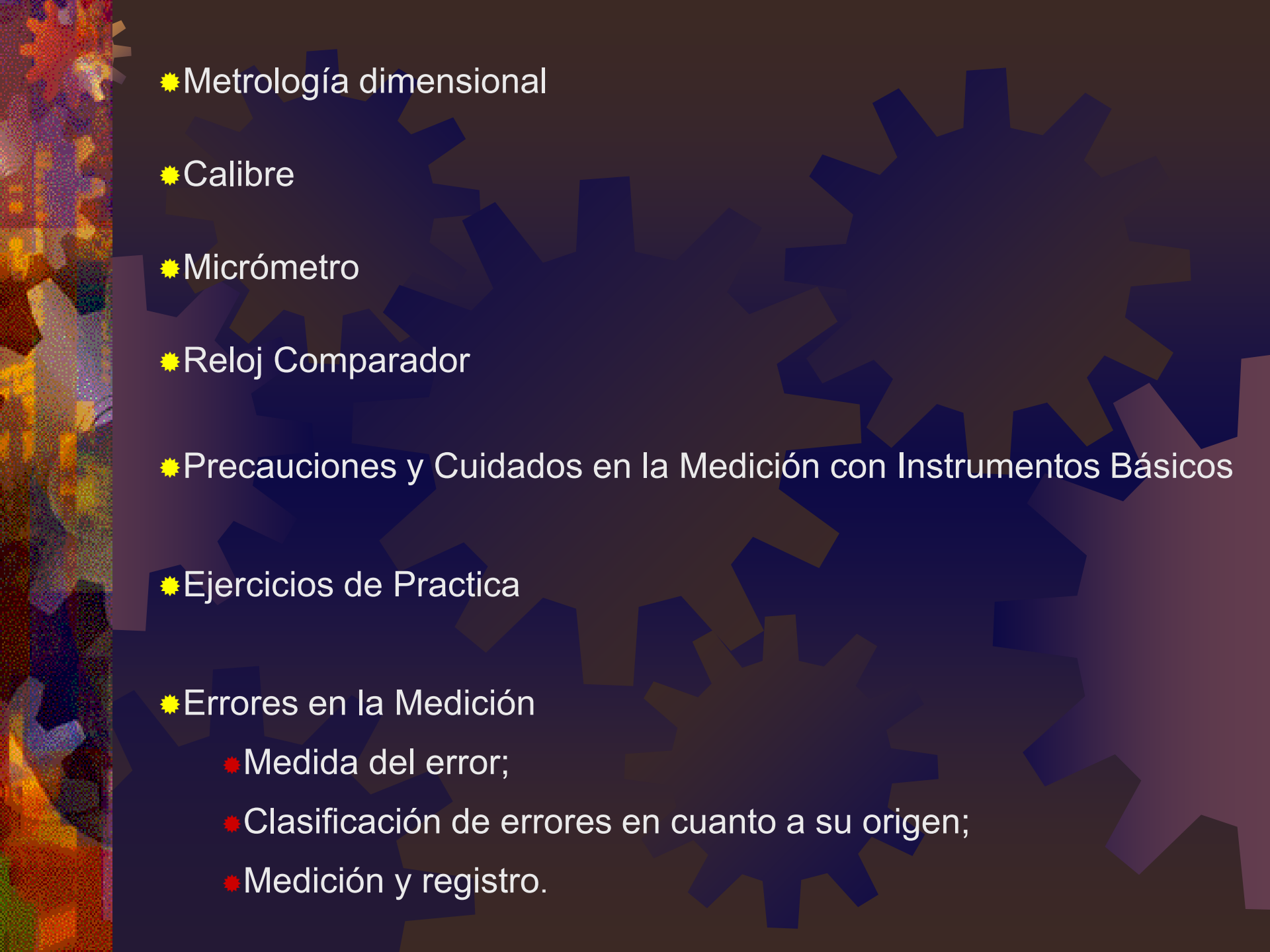




METROLOGÍA

Ing. Rubén A. Zavala



- ☀ Metrología dimensional

- ☀ Calibre

- ☀ Micrómetro

- ☀ Reloj Comparador

- ☀ Precauciones y Cuidados en la Medición con Instrumentos Básicos

- ☀ Ejercicios de Practica

- ☀ Errores en la Medición

- Medida del error;

- Clasificación de errores en cuanto a su origen;

- Medición y registro.

DEFINICIONES

Metrología: la metrología abarca todo los aspectos teóricos y prácticos relativos a las mediciones, cualquiera que sea la incerteza, en cualquier campo de la ciencia o tecnología.

Mensurando: magnitud sometida a medición.

Sistema Internacional de Unidades (SI): sistema coherente de unidades adoptado y recomendado por el comité general de pesas y medidas (CGPM).

Medición: conjunto de operaciones que tienen por objetivo determinar un valor de una magnitud.

Múltiplos y Submúltiplos de las unidades del SI

En la tabla se muestran los prefijos y su equivalencia y símbolos:

Tabla 4.2.

Nombre	Símbolo	Valor
Yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000 o sea (10^{24})
Zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000 000 o sea (10^{21})
exa	E	1 000 000 000 000 000 000 000 o sea (10^{18})
peta	P	1 000 000 000 000 000 000 o sea (10^{15})
tera	T	1 000 000 000 000 000 o sea (10^{12})
giga	G	1 000 000 000 o sea (10^9)
mega	M	1 000 000 o sea (10^6)
kilo	K	1 000 o sea (10^3)
hecto*	H	100 o sea (10^2)
deca*	D	10 o sea (10^1)
unidad		1 o sea (10^0)
deci*	d	0.1 o sea (10^{-1})
centi*	c	0.01 o sea (10^{-2})
mili	m	0.001 o sea (10^{-3})
micro	μ	0.000 001 o sea (10^{-6})
nano	n	0.000 000 001 o sea (10^{-9})
pico	p	0.000 000 000 001 o sea (10^{-12})
femto	f	0.000 000 000 000 001 o sea (10^{-15})
atto	a	0.000 000 000 000 000 001 o sea (10^{-18})
zepto	z	0.000 000 000 000 000 000 001 o sea (10^{-21})
yocto	y	0.000 000 000 000 000 000 000 001 o sea (10^{-24})

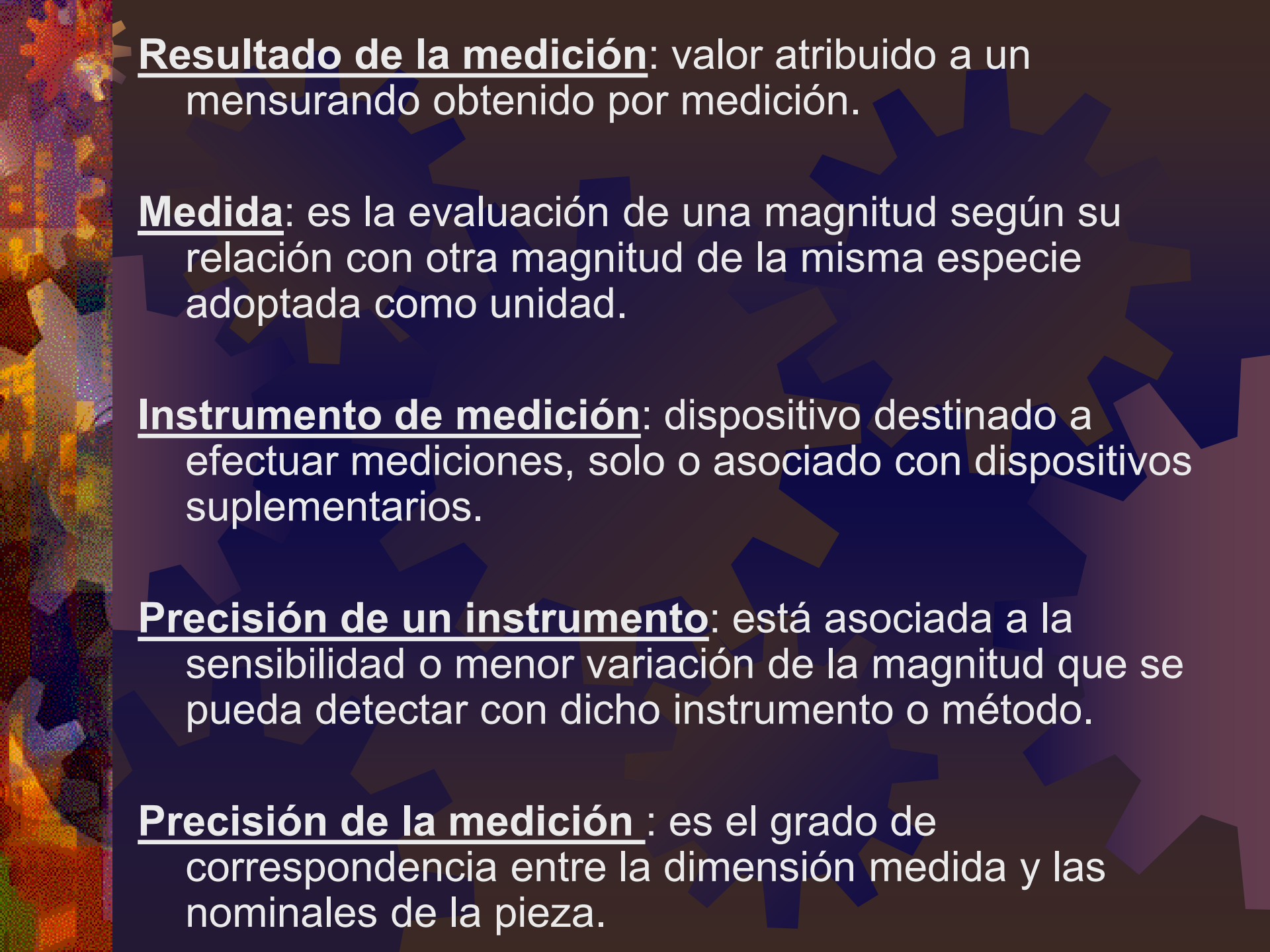
*En el SI se desanima el uso de estos múltiplos y submúltiplos.

Múltiplos y Submúltiplos de las unidades del SI

En la tabla se muestran los submúltiplos y su campo de aplicación:

Tabla 4.3

1 metro = 1 m	0.1 m		Uso general
	0.01 m		
1 milímetro = 1 mm =	0.001 m		Uso industrial
	0.0001 m	= 0.1 mm	
	0.00001 m	= 0.01 mm	
1 micrómetro = 1 μ m =	0.000001 m	= 0.001 mm	
Uso en laboratorios de calibración	0.0000001 m	= 0.0001 mm	= 0.1 μ m
	0.00000001 m	= 0.00001 mm	= 0.01 μ m
1 nanómetro = 1 nm =	0.000000001 m	= 0.000001 mm	= 0.001 μ m
Uso en laboratorios con patrones primarios NIST, NRLM, BIPM, PTB, CENAM, etcétera.			



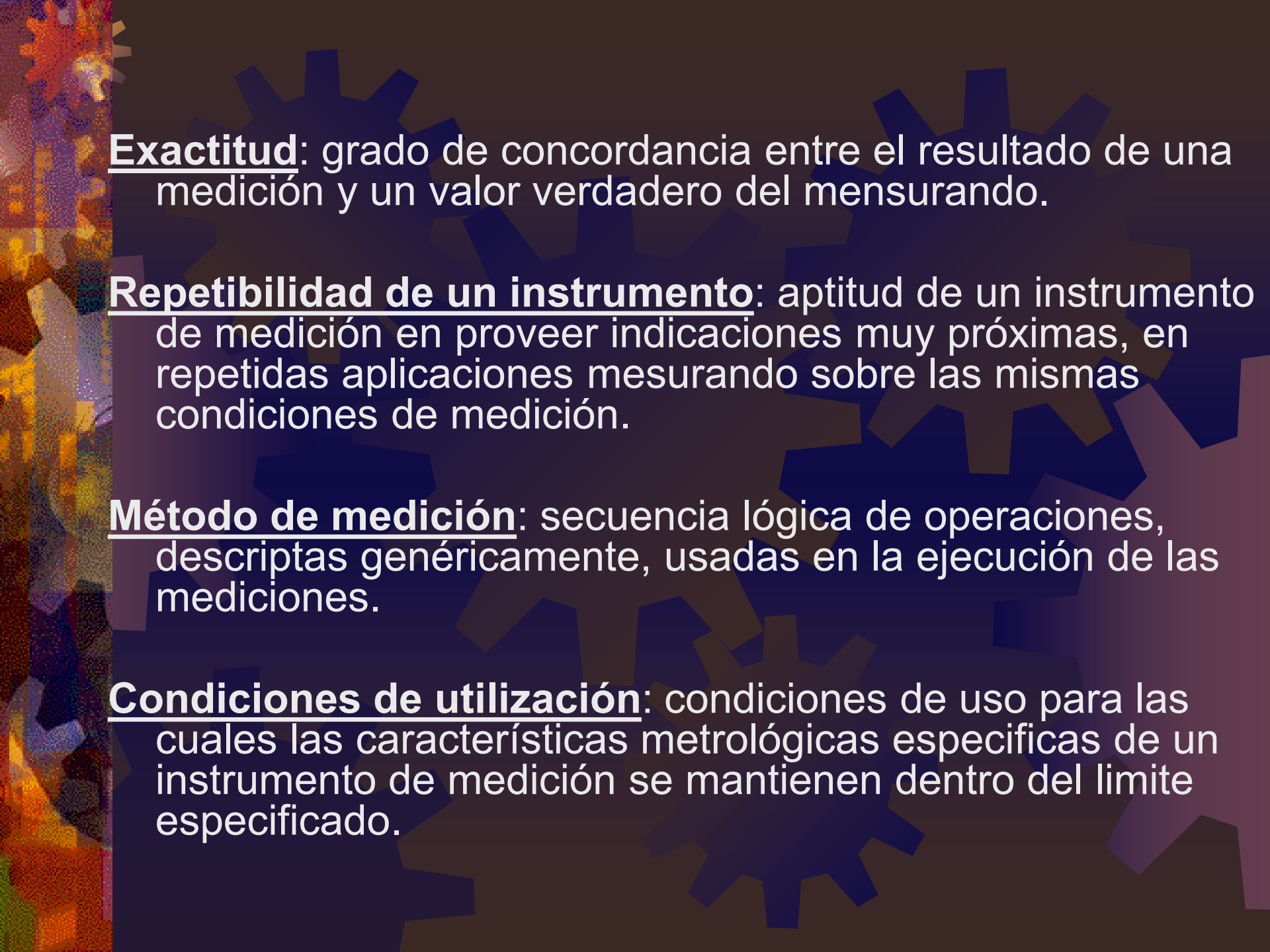
Resultado de la medición: valor atribuido a un mensurando obtenido por medición.

Medida: es la evaluación de una magnitud según su relación con otra magnitud de la misma especie adoptada como unidad.

Instrumento de medición: dispositivo destinado a efectuar mediciones, solo o asociado con dispositivos suplementarios.

Precisión de un instrumento: está asociada a la sensibilidad o menor variación de la magnitud que se pueda detectar con dicho instrumento o método.

Precisión de la medición : es el grado de correspondencia entre la dimensión medida y las nominales de la pieza.

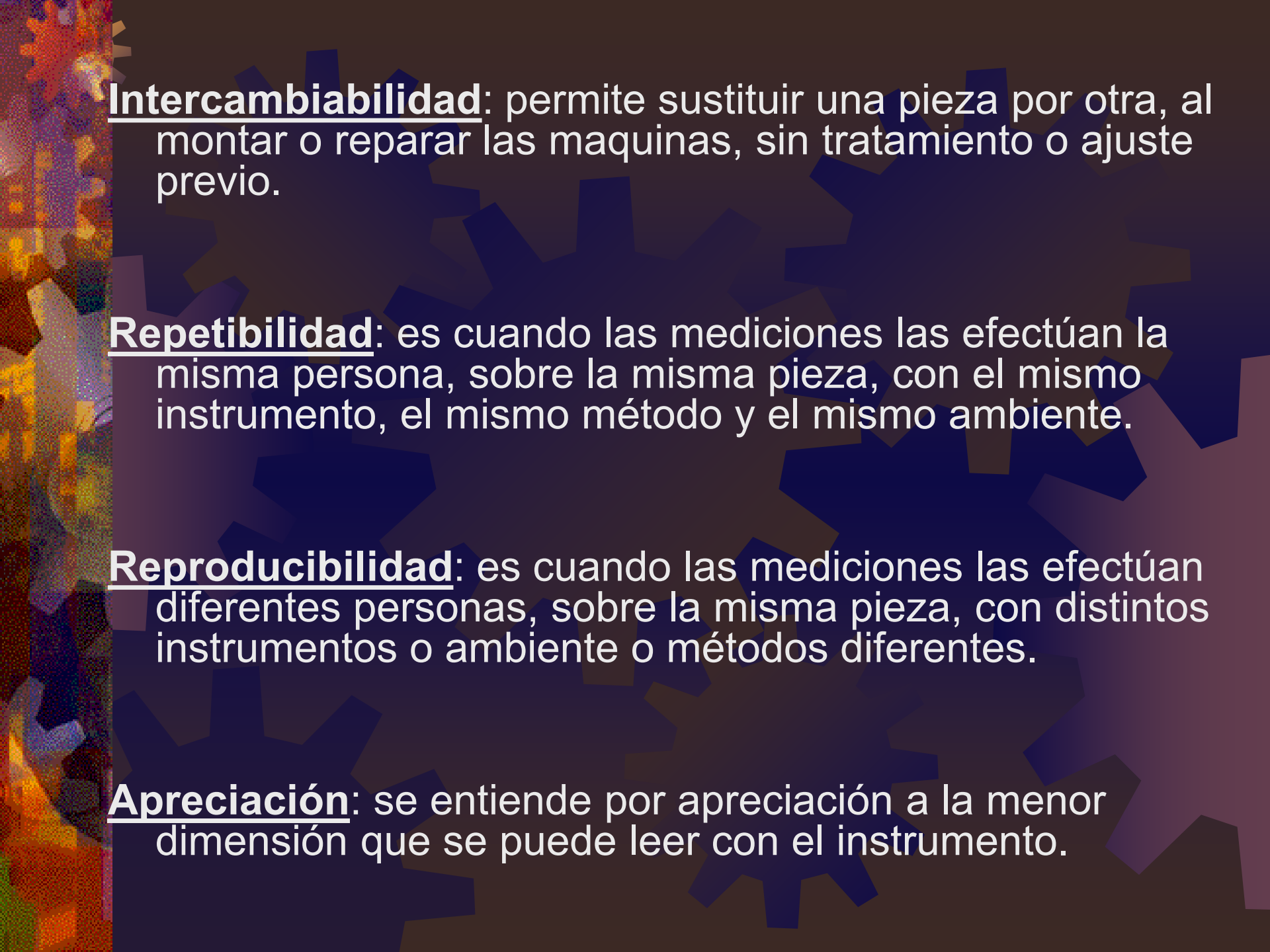


Exactitud: grado de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

Repetibilidad de un instrumento: aptitud de un instrumento de medición en proveer indicaciones muy próximas, en repetidas aplicaciones midiendo sobre las mismas condiciones de medición.

Método de medición: secuencia lógica de operaciones, descritas genéricamente, usadas en la ejecución de las mediciones.

Condiciones de utilización: condiciones de uso para las cuales las características metrológicas específicas de un instrumento de medición se mantienen dentro del límite especificado.



Intercambiabilidad: permite sustituir una pieza por otra, al montar o reparar las maquinas, sin tratamiento o ajuste previo.

Repetibilidad: es cuando las mediciones las efectúan la misma persona, sobre la misma pieza, con el mismo instrumento, el mismo método y el mismo ambiente.

Reproducibilidad: es cuando las mediciones las efectúan diferentes personas, sobre la misma pieza, con distintos instrumentos o ambiente o métodos diferentes.

Apreciación: se entiende por apreciación a la menor dimensión que se puede leer con el instrumento.

Metrología Dimensional

Lineal

Medida directa

Con trazos o divisiones

Metro
Regla graduada
Todo tipo de calibres y medidores de altura con escala Vernier

Con tornillo micrométrico

Todo tipo de micrómetros

Con dimensión fija

Bloques patrón
Sondas (láminas)
Calibres pasa-no pasa

Comparativa

Comparadores mecánicos
Comparadores ópticos
Comparadores neumáticos
Comparadores electromecánicos
Máquina de medición de redondez
Medidores de espesor de recubrimiento

Medida indirecta

Trigonometría

Esferas o cilindros
Máquinas de medición por coordenadas

Relativa

Niveles
Reglas ópticas
Rugosímetros

Vernier o Calibre

- ✴ Usos
- ✴ Partes del calibre
- ✴ Vernier
- ✴ Apreciación
- ✴ Tipos de calibres
- ✴ Controles
- ✴ Precauciones y cuidados
- ✴ Ejercicios de Practica

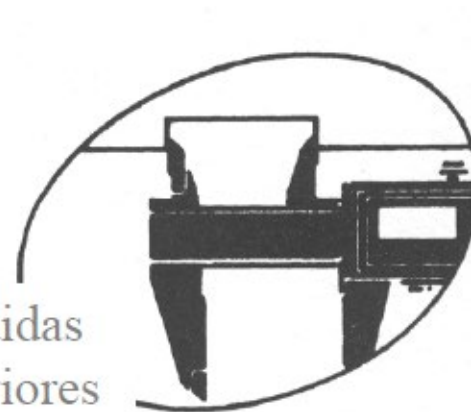
Vernier o Calibre

4.1.1. Pie de rey: Posibles medidas

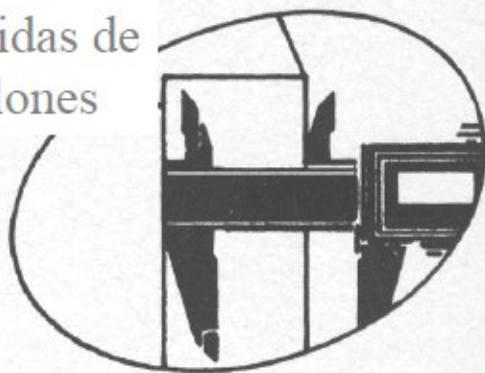
Medidas
exteriores



Medidas
interiores



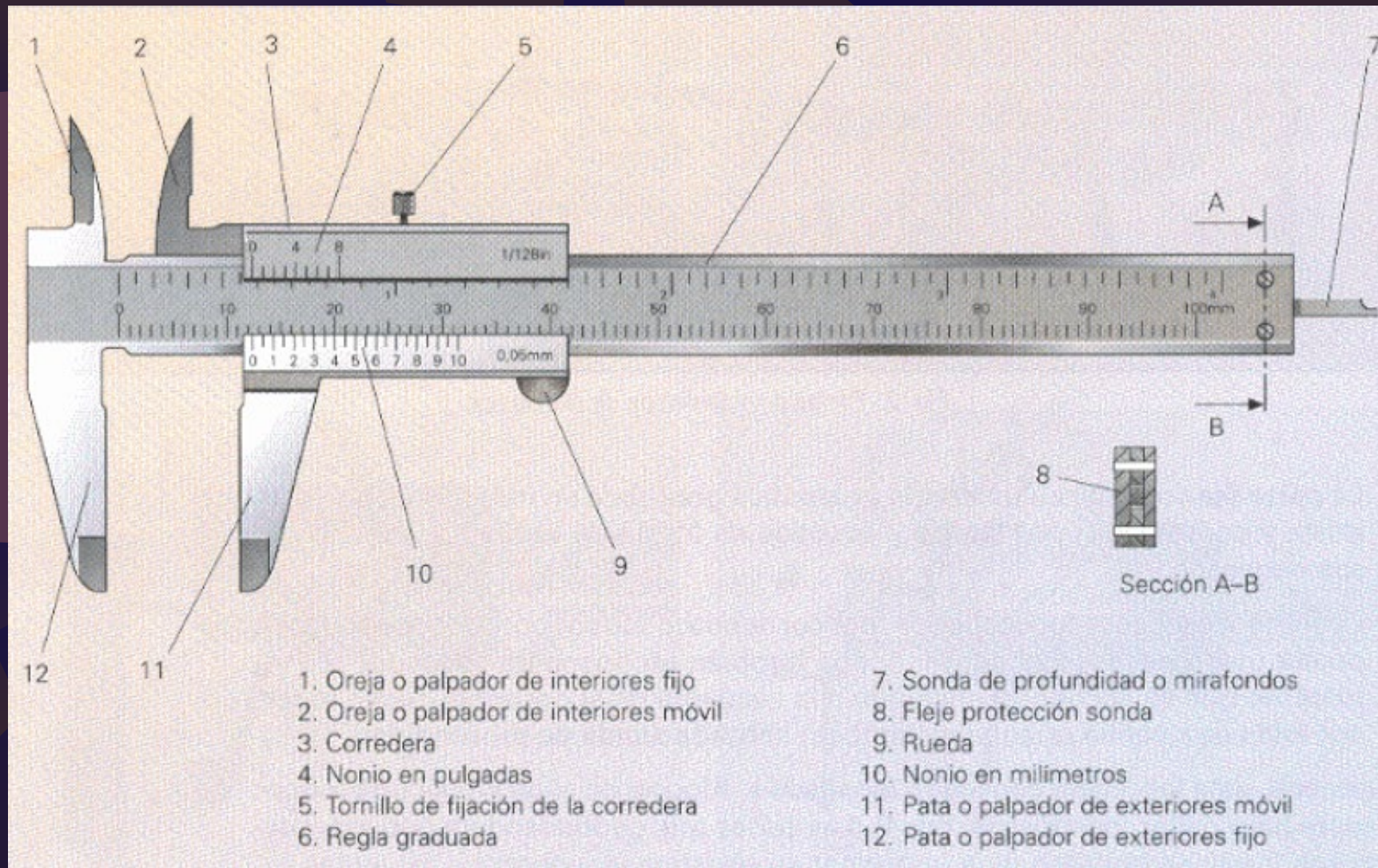
Medidas de
escalones



Medidas de
profundidad



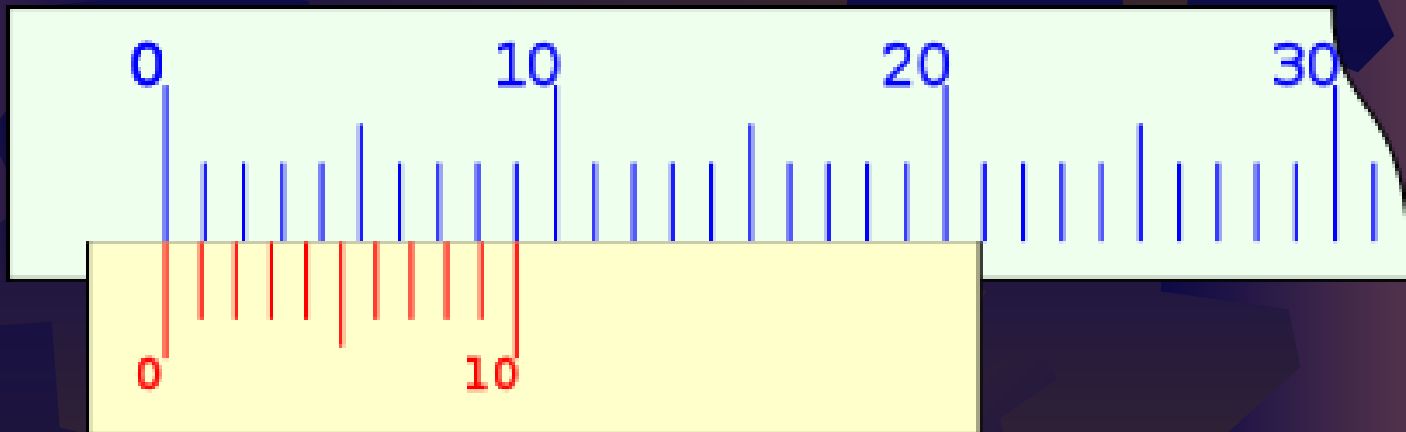
Vernier o Calibre



Vernier o Calibre



Vernier o Calibre



Apreciación

☀ Definición: se entiende por apreciación a la menor dimensión que se puede leer con el instrumento.

☀ $Ap = \frac{\text{Menor división de la regla fija}}{\text{Nº de divisiones de la regla móvil}}$

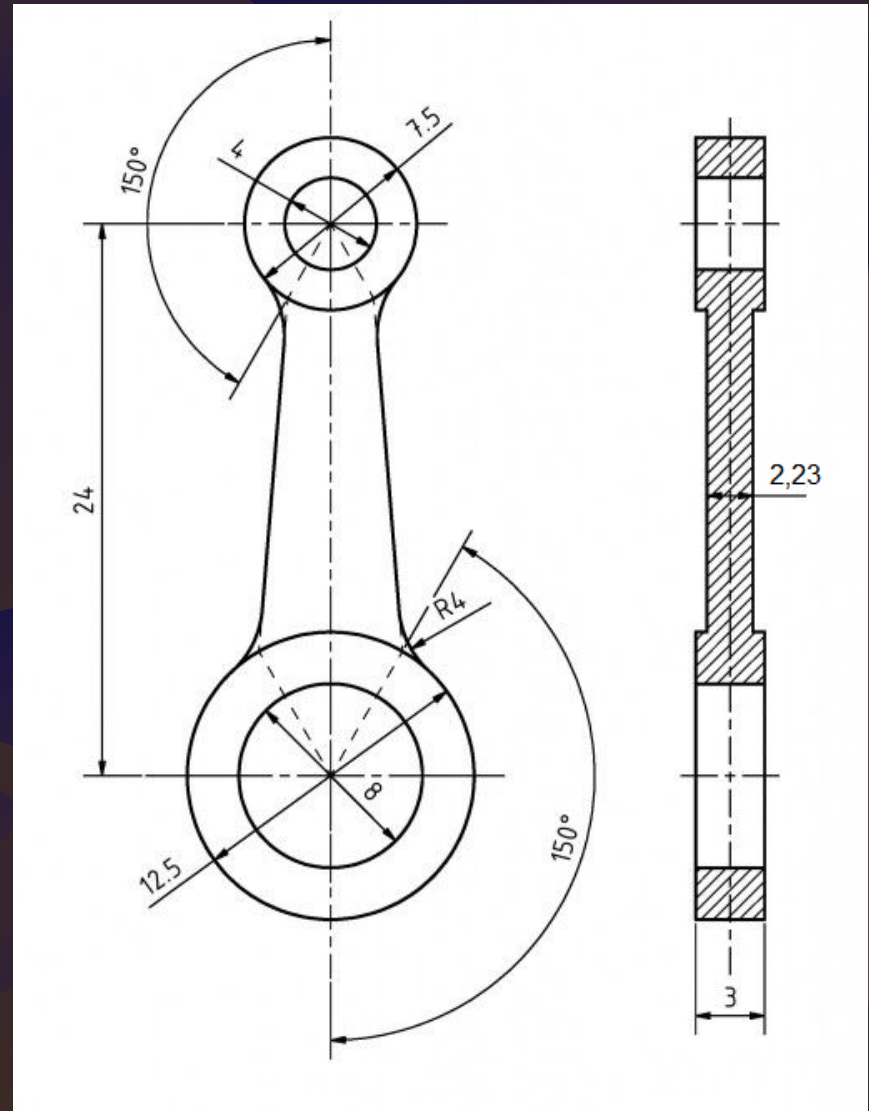
$$Ap (10 \text{ divisiones}) = \frac{1 \text{ mm}}{10 \text{ div}} = 0,1 \text{ mm}$$

$$Ap (20 \text{ divisiones}) = \frac{1 \text{ mm}}{20 \text{ div}} = 0,05 \text{ mm}$$

$$Ap (50 \text{ divisiones}) = \frac{1 \text{ mm}}{50 \text{ div}} = 0,02 \text{ mm}$$

Apreciación

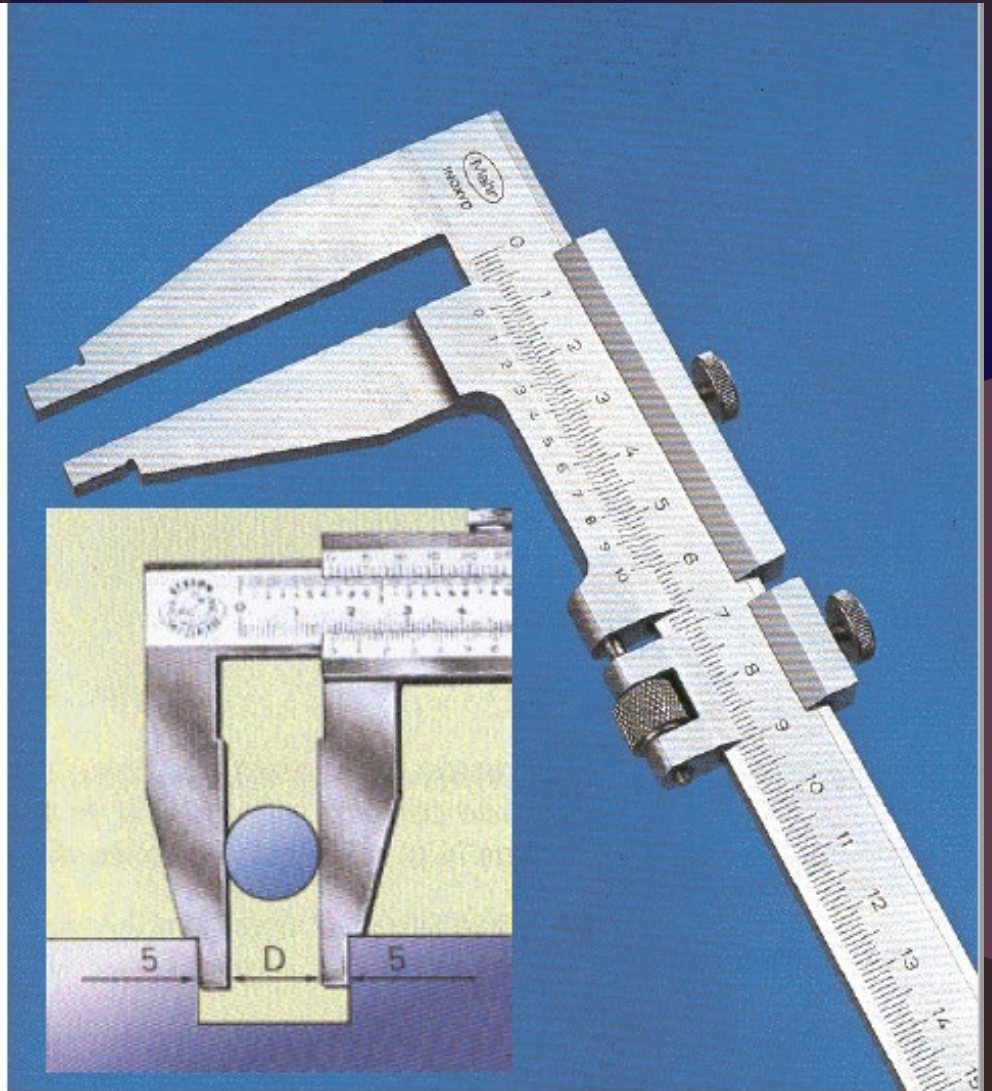
- ☀ Calibre de 10 div = 2,2 o 2,3 mm
- ☀ Calibre de 20 div = 2,20 o 2,25 mm
- ☀ Calibre de 50 div = 2,22 o 2,24 mm



Vernier o Calibre

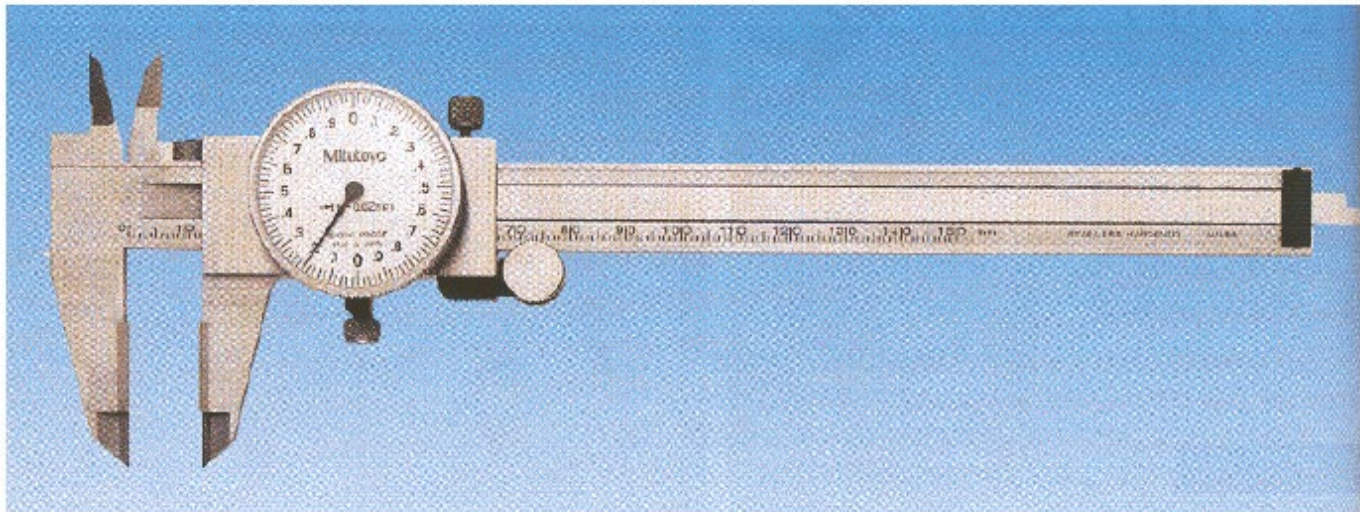
4.1.1. Pie de rey de tornero

Sus bocas sirven para la medida de exteriores o interiores. En caso de efectuar una medida interior se sumará a la lectura el espesor de las bocas.



Vernier o Calibre

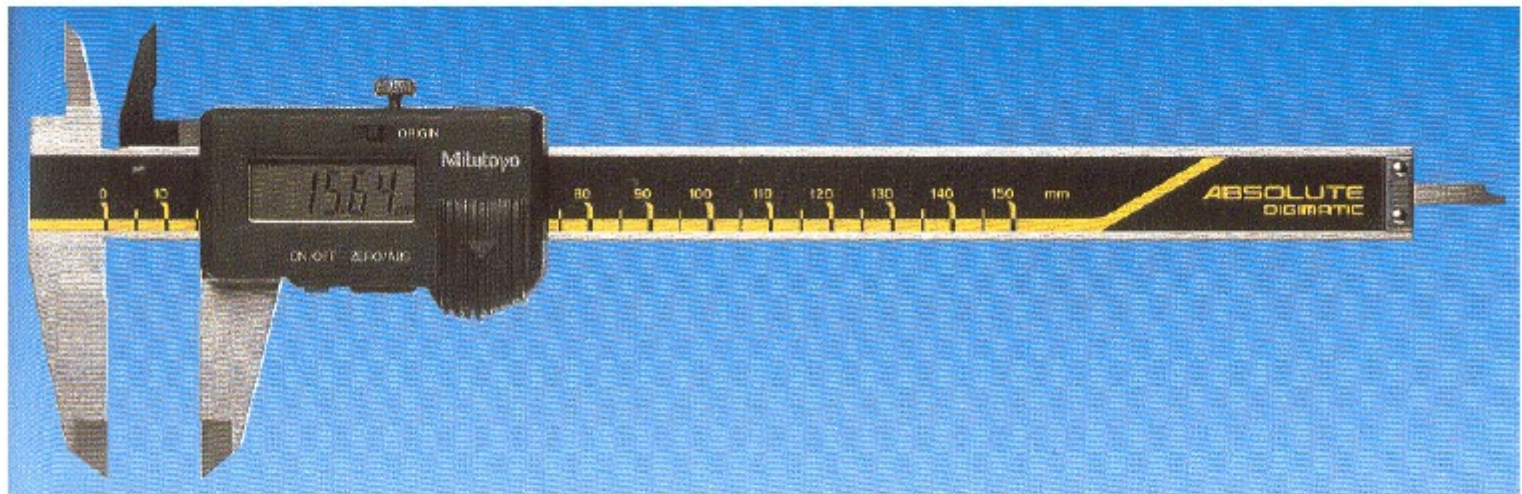
4.1.1. Pie de rey con reloj comparador



- La lectura de las centésimas de milímetro se efectúa por medio del reloj centesimal con el que va equipado el pie de rey

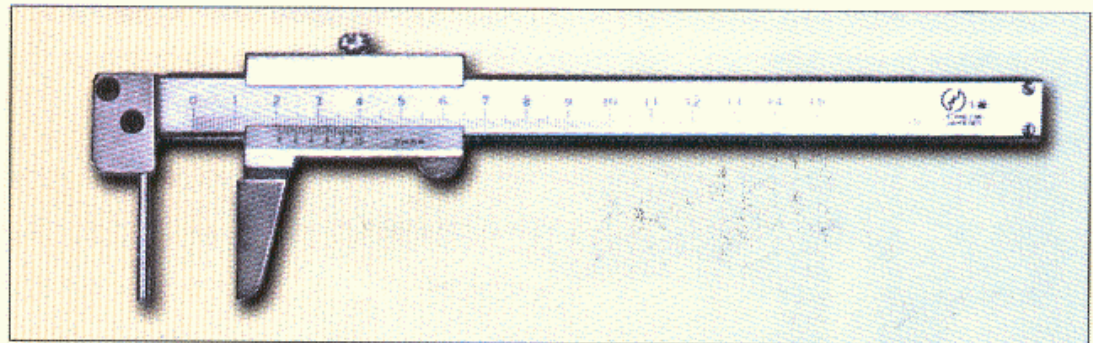
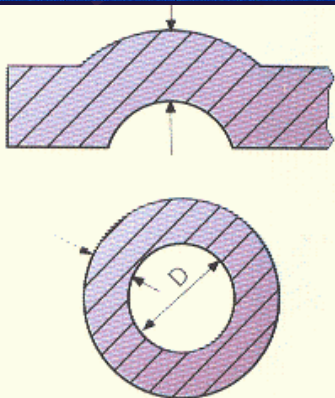
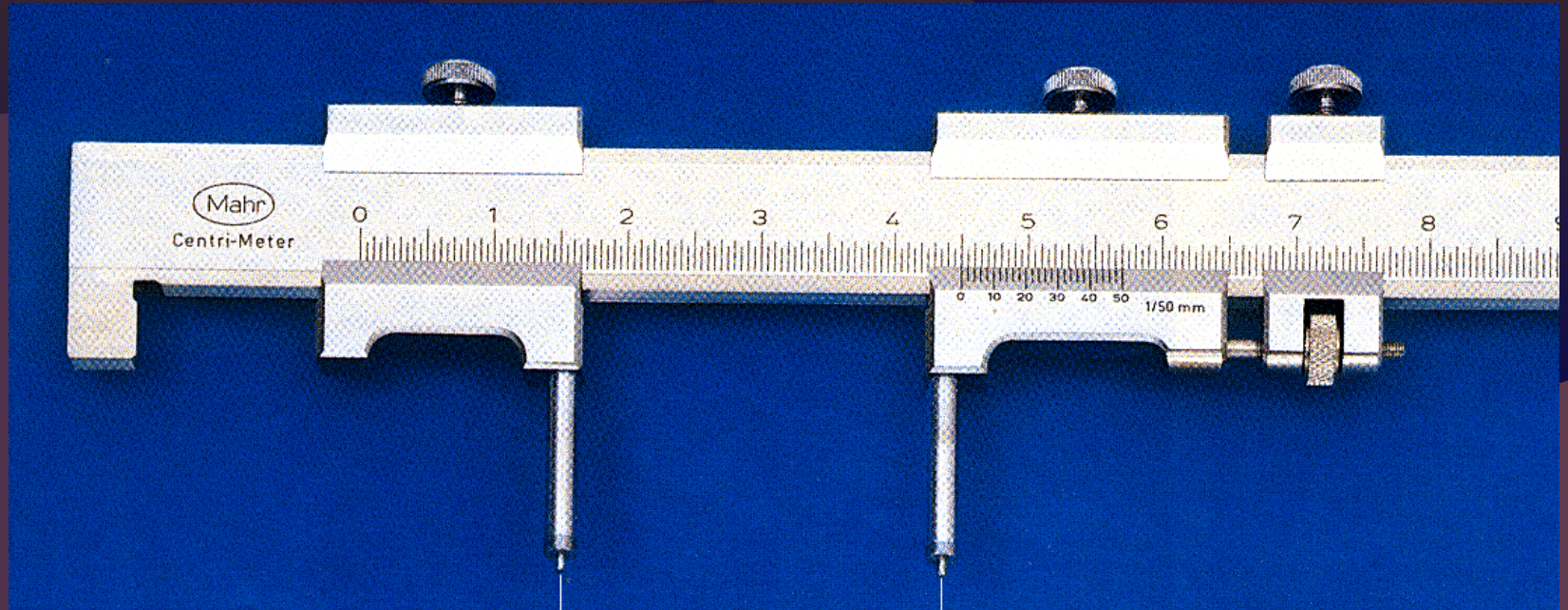
Vernier o Calibre

4.1.1. Pie de rey digital

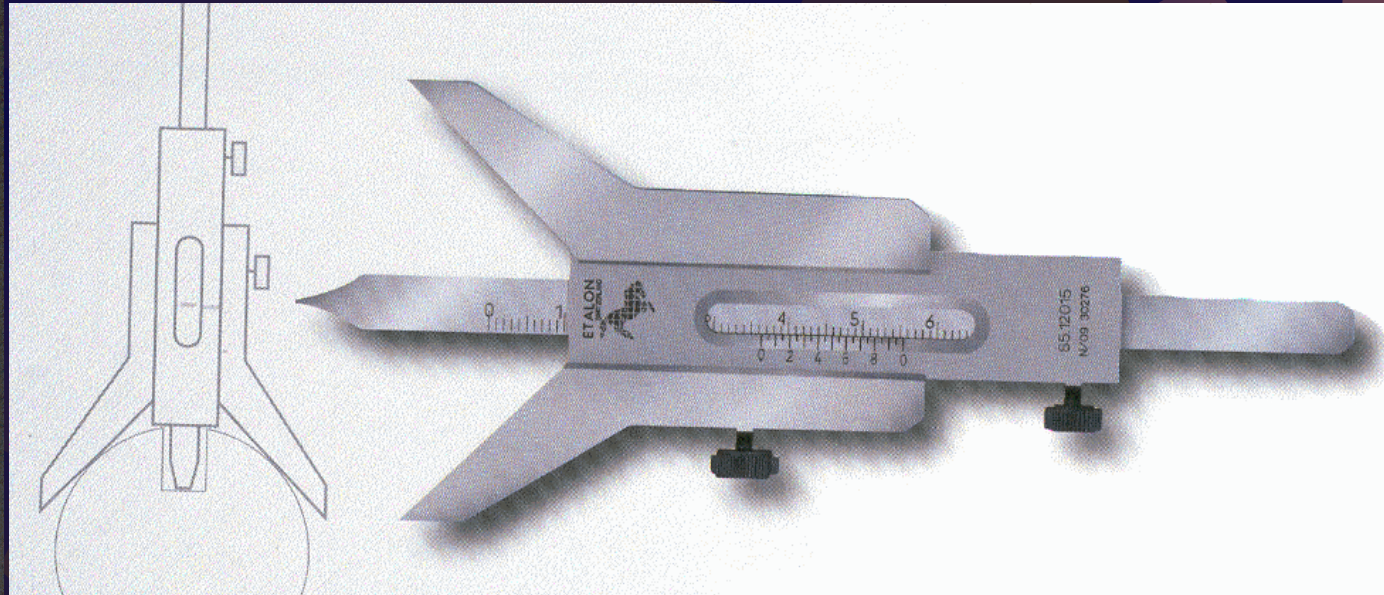
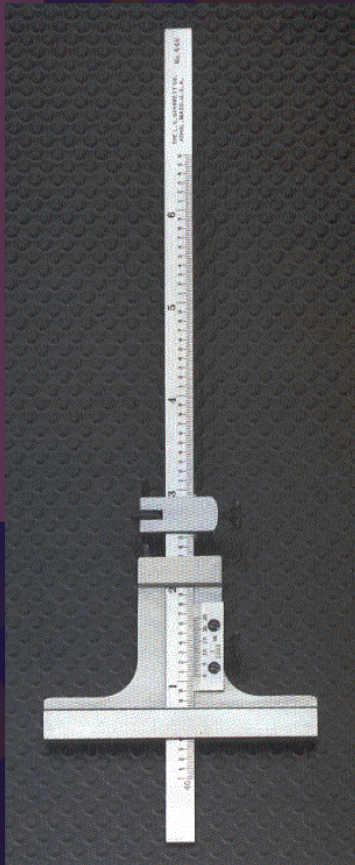


- Presenta la indicación en una pantalla de cristal líquido. Además de la comodidad de la lectura, su principal ventaja es la posibilidad de tratamiento informático de las lecturas.

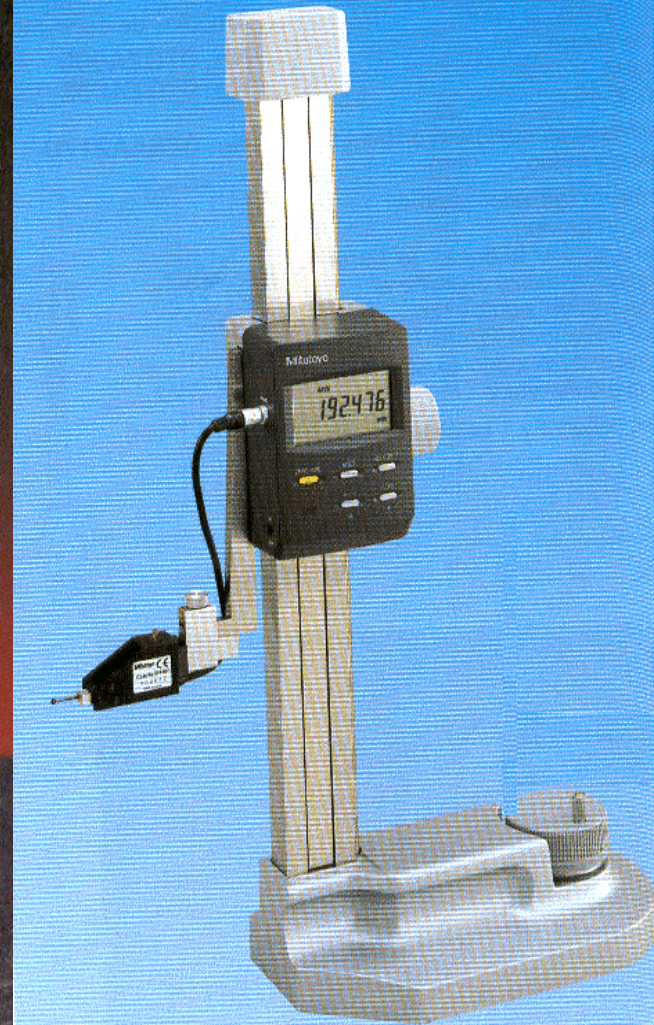
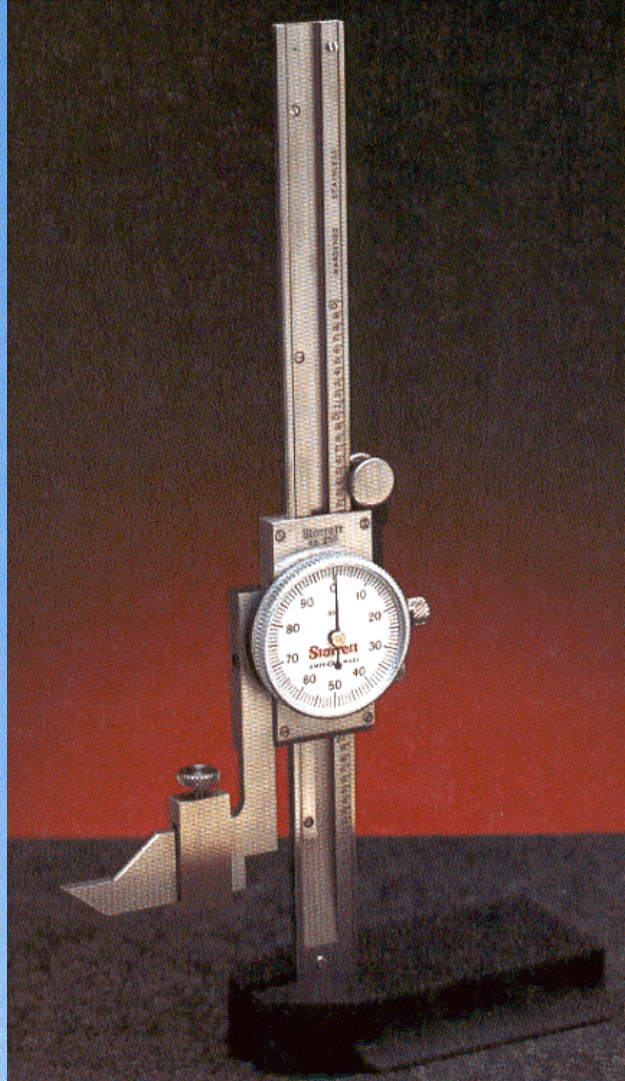
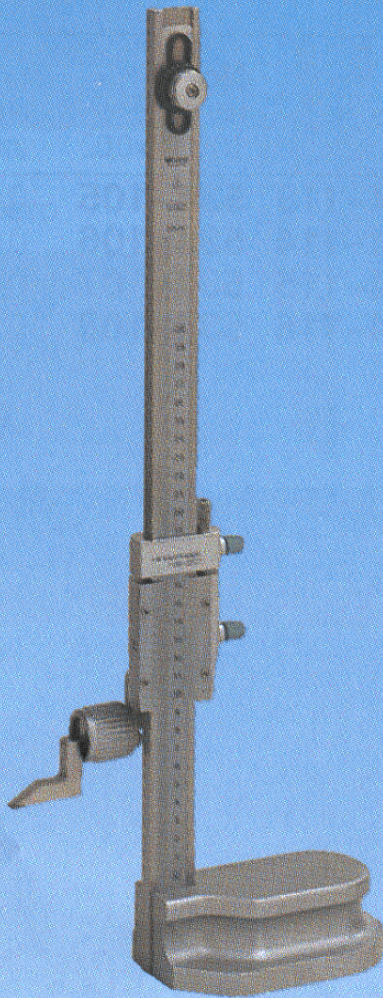
Vernier o Calibre



Vernier o Calibre de Profundidad



Vernier o Calibre de Altura

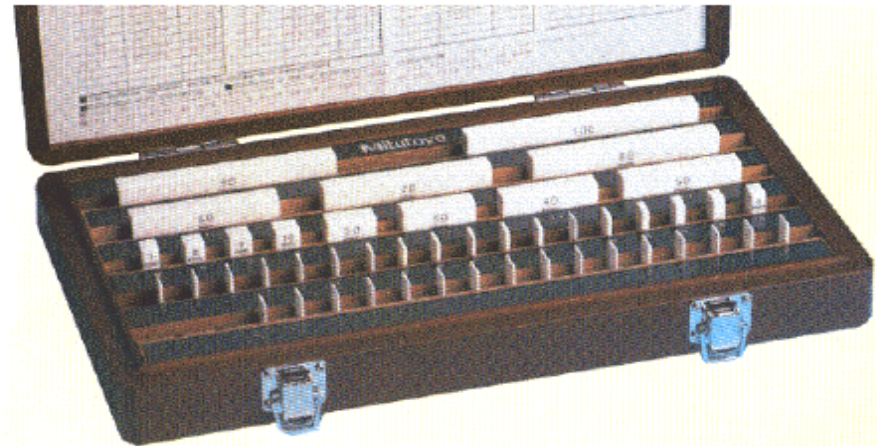


Controles del Calibre

3. Patrones de longitud

3.1. Bloques patrón

- Son paralelepípedos de sección rectangular que materializan entre dos de sus caras paralelas una longitud muy precisa



Precauciones durante la utilización de un calibre

Observe las siguientes precauciones cuando utilice un calibre:

- ✱ Cuando mida, mueva lentamente el cursor mientras presiona con suavidad el botón para el pulgar contra el brazo principal.
- ✱ Mida la pieza utilizando la parte de las puntas de medición lo más cercana a la superficie de referencia.
- ✱ No use una fuerza excesiva de medición para interiores y exteriores.
- ✱ Nunca trate de medir una pieza que esté en movimiento.
- ✱ Antes de tomar mediciones, elimine rebabas, polvo y rayones de la pieza.

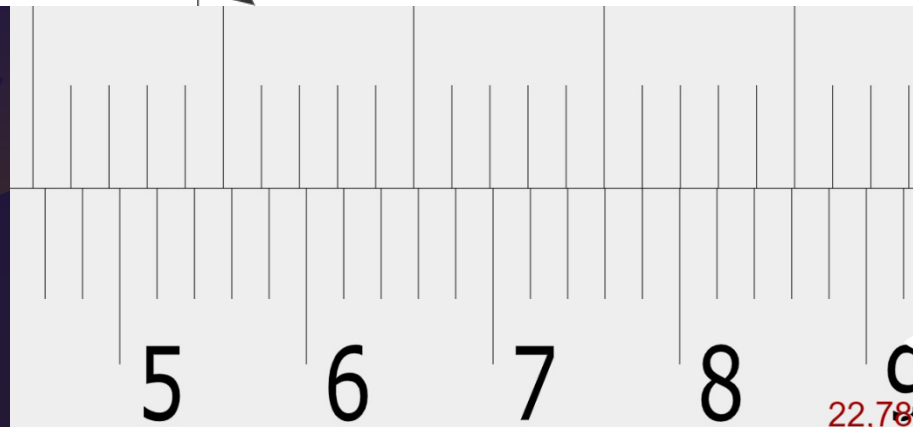
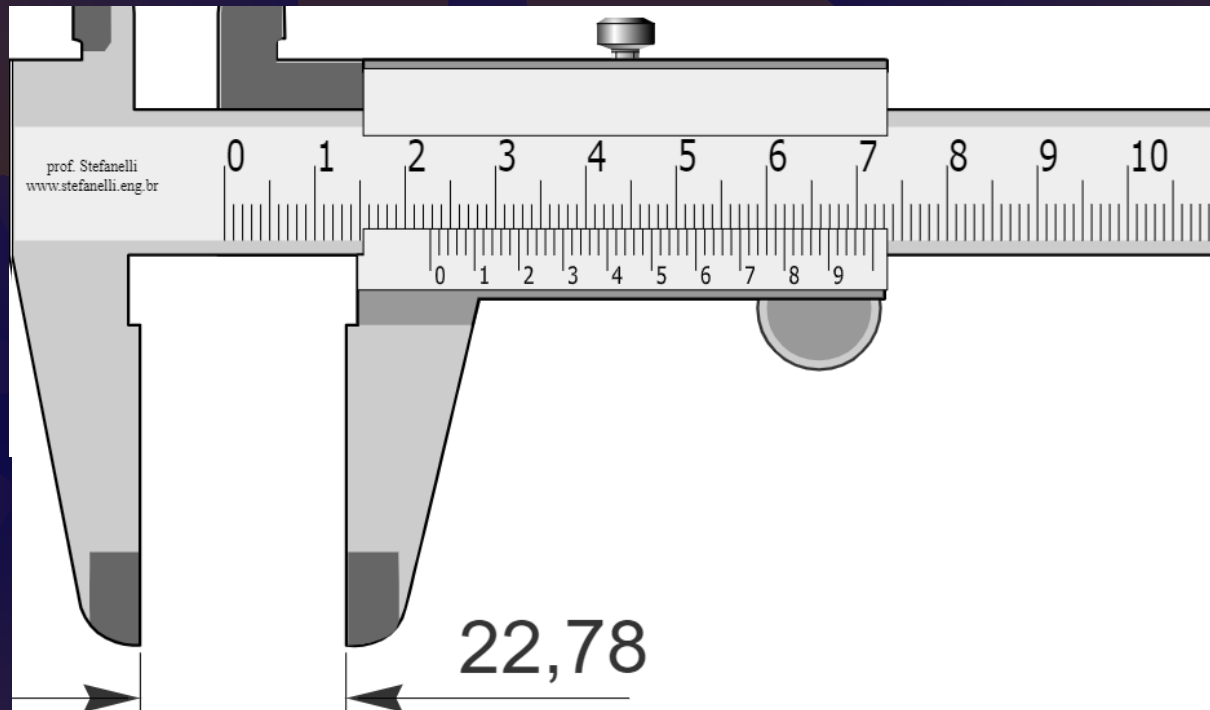
Precauciones durante la utilización de un calibre

Observe las siguientes precauciones cuando utilice un calibre:

- ✱ Asegurarse de lograr un buen contacto entre las puntas del instrumento y la pieza a medir.
- ✱ No golpear el instrumento.
- ✱ No utilizarlo para efectuar operaciones de trazado.
- ✱ Tomar la lectura alineados con la escala.
- ✱ Refrigerar la pieza a medir (si se la está mecanizando) de manera que la operación se realice a temperatura ambiente.
- ✱ Después de utilizar un calibre, límpielo y guárdelo con las puntas de medición ligeramente separadas.

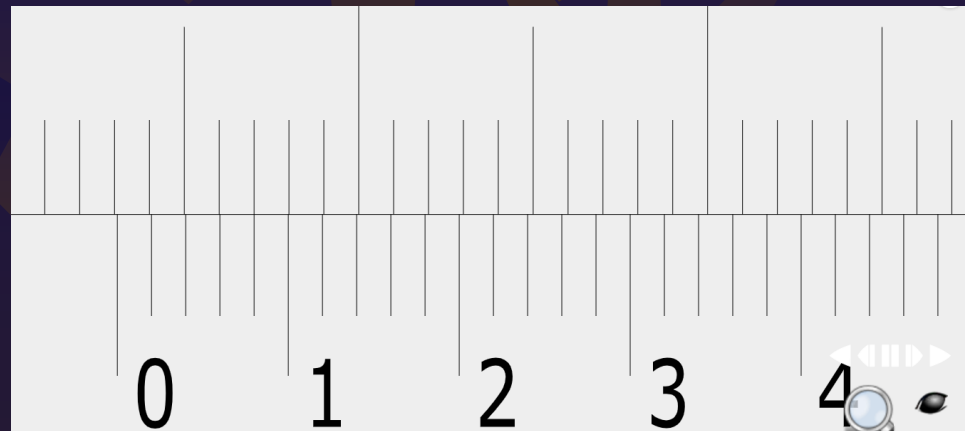
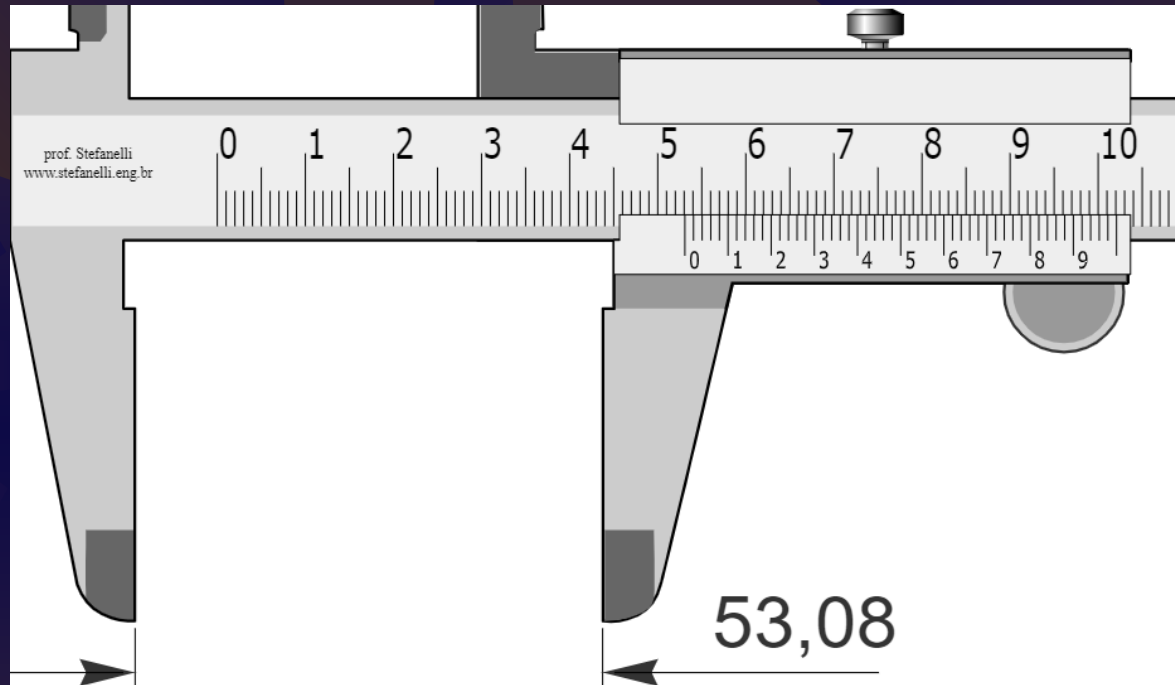
Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



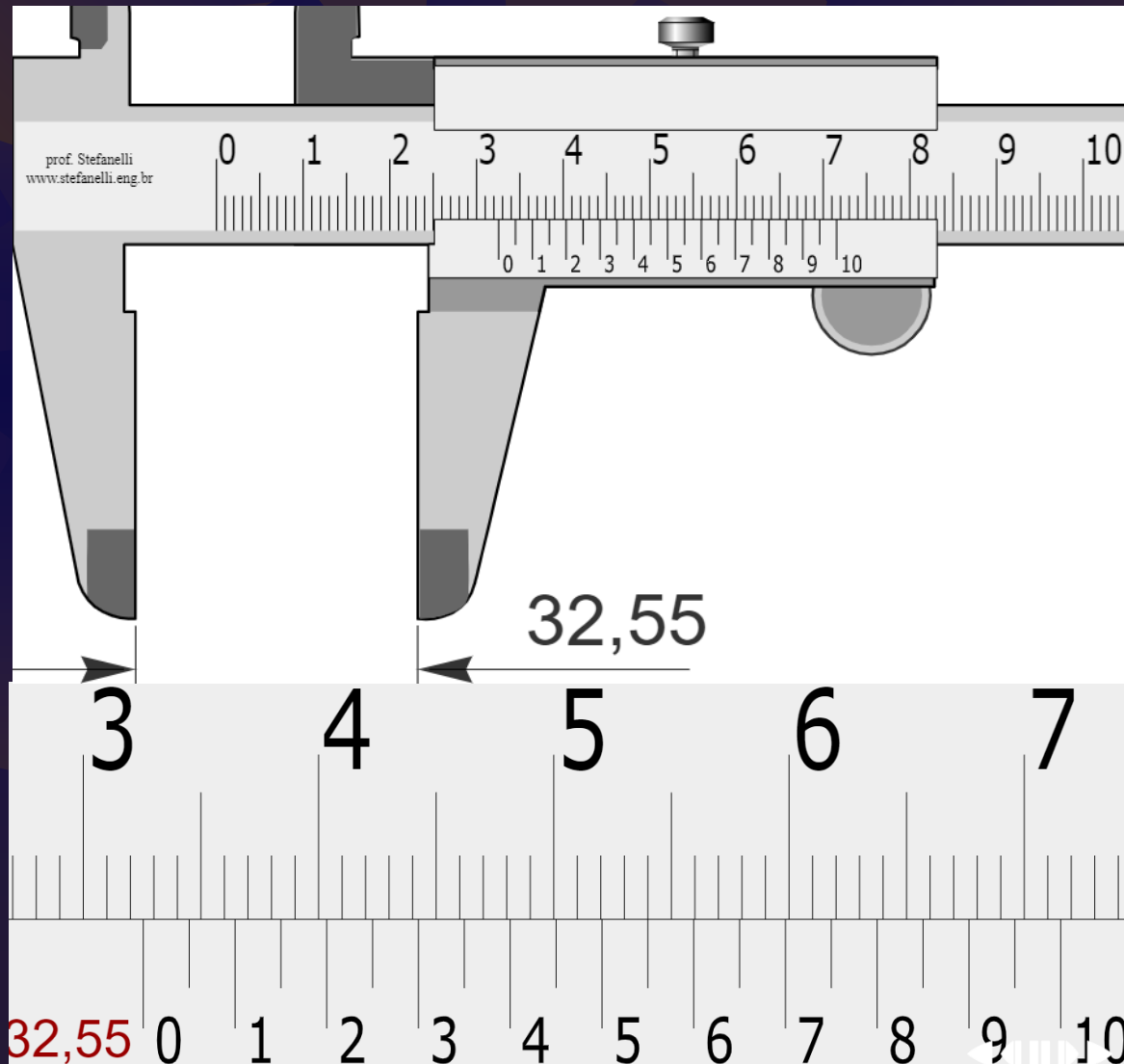
Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



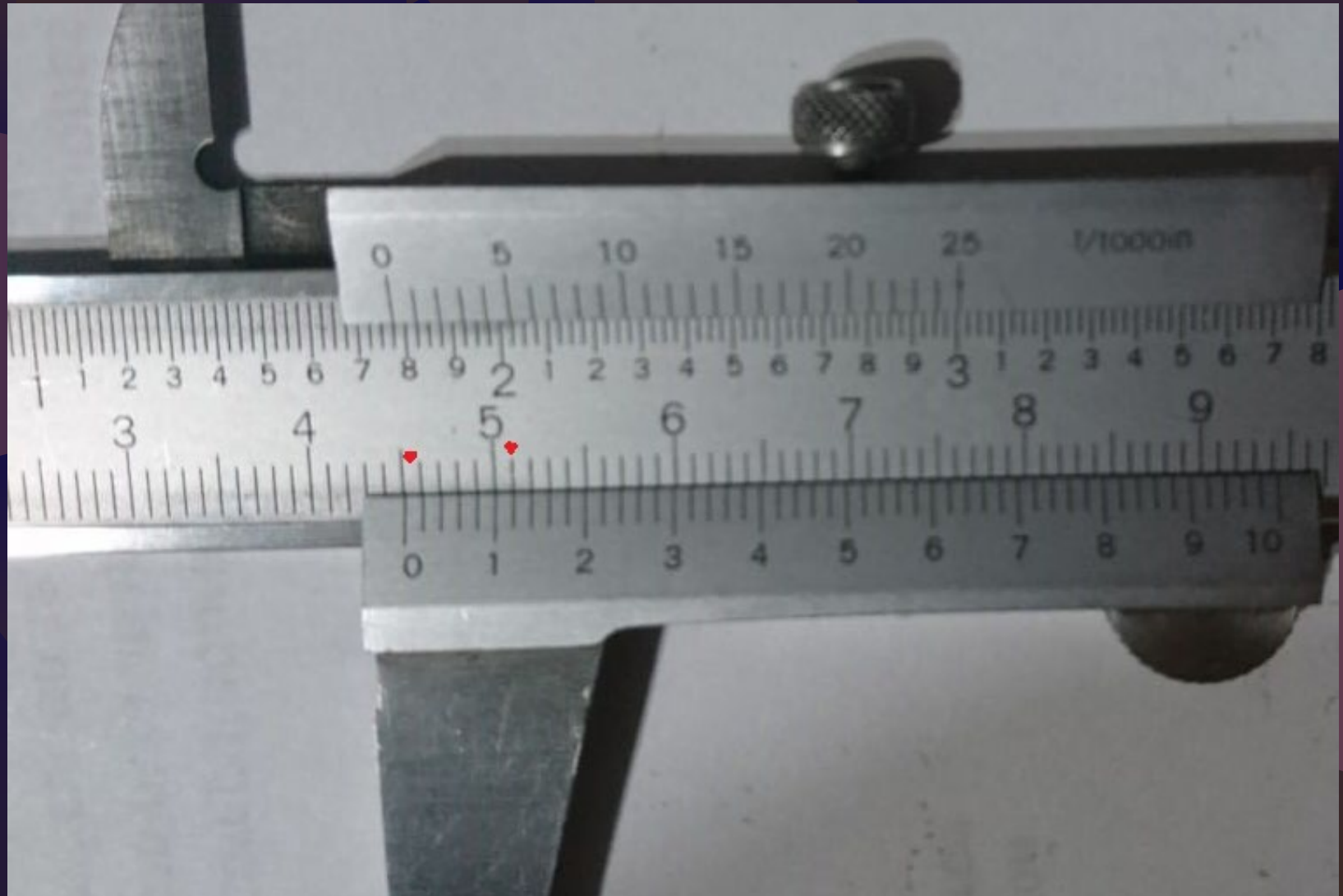
Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



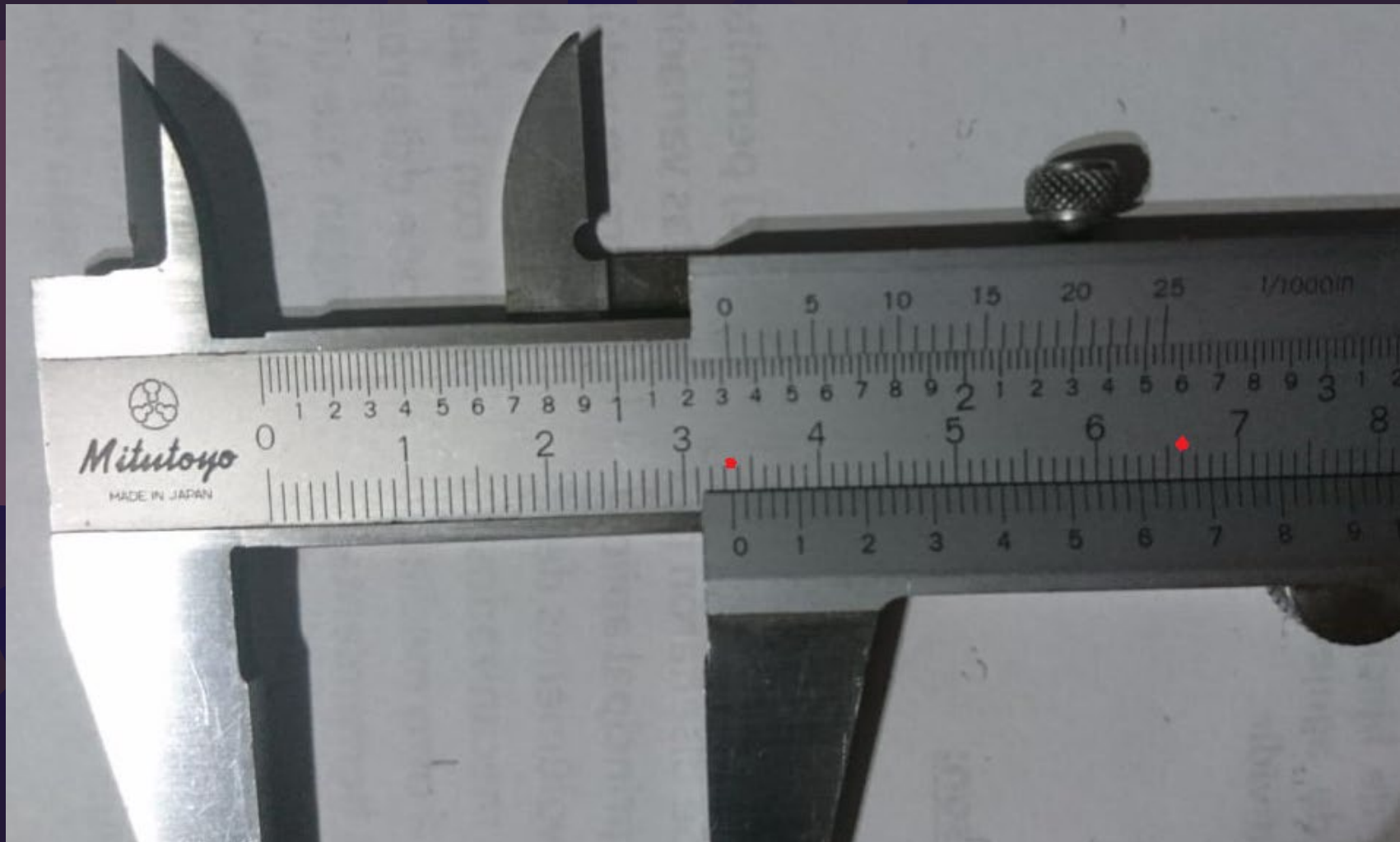
Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



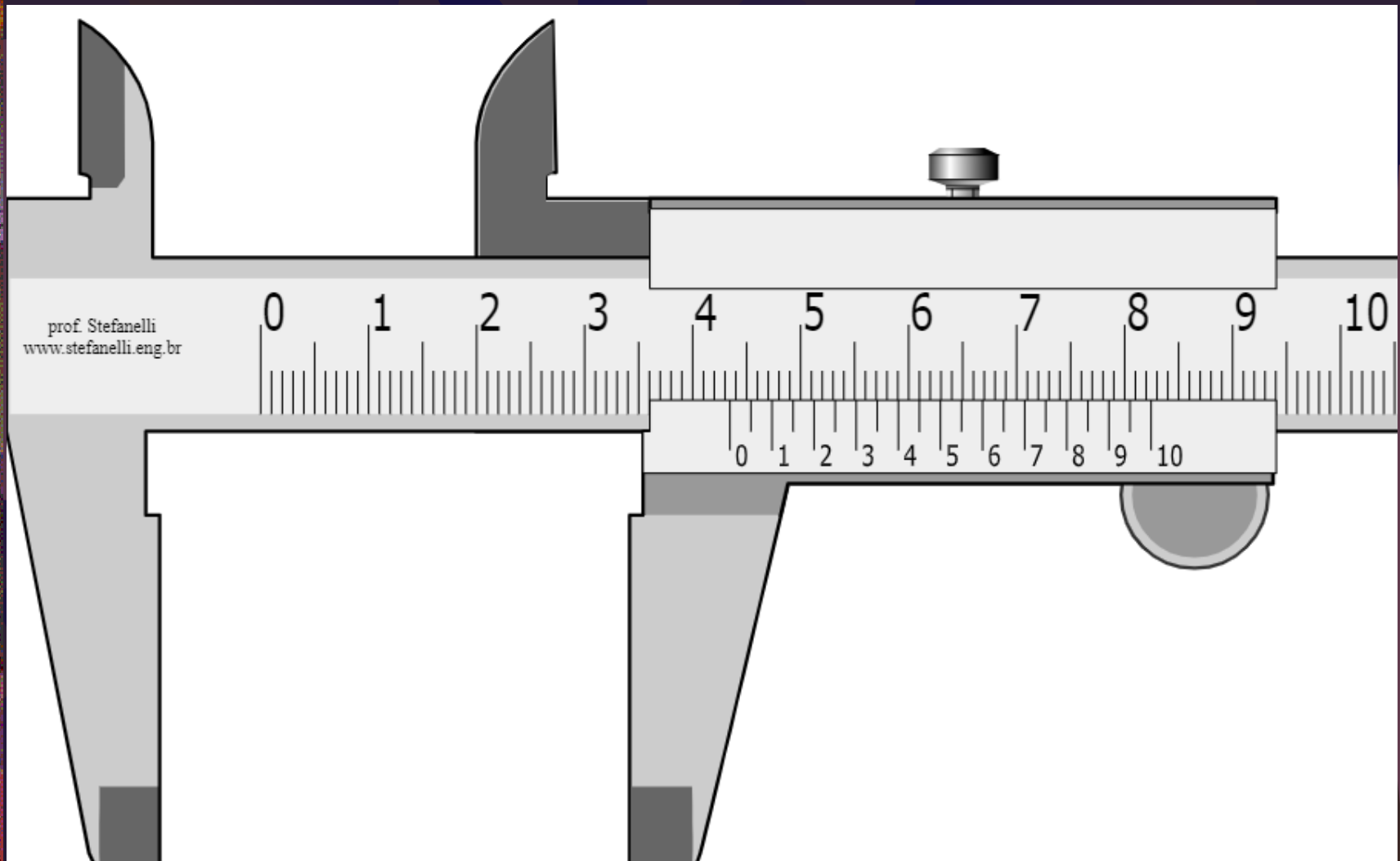
Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



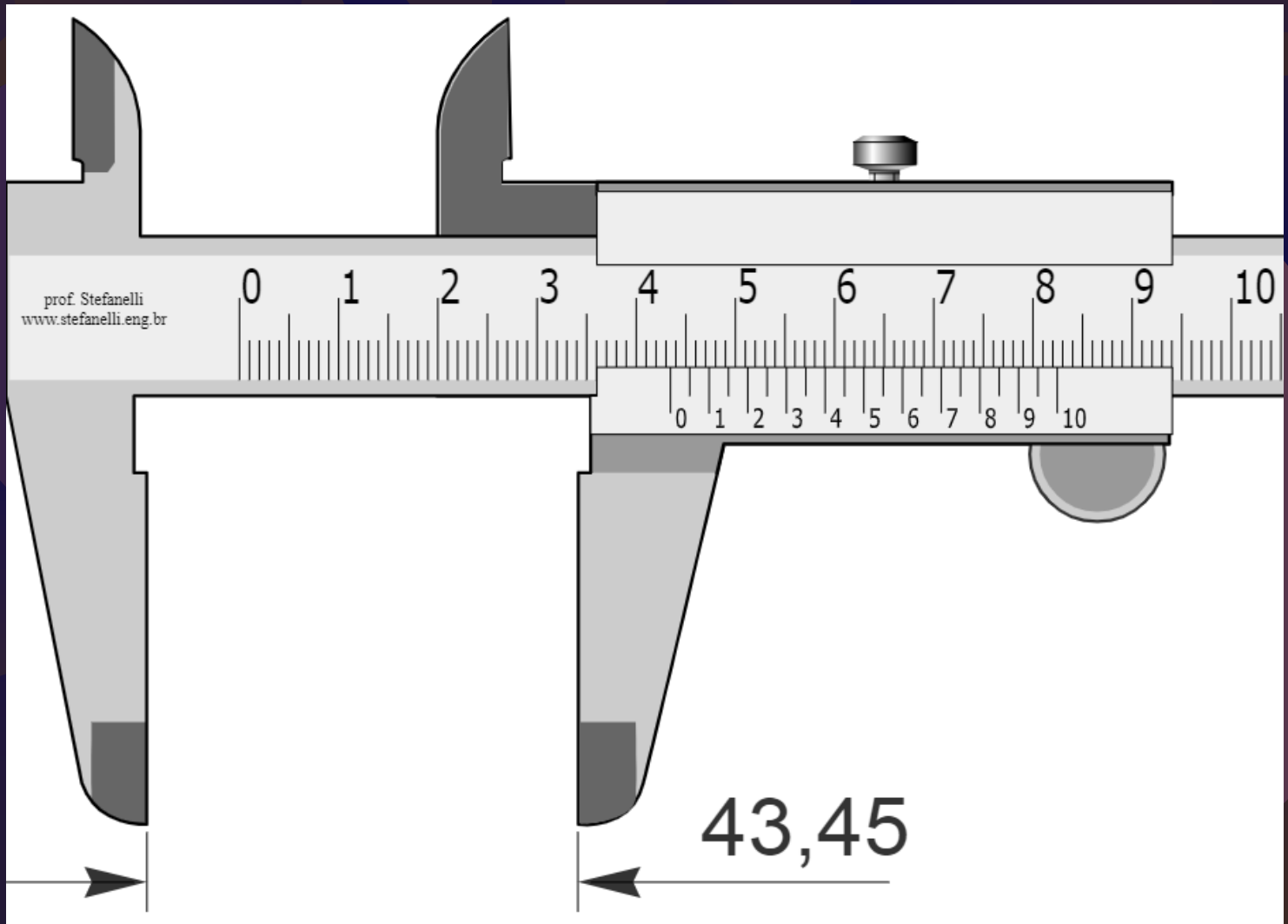
Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



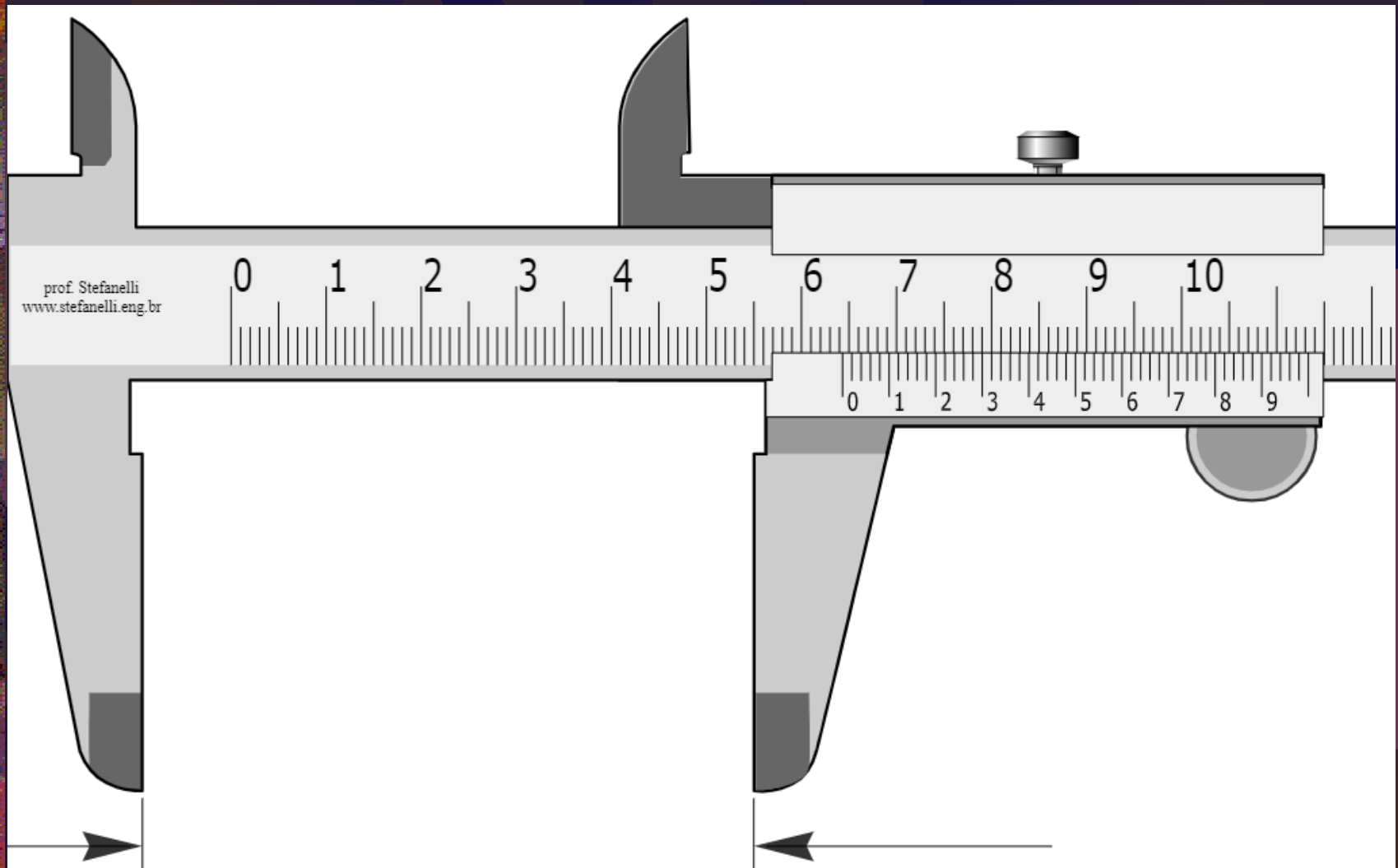
Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



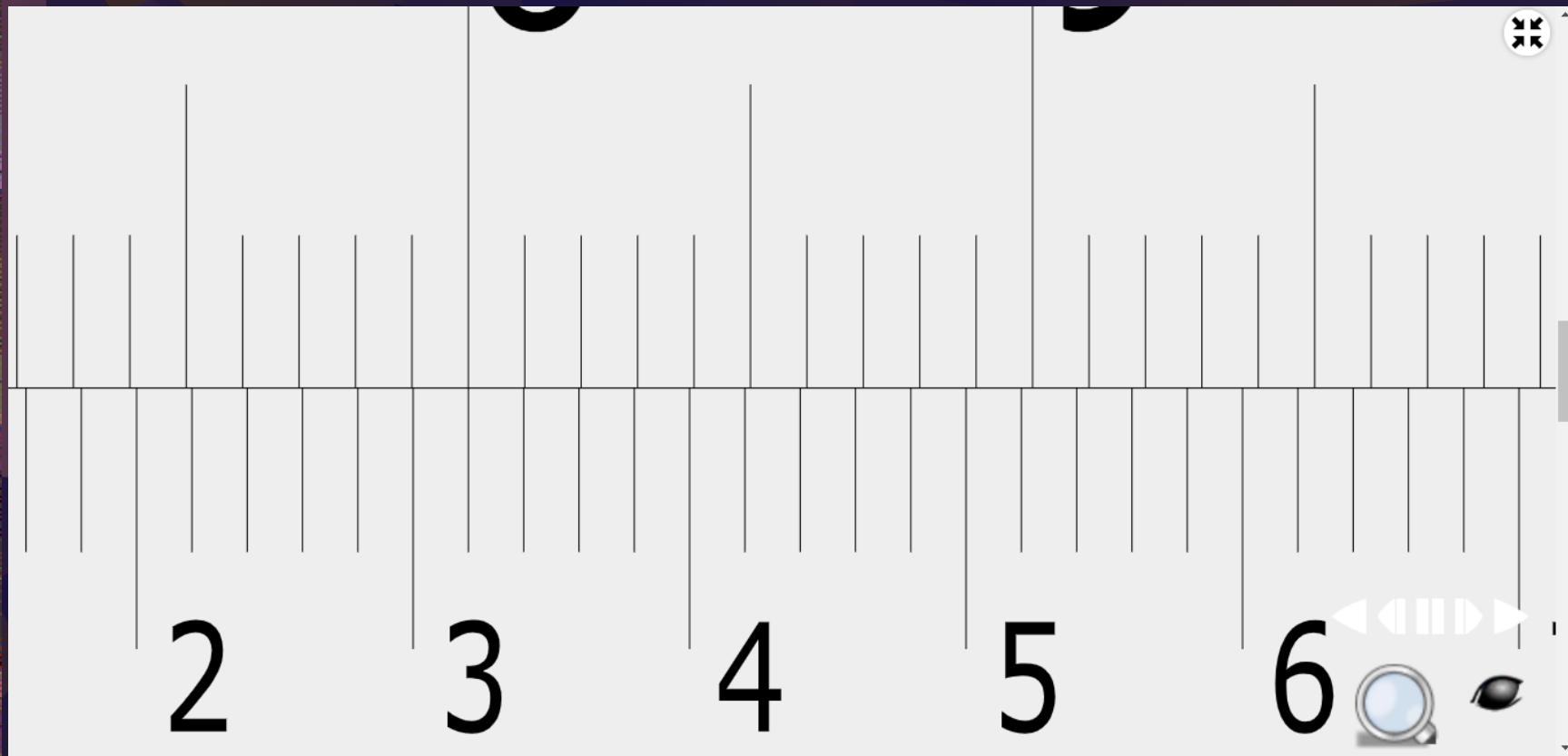
Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



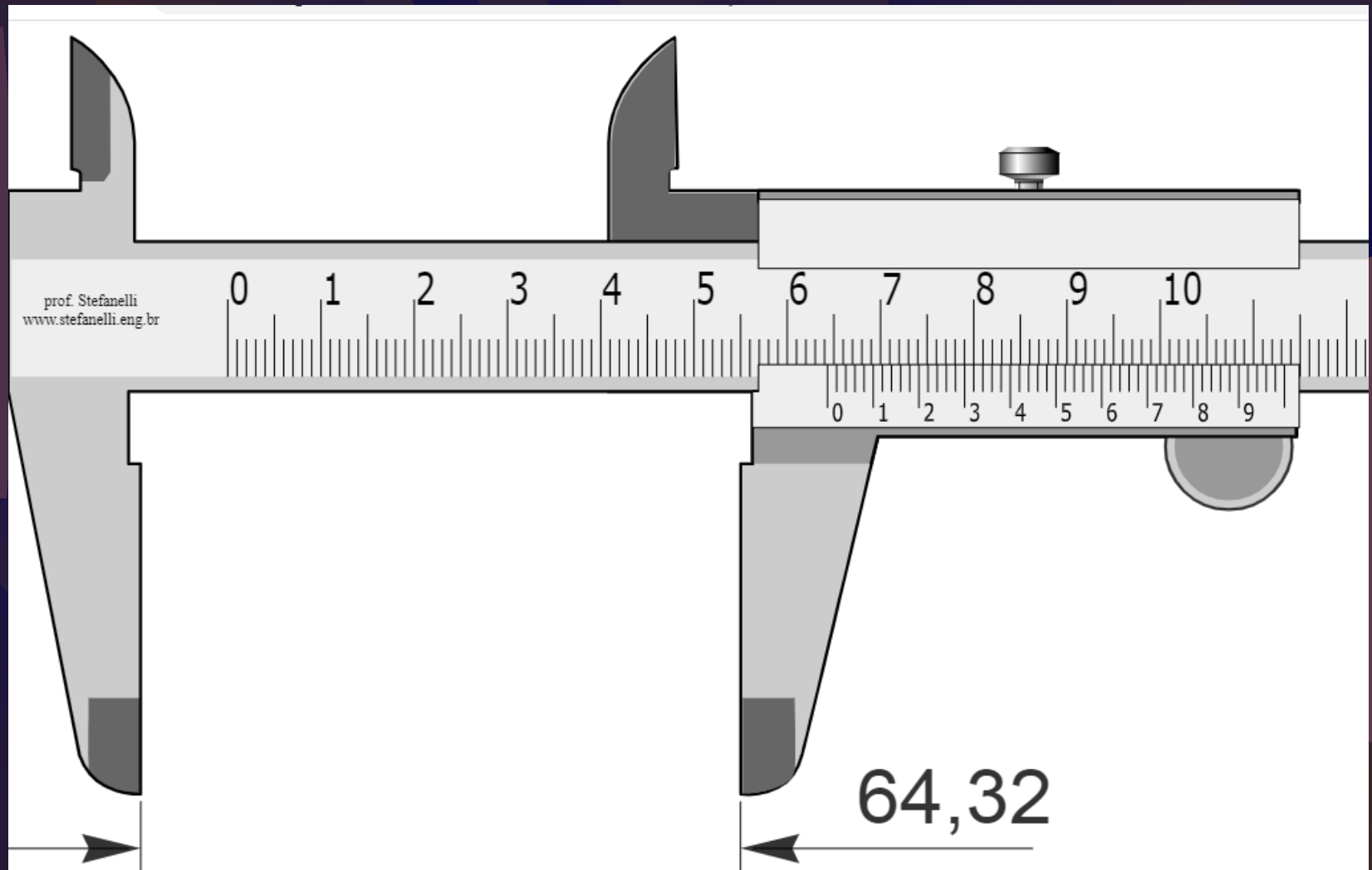
Vernier o Calibre

Ejemplos de lectura



Vernier o Calibre

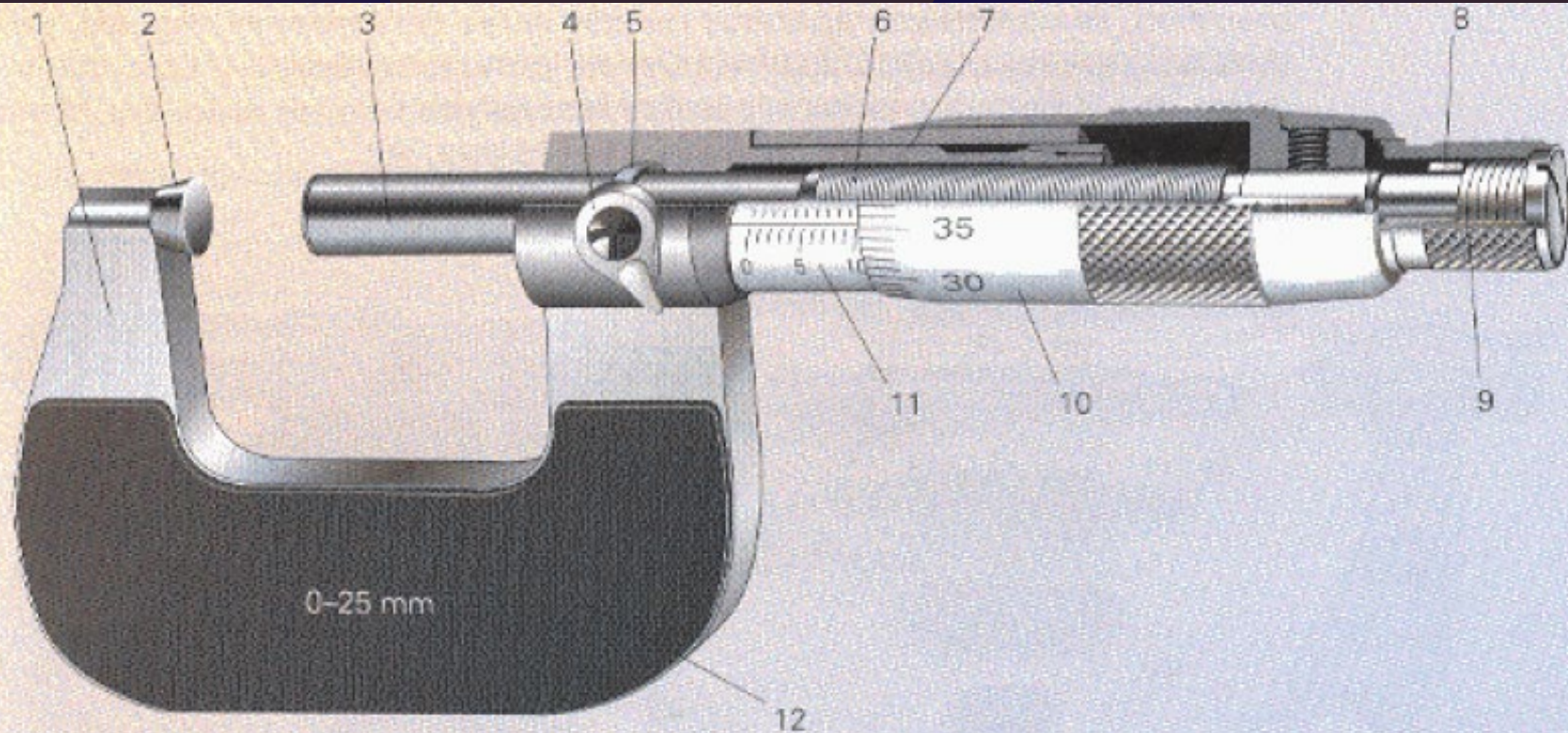
Ejemplos de lectura



Micrómetro

- ✦ Usos
- ✦ Partes del micrómetro
- ✦ Apreciación
- ✦ Tipos de micrómetro
- ✦ Controles
- ✦ Precauciones y cuidados
- ✦ Ejercicios de Practica

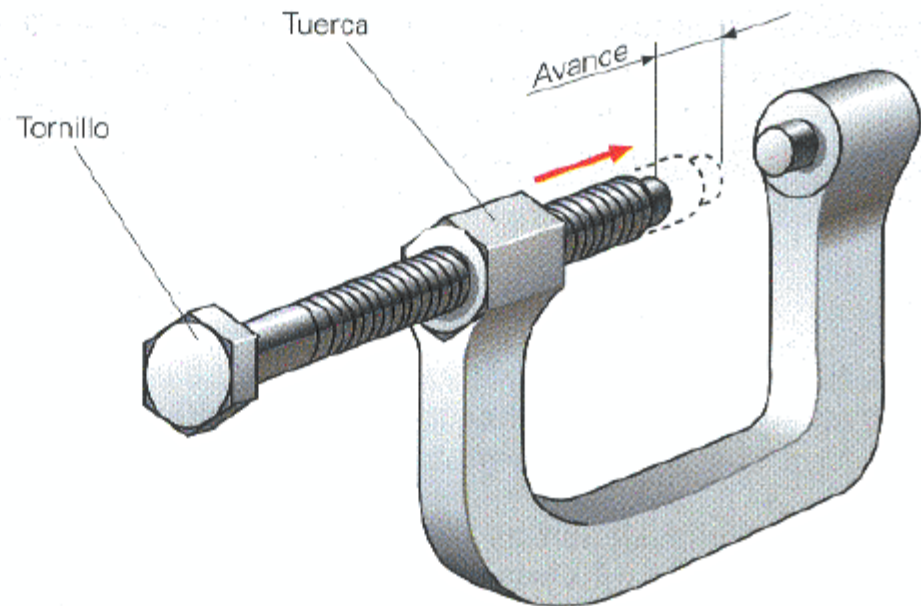
Micrómetro



Micrómetro

4.2.1. Micrómetro de exteriores

- El tornillo micrométrico avanza una longitud igual a su paso en cada vuelta.
- Habitualmente el paso es de 0,5 mm y el tambor tiene 50 divisiones. La resolución (avance con el giro de una división) es $0,5 / 50 = 0,01$ mm.



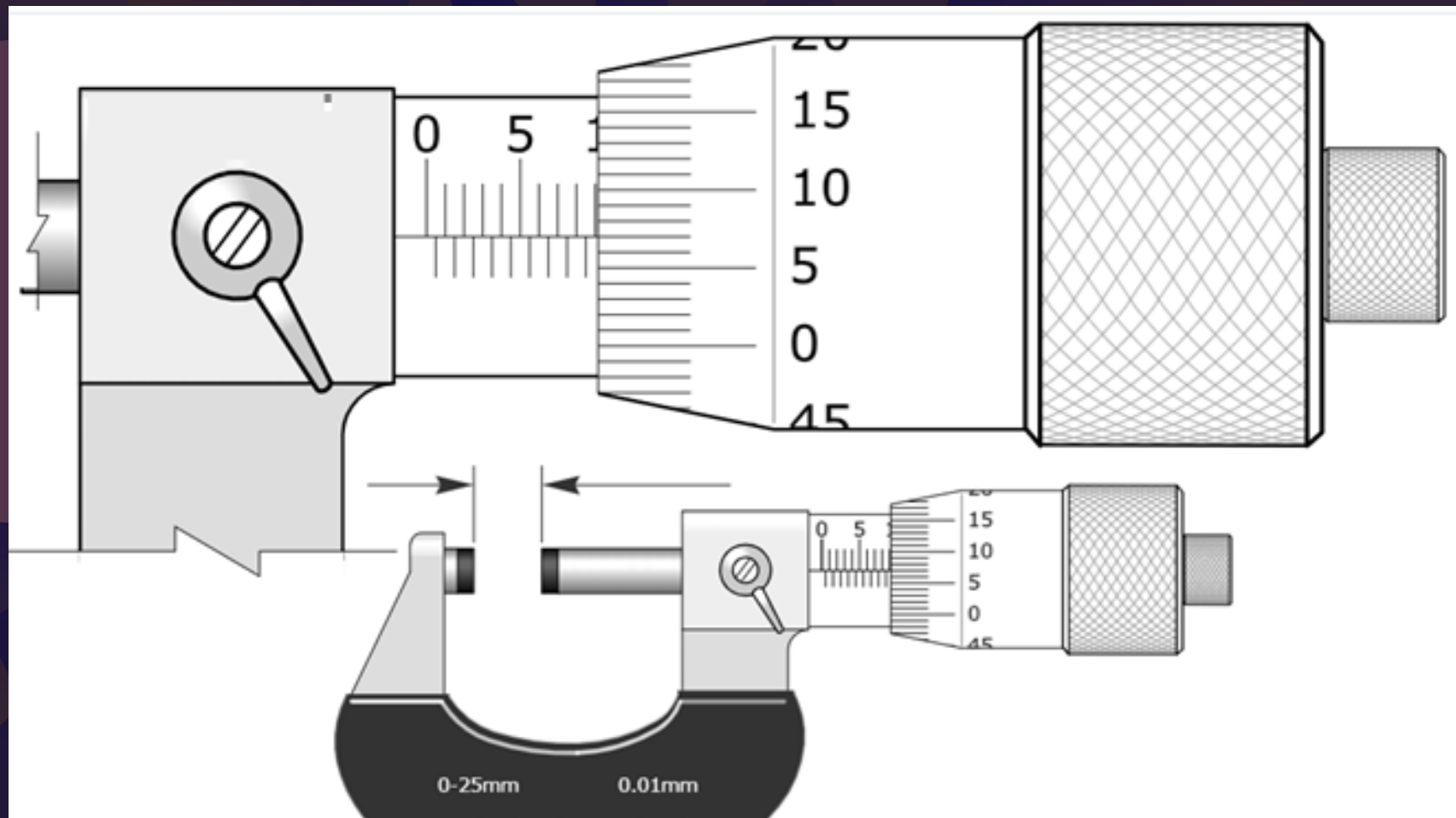
Apreciación

☀ Definición: se entiende por apreciación a la menor dimensión que se puede leer con el instrumento.

☀ $A_p = \frac{\text{Menor división de la regla principal}}{\text{Nº de divisiones de la regla móvil}}$

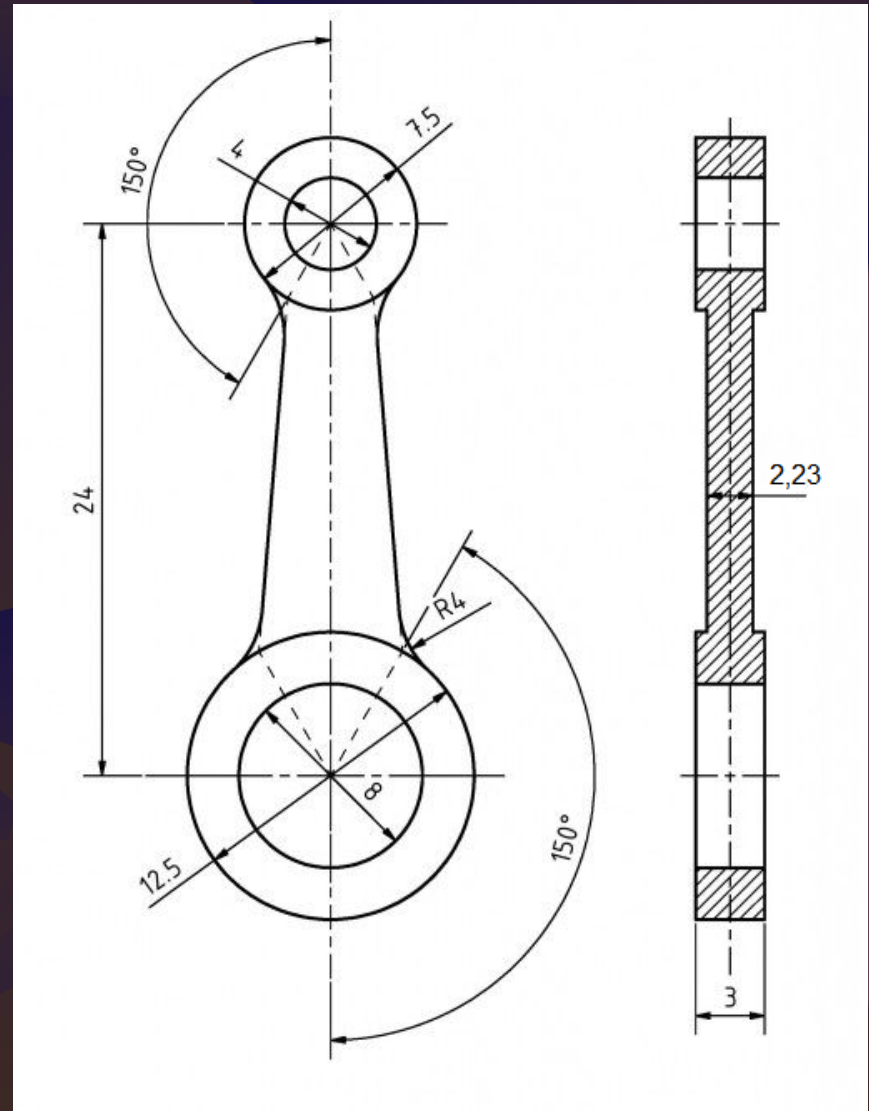
$$A_p (50 \text{ divisiones}) = \frac{0,5 \text{ mm}}{50 \text{ div}} = 0,01 \text{ mm}$$

Apreciación



Apreciación

- ☀ Calibre de 10 div = 2,2 o 2,3 mm
- ☀ Calibre de 20 div = 2,20 o 2,25 mm
- ☀ Calibre de 50 div = 2,22 o 2,24 mm
- ☀ Micrómetro = 2,23 mm



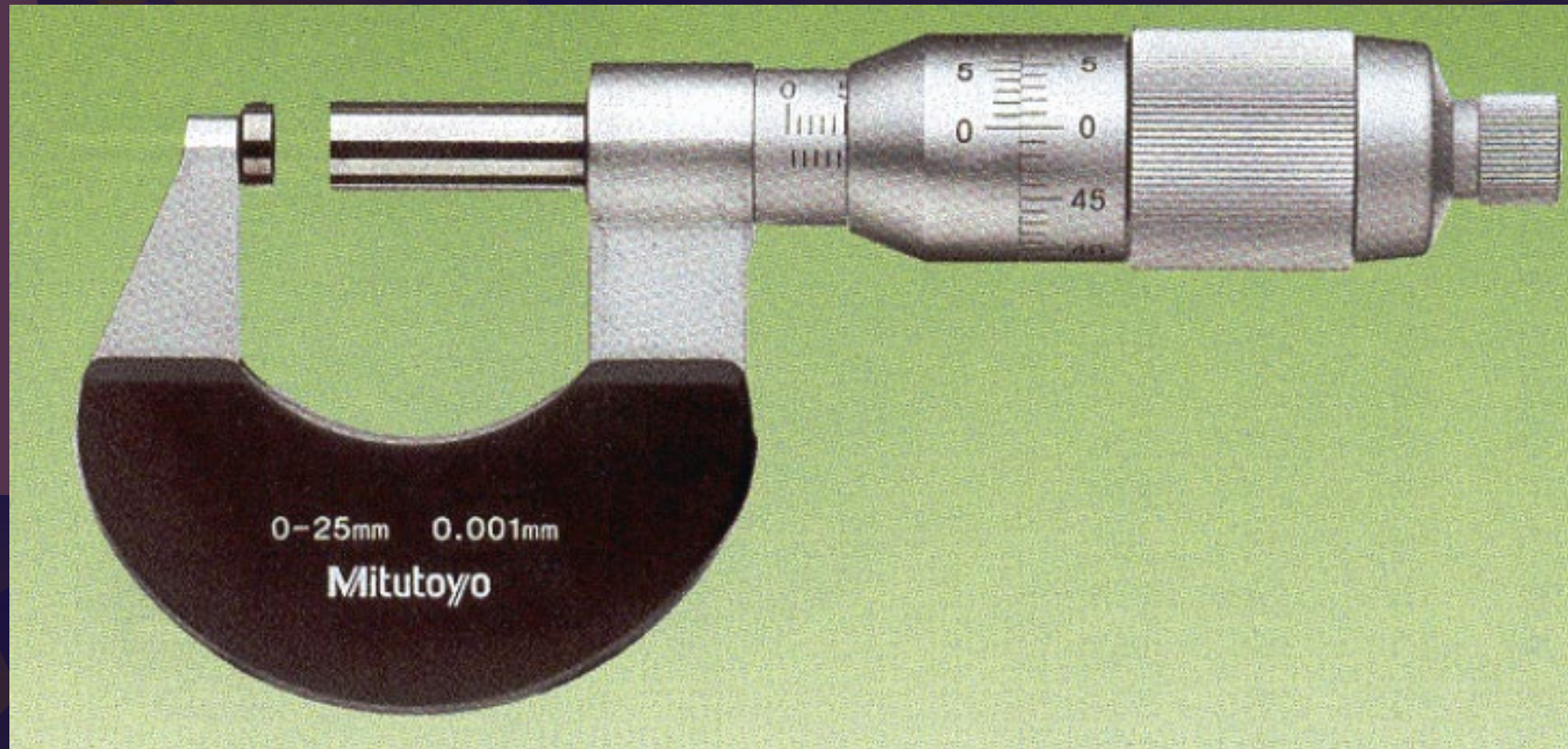
Tipos de micrómetro

- ✱ Micrómetro para exteriores
- ✱ Micrómetro para interiores
- ✱ Micrómetro para ranuras.
- ✱ Micrómetro tipo disco
- ✱ Micrómetro para dientes de engranajes

Los micrómetros se seleccionan en función de la geometría de la pieza y la magnitud a medir, para ello tenemos micrómetros de distintas dimensiones:

- ✱ 0 – 25 mm
- ✱ 25 – 50 mm
- ✱ 50 – 75 mm, etc.

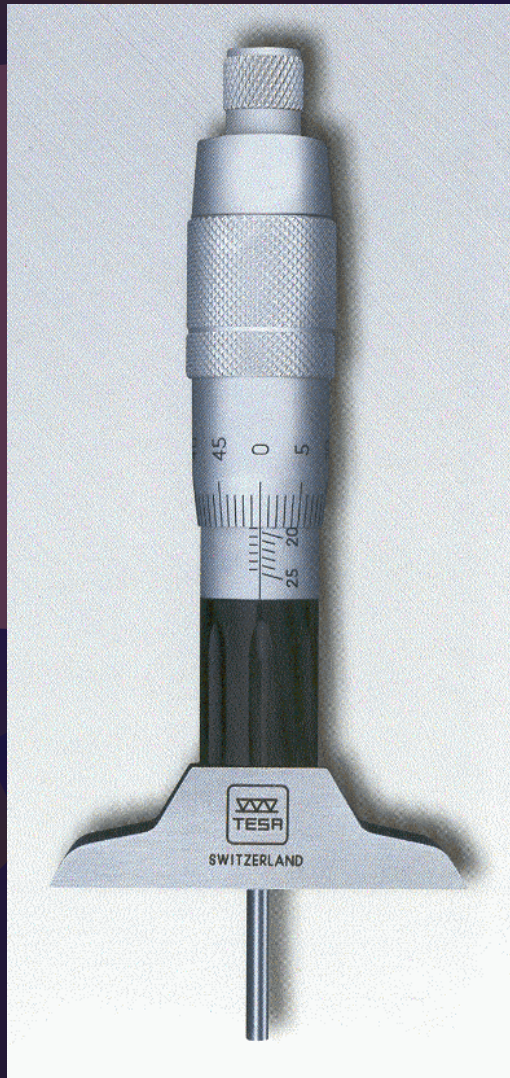
Micrómetro



Micrómetro



Micrómetro

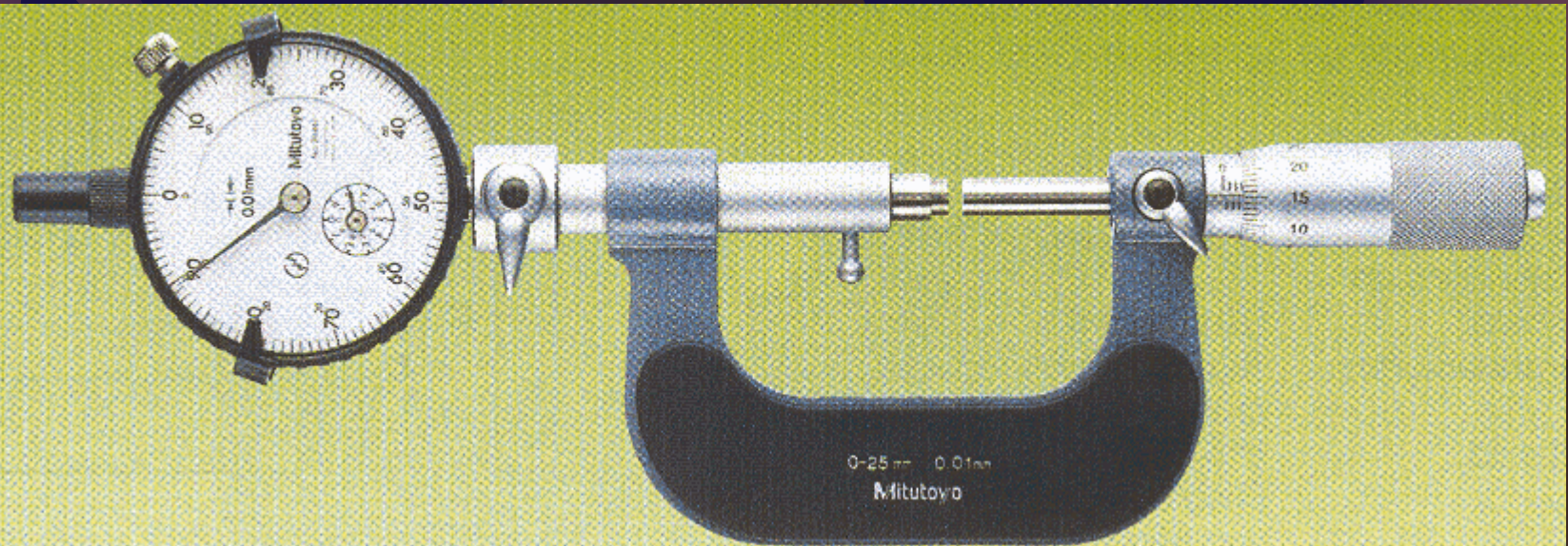
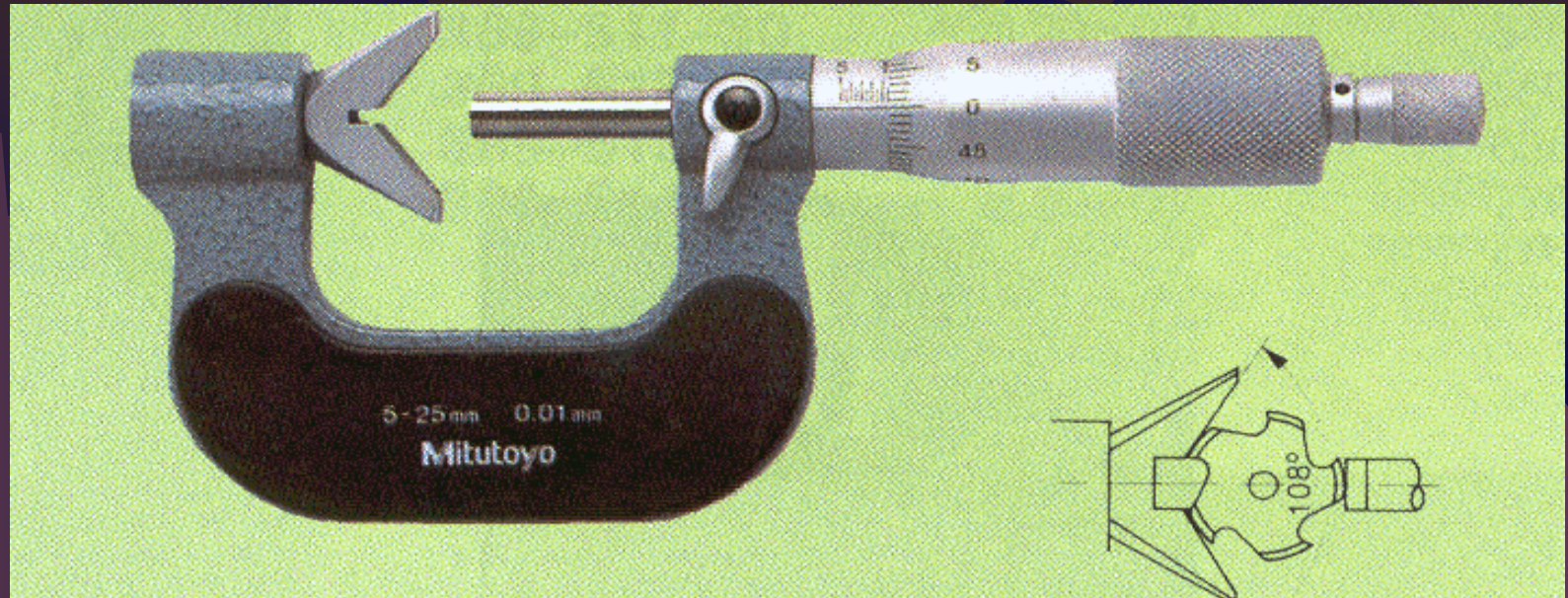


Micrómetro

- ✦ Micrómetro con topes intercambiables



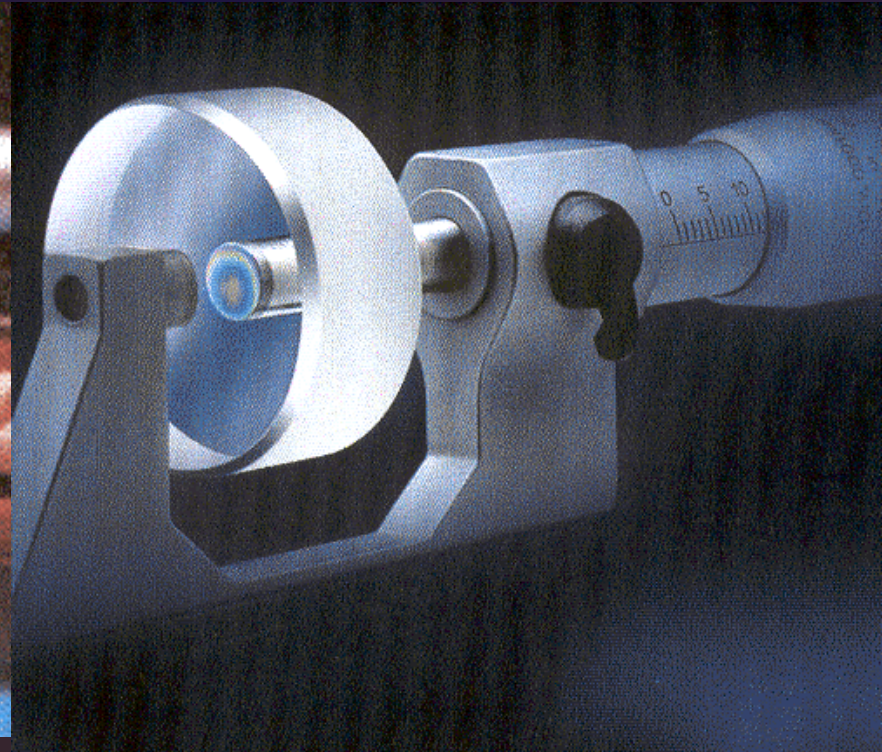
Micrómetro



Controles del Micrómetro

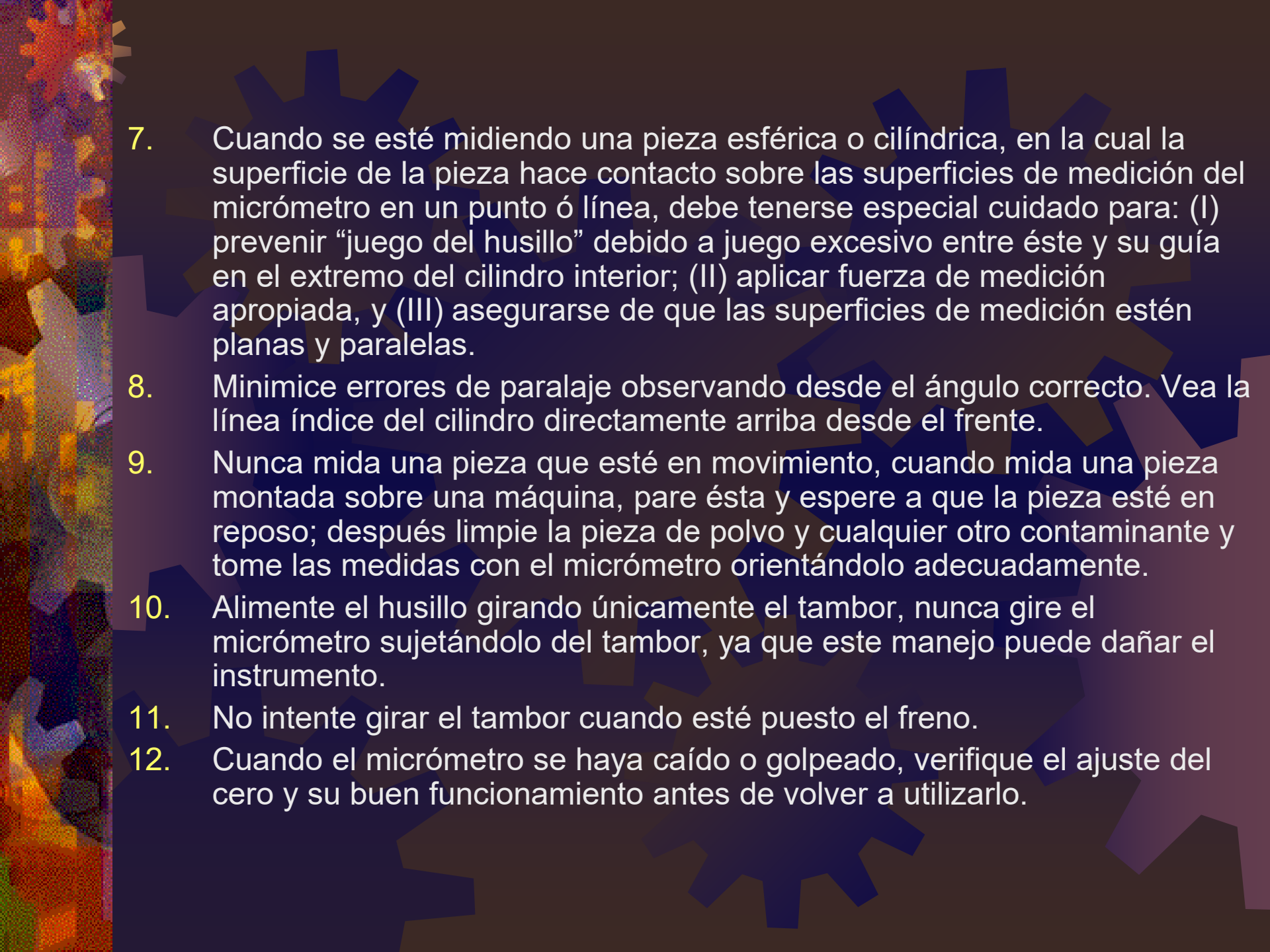


Controles del Micrómetro



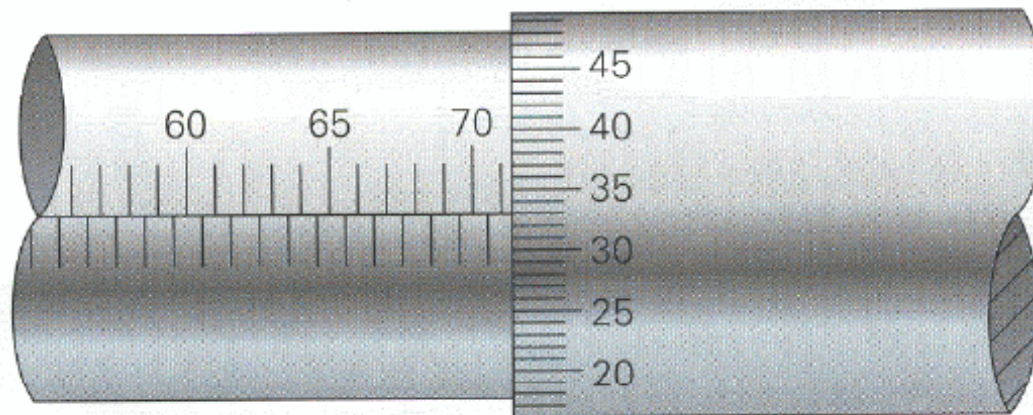
Cuidados generales al utilizar MICRÓMETROS

1. Elimine completamente polvo y aceite de las superficies de medición, determine si existen ralladuras o rebabas sobre superficies de medición, ya que es frecuente encontrar éstas cerca de los bordes.
2. Verifique que (I) el tambor gire suavemente, (II) el tambor no se pegue al cilindro cuando gire, (III) el trinquete gire suavemente y (IV) el freno sea efectivo.
3. Ajuste del punto cero. Mantenga el trinquete entre los dedos pulgar y medio. Gire suavemente el trinquete para poner en contacto las superficies de medición de los topes. Luego gire el trinquete $1 \frac{1}{2}$ o 2 vueltas más. Entonces confirme que la línea cero sobre el tambor esté alineada con la línea índice sobre el cilindro. Repita este proceso dos o tres veces para confirmar la alineación (cuando mida una pieza, opere el trinquete en la misma forma).
4. Cuando haga mediciones verifique el punto cero periódicamente para confirmar que no haya discrepancia. Las mediciones deben realizarse en las mismas condiciones (orientación, fuerza de medición, etc.) que existieron cuando se fijó el punto cero para la medición. Esta práctica es particularmente importante cuando se utiliza un micrómetro de gran tamaño.
5. Cuando haga mediciones asegúrese de que el micrómetro no esté sujeto a cambios bruscos de temperatura, luz solar directa, calor radiante o corriente de aire que puedan ocasionar una variación significativa en la temperatura.
6. Cuando se mida una pieza pesada que esté montada sobre una máquina, el micrómetro deberá ser cuidadosamente orientado, esto es importante sobre todo cuando la longitud de medición excede 300mm (véase Tabla)

- 
7. Cuando se esté midiendo una pieza esférica o cilíndrica, en la cual la superficie de la pieza hace contacto sobre las superficies de medición del micrómetro en un punto ó línea, debe tenerse especial cuidado para: (I) prevenir “juego del husillo” debido a juego excesivo entre éste y su guía en el extremo del cilindro interior; (II) aplicar fuerza de medición apropiada, y (III) asegurarse de que las superficies de medición estén planas y paralelas.
 8. Minimice errores de paralaje observando desde el ángulo correcto. Vea la línea índice del cilindro directamente arriba desde el frente.
 9. Nunca mida una pieza que esté en movimiento, cuando mida una pieza montada sobre una máquina, pare ésta y espere a que la pieza esté en reposo; después limpie la pieza de polvo y cualquier otro contaminante y tome las medidas con el micrómetro orientándolo adecuadamente.
 10. Alimente el husillo girando únicamente el tambor, nunca gire el micrómetro sujetándolo del tambor, ya que este manejo puede dañar el instrumento.
 11. No intente girar el tambor cuando esté puesto el freno.
 12. Cuando el micrómetro se haya caído o golpeado, verifique el ajuste del cero y su buen funcionamiento antes de volver a utilizarlo.

Micrómetro

4.2.1. Micrómetro de exteriores:

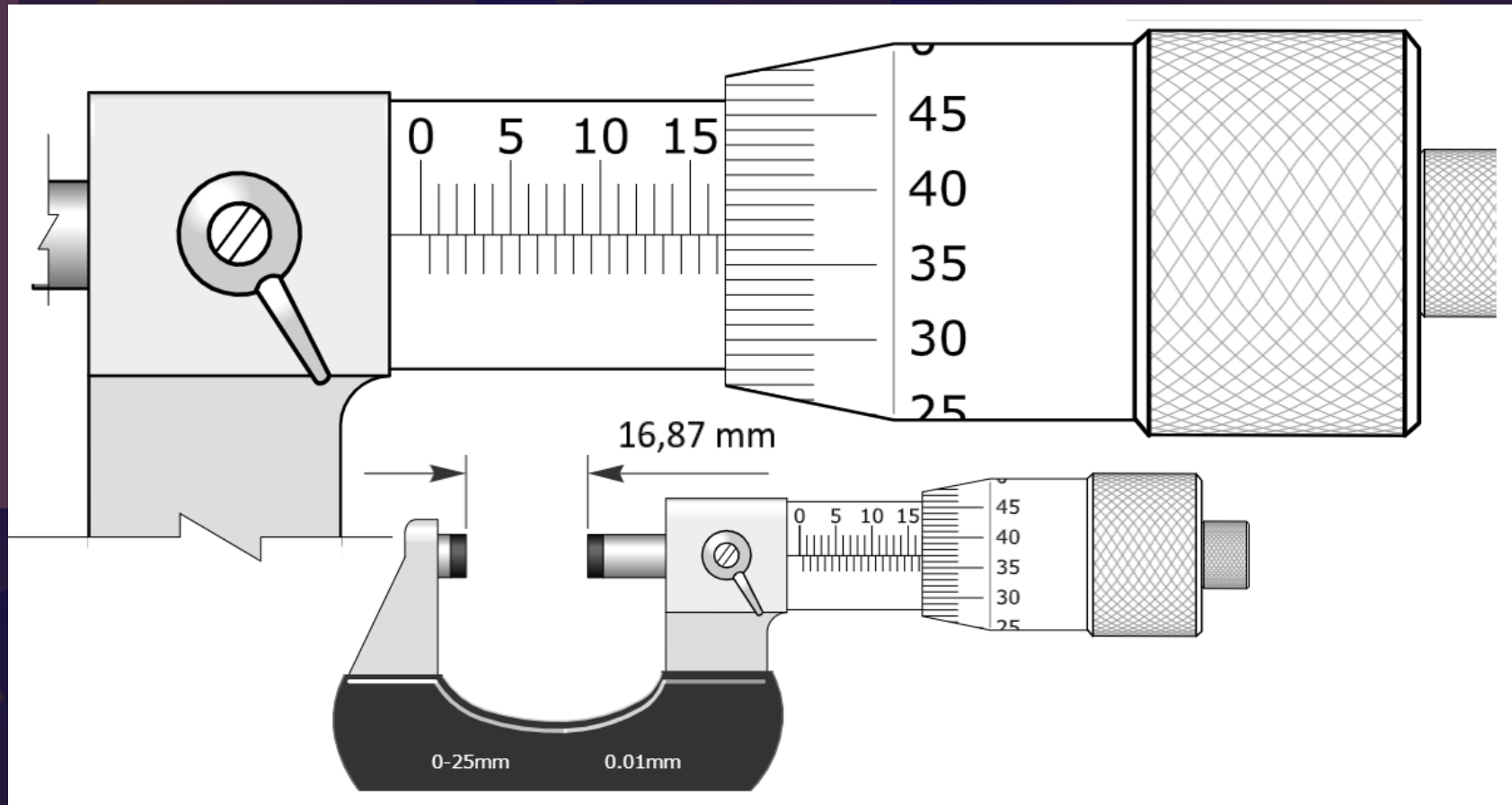


Lectura =
71,33 mm

- La lectura de los milímetros se efectúa en la escala graduada grabada en el cilindro micrométrico. Se comprueba si aparece bajo el tambor la división de la escala inferior correspondiente a medio milímetro más. Por fin se añaden las centésimas dadas por el tambor.

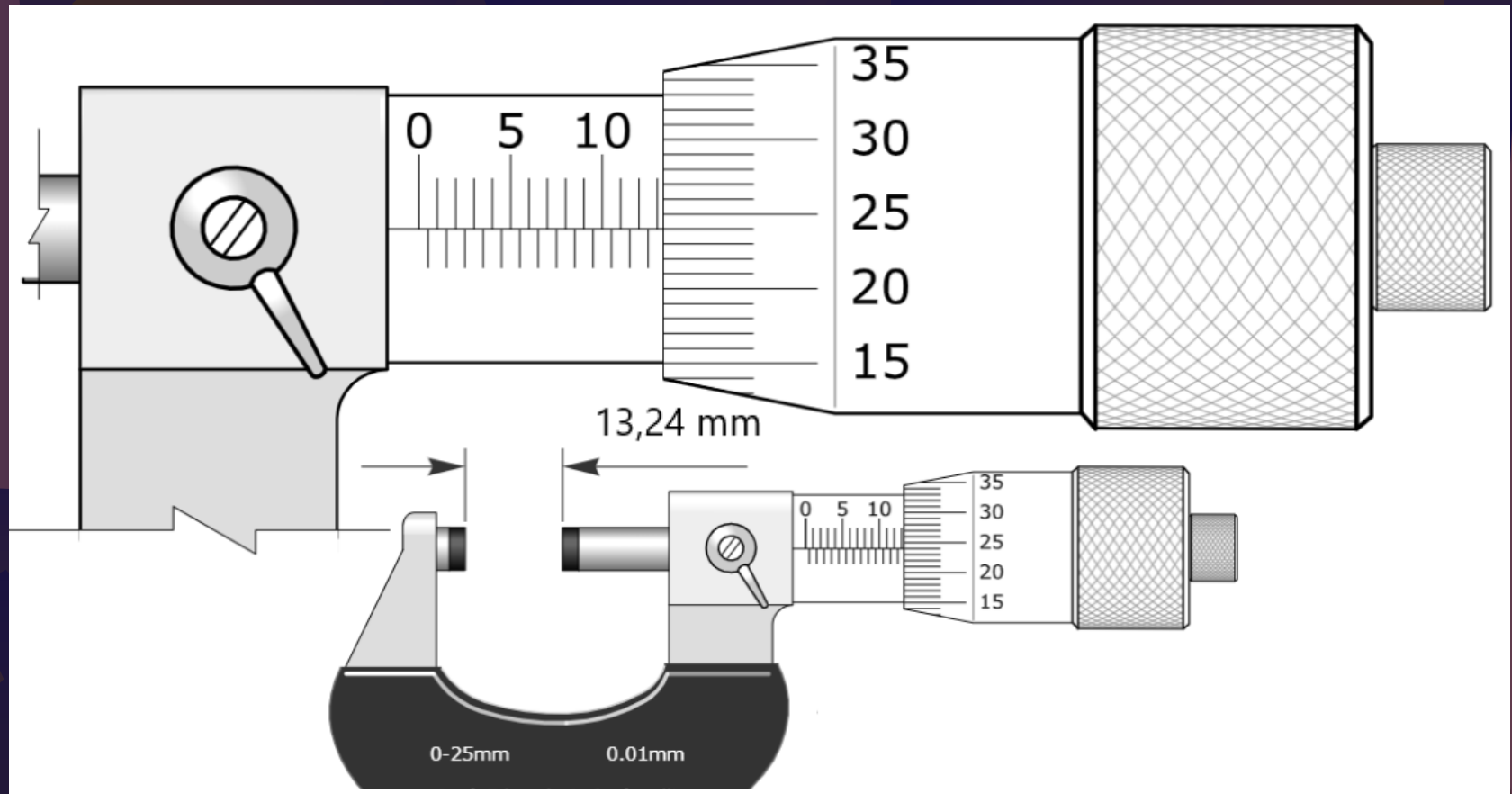
Micrómetro

Ejemplos de lectura



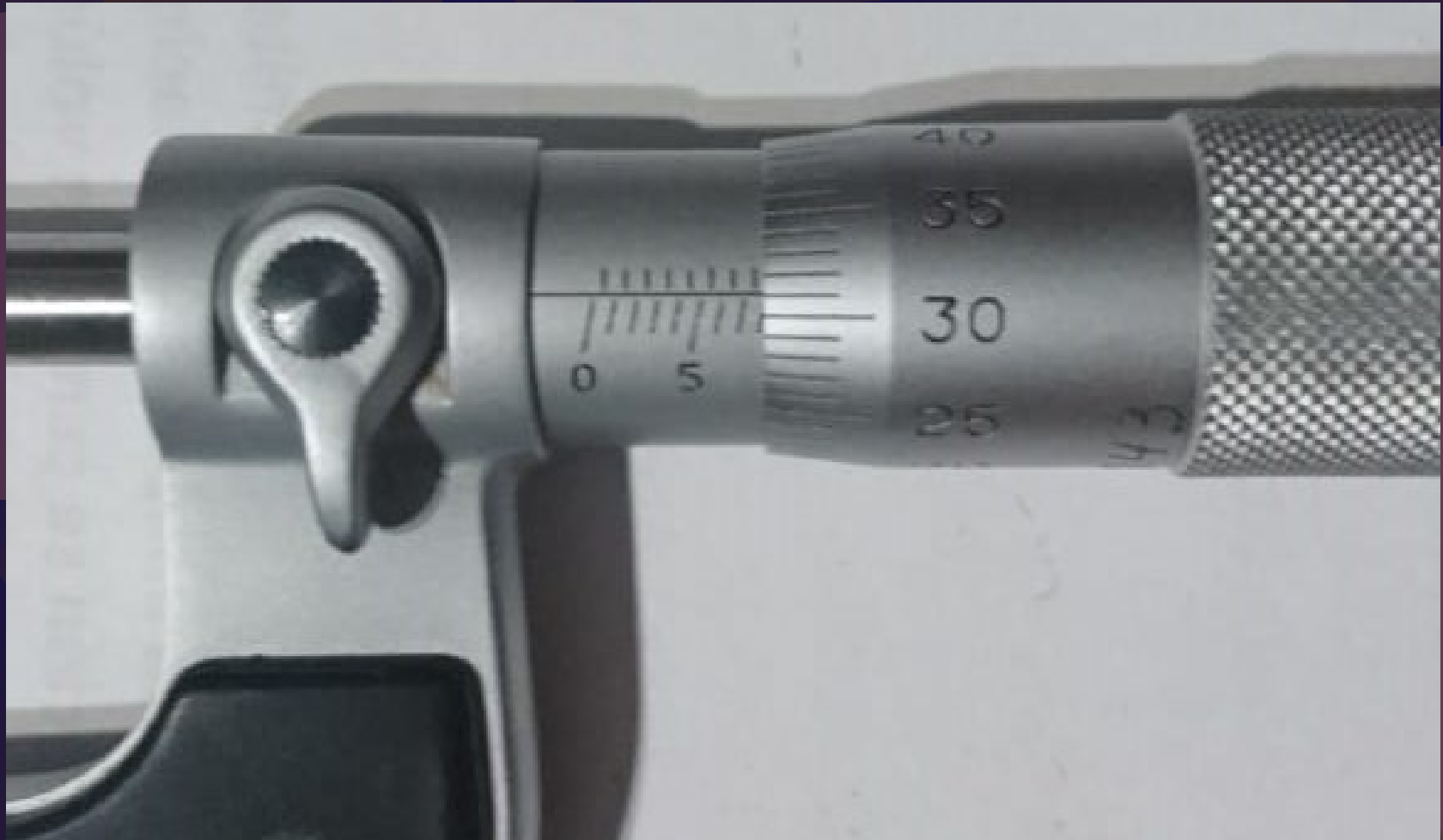
Micrómetro

Ejemplos de lectura



Micrómetro

Ejemplos de lectura



Reloj Comparador

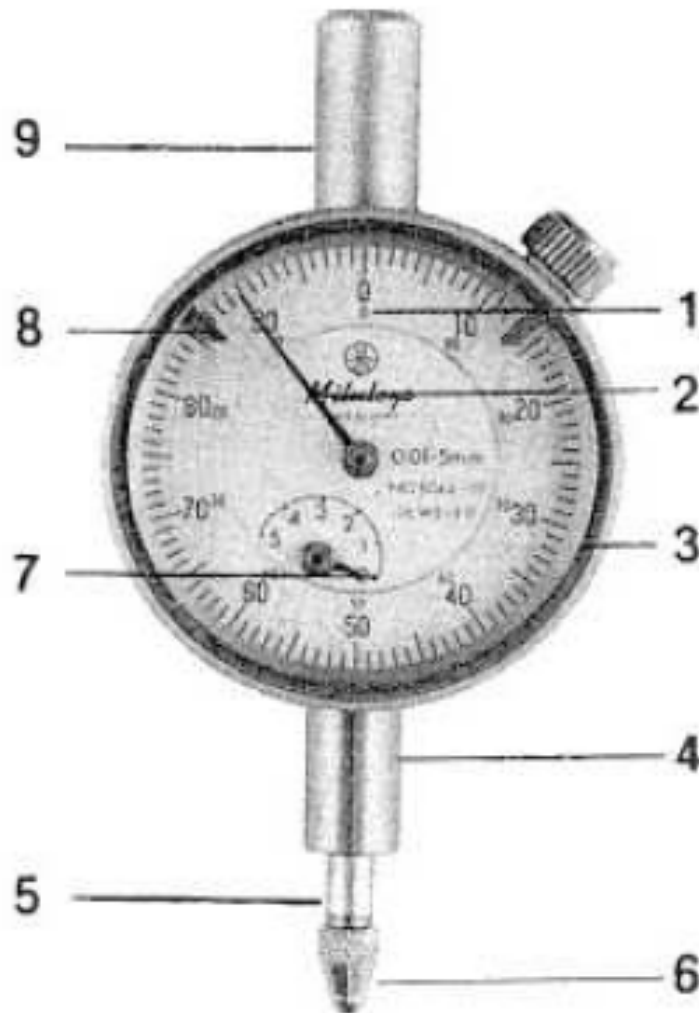
- ✱ Usos
- ✱ Partes del reloj comparador
- ✱ Apreciación
- ✱ Tipos de relojes comparador
- ✱ Controles
- ✱ Precauciones y cuidados
- ✱ Ejercicios de Practica

Reloj Comparador

Aplicaciones

- ✱ Medición de longitudes y formas
- ✱ Medición de planitud
- ✱ Medición de circularidad
- ✱ Medición de cilindridad
- ✱ Medición de esfericidad
- ✱ Medición de concentricidad
- ✱ Medición de desviación
- ✱ Medición de desplazamiento

Reloj Comparador



- (1) carátula
- (2) aguja principal
- (3) arillo
- (4) vástago
- (5) husillo
- (6) punta de contacto
- (7) aguja cuentavueltas
- (8) indicadores pasa/no pasa
- (9) capuchón

Apreciación

- ★ Definición: se entiende por apreciación a la menor dimensión que se puede leer con el instrumento.

$$A_p = \frac{1 \text{ mm}}{100 \text{ div}} = 0,01 \text{ mm}$$

Reloj Comparador

Ejemplos de lectura



1° 0,54

2° 5,00

3° 5,54

Reloj Comparador

Ejemplos de lectura



1° 0,65

2° 3,00

3° 3,65

Tipos de Relojes Comparadores



Tipos de Relojes Comparadores

Para interiores



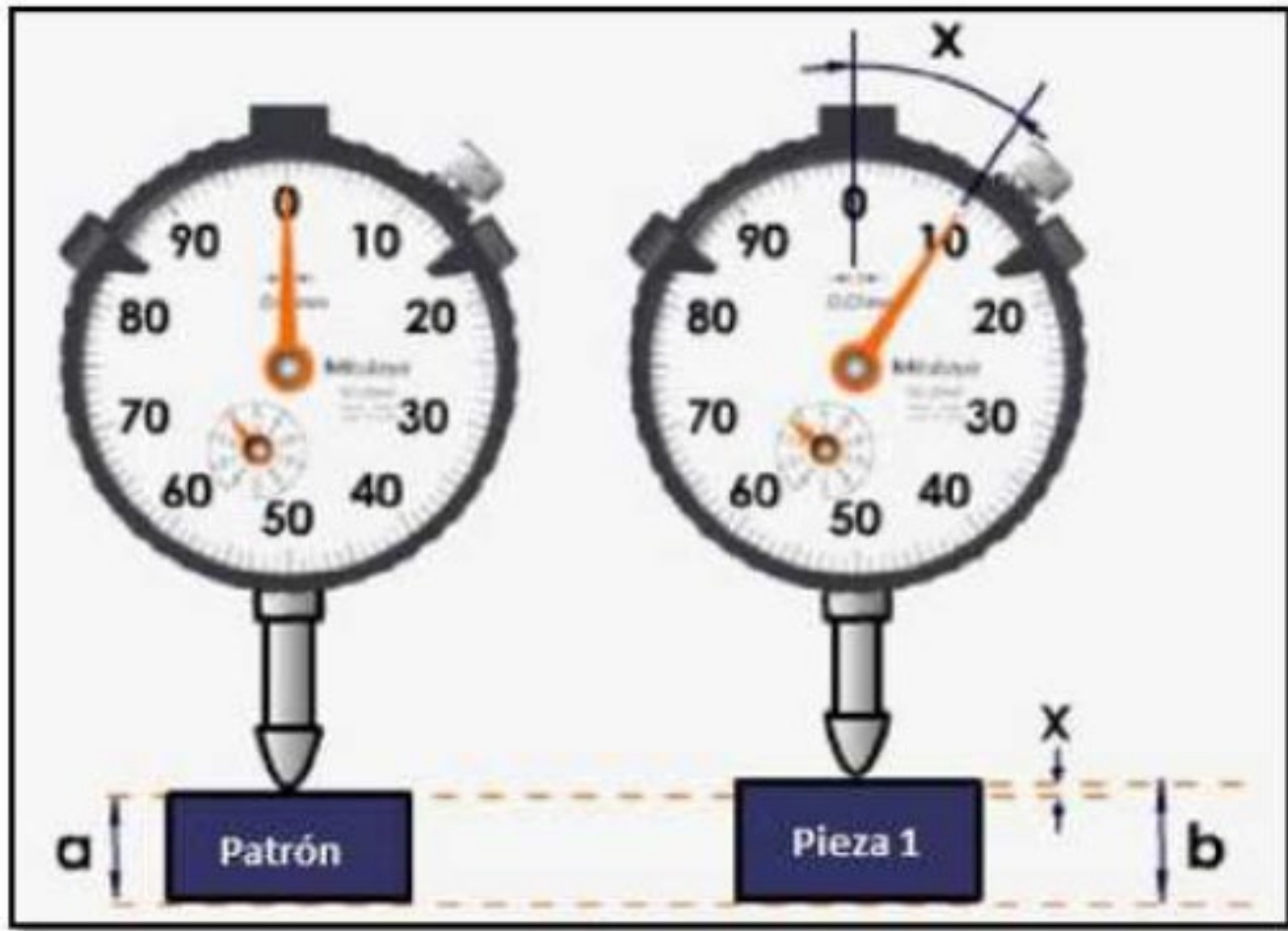
Tipos de Relojes Comparadores

Con palpador orientable



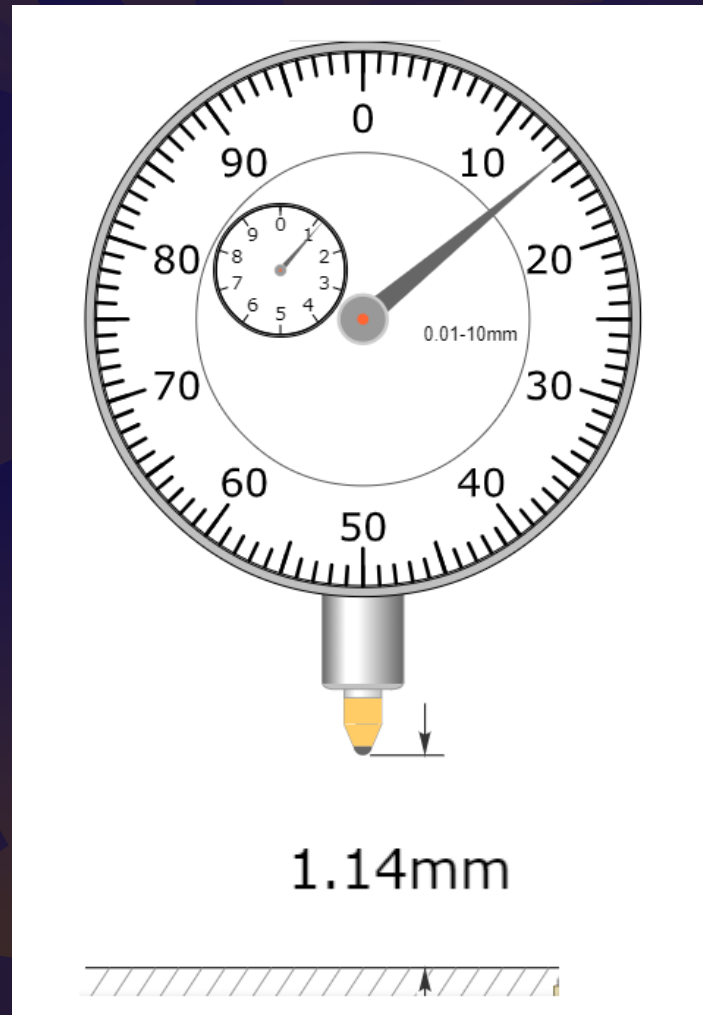
Reloj Comparador

Ejemplos de lectura



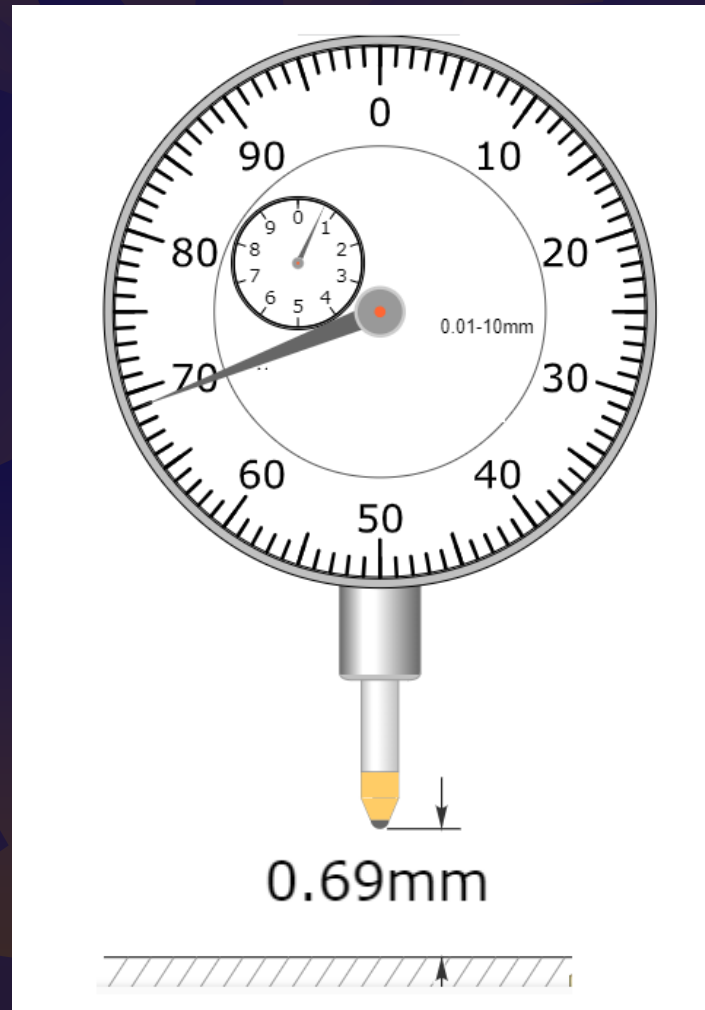
Reloj Comparador

Ejemplos de lectura



Reloj Comparador

Ejemplos de lectura



Alesómetro

- ✱ Usos
- ✱ Partes del Alesómetro
- ✱ Apreciación
- ✱ Tipos de Alesómetro
- ✱ Controles
- ✱ Precauciones y cuidados
- ✱ Ejercicios de Practica

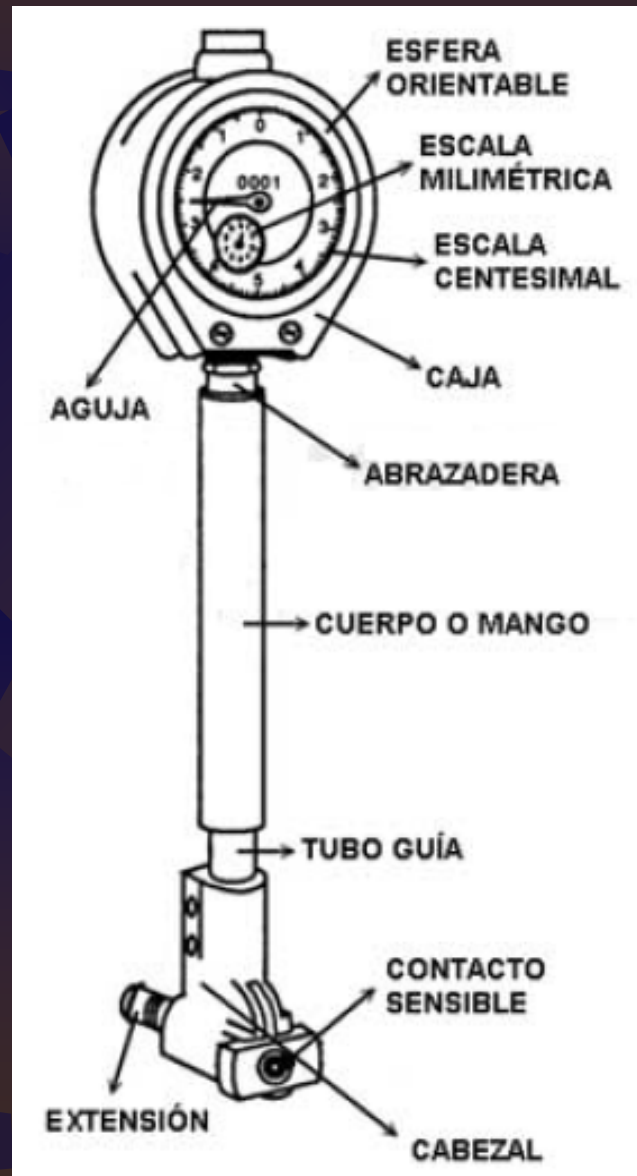
Alesómetro

Características:

- ☀ Permite la medición del diámetro interior con una gran exactitud.
- ☀ Permite la medir ovalización y conicidad
- ☀ Mayor recorrido efectivo (en comparación con el producto convencional).
- ☀ Las puntas de contacto son de carburo esto asegura una alta durabilidad y resistencia al desgaste.
- ☀ Se pueden unir barras de extensión opcional para medir agujeros profundos.



Alesómetro



Alesómetro



Alesómetro Digital



Errores en la medición

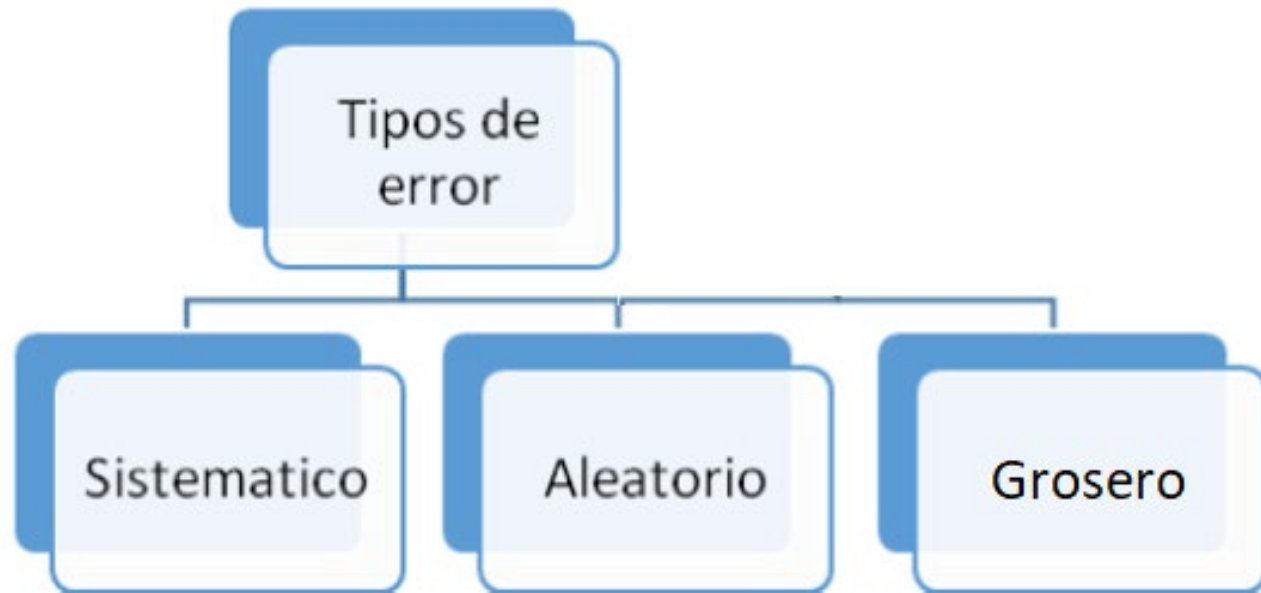
Al hacer mediciones, las lecturas que se obtienen nunca son exactamente iguales aun cuando las efectué la misma persona, sobre la misma pieza, con el mismo instrumento, el mismo método y en el mismo ambiente (repetibilidad).

Si las mediciones las hacen diferentes personas con distintos instrumentos o métodos o en ambientes diferentes, entonces las variaciones en las lecturas pueden ser mayores (reproducibilidad).

Esta variación puede ser relativamente grande o pequeña, pero siempre existirá.

Errores en la medición

✦ Clasificación de Errores



Errores en la medición

Clasificación de Errores

- ✱ Errores aleatorios, no son asignables a causas concretas, se pueden hacer más pequeños repitiendo el proceso de medición n veces para cada medida y tomando como resultado de la medición la media de los n resultados, puesto que así disminuye la variabilidad de los resultados.

Errores en la medición

Nº de Medición	Medición
X1	25,00
X2	25,00
X3	25,10
X4	25,00
X5	24,90
$\sum X_i/n$	25,00

Errores en la medición

Clasificación de Errores

- ✱ Errores Graseros, no son asignables a causas concretas.

Es causado por negligencia, descuido, impericia o cansancio del operador.

Es detectable y se elimina la medición correspondiente .

Errores en la medición

Nº de Medición	Medición
X1	25,00
X2	25,00
X3	25,10
X4	25,00
X5	27,00
X6	24,90
$\Sigma X_i/n$	25,00

Errores en la medición

Clasificación de Errores

- ✱ Errores sistemáticos se deben a causas identificadas. Su corrección exigirá un gran conocimiento del proceso de medición.

Ej. Error debido a la distinta dilatación térmica que experimentan el objeto y el instrumento al no estar a 20°C y ser de diferentes materiales. Su corrección exigiría conocer la temperatura ambiente y aplicar las leyes de la dilatación a ambos cuerpos.

Errores en la medición

Clasificación de Errores en Cuanto a su Origen:

- ✱ Errores causados por el instrumento de medición.
- ✱ Errores causados por el operador.
- ✱ Errores causados por el método de medición.
- ✱ Errores causados por el medio ambiente en que se hace la medición.

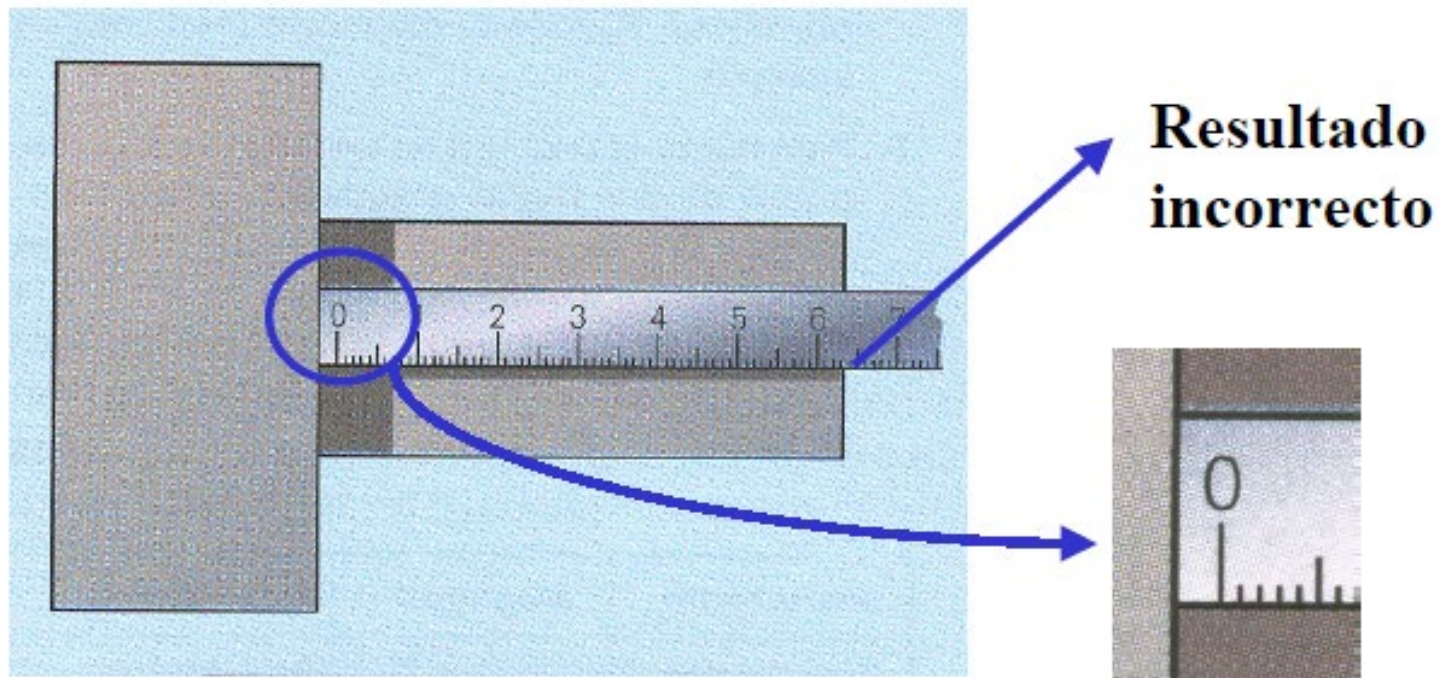
Errores en la medición

- ✱ Errores por el instrumento o equipo de medición
Las causas de errores atribuidas al instrumento, pueden deberse a defectos de fabricación. Estos pueden ser deformaciones, falta de linealidad, imperfecciones mecánicas, falta de paralelismo, etc.

El error instrumental tiene valores máximos permisibles, establecidos en normas o información técnica de fabricación de instrumentos, y puede determinarse mediante calibración.

Errores en la medición

(debido al método de medida)



- En el ejemplo se ha definido de forma incorrecta el procedimiento de medición

Errores en la medición

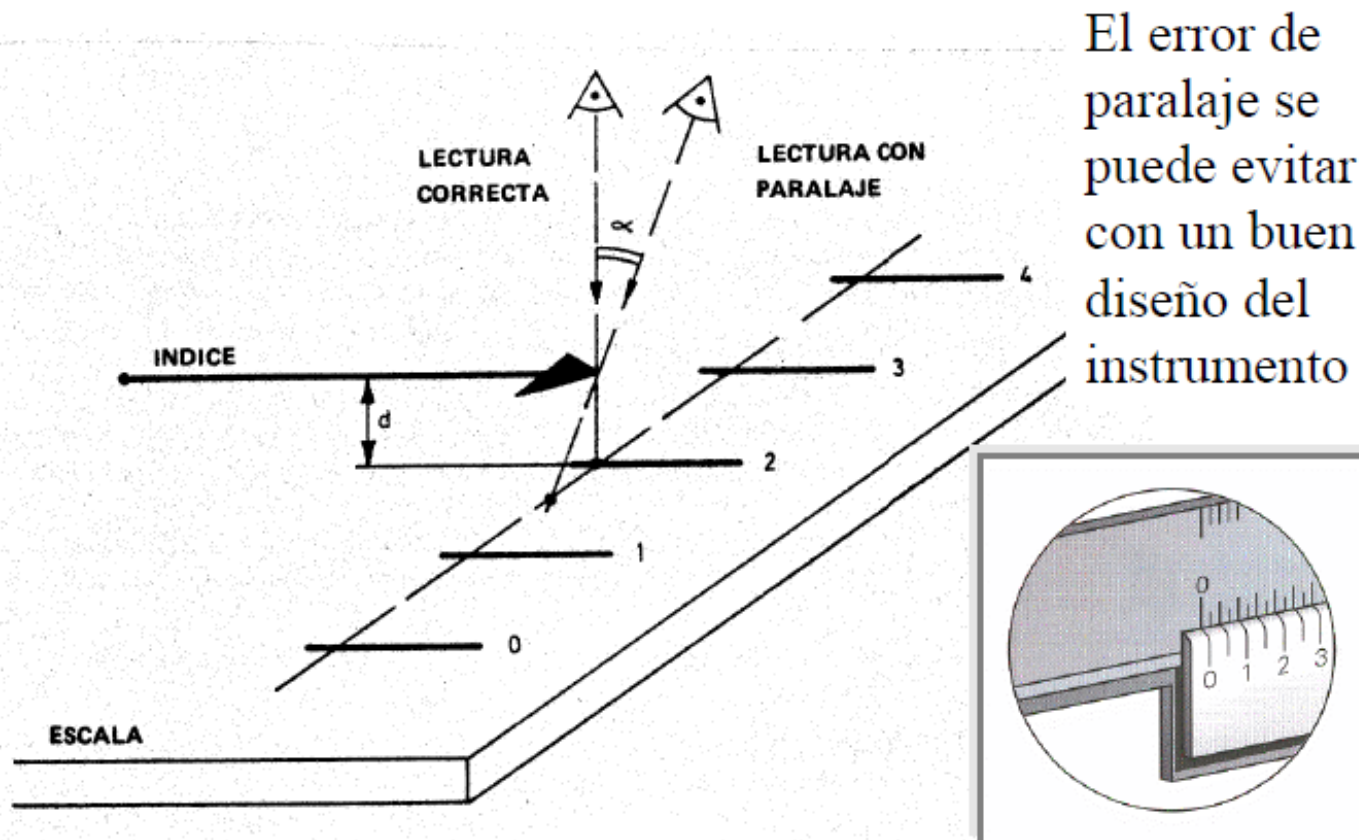
- Errores del Operador o por el Método de medición

Muchas de las causas del error aleatorio se deben al operador (falta de agudez visual, descuido, cansancio, alteraciones emocionales, etc.)

Otro tipo de error es debido al método o procedimiento con que se efectúa la medición, muchas veces es por la falta de un método definido y documentado.

Errores en la medición

Causas de errores: Error de paralaje (debido al operario)



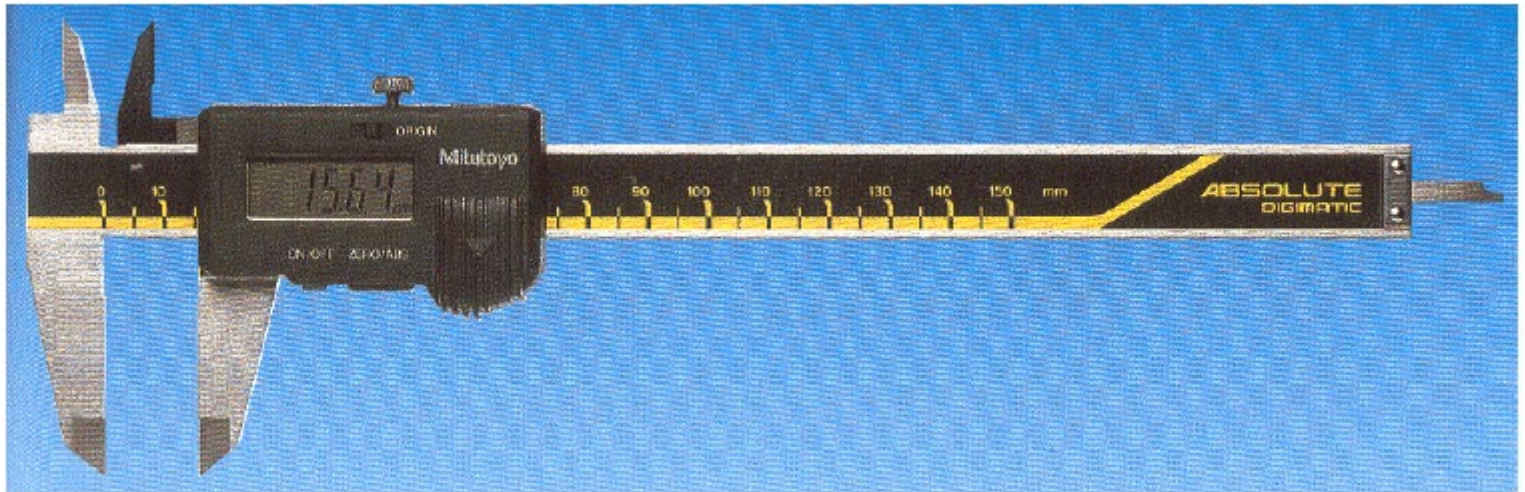
Errores en la medición

Los siguientes errores deben de ser conocidos y controlados por los operadores:

- **Error por el uso de instrumentos no calibrados.**

Instrumentos no calibrados o cuya fecha de calibración esta vencida, así como instrumentos sospechosos de presentar alguna anomalía en su funcionamiento no deben utilizarse para la medición hasta que no sean calibrados y autorizados para su uso.

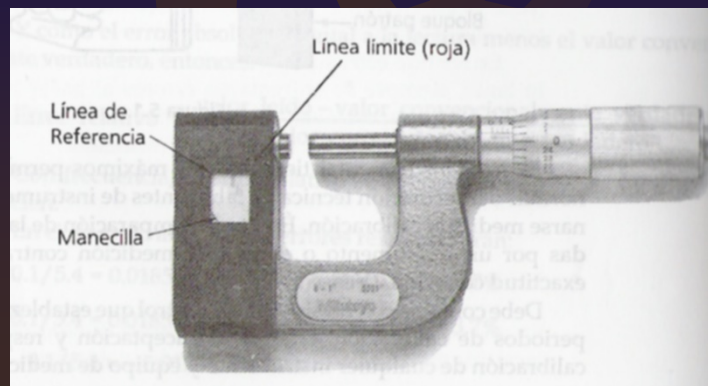
Errores en la medición



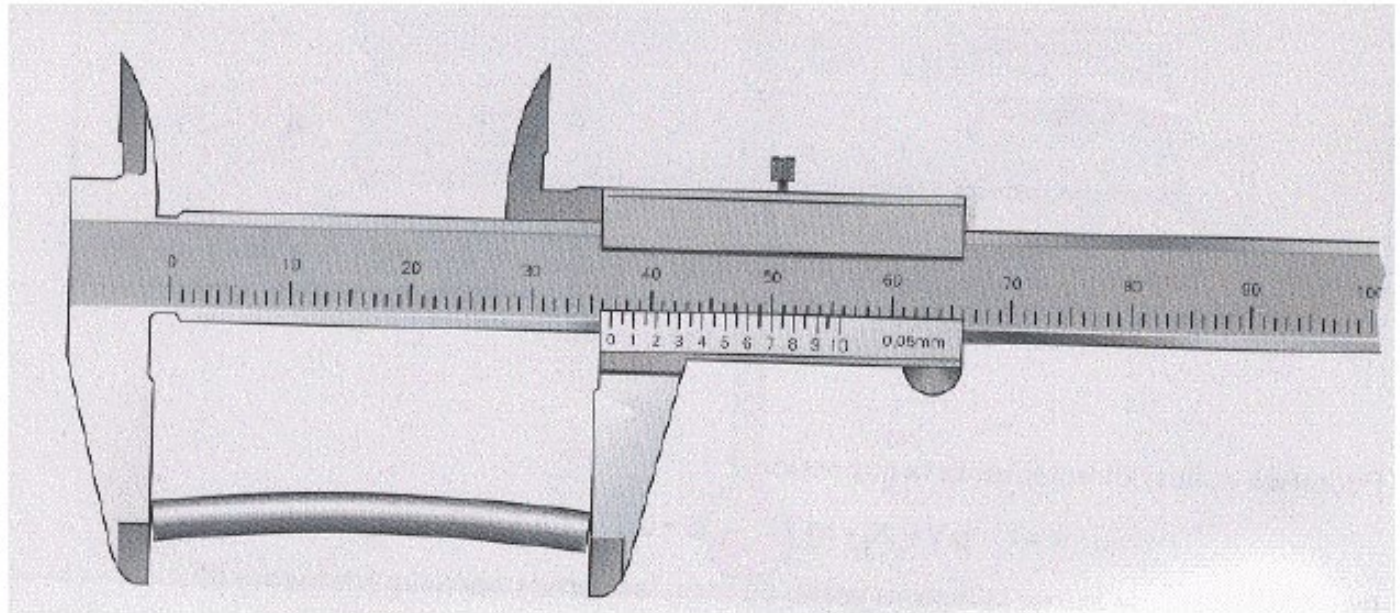
Errores en la medición

- Error por la Fuerza al efectuar mediciones

La fuerza ejercida al efectuar mediciones puede provocar deformaciones en la pieza por medir, el instrumento o ambos, por lo tanto es un factor importante que debe considerarse para elegir adecuadamente el instrumento de medición para cualquier aplicación particular.

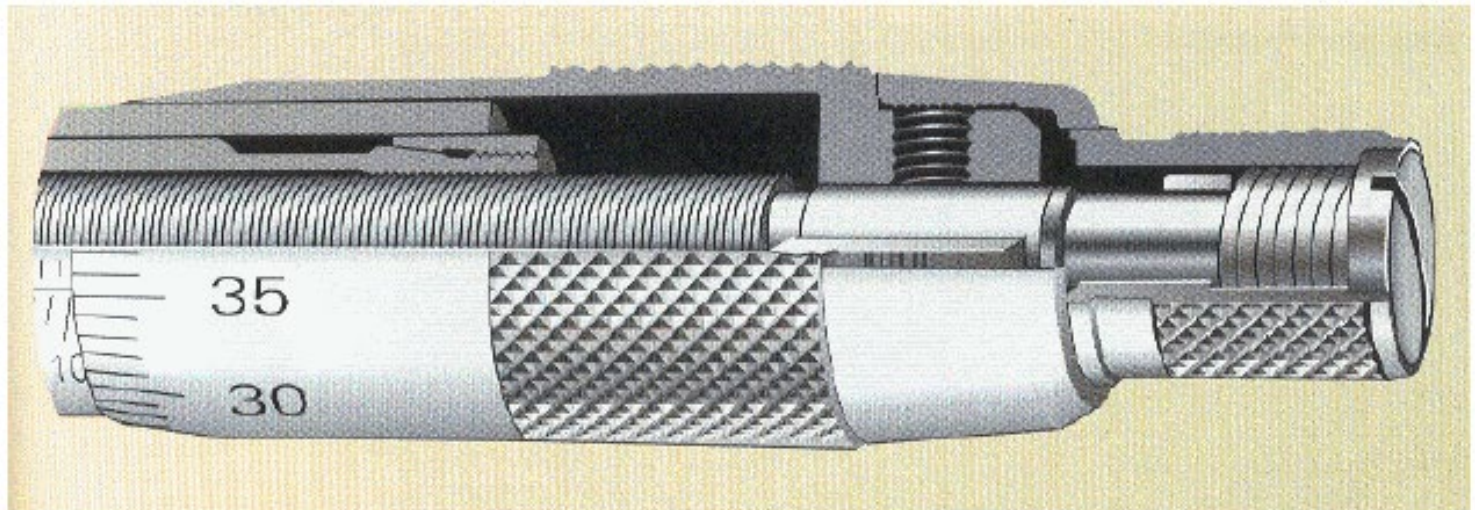


Errores en la medición



- Una excesiva presión de los topes de contacto del instrumento sobre las superficies de la pieza produce errores por deformación elástica

Errores en la medición



- Los micrómetros incorporan un limitador de presión que permite ejercer la presión adecuada con facilidad y de modo uniforme

Errores en la medición

✶ Error por Instrumento Inadecuado

Para cualquier medición es necesario determinar cual es el instrumento o equipo de medición más adecuado para la aplicación de que se trate.

Además de la fuerza de medición, se deben tener en cuenta otros factores como:

1. Cantidad de piezas a medir;
2. Tipo de medición (externa, interna, altura, etc);
3. Tamaño de la pieza y exactitud deseada.

Errores en la medición

Se recomienda que la razón de tolerancia de una pieza de trabajo tenga la resolución, legibilidad o valor de mínima división de un instrumento sea de 10 a 1 para un caso ideal y de 5 a 1 en el peor de los casos.

Si no es así la tolerancia se combina con el error de medición y por lo tanto un elemento bueno puede diagnosticarse como defectuoso y viceversa.

Errores en la medición

Para minimizar errores se estableció internacionalmente, desde 1932, como norma una temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para efectuar mediciones. También es de buena practica dejar durante un tiempo que se estabilice la temperatura tanto en la pieza a medir como la del propio instrumento.

El tiempo de estabilización depende de la diferencia de temperatura del lugar en que estaba la pieza y la sala de medición, así como la del material y tamaño de la pieza.

Vernier o Calibre



- La pieza a medir debe estar en reposo y a una temperatura de referencia de 20°C , a la cual se suponen acotados los planos

Errores en la medición

En general, cuando aumenta la temperatura crecen las dimensiones de las piezas y cuando disminuye la temperatura las dimensiones de las piezas se reducen. Estas variaciones pueden determinarse utilizando la siguiente expresión.

$$L_f = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

Donde: L_f = longitud final

α = Coeficiente de expansión térmica del material

L_0 = Longitud original de la pieza

ΔT = Variación de temperatura.

Errores en la medición

Medición y Registros

Cuando se efectúan mediciones los valores obtenidos se registran. Estas deben de contener como mínimo lo siguiente:

Fecha , nombre del operador y del instrumento de medición, el tiempo de inicialización/finalización, las temperaturas antes y después de la medición, el lugar donde se efectuó esta y el estado del tiempo.

Registre los valores correctamente y no borre los datos una vez que los haya escrito. Si más tarde corrige datos, trace una línea y anote la palabra " corrección ".

Si se ha de dibujar una grafica, anote primero las lecturas y luego coloque los valores en las graficas.

Cuando se vaya a efectuar una medición de especial exactitud, anote todas las anomalías que ocurran. Hasta las condiciones emocionales del operador.

Teoría estadística de errores

- ✱ Valor más probable

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- ✱ Desviación de cada medición

$$\varepsilon = \bar{X} - X_i$$

- ✱ Cuadrática de la desviación

$$(\varepsilon_i)^2 = (\bar{X} - X_i)^2$$

Teoría estadística de errores

- ★ Varianza = promedio de las desviaciones cuadráticas

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}$$

- ★ Dispersión de cada medición

$$\sigma = \sqrt{v}$$
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}}$$

- ★ Resultado final

$$X_f = \bar{X} \pm \sigma$$

Trabajo Práctico N° 2 Mediciones

Medición		Desviación	X-Xi	Cuadrática	(X-Xi) ²
X1	22,22	ε_1	0	$(\varepsilon_1)^2$	0
X2	22,24	ε_2	- 0,02	$(\varepsilon_2)^2$	0,0004
X3	22,26	ε_3	- 0,04	$(\varepsilon_3)^2$	0,0016
X4	22,24	ε_4	- 0,02	$(\varepsilon_4)^2$	0,0004
X5	22,20	ε_5	0,02	$(\varepsilon_5)^2$	0,0004
X6	22,20	ε_6	0,02	$(\varepsilon_6)^2$	0,0004
X7	22,18	ε_7	0,04	$(\varepsilon_7)^2$	0,0016
X8	22,20	ε_8	0,02	$(\varepsilon_8)^2$	0,0004
X9	22,24	ε_9	- 0,02	$(\varepsilon_9)^2$	0,0004
X10	22,22	ε_{10}	0	$(\varepsilon_{10})^2$	0
$\sum X_i/n$	22,22	$\sum \varepsilon_i$	0	$\sum (\varepsilon_i)^2$	0,0056

Trabajo Práctico N° 2 Mediciones

$$\sigma = \sqrt{\sum(\varepsilon_i)^2/n} = [(0,0004 \times 6) + (0,0016 \times 2)]/10$$

$$\sigma = 0,024 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 22,22 \text{ mm}$$

$$X_f = \bar{X} \pm \sigma$$

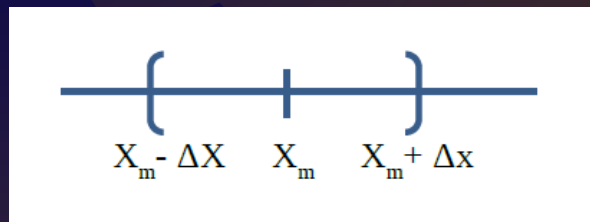
$$\underline{X_f = 22,22 \pm 0,024 \text{ mm}}$$

Errores en la medición

Resultados de la medición

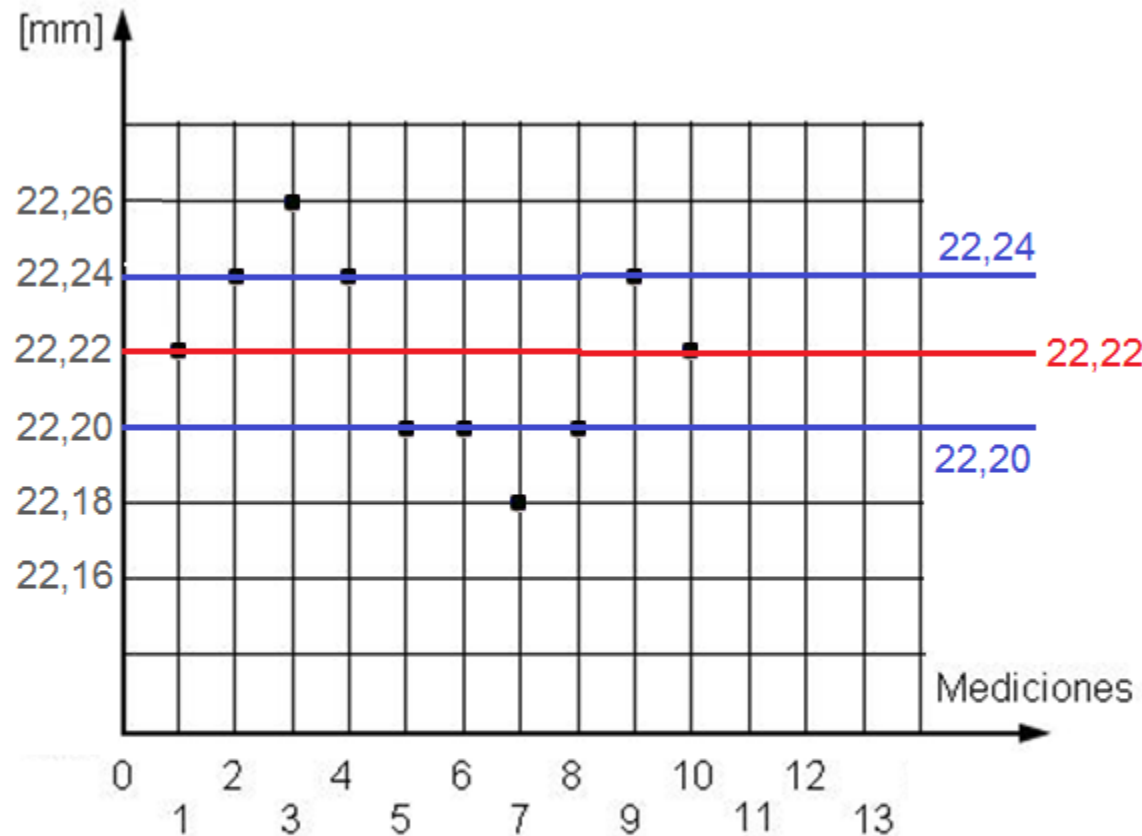
$$X = (X_m \pm \Delta X) [u]$$

Intervalo de Incerteza



En conclusión, las cantidades físicas no se pueden expresar como un número real; sino como un intervalo.

Trabajo Práctico N° 2 Mediciones



$$X_f = \bar{X} \pm \sigma = 22,22 \pm 0,02 \text{ mm}$$