

16

Estados superficiales

INTRODUCCIÓN

Mediante las tolerancias dimensionales y geométricas (de forma, posición y orientación) se garantiza la intercambiabilidad de piezas dentro de un conjunto, pero no el estado de las superficies de la pieza, factor que influye en el funcionamiento del mecanismo.

Al igual que es imposible fabricar con exactitud una forma, tampoco es posible obtener con exactitud un acabado superficial perfecto, y por consiguiente, éste se encontrará dentro de unos límites más o menos amplios.

El diseñador debe considerar qué tipo de acabado desea para las piezas de acuerdo con su función y el aspecto final de las mismas: pintado, brillante, con huellas en la superficie, etc.

Los valores de las rugosidades superficiales son siempre uno o dos órdenes de magnitud inferiores a las tolerancias dimensionales o geométricas aplicadas sobre el mismo elemento.

Suelen estar ocasionadas por huellas que dejan las herramientas de corte o mecanizado o por los moldes que se utilizan en la fabricación de las piezas.

En la primera parte del capítulo se introducen los conceptos fundamentales y los ele-

mentos necesarios para definir los estados superficiales.

Seguidamente se indican los símbolos utilizados para definirlos. Éstos están formados por uno básico, y otras variantes vinculadas al tipo de proceso de fabricación utilizado.

Asimismo, se especifican las anotaciones que hay que colocar junto al símbolo básico y cómo se disponen sobre él.

Se incluye también la equivalencia de los símbolos utilizados actualmente con la simbología que se usaba anteriormente en la especificación de estados superficiales y que tiene una gran tradición.

Se indica también cómo se disponen estos símbolos sobre las vistas de las piezas y cómo se sitúan en los planos, señalándose de qué manera se hacen las especificaciones por defecto de estos requisitos.

El capítulo termina con varios ejemplos de especificación y su interpretación y con unas tablas que incluyen los valores de rugosidad superficial más habituales utilizados y obtenidos con los distintos procesos de fabricación.

16.1. IRREGULARIDADES SUPERFICIALES

Las imperfecciones superficiales se clasifican en:

- *Rugosidades*, causadas por las huellas de las herramientas que han fabricado las piezas (figura 16.1), o por el contacto con los moldes que se han usado en su fabricación (figura 16.2). Por lo tanto existen cuantificaciones de la calidad de superficie atribuibles a esta causa que quedan recogidas de forma genérica como *parámetros de perfil R*.
- *Ondulaciones*, originadas por los desajustes en las máquinas que mecanizan las superficies de las piezas. Estos defectos quedan definidos de forma genérica como *parámetros de perfil W* (del inglés *Waviness*).

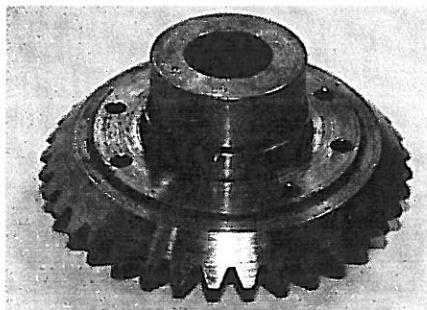


FIGURA 16.1. HUELLAS PRODUCIDAS EN EL PROCESO DE TORNEADO DE LA PIEZA.



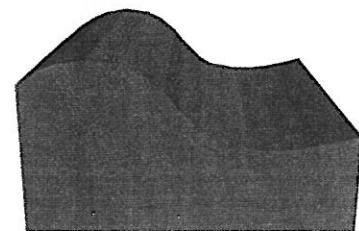
FIGURA 16.2. LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE ES PRODUCIDA POR EL CONTACTO CON EL MOLDE USADO EN LA FUNDICIÓN DE LA PIEZA. POSTERIORMENTE SE MECANIZAN CIERTAS ZONAS DE LA BIELA.

Estos defectos pueden aparecer juntos, como se muestra en la figura 16.3.

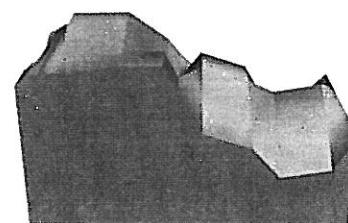
Existen otros defectos que influyen sobre la calidad de la superficie que son achacables a la propia naturaleza del material de la misma denominándose *parámetros de perfil estructural P* (del inglés *Profile*).



Rugosidades



Ondulaciones



Rugosidades y ondulaciones

FIGURA 16.3. IMPERFECCIONES DE LAS SUPERFICIES.

La medición de estas irregularidades se realiza en el mismo proceso de fabricación o en los centros de inspección del taller. Se emplean rugosímetros que disponen de un palpador muy fino que deslizan sobre la superficie a examinar. Por medio de un amplificador de señal se reproducen las desviaciones de la superficie. Estos amplificadores disponen de filtros de señal para eliminar diferentes causas de ruidos y obtener una señal más limpia y representativa del estado superficial real de la pieza.

Es al diseñador de la pieza, independientemente de los medios que tenga el taller mecánico, a quien corresponde decidir qué tipo de superficies son aptas para el funcionamiento del conjunto. Esta información queda reflejada en los planos, para los cuales la norma EN ISO 1302-2002 ha desarrollado un código de símbolos que se estudiarán a continuación.

16.2. DEFINICIONES PREVIAS

Los símbolos de la norma EN ISO 1302-2002 hacen referencia a unas características de las su-

superficies que se presentan a continuación (figura 16.4).

Perfil geométrico: perfil ideal representado en los planos que debe cumplir la pieza.

Perfil efectivo: perfil real de la pieza producido por los medios disponibles de fabricación

Longitud de muestreo L_r: es la longitud básica utilizada para identificar las irregularidades del perfil evaluado.

Longitud de exploración L: es la longitud total sobre la que se miden las desviaciones del perfil, que incluye normalmente varias longitudes básicas o de muestreo (figura 16.5).

■ 16.2.1. SÍMBOLOS UTILIZADOS EN LOS PLANOS

Se parte de un símbolo básico representado por dos trazos desiguales inclinados 60° respecto de la superficie donde apoyan, como se indica en la figura 16.6.

Si el mecanizado debe realizarse por eliminación de material (MRR, Material Removal Required, en inglés), se debe añadir un trazo horizontal a la figura anterior, quedando el símbolo según se observa en la figura 16.7. Se recomienda no utilizar este símbolo sin información complementaria acerca del proceso de fabricación que se va a emplear.

Símbolo	Indicación de siglas equivalentes	Término inglés	Término español
	APA	Any Process Allowed	Se permite cualquier proceso de fabricación
	MRR	Material Removal Required	Se requiere eliminación de material (mecanizado)
	NMR	No Material Removed	No se elimina material

TABLA 16.1. Equivalencias entre símbolos y siglas equivalentes.

Si no se permite la eliminación de material, debe añadirse al símbolo básico un círculo, como se representa en la figura 16.8. Este símbolo puede utilizarse en los dibujos de fases de fabricación para indicar que la superficie debe quedar tal y como ha sido obtenida en la fase anterior, durante la cual pudo ser mecanizada con o sin eliminación de material.

El símbolo completo incluye un trazo horizontal superior, tal y como se observa en la figura 16.9.

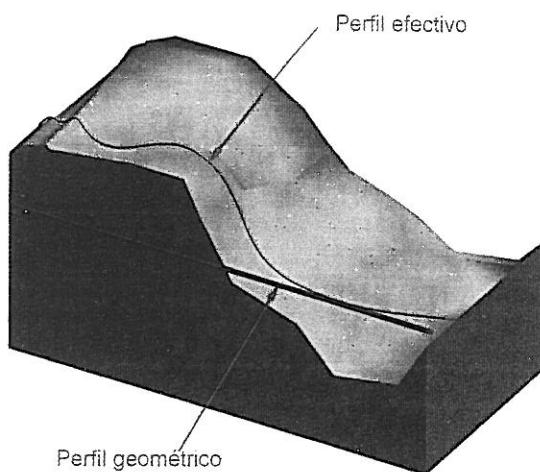


FIGURA 16.4. MEDIDAS CARACTERÍSTICAS SOBRE UN PERfil.

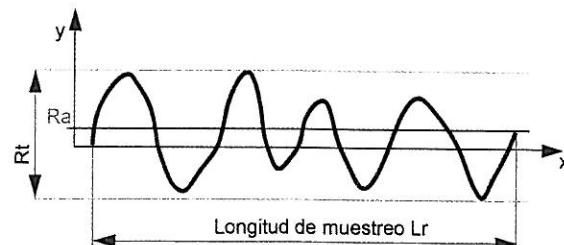


FIGURA 16.5. PERFIL EFECTIVO Y DEFINICIÓN DE PARÁMETROS (RT Y RA, EN ESTE CASO).

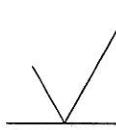


FIGURA 16.6. SÍMBOLO BÁSICO.

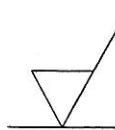


FIGURA 16.7. SÍMBOLO DE MECANIZADO CON RETIRADA REQUERIDA DE MATERIAL.

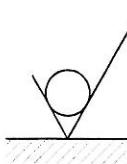


FIGURA 16.8. SÍMBOLO DE MECANIZADO INDICANDO LA RETIRADA NO PERMITIDA DE MATERIAL.

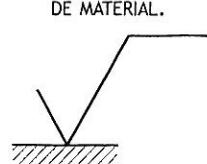


FIGURA 16.9. SÍMBOLO PARA INDICAR CARACTERÍSTICAS ESPECIALES.

En caso de hacer referencia a las características de calidad del acabado en textos o documentos técnicos es posible sustituir los símbolos por los textos de acuerdo con la tabla 16.1.

Es posible exigir el mismo estado de calidad superficial para todas las superficies de la pieza añadiendo al símbolo gráfico correspondiente un pequeño círculo en la intersección del trazo oblicuo con el tramo paralelo a la superficie, de acuerdo con la figura 16.10.

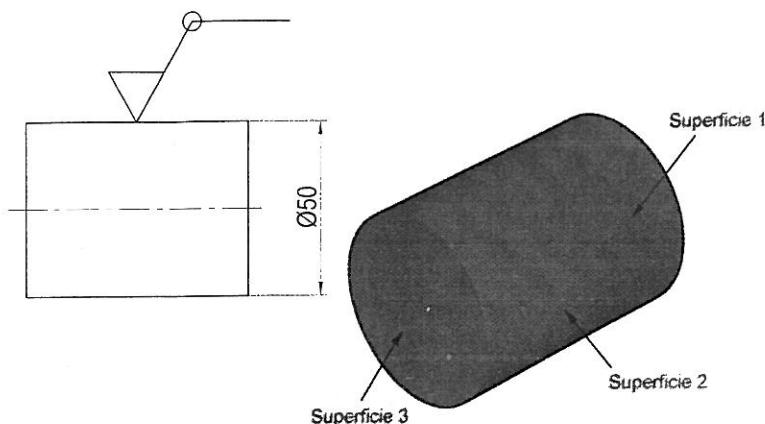


FIGURA 16.10. EXIGENCIA DE LA MISMA CALIDAD EN TODAS LAS SUPERFICIES DE LA PIEZA.

■ 16.2.2. INDICACIONES SOBRE LOS SÍMBOLOS DE CALIDAD SUPERFICIAL

Un símbolo de indicación de la calidad superficial puede llevar todas las anotaciones que se muestran en la figura 16.11.

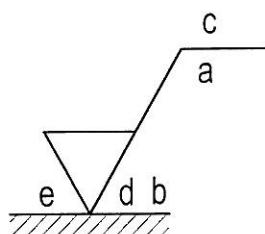


FIGURA 16.11. SÍMBOLO GENERAL.

En ella, *a* es el requisito principal de calidad superficial, *b* es el segundo requisito de calidad superficial, *c* es el método de fabricación (conformado, recubrimiento, terminación, etc.) que se va a utilizar, *d* corresponde a la indicación del patrón de surcos superficiales y su orientación respecto del plano representado en el dibujo, y

e corresponde a las creces (o sobreespesores) previstas para la fabricación.

Requisito principal de calidad superficial (*a*)

Este requisito está formado por cuatro partes principales:

- Especificación del límite superior (*U*, del inglés *Upper*) y/o inferior (*L*, del inglés *Lower*). Sólo se indican ambos en caso de desear la acotación superior e inferior. En caso contrario, se entiende que se expresa el límite superior.
- El tipo de filtro (2RC, Gaussiano, PC Phase Corrected, ...) y de banda de transmisión (expresada por los valores extremos de longitudes de onda en milímetros) empleada para obtener el perfil efectivo.
- Parámetros de calidad superficial; perfil (*R*, *W* o *P*) y característica (*a*: aritmética, *q*: cuadrática, *t*: total, ...), el número de longitudes básicas o de muestreo contenidas en la longitud de exploración, y los valores numéricos asociados que cuantifican los límites anteriormente mencionados expresados en micrómetros.
- Interpretación del límite indicado en la especificación. Existen dos métodos: si no se especifica nada, se aplica la “regla del 16%”, por la cual se considera aceptable la pieza si no más de un 16% de las medias realizadas caen fuera de los límites indicados. El otro método es la “regla del valor máximo” y se representa por las letras *máx* detrás de las características de calidad superficial, indicando que todas las medidas realizadas deben estar necesariamente dentro de los límites especificados.

Podemos ver un ejemplo del aspecto de indicación del requisito individual de calidad superficial en la figura 16.12.

La indicación del filtro utilizado es recomendada por la norma, ya que anteriormente el filtro de señal normalizado era el denominado 2RC. Sin embargo, en las últimas revisiones de la norma ISO 11562 se ha designado el filtro Gaussiano como el filtro por defecto, y es

probable que otros filtros puedan ser incluidos como normalizados en el futuro.

La banda de transmisión es el conjunto de longitudes de onda incluidos en la evaluación de los valores numéricos paramétricos indicados sobre el perfil. Si no aparece explícitamente se toman los valores por defecto incluidos en las normas ISO 3274. Estos valores corresponden a $\lambda_s = 0,025$ mm (límite inferior) y $\lambda_c = 0,8$ mm (límite superior, o longitud de onda de corte). Estos valores se separan por un guión (figuras 16.12A y 16.12B).

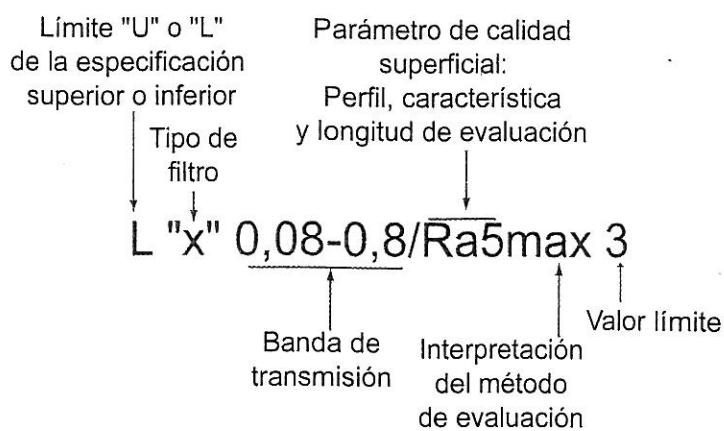
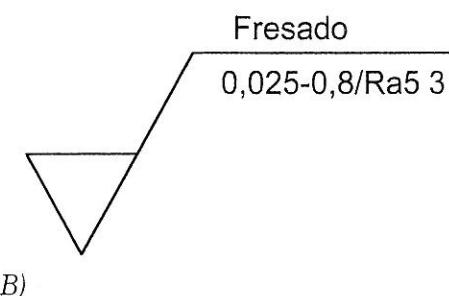


FIGURA. 16.13. COMPOSICIÓN DE LA INDICACIÓN DEL REQUISITO INDIVIDUAL DE CALIDAD SUPERFICIAL.

A) MRR 0,025-0,8/Ra5 3



B)

FIGURA 16.12. INDICACIÓN DE LA BANDA DE TRANSMISIÓN INDICANDO LOS VALORES DE CORTE. A) COMO TEXTO. B) MEDIANTE SÍMBOLOS.

En la figura 16.13 la desviación media aritmética del perfil R_a no debe sobrepasar 3 m en una longitud de evaluación de 5 longitudes básicas.

La longitud de evaluación es el número de longitudes básicas o de muestreo sobre las que se mide el perfil y se calculan los correspondientes parámetros. Su valor oscila entre 3 y 5 veces la longitud de muestreo.

En la norma ISO 4288 se definen las longitudes de evaluación en función del tipo de perfil.

- Para un perfil R la longitud de evaluación normalizada corresponde a 5 veces la longitud de muestreo.
- Para un perfil W no se definen longitudes de evaluación normalizadas.
- Para un perfil P se define la longitud de evaluación normalizada como la longitud completa del elemento geométrico al que se aplica la indicación de acabado.

Es posible caracterizar la calidad de una superficie atendiendo a parámetros asociados con la rugosidad (perfil R), con la ondulación (perfil W) o con el perfil completo (perfil P). La tabla 16.2 muestra una revisión de las características obtenidas con los dos primeros por ser los más frecuentemente utilizados. Estos parámetros se basan en las desviaciones de las crestas o de los valles del perfil efectivo obtenido por el rugosímetro en la banda de transmisión, definida anteriormente respecto de los valores medios calculados sobre ese perfil (método de la línea media o central). Se distingue entre parámetros obtenidos por promediación (p. ej., R_a) y parámetros obtenidos por distancia entre puntos concretos (p. ej., R_t).

Resumiendo, la indicación del requisito individual de calidad superficial incluye los elementos de la figura 16.14.

Proceso de Fabricación	Límite de especificación	Tipo de filtro	Banda de transmisión	Parámetros de calidad superficial		Longitud de evaluación		Valor límite
				Perfil	Característica			
APA MRR NMR	U L	2RC Gaussiano	$\lambda_s-\lambda_c$	P W R	a z $p_{...}$	$3 \times L_r$ $4 \times L_r$ $5 \times L_r$	Max 16%	mm

MMR U 2RC 0,025-0,8 Ra5 2

APA L Gauss -0,8 Rz5 2

FIGURA 16.14. COMPOSICIÓN DE LA INDICACIÓN DEL REQUISITO PRINCIPAL DE CALIDAD SUPERFICIAL.

Los valores de desviación media aritmética de rugosidad R_a pueden indicarse mediante los in-

dicadores de las *calidades de rugosidad* que se indican en la tabla 16.3, o bien mediante el valor numérico explícito de la rugosidad expresado en micrómetros. Se recomienda, aunque no es obligatorio, usar preferentemente las calidades de rugosidad en lugar de los valores explícitos para evitar errores de interpretación del valor numérico y de sus unidades.

		Característica	Definición	
Parámetro de rugosidad	No promediados	R_p	Máxima altura de pico	
		R_v	Máxima profundidad de valle	
		R_z	Máxima altura del perfil	
	Promediados	R_t	Altura total del perfil	
		R_a	Desviación media aritmética	
		R_q	Desviación media cuadrática	
		R_{sk}	Factor de asimetría	
Perfil W	Promediados	R_{ku}	Factor de aplastamiento	
		Característica	Definición	
		W_p	Máxima altura de pico	
		W_v	Máxima profundidad de valle	
		W_z	Máxima altura del perfil	
		W_t	Altura total del perfil	
		W_a	Desviación media aritmética	
Parámetro de ondulación	Promediados	W_q	Desviación media cuadrática	
		W_{sk}	Factor de asimetría	
		W_{ku}	Factor de aplastamiento	

TABLA 16.2. Parámetros de rugosidad.

Rugosidad R_a (μm)	Clase de rugosidad	Equivalencia DIN 140
50	N 12	
25	N 11	
12,5	N 10	
6,3	N 9	▽
3,2	N 8	
1,6	N 7	▽▽
0,8	N 6	
0,4	N 5	▽▽▽
0,2	N 4	
0,1	N 3	
0,05	N 2	▽▽▽
0,025	N 1	

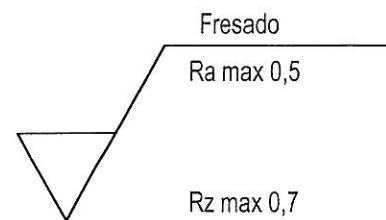
TABLA 16.3. Clases de rugosidad y su equivalencia.

Salvo que se indique lo contrario, el valor de la rugosidad se refiere a la superficie final obtenida después del proceso de fabricación (conformado, mecanizado, tratamiento, recubrimiento, etc.).

Segundo requisito individual de calidad superficial (b)

Siempre se indicará el primer requisito de calidad superficial en la posición *a*. Si es necesario indicar un segundo requisito, éste se situará en la posición *b*. Si se va a indicar en el texto, este segundo requisito se indicará después del primero separado por punto y coma (figura 16.15).

A) MRR. Ra máx 0,5; Rz máx 0,7



B)

FIGURA 16.15. INDICACIÓN DEL SEGUNDO REQUISITO DE CALIDAD SUPERFICIAL. A) COMO TEXTO. B) MEDIANTE SÍMBOLOS.

Método de fabricación (c)

El método de fabricación se indicará sobre la linea horizontal del símbolo completo.

Cuando sea necesario indicar el estado de la superficie antes del tratamiento se hará como se muestra en la figura 16.16.

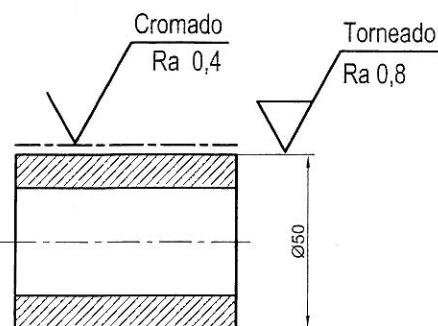


FIGURA 16.16. INDICACIÓN DE TRATAMIENTOS O RECUBRIMIENTOS.

Surcos superficiales y orientación (d)

Si es necesario indicar la dirección de las huellas producidas por las herramientas, se consignarán en la posición d (figura 16.11) con los símbolos indicados en la tabla 16.4, de acuerdo con la orientación de las huellas, la norma EN ISO 1302.

Sobreespesor de mecanizado (e)

Cuando sea preciso indicar el valor de la sobremedida para mecanizado, se debe situar a la izquierda del símbolo correspondiente, como se indica en la figura 16.17. Este valor debe darse en el sistema de unidades adoptado para la acotación del dibujo (normalmente milímetros).

16.2.3. INDICACIONES EN LOS DIBUJOS

Los símbolos se colocan directamente sobre las superficies a las que se refieren o en su prolongación (figuras 16.18 y 16.19).

Los símbolos y las indicaciones deben orientarse de tal forma que se puedan leer desde la base o desde la derecha del dibujo, como en la figura 16.18. Si no pudieran colocarse de

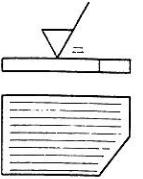
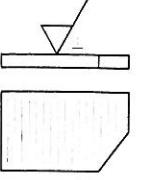
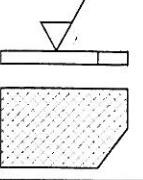
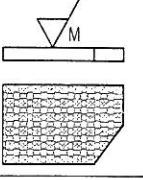
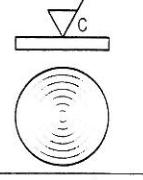
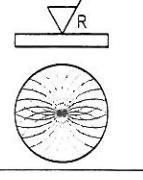
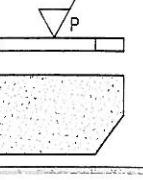
Símbolo	Característica	Definición
=	Huellas paralelas al plano de representación de la vista sobre la que se aplica el símbolo	
⊥	Huellas perpendiculares al plano de representación de la vista sobre la que se aplica el símbolo	
×	Huellas que se cruzan en dos direcciones oblicuas respecto al plano de representación de la vista sobre la que se aplica el símbolo	
M	Huellas sin orientación definida. Multidireccionales	
C	Huellas de forma aproximadamente circular sobre la superficie a la que se aplica el símbolo	
R	Huellas de dirección aproximadamente radial sobre la superficie a la que se aplica el símbolo	
P	Las huellas superficiales son en general no direccionales y protuberantes	

TABLA 16.4. Símbolos para indicar la dirección de las estrías.

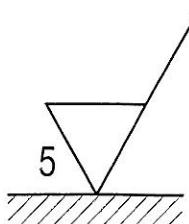


FIGURA 16.17. INDICACIÓN DE LA SOBREMEDIDA PARA MECANIZADO.

esta forma y el símbolo no llevase ninguna indicación, salvo la rugosidad, podrán representarse en cualquier posición, excepto la indicación de la rugosidad, que debe tener la orientación correcta (figura 16.19).

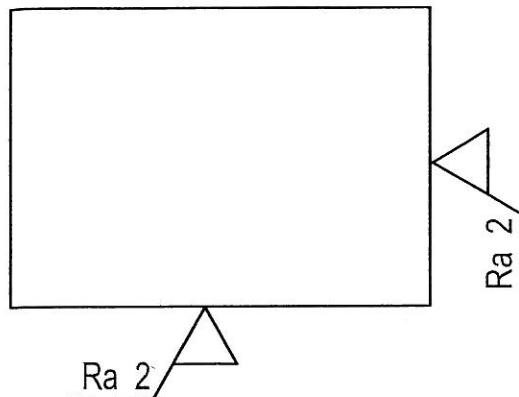


FIGURA 16.18. SITUACIÓN DE LOS SÍMBOLOS.

Si fuera necesario, se podría unir el símbolo por medio de una línea de referencia que parte de la base, como en la figura 16.18.

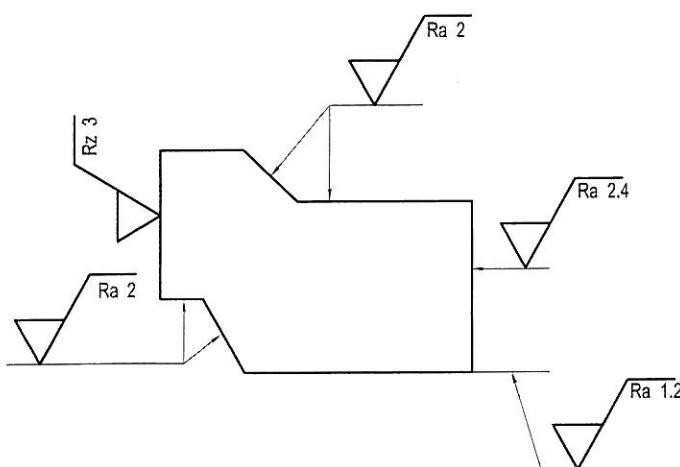


FIGURA 16.19. SITUACIÓN DE LOS SÍMBOLOS.

Los símbolos deben utilizarse una única vez por cada superficie, y, si es posible, en la vista donde ésta lleve su correspondiente dimensionamiento y acotación (figura 16.20).

Es posible indicar el estado superficial mediante líneas de referencia que apunten a la correspondiente superficie (figura 16.21).

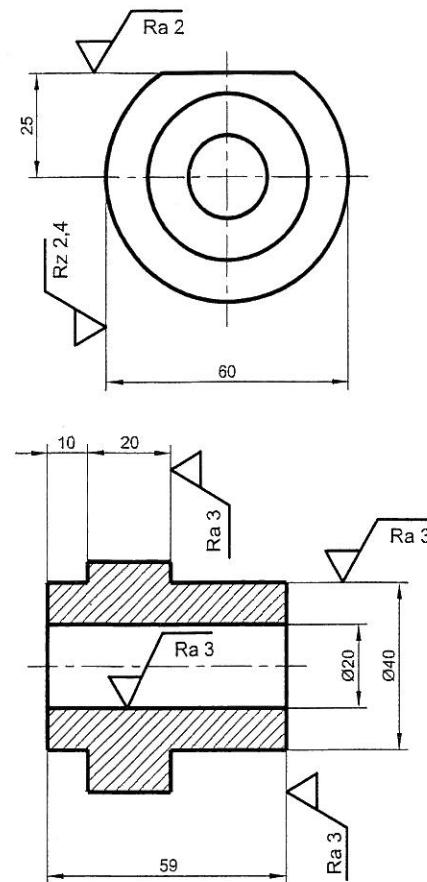


FIGURA 16.20. SITUACIÓN DE LOS SÍMBOLOS EN CADA VISTA.

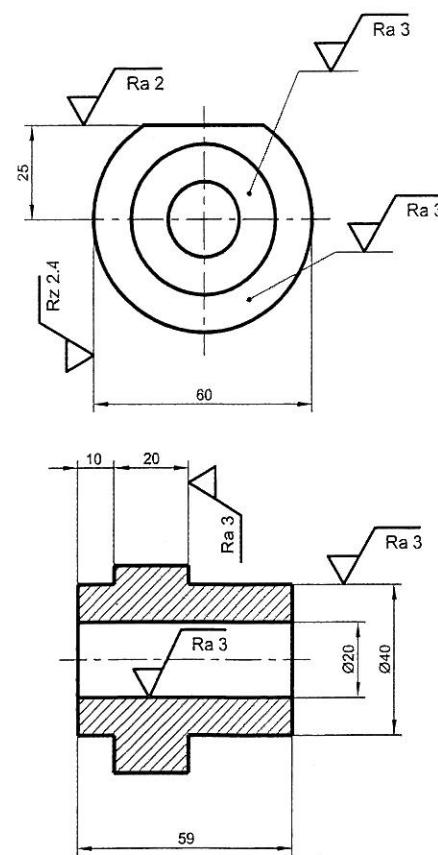


FIGURA 16.21. SITUACIÓN DE LOS SÍMBOLOS POR MEDIO DE LÍNEAS DE REFERENCIA.

También es posible indicar el estado superficial sobre el rectángulo que define la tolerancia geométrica de un elemento (figura 16.22).

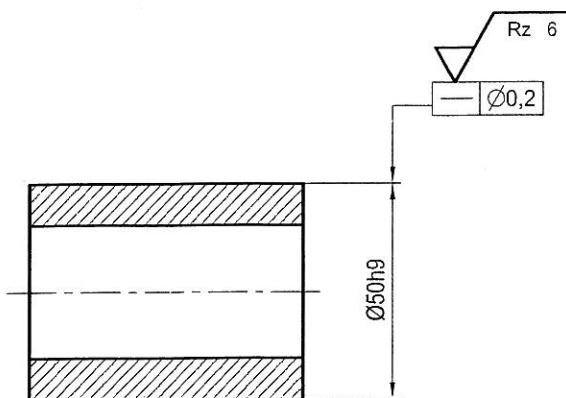


FIGURA 16.22. INDICACIÓN DEL REQUISITO DE CALIDAD SUPERFICIAL SOBRE LAS TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS.

Si se exige el mismo estado superficial para la mayoría de las superficies de la pieza, el símbolo deberá colocarse de una de las siguientes formas:

- El símbolo básico (entre paréntesis) sin ninguna otra indicación (figura 16.23A).
- Uno o varios símbolos (entre paréntesis) del estado o estados de superficie particulares (figura 16.23B).

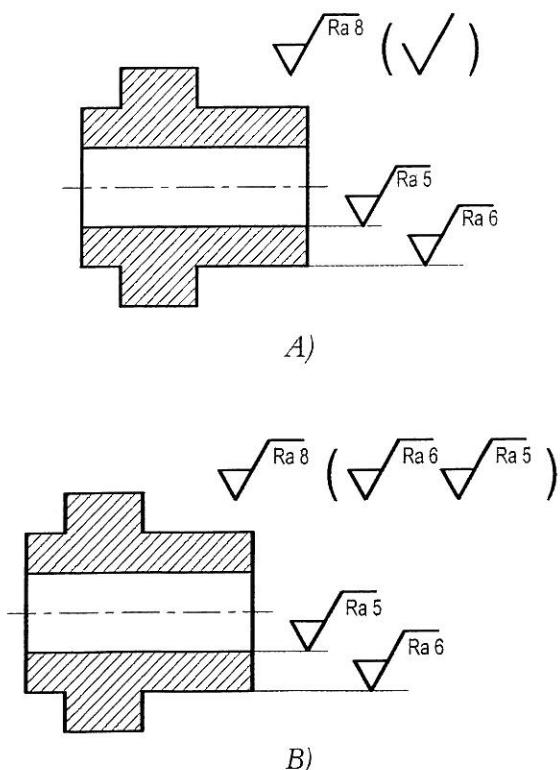


FIGURA 16.23. ESTADOS SUPERFICIALES PARA LA MAYORÍA DE LAS SUPERFICIES.

Las superficies que no deban ser mecanizadas según el símbolo de mecanizado general, llevarán sus propios símbolos de mecanizado (figuras 16.23A y 16.23B).

Para evitar repetir especificaciones complejas o cuando no se disponga de espacio suficiente, se puede hacer una indicación simplificada del estado superficial, siempre que el significado de esta representación simplificada esté situado cerca del dibujo de la pieza o próximo al cuadro de rotulación (figura 16.24).

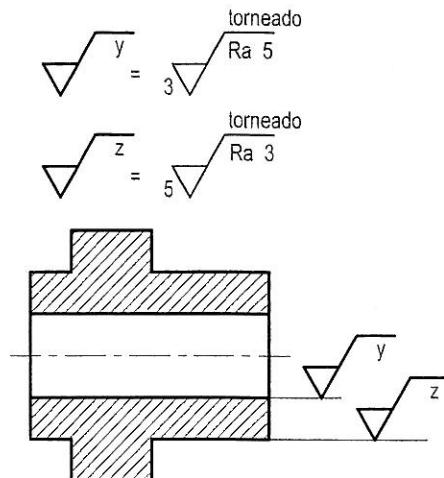


FIGURA 16.24. FORMA DE EVITAR LA REPETICIÓN DE ESPECIFICACIONES COMPLEJAS.

Si se necesita un mismo estado superficial para un gran número de superficies de la pieza, se puede utilizar uno de los símbolos básicos y explicar su significado sobre el plano, según se muestra en la figura 16.25.

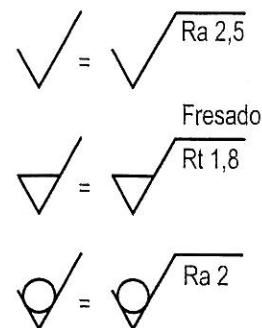


FIGURA 16.25. ESTADO SUPERFICIAL IGUAL PARA MUCHAS SUPERFICIES.

Por último, es importante recalcar que sólo se deberán proporcionar indicaciones referidas al acabado superficial (perfils R, W o P) cuando sea estrictamente necesario para el buen

funcionamiento del sistema, y sólo en aquellas superficies cuyo comportamiento funcional o estético lo exija. El especificar un estado superficial determinado en una superficie donde no es necesario obliga a realizar un proceso de fabricación y un control de calidad específico para dicha especificación, y, por consiguiente, aumenta los costes y los tiempos de producción de la pieza.

La indicación de estado superficial no es necesaria si el taller donde se producen las piezas las obtiene conforme al estado superficial exigido.

■ 16.2.4. EJEMPLOS

En la figura 16.26 se ofrecen algunos ejemplos, junto con su interpretación.

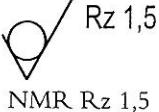
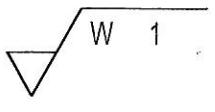
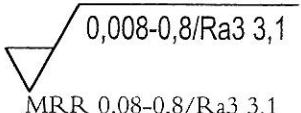
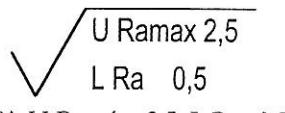
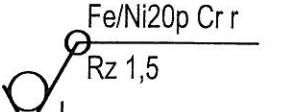
	<p>Proceso sin eliminación de material Banda de transmisión por defecto Perfil R característica z (máxima altura del perfil) de valor máximo 1,5 μm. Longitud de evaluación por defecto. Regla de aplicación del límite de la especificación del 16%</p>
	<p>Proceso con eliminación de material Banda de transmisión por defecto Perfil R característica z (máxima altura del perfil) de valor máximo 1,5 μm. Longitud de evaluación por defecto. Regla de aplicación del límite de la especificación del valor máximo</p>
	<p>Proceso con eliminación de material Banda de transmisión por defecto Perfil W de valor máximo 1 μm. Longitud de evaluación por defecto. Regla de aplicación del límite de la especificación del 16%</p>
	<p>Proceso con eliminación de material por fresado Banda de transmisión 0,008–0,8 mm Perfil R característica a (desviación media aritmética) de valor máximo 3,1 μm. Longitud de evaluación 3 veces la longitud de muestreo. Regla de aplicación del límite de la especificación del 16%</p>
	<p>Cualquier proceso de fabricación Banda de transmisión por defecto Límite superior con exigencia de perfil R característica a (desviación media aritmética) de valor máximo 2,5 μm. Longitud de evaluación por defecto. Regla de aplicación del límite de la especificación: el valor máximo Límite inferior con exigencia de perfil R característica a (Desviación media aritmética) de valor máximo 0,5 μm. Longitud de evaluación por defecto. Regla de aplicación del límite de la especificación del 16%</p>
	<p>Proceso de fabricación sin eliminación de material Todas las superficies de la pieza están afectadas Banda de transmisión por defecto Perfil R característica z (máxima altura del perfil) de valor máximo 1,5 μm. Longitud de evaluación por defecto. Regla de aplicación del límite de la especificación del 16% Recubrimiento de níquel-cromo</p>

FIGURA 16.26. EJEMPLOS DE RUGOSIDAD.

■ 16.2.5. ESTADOS SUPERFICIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN

A continuación se muestra una tabla con los valores típicos alcanzados de R_a expresados en micrómetros. Esta tabla debe ser utilizada como orientación.

Proceso de fabricación	Ra μm												
	0,0250	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,5	3	6	12	16	20	25
Pulido													
Laminación en caliente													
Moldeo en arena													
Forja													
Moldeo en coquilla													
Moldeo a presión													
Laminado, estirado, trefilado													
Extrusión													

A continuación se muestra una tabla con los valores típicos alcanzados de R_z en micrómetros:

Proceso de fabricación	Rz μm	
	Valores usuales	Valores especiales
Cepillado	6,3-100	1,0-6,3
Mortajado	10-40	2,5-10
Brochado	2,5-10	0,6-2,5
Cilindrado	4,0-63	1,0-4,0
Refrentado	10-63	2,5-10
Ranurado	10-40	4,0-10
Fresado	10-40	1,6-10
Taladrado	40-160	16-40
Avellanado	25-40	6,3-10
Escariado	10-25	0,4-4,0
Rectificado frontal	4,0-10	0,6-1,6
Rectificado cilíndrico	2,5-6,6	1,0-2,5
Pulido	1,0-2,5	0,06-0,16
Lapeado	0,16-1,6	0,04-0,16
Bruñido	0,04-0,25	-

16.3. NORMATIVA

Norma	Título
EN ISO 1302 2002	Especificación geométrica de productos (GPS). Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos.
ISO 4287	Especificación geométrica de productos (GPS). Calidad superficial: Método del perfil. Términos, definiciones y parámetros del estado superficial.
ISO 4288	Especificación geométrica de productos (GPS). Calidad superficial: Método del perfil. Reglas y procedimientos para la evaluación del estado superficial.

