

PROCESOS DE PRODUCCION

UNIDAD 6: METROLOGÍA, TOLERANCIAS Y AJUSTES

Generalidades. Métodos de medición. Especificaciones. Límites de precisión en las medidas.

Instrumentos de medición. Medición de longitud. Medición de ángulos.

Control de superficies. Tolerancias, calidades, posiciones. Ajustes.

Sistemas normales y medidas límites. Ajuste de agujero Único, eje único y sistemas mixtos.

METROLOGIA

Metron: medida

Logos: tratado

Ciencia que estudia los sistemas de pesas y medidas. Se ocupa de las mediciones, unidades de medida y de los equipos utilizados para efectuarlas, así como de su verificación y calibración periódica.

Sistema Internacional de Unidades (SI)

METROLOGIA:

- TERMICA
- ELECTRICA
- ACUSTICA
- DIMENSIONAL
- ETC

UNIDADES BASICAS:

- LONGITUD: Metro (m)
- MASA: Kilogramo (kg)
- TIEMPO: Segundo (s)
- CORRIENTE ELECTRICA: Ampere (A)
- TEMPERATURA: Kelvin (K)
- CANTIDAD DE SUBSTANCIA: Mol o Mole (mol)
- INTENSIDAD LUMINOSA: Candela (cd)

UNIDADES SUPLEMENTARIAS

- ANGULO PLANO: Radian (rd)
- ANGULO SOLIDO: Steradian (sr) Estereorradián

El metro (símbolo: m) es la unidad coherente de longitud del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la distancia que recorre la luz en el vacío en un intervalo de $1/299.792.458$ s.

NORMAS Y NORMALIZACION

La vida civilizada implica una serie de reglamentaciones, costumbre y leyes que nos permiten vivir en comunidad. En Argentina nos basamos en las Normas IRAM 5.001 a 5.004.

NORMALIZACION: proceso de formular y aplicar reglas para una aproximación ordenada a una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los involucrados.

NORMA: es el resultado de una elección colectiva y razonada.

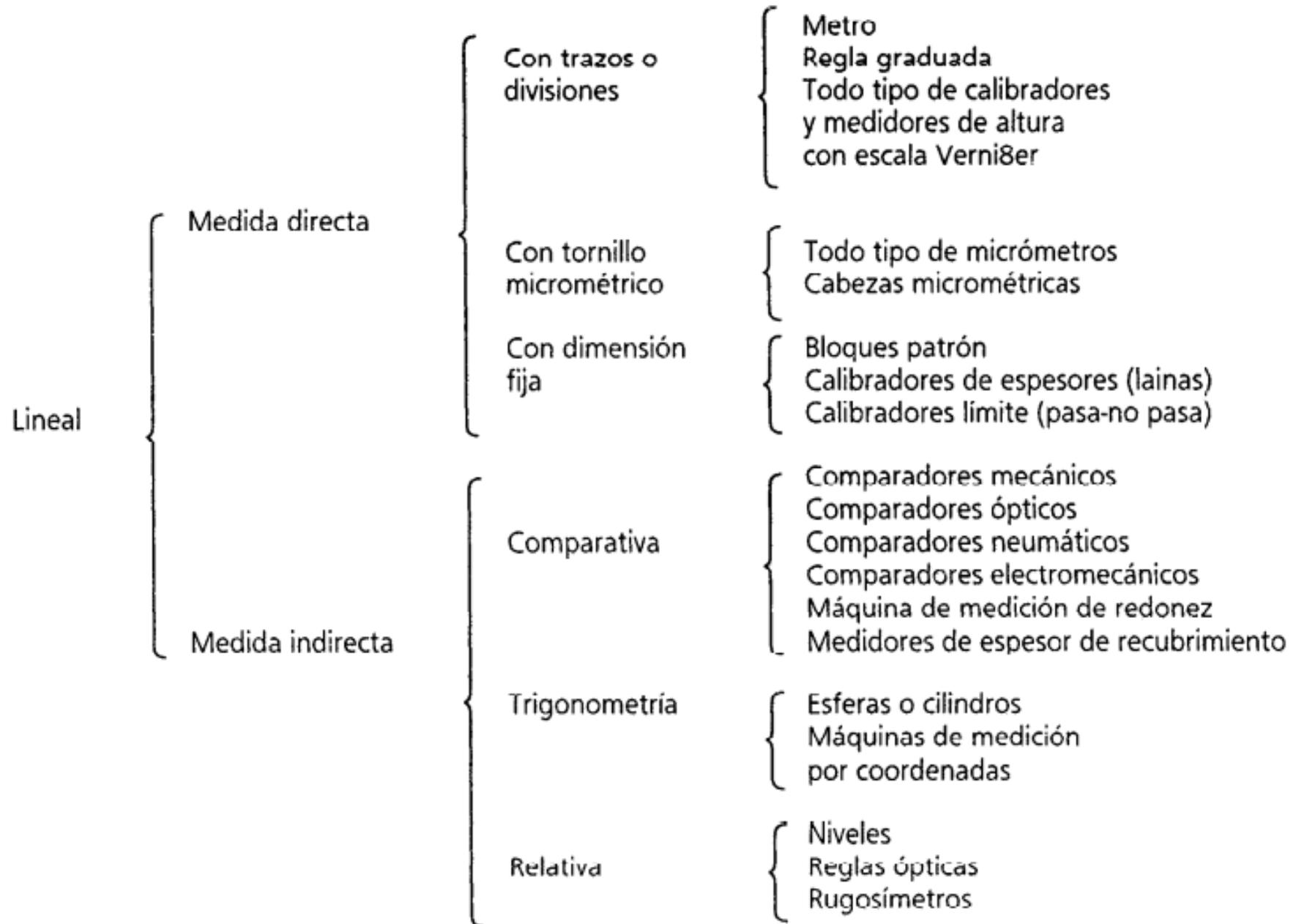
PRINCIPIOS DE LA NORMALIZACION

- HOMOGENEIDAD
- EQUILIBRIO
- COOPERACION
- SIMPLIFICACION
- UNIFICACION (Intercambiabilidad)
- ESPECIFICACION

METODOS DE MEDICION

Medida es la evaluación de una magnitud hecha según su relación con otra magnitud.

Comparar con la unidad de su misma especie para determinar cuántas veces una se halla contenida en la otra.





Las mediciones también pueden clasificarse en 2 tipos:

- **Verificación:** en el curso del trabajo.
- **Control de calidad:** al final del trabajo.

ESPECIFICACION

Exigencia o requisito que debe cumplir un producto, un proceso o un servicio. Sería el complemento de una norma, que tiene por objeto definir la calidad de los productos y sus métodos de comprobación.

DEBEN

- Tener una relación directa con el destino del producto o servicio.
- Especificarse las tolerancias.
- Preferirse cuantitativas sobre cualitativas.

- Ser concretas, completas, inequívocas, explícitas, inteligibles y sistemáticas.
- Omitir requisitos irrealistas o contradictorios.
- Tener un método de comprobación.
- Comprobación a corto plazo.

LIMITES DE PRECISION EN LAS MEDIDAS

Las mediciones nunca son exactas, y estos errores dependen de la imperfección de los sentidos, de los medios, de la observación, de las teorías que se aplican, de los

aparatos de medición, de las
condiciones ambientales, etc.

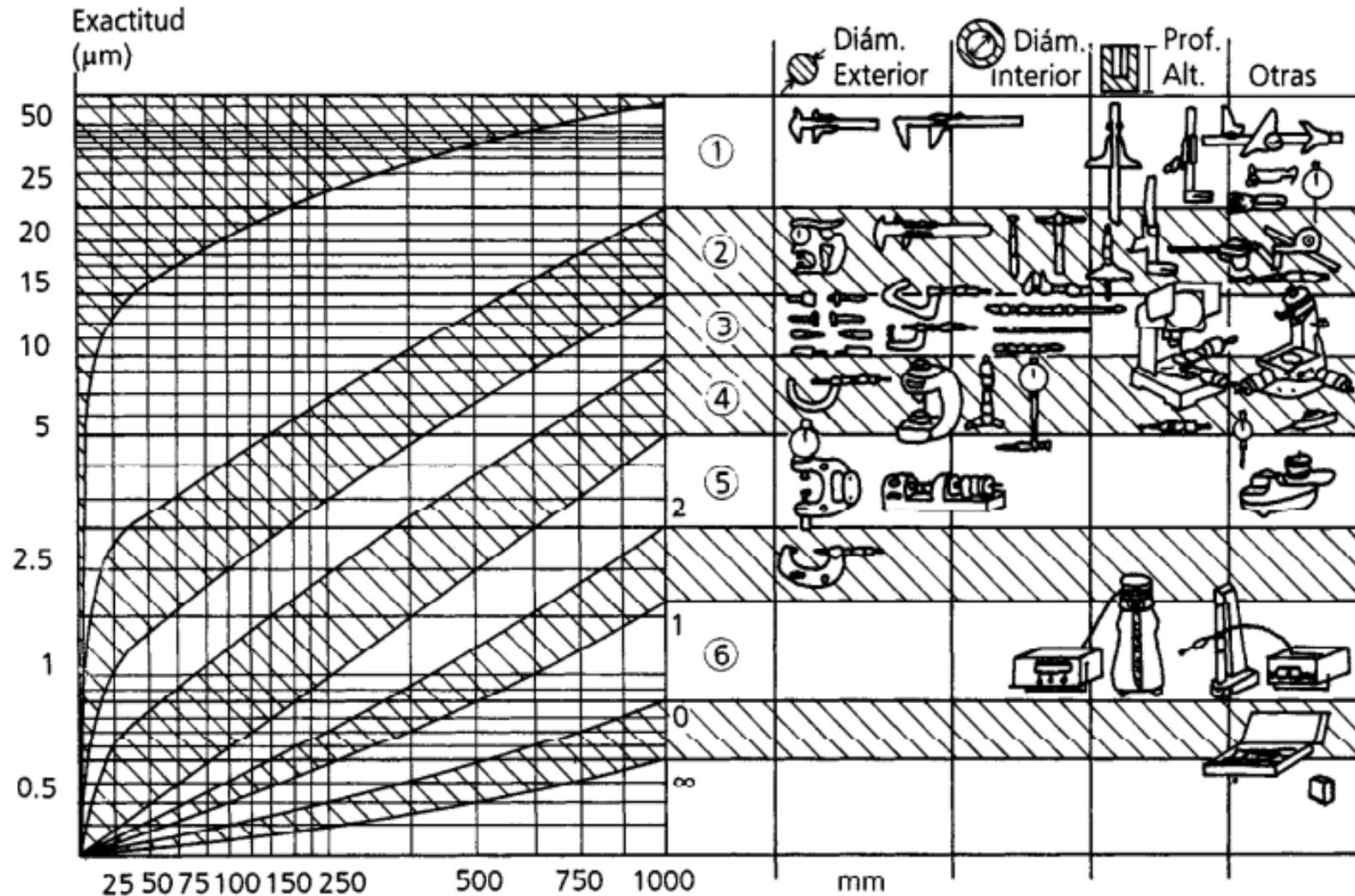
TIPOS DE ERRORES

- Por el instrumento o equipo de medición.
- Del operador o por el método de medición.
- Por el uso de instrumentos no calibrados.

- Por la fuerza ejercida al medir.
- Por instrumento inadecuado.
- Por puntos de apoyo.
- Por métodos de sujeción del instrumento.
- Por distorsión.
- De paralaje.

- De posición.
- Por desgaste.
- Por condiciones ambientales.

A parte de los errores cometidos en las mediciones, los instrumentos de medición definen los límites de precisión en las medidas; y esto se refleja en la graduación de los mismos.



- 1) Calibradores de vernier, medidor de alturas
- 2) Calibradores, medidores de altura, indicadores de carátula
- 3) Micrómetros de interiores y exteriores

- 4) Micrómetro de exteriores con escala de vernier, medidor de agujeros, indicador de carátula
- 5) Calibrador de indicadores

INSTRUMENTOS DE MEDICION

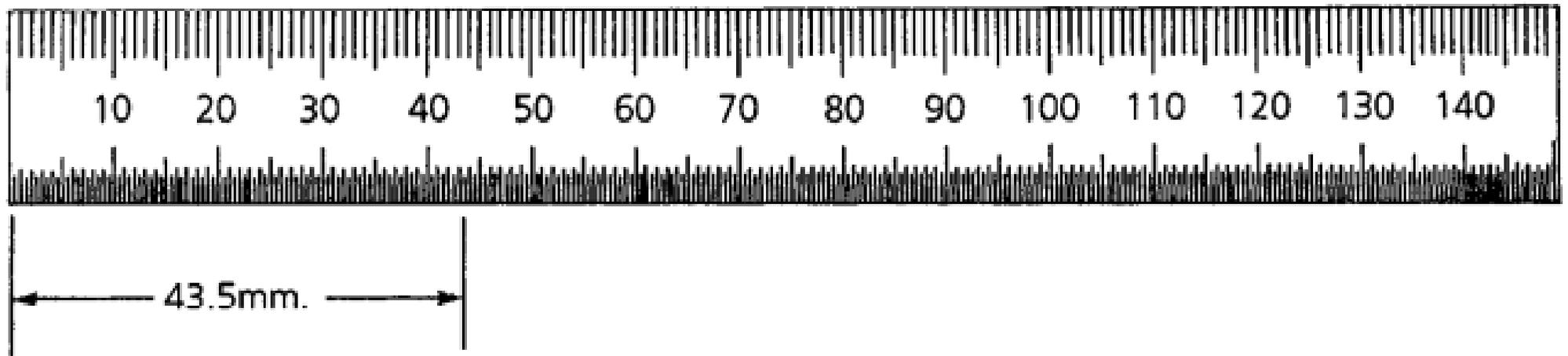
DE LONGITUD

CINTAS DE MEDICION

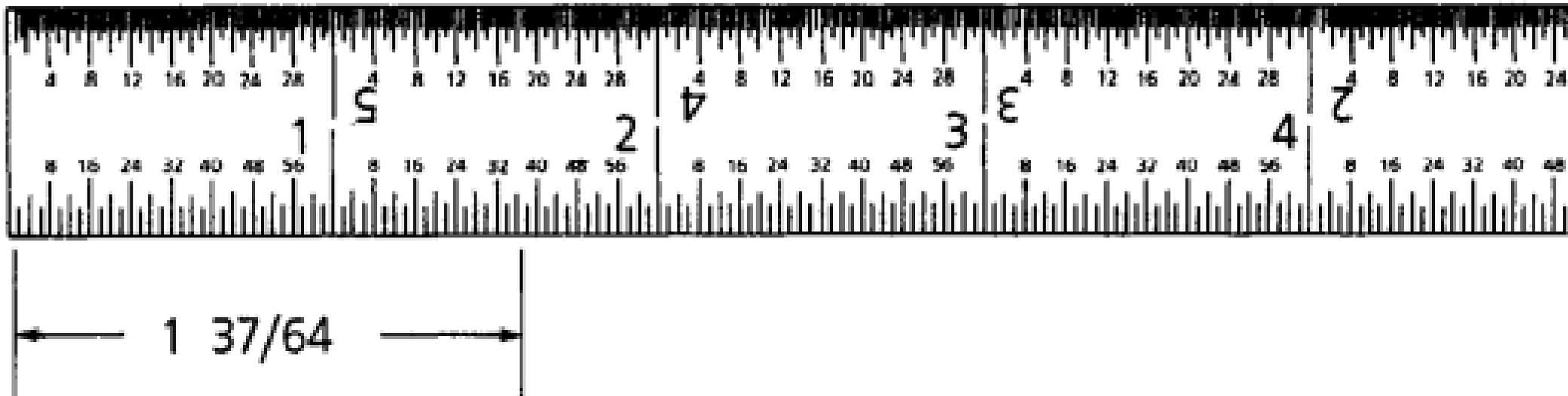


REGLAS

En milímetros



En pulgadas



LAINAS – SONDAS MEDIDORES DE ESPESOR



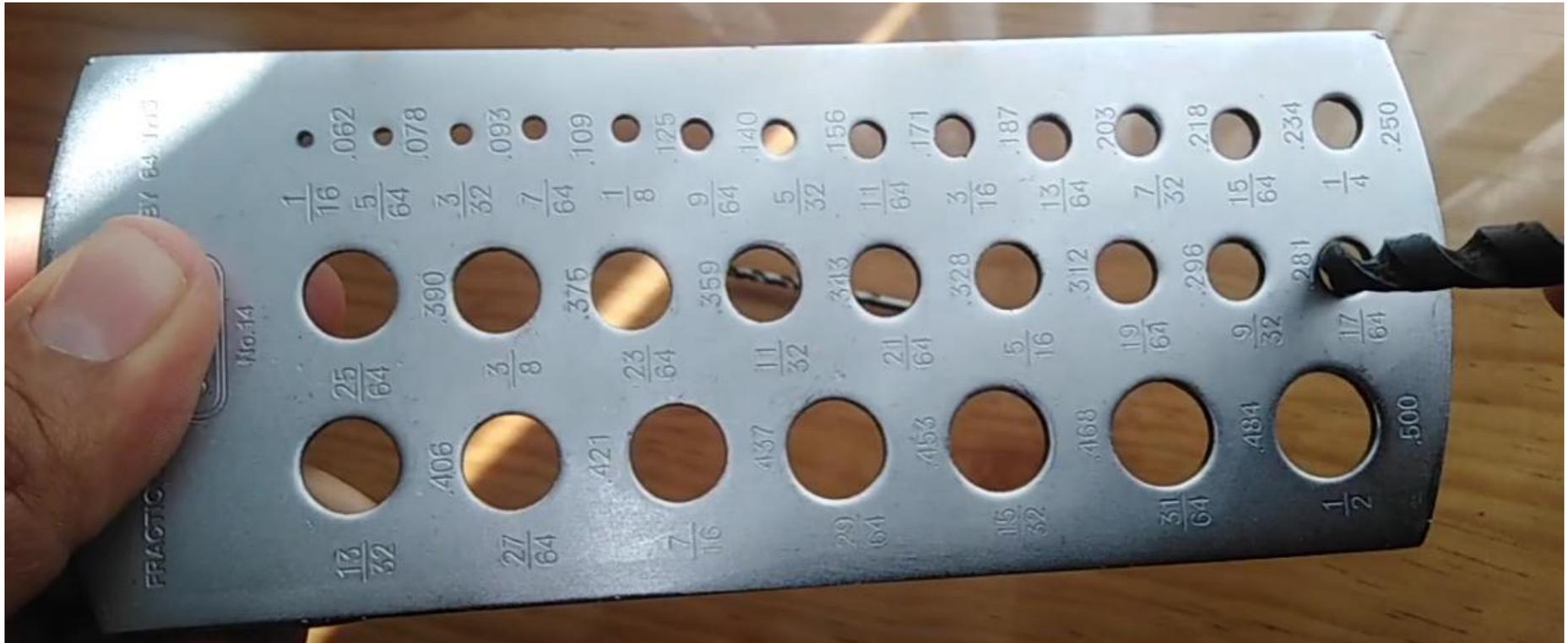
PATRONES DE RADIOS





PATRONES PARA ALMBRES, BROCCAS Y LAMINAS





CUENTA HILOS

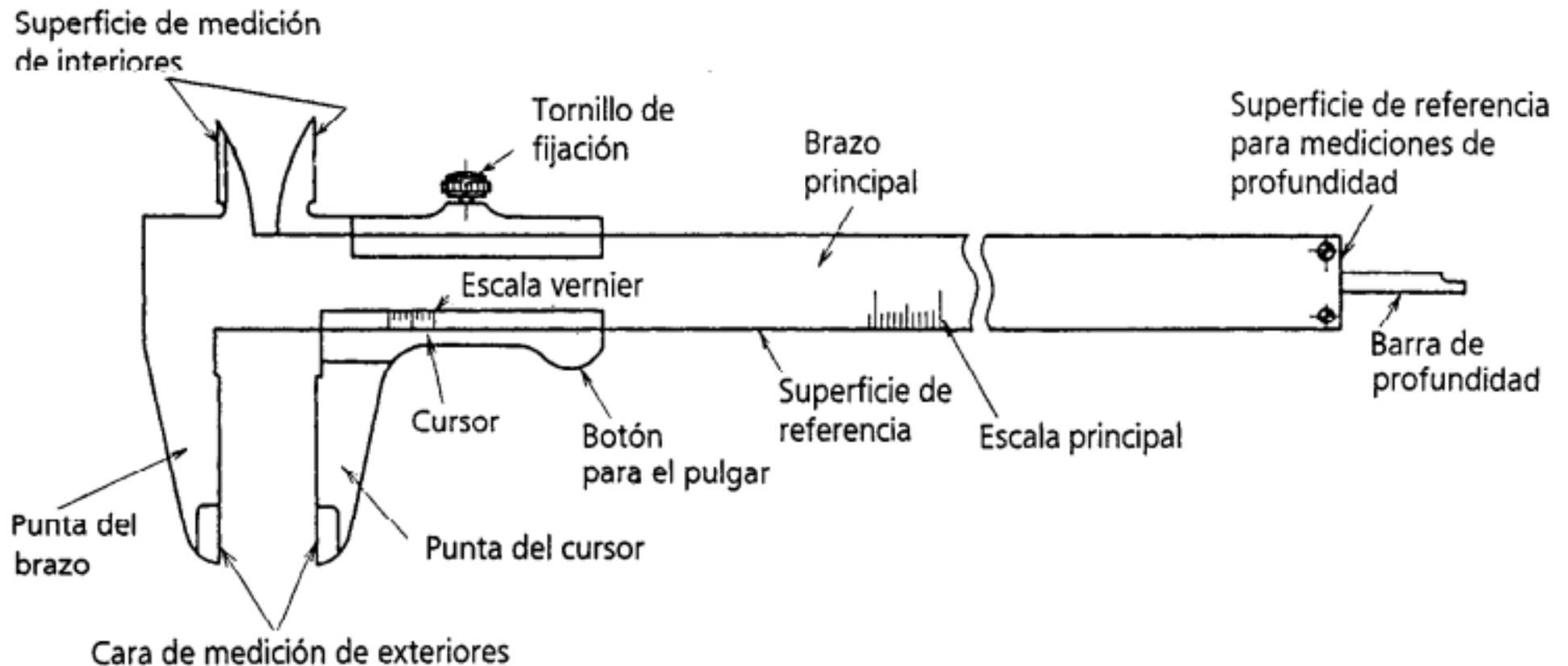


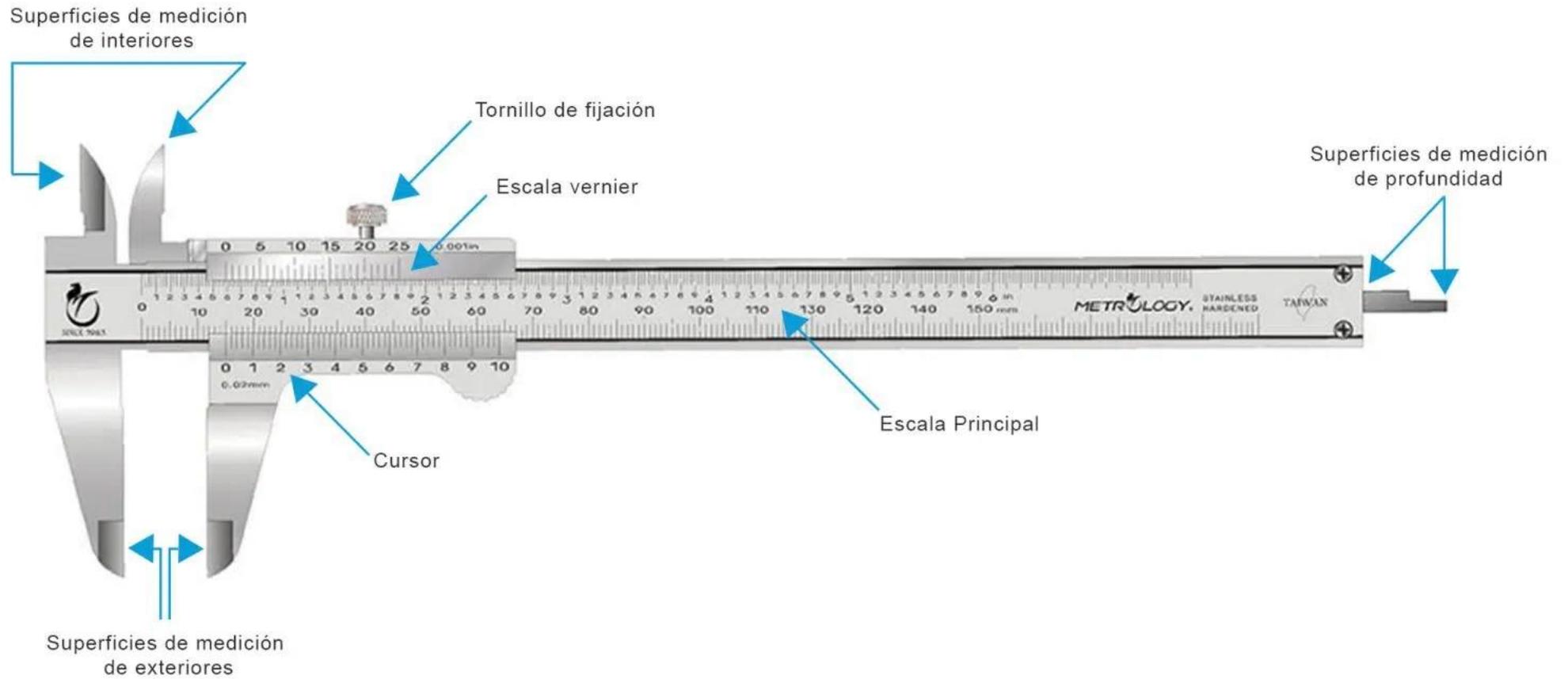
COMPACES



CALIBRADORES

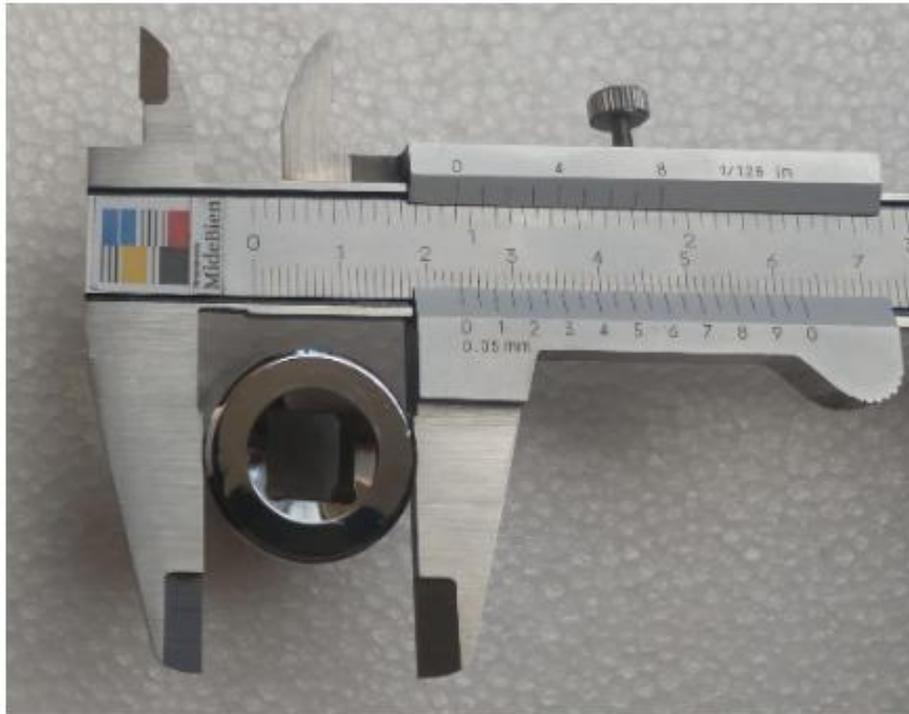
CALIBRE-PIE DE REY



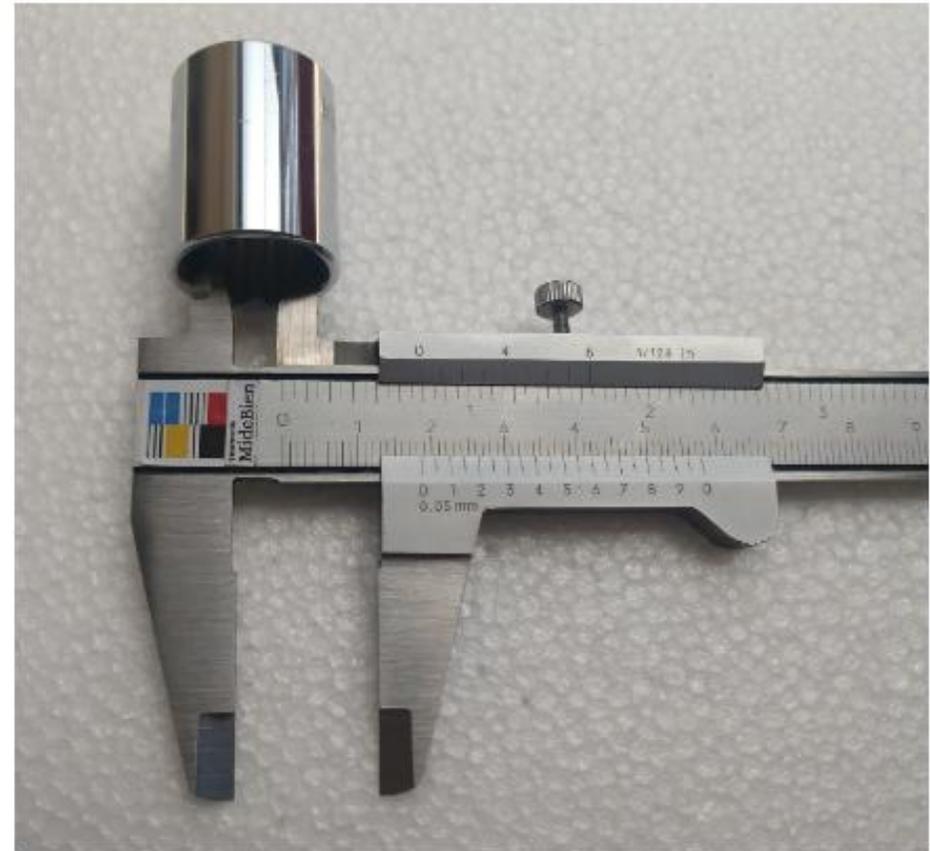


Mediciones

Exterior



Interior

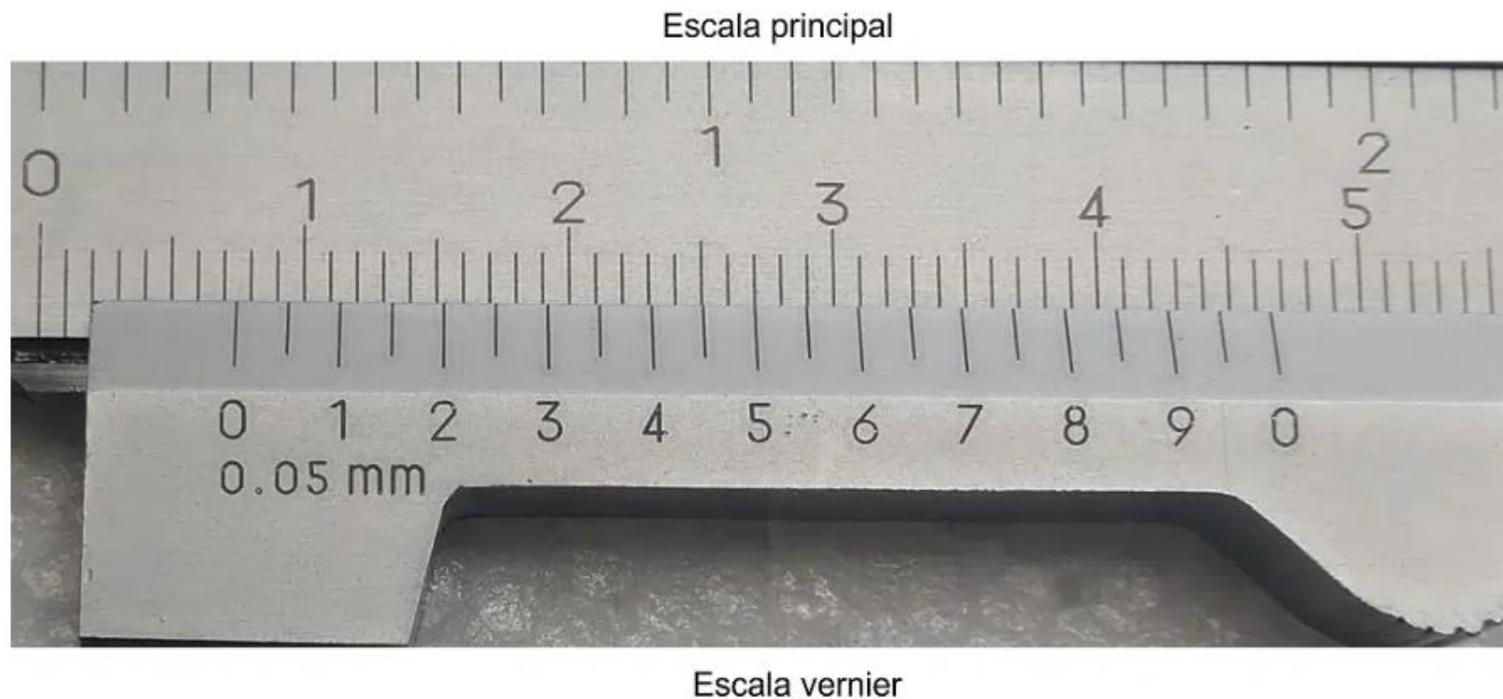


Profundidad



Funcionamiento

La lectura del instrumento se realiza mediante la escala vernier que se desliza a lo largo de la escala principal, lo cual nos permite realizar mediciones fraccionales de la división mínima de la escala principal.



Si solo se tuviera la escala principal la división mínima de la escala principal es de 1 mm, solo pudiéramos leer de milímetro en milímetro.

En un calibrador con vernier la escala principal nos da el valor entero de la medición y la escala vernier nos proporciona la fracción o el decimal de la lectura de la medición.

Dependiendo del número de divisiones que tenga la escala vernier será la resolución que tenga el calibrador vernier.

Escala principal División mínima	Escala vernier Número de divisiones	Calibrador vernier División mínima
0.5 mm	25 divisiones en 12 mm	0.02 mm
1 mm	50 divisiones en 49 mm 20 divisiones en 19 mm 20 divisiones en 39 mm	0.02 mm 0.05 mm 0.05 mm
1/16 pulg	8 divisiones en 7/16 pulg	1/128 pulg
1/40 pulg	25 divisiones en 1.225 pulg	1/1000 pulg
1/20 pulg	50 divisiones en 2.45 pulg	1/1000 pulg

La división mínima o legibilidad del calibrador vernier se obtiene de la siguiente formula:

$$L = \frac{d}{n}$$

Donde:

L – legibilidad.

d – división mínima de la escala principal.

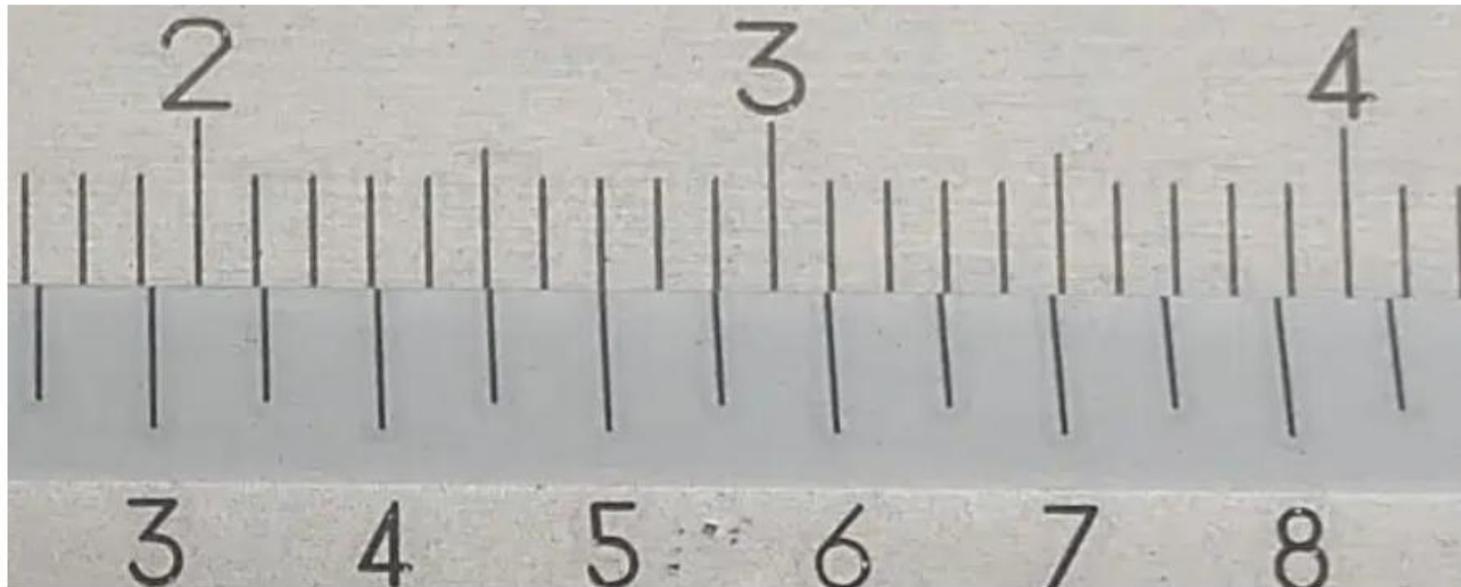
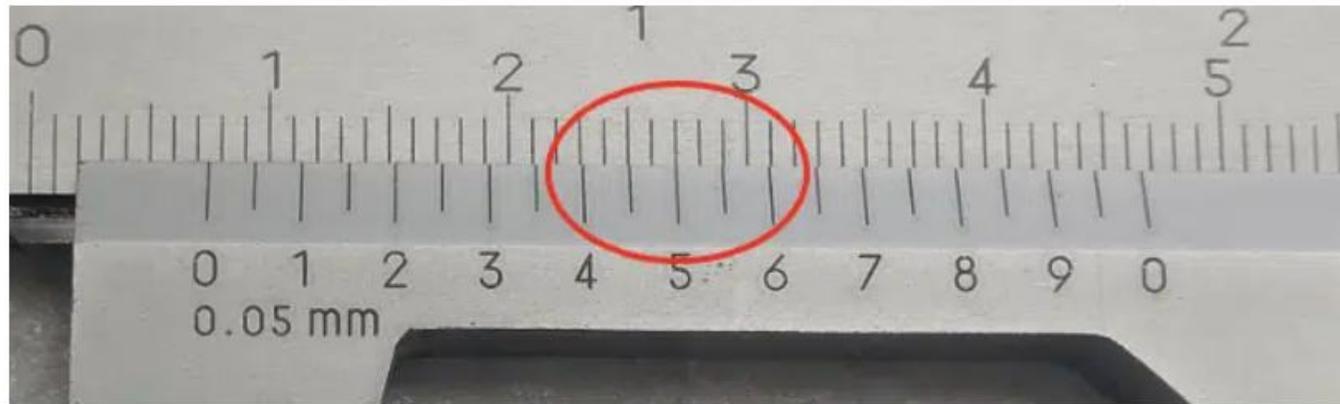
n – número de graduaciones de la escala vernier.

Toma de lecturas en milímetros.

Conociendo la legibilidad o división mínima del calibrador vernier y siguiendo las buenas prácticas de medición del calibrador vernier se coloca el calibrador vernier en la pieza a medir y se procede a obtener la lectura medida.

Se inicia tomando el valor en milímetros de la escala principal, el cual es el más próximo a la izquierda de la línea cero de la escala vernier. Por ejemplo, escala-vernier-1-jpg

La lectura en milímetros es de 7 mm de la escala principal.



3. Ahora para los decimales, si tenemos un calibrador vernier con legibilidad de 0.05 mm, tiene 20 divisiones en la escala vernier,

identificamos en la escala vernier cuál de las divisiones coincide con una línea de la escala principal y notamos que solo una de las veinte divisiones de la escala vernier coincide. En el ejemplo podemos ver que coincide la división número 10 o en el número 5 de la escala vernier.

El número 5 corresponde a 0.50 mm, también podemos obtener los decimales de la lectura así: número de división x legibilidad $(10 \times 0.05) = 0.50 \text{ mm}$

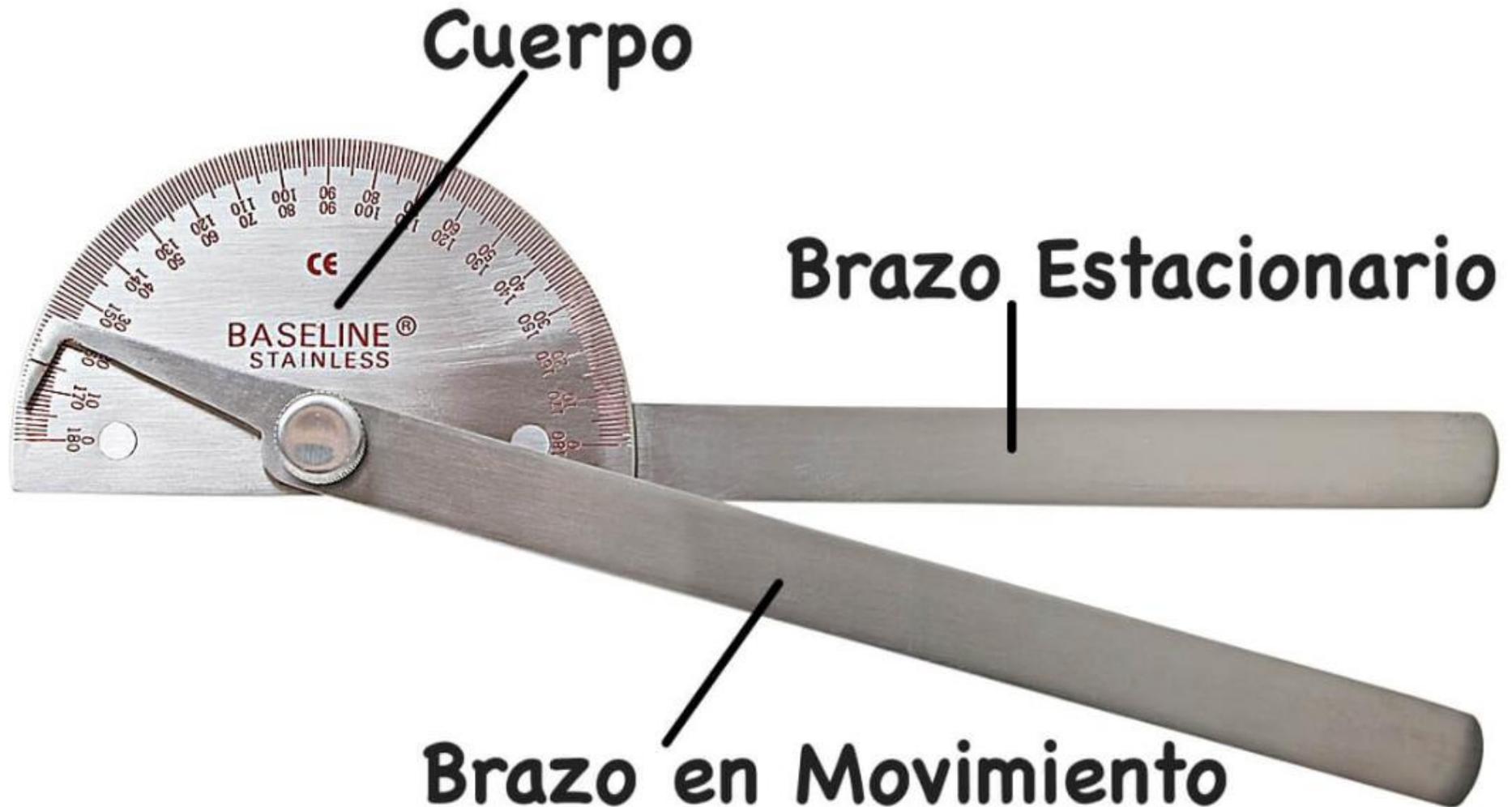
4. Finalmente, el valor de la pieza medida es:

Lectura escala principal	7 mm
Lectura escala vernier	0.50 mm
Lectura del calibrador vernier	7.50 mm

MEDICION DE ANGULOS

Cuando se cruzan 2 rectas forman un ángulo. En el SI se usa el radian, pero en la industria la unidad más común es el grado. Para las partes de un grado se puede usar el sistema decima o sexagesimal $10^{\circ}20'15''$.

TRANSPORTADOR Y GONIOMETRO

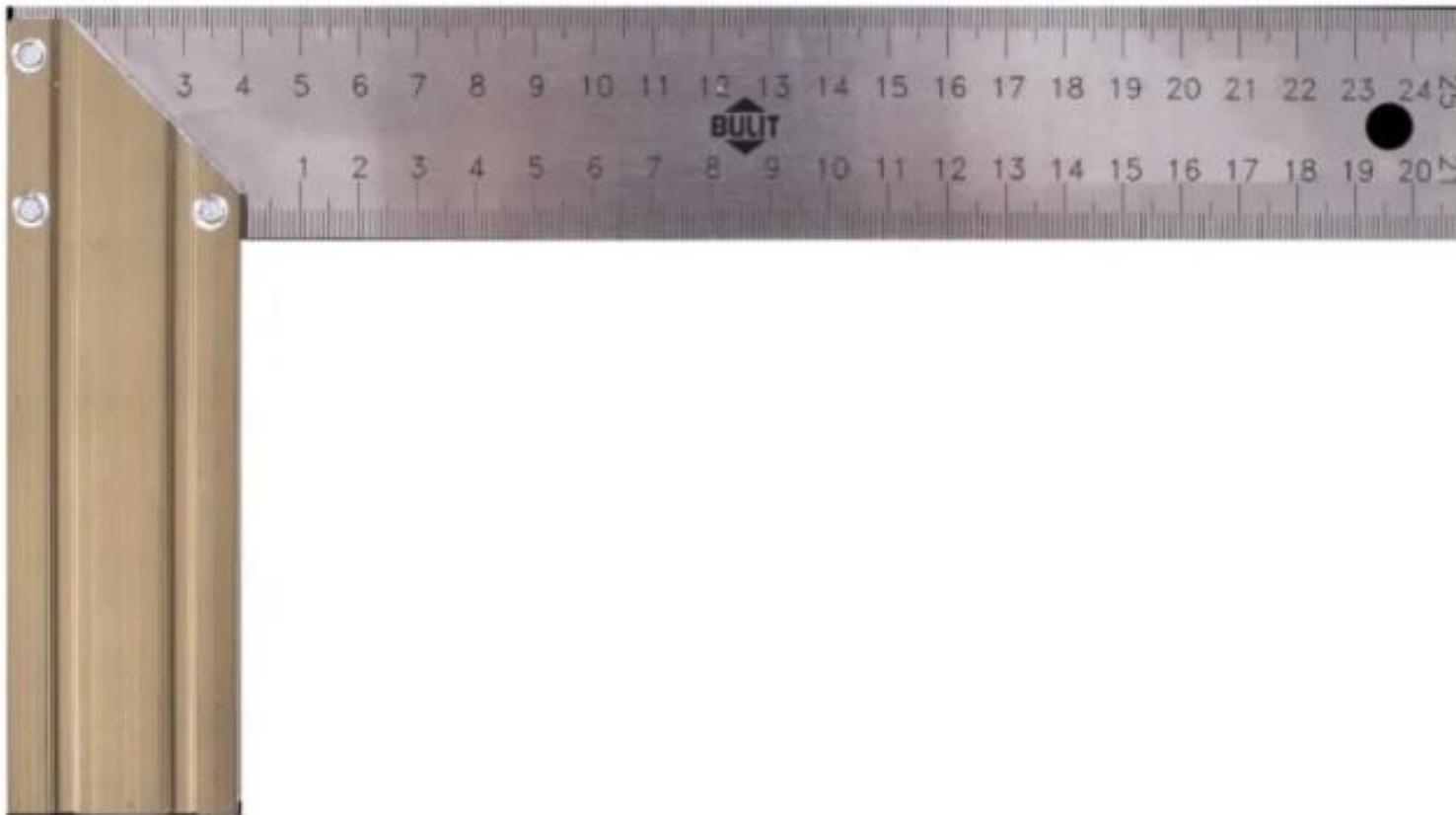




NIVELES



ESCUADRAS



INSTRUMENTOS DE MEDICION DE PRESION



TERMOMETROS

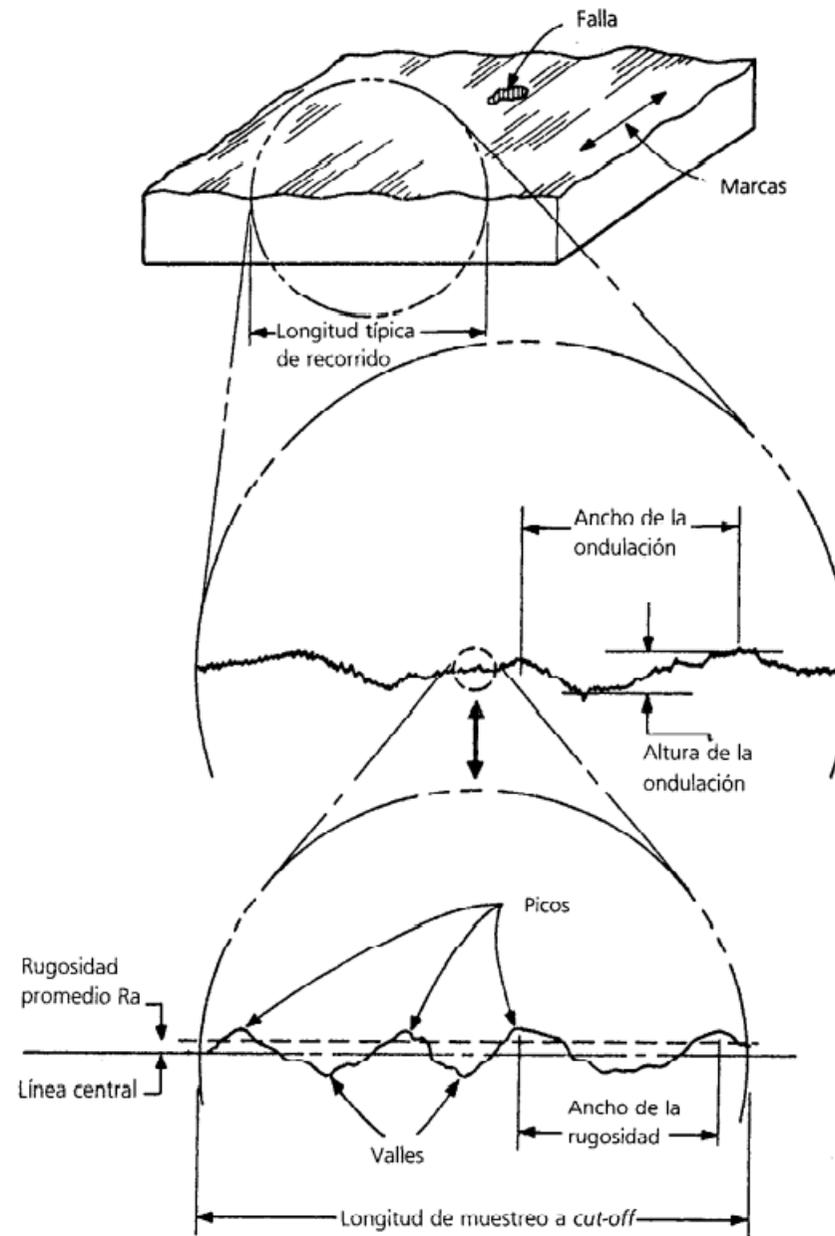
<i>Clase</i>	<i>Rango de escala (°C)</i>	<i>Líquido sensible de la temperatura</i>	<i>Designación del termómetro</i>
Termómetro 50°C	-30 a +50	Mercurio	50M
		Alcohol	50A
Termómetro 100°C	-5 a +105	Mercurio	100M
		Alcohol	100A
Termómetro 150°C	-5 a +150	Mercurio	150M
		Alcohol	150A
Termómetro 200°C	-5 a +200	Mercurio	200M
Termómetro 250°C	-5 a +250		250M
Termómetro 300°C	-5 a +300		300M
Termómetro 360°C	-5 a +360		360M

TORQUIMETROS



CONTROL DE SUPERFICIES

Todas las superficies presentan imperfecciones que se originan en el momento de fabricación.

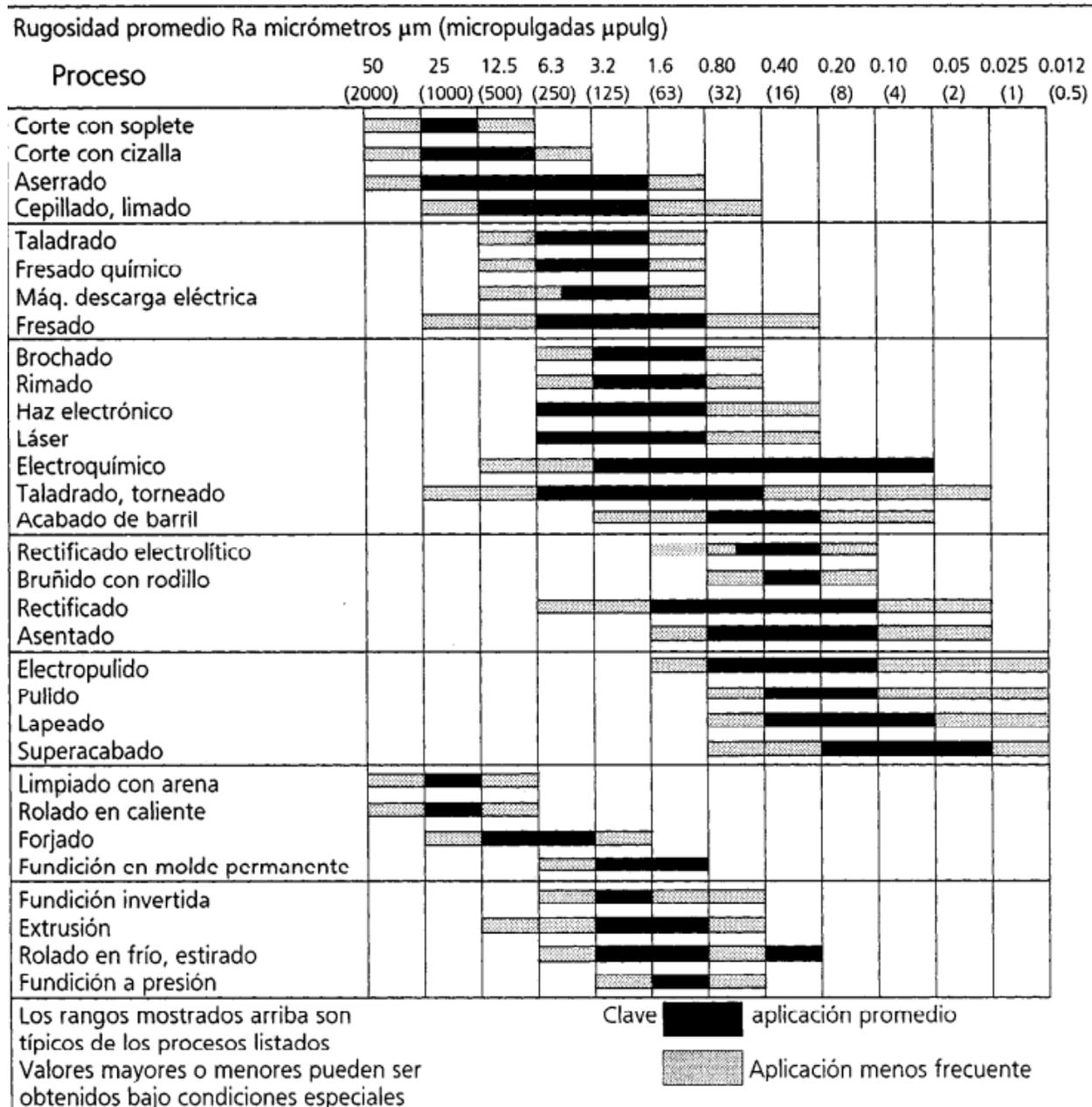


Las irregularidades mayores o macro geométricas son errores de formas asociados a las variaciones de tamaños de la pieza, paralelismo entre superficies, conicidad, redondez, y pueden medirse con

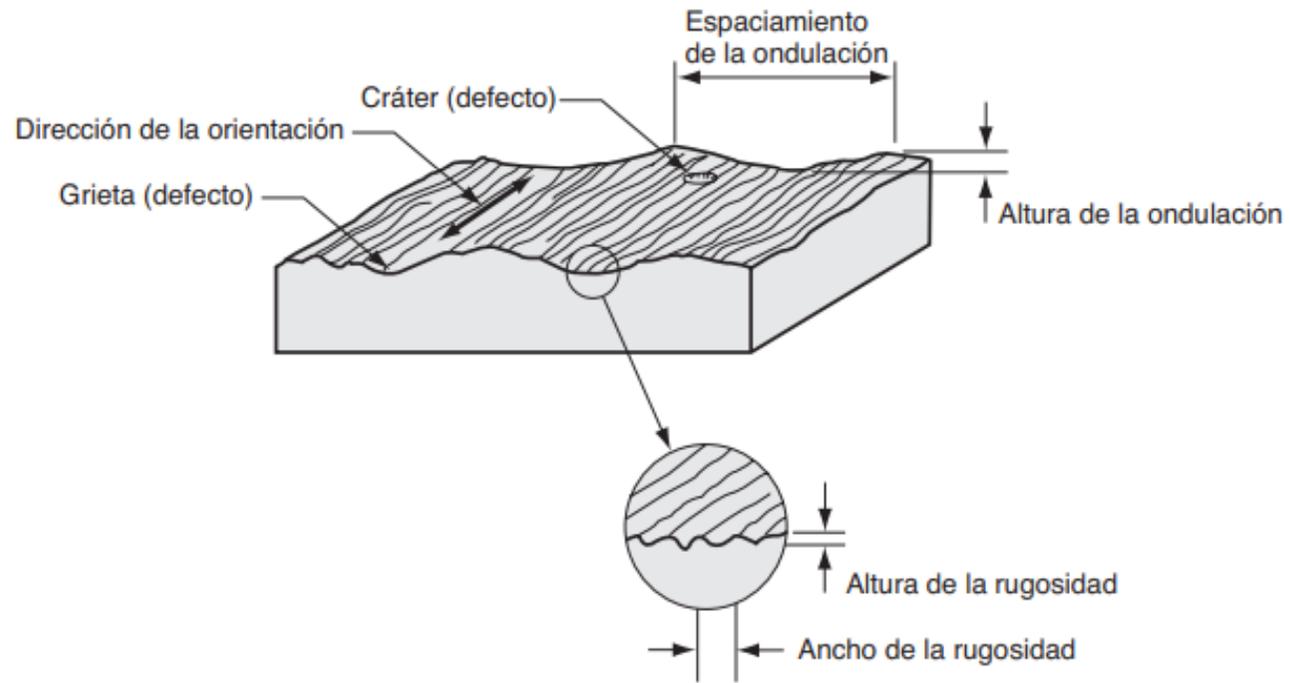
instrumentos convencionales
(Gonzalez, 1995).

Las irregularidades menores o micro geométricas son la ondulación y la rugosidad. La primera puede ser resultado de la flexión de la pieza, y la

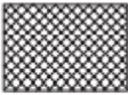
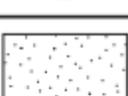
segunda por la herramienta usada durante el maquinado.



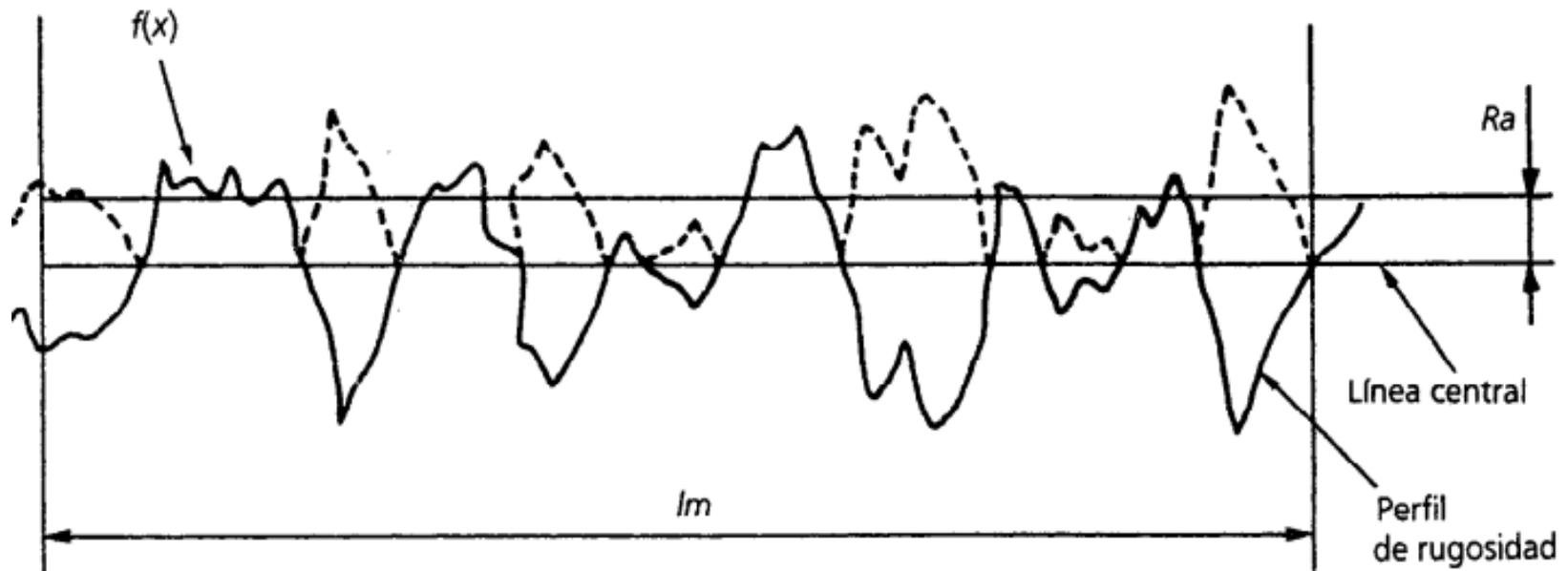
Proceso	Acabado de superficie común	Rango de rugosidad ^h	Proceso	Acabado de superficie común	Rango de rugosidad ^h
Fundición:			Abrasivos:		
Fundición con molde	Bueno	1–2 (30–65)	Esmerilado	Muy bueno	0.1–2 (5–75)
Fundición con revestimiento	Bueno	1.5–3 (50–100)	Rectificado	Muy bueno	0.1–1 (4–30)
Fundición con arena	Malo	12–25 (500–1000)	Bruñido	Excelente	0.05–0.5 (2–15)
Formado de metales:			Pulido	Excelente	0.1–0.5 (5–15)
Laminado en frío	Bueno	1–3 (25–125)	Superacabado	Excelente	0.02–0.3 (1–10)
Corte de lámina metálica	Bueno	1–3 (25–125)	No tradicionales:		
Extrusión en frío	Bueno	1–4 (30–150)	Fresado químico	Medio	1.5–5 (50–200)
Laminado en caliente	Malo	12–25 (500–1000)	Electroquímico	Bueno	0.2–2 (10–100)
Maquinado:			Descarga eléctrica	Medio	1.5–15 (50–500)
Perforado	Bueno	0.5–6 (15–250)	Haz de electrones	Medio	1.5–15 (50–500)
Barrenar	Medio	1.5–6 (60–250)	Haz de láser	Medio	1.5–15 (50–500)
Fresar	Bueno	1–6 (30–250)	Térmico:		
Planeado	Medio	1.5–12 (60–500)	Soldadura por arco	Malo	5–25 (250–1000)
Escariar	Bueno	1–3 (30–125)	Corte con llama	Malo	12–25 (500–1000)
Perfilar	Medio	1.5–12 (60–500)	Corte con arco de plasma	Malo	12–25 (500–1000)
Aserrar	Malo	3–25 (100–1000)			
Tornear	Bueno	0.5–6 (15–250)			



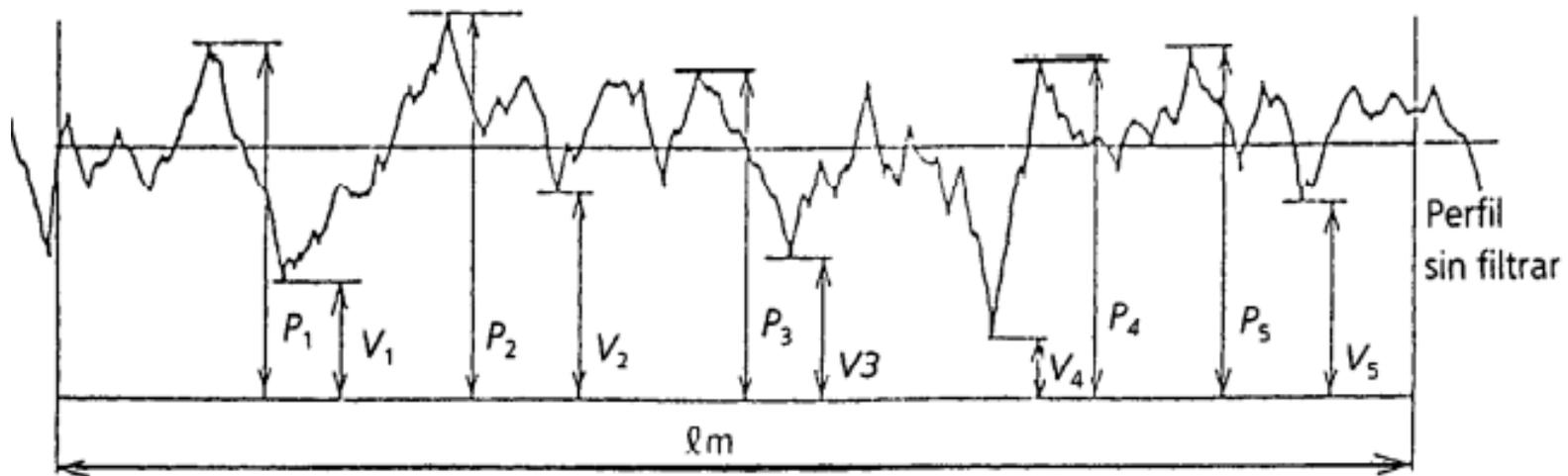
Orientación de la rugosidad

Símbolo de la orientación	Patrón de la superficie	Descripción
=		La orientación es paralela a las líneas que representan a la superficie a que se aplica el símbolo.
⊥		La orientación es perpendicular a la línea que representa la superficie a que el símbolo se aplica.
X		La orientación es angular en ambas direcciones a la línea que representa la superficie a que se aplica el símbolo.
M		La orientación es multidireccional.
C		La orientación es circular en relación con el centro de la superficie para la que se utiliza el símbolo.
R		La orientación es aproximadamente radial en relación con el centro de la superficie para la que se emplea el símbolo.
P		La orientación es particular, no direccional o protuberante.

Ra

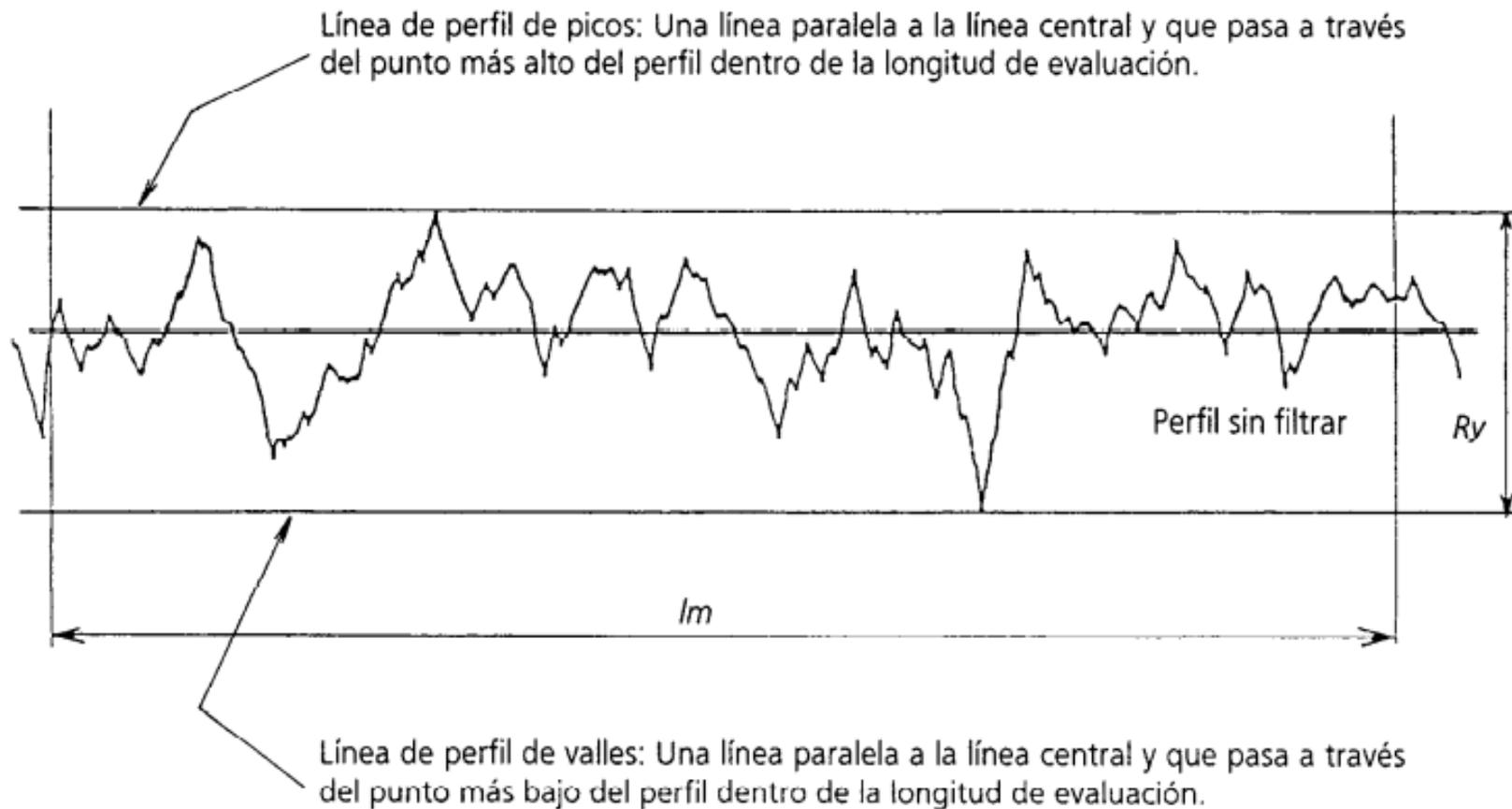


Rz



$$R_z \text{ (JIS · ISO)} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5) - (V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5)}{5}$$

Ry



Características y tolerancias		Características	Símbolos
Características individuales	Tolerancias de forma	Rectitud	—
		Planitud	
		Redondez	
		Cilindricidad	
Características individuales o relacionadas		Perfil de una línea	
		Perfil de una superficie	
Características relacionadas	Tolerancias de orientación	Paralelismo	//
		Perpendicularidad	
		Anularidad	
	Tolerancias de localización	Posición	
		Concentricidad o coaxialidad	
		Simetría	
	Tolerancias de cabeceo (Runout)	Cabeceo circular	
		Cabeceo total	

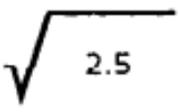
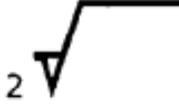
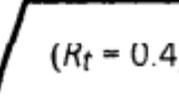
Símbolos sin indicación adicional

Símbolo	Significado
	<p>Símbolo básico. Puede usarse sólo cuando su significado se aplica en una nota.</p>
	<p>Una superficie maquinada sin indicación de cualquier otro detalle.</p>
	<p>Una superficie en la cual está prohibida la eliminación de material. Este símbolo también puede utilizarse en un dibujo relacionado con un proceso de producción para indicar que una superficie quedará tal como quedó después de un proceso de manufactura precedente, sin importar si tal estado se logró eliminando material o de otra forma.</p>

Símbolos con el principal criterio de rugosidad Ra

Símbolo			Significado
La eliminación de material por maquinado es			
Opcional	Obligatoria	Prohibida	
<p>3,2 / N 8</p>	<p>3,2 / N 8</p>	<p>3,2 / N 8</p>	Una superficie con valor máximo de rugosidad superficial Ra de 3.2 μm
<p>6,3 / N 9 1,6 / N 7</p>	<p>6,3 / N 9 1,6 / N 7</p>	<p>6,3 / N 9 1,6 / N 7</p>	Una superficie con valor máximo de rugosidad superficial Ra de 63 μm y un mínimo de 1.6 μm .

Símbolos con información adicional

Símbolo	Significado
	Método de producción: fresado
	Longitud de muestreo: 2.5 mm
	Dirección de marcado: perpendicular al plano de proyección de la vista.
	Tolerancia de maquinado: 2 mm
	Indicación (en paréntesis) de un criterio de rugosidad diferente de Ra; por ejemplo, $R_t = 0.4 \mu\text{m}$

Especificaciones de acabado superficial

a = valor Ra de rugosidad en micrómetros o micropulgadas o números de grado de rugosidad N1 a N12.

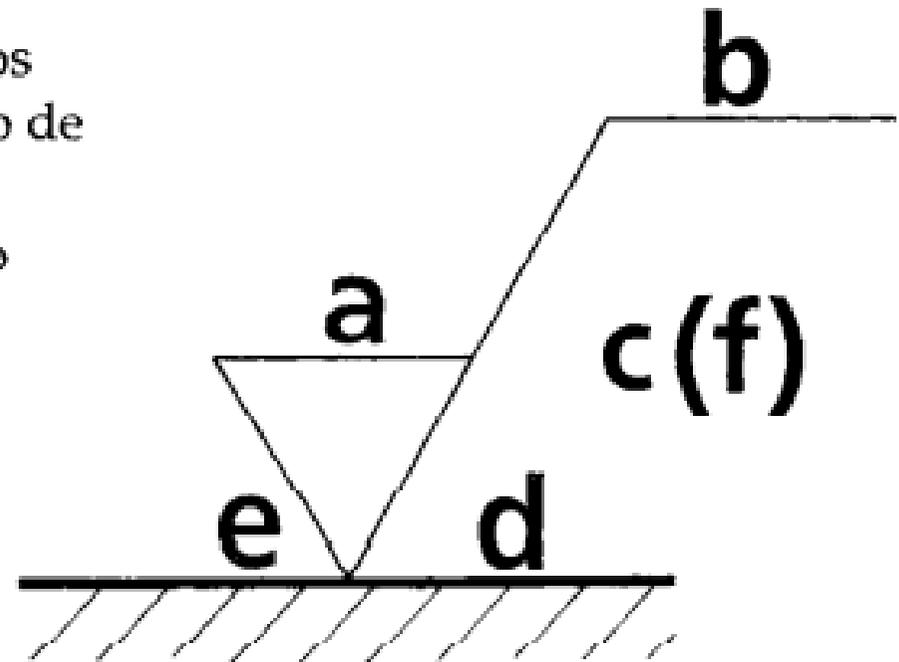
b = método de producción, tratamiento o recubrimiento.

c = longitud de muestreo

d = dirección del marcado

e = cantidad que se removerá mediante maquinado

f = otros parámetros de rugosidad (entre paréntesis)



1. Determinar si la medición será en μm o $\mu\text{pulgadas}$.
2. Como se indicó arriba, si no se menciona ningún parámetro en especial se entenderá que la medición será con el parámetro R_a .
3. El valor numérico mostrado indicará el valor máximo admisible y cualquier valor menor será aceptable.
4. La longitud de muestreo (o valor de *cut-off*) que deberá utilizarse, si no se especifica ninguna, será 0.8 mm o .030 pulgadas (de acuerdo con el sistema de unidades que se esté empleando).
5. La longitud de evaluación deberá fijarse igual a 5 veces la longitud de muestreo.
6. La medición se hará perpendicular a las marcas del maquinado o, si no hay una dirección preferencial, será necesario realizar tres mediciones en posiciones angulares diferentes y reportar el mayor valor.
7. Los parámetros más utilizados son R_a , R_z y R_y , por lo que pueden encontrarse en cualquier rugosímetro; sin embargo, los dos últimos están definidos de forma diferente en las normas DIN y en las normas JIS e ISO, por tanto, habrán de seleccionarse de acuerdo con los valores que se requieran.
8. Cuando esté indicado un parámetro de rugosidad diferente a los anteriores, debe contarse con un rugosímetro capaz de medirlo. No existen factores para realizar conversiones de un parámetro a otro.

Grados de rugosidad

ISO 1302-1978

Valores de rugosidad R_a		Números de grados de rugosidad
μm	μpulg	
50	2000	N 12
25	1000	N 11
12.5	500	N 10
6.3	250	N 9
3.2	125	N 8
1.6	63	N 7
0.8	32	N 6
0.4	16	N 5
0.2	8	N 4
0.1	4	N 3
0.05	2	N 2
0.025	1	N 1

N1-N3 La superficie es especular.

N4-N6 Las marcas del mecanizado no se aprecian ni con la vista ni al tacto, pero si con lupa.

N7-N9 Las marcas del mecanizado se aprecian con la vista, pero no al tacto.

N10 Las marcas del mecanizado se aprecian con la vista y al tacto.

N11-N12 Se corresponden con superficies sin mecanizar.

CALIDAD SUPERFICIAL.					
Símbolo Antiguo	Designación	Valor rugosidad media		Procesos de mecanizado	
		Ra (µm)	Rz (µm)		
	N12	50	240	SIN MECANIZAR BIEN ACABADO	
	N11	25	160		
	N10	12,5	100	TORNEADO	
	N9	6,3	63		FRESADO TANGENCIAL
	N8	3,2	40		
	N7	1,6	20		
	N6	0,8	12,5	LAPEADO	
	N5	0,4	8		BRUNIDO
	N4	0,2	4		
	N3	0,1	2,5		
	N2	0,05	1,6		
	N1	0,025	1		

NORMAS DE REFERENCIA

JIS B0601 definiciones y designación de la rugosidad superficial.

JIS B06010, JIS B0651, JIS B0352, JIS B0659, ISO R468, 1302, 1878, 1879, 1880, 2602, 2632, 3274, 4287, 4288, 5436.

DIN 4760, 4761, 4762, 4763, 4764, 4765, 4766, 4768, 4769, 4771, 4772, 4774.

ANSI B46.1 ANSI Y 14.36

AJUSTES Y TOLERANCIAS

Antes se realizaban los ajustes por prueba y error.

Ahora el volumen de producción exige un análisis más cuidadoso.

TOLERANCIA

Cantidad total que le es permitido variar a una dimensión especificada, es la diferencia entre los límites superior e inferior especificados.

TOLERANCIAS FUNDAMENTALES

GRUPO DE DIMENSIONES mm.	CALIDAD																
	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	
De 1 a 3	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,009	0,014	0,025	0,040	0,060	0,090	0,140	0,250	0,400	0,600	
De más 3 a 6	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,120	0,180	0,300	0,480	0,750	
» 8 a 10	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,150	0,220	0,360	0,580	0,900	
» 10 a 18	0,0015	0,002	0,003	0,005	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,180	0,270	0,430	0,700	1,100	
» 18 a 30	0,015	0,002	0,004	0,006	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,210	0,330	0,520	0,840	1,300	
» 30 a 50	0,002	0,003	0,004	0,007	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,250	0,390	0,620	1,000	1,600	
» 50 a 80	0,002	0,003	0,005	0,008	0,013	0,019	0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,300	0,460	0,740	1,200	1,900	
» 80 a 120	0,003	0,004	0,006	0,010	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,350	0,540	0,870	1,400	2,200	
» 120 a 180	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,025	0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,400	0,630	1,000	1,600	2,500	
» 180 a 250	0,005	0,007	0,010	0,014	0,020	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,290	0,460	0,720	1,150	1,850	2,900	
» 250 a 315	0,006	0,008	0,012	0,016	0,023	0,032	0,052	0,081	0,130	0,210	0,320	0,520	0,810	1,300	2,100	3,200	
» 315 a 400	0,007	0,009	0,013	0,018	0,025	0,036	0,057	0,089	0,140	0,230	0,360	0,570	0,890	1,400	2,300	3,600	
» 400 a 500	0,008	0,010	0,015	0,020	0,027	0,040	0,063	0,097	0,155	0,250	0,400	0,630	0,970	1,550	2,500	4,000	
	EJE				AGUJERO				AGUJERO				EJE				Para trabajos ordinarios en piezas aisladas, tales como laminado estirado, prensado, etcétera.
	AGUJERO				EJE				AGUJERO				EJE				
	Para trabajos de calibres.				Para trabajos de piezas destinadas a ser acopladas entre ellas.												

En esta tabla se estiman las tolerancias fundamentales cuyo ejemplo es el siguiente: Tolerancia en un agujero calidad IT 7 sobre la línea ideal cero, o sea, H 7 y diámetro 200 mm. es = + 0,046 y 0,000.

En iguales condiciones el EJE h 6 de 200 mm. diámetro es = - 0,029 y + 0,000.

AJUSTE

Al ensamblar piezas ocurre un ajuste, y es la cantidad de juego o interferencia que resulta del ensamble.

Los juegos pueden ser:

- Con juego.

- Indeterminado o de transición.
- Con interferencia, forzado o de contracción.

Las tolerancias pueden ser unilaterales o bilaterales.

$$20 \begin{matrix} +0.03 \\ 0 \end{matrix}$$

$$50 \begin{matrix} 0 \\ -0.04 \end{matrix}$$

$$10^\circ \begin{matrix} +30' \\ 0 \end{matrix}$$

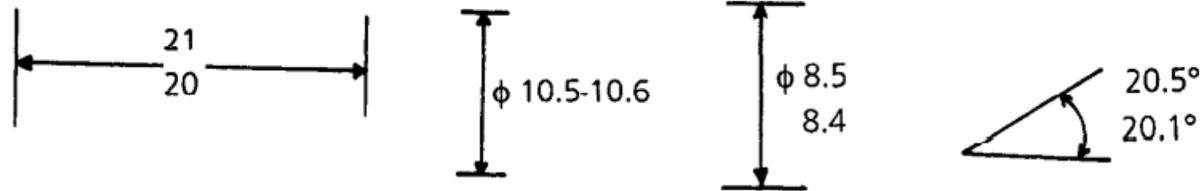
$25 \begin{matrix} \pm 0.02 \end{matrix}$

$37.5 \begin{matrix} +0.02 \\ -0.01 \end{matrix}$

$25^\circ 30' \begin{matrix} \pm 20' \end{matrix}$
--

OTRAS FORMAS DE EXPRESAR LAS TOLERANCIAS

Dimensionamiento limite



Normas ISO

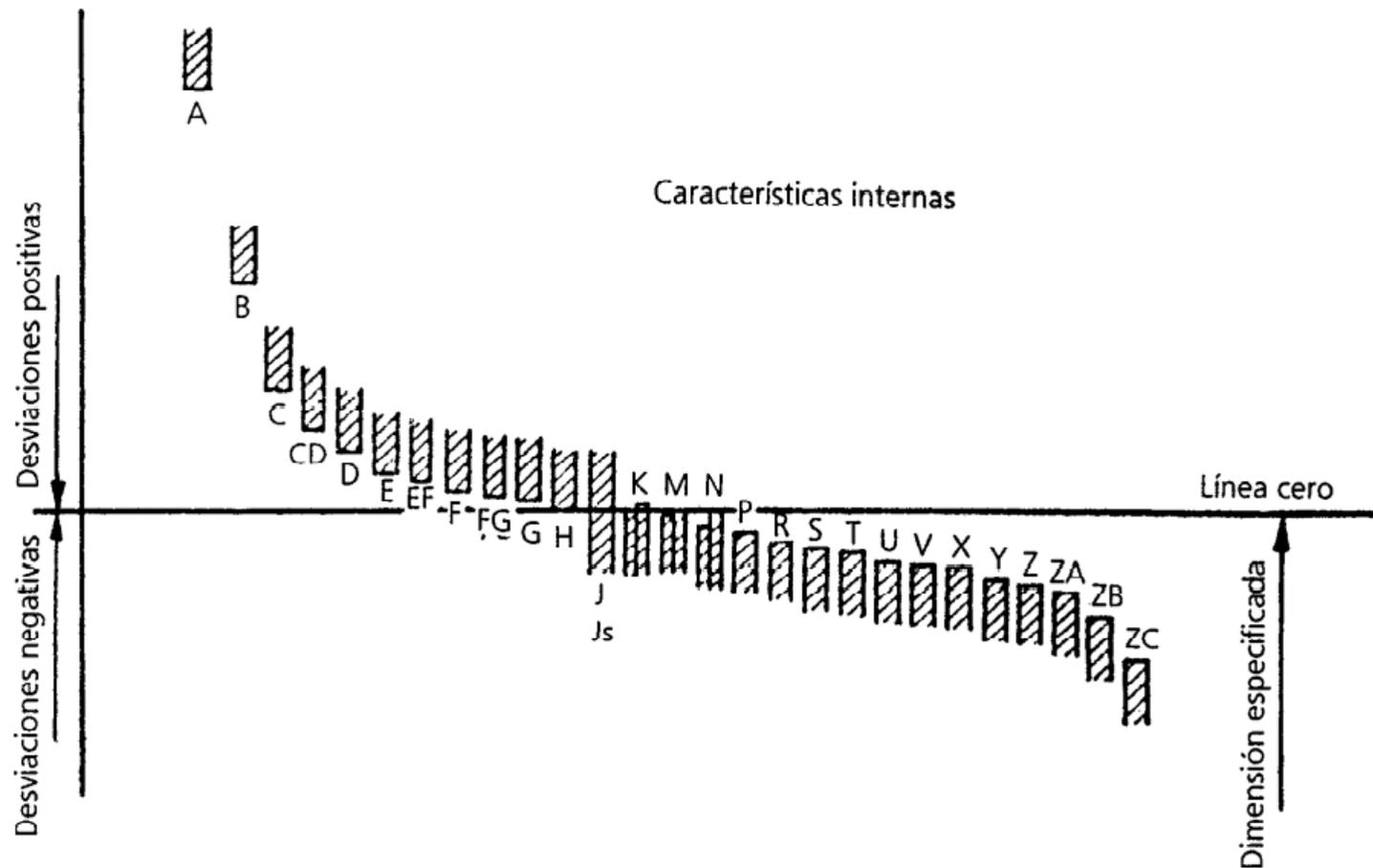
50 H7

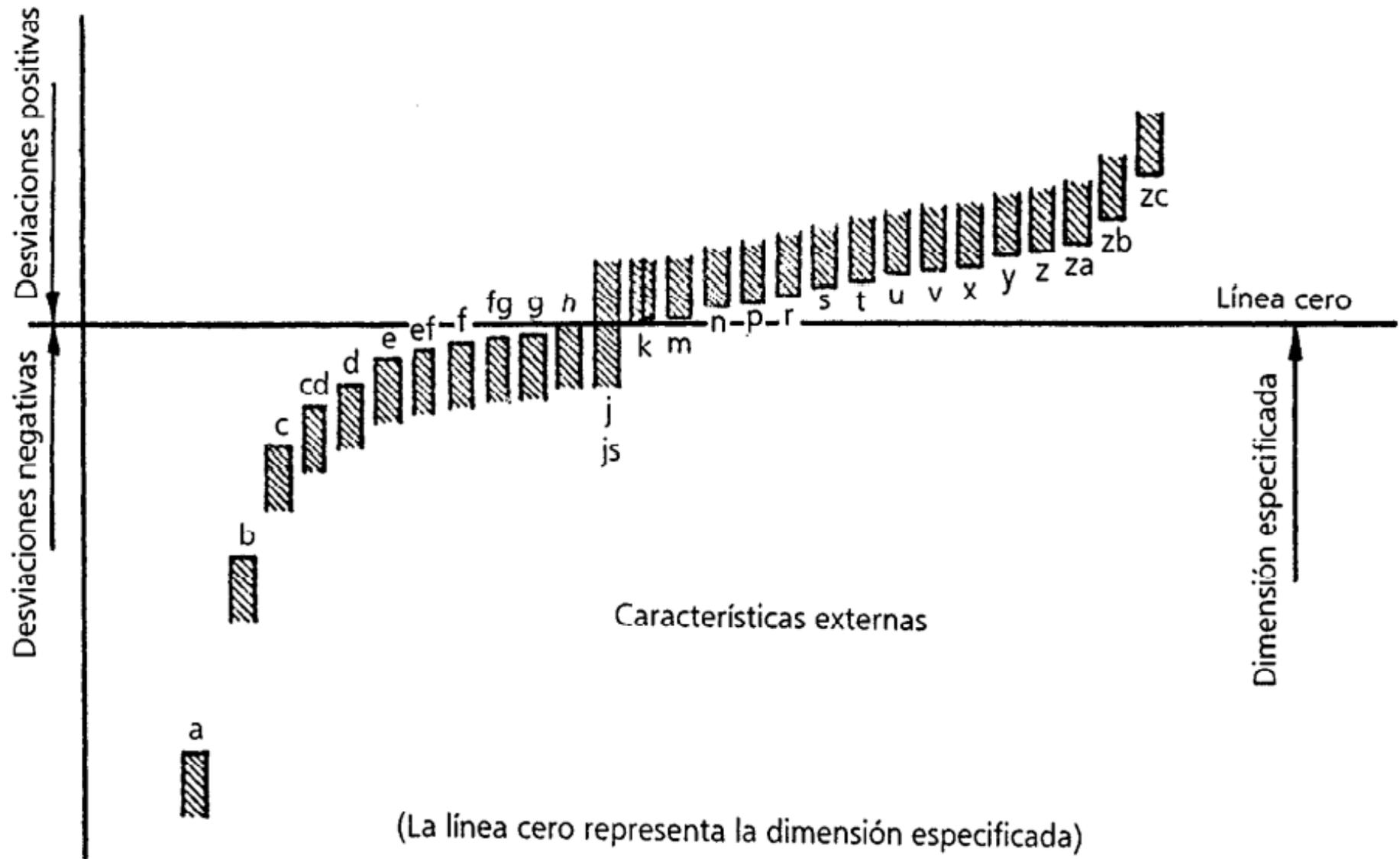
37 g6

12.5 h6

125 H11

Sistema ISO – Posiciones en las zonas de tolerancia





Estas tolerancias dependen de las dimensiones de la pieza.

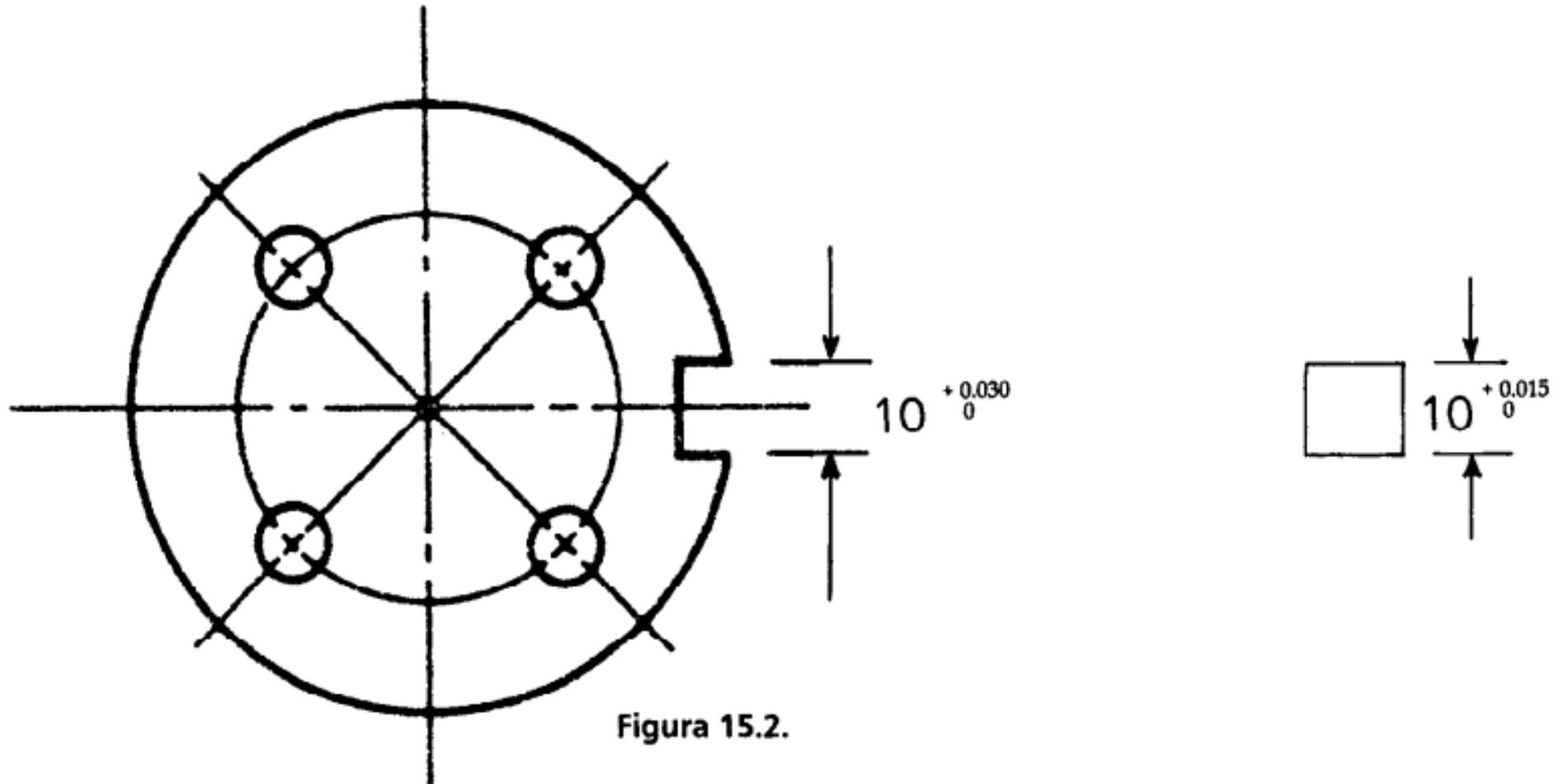
Letras mayúsculas representan las internas y las minúsculas las externas.

Indican la posición de la zona de tolerancia.

		Valores en micrómetros (1 μm = 0.001 mm)											
		Temperatura de referencia 20°C											
Dimen- siones en mm		≤ 3	> 3 a 6	> 6 a 10	> 10 a 18	> 18 a 30	> 30 a 50	> 50 a 80	> 80 a 120	> 120 a 180	> 180 a 250	> 250 a 315	> 315 a 400
		Características internas	H 6	+6 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0	+25 0	+29 0
H 7	+10 0		+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0
H 8	+14 0		+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0	+81 0	+89 0
H 9	+25 0		+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0	+87 0	+100 0	+115 0	+130 0	+140 0
H 11	+60 0		+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0	+250 0	+290 0	+320 0	+360 0
Características externas	g 5	-2 -6	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-12 -27	-14 -32	-15 -35	-17 -40	-18 -43
	h 5	0 -4	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -25
	js 5	+2 -2	+2.5 -2.5	+3 -3	+4 -4	+4.5 -4.5	+5.5 -5.5	+6.5 -6.5	+7.5 -7.5	+9 -9	+10 -10	+11.5 -11.5	+12.5 -12.5
	k 5	+4 0	+6 +1	+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2	+18 +3	+21 +3	+24 +4	+27 +4	+29 +4
	f 6	-6 -12	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-36 -58	-43 -68	-50 -79	-56 -88	-62 -98
	g 6	-2 -8	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39	-15 -44	-17 -49	-18 -54
	h 6	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29	0 -32	0 -36
	js 6	+3 -3	+4 -4	+4.5 -4.5	+5.5 -5.5	+6.5 -6.5	+8 -8	+9.5 -9.5	+11 -11	+12.5 -12.5	+14.5 -14.5	+16 -16	+18 -18
	m6	+8 +2	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +13	+40 +15	+46 +17	+52 +20	+57 +21

Características externas	p 6	+ 12 + 6	+ 20 + 12	+ 24 + 15	+ 29 + 18	+ 35 + 22	+ 42 + 26	+ 51 + 32	+ 59 + 37	+ 68 + 43	+ 79 + 50	+ 88 + 56	+ 98 + 62
	e 7	- 14 - 24	- 20 - 32	- 25 - 40	- 32 - 50	- 40 - 61	- 50 - 75	- 60 - 90	- 72 - 107	- 85 - 125	- 100 - 146	- 110 - 162	- 125 - 182
	f 7	- 6 - 16	- 10 - 22	- 13 - 28	- 16 - 34	- 20 - 41	- 25 - 50	- 30 - 60	- 36 - 71	- 43 - 83	- 50 - 96	- 56 - 108	- 62 - 119
	h 7	0 - 10	0 - 12	0 - 15	0 - 18	0 - 21	0 - 25	0 - 30	0 - 35	0 - 40	0 - 46	0 - 52	0 - 57
	e 8	- 14 - 28	- 20 - 38	- 25 - 47	- 32 - 59	- 40 - 73	- 50 - 89	- 60 - 106	- 72 - 126	- 85 - 148	- 100 - 172	- 110 - 191	- 125 - 214
	f 8	- 6 - 20	- 10 - 28	- 13 - 35	- 16 - 43	- 20 - 53	- 25 - 64	- 30 - 76	- 36 - 90	- 43 - 106	- 50 - 122	- 56 - 137	- 62 - 151
	h 8	0 - 14	0 - 18	0 - 22	0 - 27	0 - 33	0 - 39	0 - 46	0 - 54	0 - 63	0 - 72	0 - 81	0 - 89
	d 9	- 20 - 45	- 30 - 60	- 40 - 76	- 50 - 93	- 65 - 117	- 80 - 142	- 100 - 174	- 120 - 207	- 145 - 245	- 170 - 285	- 190 - 320	- 210 - 350
	e 9	- 14 - 39	- 20 - 50	- 25 - 61	- 32 - 75	- 40 - 92	- 50 - 112	- 60 - 134	- 72 - 159	- 85 - 185	- 100 - 215	- 110 - 240	- 125 - 265
	d 11	- 20 - 80	- 30 - 105	- 40 - 130	- 50 - 160	- 65 - 195	- 80 - 240	- 100 - 290	- 120 - 340	- 145 - 395	- 170 - 460	- 190 - 510	- 210 - 570
	h 11	0 - 60	0 - 75	0 - 90	0 - 110	0 - 130	0 - 160	0 - 190	0 - 220	0 - 250	0 - 290	0 - 320	0 - 360
	i _s 11	+ 30 - 30	+ 37 - 37	+ 45 - 45	+ 55 - 55	+ 65 - 65	+ 80 - 80	+ 95 - 95	+ 110 - 110	+ 125 - 125	+ 145 - 145	+ 160 - 160	+ 180 - 180

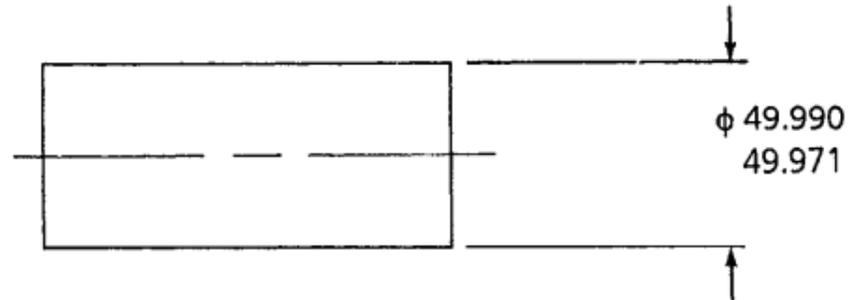
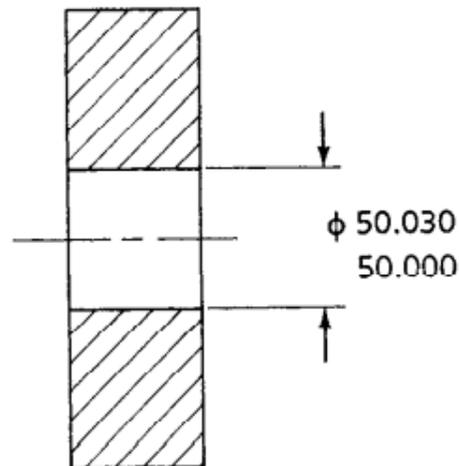
EJEMPLO



Determinación del tipo de ajuste

$$\frac{\text{MMC CARACTERÍSTICA INTERNA} - \text{MMC CARACTERÍSTICA EXTERNA}}{\text{JUEGO MÍNIMO}}$$

$$\frac{\text{LMC CARACTERÍSTICA INTERNA} - \text{LMC CARACTERÍSTICA EXTERNA}}{\text{JUEGO MÁXIMO}}$$



$$\frac{50.000 - 49.990}{0.010} \quad \text{juego mínimo}$$

$$\frac{50.030 - 49.971}{0.059} \quad \text{juego máximo}$$

El signo del juego determina el tipo de ajuste

- 2 signos positivos – Ajuste con juego (Acoplamiento Móvil)
- 1 signo (+) y otro (–) Indica ajuste Indeterminado (Acoplamiento Incierto).

-2 signos negativos – Ajuste forzado (Acoplamiento Fijo)

AJUSTES PRINCIPALES			Características externas (posición)	Características internas y calidad de las características externas				
				H 6	H 7	H 8	H 9	H 11
UTILIZAR DE PREFERENCIA LOS DE LOS CÍRCULOS								
AJUSTES CON JUEGO	JUEGO GRANDE	Ensamblados cuyo funcionamiento requiere juego amplio por dilataciones, mal alineamiento, cojinetes grandes, etc.	c				9	11
			d				9	⑪
	JUEGO MEDIANO	Piezas que giran o deslizan con una buena lubricación.	e		7	⑧	⑨	
			f	6	6-7	⑦		
	JUEGO PEQUEÑO	Piezas con guía exacta y movimientos de pequeña amplitud.	g	5	⑥			
	AJUSTE EXACTO		h	⑤	⑥	⑦	⑧	
AJUSTES CON INTERFERENCIA	INTERFERENCIA PEQUEÑA	El ensamble se puede hacer a mano, la unión no puede transmitir esfuerzos. Se puede montar y desmontar.	Ensamble a mano	js	⑤	6		
				k	⑤			
	INTERFERENCIA MEDIANA		Ensamble a mano auxiliándose de un mazo	m		6		
				p		6		
	INTERFERENCIA GRANDE	Imposible desmontar sin deterioro. La unión puede transmitir esfuerzos.	Ensamble a prensa	s			7	
			Ensamble a prensa o por dilatación (verificar los esfuerzos internos).	u			7	
x						7		
z						7		

BIBLIOGRAFIA

Gonzalez, C. (1995). *Metrologia* . D.F Mexico:
McGraw-Hill.

Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de
manufactura moderna*. D.F. Mexico: MC Graw-
Hill.

Kalpakjian, S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. D.F. Mexico: Pearson .

Sanchez, J. V. (2013). *Organizacion de la produccion*. Madrid: Ediciones Piramide.