado superficial o rugosidad es un parámetro que varía según las características funcionales que tiene cada superficie en una pieza o conjunto (Figura 2). Los tipos de superficies que forman parte de una pieza se pueden dividir en:

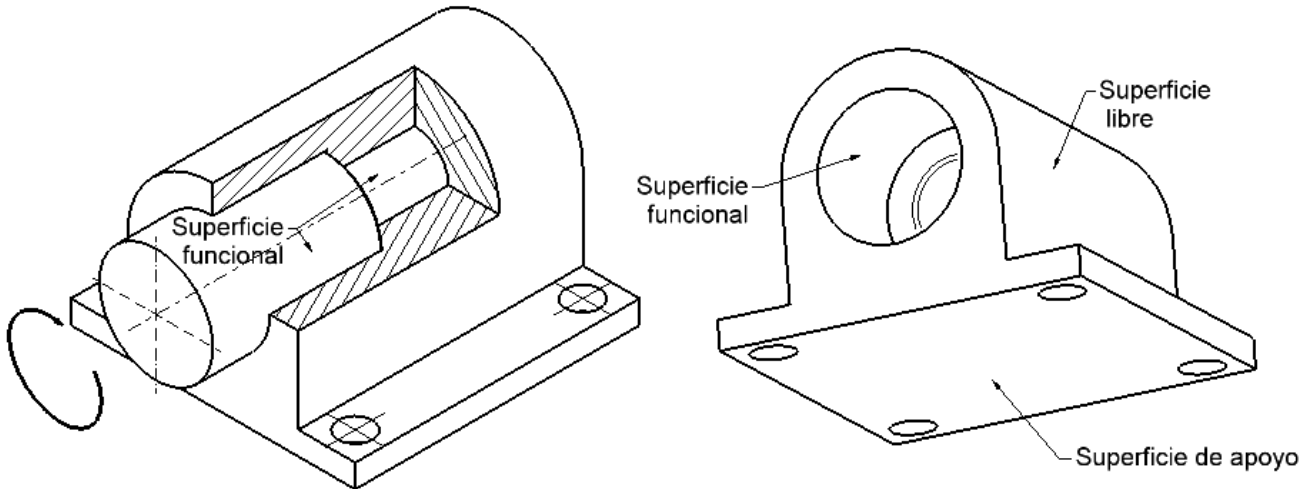


Figura 2. Tipos de superficie.

- **Superficie Funcional:** Aquellas superficies que tienen contacto dinámico (rotación, traslación...) con otras, por lo que requieren un acabado fino.
- **Superficie de Apoyo:** Aquellas superficies que tienen contacto estático con otras, por lo que requieren un acabado intermedio.
- **Superficie Libre:** Aquella que no tiene contacto con otra.

CALIDAD SUPERFICIAL

Se hace referencia al grado de rugosidad de una superficie. Las superficies obtenidas según los procesos de fabricación como los que se han señalado anteriormente, se caracterizan porque la forma de la rugosidad abarca los siguientes aspectos (figura 3):

- Se percibe que las estrías de la superficie tienen una direccionalidad según haya sido el proceso de fabricación o tratamiento.
- El **perfil real** es el obtenido al cortar la superficie por un plano perpendicular a dicha superficie.
- **Perfil primario P.** El perfil real, al realizarse la medición mediante un instrumento palpador (figura 4), debido a las limitaciones geométricas del palpador y de la sensibilidad del propio instrumento queda suavizado, denominándose este perfil primario P.

Este perfil primario P, puede descomponerse en dos curvas, según la escala:

- **Perfil de ondulación W.** En forma de onda, debido a desajustes y vibraciones de las máquinas, y

- **Perfil de rugosidad R.** Que es más sinuoso, sobre la forma ondulada, debido básicamente a las herramientas de corte.

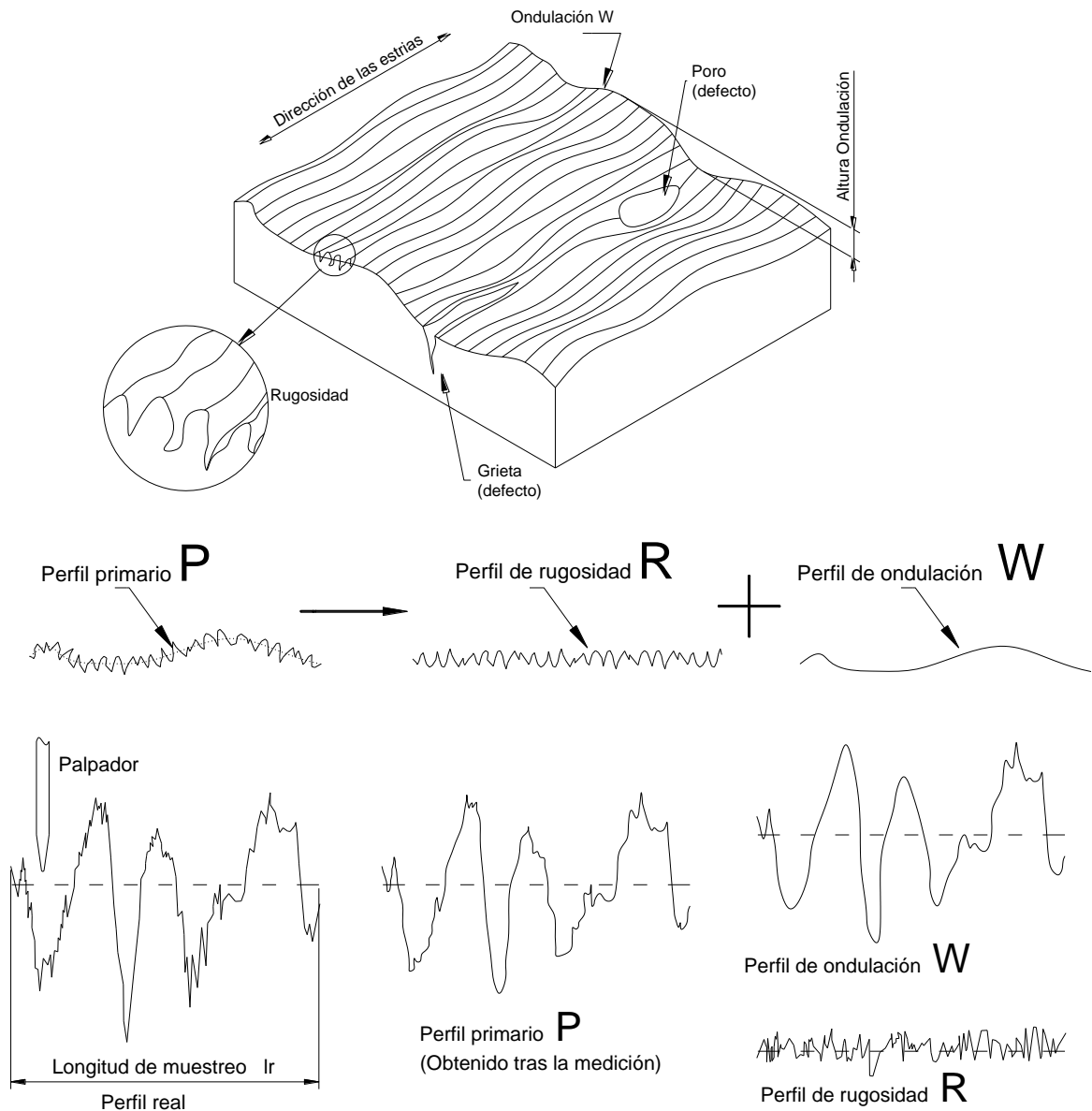


Figura 3. Características de la rugosidad superficial.

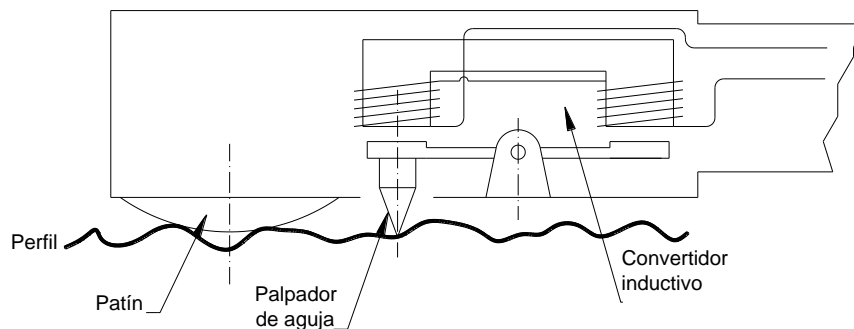


Figura 4. Palpador para la obtención de perfil de superficie. (En desuso).

De acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 4287:1999, el perfil primario P se puede pasar por diferentes filtros y obtener (figura 5):

El **perfil de rugosidad R** se obtiene del perfil primario al suprimir las componentes de gran longitud de onda (baja frecuencia) aplicando el filtro λ_c , con lo que se suprimen las ondulaciones.

El **perfil de ondulación W** se obtiene del perfil primario al suprimir las componentes de gran longitud de onda aplicando el filtro λ_f y las componentes de pequeña longitud de onda (alta frecuencia) mediante el filtro λ_s .

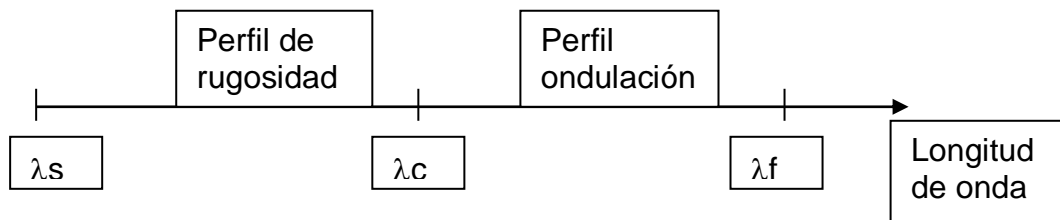


Figura 5. Filtros de longitud de onda para la obtención de los diferentes perfiles.

La obtención y análisis de estos perfiles no se realiza en toda la pieza, sino en determinadas longitudes de perfil tomados en diversas partes de la superficie. Pueden ser longitud de muestreo o básica (l_p , l_r , l_w) y longitud de evaluación (l_n), que puede abarcar varias longitudes de muestreo.

Longitud de muestreo (o básica), l_p , l_r , l_w : Longitud en la dirección del eje X, utilizada para identificar las irregularidades que caracterizan al perfil en evaluación.

NOTA: Las longitudes de muestreo de los perfiles de rugosidad, l_r , y de ondulación, l_w , son iguales en valor numérico a las longitudes de onda características de los filtros de perfil λ_c y λ_f respectivamente.

La longitud de muestreo del perfil primario, l_p , es igual a la longitud de evaluación. **$l_n = l_p$**

Longitud de evaluación, l_n : Longitud, en la dirección del eje X, utilizada para evaluar el perfil.

NOTA: La longitud de evaluación puede comprender una o varias longitudes de muestreo. **$l_n = 5 \times l_r$**

Parámetros de amplitud.

Se indican a continuación algunos parámetros con los que se cuantifica la rugosidad superficial.

- **Pz, Rz, Wz**, Máxima altura del perfil (figura 6): Suma de la máxima altura de pico Z_p y de la máxima profundidad de valle Z_v , comprendidas en una longitud de muestreo.

- **Pa, Ra, Wa**, Media aritmética de las desviaciones respecto a la línea media del perfil: Es la media aritmética de los valores absolutos de las ordenadas $Z(x)$ comprendidas en una longitud de muestreo.

$$Pa, Ra, Wa = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

en la que $l = l_p, l_r$ ó l_w , según el caso.

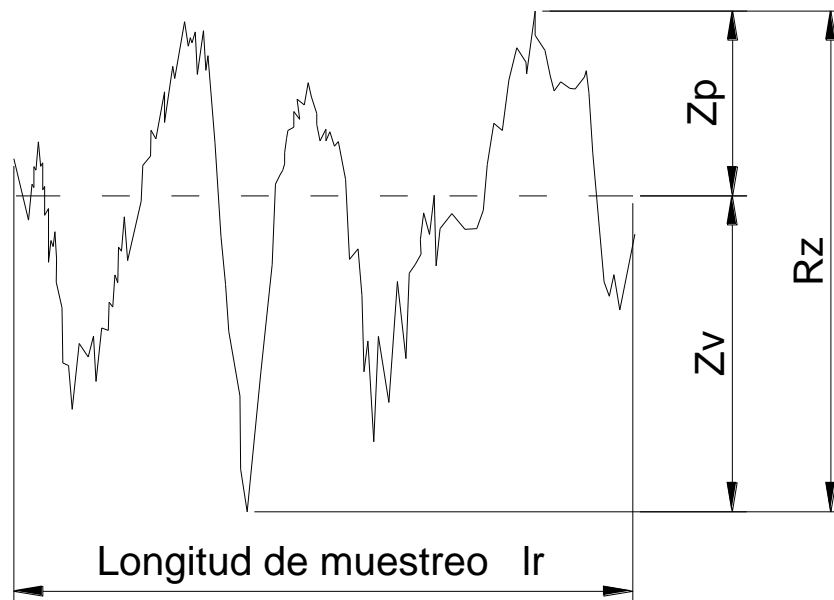


Figura 6. Máxima altura del perfil (ej. en un perfil de rugosidad).

Resultan ilustrativas las microfotografías de la figura 7, en la que las de la columna de la izquierda tienen de lado $10 \mu\text{m}$, y las de la derecha $1431 \mu\text{m} = 1,4 \text{ mm}$, es decir, más de 140 veces más grande que las de la izquierda. Podría decirse que las de la izquierda muestran ondulaciones que afectan a la forma del perfil W , mientras que las de la derecha afectan a la rugosidad superficial R .

Las microfotografías de la primera fila se han obtenido tras ser laminadas en caliente, las de la segunda tras laminarse de nuevo otra vez y las de la tercera fila, tras laminarse cuatro veces más.

En la figura 8 muestran la gráfica del perfil que se correspondería con las microfotografías de la primera fila.

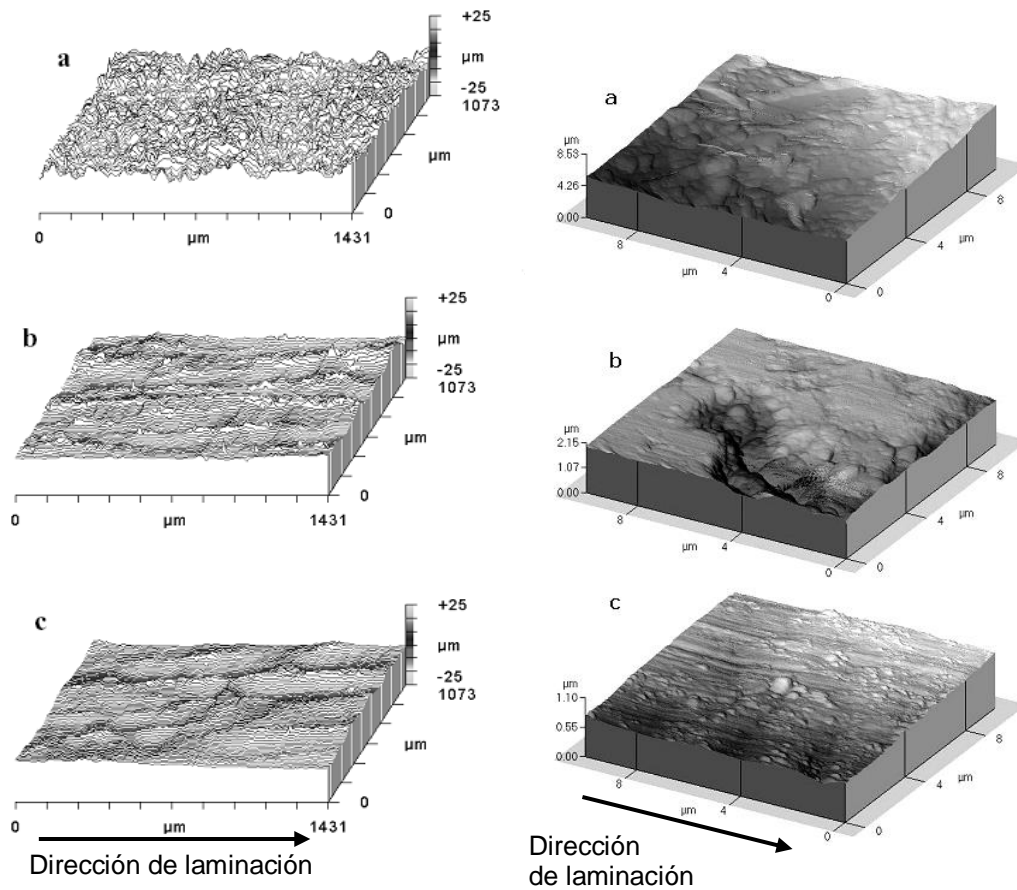


Figura 7. Se aprecia a la izquierda la superficie laminada de $1431\mu\text{m}$ de lado y a la derecha la misma pero de lado $10\mu\text{m}$ (mucho menor). La muestra a) es tras ser laminada en caliente y las siguientes tras ser laminadas una y cuatro veces más.

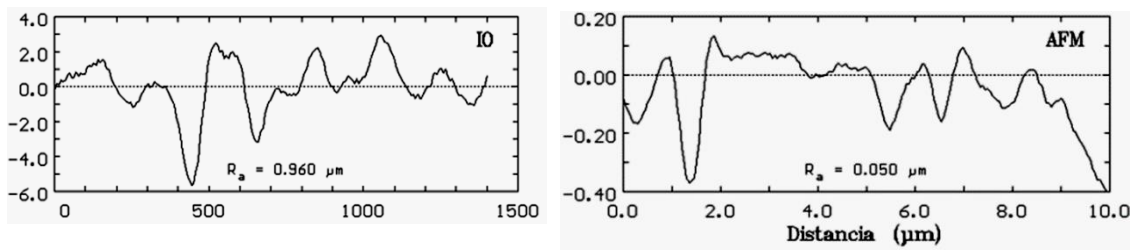
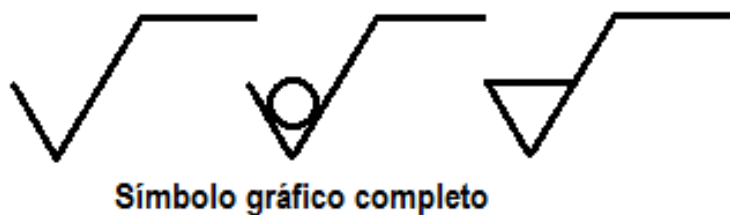


Figura 8. Rugosidad resultante de las muestras a) de la figura 7. (En la que se podría considerar el perfil de la izquierda como Perfil de Ondulación W, con longitud de evaluación l_n , de $1430\text{ m}\mu$, y el perfil de la derecha, como Perfil de Rugosidad R, con longitud de muestreo o básica l_r , de $10\text{ }\mu\text{m}$).

SÍMBOLOS UTILIZADOS

**Especificación Geométrica de Productos. Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos.
UNE-EN-ISO 1302:2002**



a = Designación del parámetro de calidad superficial (rugosidad), el valor límite numérico y la banda de transmisión/longitud de muestreo.

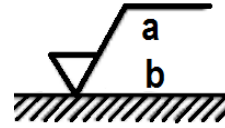
b = El segundo requisito de calidad superficial en la posición "b"

c = Método de fabricación, tratamiento, recubrimiento u otros requisitos de los procesos de fabricación, etc. para obtener la superficie, por ejemplo, torneado, esmerilado...

d = Símbolo de los surcos superficiales y orientación

e = Tolerancias de mecanizado requeridas, si las hubiera, en milímetros.

Designación de los valores a) y b):



Designación de los valores a) y b):	
Ra 1,6	Ra sólo – “regla del 16%”
Rz 4,2	Otro parámetro distinto de Ra – “regla del 16%”
Ramax 1,6	“Regla del valor máximo”
-0,8 / Ra 1,6	Ra y longitud de muestreo
0,025-0,8 / Ra 1,6	Banda de transmisión
-0,8 / Rz 4,2	Otro parámetro diferente a Ra y longitud de muestreo
Ra 1,6 Rz 4,2	Ra y otro parámetro diferente a Ra
Rz3 4,2	Número de longitudes de muestreo en la longitud de evaluación – distinto a 5
L Ra 1,6	Límite inferior L (low)
U Ra 1,6 L Rz 4,2	Límite inferior y superior U (upper)

Regla del 16%:

La superficie se considera aceptable si como máximo el 16% de todos los valores medidos del parámetro considerado, obtenidos sobre una longitud de evaluación, sobrepasa el valor especificado en los dibujos o en otra documentación técnica del producto.

Regla del valor máx:

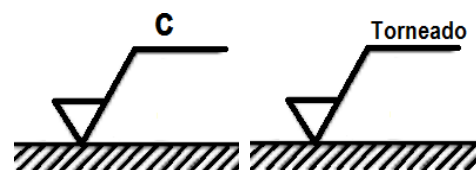
Ninguno de los valores del parámetro de rugosidad medidos sobre la totalidad de la superficie a controlar debe sobrepasar el valor especificado en los dibujos o en la documentación técnica del producto.

Proceso de fabricación	Valor de rugosidad Ra		Números de calidades de rugosidad
	μm	$\mu\text{pulgada}$	
Pulido	0,025	1	N 1
Laminado, Trefilado, Pulido	0,05	2	N 2
	0,1	4	N 3
Laminado, Trefilado	0,2	8	N 4
	0,4	16	N 5
Forja, Laminado, Trefilado	0,8	32	N 6
	1,6	63	N 7
Forja, Fundición	3,2	125	N 8
Forja, Laminado cal., Fundición	6,3	250	N 9
Laminado cal., Fundición	12,5	500	N 10
	25	1000	N 11
	50	2000	N 12

Proceso de fabricación	Valor de rugosidad Rz (μm)
Bruñido	0,04 - 0,25
Pulido	1,0 - 2,5
Brochado	2,5 - 10
Rectificado cilíndrico	2,5 - 6,6
Rectificado frontal	4,0 - 10
Cilindrado	4,0 - 63
Cepillado	6,3 - 100
Mortajado	10 - 40
Ranurado	10 - 40
Fresado	10 - 40
Refrentado	10 - 63
Escariado	10 - 25
Avellanado	25 - 40
Taladrado	40 - 160

Designación del método de fabricación c):

Método de fabricación, tratamiento, recubrimiento u otros requisitos de los procesos de fabricación, etc. para obtener la superficie, por ejemplo, torneado, esmerilado...



Indicación de los surcos superficiales d):



Símbolo gráfico	Interpretación de la dirección de las estrías de mecanizado	Ejemplo de aplicación
=	Paralelas al plano de la vista en la que se aplica el símbolo.	
⊥	Perpendiculares al plano de la vista en la que se aplica el símbolo.	
X	Cruzadas en dos direcciones oblicuas con respecto al plano de la vista en la que se aplica el símbolo.	
M	Multidireccionales.	
C	Aproximadamente circulares, alrededor del centro de la cara en la que se aplica el símbolo.	
R	Aproximadamente radiales con respecto al centro de la cara en la que se aplica el símbolo.	
P	Las estrías superficiales no tienen una orientación o protuberancia determinada.	

INDICACIÓN EN LOS DIBUJOS

➤ Caso general (figura 9):

1. El símbolo se debe leer desde la parte inferior o derecha del dibujo.
2. El símbolo se sitúa sobre las líneas que indican la superficie o, si no es posible, en las líneas auxiliares trazadas en la prolongación de aquellas o mediante una línea de referencia. Debe quedar en el exterior de la figura.
3. El símbolo solo figura una vez para cada superficie dada, siendo aquella que mejor defina la superficie.
4. Si el símbolo afecta a las superficies del contorno en una vista se indica mediante un círculo en la parte superior del símbolo (figura 9 B).
5. El símbolo de referencia (figura 10) se aplica cuando se indica una cara que no está de perfil. También se puede delimitar la zona de influencia.

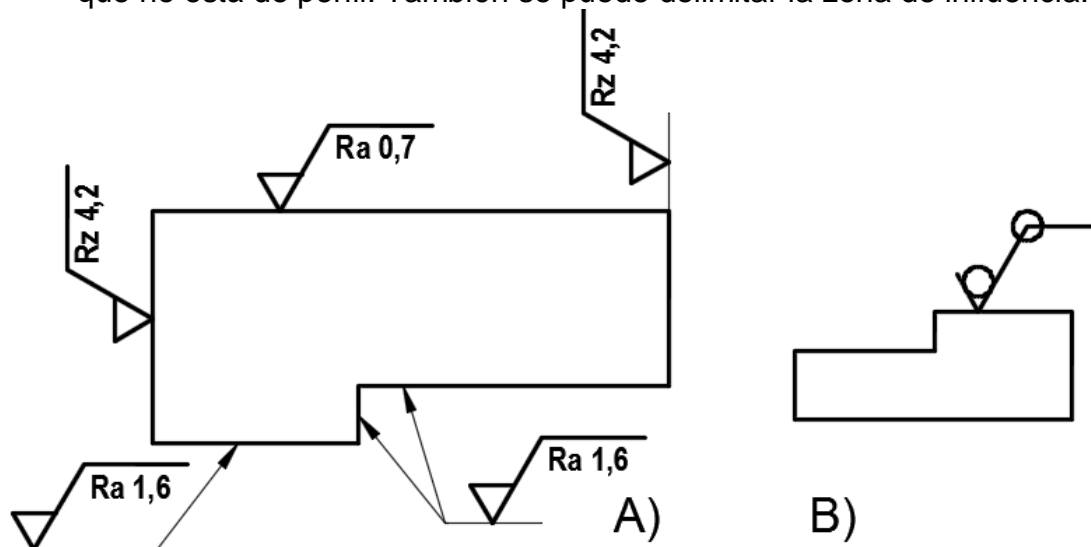


Figura 9. La dirección de lectura de requisitos de calidad superficial sigue el mismo criterio que el de acotación.

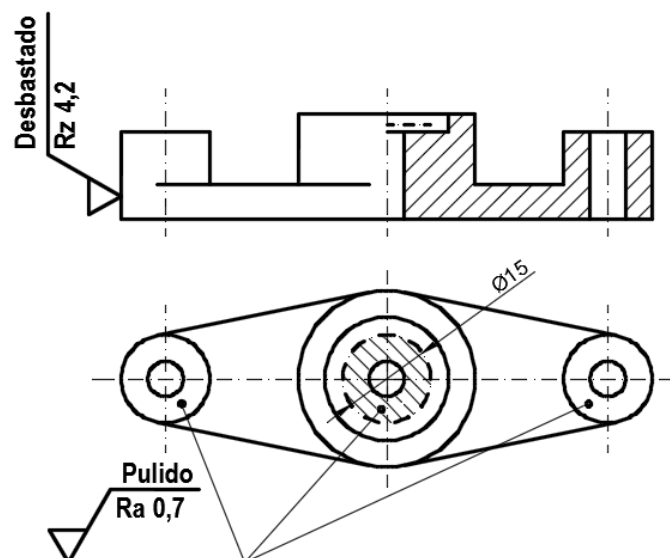


Figura 10: Uso de líneas de referencia y zona afectada.

El requisito de calidad superficial se puede indicar sobre la cota de un elemento, siempre que no dé lugar a confusión (figura 11).

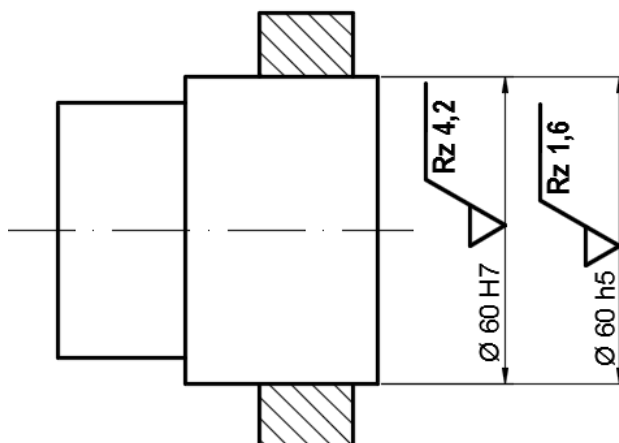


Figura 11. Requisito de calidad superficial sobre la línea de cota.

En la figura 12 se muestra que el requisito de calidad superficial puede colocarse sobre la tolerancia geométrica.

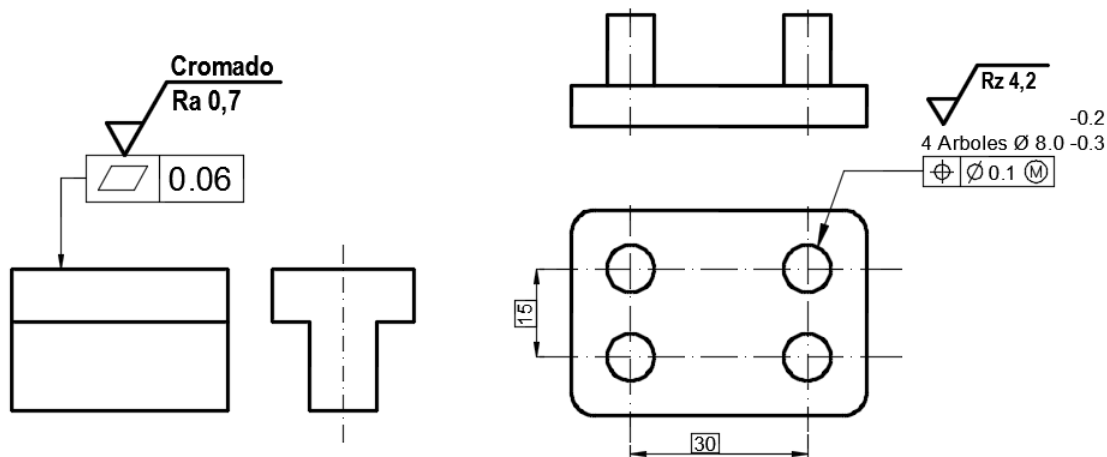


Figura 12. Requisito de calidad superficial sobre la tolerancia geométrica.

En la figura 13 se indica el requisito de calidad superficial relacionado con una superficie cilíndrica o cónica y prismática o plana.

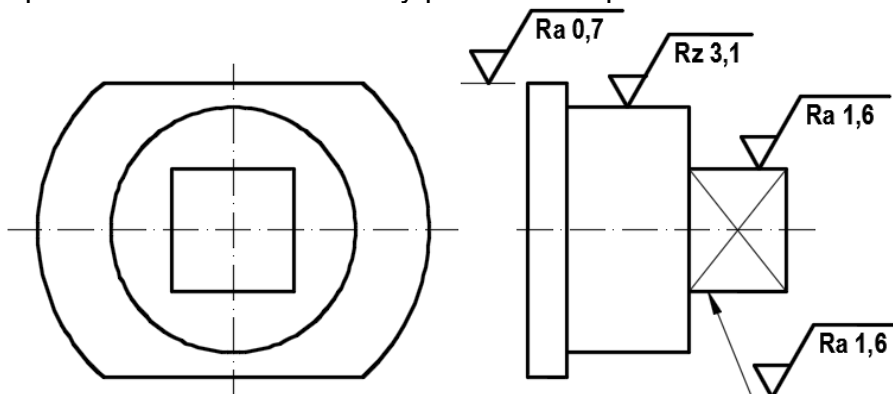


Figura 13. Requisito de calidad superficial relacionado con una superficie cilíndrica o cónica y prismática o plana.

Cuando la mayoría de las superficies de una pieza tienen el mismo requisito de calidad superficial se puede indicar de forma simplificada (figura 14). Para ello se coloca cerca del recuadro del título del dibujo o junto a su marca el símbolo gráfico con la calidad superficial predominante, seguido entre paréntesis de:

- un símbolo gráfico general o de
- el requisito o requisitos de calidad superficial diferente al general, que tiene alguna de las superficies de la pieza.

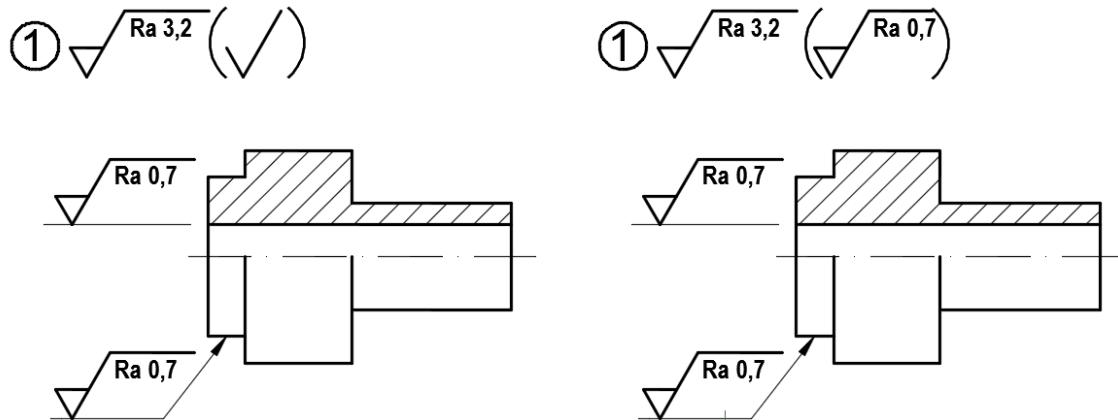


Figura 14. Forma simplificada de indicar el requisito de calidad superficial cuando la mayoría de las superficies tienen la misma calidad superficial.

En la figura 15 se indica el requisito de calidad superficial cuando no hay suficiente espacio en el dibujo. En el caso A) son requisitos diferentes y se indican mediante los símbolos con letra, x, y,... En los casos B), C), D) se aplica el símbolo genérico.

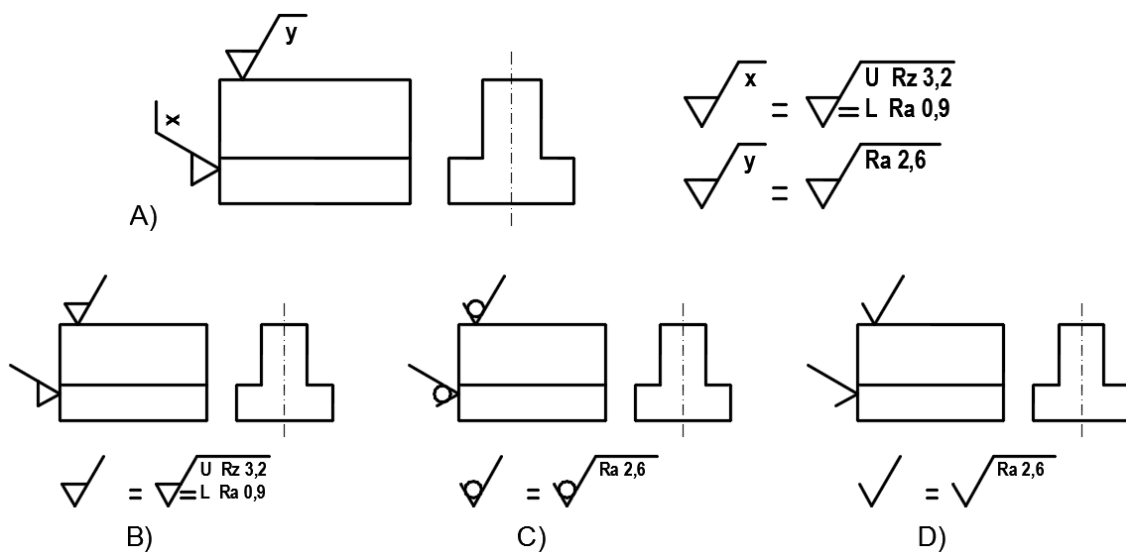


Figura 15. Forma de indicar el requisito de calidad superficial cuando no hay suficiente espacio en el dibujo.

Cuando una pieza o parte de ella tenga en su proceso de fabricación varias etapas, por ejemplo, torneado, cromado, pulimentado, etc, y sea necesario definir la calidad superficial tanto antes como después de un tratamiento, se puede señalar según muestra la figura 16.

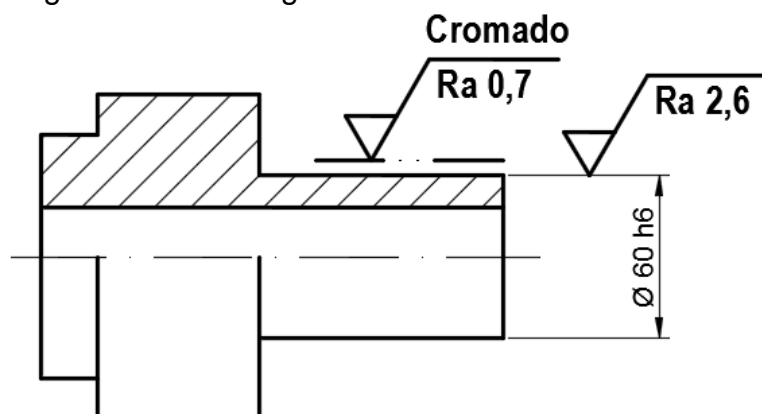


Figura 16. Definición de la calidad superficial antes y después de un tratamiento.

El símbolo se dibuja según se indica en la figura 17, de modo que el tamaño del símbolo depende del tamaño de letra empleado en el plano, de acuerdo con la tabla adjunta.

Altura de los números y letras, h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Ancho de línea para los símbolos y letras	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Altura, h1	3,5	5	7	10	14	20	28
Altura, h2	7,5	10,5	15	21	30	42	60

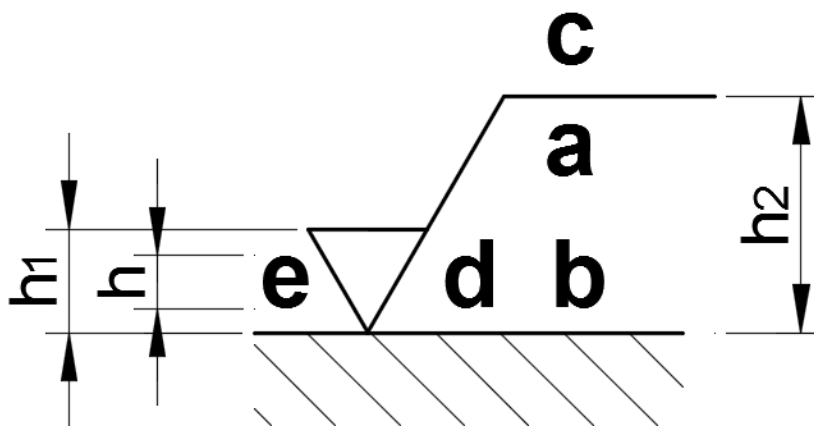


Figura 17. Dibujo del símbolo de calidad superficial.

Bibliografía:

- Normas UNE
- N. Garza Montes De Oca, M. P. Guerrero Mata, R. Colás, M. H. Staia, C. Lizcano y R. Viramontes. *ANALISIS SUPERFICIAL DE MUESTRAS LAMINADAS DE ACERO* Revista de la Facultad de Ingeniería Univ. Central de Venezuela. ISSN 0798-4065 Rev. Fac. Ing. UCV v.20 n.1 Caracas 2005