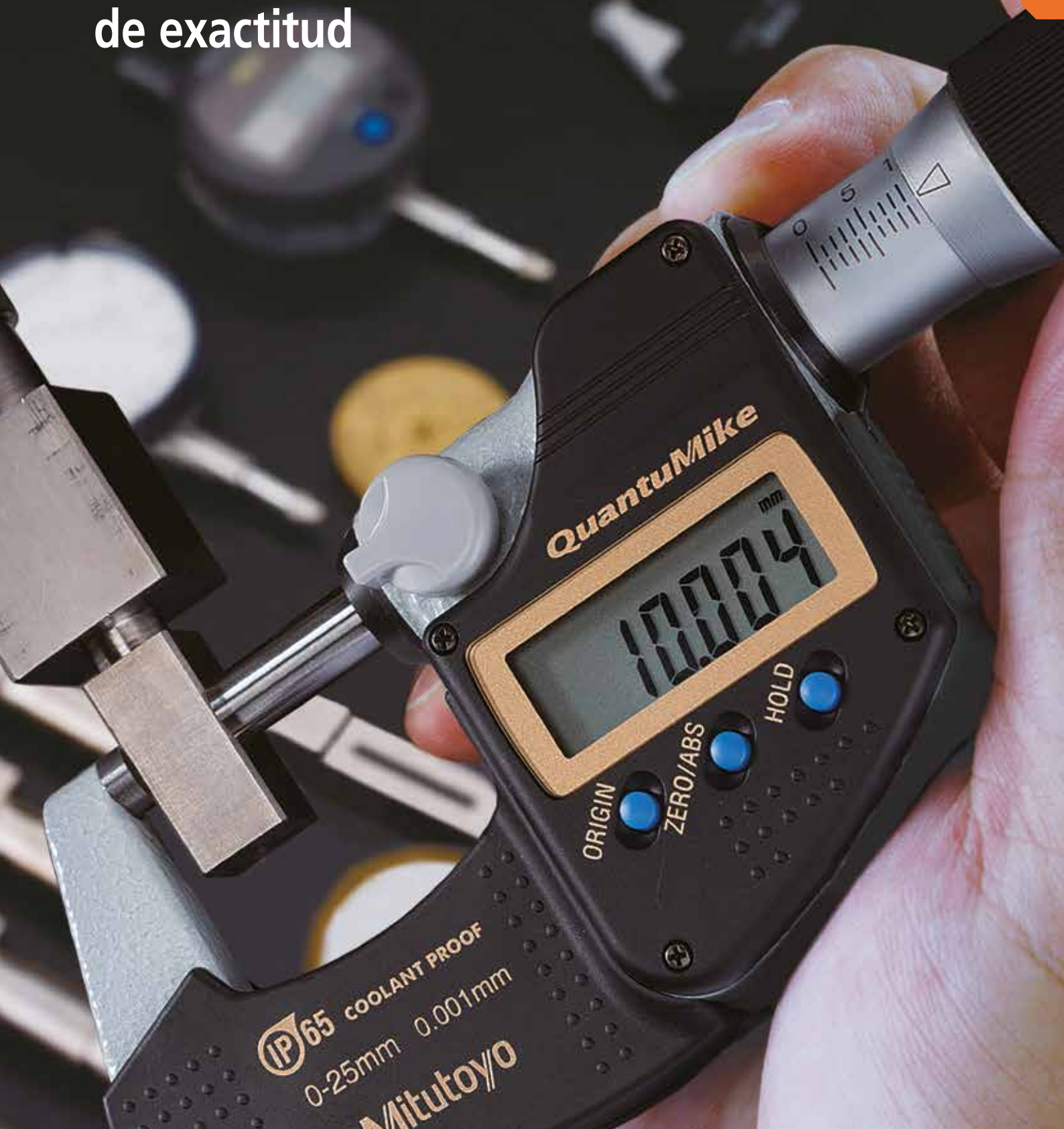


Mitutoyo

Guía rápida de instrumentos de medición de exactitud



Significado de los símbolos	02
Respuesta a la Normativa de Seguridad y Protección Ambiental	03
Control de calidad	04
Micrómetros	06
Cabezas de Micrométricas	12
Micrómetros para Interiores	16
Calibradores	18
Medidores de Altura	24
Medidores de profundidad	28
Bloques Patrón	29
Indicadores de carátula, Indicadores Digitales e Indicadores de carátula de tipo palanca	30
Linear Gages	35
Palpadores Electrónicos	39
Micrómetros Láser	40
Escalas Lineales	42
Proyectores de Perfiles	44
Microscopios	45
Máquinas de Medición por Visión	47
Medidor de Rugosidad Superficial (Surftest)	50
Equipos de Medición de Contorno (Contracer)	56
Equipos de Medición de Redondez (Roundtest)	58
Máquinas para ensayo de Dureza	62
Máquinas de Medición por Coordenadas	64

Significado de los Símbolos

PG
02

ABSOLUTE™

ABSOLUTE es marca registrada de Mitutoyo Corporation.

Codificador Lineal ABSOLUTE

Es una escala de medición electrónica que proporciona una lectura directa de la posición lineal absoluta cuando se enciende, sin necesidad de ser puesta a cero o reiniciada. Los instrumentos de medición de Mitutoyo que incorporan estas escalas brindan la importante ventaja de estar siempre listas para la medición sin necesidad de ajustes preliminares después de encenderlos. Existen tres tipos de codificadores lineales absolutos dependiendo de si el método utilizado es electrostático, electromagnético u óptico. Se utilizan ampliamente en diversos instrumentos de medición como sistemas de medición dotados de una mayor fiabilidad de los valores medidos.

Ventajas:

1. Sin error de conteo aún si el cursor o el husillo se mueven extremadamente rápido.
2. No es necesario restablecer el sistema a cero al encender el sistema después de apagarlo*1.
3. Como este tipo de codificador puede funcionar con menos energía que el codificador incremental, la vida útil de la batería se prolonga hasta unos 5 años (funcionamiento continuo de 18 000 horas)*2 en condiciones normales de uso.

*1: A menos que se extraiga la batería.

*2: En el caso del calibrador Digimatic ABSOLUTE (modelo de capacitancia electrostática).

Códigos IP

Estos son códigos que indican el grado de protección provisto para la función eléctrica de un producto contra la entrada de cuerpos extraños, polvo y agua como se define en las normas IEC (IEC 60529: 2001) y JIS C 0920: 2003. [IEC: Comisión Electrotécnica Internacional]

IP (IP: Protección Internacional)

Primer número característico	Grado de protección contra objetos sólidos extraños	
	Breve descripción	Definición
0	Desprotegido	—
1	Protegido contra cuerpos extraños sólidos de ≥ 50 mm y mayor	Un objeto de ≥ 50 mm no debe penetrar completamente la cubierta*
2	Protegido contra cuerpos extraños sólidos de ≥ 12.5 mm y mayores	Un objeto de ≥ 12.5 mm no debe penetrar completamente la cubierta*
3	Protegido contra cuerpos extraños sólidos de ≥ 2.5 mm y mayores	Un objeto de ≥ 2.5 mm no debe penetrar completamente la cubierta*
4	Protegido contra cuerpos extraños sólidos de ≥ 1.0 mm y mayores	Un objeto de ≥ 1.0 mm no debe penetrar completamente la cubierta*
5	Protegido contra el polvo	No se evita totalmente la entrada de polvo, pero el polvo que penetra no debe interferir con el funcionamiento satisfactorio del aparato ni afectar la seguridad.
6	A prueba de polvo	No se permite la entrada de polvo.

*: Para obtener detalles sobre las condiciones de prueba utilizadas para evaluar cada grado de protección, consulte la norma original.

Segundo número característico	Grado de protección contra agua	
	Breve descripción	Definición
0	Desprotegido	—
1	Protegido contra el goteo vertical de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos dañinos.
2	Protegido contra gotas de agua verticales dentro de un ángulo de inclinación de 15°	Las gotas de agua que caen verticalmente no deben tener efectos nocivos cuando la cubierta está inclinada en cualquier ángulo hasta 15° a cada lado de la vertical.
3	Protegido contra el rocío de agua	El agua rociada en un ángulo de hasta 60° a ambos lados de la vertical no tendrá efectos nocivos.
4	Protegido contra la salpicadura de agua	El agua salpicada contra la cubierta desde cualquier dirección no deberá tener efectos nocivos.
5	Protegido contra chorros de agua	El agua proyectada en chorros contra la cubierta desde cualquier dirección no deberá tener efectos nocivos.
6	Protegido contra chorros potentes de agua	El agua proyectada en chorros potentes contra la cubierta desde cualquier dirección no deberá tener efectos nocivos.
7	Protegido contra la penetración de agua	No será posible la entrada de agua en cantidades que causen efectos nocivos cuando la cubierta se sumerja temporalmente en agua en condiciones normalizadas de presión y tiempo.
8	Protegido contra los efectos de inmersión continua en agua	No será posible la entrada de agua en cantidades que causen efectos nocivos cuando la cubierta se sumerja continuamente en agua en condiciones que se acuerden entre el fabricante y el usuario, pero que sean más severas que para IPX7.



Acerca de la marca de certificación TÜV Rheinland

Todos los productos con la marca que se muestra a la izquierda han pasado la prueba de IP realizada por la organización de certificación alemana, TÜV Rheinland.

CONVENIOS UTILIZADOS EN ESTE FOLLETO

Los siguientes símbolos se utilizan en este folleto para ayudar al usuario a obtener datos de medición confiables a través de la operación correcta del instrumento.



correcto



incorrecto

Respuesta a la Regulación de Seguridad y Protección Ambiental

Conformidad con el marcado CE

Para mejorar la seguridad, cada planta cuenta con programas para cumplir con la Directiva de Maquinaria, la Directiva EMC y la Directiva de Baja Tensión. También se cumple el marcado CE. CE significa "Conformité Européenne". El marcado CE indica que un producto cumple con los requisitos esenciales de la legislación europea pertinente en materia de salud, seguridad y protección del medio ambiente.



Evaluación de conformidad para marcado CE (Directivas) EMC)

Principales directivas de la UE relacionadas con los productos de Mitutoyo

Nombre de la directiva de la UE	Intervalo aplicable
Directiva de maquinaria	Al menos una parte de una máquina que puede causar lesiones al cuerpo humano si se mueve debido al movimiento de un actuador, como un motor.
Directiva EMC (Directiva de compatibilidad electromagnética)	Un producto que puede producir radiación electromagnética o que está influenciado por la radiación electromagnética del exterior.
Directiva de bajo voltaje	Equipo (dispositivo) que utiliza voltaje AC de 50 a 1 000 V o voltaje DC de 75 a 1 500 V.
Directiva de equipos de radio	Todo equipo eléctrico y electrónico que intencionalmente transmite y recibe ondas de radio en frecuencias por debajo de 3 000 GHz.
Directiva RoHS	Restricción del uso de ciertas sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos. Nuestros productos se clasifican en Cat.9 "Instrumentos de control y seguimiento, incluidos los instrumentos de control y seguimiento industrial".

Respuesta a la Directiva WEEE

La directiva WEEE*¹ es una directiva que exige la recolección y el reciclaje apropiados de los desechos de equipos eléctricos y electrónicos.

El objetivo de esta directiva es aumentar la reutilización y el reciclaje de estos productos, y busca el diseño de productos ecológicos.

Para diferenciar entre residuos de equipos y residuos domésticos, un símbolo de contenedor de basura tachado  está marcado en un producto.

Promoveremos el diseño ecológico de nuestros productos.

*1 Directiva WEEE: Directiva 2012/19/EU del Parlamento Europeo y del Consejo sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Respuesta al Reglamento REACH

El Reglamento REACH*² es un reglamento que rige el registro, la evaluación, la autorización y la restricción de sustancias químicas en Europa, y todos los productos, como las sustancias, las mezclas y los productos moldeados (incluidos los accesorios y los materiales de embalaje), están regulados.

Las sustancias químicas científicamente probadas como sustancias peligrosas para la salud humana y el medio ambiente mundial (Lista de sustancias candidatas extremadamente preocupantes para autorización (CLS)) tienen prohibida la venta o la divulgación de información sobre ellas es obligatoria en Europa.

Divulgaremos activamente información sobre nuestros productos y proporcionaremos reemplazo si encontramos que nuestros productos contienen alguna de las sustancias enumeradas.

*2 Reglamento REACH: Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al registro, evaluación, autorización y restricción de productos químicos

Respuesta a los métodos de gestión para el uso restringido de sustancias peligrosas en productos eléctricos y electrónicos (China RoHS 2)

Establecemos el período de uso de protección ambiental regulado por China RoHS 2 por producto y etiqueta con las marcas que se muestran a la derecha, junto con una lista de las sustancias contenidas.



Marca "Período de uso de protección ambiental" *³

*3 El período de uso de protección ambiental no indica el período de garantía del producto.

Control de Calidad

Control de Calidad (QC)

Un sistema para producir económicamente productos o servicios de una calidad que satisfaga los requisitos del cliente.

Control de calidad del proceso

Actividades para reducir la variación en la salida del producto por un proceso y mantener esta variación baja. A través de estas actividades se promueve la mejora y estandarización de procesos, así como la acumulación de tecnología.

Control estadístico de procesos (SPC)

Control de calidad de procesos a través de métodos estadísticos.

Población

Un grupo de todos los artículos que tienen características a considerar para mejorar y controlar los procesos y la calidad del producto. Un grupo que se trata en base a muestras suele ser la población representada por las muestras.

Lote

Colección de producto elaborado en las mismas condiciones.

Muestra

Un elemento de producto (o elementos) tomado de la población para investigar sus características.

Tamaño de la muestra

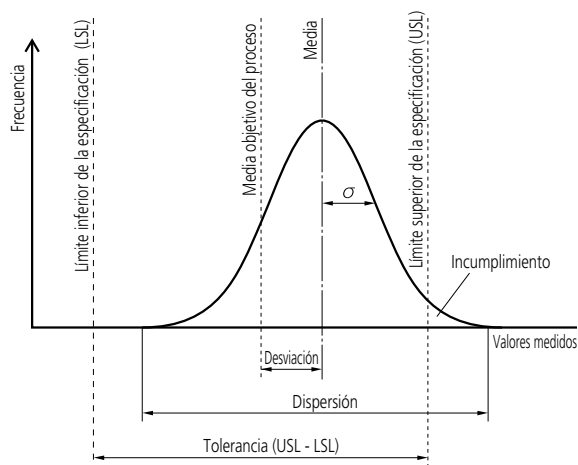
Número de elementos del producto en la muestra.

Sesgo

Valor calculado restando el valor de referencia de la media de los valores de medición cuando se realizan múltiples mediciones.

Dispersión

Variación de los valores objetivo de una característica en relación con el valor medio. La desviación estándar generalmente se usa para representar la dispersión de valores alrededor de la media.



Histograma

Un diagrama que divide el intervalo entre los valores de medición máximos y mínimos en varias divisiones y muestra el número de valores (frecuencia de aparición) en cada división en forma de gráfico de barras. Esto facilita la comprensión del promedio aproximado o el grado aproximado de dispersión. Una distribución simétrica en forma de campana se denomina distribución normal y se usa mucho en ejemplos teóricos debido a sus características fácilmente calculables. Sin embargo, se debe tener precaución porque muchos procesos reales no se ajustan a la distribución normal y se producirá un error si se supone que lo hacen.

Capacidad del proceso

El rendimiento específico del proceso se demuestra cuando el proceso está suficientemente estabilizado, se elimina cualquier causa de mal funcionamiento y el proceso está en un estado de control estadístico.

La capacidad del proceso está representada por la media $\pm 3\sigma$ o 6σ cuando la salida característica de calidad del proceso muestra una distribución normal.

σ (sigma) indica desviación estándar.

Índice de capacidad del proceso (PCI o Cp)

El valor del índice se calcula dividiendo la tolerancia de una característica objetivo por la capacidad del proceso (6σ). El valor calculado dividiendo la diferencia entre la media ($\bar{X}$) y el valor estándar entre 3σ puede utilizarse para representar este índice en los casos de tolerancia unilateral. El índice de capacidad del proceso asume que una característica sigue la distribución normal.

Nota: Si una característica sigue la distribución normal, el 99.74 % e los datos está dentro del intervalo $\pm 3\sigma$ de la media.

Tolerancia bilateral

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

USL: Límite superior de la especificación
LSL: Límite inferior de la especificación

Tolerancia unilateral ... Si se estipula solamente el límite superior

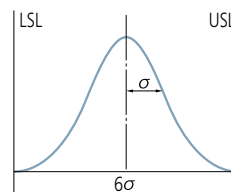
$$C_p = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$$

Tolerancia unilateral ... Si se estipula solamente el límite inferior

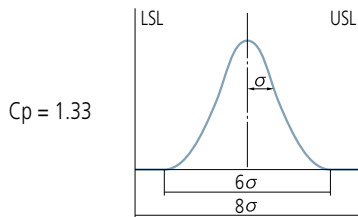
$$C_p = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$$

Ejemplos específicos de un índice de capacidad de proceso (Cp) (tolerancia bilateral)

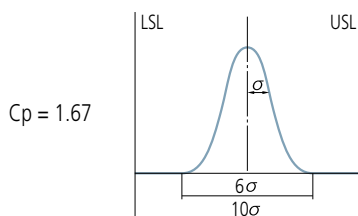
$C_p = 1$



La capacidad del proceso apenas se logra ya que los límites del proceso 6 sigma coinciden con los límites de tolerancia



La capacidad del proceso es el valor mínimo que se puede aceptar generalmente ya que no es más próximo que 1 sigma a los límites de la tolerancia.



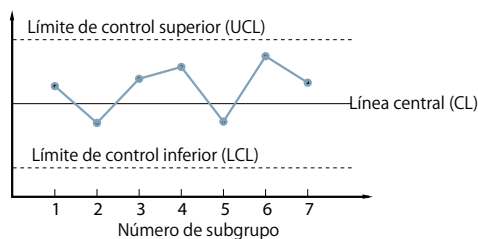
La capacidad del proceso es suficiente ya que no es más próximo que 2 sigma a los límites de la tolerancia.

Tenga en cuenta que C_p solo representa la relación entre los límites de tolerancia y la dispersión del proceso y no considera la posición de la media del proceso.

Nota: Un índice de capacidad del proceso que tiene en cuenta la diferencia entre la media del proceso y la media objetivo del proceso generalmente se denomina C_{pk} , que es la tolerancia superior (USL menos la media) dividida por 3σ (la mitad de la capacidad del proceso) o la tolerancia inferior (el valor medio menos LSL) dividido por 3σ , el que sea menor.

Gráfica de control

Utilizada para controlar el proceso separando la variación del proceso de las causas de variabilidad aleatorias y de un fallo en el funcionamiento. La gráfica de control consiste en una línea central (CL) y las líneas límites de control determinadas racionalmente por encima y debajo de ella (UCL y LCL). Se puede decir que el proceso está en un estado de control estadístico si todos los puntos están dentro de las líneas límites de control superior e inferior sin tendencias notables cuando se trazan los valores de la característica que representan la salida del proceso. El gráfico de control es una herramienta útil para controlar la salida de proceso y por lo tanto, la calidad.



Causas de variabilidad aleatorias

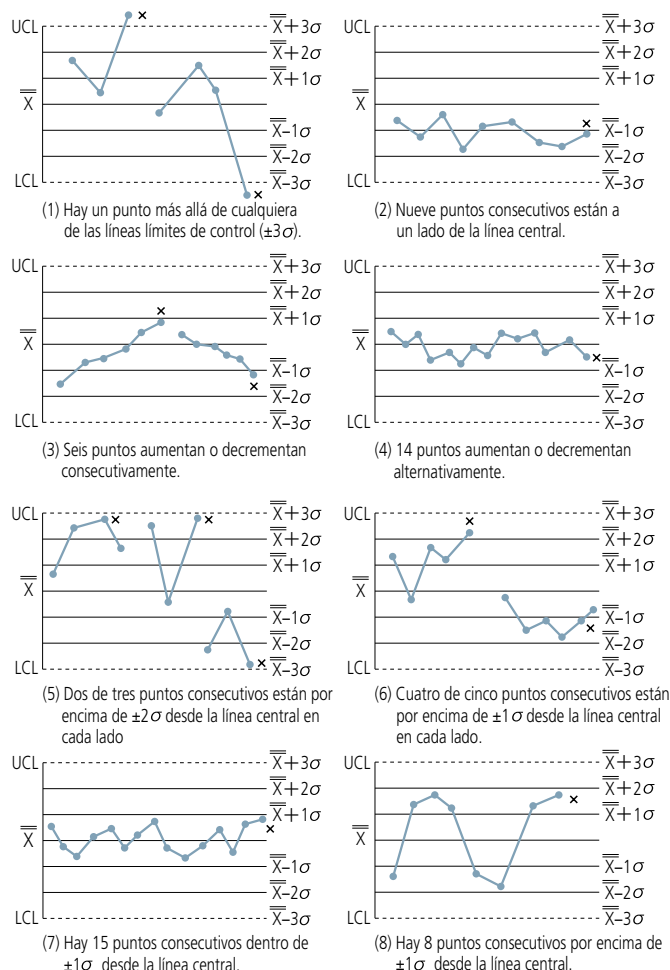
Estas causas de variación tienen una importancia relativamente baja. Las causas fortuitas son tecnológica o económicamente imposibles de eliminar incluso si pueden identificarse.

Gráfica de control $\bar{X}$ -R

Un gráfico de control utilizado para el control de procesos que proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso. La gráfica de control $\bar{X}$ -R consiste en la gráfica de control $\bar{X}$ que usa la media de cada subgrupo para el control para monitorear el sesgo anormal de la media del proceso y la gráfica de control R que usa el intervalo del control para monitorear la variación anormal. Por lo general, ambos gráficos se usan juntos.

Cómo leer el gráfico de control

Las tendencias típicas de posición de puntos sucesivos en el gráfico de control que se consideran indeseables se muestran debajo. Estas tendencias se toman para indicar que una "causa especial" está afectando a la salida del proceso y que se requiere la acción del operador del proceso para solucionar la situación. Estas reglas de determinación proporcionan sólo una directriz. Tenga en consideración la variación específica del proceso cuando se hagan las reglas de determinación. Asumiendo que los límites de control superior e inferior están 3σ lejos de la línea central, divida el gráfico de control en seis zonas a intervalos de 1σ para aplicar las siguientes reglas: Estas reglas son aplicables al gráfico de control $\bar{X}$ al gráfico de control R. Tenga en cuenta que estas "reglas de tendencia para acción" se formularon asumiendo una distribución normal. Las reglas se pueden formular para adaptar a cualquier otra distribución.



Nota: Esta parte de la "Guía rápida para instrumentos de medición de exactitud" (páginas 6 y 7) ha sido escrita por Mitutoyo en base a su propia interpretación del Manual de control de calidad JIS publicado por la Asociación Japonesa de Normas.

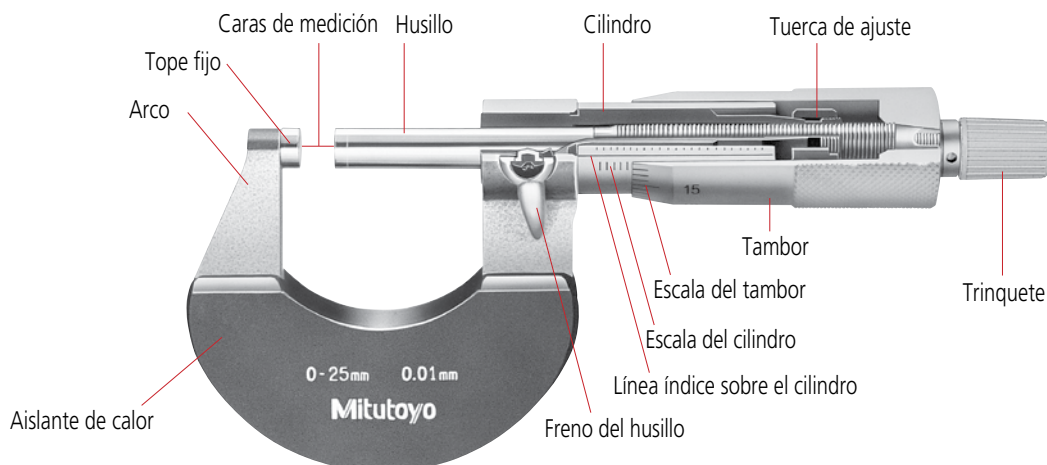
Referencias

- Manual de control de calidad JIS (Asociación Japonesa de Normas) Z 8101:1981 Z 8101-1:1999 Z 8101-2:1999 Z 9020:1999 Z 9021:1998

Micrómetros

Nomenclatura

Micrómetro Analógico Estándar para Exteriores

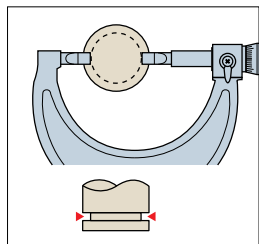


Micrómetro Digimatic de Exteriores



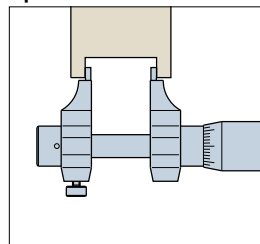
Aplicaciones de micrómetros de propósito especial

Micrómetro de cuchillas



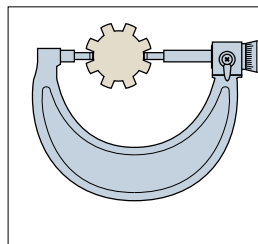
Para medición del diámetro interior en una ranura estrecha

Micrómetro de interiores tipo calibrador



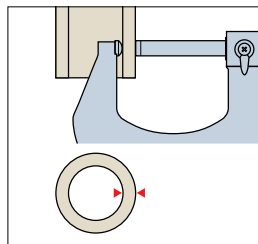
Para medición de diámetro interior pequeño y anchura de la ranura

Micrómetro para ranuras



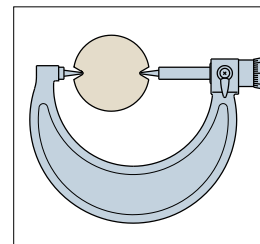
Para medición del diámetro de ejes nervados

Micrómetro para tubos



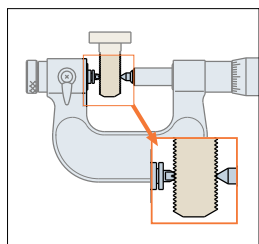
Para medición del espesor de paredes tubulares

Micrómetro de puntas



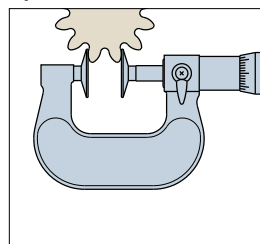
Para medición del diámetro de la raíz

Micrómetro para flanco de rosca de tornillos



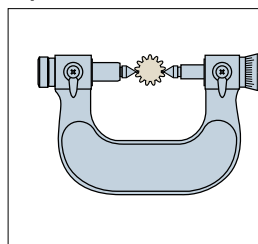
Para medir el diámetro de paso de la rosca

Micrómetro de exteriores tipo de disco



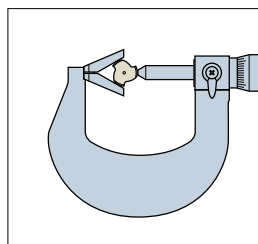
Para medición de la tangente de la raíz en engranes de dientes rectos y engranes de dientes helicoidales.

Micrómetro de bolas para espesor de dientes



Medición del diámetro sobre esferas del engrane

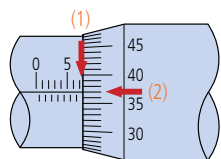
Micrómetro de tope en forma de V



Para medición de herramientas de corte de 3 ó 5 puntas de corte

Cómo Leer la Escala

Micrómetro con escala estándar (graduación: 0.01 mm)



(1) Lectura escala del cilindro 7. mm

(2) Lectura escala del tambor + 0.37 mm

Lectura del micrómetro 7.37 mm

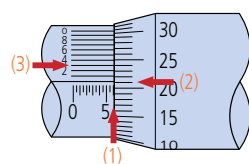
Nota: 0.37 mm (2) se lee en la posición donde la línea índice sobre el cilindro está alineada con las graduaciones del tambor.

La escala del tambor se puede leer directamente a 0.01mm, como se muestra arriba, pero se puede estimar también en 0.001mm cuando las líneas son casi coincidentes porque el espesor de las líneas es 1/5 del espacio entre ellas.



Micrómetro con escala vernier (graduación: 0.001 mm)

La escala vernier provista encima de la línea índice del cilindro permite que se hagan lecturas directas dentro de 0.001 mm.



(1) Lectura escala del cilindro 6. mm

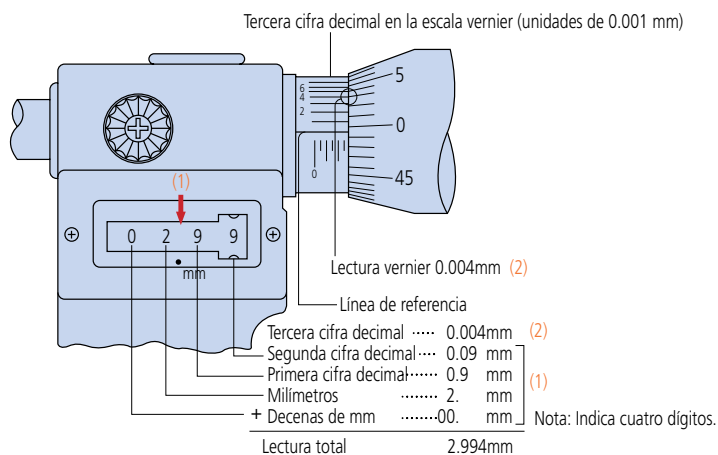
(2) Lectura escala del tambor 0.21 mm

(3) Lectura desde el marcado de la escala vernier y línea de graduación del tambor + 0.003 mm

Lectura del micrómetro 6.213 mm

Nota: 0.21 mm (2) se lee en la posición donde la línea índice está entre dos graduaciones (21 y 22 en este caso). 0.003 mm (3) se lee en la posición donde una de las graduaciones vernier se alinea con una de las graduaciones del tambor.

Micrómetro con pantalla de dígitos mecánicos (paso digital: 0.001 mm)

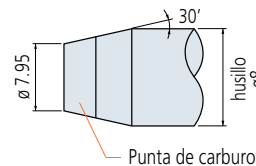
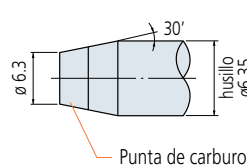


Nota: 0.004 mm (2) se lee en la posición donde una línea de graduación vernier corresponde con una de las líneas de graduación del tambor.

Dispositivo Limitador de Fuerza de Medición

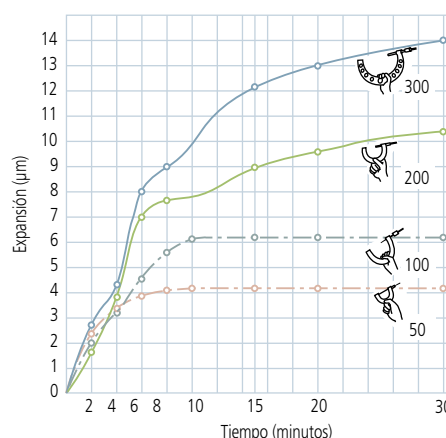
	Audible en operación	Operación con una mano	Observaciones
Tope de trinquete	Sí	No adecuado	La operación haciendo clic audible causa microscudidas
Tambor de fricción (Tipo F)	No	Adecuado	Operación suave sin sacudida ni sonido
Tambor con trinquete	Sí	Adecuado	La operación audible proporciona confirmación de fuerza de medición constante

Detalle de la Cara de Medición



Nota: Estos dibujos son solamente para ilustración y no son a escala

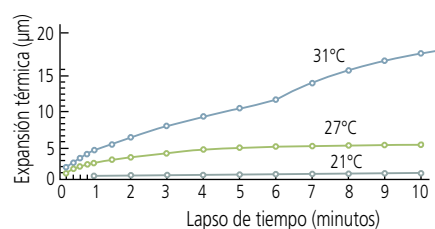
Expansión del micrómetro debido a la sujeción del marco directamente con la mano



La gráfica anterior muestra la expansión del marco del micrómetro debido a la transferencia de calor de la mano al arco cuando el marco se sostiene con la mano descubierta, lo que, como se puede ver, puede generar un error de medición significativo debido a la expansión inducida por la temperatura. Si el micrómetro debe sujetarse con la mano durante la medición, intente minimizar el tiempo de contacto. Un aislante térmico reducirá considerablemente este efecto si se coloca, o se pueden usar guantes. (Tenga en cuenta que la gráfica anterior muestra efectos típicos y no está garantizado).

Expansión de Longitud de Patrones por Cambio de Temperatura

(para barra de 200 mm. inicialmente a 20 °C)



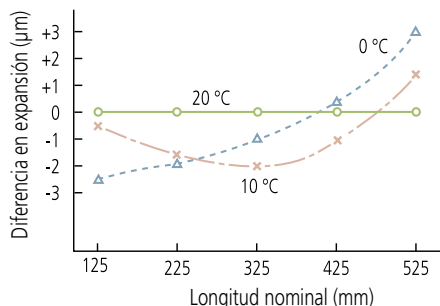
El gráfico experimental anterior muestra cómo un patrón de micrómetro en particular se expandió con el tiempo cuando personas cuyas manos tenían diferentes temperaturas (como se muestra) sostenían el extremo a una temperatura ambiente de 20 °C.

Este gráfico muestra que es importante no ajustar un micrómetro mientras sostiene directamente el patrón del micrómetro, sino hacer ajustes solo con guantes o sosteniendo ligeramente el patrón de longitud por sus aislantes térmicos.

Al realizar una medición, tenga en cuenta también que lleva tiempo hasta que el patrón micrométrico expandido vuelve a la longitud original. (Tenga en cuenta que los valores del gráfico no son valores garantizados sino valores experimentales).

Micrómetros

Diferencia en la Expansión Térmica entre el Micrómetro y el Patrón de Longitud



En el experimento anterior, después de dejar el micrómetro y su patrón a una temperatura ambiente de 20 °C durante unas 24 horas para estabilizar la temperatura, se ajustó el punto de inicio utilizando el patrón del micrómetro. Luego, el micrómetro con su patrón se dejó a las temperaturas de 0 °C y 10 °C durante aproximadamente el mismo período de tiempo, y se probó el cambio del punto de partida. La gráfica anterior muestra los resultados para cada uno de los tamaños de 125 a 525 mm a cada temperatura. Esta gráfica muestra que tanto el micrómetro como su patrón deben dejarse en el mismo lugar durante al menos varias horas antes de ajustar el punto de origen. (Tenga en cuenta que los valores de la gráfica no son valores garantizados sino valores experimentales).

Ley de Hooke

La ley de Hooke expone que la deformación en un material elástico es proporcional al esfuerzo que causa esa deformación, siempre que la deformación permanezca dentro del límite elástico para ese material.

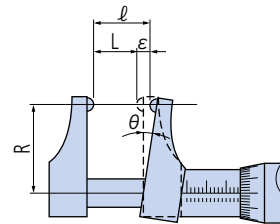
Efecto de cambiar el método de apoyo y la orientación (Unidad: μm)

Cambiar el método de soporte y/o la orientación de un micrómetro después del ajuste a cero afecta los resultados de las mediciones posteriores. Las siguientes tablas resaltan los errores de medición que se esperan en otros tres casos después de que los micrómetros se ajustan a cero en el caso "Soportado en la parte inferior y central". Estos resultados reales muestran que es mejor configurar y medir utilizando el mismo método de orientación y soporte.

Método de soporte	Soportado en la parte inferior y el centro	Soportado solamente en el centro
Disposición		
Longitud máxima de medición (mm)		
325	0	-5.5
425	0	-2.5
525	0	-5.5
625	0	-11.0
725	0	-9.5
825	0	-18.0
925	0	-22.5
1025	0	-26.0

Método de soporte	Soportado en el centro en una orientación lateral	Soportado a mano hacia abajo
Disposición		
Longitud máxima de medición (mm)		
325	+1.5	-4.5
425	+2.0	-10.5
525	-4.5	-10.0
625	0	-5.5
725	-9.5	-19.0
825	-5.0	-35.0
925	-14.0	-27.0
1025	-5.0	-40.0

Principio de Abbe

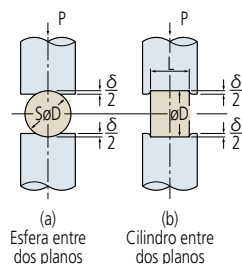


El principio de Abbe establece que "la máxima exactitud se obtiene cuando la escala y los ejes de medición son comunes".

Esto se debe a que cualquier variación en el ángulo relativo (θ) de la mordaza de medición móvil en un instrumento, como un micrómetro de puntas tipo calibrador, provoca un desplazamiento que no se mide en la escala del instrumento y esto es un error de Abbe ($\epsilon = l - L$ en el diagrama). El error en la rectitud del husillo, la holgura en la guía del husillo o la variación de la fuerza de medición pueden causar que (θ) varíe y el error aumenta con R.

Fórmula de Hertz

La fórmula de Hertz da la reducción aparente del diámetro de las esferas y cilindros debido a la compresión elástica cuando se mide entre superficies planas. Esta fórmula es útil para determinar la deformación de una pieza de trabajo causada por la fuerza de medición en situaciones de contacto puntual y lineal.



Assumiendo que el material es acero y las unidades son como sigue:

Módulo de elasticidad: $E = 205 \text{ GPa}$

Cantidad de deformación: $\delta \text{ (}\mu\text{m)}$

Diámetro de esfera o cilindro: $D \text{ (mm)}$

Longitud del cilindro: $L \text{ (mm)}$

Fuerza de medición: $P \text{ (N)}$

a) Reducción aparente del diámetro de la esfera

$$\delta_1 = 0.82 \sqrt[3]{P^2/D}$$

b) Reducción aparente del diámetro del cilindro

$$\delta_2 = 0.094 \cdot P/L \sqrt[3]{1/D}$$

Principales errores de medición del micrómetro para roscas

Causa del error	Máximo error posible	Precauciones para eliminar errores	Error que podría no eliminarse incluso con precauciones
Error de desplazamiento del micrómetro	3 μm	1. Corrija el micrómetro antes de usarlo.	±1 μm
Error de ángulo del tope fijo	±5 μm asumiendo que el error de un medio ángulo es de 15 minutos	1. Mida el error de ángulo y corrija el micrómetro. 2. Ajuste el micrómetro utilizando el mismo calibre de rosca que la pieza.	±3 μm error de medición esperado de medio ángulo
Puntos de contacto desalineados	+10 μm		+3 μm
Influencia de la fuerza de medición	±10 μm	1. Utilice un micrómetro con una fuerza de medición baja si es posible. 2. Utilice siempre el trinquete. 3. Ajuste el micrómetro usando un calibre de rosca con el mismo paso.	+3 μm
Error de ángulo del calibre de rosca	±10 μm	1. Realice el cálculo de corrección (ángulo). 2. Corrija el error de longitud. 3. Ajuste el micrómetro utilizando el mismo calibre de rosca que la pieza.	+3 μm
Error de longitud de la barra para rosca	$\pm \left(3 + \frac{1}{25} \right) \mu\text{m}$	1. Realice el cálculo de corrección. 2. Ajuste el micrómetro utilizando el mismo calibre de rosca que la pieza.	±1 μm
Error de ángulo de rosca de la pieza	Error de grado JIS 2 de medio ángulo ±229 minutos -91 μm +71 μm	1. Minimice el error de ángulo tanto como sea posible. 2. Mida el error de ángulo y realice el cálculo de corrección. 3. Use el método de tres hilos para un error de ángulo grande.	±8 μm asumiendo que el error de medio ángulo es de ±23 minutos
Error acumulativo	(±117+40) μm		+26 μm -12 μm

Medición del diámetro de paso del tornillo

Método de tres alambres

El diámetro del paso del tornillo se puede medir con el método de tres alambres tal como se muestra en la figura.

Calcule el diámetro del paso (E) con las ecuaciones (1) y (2).

Rosca métrica o tornillo unificado (60°)

$$E = M - 3d + 0.866025P \quad \dots\dots(1)$$

Rosca Whitworth (55°)

$$E = M - 3.16568d + 0.960491P \quad \dots\dots(2)$$

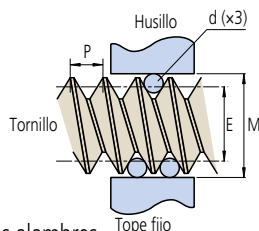
d = Diámetro del alambre

E = Diámetro del paso del tornillo

M = Lectura del micrómetro incluyendo tres alambres

P = Paso del tornillo

(Convertir pulgadas a milímetros para tornillos unificados.)



Tipo de rosca	Tamaño de alambre óptimo en D
Rosca métrica o tornillo unificado (60°)	0.577 P
Rosca Whitworth (55°)	0.564 P

Errores de medición importantes del método 3 alambres

Causa del error	Precauciones para eliminar los errores	Error posible	Error que pueda no ser eliminado incluso con precauciones
Error de paso (pieza de trabajo)	1. Corregir el error de paso ($\delta p = \delta E$) 2. Medir varios puntos y adoptar su media. 3. Reducir los errores de paso individuales.	$\pm 18 \mu\text{m}$ asumiendo que el error de paso es 0.02 mm.	$\pm 3 \mu\text{m}$
Error de semiángulo (pieza de trabajo)	1. Usar el diámetro de alambre óptimo. 2. No se necesita ninguna corrección.	$\pm 0.3 \mu\text{m}$	$\pm 0.3 \mu\text{m}$
Debido a la diferencia del tope	1. Usar el diámetro de alambre óptimo. 2. Usar el alambre que tenga un diámetro próximo a la media en un lado del alambre.	$\pm 8 \mu\text{m}$	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error del diámetro del alambre	1. Usar la fuerza de medición prefijada apropiada para el paso. 2. Usar la anchura predeterminada del borde de medición. 3. Usar una fuerza de medición estable.	$-3 \mu\text{m}$	$-1 \mu\text{m}$
Error sistemático		En el peor caso +20 μm -35 μm	Cuando se mide cuidadosamente +3 μm -5 μm

Método de un alambre

El diámetro de paso del machuelo de estrías impares se puede medir utilizando el micrómetro de tope en V con el método de un alambre. Obtener el valor medido (M_1) y calcular M con la ecuación (3) ó (4).

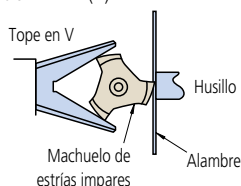
M_1 = Lectura del micrómetro durante la medición de un alambre

D = Diámetro del machuelo de estrías impares

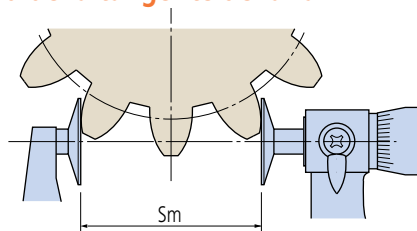
Machuelo con 3 estrías: $M = 3M_1 - 2D \quad \dots\dots(3)$

Machuelo con 5 estrías: $M = 2.2360M_1 - 1.23606D \quad \dots\dots(4)$

A continuación, asignar la M calculada a la ecuación (1) ó (2) para calcular el diámetro del paso (E).



Longitud de la tangente de la raíz



Fórmula para calcular una longitud de la tangente de la raíz (S_m):

$$S_m = m \cos \alpha_0 \{ \pi (Z_m - 0.5) + Z \operatorname{inv} \alpha_0 \} + 2Xm \sin \alpha_0$$

Fórmula para calcular el número de dientes dentro de la longitud de la tangente de la raíz (Z_m):

$$Z_m' = Z \cdot K(f) + 0.5 \quad (Z_m \text{ es el número entero máx próximo a } Z_m')$$

$$\text{donde, } K(f) = \frac{1}{\pi} \{ \sec \alpha_0 \sqrt{(1 + 2f)^2 - \cos^2 \alpha_0} - \operatorname{inv} \alpha_0 - 2f \tan \alpha_0 \}$$

$$\text{and, } f = \frac{X}{Z}$$

m: Módulo

α_0 : Ángulo de presión

Z: Número de dientes

X: Coeficiente de modificación del addendum

S_m : Longitud de la tangente de la raíz

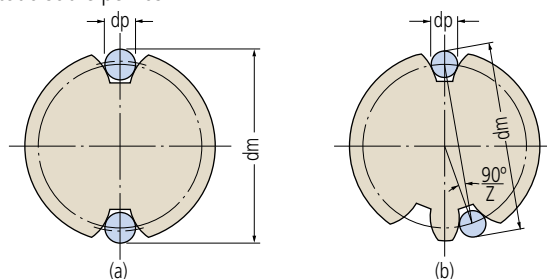
Z_m : Número de dientes dentro de la longitud de la tangente de la raíz

$$\operatorname{inv} 20^\circ \doteq 0.014904$$

$$\operatorname{inv} 14.5^\circ \doteq 0.0055448$$

Medición de engrane

Método sobre pernos



Para un engranaje con un número de dientes par:

$$dm = dp + \frac{dg}{\cos \theta} = dp + \frac{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta}$$

Para un engranaje con un número de dientes impar:

$$dm = dp + \frac{dg}{\cos \theta} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{Z} \right) = dp + \frac{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{Z} \right)$$

sin embargo,

$$\operatorname{inv} \theta = \frac{dp}{dg} - \frac{X}{Z} = \frac{dp}{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0} - \left(\frac{\pi}{2Z} - \operatorname{inv} \alpha_0 \right) + \frac{2 \tan \alpha_0}{Z} \cdot X$$

Obtener θ ($\operatorname{inv} \theta$) de la tabla de funciones de evolvente (inv)

z: Número de dientes

α_0 : Ángulo de presión de dientes

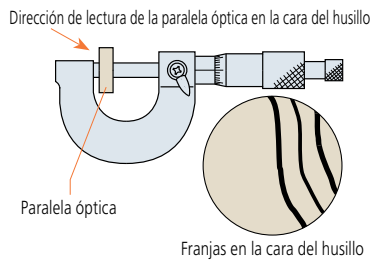
m: Módulo

X: Coeficiente de modificación del addendum

Micrómetros

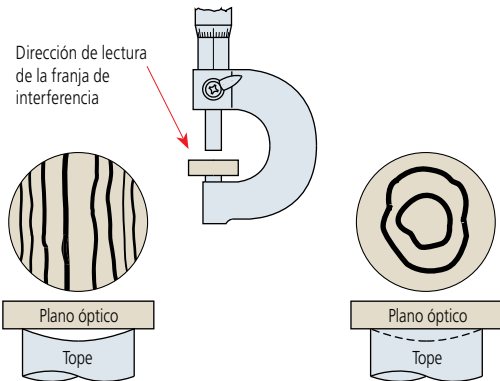
Inspección del paralelismo de caras de medición de micrómetros

PG
10



El paralelismo se puede estimar utilizando una paralela óptica sujeta entre las caras. En primer lugar, colocar la paralela a la cara de medición del tope fijo. A continuación, cerrar el husillo en la paralela utilizando una fuerza de medición normal y contar el número de franjas de interferencia roja vistas en la cara de medición del husillo en luz blanca. Cada franja representa una diferencia de semilongitud de onda en altura ($0.32\text{ }\mu\text{m}$ para franjas rojas). En la figura de arriba se obtiene un paralelismo de aproximadamente $1\text{ }\mu\text{m}$ de $0.32\text{ }\mu\text{m} \times 3 = 0.96\text{ }\mu\text{m}$.

Inspección de la Planitud de las Caras de Medición del Micrómetro

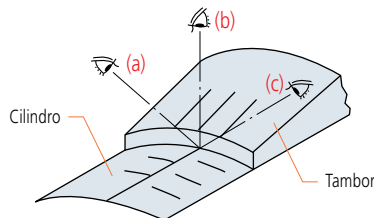


La cara de medición está curvada aproximadamente en $1.3\text{ }\mu\text{m}$. ($0.32\text{ }\mu\text{m} \times 4$ franjas rojas por parejas.)

La cara de medición es cóncava (o convexa) aproximadamente $0.6\text{ }\mu\text{m}$ de profundidad. ($0.32\text{ }\mu\text{m} \times 2$ franjas continuas)

Notas generales sobre la utilización del micrómetro

1. Compruebe cuidadosamente el tipo, el intervalo de medición, el error y otras especificaciones para seleccionar el modelo apropiado para su aplicación.
2. Deje el micrómetro y la pieza de trabajo a temperatura ambiente el tiempo suficiente para que sus temperaturas se igualen antes de realizar una medición.
3. Mire directamente a la línea índice sobre el cilindro tomando una lectura contra las graduaciones del tambor. Si las líneas de graduación se ven desde un ángulo, la posición de alineamiento correcto de las líneas no se puede leer debido al error de paralaje.



(a) Desde encima de la línea índice



(b) Mirando directamente a la línea índice

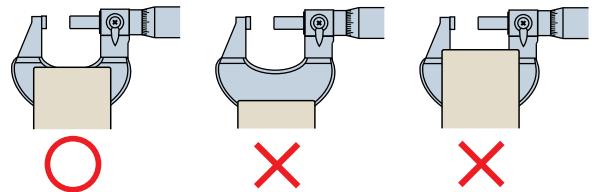


(c) Desde debajo de la línea índice

4. Limpie con un trapo o papel que no suelte pelusa las caras de medición tanto del tope fijo como del husillo. Siempre fije el punto de origen (cero) antes de medir.



5. Limpie el husillo para que no quede nada de polvo, virutas u otros restos y verifique la cara del husillo como parte del mantenimiento diario. Además, limpie con un trapo seco cualquier mancha y huellas dactilares en cada parte.
6. Utilice correctamente el dispositivo de fuerza constante de tal forma que las mediciones se realicen con la fuerza de medición correcta.
7. Cuando fije el micrómetro sobre un soporte de micrómetro, el soporte debería sujetar el centro del cuerpo o marco del micrómetro. No lo sujete demasiado fuerte.



8. Tenga cuidado de no dejar caer ni golpear el micrómetro en ningún sitio. No gire el tambor del micrómetro utilizando fuerza excesiva. Si cree que el micrómetro puede haber sido dañado debido a una falsa maniobra accidental, asegúrese de que se inspecciona su exactitud antes de utilizarlo.
9. Tras un período largo de almacenamiento o cuando no haya una película de aceite de protección visible, aplique ligeramente el aceite anticorrosión al micrómetro pasando un paño empapado en el mismo.
10. Notas sobre el almacenamiento:
 - Evite almacenar el micrómetro a la luz directa del sol.
 - Almacene el micrómetro en un lugar ventilado con humedad baja.
 - Almacene el micrómetro en un lugar con poco polvo.
 - Almacene el micrómetro en su estuche u otro contenedor que no se debería mantener sobre el suelo.
 - Cuando almacene el micrómetro, deje siempre una separación de 0.1 a 1 mm entre las caras de medición.
 - No almacene el micrómetro con el freno puesto.

Método de evaluación del rendimiento del micrómetro

JIS B 7502 se revisó y emitió en 2016 como la Norma industrial japonesa del micrómetro, y el "Error instrumental" que indica el error de indicación del micrómetro se cambió a "Error máximo permitido (MPE) de indicación".

El "Error instrumental" del JIS convencional adopta criterios de aceptación del intervalo de especificación (especificación de exactitud) que es igual al intervalo de aceptación, y el juicio PASA /NO PASA no incluye la incertidumbre de medición (**Fig.1**).

El "Error Máximo Permitido (MPE) de indicación" del nuevo JIS emplea el concepto básico del juicio PASA /NO PASA teniendo en cuenta la incertidumbre adoptada en la norma ISO (ISO 14253-1).

La verificación de conformidad y no conformidad con las especificaciones está claramente estipulada para utilizar los criterios de aceptación reconocidos internacionalmente (aceptación simple) cuando el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación, y se acepta que el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación si una condición dada considerando la incertidumbre se cumple.

El criterio de aceptación reconocido internacionalmente mencionado anteriormente es ISO/TR14253-6:2012 (**Fig.2**).

A continuación se describe el método de inspección estándar, incluido el contenido revisado de JIS 2016.

Fig. 1 JIS convencional Error instrumental
JIS B 7502-1994

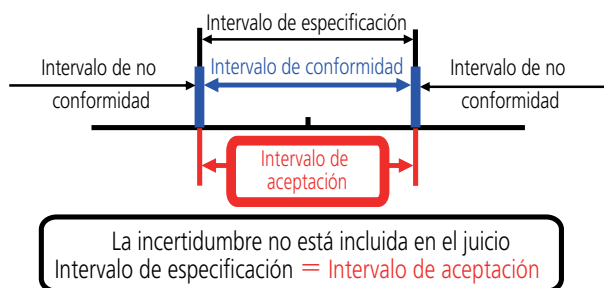
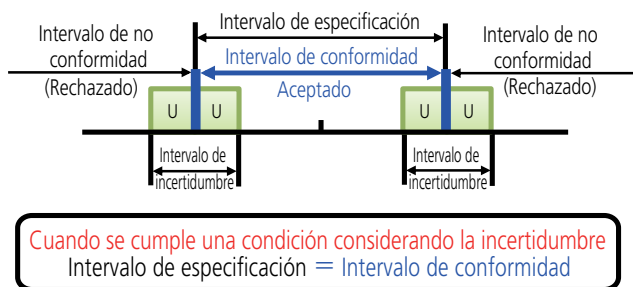


Fig. 2 Nuevo JIS Error máximo permitido (MPE)
JIS B 7502: 2016 (ISO/TR 14253-6: 2012)



Error máximo permitido del error de contacto de superficie completa J_{MPE} [JIS B 7502: 2016]

El error de contacto de superficie completa del micrómetro exterior es un error de indicación medido al poner en contacto toda la superficie de medición con el objeto a medir en un punto arbitrario en el intervalo de medición.

El valor se puede obtener ajustando el punto de referencia utilizando un dispositivo de presión constante con la longitud de medición mínima del micrómetro, insertando un bloque patrón de grado 0 o 1 prescrito en JIS B 7506 o un calibre equivalente o superior entre las superficies de medición (**Fig. 3**), y luego restando las dimensiones del bloque patrón del valor indicado del micrómetro usando un dispositivo de presión constante.

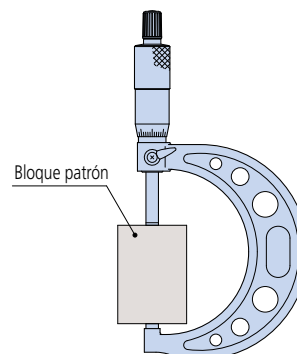


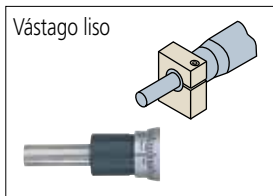
Fig. 3: Determinación del error de contacto de superficie completa

Cabezas Micrométricas

Factores Clave en la Selección

Los factores clave al seleccionar una cabeza micrométrica son el intervalo de medición, la cara del husillo, el vástago, las graduaciones, el diámetro del tambor.

Vástago



Vástago liso



Vástago con tuerca de fijación

- El vástago utilizado para montar una cabeza de micrométrica se clasifica como "tipo liso" o "tipo de tuerca de fijación" tal como se ilustra arriba. El diámetro del vástago se fabrica en sistema inglés o métrico con una tolerancia h6.
- El vástago con la tuerca de fijación permite una fijación rápida y segura de la cabeza micrométrica. El vástago liso tiene la ventaja de una aplicación más amplia y una ligera regulación posicional en la dirección axial en la instalación final, aunque requiere una brida ajustable o adhesivo de fijación.
- Hay dispositivos de sujeción de montaje para todo uso disponibles como accesorios opcionales.

Cara de Medición



Cara plana



Cara esférica



Dispositivo no giratorio

- La cara de medición plana se especifica a menudo donde se utiliza la cabeza micrométrica en aplicaciones de medición.
- Cuando se utiliza una cabeza micrométrica como dispositivo de avance, la cara esférica puede minimizar los errores debidos a un defecto de alineación (Figura A). Alternativamente, una cara plana en el husillo puede soportar estar contra una esfera, tal como una bola de carburo (Figura B).
- La cabeza micrométrica del tipo de husillo no giratorio (Figura C) se puede utilizar si se debe evitar una acción de torsión en la pieza de trabajo.
- Si se utiliza una cabeza micrométrica como tope, entonces la cara plana tanto en el husillo como en la cara en la que hace contacto proporciona durabilidad.

Figura A

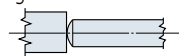


Figura C

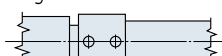
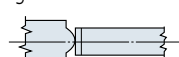


Figura B



Husillo no giratorio

La cabeza de tipo de husillo no giratorio no ejerce acción de torsión en la pieza de trabajo, lo que puede ser un factor importante en algunas aplicaciones.

Paso de la Rosca del Husillo

- La cabeza de tipo estándar tiene un paso de 0.5 mm.
- Tipo de paso de 1 mm : más rápido de fijar que el tipo estándar y evita la posibilidad de un error de lectura de 0.5 mm. Características excelentes de soporte de carga debido a una rosca de tornillo más grande.
- Tipo de paso de 0.25 mm ó 0.1 mm. Este tipo es el mejor para las aplicaciones de avance fino o posicionamiento fino.

Dispositivo de Fuerza Constante

- Se recomienda una cabeza micrométrica con dispositivo de fuerza constante (tambor de fricción o trinquete) para las aplicaciones de medición.
- Si se utiliza una cabeza micrométrica como tope, o donde el ahorro de espacio es una prioridad, la mejor elección es probablemente una cabeza sin trinquete.



Cabeza micrométrica con dispositivo de fuerza constante



Cabeza micrométrica sin dispositivo de fuerza constante (sin trinquete)

Bloqueo del Husillo

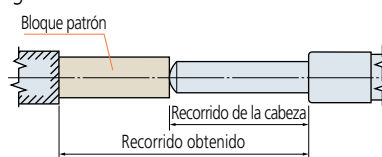
Si se utiliza una cabeza micrométrica como tope, es deseable utilizar una cabeza con bloqueo del husillo de tal forma que el ajuste no cambiará incluso bajo cargas de choque repetidas.



Intervalo de Medición (Recorrido)

- Cuando escoja un intervalo de medición para una cabeza micrométrica, permita un margen suficiente en consideración con el recorrido de medición esperada. Hay seis intervalos de recorrido disponibles, de 5 a 50 mm, para las cabezas micrométricas estándar.
- Incluso si un recorrido esperado es pequeño, tal como de 2 mm a 3 mm, será más rentable escoger un modelo de recorrido de 25 mm mientras haya espacio suficiente para la instalación.
- Si se requiere recorrido largo por encima de 50 mm, el uso simultáneo de un bloque patrón de medición puede ampliar el intervalo de medición efectivo. (Figura D)

Figura D



- En esta guía, el intervalo (o final del recorrido) del tambor se indica por medio de una línea discontinua. Para los finales del recorrido, considere que el tambor se mueve a la posición indicada por la línea cuando diseñe los dispositivos.

Aplicaciones de Avance Ultrafino

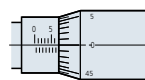
Hay cabezas micrométricas especializadas disponibles para aplicaciones de manipulador, etc., que requieren un avance o regulación ultrafinos del husillo.

Diámetro del Tambor

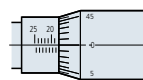
El diámetro del tambor afecta en gran medida su facilidad de uso y la "finura" de posicionamiento. Un tambor de diámetro pequeño permite un posicionamiento rápido, mientras que un tambor de diámetro grande permite un posicionamiento exacto y una fácil lectura de las graduaciones. Algunos modelos combinan las ventajas de ambas características montando un tambor de alimentación gruesa (velocidad) en el tambor de gran diámetro.



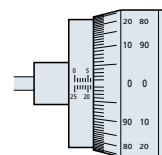
Estilo de Graduación



Estilo de graduación normal



Estilo de graduación inversa



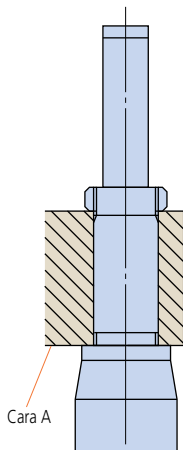
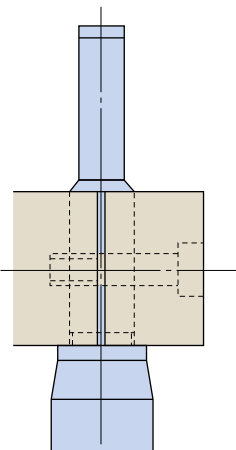
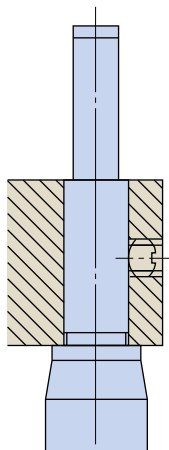
Estilo de graduación bidireccional

- Se necesita tener cuidado cuando se tome la lectura de una cabeza micrométrica mecánica, especialmente si el usuario no está familiarizado con el modelo.
- El estilo de "graduación normal", idéntico al de un micrómetro para exteriores, es el estándar. Para este estilo, la lectura aumenta según el husillo se repliega dentro del cuerpo.
- Por el contrario, en el estilo "graduación inversa" la lectura aumenta según avanza el husillo fuera del cuerpo.
- El estilo "graduación bidireccional" está diseñado para facilitar la medición en cualquier dirección utilizando números en negro para la operación normal y números en rojo para la operación inversa.
- Las cabezas micrométricas con pantalla digital electrónica o mecánica, que permitan la lectura directa de un valor de medición, también están disponibles. Estos tipos están libres de errores de lectura. Una ventaja adicional es que el tipo de pantalla digital electrónica puede permitir el almacenamiento y procesamiento estadístico de los datos de medición.

Directrices para los Dispositivos de Elaboración Propia

Una cabeza micrométrica se debería montar en un orificio mecanizado con exactitud utilizando un método de sujeción que no ejerza una fuerza excesiva en el vástago. Hay tres métodos de montaje comunes tal como se muestra debajo. El método 3 no se recomienda. Adopte los métodos (1) ó (2) donde se pueda.

(Unidad: mm)

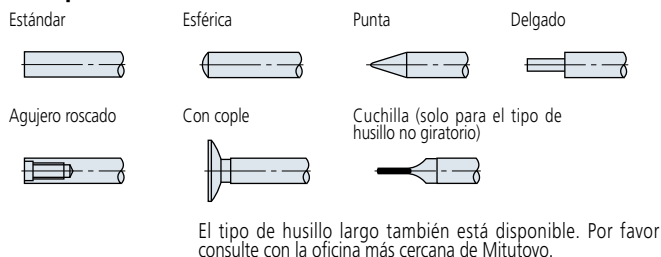
Método de montaje	(1) Tuerca de sujeción				(2) Sujeción de brida ajustable				(3) Sujeción con tornillo opresor			
												
	Puntos a tener en cuenta											
	Diámetro del vástago											
	Orificio de montaje											
Tolerancia de colocación												
Precauciones	Se debe tener cuidado para hacer que la Cara A quede cuadrada con relación al orificio de montaje. Se puede sujetar el vástago sin ningún problema a una perpendicularidad entre 0.16/6.5.				Eliminar las rebabas generadas en la pared del orificio de montaje por la operación de corte longitudinal.				M3x0.5 o M4x0.7 es un tamaño apropiado para el tornillo de fijación. Limite el avellanado en el vástago a 90°x0.5 y tenga cuidado de no dañar el vástago en el proceso.			

Cabezas Micrométricas

Productos hechos a la medida (presentaciones de ejemplos de productos)

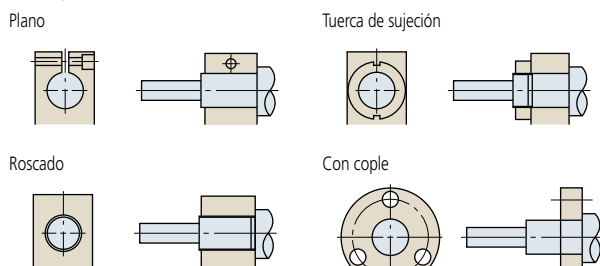
Las cabezas micrométricas tienen aplicaciones en muchos campos de la ciencia y la industria y Mitutoyo ofrece una amplia gama de modelos estándar para satisfacer las necesidades de los clientes. Sin embargo, en aquellos casos en los que el producto estándar no sea adecuado, Mitutoyo puede fabricar una cabeza personalizada que incorpore características que se adapten mejor a su aplicación especial. No dude en ponerse en contacto con Mitutoyo acerca de las posibilidades, incluso si solo se requiere una pieza fabricada a medida.

1. Tipos de extremo de husillo



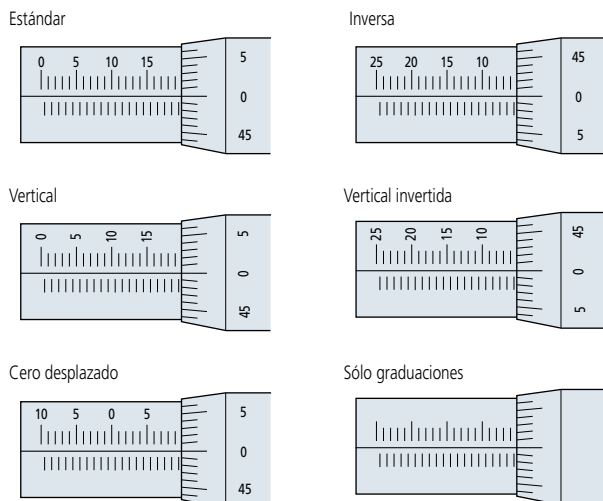
2. Tipos de vástago

Se puede fabricar un vástago personalizado para adaptarse al dispositivo de montaje.



3. Esquemas de graduación de escalas

Varios esquemas de graduación de escala de cilindro y tambor, por ejemplo invertida y vertical, están disponibles. Por favor consulte a Mitutoyo para ordenar un esquema especial no mostrado aquí.



4. Grabado de logotipo

Se puede grabar un logotipo específico según sea necesario.

5. Acoplamiento de motores

Pueden diseñarse acoplamientos para proporcionar accionamiento de motor a un cabeza.



6. Montaje del tambor

Están disponibles métodos de montaje de tambor que incluyen tipo de trinquete, tornillo de fijación y tornillo de cabeza hexagonal.



7. Paso de la rosca del husillo

Los pasos de 1 mm para aplicaciones de avance rápido o de 0.25 mm y 0.1 mm para avance fino se pueden suministrar como alternativas al estándar de 0.5 mm. También se admiten pasos en pulgadas. Consulte a Mitutoyo para obtener más detalles.

8. Lubricante para roscas de husillos

Se pueden especificar arreglos para la lubricación por parte del usuario.

9. Construcción total en Acero inoxidable

Todos los componentes de una cabeza se pueden manufacturar en acero inoxidable.

10. Empaque simple

Los pedidos de grandes cantidades de cabezas micrométricas se pueden entregar en un embalaje sencillo para fines de OEM.

11. Husillo y tuerca (husillo de avance de exactitud)

El husillo se puede utilizar como husillo de exactitud. La tuerca se mecaniza de acuerdo con las dimensiones especificadas.

12. Certificado de inspección

Se puede suministrar un certificado de inspección a un costo adicional. Para obtener información detallada, comuníquese con la oficina de ventas de Mitutoyo más cercana.



Máxima Capacidad de carga en las cabezas Micrométricas

La máxima capacidad de carga de una cabeza micrométrica depende principalmente del método de montaje y si la carga es estática o dinámica (usada como un tope, por ejemplo). Por lo tanto, la capacidad de carga de cada modelo no se puede especificar definitivamente. Los límites de carga recomendados por Mitutoyo (cuando menos 100 000 revoluciones si se usa para medir dentro del intervalo de error garantizado) y los resultados de pruebas con carga estática al usar una cabeza micrométrica pequeña se dan abajo.

1. Límites de carga máxima recomendada

		Límite de carga máxima
Tipo estándar	(Paso del husillo: 0.5 mm)	Hasta aproximadamente 4 kgf *
	Paso del husillo: 0.1 mm/0.25 mm	Hasta aproximadamente 2 kgf
	Paso del husillo: 0.5 mm	Hasta aproximadamente 4 kgf
Tipo alta funcionalidad	Paso del husillo: 1.0 mm	Hasta aproximadamente 6 kgf
	Husillo sin rotación	Hasta aproximadamente 2 kgf
	Tipo avance micro-fino MHF (con mecanismo diferencial)	Hasta aproximadamente 2 kgf

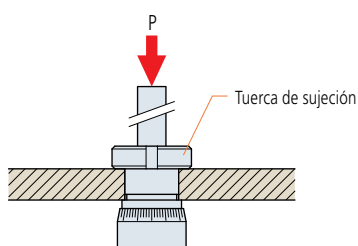
* Aproximadamente hasta 2 kgf solamente para MHT

2. Prueba de carga estática para cabezas micrométricas (usando 148-104/148-103 para esta prueba)

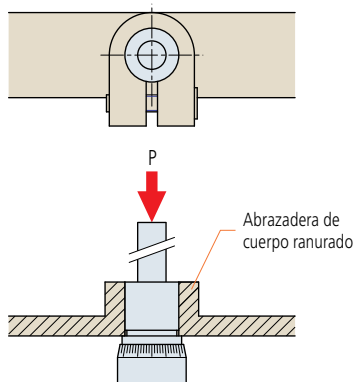
Método de prueba

Las cabezas de los micrómetros se instalaron como se muestra y se midió la fuerza con la que la cabeza se dañó o se empujó fuera del accesorio cuando se aplicó una carga estática, en la dirección P. (En las pruebas no se tuvo en cuenta el intervalo de exactitud garantizado).

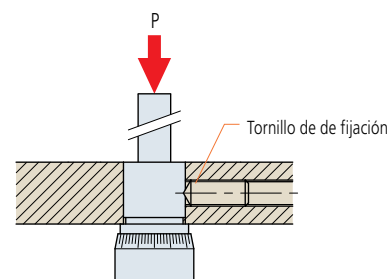
(1) Tuerca de sujeción



(2) Sujeción con cuerpo ranurado



(3) Sujeción con tornillo de fijación



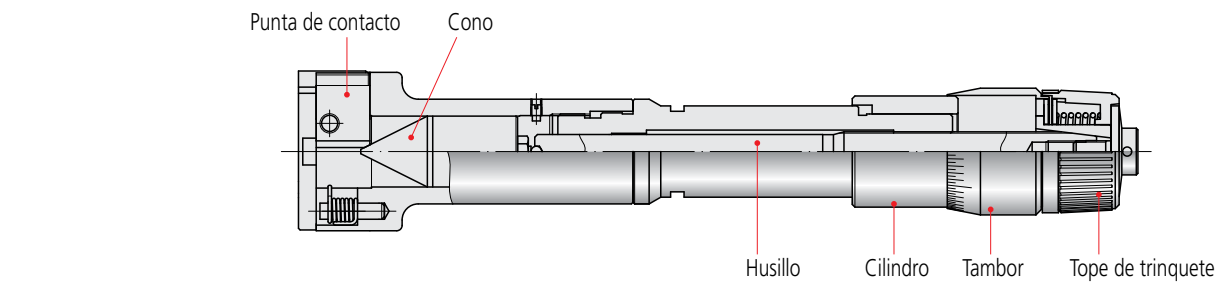
Método de montaje	Carga para daño / desalojamiento*
(1) Tuerca de sujeción	El daño a la unidad principal ocurrirá de 8.63 a 9.8 kN (880 a 1000 kgf).
(2) Sujeción con cuerpo ranurado	La unidad principal se empujará hacia fuera del dispositivo de 0.69 a 0.98 kN (70 a 100 kgf).
(3) Sujeción con tornillo de fijación	El daño al tornillo de fijación ocurrirá de 0.69 a 1.08 kN (70 a 110 kgf).

Nota: estos valores de carga solo deben usarse como una guía aproximada.



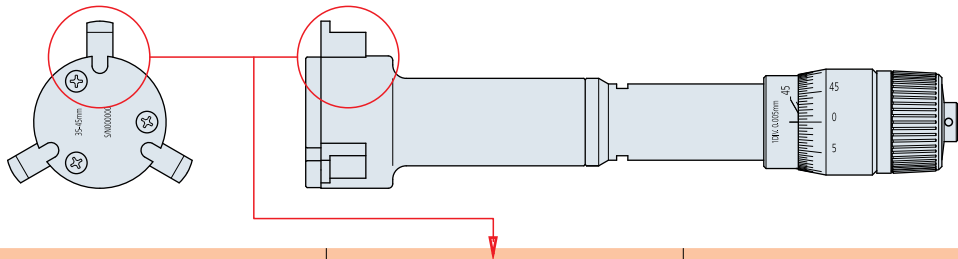
Micrómetros de Interiores

Nomenclatura (Holtest)



Productos por pedido especial (Holtest / Borematic)

Mitutoyo puede fabricar a medida un micrómetro interior que mejor se adapte a su aplicación especial. No dude en ponerse en contacto con representante de ventas de Mitutoyo acerca de las posibilidades, incluso si solo se requiere una pieza fabricada a medida. Tenga en cuenta que, dependiendo de las circunstancias, dicho micrómetro generalmente deberá usarse con un anillo patrón de fijado para garantizar la exactitud. (Un micrómetro personalizado se puede hacer compatible con un anillo patrón suministrado por el cliente. Consulte con nuestros representantes de ventas de Mitutoyo).

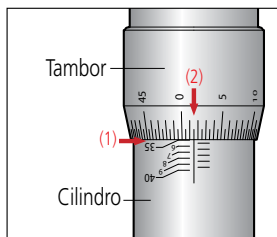


Tipo de característica	Perfil de la pieza (ejemplo)	Perfil de la punta de contacto (ejemplo)	Observaciones
Ranura cuadrada		Radio de punta R que puede medir el diámetro mínimo (diferente para cada tamaño) $W=1$ o más	• Permite la medición del diámetro de ranuras y estrías interiores de formas variadas. • El diámetro mínimo medible de la ranura es de aproximadamente 16 mm (varía según el perfil de la pieza de trabajo). • La dimensión debe ser la siguiente: Para W = menos de 2 mm: ℓ = menos de 2 mm • Para W = 2 mm o más: ℓ = 2 mm como valor estándar que puede modificarse según las circunstancias. • El número de estrías o dientes está limitado a un múltiplo de 3. • Los detalles del perfil de la pieza de trabajo deben proporcionarse al momento de realizar un pedido personalizado. • Si su aplicación necesita un intervalo de medición diferente al del micrómetro de interiores estándar, se requerirá un costo inicial adicional para el anillo patrón de fijado.
Ranura redonda		Radio de punta R que puede medir el diámetro mínimo (diferente para cada tamaño) $W=1$ o más $R=0.5$ o más	
Ranura		$W=0.5$ o más Radio de punta R que puede medir el diámetro mínimo (diferente para cada tamaño)	
Borde dentado		45° o más $R=0.3$ o más	
Agujero con rosca			

Cómo Leer la Escala

Graduación 0.005 mm

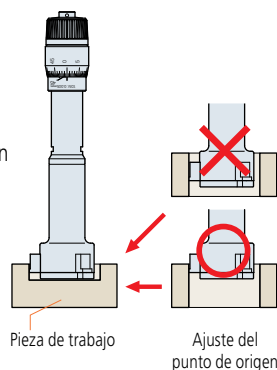
(1) Cilindro	35 mm
(2) Tambor	0.015 mm
Lectura	35.015 mm



Cambios en los valores medidos en puntos de medición diferentes

Cuando se utiliza el Holtest, el valor medido difiere entre la medición a través del tope y la medición solamente en la punta del tope debido al mecanismo del producto. Ajuste el punto de origen en la misma condición que la medición.

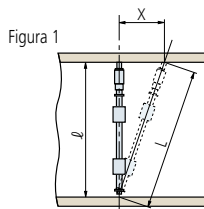
Cuando utilice la punta del tope para la medición, ajuste el punto de origen para utilizar la punta del tope.



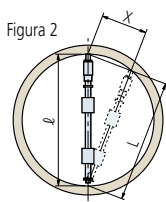
Error de medición debido a la variación de temperatura del micrómetro

La exactitud de un micrómetro interior se degrada si su temperatura es significativamente diferente. Para ayudar a evitar que ocurra esta situación, use guantes y solo sostenga el micrómetro por los aislantes térmicos para reducir la transferencia de calor de las manos del operador.

Efecto de la desalineación en la exactitud (micrómetro de interiores)

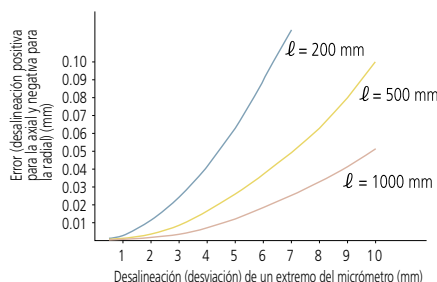


ℓ : Diámetro interior a medir
L: Longitud medida con desviación axial X
X: Desviación en la dirección axial
 $\Delta \ell$: Error en la medición
 $\Delta \ell: L - \ell = \sqrt{\ell^2 + X^2} - \ell$



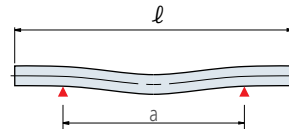
ℓ : Diámetro interior a medir
L: Longitud medida con desviación axial X
X: Desviación en la dirección axial
 $\Delta \ell$: Error en la medición
 $\Delta \ell: L - \ell = \sqrt{\ell^2 + X^2} - \ell$

Si un micrómetro para interiores está desalineado en la dirección axial o radial en una distancia de desviación X cuando se toma una medición, como en las Figuras 1 y 2, entonces esa medición será errónea tal como se muestra en el gráfico de abajo (construido a partir de la fórmula dada arriba). El error es positivo para la desalineación axial y negativo para la desalineación radial.



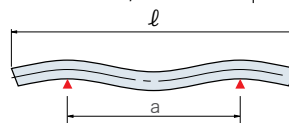
Puntos Airy y Bessel

Cuando una barra patrón de longitud o un micrómetro para interiores se coloca horizontalmente, soportados lo más sencillamente posible en dos puntos, se flexionan bajo su propio peso en una forma que depende del espaciado de esos puntos. Hay dos distancias entre los puntos que controlan esta deformación en formas útiles, tal como se muestra debajo.



Puntos Airy ($a \approx 0.577 \ell$)

Los extremos de una barra (o micrómetro) se pueden colocar exactamente horizontales espaciando los dos soportes simétricamente tal como se muestra arriba. Estos puntos se conocen como los 'Puntos Airy' y se utilizan comúnmente para asegurar que los extremos de una barra de longitud sean paralelos entre sí, de forma tal que la longitud esté bien definida.

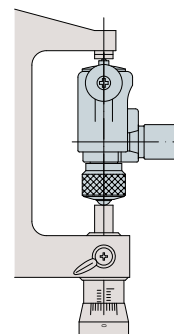


Puntos Bessel ($a \approx 0.559 \ell$)

El cambio en longitud de una barra (o micrómetro) debido a la flexión se puede minimizar espaciando los dos soportes simétricamente tal como se muestra arriba. Estos puntos se conocen como los 'Puntos Bessel' y pueden ser útiles cuando se utilice un micrómetro para interiores largo.

Configuración del punto de origen (medidores de 2 puntos)

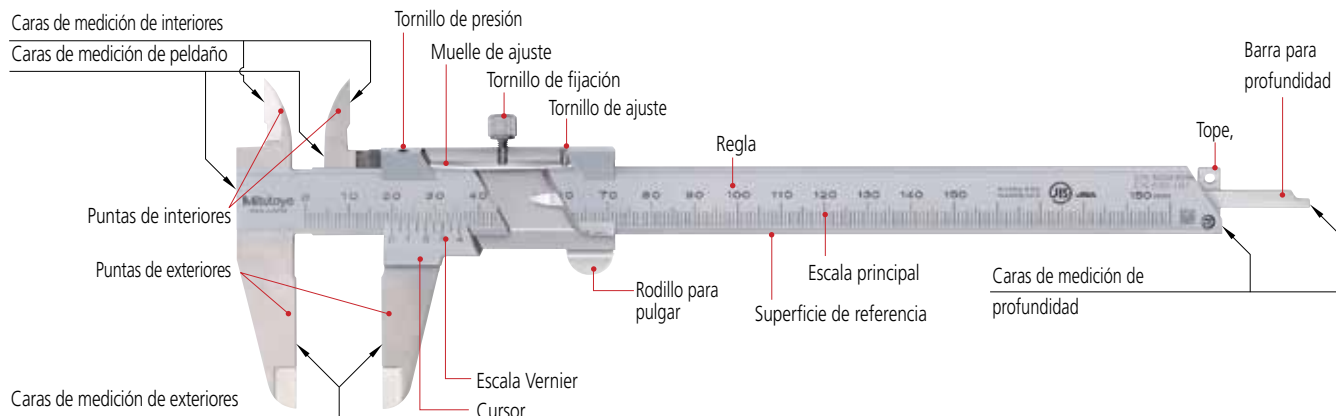
- Ajuste del punto de origen con un anillo patrón y/o medida interior con accesorios para bloques. Inserte el medidor de agujeros en el anillo, gire vertical u horizontalmente el medidor y ajuste el punto de origen al punto donde el indicador lee el valor máximo. (Gire el arillo de la carátula para un medidor de carátula y realice la configuración prefijada o cero para un indicador Digimatic).
- Ajuste del punto de origen con micrómetro exterior y bloque patrón. Sostenga un bloque patrón (de la dimensión de referencia) entre las caras de medición de un micrómetro como si midiera el bloque. Sujete el husillo del micrómetro y luego extraiga el bloque del medidor. Inserte el medidor de agujeros entre las caras de medición del micrómetro. Maniobra el medidor a la posición donde el indicador lee un mínimo y luego configura el puntero para que lea cero (o un valor predeterminado requerido) girando el arillo.
- Configuración del punto de origen solo con micrómetro externo. Fije el micrómetro en una posición vertical con el lado de la cabeza (lado del husillo) hacia abajo (vea la ilustración a continuación), y luego ajuste la distancia entre las caras de medición a la dimensión de origen. En este momento, no sujete el eje del micrómetro. Inserte el medidor entre las caras de medición del micrómetro. Maniobra el medidor de agujeros a la posición donde el indicador lee un mínimo y luego configura el puntero para que lea cero (o un valor predeterminado requerido) girando el arillo. El ajuste a cero con un micrómetro requiere un cierto grado de destreza porque no hay disponible una acción de autocentrado, como es el caso cuando se utiliza un medidor de ajuste. El ajuste a cero también es posible al realizar el mismo procedimiento utilizando el bloque patrón, el maestro de altura o el verificador de cero para medidores de agujeros además del micrómetro exterior.



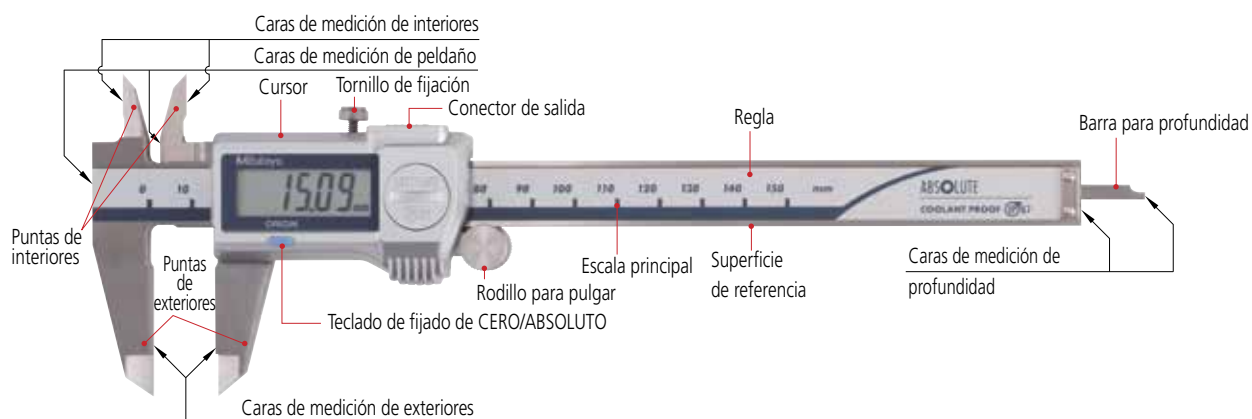
Calibradores

Nomenclatura

Calibrador Vernier

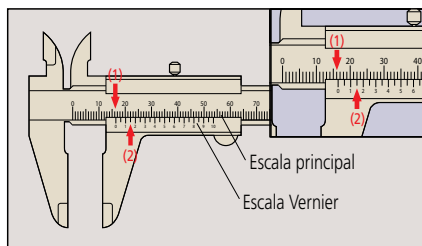


Calibrador Digimatic Absolute



Cómo Leer la Escala

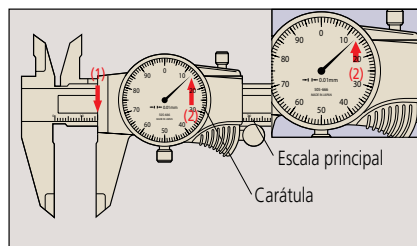
Calibrador Vernier



Graduación 0.05 mm

(1) Escala principal	16	mm
(2) Escala vernier	0.15	mm
Lectura	16.15	mm

Calibrador de Carátula



Graduación 0.01 mm

(1) Escala principal	16	mm
(2) Carátula	0.13	mm
Lectura	16.13	mm

Nota: Arriba a la izquierda, se lee, 0.15 mm (2) en la posición donde una línea de graduación de la escala principal se corresponde con una línea de graduación vernier.

Ejemplos de mediciones

Medición exterior



Medición interior



Medición de peldaño

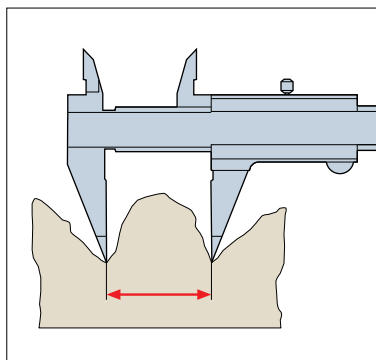


Medición de profundidad



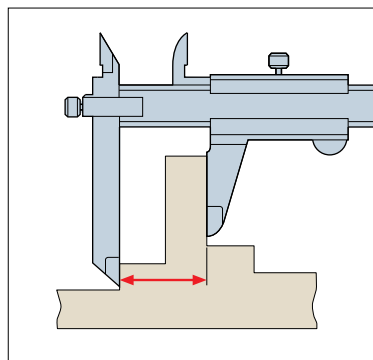
Aplicaciones de Calibradores para Propósitos Especiales

■ Tipo con Puntas



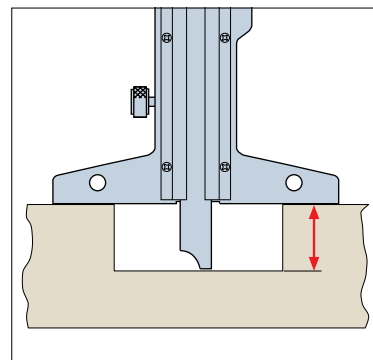
Para la medición de superficies irregulares

Tipo de punta ajustable



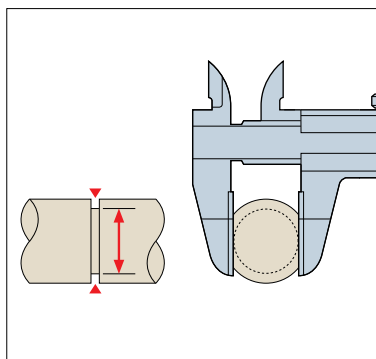
Para medición de característica escalonada

Tipo de profundidad



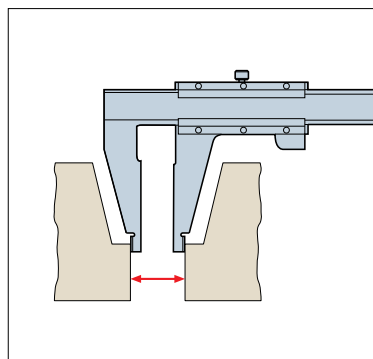
Para medición de profundidades

Tipo de punta de cuchilla



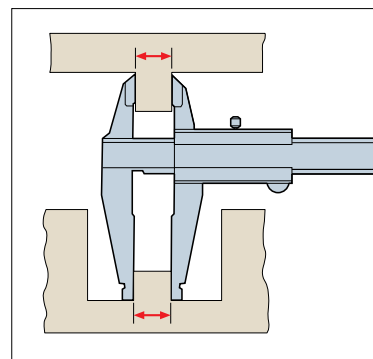
Para medición de diámetros en ranuras estrechas

Tipo de puntas exteriores/interiores



Para la medición del diámetro interior, usando parte exterior de puntas para exteriores

Tipo de 2 puntas exteriores/1 interiores

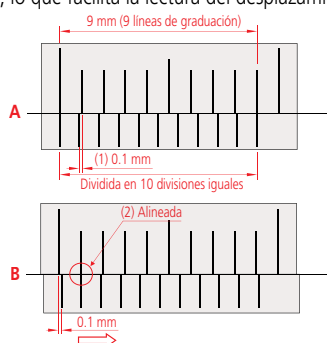


Para la medición de exteriores con dos puntas diferentes

Calibradores

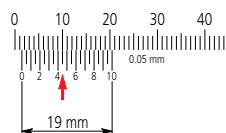
Escala de Vernier

Esta es una escala auxiliar corta que permite una interpolación exacta entre las divisiones de una escala más larga sin utilizar aumentos mecánicos. El principio de funcionamiento es que cada división de la escala vernier es ligeramente más pequeña que una división de la escala principal, de modo que las sucesivas graduaciones vernier coinciden sucesivamente con las graduaciones de la escala principal a medida que una se mueve en relación con la otra. Específicamente, n divisiones en una escala vernier tienen la misma longitud que $n-1$ divisiones en la escala principal con la que trabaja, y n define la relación de división (o interpolación). Aunque n puede ser cualquier número, en la práctica suele ser 10, 20, 25, etc., por lo que la división es una fracción decimal útil. El siguiente ejemplo es para $n = 10$. La escala principal está graduada en mm, por lo que la escala vernier mide 9 mm (10 divisiones) de largo, lo mismo que 9 mm (9 divisiones) en la escala principal. Esto produce una diferencia de longitud de 0.1 mm (1) como se muestra en la figura A (la primera graduación vernier está alineada con la primera graduación de la escala principal). Si la escala vernier se desliza 0.1 mm hacia la derecha, como se muestra en la figura B, la segunda línea de graduación de la escala vernier se alinea con la segunda línea de la escala principal (2), lo que facilita la lectura del desplazamiento de 0.1 mm.



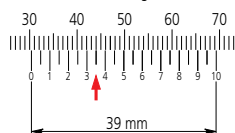
Algunos de los primeros calibradores dividían 19 divisiones en la escala principal por 20 divisiones vernier para proporcionar una resolución de 0.05 mm. Sin embargo, las líneas estrechamente espaciadas resultaron difíciles de leer y, por lo tanto, desde la década de 1970, generalmente se usa una escala vernier larga que usa 39 divisiones de escala principal para distribuir las líneas, como se muestra a continuación.

• Escala vernier de 19 mm



Lectura de escala 1.45 mm

• Escala vernier de 39 mm (escala vernier larga)

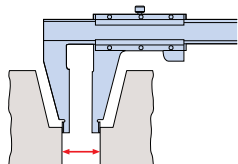


Lectura de escala 30.35 mm

Se fabricaron calibradores que dieron una resolución aún más fina de 0.02 mm. Estos requerían una escala vernier de 49 divisiones que dividiera 50 divisiones de escala principal. Sin embargo, son difíciles de leer y se están usando cada vez menos desde que aparecieron los calibradores digitales con una pantalla de fácil lectura y una resolución de 0.01 mm.

Acerca de los Calibradores Largos

Las reglas de acero se utilizan comúnmente para medir aproximadamente piezas de trabajo largas pero si se necesita un poco más de exactitud, entonces un calibrador largo es adecuado para el trabajo. Un calibrador largo es muy conveniente por su comodidad pero requiere cuidado en la utilización. En primer lugar es importante darse cuenta de que no hay relación entre la resolución y la exactitud. Para detalles, remítase a los valores en nuestro catálogo. La resolución es constante mientras que la exactitud obtenible varía notablemente de acuerdo a la forma en cómo se utiliza el calibrador. El método de medición con este aparato es una preocupación ya que la distorsión de la regla principal causa una gran cantidad de errores de medición, así que la exactitud variará considerablemente dependiendo del método utilizado para soportar el calibrador en el momento. Además, tenga cuidado de no utilizar una gran fuerza de medición cuando utilice las caras de medición de exteriores ya que están más alejadas de la regla principal y, por lo tanto, aquí habrá el máximo de errores. Esta precaución es necesaria también cuando se utilizan las puntas de las caras de medición de interiores de un calibrador de puntas largas.



Medición de orificios pequeños con un calibrador tipo M

Un error estructural se produce cuando se mide el diámetro interior de un orificio pequeño.

ϕD : Diámetro interno real

ϕd : Diámetro medido

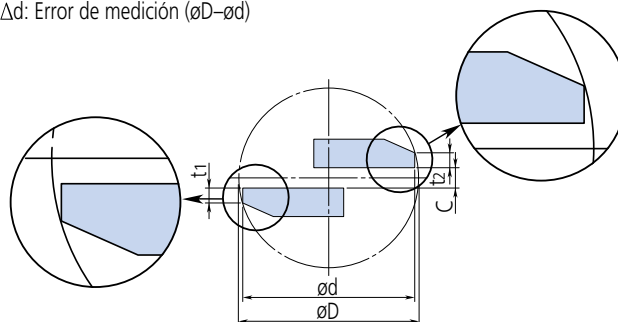
t_1, t_2 : Espesor de la punta interior

C : Distancia entre las puntas interiores

Δd : Error de medición ($\phi D - \phi d$)

Diámetro interno real (ϕD : 5 mm) Unidad: mm

t_1+t_2+C	0.3	0.5	0.7
Δd	0.009	0.026	0.047

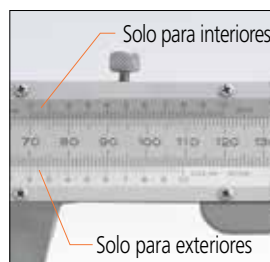


Medición interior con calibrador tipo CM

Debido a que las caras de medición internas de un calibrador tipo CM están en el filo de las puntas, el paralelismo de las caras de medición se ve muy afectado por la fuerza de medición, y esto se convierte en un factor importante en la exactitud de la medición que se puede lograr.

A diferencia de un calibrador tipo M, un calibrador tipo CM no puede medir un diámetro de orificio muy pequeño porque está limitado al tamaño de las puntas escalonadas, aunque normalmente esto no es un inconveniente ya que sería inusual tener que medir un agujero muy pequeño con este tipo de calibrador. Por supuesto, el radio de curvatura en las caras de medición interiores siempre es lo suficientemente pequeño como para permitir mediciones correctas del diámetro del orificio hasta el límite más bajo (cierre de las puntas).

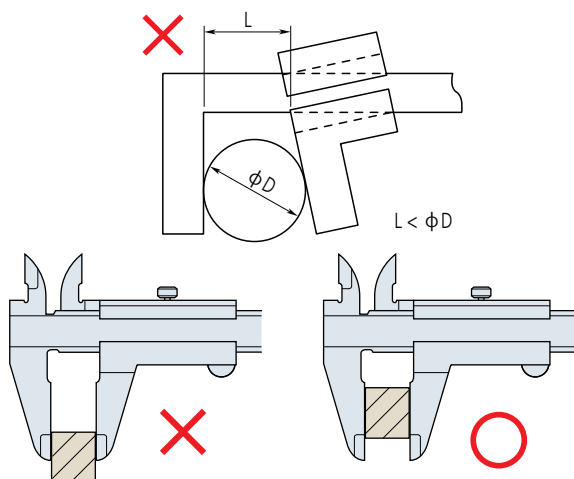
Los calibradores de tipo CM de Mitutoyo cuentan con una escala extra en el cursor para mediciones interiores para que puedan leerse directamente sin necesidad de cálculo, al igual que para una medición exterior. Esta útil característica elimina la posibilidad de error que ocurre cuando se tiene que agregar la corrección del espesor de las puntas interiores en un calibrador de escala única.



Notas generales sobre el uso del calibrador

1. Causas potenciales de error

Una variedad de factores pueden causar errores cuando se mide con un calibrador. Los factores más importantes incluyen los efectos de paralaje, la fuerza de medición excesiva debido al hecho de que un calibrador no es conforme con el Principio de Abbe, la expansión térmica diferencial debido a una diferencia de temperatura entre el calibrador y la pieza de trabajo y el efecto del espesor de las puntas de filo de cuchilla y la holgura entre estas puntas durante la medición del diámetro de un orificio pequeño. Aunque hay también otros factores de errores tales como la exactitud de la graduación, la rectitud del borde de referencia, la planitud de la escala principal en la cuchilla principal y la perpendicularidad de las puntas, estos factores se incluyen dentro de los errores máximos permitidos. Por lo tanto, estos factores no causan problemas mientras el calibrador satisfaga los errores máximos permitidos. Se agregaron notas de manejo al JIS para que los usuarios puedan apreciar los factores de error causados por la estructura del calibrador antes de su uso. Estas notas están relacionadas con la fuerza de medición y estipulan que "ya que el calibrador no tiene un dispositivo de fuerza constante, debe medir una pieza con una fuerza de medición uniforme apropiada. Tenga cuidado extra con la punta porque un error grande se podría producir en tales casos."



2. Medición de interiores

Insertar las puntas de interiores lo más profundamente posible antes de la medición.
Leer el valor máximo indicado durante la medición de interiores.
Leer el valor mínimo indicado durante la medición de la anchura de la ranura.

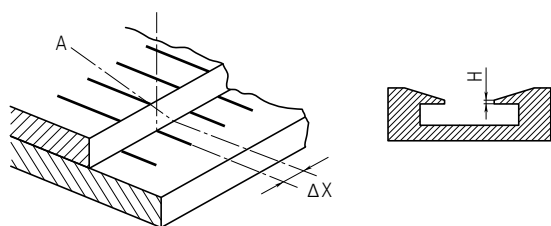
3. Medición de profundidades

Leer el valor mínimo indicado durante la medición de profundidad.

4. Error de paralaje cuando se leen las escalas

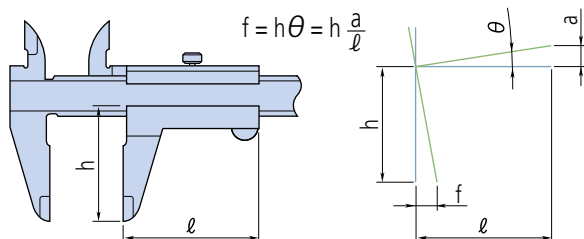
Mirar directamente a la línea de graduación vernier cuando se comprueba la alineación de las líneas de graduación de vernier con las líneas de graduación de la escala principal.

Si mira a una línea de graduación vernier desde una dirección oblicua (A), la posición de alineación aparente se distorsiona por ΔX tal como se muestra en la figura de debajo debido a un efecto de paralaje causado por la altura del paso (H) entre los planos de las graduaciones vernier y las graduaciones de la escala principal, dando como resultado un error de lectura del valor medido. Para evitar este error, JIS estipula que la altura del escalón no debe ser superior a 0.3 mm.



5. Error de Inclinación de la Punta Móvil

Si la punta móvil llega a inclinarse fuera de la paralela con la punta fija, tanto a través de la fuerza excesiva utilizada en el cursor o la falta de rectitud en el borde de referencia de la regla, se producirá un error de medición tal como se muestra en la figura. Este error podría ser importante debido al hecho de que un calibrador no sea conforme con el Principio de Abbe.



Ejemplo: Asumir que la pendiente de error de las puntas debido a la inclinación del cursor es de 0.01 mm en 50 mm y las puntas de medición de exteriores tienen una profundidad de 40 mm, entonces el error (en la punta) se calcula como $(40/50) \times 0.01 \text{ mm} = 0.008 \text{ mm}$.
Si la cara de la guía está gastada puede que se presente un error incluso aunque se utilice la fuerza de medición correcta.

6. Relación entre medición y temperatura

La escala principal de un calibrador está grabada (o montada sobre) acero inoxidable y aunque el coeficiente de dilatación térmica lineal es igual al del material más común de la pieza de trabajo, acero, esto es $(10.2 \pm 1) \times 10^{-6} / \text{K}$, debe tener en cuenta que otros materiales de piezas, la temperatura ambiente y la temperatura de la pieza podrían afectar a la exactitud de la medición.

7. Manejo

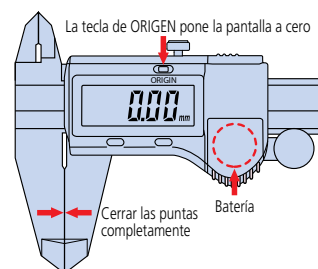
Las puntas del calibrador son afiladas, y, por lo tanto, el aparato se debe manejar con cuidado para evitar lesiones personales.
Evite dañar la escala de un calibrador digital y no grave un número de identificación u otra información en la misma con un marcador eléctrico.
Evite dañar un calibrador sometiéndolo a golpes con objetos duros o dejándolo caer en una mesa de trabajo o en el suelo.

8. Mantenimiento de las superficies de deslizamiento de la regla y las caras de medición

Limpie el polvo y la suciedad de las superficies deslizantes y las caras de medición con un paño suave y seco antes de usar el calibrador.

9. Comprobar y ajustar el origen antes de utilizar

Limpie las superficies de medición sujetando una hoja de papel limpio entre las puntas de exteriores y, a continuación, tire de la misma hacia afuera suavemente. Cierre las puntas y asegúrese de que la escala vernier (o la pantalla) indica cero antes de utilizar el calibrador. Cuando utilice un calibrador Digimatic, establezca el origen (tecla de ORIGEN) tras sustituir la batería.



10. Manejo tras la utilización

Tras utilizar el calibrador, limpie completamente cualquier resto de agua y aceite. A continuación, aplique ligeramente aceite anticorrosión y deje que se seque antes de almacenarlo.
Quite el agua de un calibrador a prueba de agua también porque podría oxidarse.

11. Notas sobre el almacenamiento

Evite la luz directa del sol, temperaturas altas y humedad alta durante el almacenamiento.
Si un calibrador digital no se utilizará durante más de tres meses, quite la batería antes de almacenarlo.
No deje las puntas de un calibrador completamente cerradas durante el almacenamiento.

Método de evaluación del rendimiento del calibrador

JIS B 7507 se revisó y emitió en 2016 como la norma industrial japonesa del calibrador, y el "Error instrumental" que indicaba el error de indicación del calibrador se cambió a "Error máximo permitido (MPE) de indicación". El "Error instrumental" del JIS convencional adopta criterios de aceptación en el que el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación, y el juicio PASA/NO PASA no incluye la incertidumbre de la medición. (Fig. 1) El "Error Máximo Permitido (MPE) de indicación" del nuevo JIS adopta el concepto básico del juicio PASA/NO PASA teniendo en cuenta la incertidumbre adoptada en la norma ISO (ISO 14253-1). La verificación de conformidad y no conformidad con las especificaciones está claramente estipulada para utilizar los criterios de aceptación reconocidos internacionalmente (aceptación simple) cuando el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación, y se acepta que el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación si una condición dada considerando la incertidumbre se cumple. En este caso, el criterio de aceptación reconocido internacionalmente es ISO/TR 14253-6:2012. (Fig. 2) A continuación se describe el método de inspección estándar, incluido el contenido revisado de JIS 2016.

Fig. 1 JIS convencional Error instrumental
JIS B 7507-1993

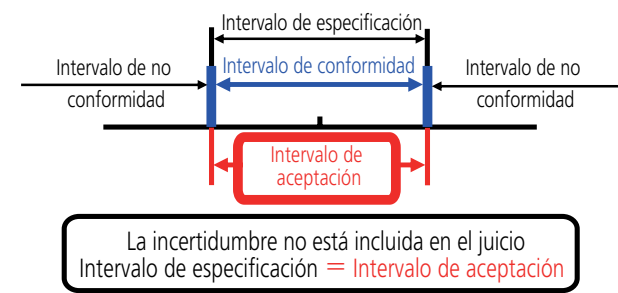
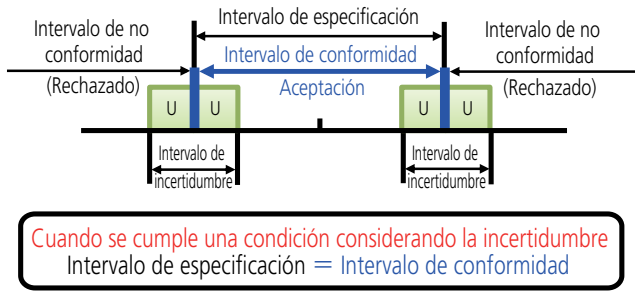


Fig. 2 Nuevo JIS Error máximo permitido (MPE)
JIS B 7507: 2016 (ISO/TR 14253-6: 2012)



Error máximo permitido de error de contacto de superficie de medición parcial E_{MPE} [JIS B 7507:2016]

El error de contacto de la superficie de medición parcial de un calibrador es un error de indicación aplicado a la medición exterior. La **Tabla 1** muestra el error máximo permitido E_{MPE} del valor de indicación del error de contacto de la superficie de medición parcial. El valor se puede obtener insertando un bloque patrón, o un patrón equivalente o superior, entre las superficies de medición exteriores (Fig. 3), midiendo las diferentes posiciones a lo largo de la punta en una posición arbitraria en el intervalo de medición y luego restando la dimensión del calibrador del valor indicado.

Error de desplazamiento de escala S_{MPE} [JIS B 7507: 2016]

El error de desplazamiento de escala en un calibrador es un error de indicación de la medición interior, la medición de profundidad, etc., si se utilizan superficies de medición distintas de las superficies de medición exteriores. El Error Máximo Permitido S_{MPE} del valor de indicación para la medición interior se da en la **Tabla 1**. El Error Máximo Permitido S_{MPE} de la medición de profundidad se obtiene sumando 0.02 mm un valor en la **Tabla 1**. El error de indicación para la medición interior se puede obtener utilizando bloques patrón (o patrones equivalentes) y puntas estándar de un juego de accesorios para formar dimensiones internas exactas para la calibración (Fig. 4), con el error dado por el valor indicado menos el tamaño de bloque.

Unidad: mm

Longitud de medición	Intervalo de escala, graduación o resolución	
	0.05	0.02
50 o menos	± 0.05	± 0.02
Más de 50, 100 o menos	± 0.06	± 0.03
Más de 100, 200 o menos	± 0.07	
Más de 200, 300 o menos	± 0.08	± 0.04

Nota: E_{MPE} incluye el error de medición que surge de la rectitud, planitud y paralelismo de la superficie de medición.

Tabla 1: Error Máximo Permitido E_{MPE} de error de contacto de superficie de medición parcial en un calibrador convencional.

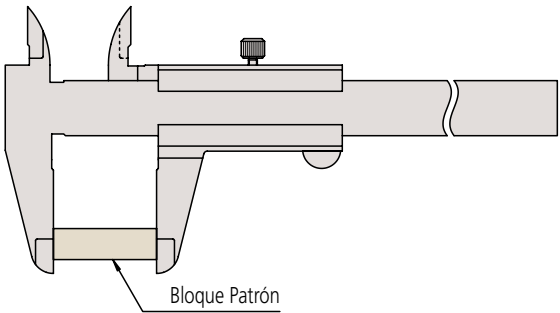


Fig. 3: Determinación del error de contacto de la superficie de medición parcial

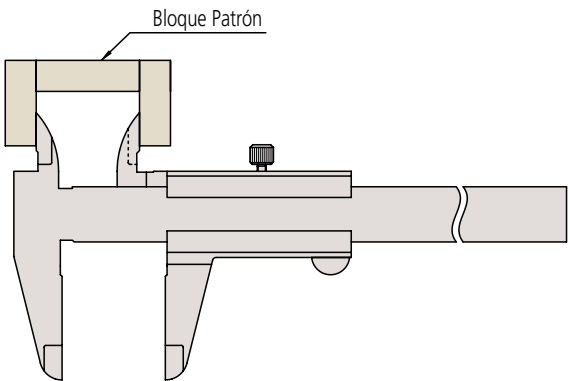


Fig. 4: Determinación del error de indicación de medición interna

Compatibilidad con ISO 13385-1:2019

La norma ISO para calibradores, ISO 13385-1, se revisó y publicó como ISO 13385-1:2019 en agosto de 2019. El punto principal de esta revisión es que cuantifica más específicamente la notación y los métodos de inspección, etc. relacionados con la exactitud del calibrador. Esta cuantificación no afecta a la calidad de los calibradores fabricados en el pasado, ya que se medían e inspeccionaban de forma consensuada y estandarizada de acuerdo con determinados métodos y criterios. Los siguientes párrafos explican puntos y cambios en la ISO 13385-1:2019 revisada.

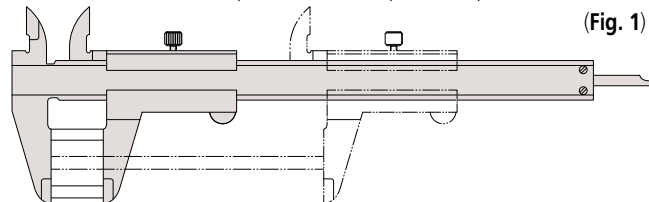
Error de contacto de superficie parcial $E_{(MPE)}$

El error de contacto de superficie parcial de un calibrador es un error de indicación aplicado a la medición exterior.

La norma ISO-2019 cuantifica para cada intervalo de medición el método y los criterios de prueba, como los puntos de prueba, la cantidad de pruebas y la disposición de las pruebas que anteriormente se dejaban a los propios criterios de los fabricantes.

(Fig. 1, Table 1)

Ejemplo) Para un calibrador con un intervalo de medición de 150 mm, la norma revisada requiere cinco o más puntos de prueba.



Número de puntos de prueba de error de contacto superficial parcial (Tabla 1)

Intervalo de medición (mm)	Número mínimo de puntos de prueba
150	5
300	6
1000	7
1000 o más	8

Además, las normas revisadas requieren pruebas en el 90 % o más de los puntos dentro del intervalo de medición del producto, así como pruebas cerca y lejos de la superficie de referencia en el punto máximo/mínimo. Por lo tanto, es importante realizar pruebas siguiendo la norma recién definida.

El siguiente es un ejemplo de medición para un calibrador de 150 mm.

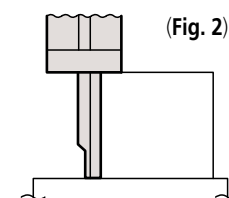
Para cumplir con la norma ISO-2019, el número mínimo de puntos de prueba es cinco para un calibrador de 150 mm. (Tabla 1)

Se necesitan cinco o más puntos de prueba para cumplir con la norma ISO-2019.

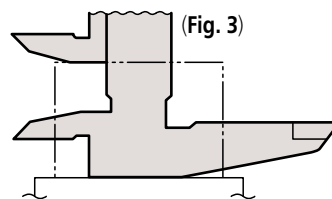
Estos incluyen pruebas en el punto máximo y mínimo, así como cerca y lejos de la superficie de referencia de la unidad de medición. Estos puntos de prueba deben sumar un total de cinco.

Error de desplazamiento $S_{(MPE)}$

El error de desplazamiento para calibradores es el error de indicación para áreas distintas a la cara de medición exterior. En la norma ISO-2019, todos los errores de medición (error de medición interior, de profundidad, de peldaño y Diá. Int.) que no sean el error de medición exterior (EMPE) son errores de cambio de escala (SMPE). Los puntos de prueba y su número se cuantificaron nuevamente a medida que se especificaba mejor el tipo de errores incluidos en el error de cambio de escala. (Fig. 2, 3, Tabla 3)



Ejemplo de medición de error de cambio de escala: medición de profundidad



Ejemplo de medición de error de cambio de escala: medición de peldaño

Ejemplo) Medición de peldaño y profundidades [ISO 13385-1:2019] (Tabla 3)

Numeración de pruebas	Punto de prueba	Patrón de referencia
1	Menos de 50 mm	Bloque patrón

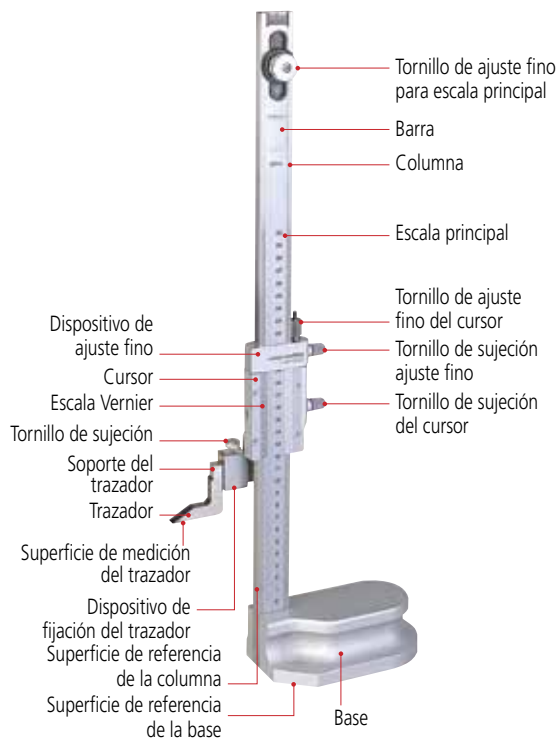
Por ejemplo, para la medición de profundidad o la medición de peldaño, la norma requiere específicamente uno o más puntos de prueba a menos de 50 mm y una disposición de prueba que utilice bloques patrón.

(Ver Tabla 3)

Medidores de Altura

Nomenclatura

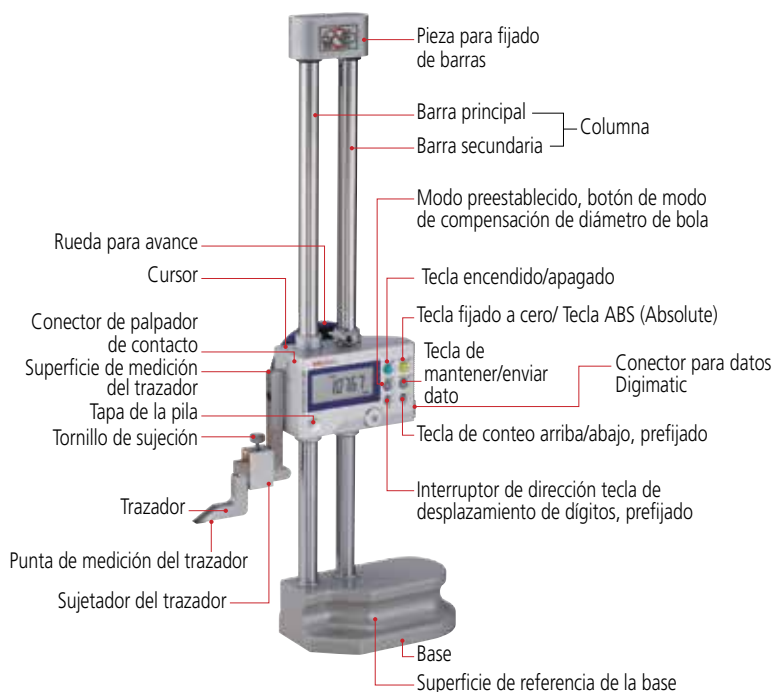
Medidor de Altura con Escala Vernier



Medidor de Alturas con Contador



Medidor de Alturas Digimatic



Perilla de avance



Palanca de sujeción del cursor



Base ergonómica

Aplicaciones de medidores de altura con accesorios opcionales y otras herramientas de medición



Accesorio de Indicador de carátula tipo palanca



Accesorio de Palpador de señal de contacto bidireccional

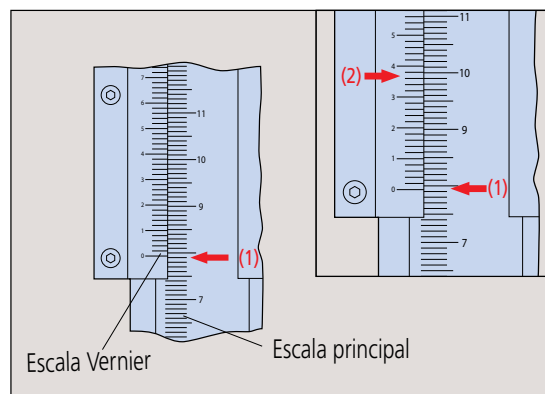


Accesorio de localizador de centros



Accesorio de medición de profundidad

Medidor de alturas Vernier

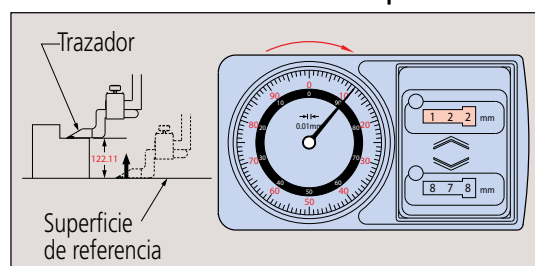


Graduación 0.02 mm

(1) Escala Principal	79.00 mm
(2) Vernier	0.36 mm
Lectura	79.36 mm

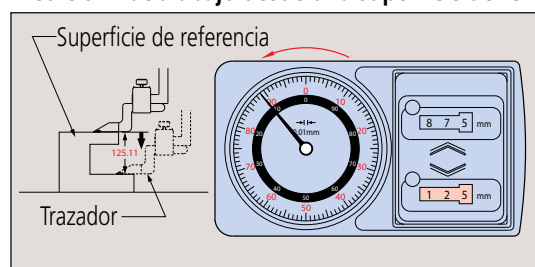
Medidor de altura digital mecánico

Medición hacia arriba desde una superficie de referencia



(1) Contador	122.00 mm
(2) Carátula	0.11 mm
Lectura	122.11 mm

Medición hacia abajo desde una superficie de referencia



(1) Contador	125.00 mm
(2) Carátula	0.11 mm
Lectura	125.11 mm

Notas generales sobre el uso de medidores de altura

1. Posibles causas de error

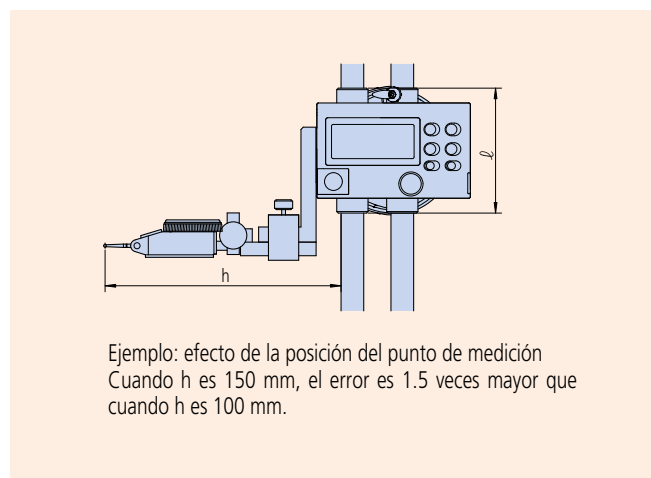
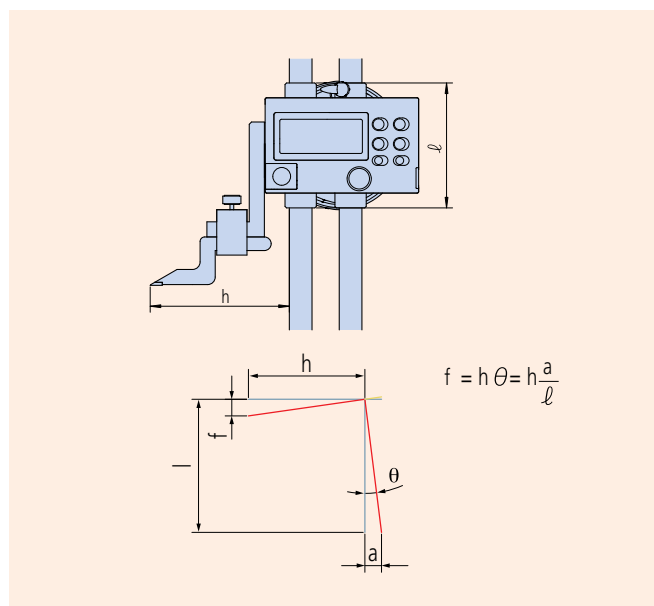
Al igual que el calibrador, los factores de error involucrados incluyen efectos de paralaje, error de medición causado por la fuerza excesiva debido al hecho de que un medidor de alturas no se ajusta al principio de Abbe, y la expansión térmica diferencial debido a la diferencia de temperatura entre el medidor de alturas y la pieza de trabajo.

También hay otros factores de error causados por la estructura del medidor de altura. En particular, los factores de error relacionados con un borde de referencia deformado y la instalación del trazador que se describen a continuación deben estudiarse antes de su uso.

2. Instalación de trazador y deformación del borde de referencia (columna)

Al igual que el calibrador, y como se muestra en la siguiente figura, se producen errores de medición, cuando se usa el medidor de altura, si la columna de referencia, que guía al trazador, se deforma. Este error se puede representar con la misma fórmula de cálculo para los errores causados por la no conformidad con el Principio de Abbe.

La instalación del trazador (o un indicador de carátula tipo palanca) requiere una consideración cuidadosa porque afecta el tamaño de cualquier error debido a una columna de referencia deformada al aumentar la dimensión h en la fórmula anterior. En otras palabras, si se utiliza un indicador de carátula tipo palanca o trazador largo opcional, el error de medición se vuelve más grande.

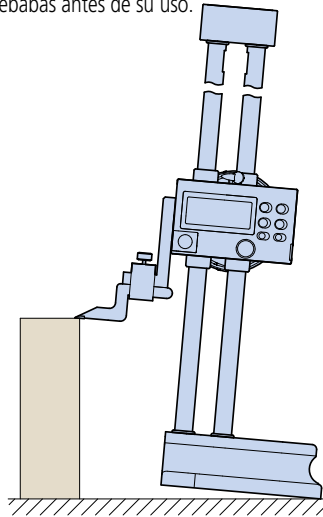


Medidores de Altura

3. Elevación de la base con respecto a la superficie de referencia

Cuando se establece la altura del trazador con un bloque patrón, o desde una característica de una pieza de trabajo, la base puede levantarse de la superficie de referencia, al aplicar fuerza excesiva hacia abajo en la rueda de avance, dando como resultado un error de medición.

Para una medición correcta, mueva la rueda de avance lentamente hacia abajo, mientras mueve la punta del trazador de un lado a otro sobre la superficie del bloque patrón. Considere la medida cuando sienta que el trazador toca ligeramente el bloque o pieza, a medida que se mueve sobre el borde de la superficie. También es necesario asegurarse de que la superficie plana de referencia y la superficie de referencia de la base del medidor de altura estén libres de polvo o rebabas antes de su uso.



4. Error por inclinación de la escala principal (columna)

De acuerdo con las normas JIS, la perpendicularidad del borde de referencia de la columna a la superficie de referencia base debe ser mejor que:

$$\left(0.01 + \frac{L}{1000}\right) \text{ mm} \quad L \text{ indica la longitud de medición (unidad: mm)}$$

Esta no es una especificación muy onerosa. Por ejemplo, el límite de la perpendicularidad permisible es de 0.61 mm cuando L es de 600 mm. Esto es debido a que este factor de error tiene una pequeña influencia y no cambia la inclinación de cursor, a diferencia de una columna deformada.

5. Relación entre la exactitud y temperatura

Los Medidores de altura están hechos de varios materiales. Tenga en cuenta que algunas combinaciones del material de la pieza de trabajo, la temperatura ambiente y la temperatura de la pieza de trabajo puede afectar la exactitud de la medición si este efecto no se permite mediante la realización de un cálculo de corrección.

6. La punta del trazador del medidor de alturas es muy filosa y debe de ser manejada con cuidado para evitar lesiones.

7. No dañe la escala del medidor de alturas digital grabando un número de identificación u otro tipo de información con rotulador eléctrico.

8. Maneje con cuidado el medidor de alturas y no lo deje caer o golpear contra algo.

Recomendaciones en el uso de medidor de alturas

1. Mantener limpia la columna, la cual guía el cursor. Si el polvo o la suciedad se acumula, se hace difícil el deslizamiento, lo que lleva a errores en el ajuste y la medición.
2. Al trazar, bloquee de forma segura el control del cursor en su posición utilizando los dispositivos de sujeción proporcionados. Es aconsejable confirmar el ajuste después de sujetar porque el acto de sujetar algunos medidores de altura puede alterar ligeramente el ajuste. Si esto es así, se debe tener en cuenta la configuración para permitir este efecto.
3. Paralelismo entre la superficie de medición del trazador y la superficie de referencia de la base debe de ser 0.01 mm o mejor. Limpie el polvo o rebabas en la superficie de montaje durante la instalación del trazador o el indicador de carátula tipo palanca antes de la medición. Mantenga la punta del trazador y otras partes firmemente fijados en su lugar durante la medición.
4. Si la escala principal del medidor de altura se puede mover, mueva según sea necesario para ajustar el punto cero, y apriete firmemente las tuercas de fijación.
5. Los errores debidos a errores de paralaje no son insignificantes. Cuando se lee un valor, siempre mire directamente las graduaciones.
6. Manejo después de su uso: Limpie completamente el agua y el aceite. Aplique ligeramente una fina capa de aceite anticorrosión y deje secar antes de guardarlo.
7. Notas sobre el almacenamiento:
Evite la luz solar directa, altas y bajas temperaturas, y alta humedad durante el almacenamiento.
Si un medidor de altura digital no se usa por más de tres meses, retire la batería antes de guardarlo.
Si es provista una cubierta protectora, utilice la cubierta durante el almacenamiento para evitar que el polvo se adhiera a la columna.

Método de evaluación del desempeño del medidor de altura

JIS B 7517 se revisó y emitió en 2018 como la norma industrial japonesa del medidor de altura, y el "Error instrumental" que indica el error de indicación del medidor de altura se cambió a "Error máximo permitido (MPE) de indicación".

El "Error instrumental" del JIS convencional adopta criterios de aceptación de que el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación, y el juicio PASA/NO PASA no incluye la incertidumbre de medición (Fig. 1).

El "Error Máximo Permitido (MPE) de indicación" del nuevo JIS emplea el concepto básico del juicio PASA / NO PASA teniendo en cuenta la incertidumbre adoptada en la norma ISO (ISO 14253-1).

La verificación de conformidad y no conformidad con las especificaciones está claramente estipulada para utilizar los criterios de aceptación reconocidos internacionalmente (aceptación simple) cuando el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación, y se acepta que el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación si una condición dada considerando la incertidumbre se cumple.

El mencionado criterio de aceptación internacionalmente reconocido es ISO / TR 14253-6: 2012 (Fig. 2).

A continuación se describe el método de inspección estándar, incluido el contenido revisado de JIS 2018.

Fig. 1 Convencional Error instrumental
JIS B 7517-1993

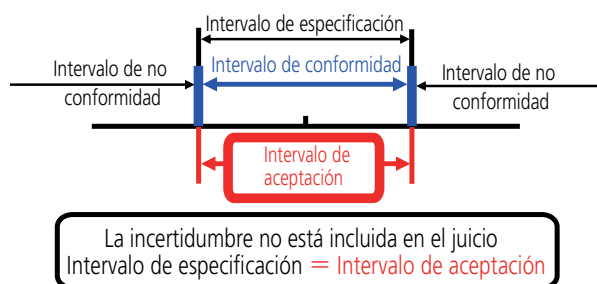
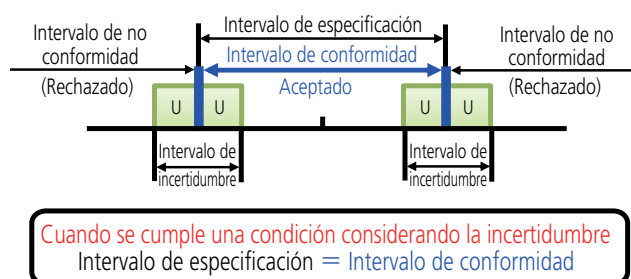


Fig. 2 Nuevo JIS Error máximo permitido (MPE)
JIS B 7517: 2018 (ISO/TR 14253-6: 2012)



Error máximo permitido de medición de altura E_{MPE} [JIS B 7517: 2018]

El error de medición de altura en un medidor de altura es el error de indicación cuando el borde de referencia (columna) es perpendicular a la superficie de referencia de la base y la dirección de contacto es hacia abajo. La **Tabla 1** muestra el error de medición de altura máximo permitido E_{MPE} .

El E_{MPE} para cualquier altura deseada se obtiene midiendo un bloque patrón, o equivalente, con un medidor de altura sobre una superficie plana de referencia (Fig. 3) y luego restando el tamaño del bloque patrón del tamaño medido.

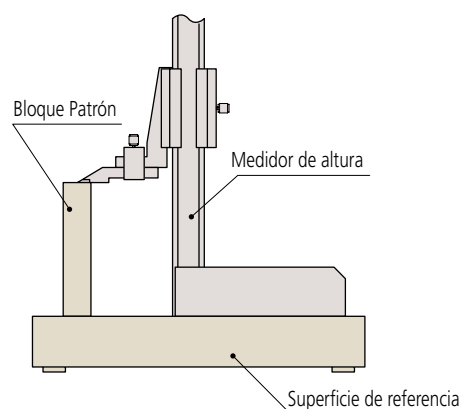
Table 1: Error máximo permitido en medición de altura E_{MPE} de un medidor de altura convencional

Unidad: mm

Altura de medición	Intervalo de escala, graduación o resolución	
	0.05	0.02 o 0.01
50 o menos	±0.05	±0.02
Más de 50, 100 o menos	±0.06	±0.03
Más de 100, 200 o menos	±0.07	
Más de 200, 300 o menos	±0.08	±0.04
Más de 300, 400 o menos	±0.09	
Más de 400, 500 o menos	±0.10	±0.05
Más de 500, 600 o menos	±0.11	
Más de 600, 700 o menos	±0.12	±0.06
Más de 700, 800 o menos	±0.13	
Más de 800, 900 o menos	±0.14	±0.07
Más de 900, 1000 o menos	±0.15	

Nota: E_{MPE} incluye el error de medición que surge de la rectitud, la planitud de la superficie de medición y el paralelismo con la superficie de referencia.

Fig. 3: Determinación del error de medición de altura



El "Error instrumental" que indica el error de indicación de JIS se ha cambiado a "Error máximo permitido (MPE) de indicación" para los siguientes modelos:

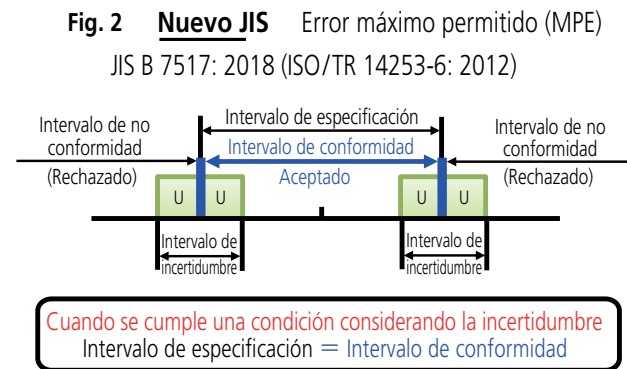
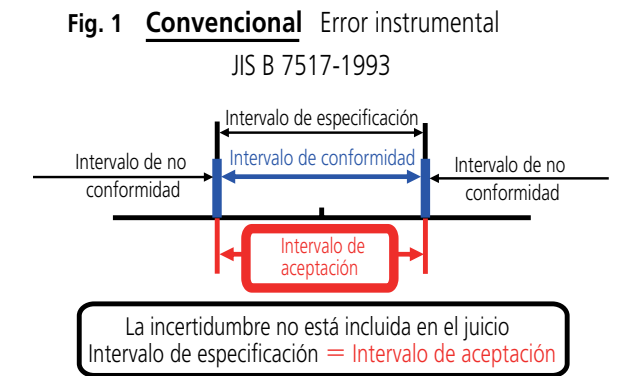
- **Serie 192 Medidor de alturas Digimatic** descrito en la página D-43 (Todos los modelos)
- **Serie 570 Medidor de alturas Digimatic ABSOLUTE** descrito en la página D-45 (Todos los modelos)
- **Serie 570 Medidor de alturas Digimatic** descrito en la página D-47 (Todos los modelos)
- **Serie 514, 506 Medidor de altura estándar con escala principal ajustable** descrito en la página D-49 (Todos los modelos)
- **Serie 192 Con contador digital** descrito en la página D-50 (Todos los modelos)

Medidores de profundidad

Método de evaluación del desempeño del medidor de profundidad

JIS B 7518 se revisó y emitió en 2018 como la Norma Industrial Japonesa de medidor de profundidad, y el "Error instrumental" que indica el error de indicación del medidor de profundidad se ha cambiado a "Error máximo permitido (MPE) de indicación".

El "error instrumental" del antiguo JIS adopta el criterio de aceptación de que el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación, y el juicio PASA / NO PASA no incluye la incertidumbre de la medición. (Fig. 1) El "Error Máximo Permitido (MPE) de indicación" del nuevo JIS emplea el concepto básico del juicio PASA / NO PASA teniendo en cuenta la incertidumbre adoptada en la norma ISO (ISO 14253-1). La verificación de conformidad y no conformidad con las especificaciones está claramente estipulada para utilizar los criterios de aceptación reconocidos internacionalmente (aceptación simple) cuando el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación, y se acepta que el intervalo de especificación es igual al intervalo de aceptación si una condición dada considerando la incertidumbre se cumple. El mencionado criterio de aceptación internacionalmente reconocido es ISO / TR 14253-6: 2012 (Fig. 2). A continuación se describe el método de inspección estándar, incluido el contenido revisado de JIS de 2018.



Error máximo permitido de medición de profundidad E_{MPE} [JIS B 7518: 2018]

El error máximo permitido E_{MPE} de un medidor de profundidad es un error de indicación aplicado a la medición de profundidad.

La **Tabla 1** muestra el error máximo permitido E_{MPE} del valor indicado del error de contacto de la superficie de medición parcial.

El E_{MPE} para cualquier altura deseada se obtiene midiendo la altura de dos bloques patrón de igual longitud, o equivalente, con un medidor de altura en una superficie de referencia (Fig. 3) y luego restando el tamaño del bloque patrón del tamaño medido.

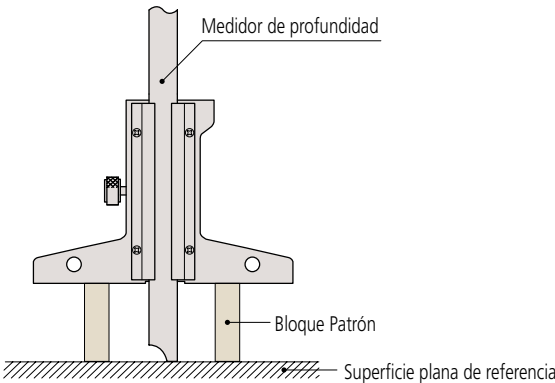
Tabla 1: Error máximo permitido E_{MPE} de un medidor de profundidad convencional

Unidad: mm

Profundidad de medición	Intervalo de escala, graduación o resolución	
	0.05	0.02 o 0.01
50 o menos	± 0.05	± 0.02
Más de 50, 100 o menos	± 0.06	± 0.03
Más de 100, 200 o menos	± 0.07	
Más de 200, 300 o menos	± 0.08	± 0.04
Más de 300, 400 o menos	± 0.09	
Más de 400, 500 o menos	± 0.10	± 0.05
Más de 500, 600 o menos	± 0.11	

Nota: E_{MPE} incluye el error de medición que surge de la rectitud, la planitud de la superficie de medición y el paralelismo con la superficie de referencia.

Fig. 3: Determinación del contacto de la cara de medición parcial



El "Error instrumental" que indica el error de indicación de JIS se ha cambiado a "Error máximo permitido (MPE) de indicación" para los siguientes modelos:

- **Serie 571 Medidor de profundidad Digimatic ABSOLUTE** descrito en la página D-64 (Todos los modelos)
- **Serie 527 Medidor de profundidad Vernier** descrito en la página D-65 (Todos los modelos)
- **Serie 527, 571 Tipo de extremo de gancho** descrito en la página D-66 (Todos los modelos)
- **Serie 571 Mini Medidor de profundidad** descrito en la página D-67 (Todos los modelos)

Bloques Patrón

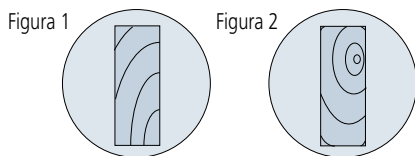
Definición del medidor

La 17ª Conferencia General de pesos y medidas en 1983 decidió una nueva definición de la unidad métrica como la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en un vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ de un segundo. El bloque patrón es la realización práctica de esta unidad y como tal es utilizada ampliamente por toda la industria.

Selección, Preparación y Montaje de una Pila de Bloques Patrón

Seleccione los bloques patrón que se combinarán para formar el tamaño requerido para la pila.

- (1) Tenga en cuenta lo siguiente al seleccionar bloques patrón.
 - a. Utilice el número mínimo de bloques siempre que sea posible.
 - b. Seleccione bloques patrón gruesos siempre que sea posible.
 - c. Seleccione el tamaño del que tiene el dígito menos significativo requerido, y luego trabaje hacia atrás a través de los dígitos más significativos.
- (2) Limpie los bloques patrón con un agente de limpieza apropiado.
- (3) Verifique las caras de medición en busca de rebabas utilizando un plano óptico de la siguiente manera:

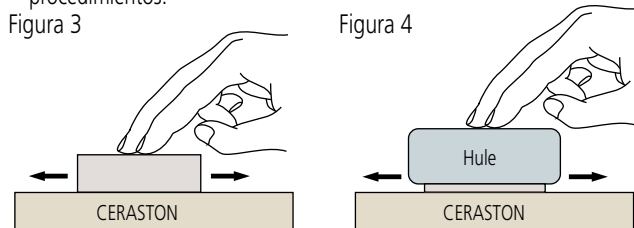


- a. Limpie cada cara de medición.
- b. Coloque con cuidado el plano óptico en la cara de medición del bloque patrón.
- c. Deslice suavemente el plano óptico hasta que aparezcan franjas de interferencia.

Juicio 1: Si no aparecen franjas de interferencia, se supone que hay una gran rebaba o contaminante en la cara de medición.
- d. Presione ligeramente el plano óptico para verificar que desaparezcan las franjas de interferencia.

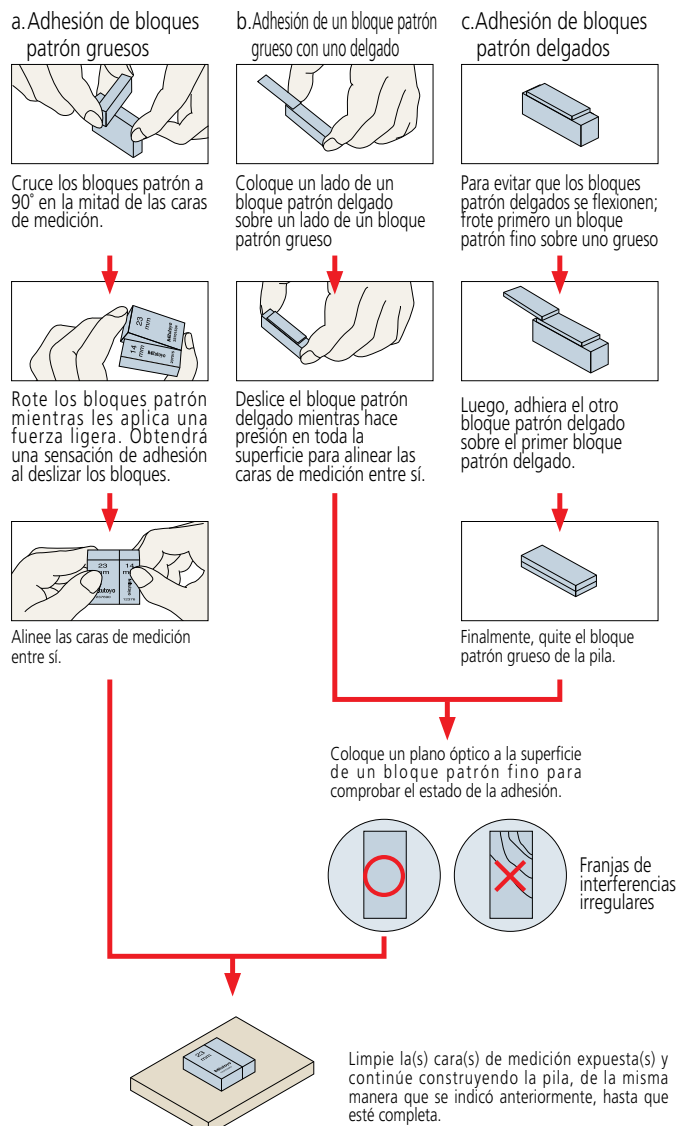
Juicio 2: Si desaparecen las franjas de interferencia, no existe rebaba en la cara de medición.

Juicio 3: Si algunas franjas de interferencia permanecen localmente mientras el plano se mueve suavemente de un lado a otro, existe una rebaba en la cara de medición. Si las franjas se mueven junto con el plano óptico, hay una rebaba en el plano óptico.
- e. Elimine las rebabas, consulte las figuras a continuación para ver los procedimientos.



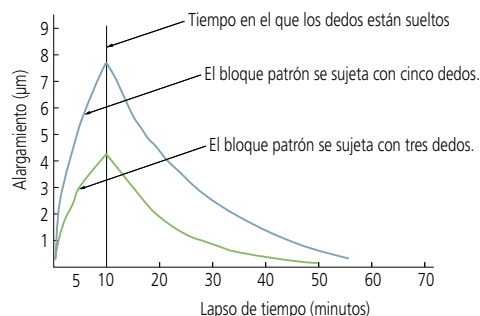
- (1) Limpie el polvo y las películas de aceite del bloque patrón y del Ceraston con un solvente.
- (2) Coloque el bloque patrón en el Ceraston de modo que la cara de medición que tiene rebabas quede sobre la superficie abrasiva de la piedra. Mientras aplica una ligera presión, mueva el bloque patrón de un lado a otro unas diez veces (Fig. 3). Utilice una pieza de hule para bloques patrón delgados para aplicar una presión uniforme (Fig. 4).
- (3) Verifique la cara de medición con un plano óptico. Si las rebabas no han sido removidas repita el paso(2). Si las rebabas son demasiado grandes, no se pueden remover con una piedra de asentar. Si es así deseche el bloque patrón
- (4) Aplique una cantidad muy pequeña de aceite en la cara de medición y extiéndalo uniformemente por toda la cara. (Limpia la cara hasta que casi se elimine la película de aceite). Comúnmente se usan grasa, aceite para husillos, vaselina, etc.

- (5) (Superponga suavemente las caras de los bloques patrón que se van a unir. Hay tres métodos para usar (a, b y c como se muestra a continuación) de acuerdo con el tamaño de los bloques que se unen:



Tiempo de Estabilización Térmica

La siguiente figura muestra el grado de cambio dimensional cuando se maneja un bloque patrón de acero de 100 mm con las manos desnudas.



Indicadores de Carátula, Indicadores Digitales e Indicadores tipo palanca

Nomenclatura

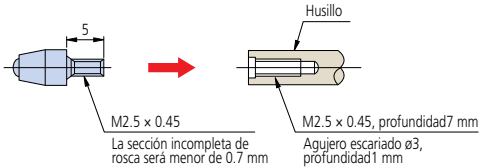


Montaje de un indicador de Carátula

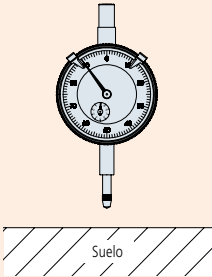
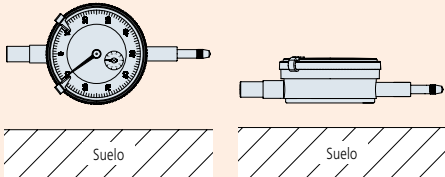
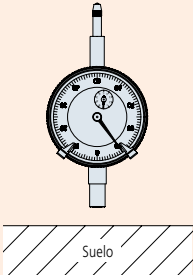
Montaje por el vástago	Método	Sujeta el vástago directamente con un tornillo	
	Nota	• Sujeta el vástago mediante una brida ajustable: $\varnothing 8G7 (+0.005 \text{ a } 0.02)$ • Tornillo de sujeción: M4 a M6 • Posición de sujeción: 8 mm o más desde el borde inferior del vástago • Torque de sujeción máxima: 150 N-cm cuando se sujeta con un tornillo simple M5 • Tener en cuenta que el torque excesivo podría afectar negativamente al movimiento del husillo	• Tolerancia del orificio de montaje: $\varnothing 8G7 (+0.005 \text{ a } 0.02)$
Montaje por la tapa con oreja	Método	Tornillo M6 Roldana plana	
	Nota	• Se puede cambiar la orientación de la tapa con oreja 90 grados de acuerdo con la aplicación. (La tapa con oreja se coloca horizontalmente a la hora del envío.) • Sin embargo, las tapas con oreja de la Serie 1 modelos (No.1911A-10, 1913A-10 y 1003A), no se pueden cambiar de la posición horizontal. • Para evitar el error del efecto coseno, asegurarse de que el indicador de carátula se monte con su husillo en línea con la dirección de medición prevista.	

Punta de contacto

- La rosca del tornillo está estandarizada en M2.5 x 0.45 (Longitud: 5 mm).
- La sección incompleta de rosca en la raíz del tornillo será menor de 0.7 mm al fabricar una punta de contacto.

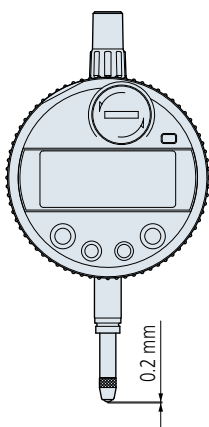


Orientación de medición

	Posición	Observaciones
Posición vertical (punta de contacta hacia abajo)		—
posición lateral (husillo horizontal)		Si la medición se realiza en orientación lateral o invertida, la fuerza de medición es menor que en la orientación vertical. En este caso, asegúrese de comprobar el funcionamiento y la repetibilidad del indicador. Para conocer las especificaciones de operación garantizada de acuerdo con la orientación de operación, consulte las descripciones específicas del producto en el catálogo.
Posición invertida (punto de contacto hacia arriba)		

Ajuste del origen de un indicador digital

La especificación en el intervalo de 0.2 mm desde el fin del recorrido no se garantiza para los indicadores digitales. Cuando se ajuste el punto cero o se establezca previamente un valor específico, asegurarse de elevar el husillo al menos 0.2 mm from desde el fin del recorrido.

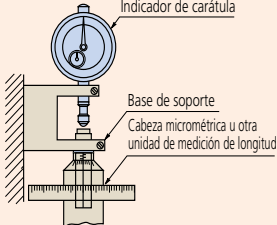
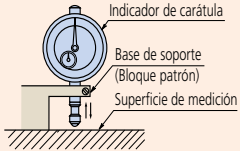
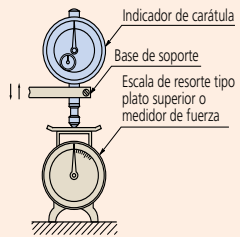


Cuidado del husillo

- No lubrique el husillo. Si lo hiciera podría causar que se acumule polvo, dando como resultado un funcionamiento defectuoso.
- Si el movimiento del husillo es defectuoso, limpie las superficies superior e inferior del husillo con un paño seco o empapado en alcohol. Si no se mejora el movimiento limpiando, póngase en contacto con Mitutoyo para la reparación.
- Antes de realizar una medición o calibración, por favor confirme si el husillo se desplaza hacia arriba y hacia abajo suavemente y la estabilidad del punto cero.

Indicadores de Carátula, Indicadores Digitales e Indicadores tipo palanca

Indicador de Carátula B7503 : 2017 (Extracto de la Norma Industrial Japonesa / JIS)

Artículo	Modelo	Método de medición (punto cero fijo)	Método de evaluación (evaluación del desempeño moviendo el punto cero)	Ejemplos de medición
Error de indicación	Error de indicación en todo el intervalo de medición	Coloque el indicador de carátula en el soporte y lea el error de indicación*1 del siguiente punto mientras retrae gradualmente el husillo.	Obtenga la diferencia entre los valores máximo y mínimo del error de indicación de todos los puntos de medición en las direcciones de retracción y extensión.	
	Error de indicación de 1/10 de revolución	- Cada 1/10 de revolución para las dos primeras revoluciones*2 - Cada media revolución de dos a cinco revoluciones	Durante las dos primeras revoluciones en las direcciones de retracción y extensión, obtenga la diferencia máxima del error de indicación entre los puntos de medición adyacentes por 1/10 de revoluciones*3.	
	Error de indicación de 1/2 revolución	- Cada revolución de cinco a diez revoluciones - Cada cinco revoluciones de 10 a 50 revoluciones	Durante las primeras cinco revoluciones en las direcciones de retracción y extensión, obtenga la diferencia máxima de los errores de indicación máximos y mínimos sobre el intervalo de medición por 1/2 revolución.	
	Error de indicación de 1 revolución	- Cada diez revoluciones después de 50 revoluciones Luego, después de retraer el husillo por más de tres graduaciones de la manecilla larga, extienda el husillo gradualmente y lea el error de indicación en el mismo punto de medición en la dirección de retracción.	Durante las primeras diez revoluciones en ambas direcciones de retracción y extensión, obtenga la diferencia máxima de los errores de indicación máximos y mínimos sobre el intervalo de medición por una revolución.	
Error de retroceso	Indicador de carátula de una revolución e indicador de carátula de múltiples revoluciones	Obtenga la diferencia máxima de todos los puntos de medición en referencia al error de indicación en el mismo punto de medición tanto en dirección hacia adelante como hacia atrás.		
Repetibilidad		Coloque el indicador de carátula en la base del soporte, retraiga el husillo a la posición deseada dentro del intervalo de medición. Luego, extienda el husillo rápida y lentamente cinco veces y lea cada valor.	Obtenga la diferencia máxima entre cinco valores de indicación.	
Fuerza de medición	Indicador de carátula de una revolución e indicador de carátula de múltiples revoluciones	Coloque el indicador de carátula en el soporte, retraiga y extienda el husillo de forma continua y gradual, y lea la fuerza de medición en los puntos cero y final.	Obtenga la fuerza de medición máxima, la fuerza de medición mínima y la diferencia de la fuerza de medición en las direcciones de retracción y extensión en el mismo punto de medición.	

*1: Para saber cómo leer el error de indicación, lea la cantidad de entrada del instrumento de medición alineando la manecilla larga con la graduación, o lea el valor de indicación del indicador de carátula de acuerdo con la cantidad de movimiento del instrumento de medición.

*2: Con el indicador de carátula de una revolución, lea el error de indicación por 10 graduaciones.

*3: Con el indicador de carátula de una revolución, obtenga la diferencia máxima del error de indicación en el intervalo de 10 graduaciones adyacentes.

Error máximo permitido de indicación

		Error máximo permitido (MPE) por características de medición -- indicadores de carátula con arillo de diámetro 50mm o más												Error máximo permitido de indicación (MPE) por características de medición --indicadores de carátula con arillo de diámetro 50mm o menos e indicadores de carátula tipo tapa con oreja							
Graduación (mm)		0.01								0.005	0.001				0.01				0.005	0.002	0.001
Intervalo de medición (mm)		1 o menos	Más de 1 y hasta 3	Más de 3 y hasta 5	Más de 5 y hasta 10	Más de 10 y hasta 20	Más de 20 y hasta 30	Más de 30 y hasta 50	Más de 50 y hasta 100	5 o menos	1 o menos	Más de 1 y hasta 2	Más de 2 y hasta 5	1 o menos	Más de 1 y hasta 3	Más de 3 y hasta 5	Más de 5 y hasta 10	5 o menos	1 o menos	1 o menos	
Error de retroceso		3	3	3	3	5	7	8	9	3	2	2	3	4	4	4	5	3.5	2.5	2	
Repetibilidad		3	3	3	3	4	5	5	5	3	0.5	0.5	1	3	3	3	3	3	1	1	
Error de indicación	1/10 revolución arbitraria	5	5	5	5	8	10	10	12	5	2	2	3.5	8	8	8	9	6	2.5	2.5	
	1/2 revolución arbitraria	8	8	9	9	10	12	12	17	9	3.5	4	5	11	11	12	12	9	4.5	4	
	Una revolución arbitraria	8	9	10	10	15	15	15	20	10	4	5	6	12	12	14	14	10	5	4.5	
	Intervalo de medición completo	8	10	12	15	25	30	40	50	12	5	7	10	15	16	18	20	12	6	5	

Nota 1: El error máximo permitido (MPE) para indicadores de carátula de una revolución no especifica el error de indicación de 1/2 y 1 revolución arbitraria.

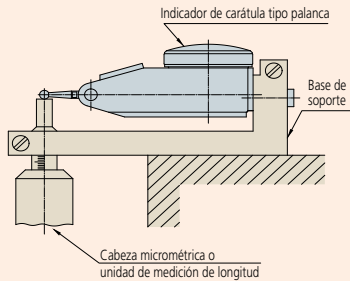
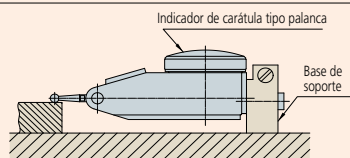
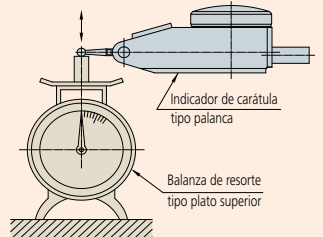
Nota 2: El MPE representa el valor a 20 °C, que JIS B 0680 define como temperatura estándar.

Nota 3: Las características de medición de un indicador de carátula deben cumplir tanto el error máximo permitido (MPE) como los límites permitido de fuerza de medición (MPL) en cualquier posición dentro del intervalo de medición en cualquier postura cuando las características de medición no están especificadas por el fabricante.

Respuesta de Mitutoyo al indicador de carátula Norma B 7503 : 2017

- Garantizamos la exactitud de los productos terminados inspeccionándolos en posición vertical. El certificado de inspección adjunto estándar incluye datos de inspección.
- Emitimos certificados de inspección pagados para postura horizontal o inversa si se requiere.
- Se dice que, para la evaluación de la compatibilidad con las especificaciones, se aplicará JIS B 0641-1 o los criterios donde el intervalo de especificación reconocido internacionalmente y el intervalo OK sean iguales. Asimismo, se dice que se prefiere evaluar la incertidumbre con base en la norma ISO 14253-2 y la Guía ISO/IEC 98-3. Por lo tanto, realizamos la inspección de envío de indicadores de carátula que incluye la incertidumbre de calibración como en el pasado.

Indicador de carátula tipo palanca Norma B7533: 2015 (Extracto de JIS/Normas industriales japonesas)

No.	Artículo	Método de medición	Punto de medición	Método de evaluación	Diagrama
1	Error de indicación en todo el intervalo de medición (en la dirección de avance)	Sosteniendo el indicador tipo palanca, defina el punto de referencia cerca del punto de reposo de la punta de contacto donde la indicación y el error de indicación se establecen en cero.	Por 10 graduaciones en dirección hacia adelante y hacia atrás desde el punto de referencia hasta el punto final.	Obtenga la diferencia entre los valores máximo y mínimo del error de indicación de todos los puntos de medición en la dirección de avance.	
2	Error de indicación de 10 graduaciones	Luego, mueva la punta de contacto hacia adelante y lea el error de indicación en cada punto de medición.		En la dirección de avance desde el punto de referencia hasta el punto final, obtenga la diferencia máxima del error de indicación entre los puntos de medición adyacentes por 10 graduaciones.	
3	Error de indicación de 1 revolución	A continuación, después de mover la punta de contacto durante más de tres graduaciones desde el final del intervalo de medición, mueva la punta de contacto hacia atrás y lea el error de indicación en el mismo punto de medición hacia adelante.		En la dirección de avance desde el punto de referencia hasta el punto final, obtenga la diferencia máxima de los errores de indicación máximos y mínimos que se leerán mediante el método de punto cero fijo en el intervalo de medición por 1 revolución.	
4	Error de retroceso	(La dirección de avance es la dirección contraria a la fuerza de medición hasta el punto de contacto del indicador de carátula accionado por palanca; la dirección de retroceso es la dirección aplicada de la fuerza de medición).		Obtenga la diferencia máxima en referencia al error de indicación en el mismo punto de medición tanto en dirección hacia adelante como hacia atrás entre todos los puntos de medición.	
5	Repetibilidad	Sosteniendo el indicador de carátula tipo palanca con su punta paralela a la cara superior de la plataforma de medición, mueva el punto de contacto rápida y lentamente cinco veces a la posición deseada dentro del intervalo de medición y lea la indicación en cada punto.	En puntos arbitrarios dentro del intervalo de medición	Obtenga la diferencia máxima de los cinco valores medidos.	
6	Fuerza de medición	Sosteniendo el indicador de carátula tipo palanca, mueva la punta de contacto hacia adelante y hacia atrás de forma continua y gradual, y lea la fuerza de medición en el intervalo de medición.	Punto de referencia y punto final dentro del intervalo de medición	Obtenga los valores máximo y mínimo en referencia a la fuerza de medición.	

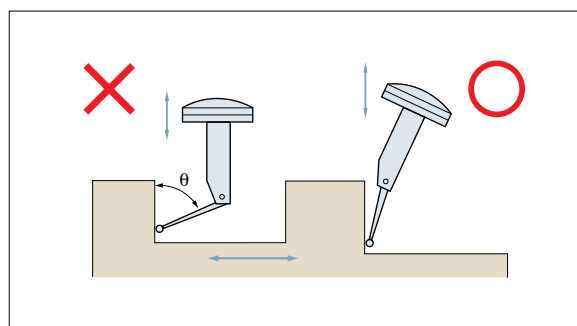
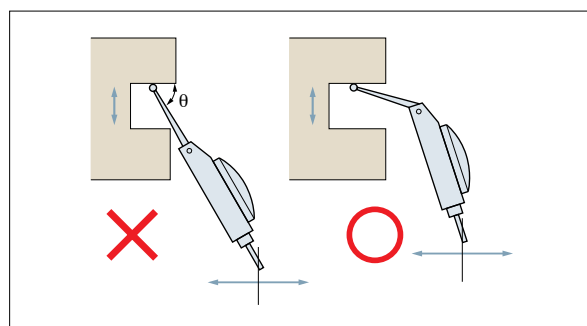
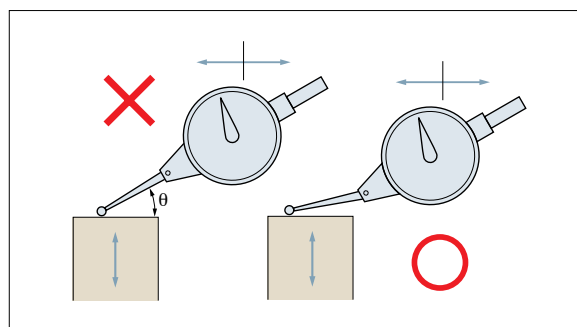
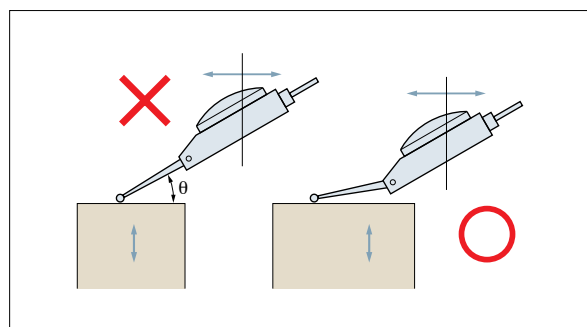
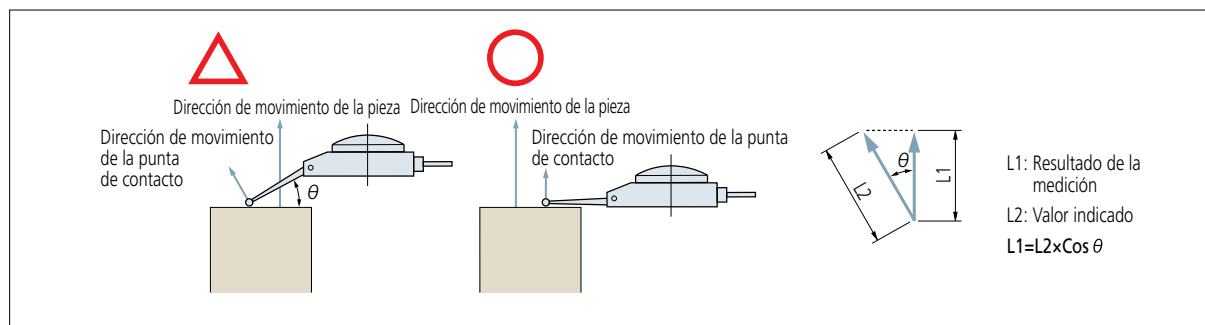
● Error máximo permitido y límites permitidos

Graduación (mm)		0.001/0.002			0.01		
Revolución		1 revolución	Multi-revolución		1 revolución	Multi-revolución	
Intervalo de medición (mm)		0.3 o menos	Más de 0.3, hasta 0.5	Más de 0.5, hasta 0.6	0.5 o menos	Más de 0.5, hasta 1.0	Más de 1.0, hasta 1.6
Error de indicación en un intervalo de	Intervalo de medición (μm)	4	6	7	6	9	16
	Una revolución (μm)	—	5	5	—	—	10
	10 divisiones de escala (μm)	2	2	2	5	5	5
Error de retroceso (μm)		3	4	4	4	5	5
Repetibilidad (μm)		1	1	1	3	3	3
Fuerza de medición (N)	Máximo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Mínimo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Indicadores de Carátula, Indicadores Digitales e Indicadores tipo palanca

Indicadores de Carátula y el efecto coseno

Siempre minimice el ángulo entre las direcciones de movimiento durante el uso.



La lectura de cualquier indicador no representará una medición exacta si su dirección de medición no está alineada con la dirección de medición prevista (efecto coseno). Debido a que la dirección de medición de un indicador de carátula está en ángulo recto con una línea trazada a través de la punta de contacto y el pivote de la aguja, este efecto se puede minimizar configurando la aguja para minimizar el ángulo θ (como se muestra en las figuras). Si es necesario, la lectura de la carátula se puede compensar con el valor real θ usando la tabla a continuación para dar el resultado de la medición. Resultado de la medición = valor indicado x valor de compensación

Compensación de un ángulo distinto de cero

Ángulo	Valor de compensación
10°	0.98
20°	0.94
30°	0.87
40°	0.77
50°	0.64
60°	0.50

Ejemplos

Si se indica una medida de 0.002 mm en la carátula en varios valores de θ , el resultado de las mediciones son:
 Para $\theta = 10^\circ$, $0.002 \text{ mm} \times 0.98 = 0.00196 \text{ mm}$
 Para $\theta = 20^\circ$, $0.002 \text{ mm} \times 0.94 = 0.00188 \text{ mm}$
 Para $\theta = 30^\circ$, $0.002 \text{ mm} \times 0.87 = 0.00174 \text{ mm}$

Respuesta de Mitutoyo al indicador de carátula tipo de palanca B 7533 : 2015

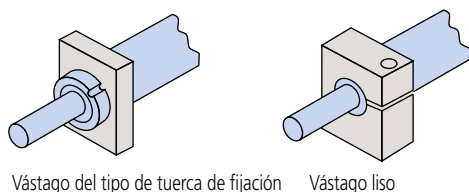
- En la inspección del producto terminado, la exactitud se garantiza utilizando el indicador de carátula de tipo horizontal, inclinado y vertical con la cara de la carátula hacia arriba; el tipo paralelo con su carátula colocada en orientación vertical. El certificado de inspección adjunto incluye datos de inspección.
- El certificado de inspección para otras posturas que no sean las anteriores está disponible por una tarifa.
- Se dice que, para la evaluación de la compatibilidad con las especificaciones, se aplicarán los criterios basados en JIS B 0641-1 o ISO/TR14253-6. Además, se dice que se prefiere evaluar la incertidumbre con base en la norma ISO 14253-2 y la Guía ISO/IEC 98-3. Por lo tanto, realizamos la inspección de envío de indicadores de carátula que incluye la incertidumbre de calibración como en el pasado.
- Para tipos universales y de bolsillo, realizamos la inspección del producto terminado según JIS B 7533-1990.

Linear Gages

Cabeza

Vástago Liso y Vástago con Tuerca de Fijación

El vástago que se usa para montar una cabeza de Linear Gage se clasifica como "tipo liso" o "tipo de tuerca de fijación" tal como se ilustra abajo. El vástago con tuerca de sujeción permite una sujeción rápida y segura de la cabeza del Linear Gage. El vástago liso tiene la ventaja de una aplicación amplia y un ajuste posicional ligero en la dirección axial en la instalación final, aunque requiere un arreglo de brida ajustable o fijación con adhesivo. Sin embargo, tenga cuidado de no ejercer una fuerza excesiva en el vástago.



Fuerza de Medición

Esta es la fuerza ejercida en una pieza durante la medición por la punta de contacto del medidor lineal, al final del recorrido, expresado en Newtons.

Medición Comparativa

Un método de medición donde se encuentra una dimensión de la pieza de trabajo midiendo la diferencia en tamaño entre la pieza de trabajo y un patrón que representa la dimensión nominal de la pieza de trabajo.

Código de Protección Contra el Ingreso

Código de protección IP54

Tipo	Nivel	Descripción
Protege el cuerpo humano y protege contra los objetos extraños	5: Protegido contra el polvo	Protección contra el polvo nocivo
Protege contra la exposición al agua	4: Tipo contra salpicaduras	La salpicadura de agua contra la cubierta desde cualquier dirección no tendrá efecto nocivo

Código de protección IP66

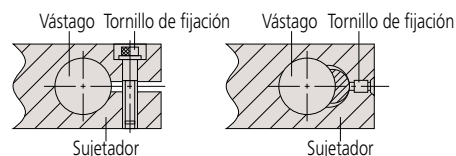
Tipo	Nivel	Descripción
Protección contra el contacto con el cuerpo humano y objetos extraños	6: Hermético al polvo	Protección contra la entrada de polvo Protección completa contra el contacto
Protege contra la exposición al agua	6: Tipo resistente al agua	Los chorros de agua dirigidos contra la cubierta desde cualquier dirección no tendrán efectos nocivos

Precauciones al Montar una Cabeza de medición

- Inserte el vástago en el montaje de sujeción de una unidad de medición o un soporte y apriete el tornillo de fijación.
- Tenga en cuenta que un apriete excesivo del vástago puede causar problemas con el funcionamiento del husillo.
- No utilice nunca un método de montaje en el que el vástago se sujete por contacto directo con un tornillo.
- No monte nunca un linear gage por una parte que no sea el vástago.
- Monte la cabeza de medición de tal forma que esté en línea con la dirección prevista de medición. El montar la cabeza en ángulo a esta dirección producirá un error en la medición.
- Tenga cuidado de no jalar el medidor por el cable.

Precauciones al Montar la Serie LGH

Para fijar la Holoescala Láser, inserte el vástago en el soporte o dispositivo especial.



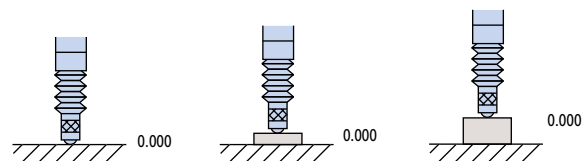
Diámetro de orificio recomendado en el lado de fijación: 15 mm +0.034/-0.014

- Maquine el orificio de sujeción para que su eje esté paralelo a la dirección de medición. Montar el medidor en ángulo causará un error de medición.
- Cuando fije la Holoescala Láser, no sujete el vástago muy fuerte. Un apriete excesivo del vástago podría perjudicar la capacidad de deslizamiento del husillo.
- Si se realiza la medición mientras se mueve la Holoescala Láser, montarla de tal forma que el cable no se deforme y que no se ejerza ninguna fuerza indebida a la cabeza del medidor.

Unidad de Conteo

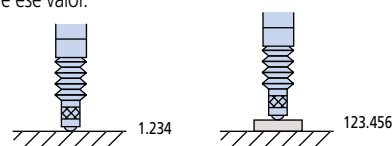
Ajuste del cero

Se puede fijar un valor de conteo en 0 (cero) en cualquier posición del husillo.



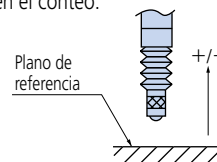
Prefijado

Se puede fijar cualquier valor numérico en la unidad de conteo para iniciar el conteo desde ese valor.



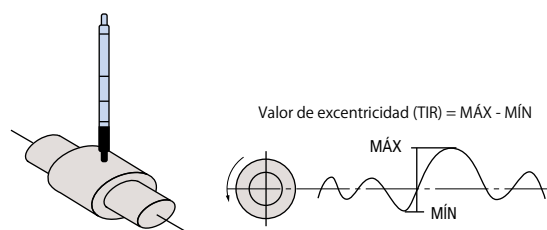
Cambio de dirección

Se puede fijar la dirección de medición del husillo del medidor tanto en más (+) como en menos (-) en el conteo.



Ajustes de MÁX, MÍN, TIR

La unidad de visualización puede contener los valores máximo (MAX) y mínimo (MIN), y el valor de excentricidad (TIR) durante la medición.



Linear Gages

Ajuste de Tolerancia

Se pueden fijar los límites de tolerancia en diversas unidades de visualización para indicar automáticamente si una medición está dentro de esos límites.

Salida BCD

Un sistema para sacar los datos en anotación decimal de código binario

Salida RS-232C

Una interfaz de comunicación en serie en la que los datos se pueden transmitir bidireccionalmente bajo las Normas EIA.

Para el procedimiento de transmisión, remítase a las especificaciones de cada instrumento de medición.

Salida de Colector Abierto

Una carga externa, tal como un relevador o un circuito lógico, se pueden accionar desde la salida del colector de un transistor interno el cual está autocontrolado por un resultado de Criterio de Tolerancia, etc.

Código Digimatic

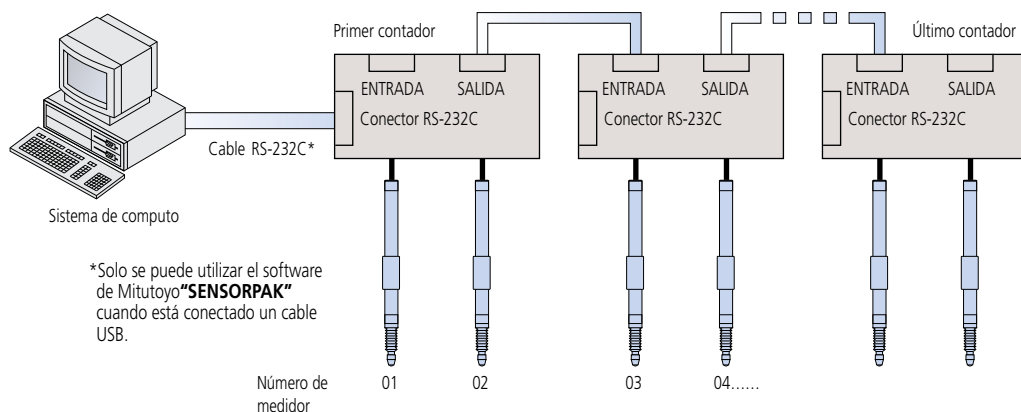
Un protocolo de comunicación para conectar la salida de las herramientas de medición con diversas unidades procesadoras de datos de Mitutoyo.

Esto permite la conexión de salida a Minip procesador Digimatic **DP-1VA LOGGER** para realizar diversos cálculos estadísticos y crear histogramas, etc.

Función RS Link La medición multipuntos se puede realizar conectando contadores múltiples EH o EV con cables RS Link.

RS Link para Contador EH

Se puede conectar un máximo de 10 contadores y manejar hasta 20 canales de mediciones múltipunto a la vez. Utilice, para esta conexión, un cable especial RS Link **No.02ADD950** (0.5m), **No.936937** (1m) o **No.965014** (2m). (La longitud total de los cables of RS Link permitida para todo el sistema es de hasta 10 m)



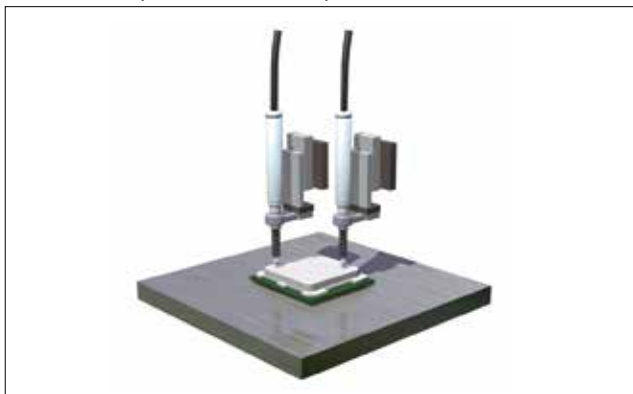
Linear Gages

Ejemplos de mediciones

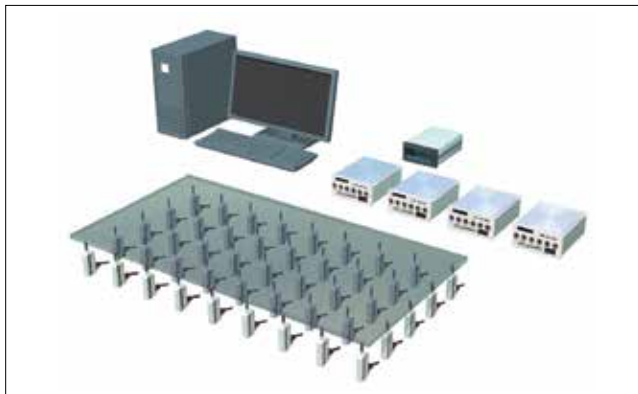
Detección de espacio entre rodillos



Medición del paralelismo de Chip



Medición multipunto de placa FPD



Medición del desplazamiento del árbol de levas



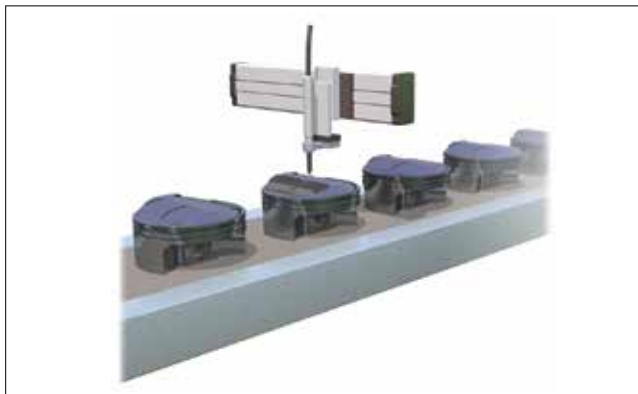
Medición multipunto del disco de freno



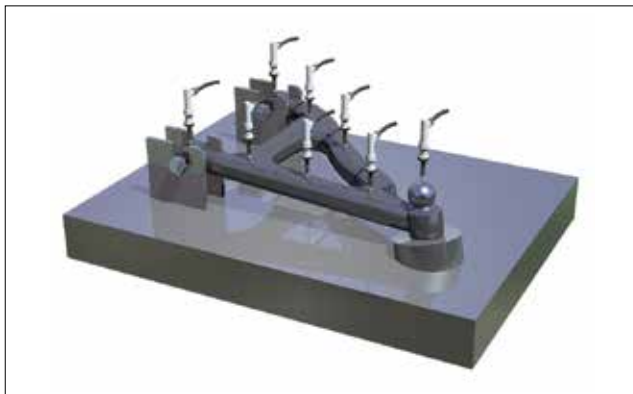
Procesamiento de medición de longitud en una máquina herramienta



Discriminación de la pieza de trabajo



Dispositivo de inspección



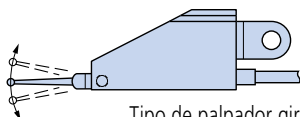
Palpador Electrónico

Palpador

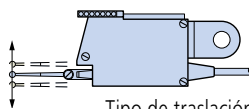
Un sensor que convierte el movimiento de una punta de contacto o émbolo, en una señal eléctrica.

Palpadores de palanca

Los palpadores de palanca están disponibles en dos tipos. El tipo más común usa una punta giratoria para que la punta de contacto se mueva en un arco circular; este tipo está sujeto al efecto coseno y, por lo tanto, las mediciones pueden requerir corrección de linealidad si la dirección de medición es muy diferente a la dirección de movimiento del punto de contacto. El tipo menos común usa un mecanismo paralelo de traslación de ballesta para que el movimiento del punto de contacto sea lineal; Este tipo no requiere corrección.



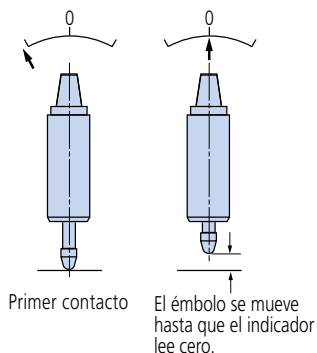
Tipo de palpador giratorio
MLH-521 (la dirección de medición se puede cambiar con la palanca arriba / abajo)
MLH-522 (la dirección de medición no es conmutable)



Tipo de traslación paralela
MLH-326 (la dirección de medición se puede cambiar con la carátula superior)

Pre-recorrido

La distancia desde el primer contacto con una pieza de trabajo hasta que el indicador de medición indique cero.



Primer contacto

El émbolo se mueve hasta que el indicador lee cero.

Fuerza de medición

La fuerza aplicada a la pieza de trabajo por el palpador cuando el indicador registra cero. Está indicado en newtons (N).

Código Digimatic

Un protocolo de comunicación para conectar la salida de herramientas de medición con varias unidades de procesamiento de datos Mitutoyo. Esto permite la conexión de salida a un Mini Procesador Digimatic **DP-1VA LOGGER** para realizar varios cálculos estadísticos y crear histogramas, etc.

Salida de colector abierto

Una conexión directa al colector de un transistor de conducción.

Medición comparativa

Un método de medición en el que se encuentra una dimensión de la pieza de trabajo midiendo la diferencia de tamaño entre la pieza de trabajo y un patrón que representa la dimensión nominal.

Este método generalmente se aplica cuando la medición a realizar es mayor que el intervalo de medición del instrumento.

Linealidad

La relación de proporcionalidad entre la salida del sistema de medición y la distancia medida.

Si esto no es constante dentro de límites aceptables, entonces se requiere corrección.

Punto 0 (cero)

Un punto de referencia en el patrón en una medición comparativa.

Sensibilidad

La relación entre la señal de salida del amplificador eléctrico y la señal de entrada del amplificador. La sensibilidad es normal si se muestra un valor como el esperado del desplazamiento dado.

Ajuste de tolerancia

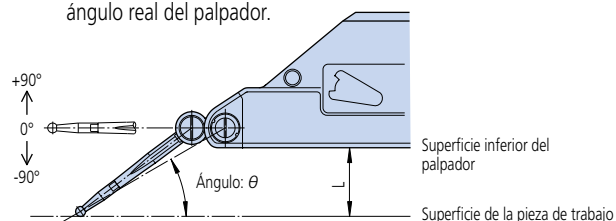
Los límites de tolerancia se pueden establecer en el Amplificador electrónico para proporcionar un juicio automático sobre si un valor medido cae dentro de la tolerancia.

Ángulo de la cabeza de palanca

Antes de realizar la medición, asegúrese de confirmar que se ha completado el ajuste de la sensibilidad del palpador.

Cambiar el ángulo del palpador provocará variaciones en los valores medidos. Ajuste el ángulo del palpador para obtener una sensibilidad óptima antes de iniciar la medición. Si es difícil, ajuste la sensibilidad con el ángulo del palpador establecido en 0°, y, después de la medición, corrija los valores medidos de acuerdo con el ángulo del palpador real (multiplicando el valor medido por un factor de corrección).

Tips La corrección usando un factor de corrección puede resultar en una exactitud menor que cuando se ajusta la sensibilidad con el ángulo real del palpador.



Ángulo: θ	Distancia desde la superficie de la pieza de trabajo: L *	Factor de corrección
0°	—	1.00
10°	Aproximadamente 3.1 mm	Aproximadamente 0.98
20°	Aproximadamente 8.8 mm	Aproximadamente 0.94
30°	Aproximadamente 13.9 mm	Aproximadamente 0.87
40°	Aproximadamente 18.3 mm	Aproximadamente 0.77
50°	Aproximadamente 21.6 mm	Aproximadamente 0.64
60°	Aproximadamente 23.8 mm	Aproximadamente 0.50

* Valor cuando se utiliza un palpador de carburo con un diámetro esférico de $\phi 2$ que se instala antes del envío. Cuando utilice un palpador de carburo de $\phi 1$ (o $\phi 3$) reste (o sume) 1/2 de la diferencia en el diámetro esférico.

Micrómetro Láser

Compatibilidad

Su micrómetro de escaneo láser se ha ajustado junto con la unidad de identificación, que se suministra con la unidad de medición. La Unidad ID, que tiene el mismo número de código y el mismo número de serie que la unidad de medición, debe instalarse en la unidad de conteo. Esto significa que si se reemplaza la unidad de identificación, la unidad de medición se puede conectar a otra unidad de conteo correspondiente.

La pieza de trabajo y condiciones de medición

Dependiendo de si el láser es visible o invisible, la forma de la pieza de trabajo y la rugosidad de la superficie, puede que se produzcan errores de medición. Si este es el caso, realice la calibración con una pieza de trabajo patrón que tenga las dimensiones, la forma y la rugosidad de la superficie similares a la pieza de trabajo real a medir. Si la medición muestra un amplio grado de dispersión debido a las condiciones de medición, aumente el número de barridos (digitalizaciones) para mejorar la exactitud de la medición.

Interferencia eléctrica

Para evitar errores funcionales, no lleven el cable de señal y el cable del relé del Micrómetro Láser al lado de una línea de alta tensión ni de otro cable capaz de inducir ruido en los conductores próximos. Conecte a tierra todos los equipos y blindajes de cables.

Conexión a una computadora

Si el Micrómetro Láser se tiene que conectar a una computadora personal externa a través de la interfaz RS-232C, asegúrese de que las conexiones del cable están conforme con las especificaciones.

Seguridad del láser

Los Micrómetros Láser Mitutoyo utilizan un láser visible de poca potencia para la medición. El láser es un dispositivo CLASE 2 EN/IEC60825-1. Las etiquetas de advertencias y explicaciones están pegadas a los Micrómetros Láser tal como se indica.

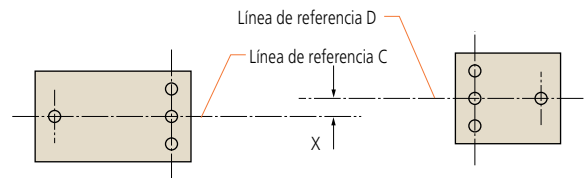


Re-ensamble tras retirarlo de la base

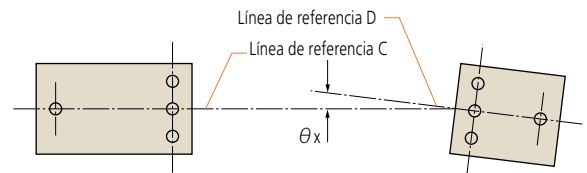
Observe las siguientes indicaciones cuando vuelva a ensamblar la unidad de emisión y la unidad de recepción para minimizar los errores de medición debidos a la desalineación del eje óptico del láser con la unidad de recepción.

Alineación dentro del plano horizontal

- a. Desviación paralela entre las líneas de referencia C y D: X (en la dirección transversal)

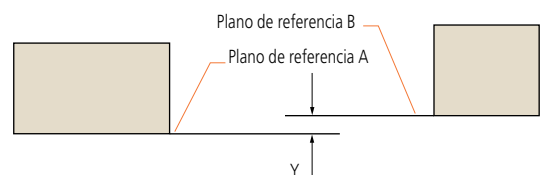


- b. Ángulo entre las líneas de referencia C y D: θ_x (ángulo)

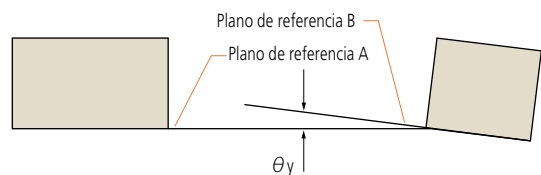


Alineación dentro del plano vertical

- c. Desviación paralela entre los planos de referencia A y B: Y (en altura)



- d. Ángulo entre los planos de referencia A y B: θ_y (ángulo)

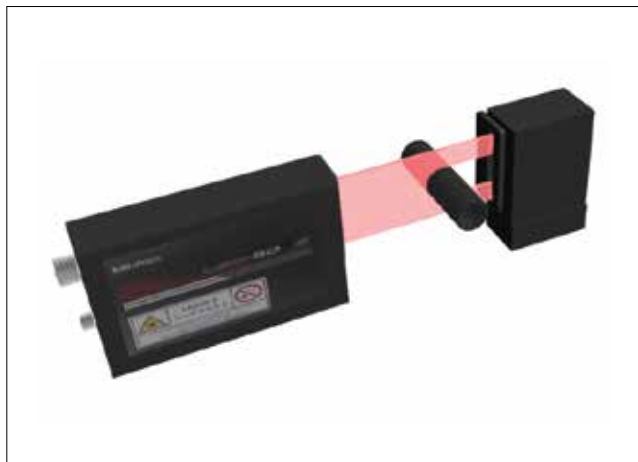


Límites admisibles de desalineación del eje óptico

Modelo	Distancia entre Unidad de Emisión y Unidad de Recepción	X e Y	θ_x y θ_y
LSM-501S	68 mm (2.68") o menos	dentro de 0.5 mm (.02")	dentro de 0.4° (7 mrad)
	100 mm (3.94") o menos	dentro de 0.5 mm (.02")	dentro de 0.3° (5.2 mrad)
LSM-503S	130 mm (5.12") o menos	dentro de 1 mm (.04")	dentro de 0.4° (7 mrad)
	350 mm (13.78") o menos	dentro de 1 mm (.04")	dentro de 0.16° (2.8 mrad)
LSM-506S	273 mm (10.75") o menos	dentro de 1 mm (.04")	dentro de 0.2° (3.5 mrad)
	700 mm (27.56") o menos	dentro de 1 mm (.04")	dentro de 0.08° (1.4 mrad)
LSM-512S	321 mm (12.64") o menos	dentro de 1 mm (.04")	dentro de 0.18° (3.6 mrad)
	700 mm (27.56") o menos	dentro de 1 mm (.04")	dentro de 0.08° (1.4 mrad)
LSM-516S	800 mm (31.50") o menos	dentro de 1 mm (.04")	dentro de 0.09° (1.6 mrad)

Ejemplos de mediciones

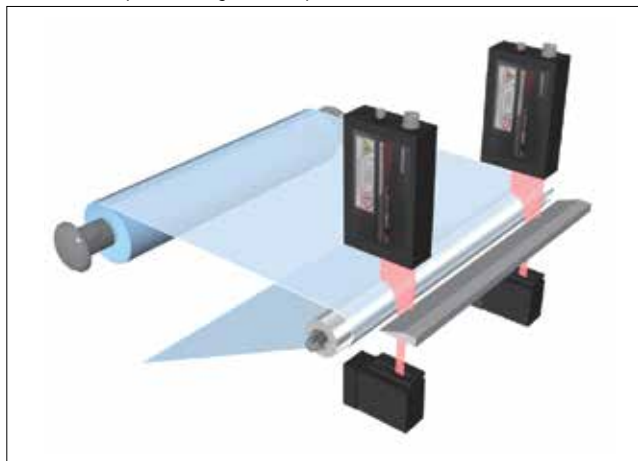
Medición del diámetro exterior del rodillo de hule.



Medición simultánea del diámetro exterior y la desviación del rodillo



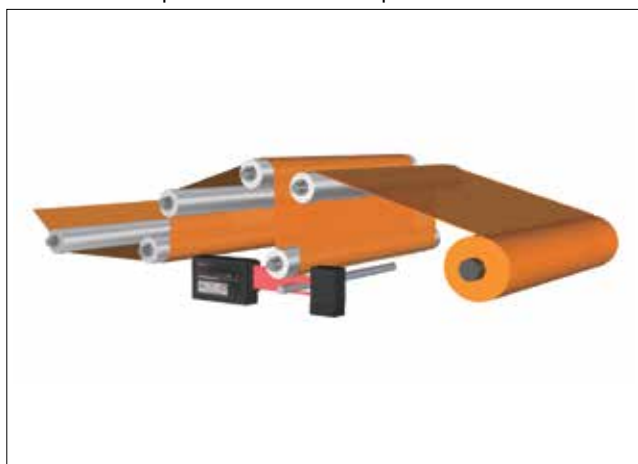
Medición de espesores irregulares de películas o láminas (medición simultánea)



Medición del espacio entre rodillos



Medición del espesor de la lámina de película.



Sistema dual para medir un gran diámetro exterior



Escalas Lineales

Glosario

■ Sistema Absolute

Un modo de medición en el que cada medición de punto se hace en relación con un punto origen fijo.

■ Sistema incremental

Un modo de medición en el que cada medición de punto se hace en relación con un cierto punto de referencia almacenado.

■ Origen desplazado

Una función que permite al punto origen de un sistema de coordenadas que se traslade a otro punto desplazado del punto origen fijado. Para que esta función opere, el sistema necesita un punto origen almacenado permanentemente.

■ Restauración del punto de origen

Una función que detiene cada eje de una máquina exactamente en una posición específica al desacelerarla con la ayuda de interruptores límite integrados.

■ Control de la secuencia

Un tipo de control que realiza secuencialmente los pasos de control de acuerdo con un orden prescrito.

■ Control numérico

Una manera de controlar los movimientos de una máquina por órdenes codificadas creadas e implementadas con la ayuda de una computadora (CNC). Una secuencia de órdenes forma típicamente un "programa de pieza" que instruye a una máquina a realizar una operación completa en una pieza de trabajo.

■ Salida binaria

Se refiere a la salida de datos en forma binaria (unos y ceros) que representan los números como potencias integrales de 2.

■ RS-232C

Una interfaz estándar que usa el método asíncrono de transmisión en serie de datos sobre una línea de transmisión desbalanceada para intercambio de datos entre transmisores ubicados relativamente cerca unos de otros.

Es un medio de comunicación utilizado principalmente para conectar una computadora personal con los periféricos.

■ Salida del controlador de línea

Esta salida presenta velocidades de operación rápidas de varias decenas a varios cientos de nanosegundos y una distancia de transmisión relativamente larga de varios cientos de metros. Se utiliza un controlador de línea de voltímetro diferencial (compatible con RS422A) como I/F para el controlador NC en el sistema de escala lineal.

■ BCD

Una notación de expresar los numéricos del 0 hasta el 9 para cada dígito de un número decimal por medio de una secuencia binaria de cuatro bits. La transmisión de datos es de salida unidireccional por medio de TTL o colector abierto.

■ RS-422

Una Interfaz estándar que utiliza la transmisión en serie de bits en forma diferencial a través de una línea de transmisión balanceada. RS-422 es superior en sus características de transmisión de datos y en su capacidad de operar con una sola fuente de alimentación de 5 VDC.

■ Exactitud

La especificación de exactitud de una escala se proporciona en términos del error máximo que se espera entre las posiciones indicada y verdadera en cualquier punto, dentro del intervalo de esa escala, a una temperatura de 20°C. Dado que no existe ninguna norma internacional definida para las escalas lineales, cada fabricante tiene una manera propia de especificar la exactitud. Las especificaciones sobre exactitud proporcionadas en nuestro catálogo se han determinado utilizando la interferometría láser.

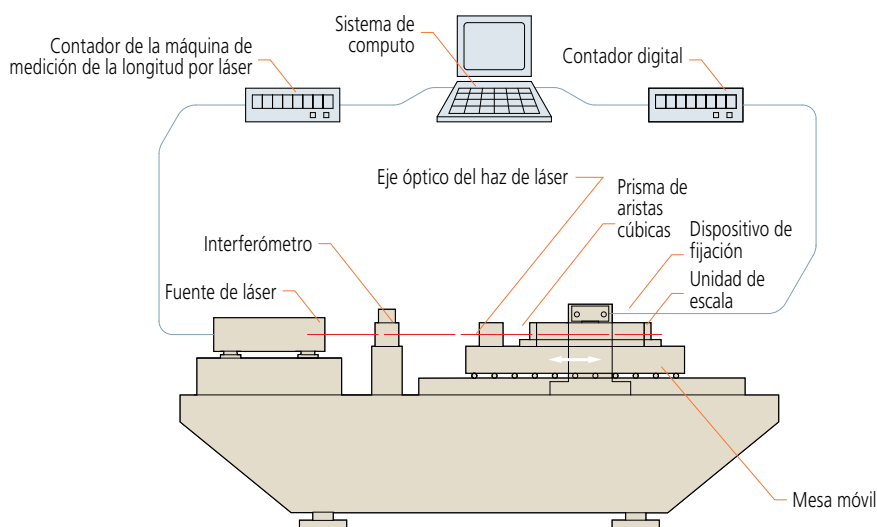
■ Exactitud de intervalo estrecho

Las retículas de escalas en una unidad de escala adoptan normalmente el paso de 20µm aunque varía de acuerdo con la clase de escala. La exactitud de intervalo estrecho se refiere a la exactitud determinada al medir un paso de cada retícula en el límite de resolución (1µm por ejemplo).

Especificando la Exactitud de la Escala Lineal

Exactitud de Indicación Posicional

La exactitud de una escala lineal se determina comparando el valor posicional indicado por la escala lineal con el valor correspondiente procedente de una máquina de medición de longitud por láser a intervalos regulares utilizando el sistema de inspección de exactitud tal como se muestra en la figura de abajo. Cuando la temperatura del entorno de inspección es 20°C, la exactitud de la escala se aplica solamente en un entorno a esta temperatura. Otras temperaturas de inspección se pueden utilizar para cumplir con normas internas.



La exactitud de la escala en cada punto se define en términos de un valor de error que se calcula utilizando la siguiente fórmula:

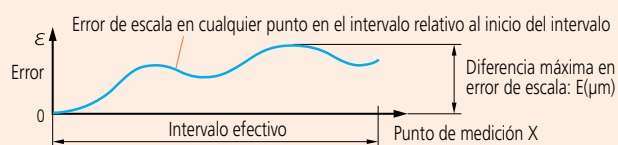
$$\text{Error} = \text{Valor indicado por la máquina de medición de longitud láser} - \text{Valor correspondiente indicado por la escala lineal}$$

Un gráfico en el que se traza el error en cada punto del intervalo de posicionamiento efectivo se denomina diagrama de exactitud. Se utilizan dos métodos para especificar la exactitud de la escala, no balanceada o balanceada, que se describen a continuación.

(1) Especificación de exactitud desbalanceada - error máximo menos mínimo

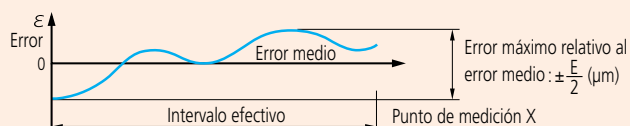
Este método especifica sencillamente el error máximo menos el error mínimo del gráfico de exactitud, tal como se muestra a la derecha. Es de la forma: $E = (\alpha + \beta L) \mu\text{m}$. L es el intervalo de medición efectivo (mm), y α y β son factores especificados para cada modelo.

Por ejemplo, si un tipo de escala particular tiene una especificación de $(3 + \frac{3L}{1000}) \mu\text{m}$ y un intervalo efectivo de 1000 mm, E es 6 μm .



(2) Especificación de exactitud balanceada - más y menos acerca del error medio

Este método especifica el máximo error relativo al error medio del gráfico de exactitud. Es de la forma: $e = \pm \frac{E}{2} (\mu\text{m})$. Esto se utiliza principalmente en las especificaciones de unidades de escala del tipo individual (reconversión).

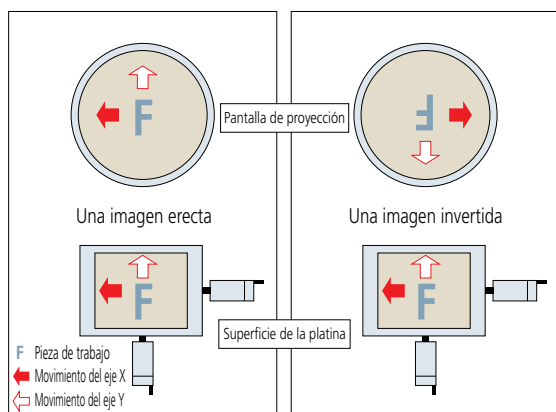


Una escala lineal detecta el desplazamiento basándose en las graduaciones de paso constante. Se obtienen señales de onda senoidal bifásicas con el mismo paso que las graduaciones detectando las graduaciones. La interpolación de estas señales en el circuito eléctrico posibilita leer un valor más pequeño que las graduaciones generando señales de impulsos que corresponden a la resolución deseada. Por ejemplo, si el paso de graduación es 20 μm , los valores interpolados pueden generar una resolución de 1 μm . La exactitud de este procesamiento no está libre de errores y se denomina error de interpolación. La especificación de exactitud posicional general de la escala lineal depende de tanto el error de paso de las graduaciones como del error de interpolación.

Comparadores Ópticos

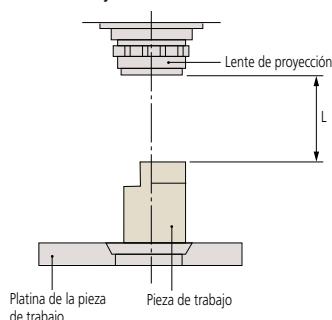
Imagen Erecta e Imagen Invertida

Una imagen de un objeto proyectado en una pantalla está erecto si está orientado de la misma manera que el objeto en la platina. Si la imagen se invierte de arriba a abajo, de izquierda a derecha y por movimiento con respecto al objeto en la platina (como se muestra en la figura a continuación), se denomina imagen invertida (también conocida como imagen revertida).



Distancia de trabajo

Se refiere a la distancia desde la cara de la lente de proyección a la superficie de una pieza de trabajo en el foco. Se representa por medio de L en el diagrama de abajo.



Exactitud del aumento

La exactitud de la amplificación de un comparador cuando se utiliza una cierta lente se establece proyectando una imagen de un objeto de referencia y comparando el tamaño de la imagen de este objeto, tal como se mide en la pantalla, con el tamaño esperado (calculado a partir del aumento de la lente, según se haya marcado) para producir una cifra de porcentaje de exactitud de amplificación, tal como se ilustra abajo.

El objeto de referencia está a menudo en forma de una escala de vidrio pequeña, graduada denominada "micrómetro de platina" o "escala patrón", y la imagen proyectada de éste se mide con una escala de vidrio más grande conocida como "escala de lectura".

(Tenga en cuenta que la exactitud de la amplificación no es lo mismo que la exactitud de medición).

$$\Delta M(\%) = \frac{L - \ell M}{\ell M} \times 100$$

$\Delta M(\%)$: Exactitud la amplificación expresada como porcentaje del aumento nominal de la lente

L: Longitud de la imagen proyectada del objeto de referencia medida en la pantalla

ℓ : Longitud del objeto de referencia

M: Amplificación de la lente de proyección

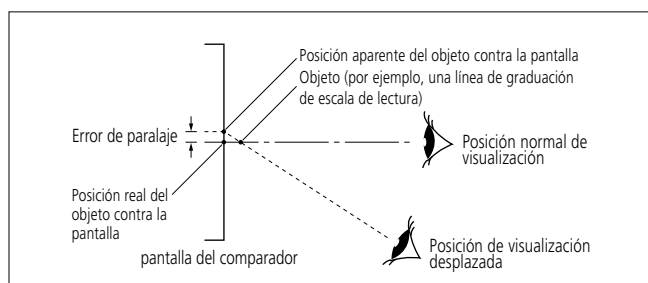
Tipo de Iluminación

- Iluminación de contorno: Un método de iluminación para observar una pieza de trabajo por la luz transmitida y se utiliza principalmente para medir la imagen del contorno amplificado de una pieza de trabajo.

- Iluminación coaxial de la superficie: Un método de iluminación mediante el cual se ilumina una pieza de trabajo por la luz transmitida coaxialmente a la lente para la observación / medición de la superficie. (Se necesita un semiespejo o una lente de proyección con un semiespejo incorporado).
- Iluminación oblicua de la superficie: Un método de iluminación iluminando oblicuamente la superficie de la pieza de trabajo. Este método proporciona una imagen del contraste amplificado, permitiendo que se observe en tres dimensiones y de forma clara. Sin embargo, tenga en cuenta que puede que se produzca un error en la medición dimensional con este método de iluminación. (Se requiere un espejo oblicuo). Los modelos de la serie PJ-H30 se suministran con un espejo oblicuo).

Error de paralaje

Este es el desplazamiento de un objeto contra un fondo fijo causado por un cambio en la posición del observador y una separación finita de los planos del objeto y del fondo. Puede causar un error de lectura en la pantalla de un comparador.



Diámetro del campo de visión

El diámetro máximo de la pieza de trabajo que se puede proyectar utilizando una lente en particular.

$$\text{Diámetro del campo de visión (mm)} = \frac{\text{Diámetro de pantalla del comparador óptico}}{\text{Amplificación de la lente de proyección utilizada}}$$

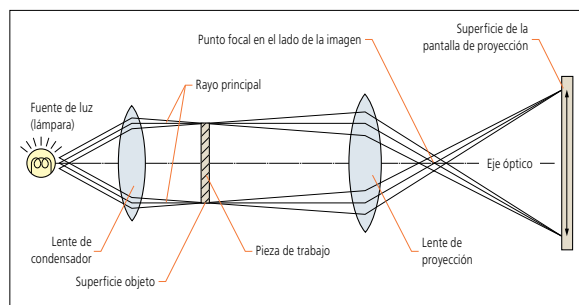
Ejemplo: Si una lente de aumento de 5X se utiliza para un proyector con una pantalla de $\varnothing 500$ mm:

$$\text{El diámetro del campo de visión viene dado por } \frac{500 \text{ mm}}{5} = 100 \text{ mm}$$

Sistema Óptico telecéntrico

Un sistema óptico que se basa en el principio de que el rayo principal está alineado paralelo al eje óptico colocando un tope de lente en el punto focal en el lado de la imagen. Su característica funcional es que la imagen no variará de tamaño aunque la imagen se ponga borrosa cuando se desplaza el objeto a lo largo del eje óptico.

Para los comparadores ópticos y los microscopios de medición, se obtiene un efecto idéntico colocando un filamento de lámpara en el punto focal de una lente de condensador en lugar de una apertura óptica de tal forma que el objeto se ilumina con haces paralelos. (Ver la figura de abajo).



Microscopios

Apertura Numérica (NA)

El valor de NA es importante porque indica el poder de resolución de un lente objetivo. Cuanto mayor sea el valor de NA más fino será el detalle que se pueda ver. Una lente con un NA mayor recoge también más luz y proporcionará normalmente una imagen más brillante con una profundidad más estrecha del foco que una con un valor de NA más pequeño.

$$NA = n \cdot \sin \theta$$

La fórmula anterior muestra que NA depende de n , el índice de refracción del medio que existe entre el frente de un objetivo y la muestra (para aire, $n=1.0$), y el ángulo θ , que es la mitad del ángulo del cono máximo de luz que puede entrar en la lente.

Poder de Resolución (R)

La distancia mínima detectable entre dos puntos de imagen, que representa el límite de la resolución. El poder de resolución (R) se determina por la apertura numérica (NA) y la longitud de onda (λ) de la iluminación

$$R = \frac{\lambda}{2 \cdot NA} \text{ (}\mu\text{m)}$$

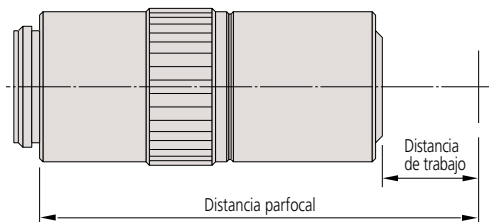
$\lambda = 0.55 \mu\text{m}$ se usa a menudo como longitud de onda de referencia

Distancia de Trabajo (W.D.)

La distancia entre el extremo frontal de un objetivo del microscopio y la superficie de la pieza de trabajo en la que se obtiene el enfoque más nítido.

Distancia Parfocal

Distancia entre la superficie de la muestra y la superficie de asiento del objetivo cuando está enfocado.

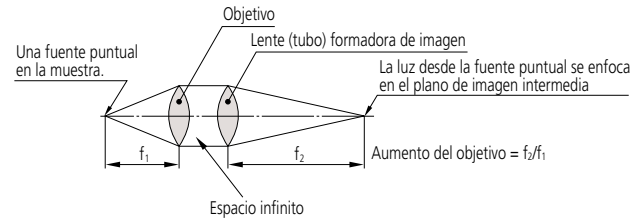


Punto Focal

Los rayos de luz que se desplazan paralelos al eje óptico de un sistema de lente convergente y que pasan a través de ese sistema convergerán (o enfocarán) a un punto en el eje conocido como el punto focal posterior, o punto focal de la imagen.

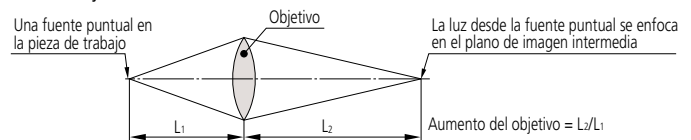
Sistema Óptico Infinito

Un sistema óptico en el que la imagen está formada por un objetivo y una lente de tubo con un "Espacio Infinito" entre ellos, en el que se pueden insertar accesorios ópticos.



Sistema Óptico Finito

Sistema óptico en el que la imagen está formada únicamente por una lente objetivo.



Longitud Focal (f)

unidad: mm

La distancia desde el punto principal al punto focal de una lente: si f_1 representa la longitud focal de un objetivo y f_2 representa la longitud focal de una lente (tubo) que forma imagen, entonces la amplificación se determina por la relación entre las dos. (En el caso del sistema óptico de corrección infinita).

$$\text{Aumento del objetivo} = \frac{\text{Longitud focal de la lente (tubo) que forma imagen}}{\text{Longitud focal del objetivo}}$$

$$\text{Ejemplo: } 1X = \frac{200}{200}$$

$$\text{Ejemplo: } 10X = \frac{200}{20}$$

Microscopios

Profundidad de Foco (DOF)

unidad: mm

Esta es la distancia (medida en la dirección del eje óptico) entre los dos planos que definen los límites de nitidez aceptable de la imagen cuando el microscopio se enfoca en un objeto. A medida que aumenta la apertura numérica (NA), la profundidad de enfoque se vuelve más superficial, como se muestra en la siguiente expresión:

$$DOF = \frac{\lambda}{2 \cdot (NA)^2} \quad \lambda = 0.55 \mu\text{m} \text{ se usa como longitud de onda de referencia}$$

Ejemplo: Para un lente **M Plan Apo 100X (NA = 0.7)**

La profundidad de foco de este objetivo es

$$\frac{0.55 \mu\text{m}}{2 \times 0.7^2} = 0.6 \mu\text{m}$$

Iluminación de Campo claro y Campo oscuro

En la iluminación de campo claro se enfoca un cono completo de luz por el objetivo sobre la superficie de la muestra. Este es el modo normal de visión con un microscopio óptico. Con iluminación de campo oscuro, el área interior del cono de luz está bloqueada de modo que la superficie se ilumina sólo por luz desde un ángulo oblicuo. La iluminación de campo oscuro es buena para detectar rayaduras y contaminación en superficies.

Objetivo Apocromático y Objetivo Achromático

Un objetivo apocromático, es un lente corregido para la aberración cromática (color borroso) en tres colores (rojo, azul, amarillo). Un objetivo acromático, es un lente corregido para la aberración cromática en dos colores (rojo, azul).

Amplificación

La proporción del tamaño de la imagen de un objeto amplificado, creada mediante un sistema óptico al tamaño del objeto.

La Amplificación, comúnmente se refiere a amplificación lateral, aunque puede significar amplificación lateral, vertical, o angular.

Rayo Principal

Un rayo considerado para emitirse desde un punto objeto fuera del eje óptico y que pasa a través del centro de un diafragma de apertura en un sistema de lentes.

Diafragma de Apertura

Una apertura circular ajustable que controla la cantidad de luz que pasa a través de un sistema de lentes. Se refiere también como limitador de apertura y su tamaño afecta la brillantez de la imagen y la profundidad de foco.

Apertura de campo

Una apertura que controla el campo de visión en un instrumento óptico.

Sistema Telecéntrico

Un sistema óptico donde los rayos de luz son paralelos al eje óptico en objeto y/o espacio de imagen. Esto significa, que la amplificación es aproximadamente constante sobre un intervalo de distancias de trabajo, por lo tanto casi elimina el error de perspectiva.

Imagen Erecta

Una imagen en la cual la orientación de izquierda, derecha, arriba, abajo y las direcciones de movimiento son las mismas que las de la pieza sobre la platina.

Campo numérico (FN), campo de visión real, y amplificación de la pantalla

unidad: mm

El intervalo de observación de la superficie de muestra se determina por el diámetro del campo del ocular. El valor de este diámetro en milímetros se llama campo numérico (FN). En contraste, el campo de visión real es el intervalo en la superficie de la pieza cuando se amplifica realmente y se observa con los objetivos.

El campo real de visión se puede calcular con la siguiente fórmula:

(1) El intervalo de la pieza que se puede observar con el microscopio (diámetro)

$$\text{Campo de visión real} = \frac{\text{FN del ocular}}{\text{Amplificación del objetivo}}$$

$$\text{Ejemplo: El campo de visión real de una lente 10 X es } 2.4 = \frac{24}{10}$$

(2) Intervalo de observación del monitor

$$\text{Intervalo de observación del monitor} = \frac{\text{El tamaño del sensor de imagen de la cámara (longitud x altura)}}{\text{Amplificación del objetivo}}$$

Tamaño del sensor de imagen

Formato	Longitud Diagonal	Longitud	Altura
1/3 pulg	6.0	4.8	3.6
1/2 pulg	8.0	6.4	4.8
2/3 pulg	11.0	8.8	6.6

(3) Amplificación de la pantalla del monitor

Amplificación de la pantalla del monitor =

$$\text{Amplificación del objetivo} \times \frac{\text{Longitud diagonal de la pantalla en el monitor}}{\text{Longitud diagonal del sensor de imagen de la cámara}}$$

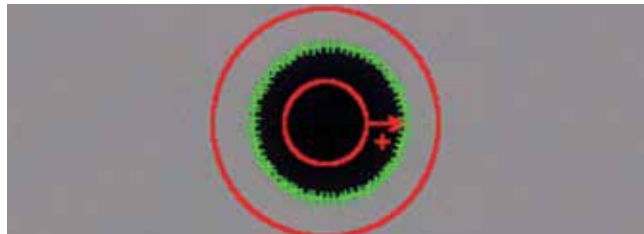
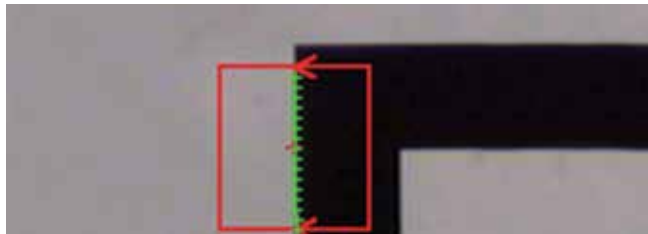
Máquinas de Medición por Visión

Medición por Visión

Las máquinas de medición por visión proporcionan principalmente las siguientes capacidades de procesamiento.

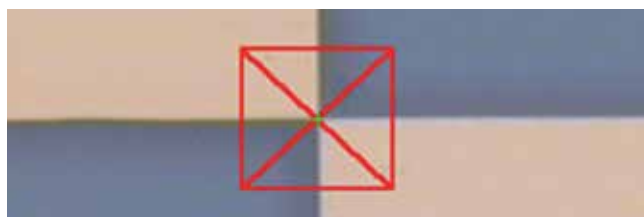
■ Detección de borde

Detectan/miden los bordes en el plano XY



■ Autoenfoque

Enfoque y medición de Z

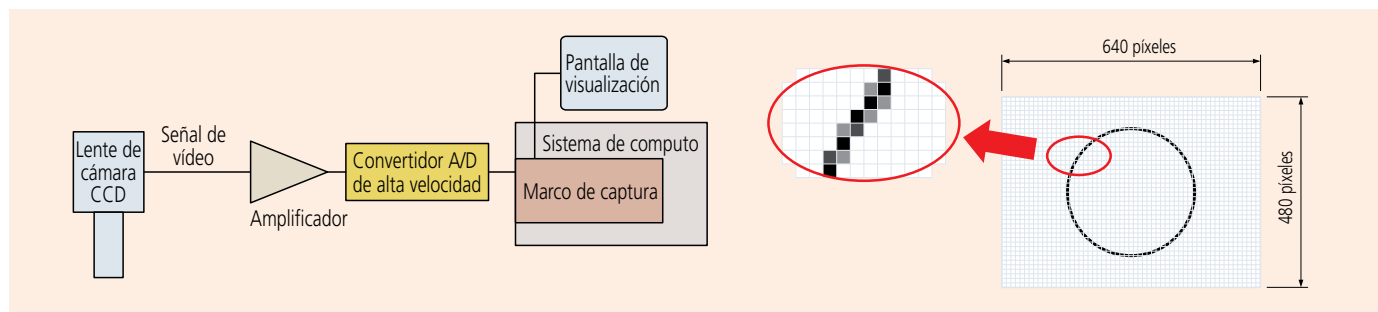


■ Reconocimiento del patrón

Alineación, posicionamiento y comprobación de un elemento

Almacenamiento de Imagen

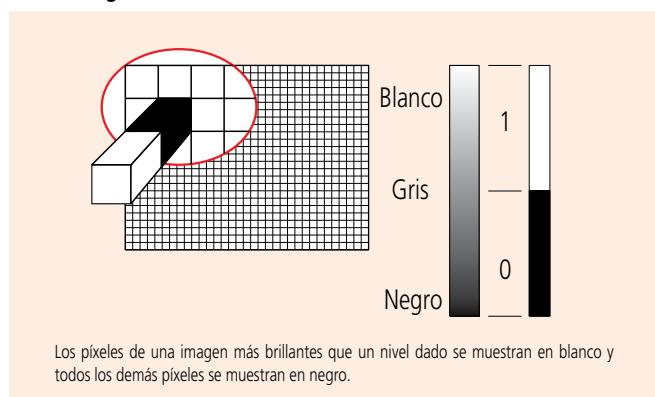
Una imagen se compone de una matriz regular de píxeles. Esto es como una imagen en papel fino con cada cuadrado lleno de forma diferente.



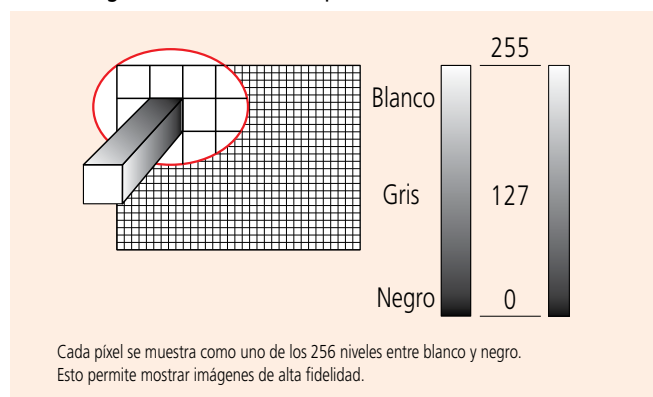
Escala de Grises

Un sistema de computo almacena una imagen después de convertirla internamente en valores numéricos. Se asigna un valor numérico a cada pixel de una imagen. La calidad de la imagen varía dependiendo de cuántos niveles de la escala de grises se definen por los valores numéricos. El sistema de computo proporciona dos tipos de escala de grises: dos niveles y niveles múltiples. Los píxeles de una imagen se muestran normalmente como una escala de 256 niveles de grises.

Escala de grises de 2 niveles



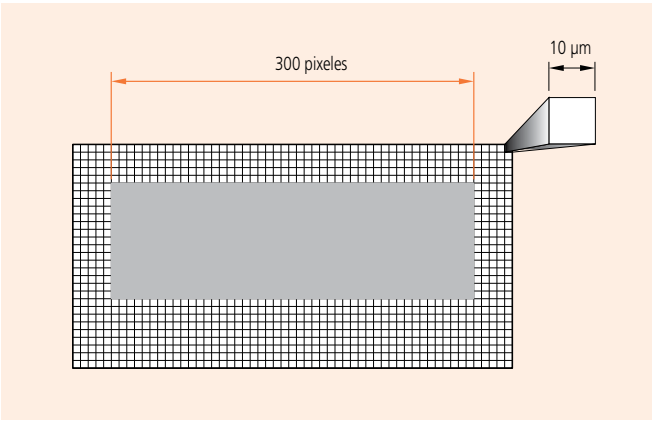
Escala de grises de niveles múltiples



Máquinas de Medición por Visión

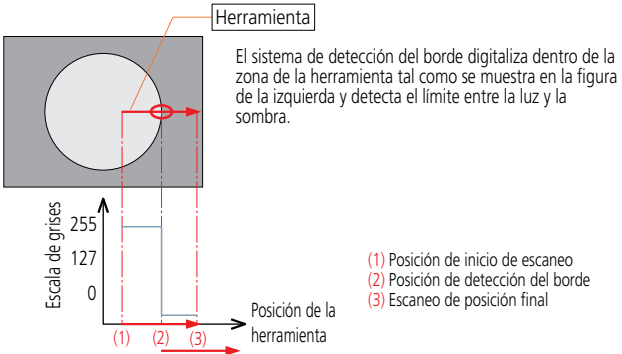
Medición Dimensional

Una imagen se compone de píxeles. Si el número de píxeles a medir en una sección se cuenta y se multiplica por el tamaño de un pixel, entonces la sección se puede convertir a un valor numérico en longitud. Por ejemplo, se asume que el número total de píxeles en el tamaño lateral de una pieza de trabajo cuadrada es de 300 píxeles tal como se muestra en la figura de abajo. Si el tamaño de un pixel es de 10µm bajo el aumento de la imagen, la longitud total de la pieza de trabajo se da por 10µm x 300 píxeles = 3000µm = 3mm.



Detección del Borde

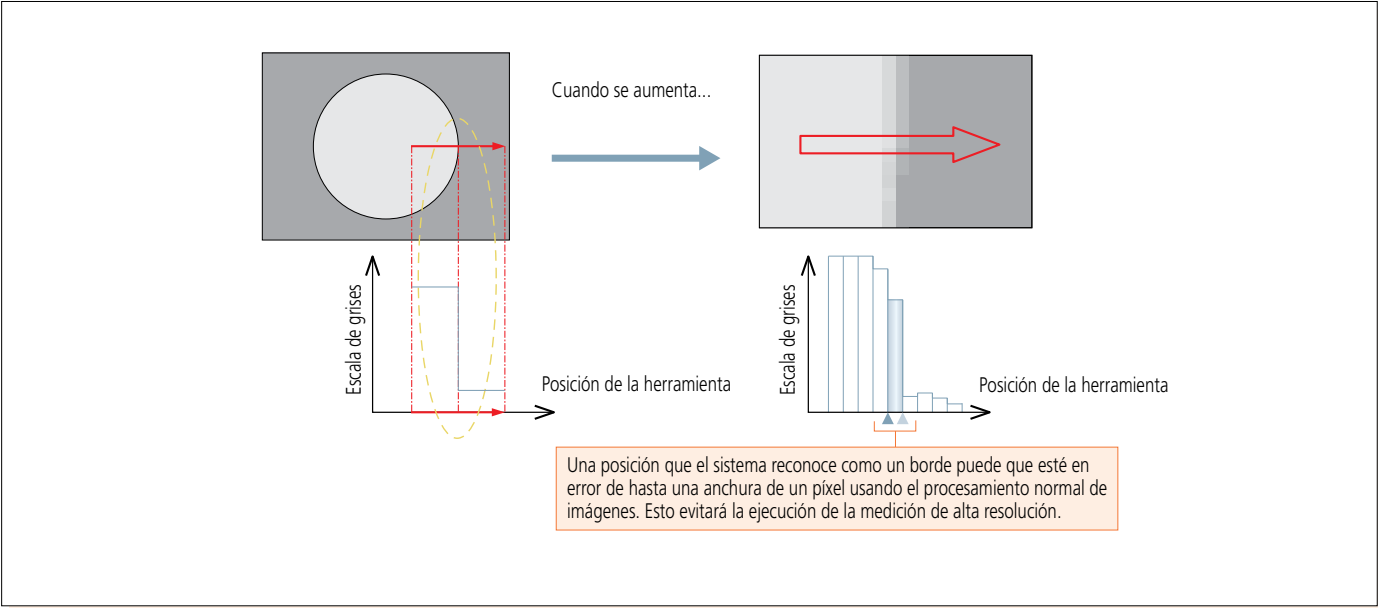
La forma de detectar realmente un borde de una pieza de trabajo en una imagen se describe utilizando el siguiente dibujo monocromo como ejemplo. La detección del borde se realiza dentro de un dominio dado. A un símbolo que define este dominio se le refiere como herramienta. Se proporcionan herramientas múltiples para adecuarse a diversas geometrías de piezas de trabajo o datos de medición.



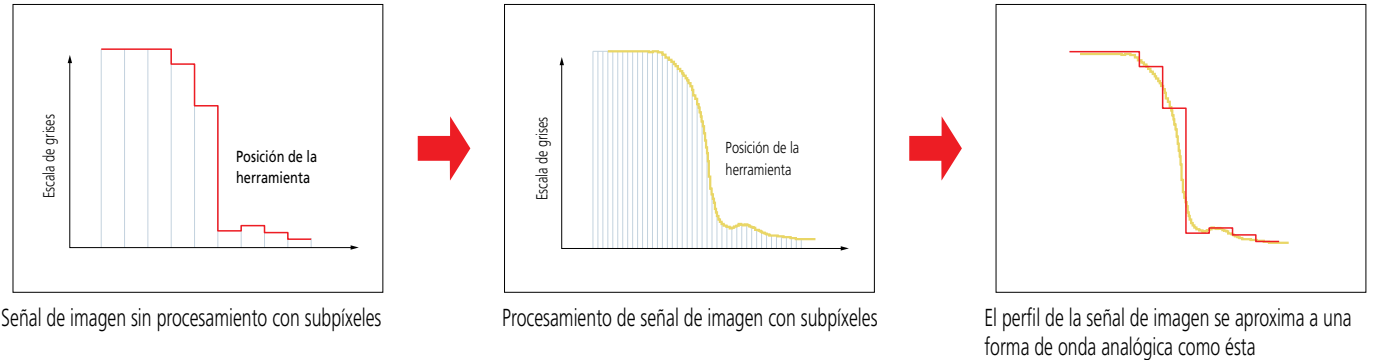
244	241	220	193	97	76	67	52	53	53
243	242	220	195	94	73	66	54	53	55
244	246	220	195	94	75	64	56	51	50

Ejemplo de valores numéricos asignados a los píxeles en la herramienta

Medición de Alta Resolución

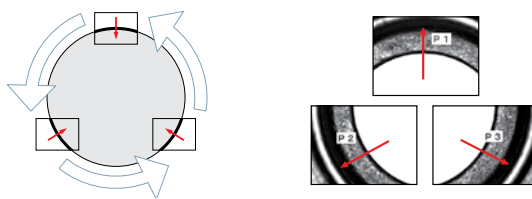


Para aumentar la exactitud en la detección del borde se utiliza un procesamiento de imagen con subpíxeles. Un borde se detecta determinando la curva de interpolación desde datos de píxeles adyacentes tal como se muestra abajo. Como resultado, permite la medición con una resolución mayor de 1 pixel.



Medición a lo largo de Múltiples Porciones de una Imagen

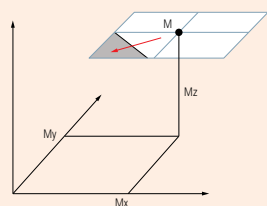
Las características grandes que no se pueden contener en una pantalla deben medirse controlando con exactitud la posición del sensor y la platina para ubicar cada punto de referencia dentro de las imágenes individuales. De esta forma, el sistema puede medir incluso un círculo grande, como se muestra a continuación, detectando el borde mientras mueve la platina por varias partes de la periferia.



Coordenadas Compuestas de un Punto

Dado que la medición se realiza mientras se almacenan las posiciones medidas individuales, el sistema puede medir dimensiones que no se pueden incluir en una pantalla, sin problemas.

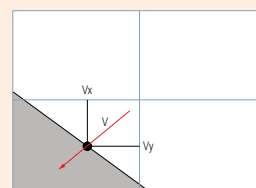
Sistema de coordenadas de la máquina



Posición de la platina de la máquina de medición $M = (M_x, M_y, M_z)$

Las coordenadas reales se dan por $X = (M_x + V_x)$, $Y = (M_y + V_y)$, y $Z = M_z$, respectivamente.

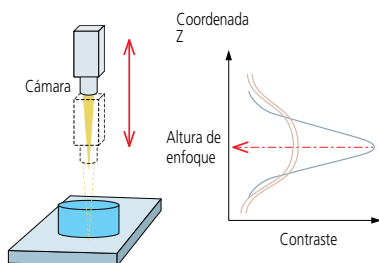
Sistema de coordenadas de visión



Posición del borde detectado (desde el centro de visión) $V = (V_x, V_y)$

Principio de Autoenfoco

El sistema puede realizar la medición en el plano XY, pero no puede realizar la medición de altura utilizando sólo la imagen de la cámara CCD. El sistema está provisto comúnmente del mecanismo de Autoenfoco (AF) para medir alturas. A continuación se explica el mecanismo AF que utiliza una imagen común, aunque algunos sistemas pueden usar un láser AF.



El sistema AF analiza una imagen mientras mueve la cámara hacia arriba y hacia abajo en el eje Z. En el análisis del contraste de la imagen, una imagen enfocada nítidamente mostrará un contraste máximo y una desenfocada mostrará un contraste bajo. Por lo tanto, la altura a la que el contraste de la imagen alcanza su punto máximo es la altura justo enfocada.

Variación en el Contraste Dependiendo de la Condición de Enfoque

El contraste del borde es pobre porque los bordes están fuera de enfoque



El contraste del borde es alto porque los bordes son nítidos, dentro de enfoque

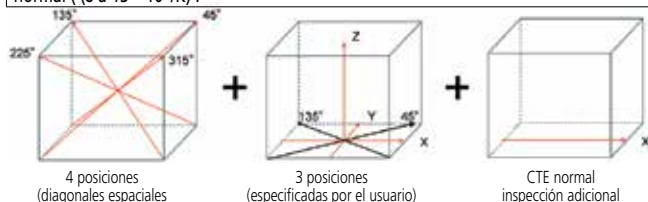


Resumen de ISO 10360-7

ISO 10360-7 (Especificaciones geométricas de productos (GPS) -- Pruebas de aceptación y reverificación para máquinas de medición por coordenadas (CMM) -- Parte 7: CMM equipadas con sistemas de palpado mediante imagen) se publicó el 1 de junio de 2011. Algunos artículos de inspección están listados en ISO 10360-7. A continuación se resume el método de prueba para determinar el error de medición de longitud (E) y el error de palpado (PF2D).

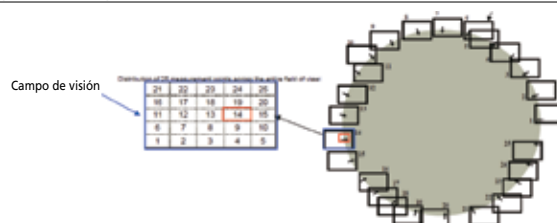
Error de medición de longitud, E

Cinco longitudes de prueba en siete direcciones diferentes dentro del volumen de medición, cada longitud medida tres veces, para un total de 105 mediciones. Cuatro direcciones son la diagonal del espacio. Las tres direcciones restantes son especificadas por el usuario; las ubicaciones predeterminadas son paralelas a los ejes VMM. Cuando el CTE (coeficiente de expansión térmica) del artefacto de longitud de prueba es $< 2 \times 10^{-6}/K$, se realiza una medición adicional usando un artefacto con un CTE normal ($8 \text{ a } 13 \times 10^{-6}/K$).



Error de palpado, PF2D

Mida 25 puntos distribuidos de manera uniforme alrededor del círculo de prueba (paso de 14.4°). Cada uno de los 25 puntos se medirá utilizando las 25 áreas especificadas del campo de visión. Calcule el error de palpado como el intervalo de las 25 distancias radiales ($R_{\max} - R_{\min}$) desde el centro del círculo de mínimos cuadrados.

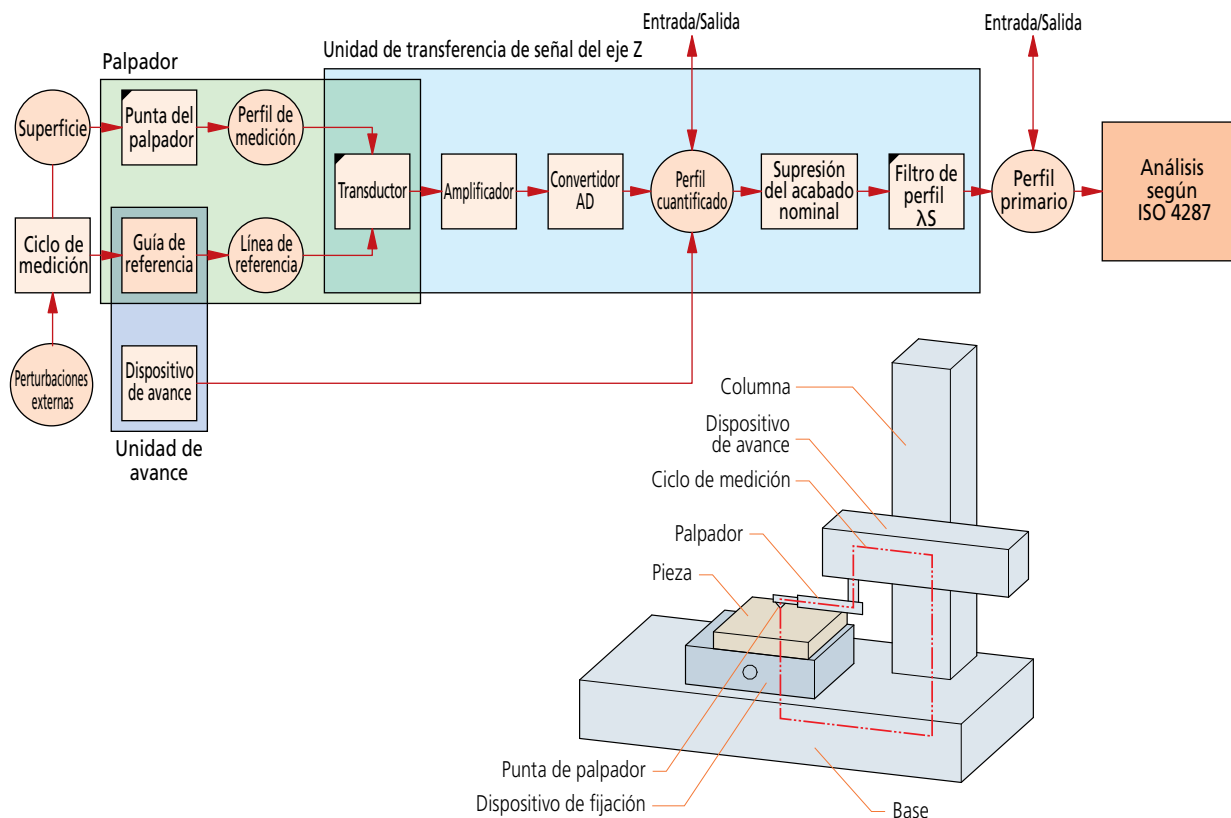


Surftest (Máquinas de medición de rugosidad superficial)

ISO 4287: 1997 Especificaciones geométricas del producto (GPS) – Acabado superficial: método de perfil – Términos, definiciones y parámetros de acabado superficial
 ISO 4288: 1996 Especificaciones geométricas del producto (GPS) – Acabado superficial: método de perfil – Reglas y procedimientos para la evaluación de la acabado superficial
 ISO 3274: 1996 Especificaciones geométricas del producto (GPS) – Acabado superficial: Método del perfil – Características nominales de los instrumentos de contacto (palpador)
 ISO 11562: 1996 Especificaciones geométricas del producto (GPS) – Acabado superficial: Método de perfil – Características metroológicas del filtro de fase corregida

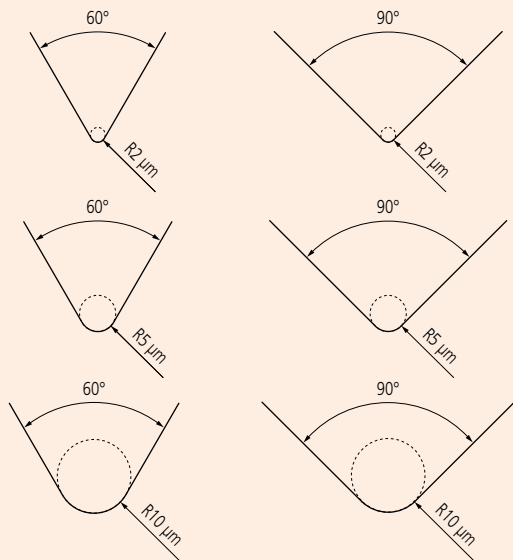
Elementos de los instrumentos de medición de rugosidad superficial de tipo contacto

ISO 3274: 1996 (JIS B 0651: 2001)



Forma del palpador

Una forma típica para el extremo de un palpador es cónica con una punta esférica.
 Radio de la punta: $r_{tip} = 2 \mu m, 5 \mu m$ o $10 \mu m$
 Ángulo del cono: $60^\circ, 90^\circ$
 En medidores de rugosidad típicos, el ángulo de la pendiente del cono del extremo de la punta es 60° a menos que otra cosa sea especificada.



Fuerza de Medición Estática (JISB0651)

Radio nominal de curvatura de la punta del palpador: μm	Fuerza de medición estática en la posición media del palpador: mN	Tolerancia de la proporción de las variaciones de la fuerza de medición estática: mN/ μm
2	0.75	0.035
5	0.75 (4.0) Nota 1	0.2
10		

Nota 1: El valor máximo de la fuerza de medición estática en la posición promedio de un palpador tiene que ser 4.0 mN para un palpador de estructura especial incluyendo una punta reemplazable.

Relación entre el Valor de Cutoff y el Radio de la Punta del Palpador

La siguiente tabla enumera la relación entre el valor cutoff λ_c , radio de punta del palpador r_{tip} , y proporción de cutoff λ_c / λ_s .

λ_c mm	λ_s μm	λ_c / λ_s	r_{tip} máximo μm	Máxima longitud de muestreo μm
0.08	2.5	30	2	0.5
0.25	2.5	100	2	0.5
0.8	2.5	300	2 Nota 1	0.5
2.5	8	300	5 Nota 2	1.5
8	25	300	10 Nota 2	5

Nota 1: Para una superficie con $Ra > 0.5 \mu m$ o $Rz > 3 \mu m$, un error significativo usualmente no ocurrirá en una medición aún si $r_{tip} = 5 \mu m$.

Nota 2: Si un valor cutoff λ_s es $2.5 \mu m$ o $8 \mu m$, la atenuación de la señal debida al efecto de filtrado mecánico de una punta con el radio recomendado aparece fuera de la banda de paso del perfil de rugosidad.

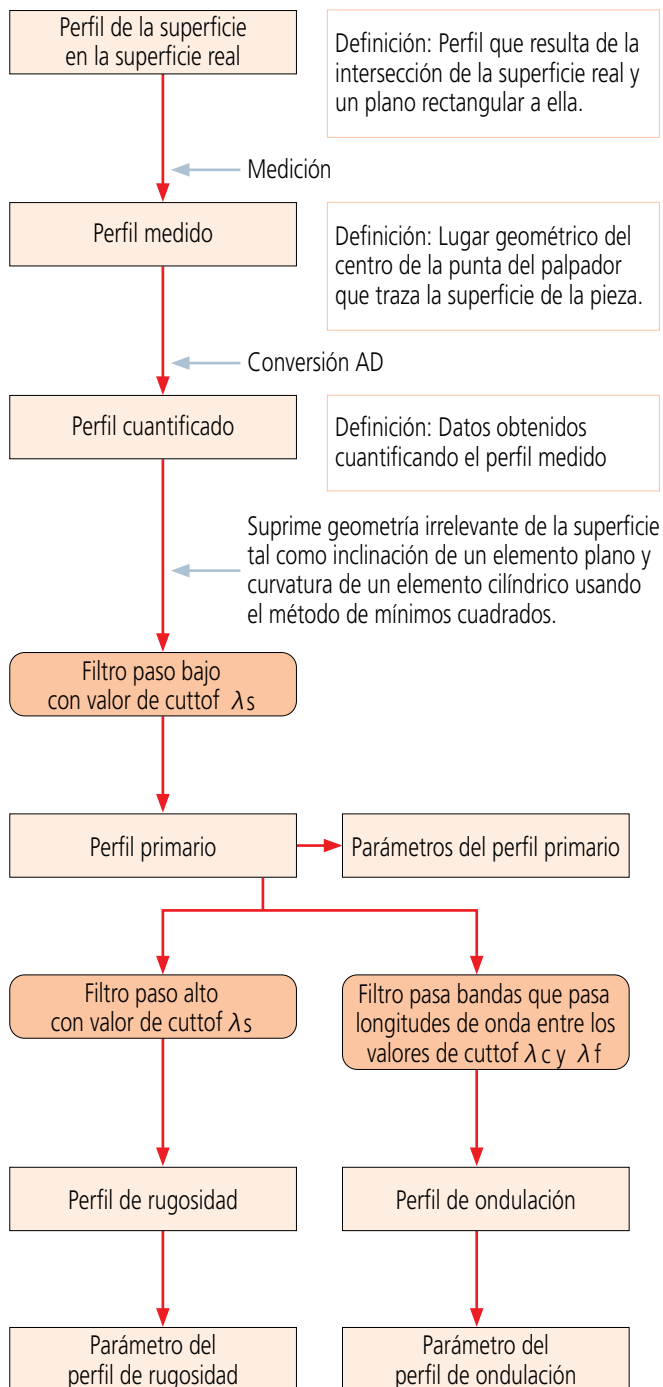
Por lo tanto, un pequeño error en el radio o la forma de la punta del palpador no afecta los valores de los parámetros calculados a partir de las mediciones. Si se requiere una relación de cutoff específica, se debe definir la proporción.

Caracterización Metrológica de Filtros de Fase Corregida

ISO 11562: 1996 (JIS B 0632: 2001)

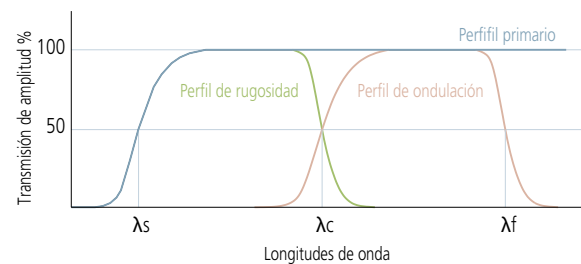
Un filtro de perfil es un filtro de corrección de fase sin retardo de fase (la causa de la distorsión del perfil depende de la longitud de onda). La función de ponderación de un filtro de corrección de fase muestra una distribución normal (gaussiana) en la que la transmisión de amplitud es del 50 % en la longitud de onda cutoff.

Flujo de Procesamiento de Datos



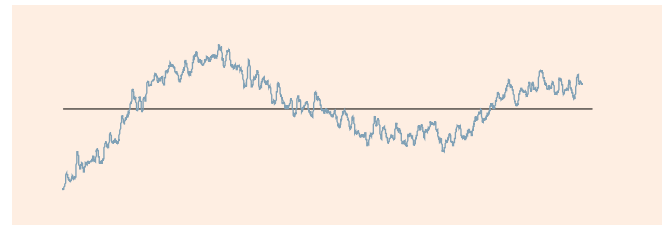
Perfiles de Superficie

ISO 4287:1997 (JIS B 0601: 2013)



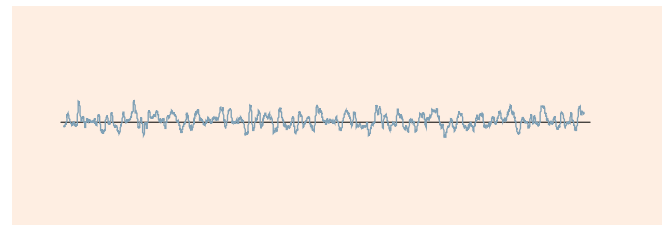
Perfil primario

Perfil obtenido desde el perfil medido aplicando un filtro paso bajo con valor de cutoff λ_s .



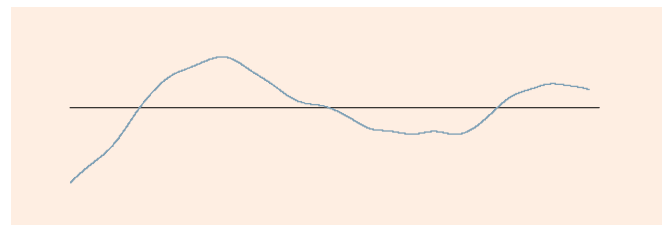
Perfil de rugosidad

Perfil obtenido del perfil primario suprimiendo el componente de longitud de onda más largo usando el filtro paso bajo con un valor de cutoff λ_c .



Perfil de ondulación

Perfil obtenido aplicando un filtro paso banda al perfil primario para eliminar las longitudes de onda más largas arriba de λ_f y las longitudes de onda más cortas debajo de λ_c .



Surftest (Máquinas de medición de rugosidad superficial)

Definición de Parámetros

ISO 4287: 1997, Amd.1: 2009 (JIS B 0261: 2013)

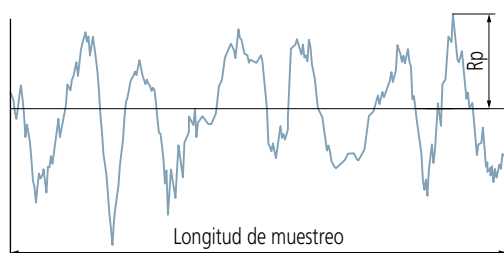
Parámetros de Amplitud (pico y valle)

Altura máxima del pico del perfil primario P_p

Altura máxima del pico del perfil de rugosidad R_p

Altura máxima del pico del perfil de ondulación W_p

Mayor altura del perfil de picos Z_p dentro de la longitud de muestreo.

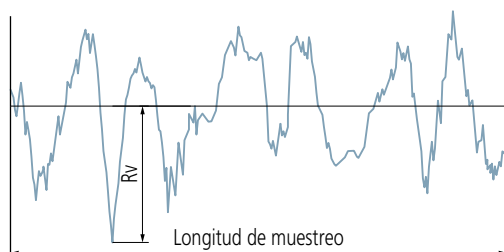


Profundidad máxima del valle del perfil primario P_v

Profundidad máxima del valle del perfil de rugosidad R_v

Profundidad máxima del valle del perfil de ondulación W_v

Mayor profundidad del perfil de valles Z_v dentro de la longitud de muestreo.

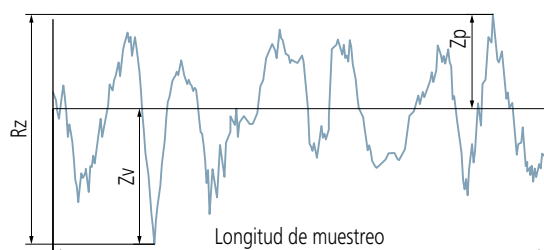


Altura máxima del perfil primario P_z

Altura máxima del perfil de rugosidad R_z

Altura máxima del perfil de ondulación W_z

Suma de la altura del pico de perfil más grande Z_p y la profundidad del valle de perfil más grande Z_v dentro de una longitud de muestreo.



En la antigua JIS e ISO 4287-1: 1984, R_z se usó para indicar los "diez puntos de altura de las irregularidades". Se debe tener cuidado porque las diferencias entre los resultados obtenidos según las normas existentes y las antiguas no siempre son despreciablemente pequeñas. (Asegúrese de verificar si las instrucciones de dibujo se ajustan a las normas existentes o antiguas).

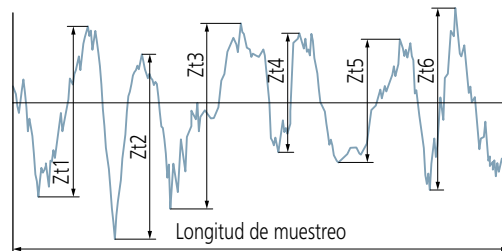
Altura promedio de los elementos del perfil primario P_c

Altura promedio de los elementos del perfil de rugosidad R_c

Altura promedio de los elementos del perfil de ondulación W_c

Valor promedio de las alturas de elementos del perfil Z_t dentro de una longitud de muestreo.

$$P_c, R_c, W_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{ti}$$

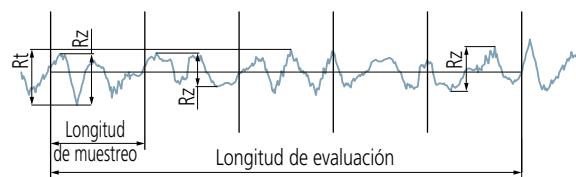


Altura total del perfil primario P_t

Altura total del perfil de rugosidad R_t

Altura total del perfil de ondulación W_t

Suma de la altura más grande altura del perfil de picos Z_p y la mayor profundidad del perfil de valles Z_v dentro de una longitud de evaluación.



Parámetros de Amplitud (promedio de ordenadas)

Promedio aritmético de las desviaciones del perfil primario P_a

Promedio aritmético de las desviaciones del perfil de rugosidad R_a

Promedio aritmético de las desviaciones del perfil de ondulación W_a

Media aritmética de los valores absolutos de las ordenadas $Z(x)$ dentro de una longitud de muestreo.

$$P_a, R_a, W_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

con l igual a l_p , l_r , o l_w según el caso.

Raíz cuadrada promedio de las desviaciones del perfil primario P_q

Raíz cuadrada promedio de las desviaciones del perfil de rugosidad R_q

Raíz cuadrada promedio de las desviaciones del perfil de ondulación W_q

Valor de la raíz cuadrada promedio de los valores de la ordenada $Z(x)$ dentro de la longitud de muestreo.

$$P_q, R_q, W_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx}$$

con l como l_p , l_r , o l_w según el caso..

Sesgo del perfil primario Psk**Sesgo del perfil de rugosidad Rsk****Sesgo del perfil de ondulación Wsk**

Cociente del promedio del valor cúbico de los valores ordenados $Z(x)$ y el cubo de Pq , Rq o Wq respectivamente, dentro de la longitud de muestreo.

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \left[\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} Z^3(x) dx \right]$$

La ecuación anterior define Rsk . Psk y Wsk son definidos en una manera similar. Psk , Rsk y Wsk son medidas de la asimetría de la función de densidad de probabilidad de los valores ordenados.

Kurtosis del perfil primario Pku**Kurtosis del perfil de rugosidad Rku****Kurtosis del perfil de ondulación Wku**

Cociente del promedio del valor a la cuarta de los valores ordenados $Z(x)$ y la cuarta potencia de Pq , Rq o Wq respectivamente, dentro de una longitud de muestreo.

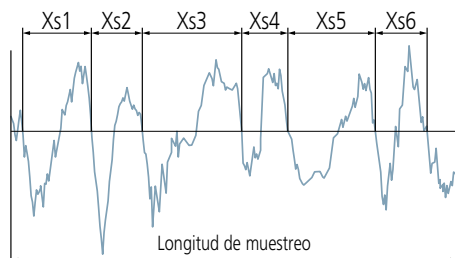
$$Rku = \frac{1}{Rq^4} \left[\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} Z^4(x) dx \right]$$

La ecuación anterior define Rku . Pku y Wku son definidos en una manera similar. Pku , Rku y Wku son medidas de la asimetría de la función de densidad de probabilidad de los valores ordenados.

Parámetros de espaciamiento**Ancho promedio de los elementos del perfil primario PSm****Ancho promedio de los elementos del perfil de rugosidad RSm****Ancho promedio de los elementos del perfil de ondulación WSm**

Valor promedio de los anchos de los elementos de perfil X_s dentro de la longitud de muestreo

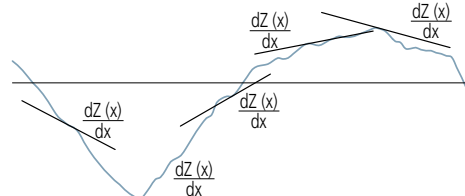
$$PSm, RSm, WSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{si}$$

**Número de conteo de picos basado en los elementos del perfil primario PPc****Número de conteo de picos basado en los elementos del perfil de rugosidad RPc****Número de conteo de picos basado en los elementos del perfil de ondulación WPc**

$$RPc = \frac{1}{RSm}$$

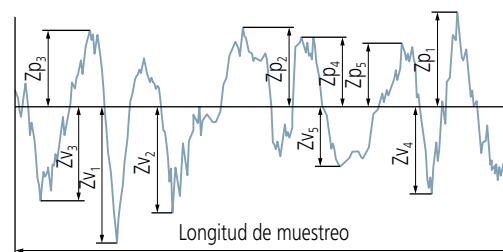
**Parámetros Híbridos****Raíz cuadrada promedio de las pendientes del perfil primario PAq****Raíz cuadrada promedio de las pendientes del perfil de rugosidad RAq****Raíz cuadrada del promedio de las pendientes del perfil de ondulación WAq**

Raíz cuadrada del promedio de las pendientes dZ/dX dentro de una longitud de muestreo.

**Parámetros Específicos JIS****Altura de irregularidades de diez puntos, RzJIS**

Promedio de la suma absoluta de los cinco picos más altos y la suma absoluta de los cinco valles más profundos, medidas desde la línea media dentro de la longitud de muestreo de un perfil de rugosidad. Este perfil se obtiene desde el perfil primario usando un filtro paso banda de fase corregida con valores de cutoff de λc y λs .

$$RzJIS = \frac{(Zp_1 + Zp_2 + Zp_3 + Zp_4 + Zp_5) + (Zv_1 + Zv_2 + Zv_3 + Zv_4 + Zv_5)}{5}$$



Símbolo	Perfil usado
$RzJIS82$	Perfil de superficie tal como se mide
$RzJIS94$	Perfil de rugosidad derivado del perfil primario usando un filtro paso alto de fase corregida

Promedio aritmético de la desviación del perfil Ra75

Promedio aritmético de los valores absolutos de las desviaciones del perfil desde la línea media dentro de la longitud de muestreo del perfil de rugosidad (75%). Este perfil se obtiene a partir de la medición de un perfil usando un filtro análogo paso alto con un factor de atenuación de 12db/octava y un valor cutoff de λc .

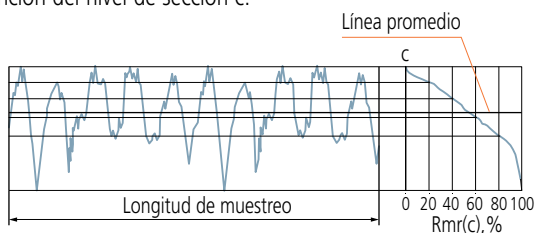
$$Ra_{75} = \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} |Z(x)| dx$$

Surftest (Máquinas de medición de rugosidad superficial)

Curvas, Función de Densidad de Probabilidad y Parámetros Relacionados

Curva de proporción de material del perfil (curva Abbott-Firestone)

Curva que representa la proporción de material del perfil como una función del nivel de sección c .



Proporción de material del perfil primario $Pmr(c)$

Proporción de material del perfil de rugosidad $Rmr(c)$

Proporción de material del perfil de ondulación $Wmr(c)$

Proporción de la longitud de material de los elementos del perfil MI en un nivel dado c a la longitud de evaluación.

$$Pmr(c), Rmr(c), Wmr(c) = \frac{MI(c)}{ln}$$

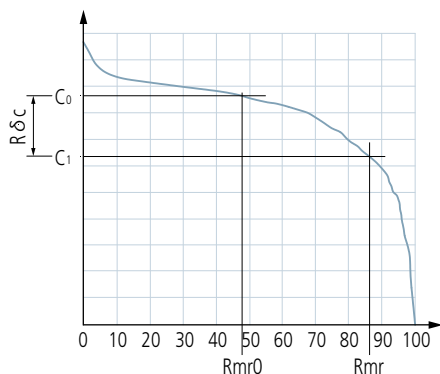
Diferencia de la altura de sección del perfil primario $P\delta c$

Diferencia de la altura de sección del perfil de rugosidad $R\delta c$

Diferencia de la altura de sección del perfil de ondulación $W\delta c$

Distancia vertical entre dos niveles de sección de una proporción dada de material.

$$R\delta c = c(Rmr1) - c(Rmr2); Rmr1 < Rmr2$$



Proporción del material relativo del perfil primario Pmr

Proporción del material relativo del perfil de rugosidad Rmr

Proporción del material relativo del perfil de ondulación Wmr

Proporción del material determinada en un nivel de sección del perfil $R\delta c$, relacionada al nivel de sección de referencia c_0

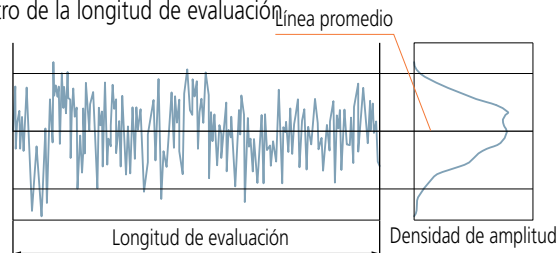
$$Pmr, Rmr, Wmr = Pmr(c_1), Rmr(c_1), Wmr(c_1)$$

where $c_1 = c_0 - R\delta c (P\delta c, W\delta c)$
 $c_0 = c(Pmr0, Rmr0, Wmr0)$

Función de densidad de probabilidad

(curva de distribución de amplitud de altura del perfil)

Función de densidad de probabilidad muestra de la ordenada $Z(x)$ dentro de la longitud de evaluación.



Longitud de muestreo de rugosidad para perfiles no periódicos

ISO 4288: 1996 (JIS B 0633: 2001)

Tabla 1: Longitudes de muestreo para parámetros del perfil de rugosidad no periódicos (Ra , Rq , Rsk , Rku , $R\Delta q$), curva de proporción de material, función de densidad de probabilidad y parámetros relacionados

Ra μm	Longitud de muestreo lr mm	Longitud de evaluación ln mm
$(0.006) < Ra \leq 0.02$	0.08	0.4
$0.02 < Ra \leq 0.1$	0.25	1.25
$0.1 < Ra \leq 2$	0.8	4
$2 < Ra \leq 10$	2.5	12.5
$10 < Ra \leq 80$	8	40

Tabla 2: Longitudes de muestreo para parámetros del perfil de rugosidad no periódicos (Rz , Rv , Rp , Rc , Rt)

$Rz, Rz1max.$ μm	Longitud de muestreo lr mm	Longitud de evaluación ln mm
$(0.025) < Rz, Rz1max. \leq 0.1$	0.08	0.4
$0.1 < Rz, Rz1max. \leq 0.5$	0.25	1.25
$0.5 < Rz, Rz1max. \leq 10$	0.8	4
$10 < Rz, Rz1max. \leq 50$	2.5	12.5
$50 < Rz, Rz1max. \leq 200$	8	40

1) Rz se usa para la medición de Rz , Rv , Rp , Rc , y Rt .

2) $Rz1max$ se usa solamente para la medición de $Rz1max$, $Rv1max$, $Rp1max$, y $Rc1max$.

Tabla 3: Longitudes de muestreo para medición de parámetros de rugosidad del perfil de rugosidad periódica y el parámetro de perfil periódico o aperiódico Rsm

Rsm mm	Longitud de muestreo lr mm	Longitud de evaluación ln mm
$0.013 < Rsm \leq 0.04$	0.08	0.4
$0.04 < Rsm \leq 0.13$	0.25	1.25
$0.13 < Rsm \leq 0.4$	0.8	4
$0.4 < Rsm \leq 1.3$	2.5	12.5
$1.3 < Rsm \leq 4$	8	40

Procedimiento para determinación de la longitud de muestreo si no se especifica

Fig.1 Procedimiento para determinar la longitud de muestreo si no se especifica

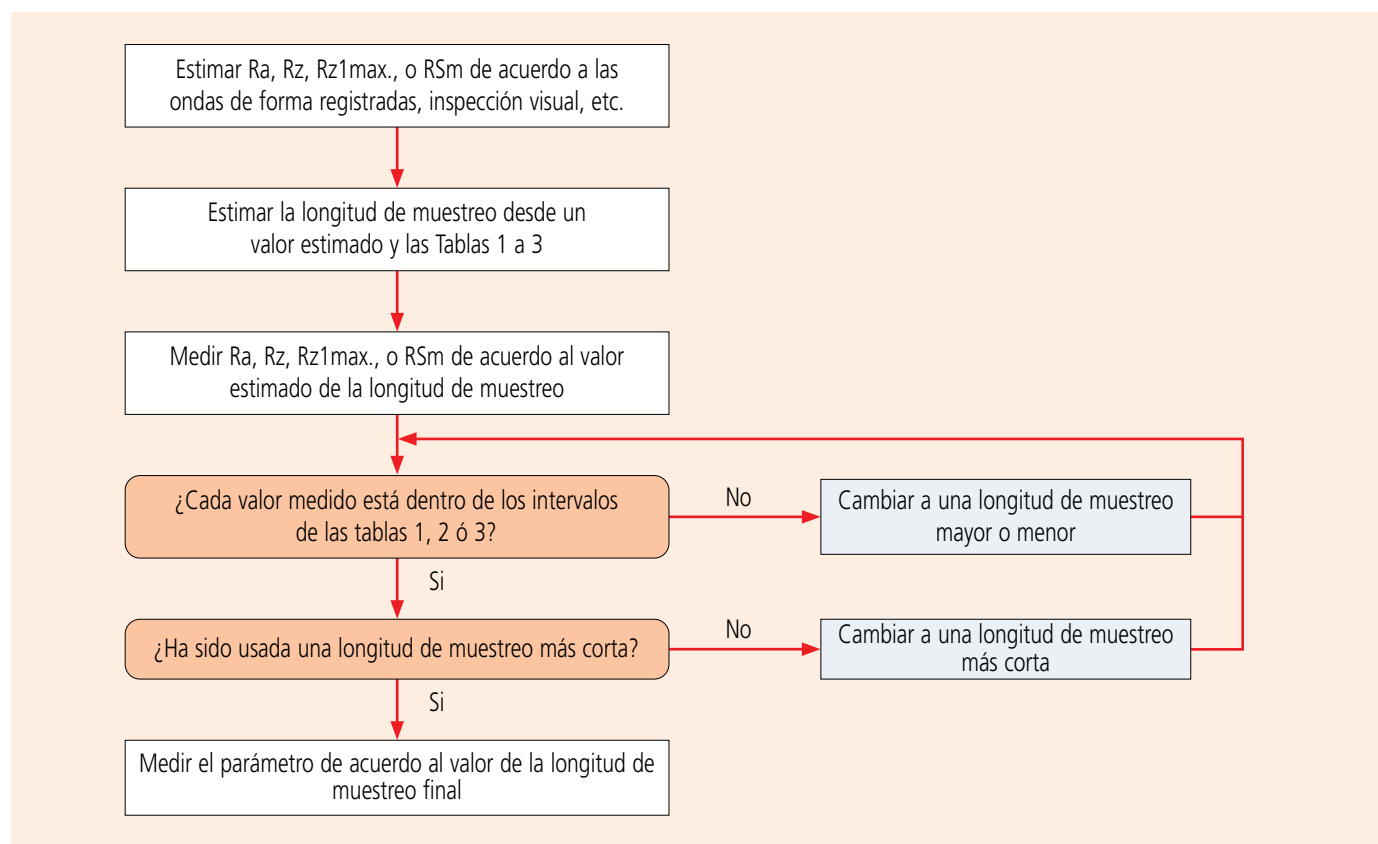
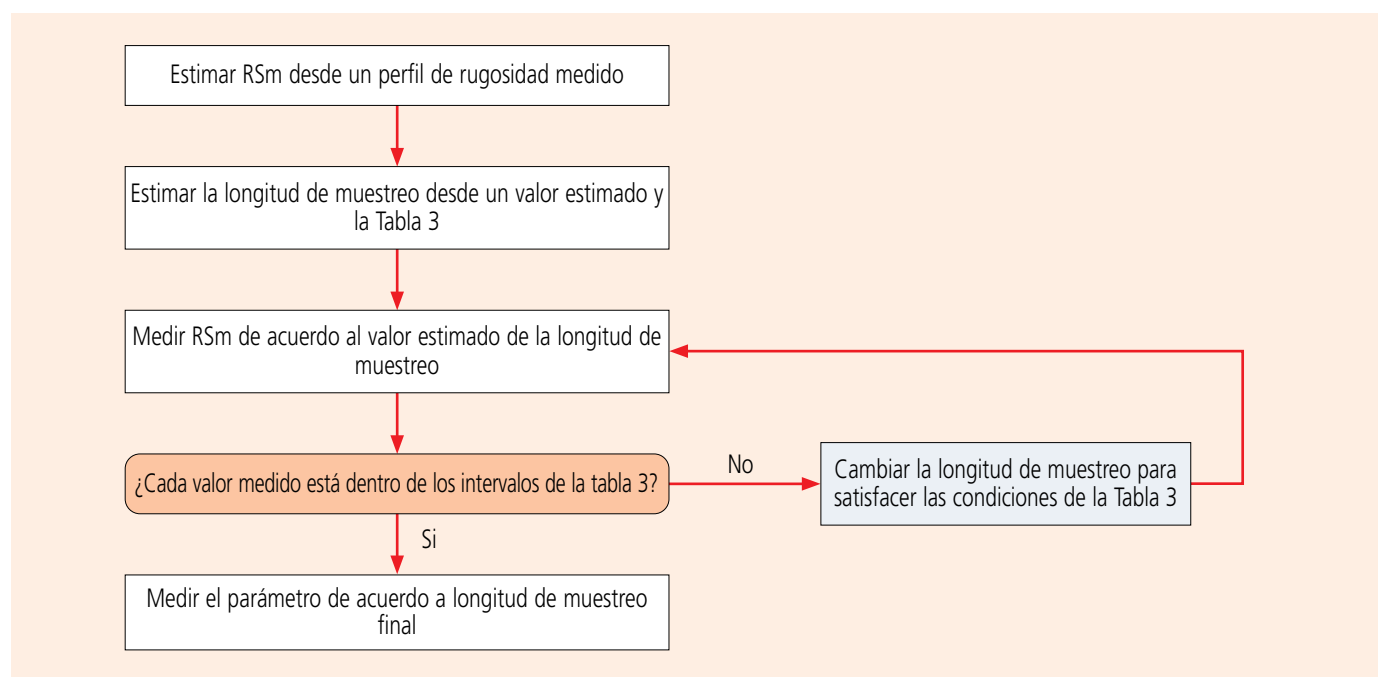


Fig.2 Procedimiento para determinar la longitud de muestreo de un perfil periódico si no se especifica.

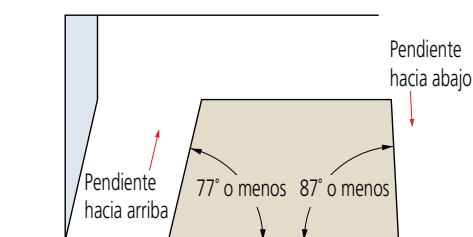


Contracer (Instrumentos de medición de contorno)

Ángulo trazable

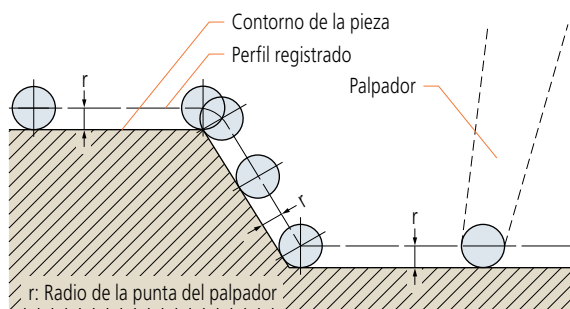
El ángulo máximo en el que un palpador puede trazar hacia arriba o hacia abajo a lo largo del contorno de una pieza de trabajo, en la dirección de desplazamiento del palpador, se denomina ángulo trazable. Un palpador de un solo lado con un ángulo de punta de 12° (como en la figura anterior) puede trazar un máximo de 77° de pendiente ascendente y un máximo de 87° de pendiente descendente. Para un palpador cónico (cono de 30°), el ángulo trazable es más pequeño. Una pendiente ascendente con un ángulo total de 77° o menos puede incluir un ángulo de más de 77° debido al efecto de la rugosidad de la superficie. La rugosidad de la superficie también afecta la fuerza de medición.

Para el modelo CV-3200/4500, el mismo tipo de palpador (SPH-71: biselado de un lado con un ángulo de punta de 12°) puede trazar un máximo de 77° de pendiente ascendente y un máximo de 83° de pendiente descendente.



Compensación por el Radio del Palpador

Un perfil registrado representa el lugar geométrico del centro de la punta de bola rodando sobre la superficie de una pieza. (Un radio típico es 0.025 mm). Obviamente esto no es lo mismo que el perfil ideal de la superficie, de modo que para obtener un perfil registrado exacto, es necesario compensar por el efecto del radio de la punta a través del procesamiento de datos.



Si un perfil se lee desde el graficador mediante una plantilla o escala, es necesario compensar de antemano por el radio de la punta del radio de acuerdo a la amplificación de medición aplicada.

Error

Ya que el detector de los ejes X y Z incorporan escalas, la amplificación de la exactitud se muestra no como un porcentaje sino como el error del desplazamiento lineal para cada eje.

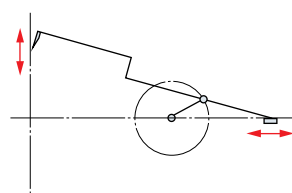
Trazado de arco circular/lineal

El lugar geométrico trazado por la punta del palpador durante el movimiento vertical del palpador puede ser un arco circular o una línea recta. Asegurar un lugar de línea recta implica una mecánica compleja, mientras que en el caso de un lugar de arco circular, si la amplitud del desplazamiento del palpador es grande en la dirección vertical, surge un error (δ) en el perfil registrado en la dirección horizontal. (Ver figura a continuación).

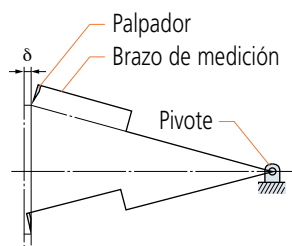
Compensación por Giro del Brazo

Cuando el palpador se mueve a través de un arco circular, surge un error en la dirección del eje X del perfil grabado. Los posibles métodos para compensar este efecto son los siguientes:

1: Compensación mecánica



2: Compensación eléctrica



δ : Desplazamiento no deseado en X para compensarse

3: Software de procesamiento. Para medir el contorno de una pieza que involucra un gran desplazamiento en la dirección vertical con gran exactitud, es necesario implementar uno de estos métodos de compensación.

Métodos de Medición en el Eje Z

Aunque el método de medición en el eje Z comúnmente adoptado es por medio de una escala digital, la medición en el eje Z divide entre métodos análogos (usando un transformador diferencial, etc.) y métodos de escala digital.

Los métodos análogos varían en resolución del eje Z dependiendo de la amplificación de la medición e intervalo de medición. Los métodos de escala digital tienen resolución fija.

Generalmente, un método de escala digital proporciona mayor exactitud que un método análogo.

Paro de Seguridad por Sobrecarga

Si se ejerce una fuerza excesiva (sobrecarga) en la punta del palpador debido, quizás, a que la punta encuentra una pendiente demasiado pronunciada en una característica de la pieza de trabajo, o una rebaba, etc., un dispositivo de seguridad detiene automáticamente la operación y hace sonar una alarma. Este tipo de instrumento suele estar equipado con dispositivos de seguridad independientes para la carga en la dirección de trazado (eje X) y la carga en la dirección vertical (eje Z).

Métodos de análisis de contorno

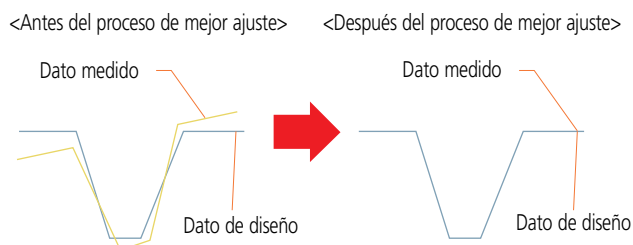
Se puede analizar el contorno con uno de los siguientes métodos después de completar la operación de medición.

Sección de procesamiento de datos y programa de análisis

El contorno medido se ingresa en la sección de procesamiento de datos en tiempo real y el programa dedicado desempeña el análisis usando el ratón y/o el teclado. El ángulo, radio, peldaño, paso y otros datos se muestran directamente como valores numéricos. El análisis de combinación de sistemas coordenados se puede realizar fácilmente. La gráfica que pasa a través de la corrección del radio del palpador va a la impresora como perfil registrado.

Mejor Ajuste

Si hay un patrón para el dato del perfil de superficie medido, se realiza el tolerado con los datos de diseño de acuerdo al patrón. Si no hay patrón o si se desea el tolerado solo con la forma, se puede realizar el mejor ajuste entre los datos de diseño y los datos medidos.



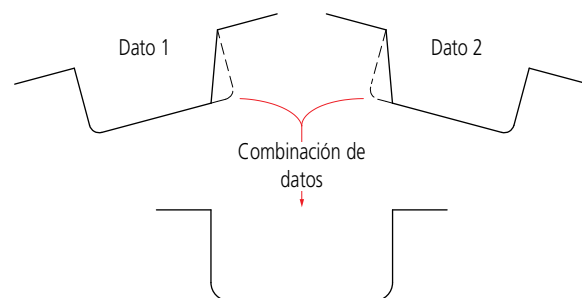
El algoritmo de procesamiento del mejor ajuste, busca por desviaciones entre ambos conjuntos de datos y deriva un sistema de coordenadas en el cual, la suma de cuadrados de la desviación es un mínimo cuando el dato medido es sobrepuesto sobre los datos de diseño.

Tolerancia con datos de diseño

El dato del contorno de una pieza medida se puede comparar con el dato de diseño en términos de las formas actuales y diseñadas más que solo análisis de dimensiones individuales. En esta técnica, cada desviación del contorno medido desde el contorno pretendido se muestra y registra. También se pueden procesar datos desde una pieza muestra para convertirse en los datos del diseño maestro con el cual se comparan otras piezas. Esta función es particularmente útil cuando la forma de una sección afecta apreciablemente el desempeño del producto, o cuando su forma tiene una influencia sobre la relación entre partes ensamblantes o ensambladas.

Combinación de Datos

Convencionalmente, si el trazado de un contorno completo no es posible por las restricciones del ángulo de trazo, entonces, se tiene que dividir en varias secciones que se miden y evalúan por separado. Esta función evita esta situación indeseable combinando las secciones separadas en un contorno traslapando elementos comunes (líneas, puntos) uno sobre otro. Con esta función se puede mostrar el contorno completo y realizar varios análisis en la forma usual.



Ejemplos de Medición



Contorno de un lente esférico



Contorno interior y exterior de un cojinete



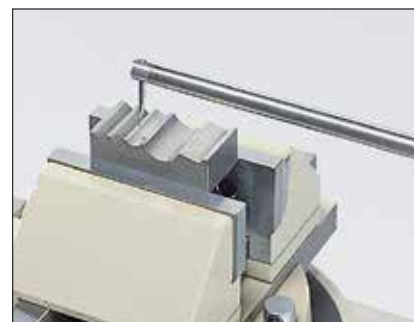
Diente de un engrane interno



Forma de una rosca interna



Forma de una rosca exterior



Contorno de un calibre

Roundtest (Instrumentos de medición de redondez)

ISO 4291:1985 Métodos para la evaluación de la desviación de la redondez --

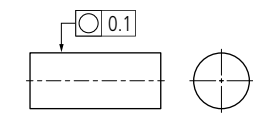
Medición de variaciones en el radio

ISO 1101:2012 Especificaciones geométricas del producto (GPS) -- Tolerancia geométrica -- Tolerancias de forma, orientación, ubicación y alabeo

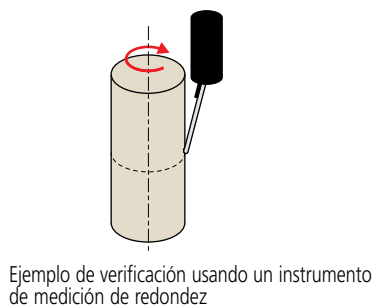
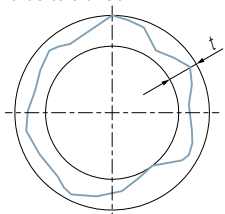
○ Redondez

Cualquier línea circunferencial debe estar contenida dentro de la zona de tolerancia formada entre dos círculos concéntricos con una diferencia en radio de t .

Ejemplo de notación



Zona de tolerancia

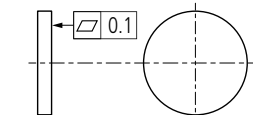


Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

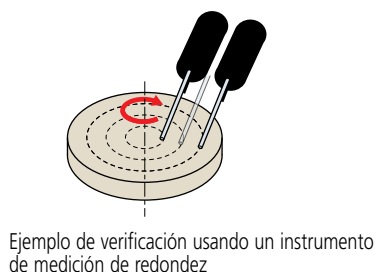
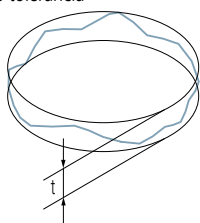
□ Planitud

La superficie debe estar contenida dentro de la zona de tolerancia formada entre dos planos paralelos separados una distancia t .

Ejemplo de notación



Zona de tolerancia

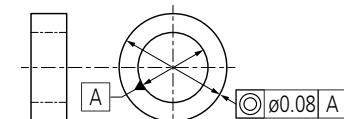


Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

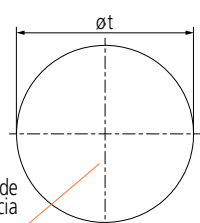
◎ Concentricidad

El punto central debe estar contenido dentro de la zona de tolerancia formada por un círculo de diámetro t concéntrico con el dato.

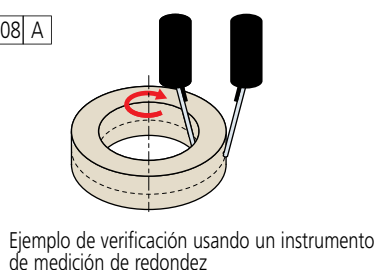
Ejemplo de notación



Zona de tolerancia



Centro de referencia

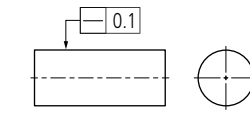


Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

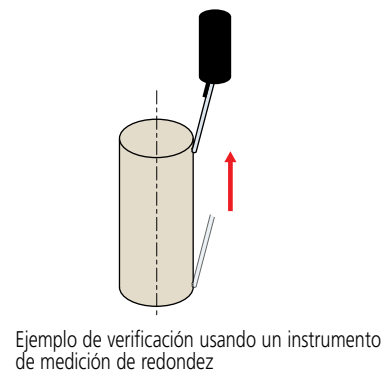
— Rectitud

Cualquier línea en la superficie debe encontrarse dentro de la zona de tolerancia formada por dos líneas rectas paralelas a una distancia t y en la dirección especificada.

Ejemplo de notación



Zona de tolerancia

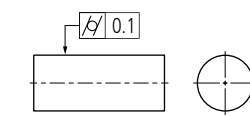


Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

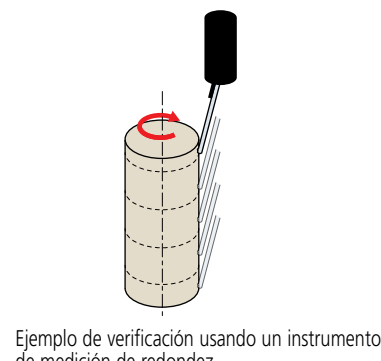
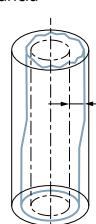
⌘ Cilindricidad

La superficie debe estar contenida dentro de la zona de tolerancia formada entre dos cilindros coaxiales con una diferencia en radio de t .

Ejemplo de notación



Zona de tolerancia

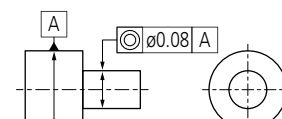


Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

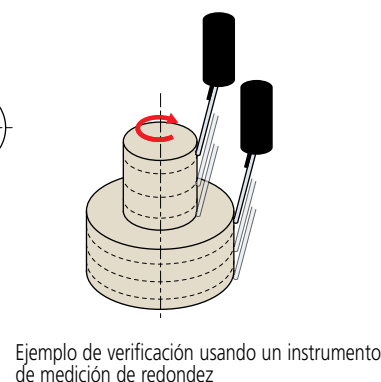
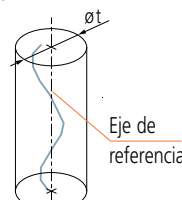
◎ Coaxialidad

El eje debe estar contenido dentro de la zona de tolerancia formada por un cilindro de diámetro t concéntrico con el dato.

Ejemplo de notación



Zona de tolerancia

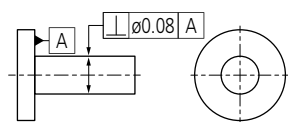


Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

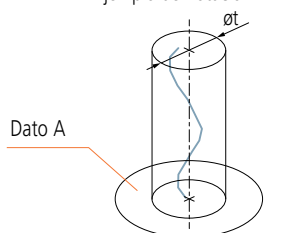
⊥ Perpendicularidad

La línea o superficie debe estar contenida dentro de la zona de tolerancia formada entre dos planos separados una distancia t y perpendiculares al dato.

Ejemplo de notación

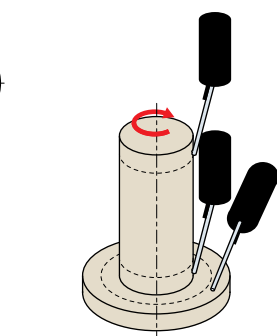


Ejemplo de notación



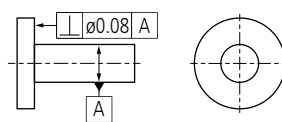
Dato A

Zona de tolerancia

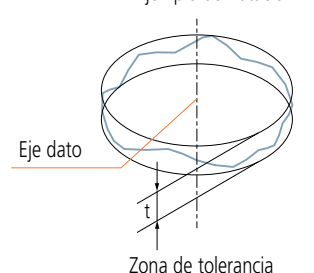


Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

Ejemplo de notación

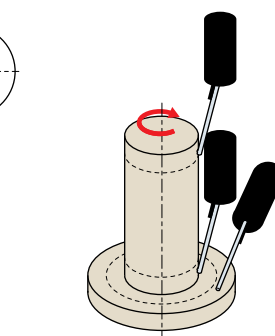


Ejemplo de notación



Eje dato

Zona de tolerancia



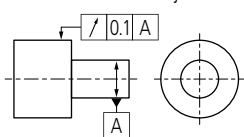
Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

/ Cabeceo circular (Radial y Axial)

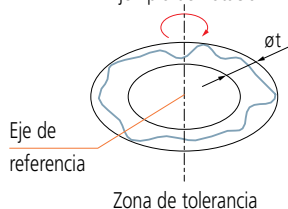
La línea debe estar contenida dentro de la zona de tolerancia formada entre dos círculos coplanares y/ concéntricos separados una distancia t concéntrica o perpendicular al dato.

Dirección especificada: Dirección radial

Dirección que intersecta la línea recta axial de referencia y es vertical a la línea del eje de referencia

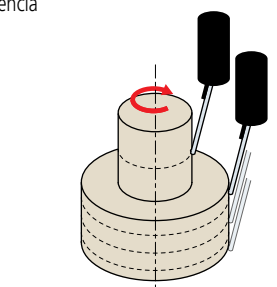


Ejemplo de notación



Eje de referencia

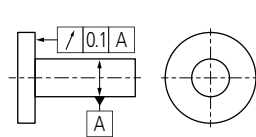
Zona de tolerancia



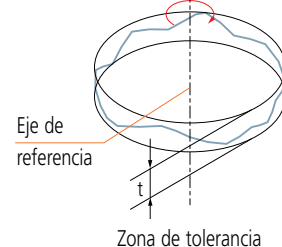
Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

Dirección especificada: Dirección axial

Dirección que es paralela a la línea axial de referencia

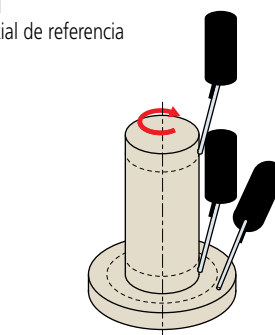


Ejemplo de notación



Eje de referencia

Zona de tolerancia



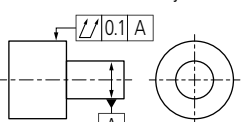
Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

⌘ Cabeceo Total (Radial y Axial)

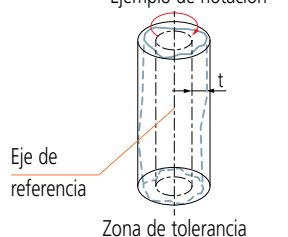
La superficie debe estar contenida dentro de la zona de tolerancia formada entre dos cilindros coaxiales con una diferencia en los radios de t , o planos a una distancia t separada, concéntricos con o perpendiculares a la referencia.

Dirección especificada: Dirección radial

Dirección que intersecta la línea recta axial de referencia y es vertical a la línea del eje de referencia

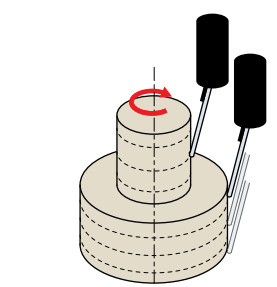


Ejemplo de notación



Eje de referencia

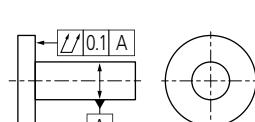
Zona de tolerancia



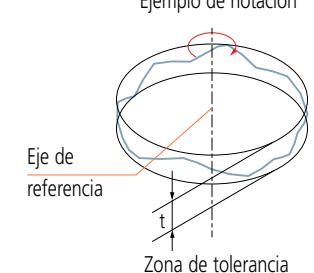
Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

Dirección especificada: Dirección axial

Dirección que es paralela a la línea axial de referencia

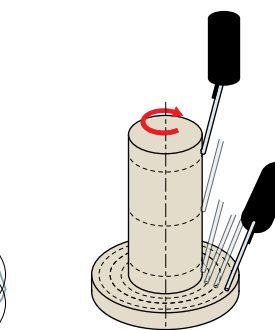


Ejemplo de notación



Eje de referencia

Zona de tolerancia



Ejemplo de verificación usando un instrumento de medición de redondez

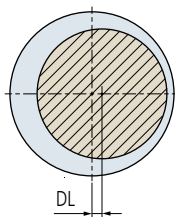
Roundtest (Instrumentos de medición de redondez)

Ajuste antes de la Medición

ISO 4291:1985^{*3}

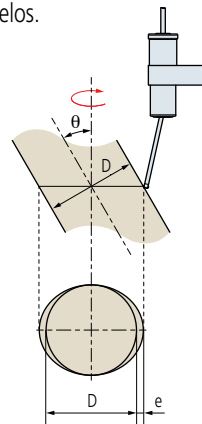
Centrado

Un descentramiento en el desplazamiento (excentricidad) entre el eje de la mesa giratoria de Roundtest y el de la pieza de trabajo da como resultado una distorsión de la forma medida (error de limaçon) y consecuentemente produce un error en el valor de redondez calculado. Cuanto mayor sea la excentricidad, mayor será el error en la redondez calculada. Por lo tanto, la pieza de trabajo debería estar centrada (hacer que los ejes coincidan) antes de la medición. Algunos probadores de redondez soportan mediciones exactas con una función de corrección del error de Caracol de Pascal. La efectividad de esta función se puede observar en el gráfico de debajo.

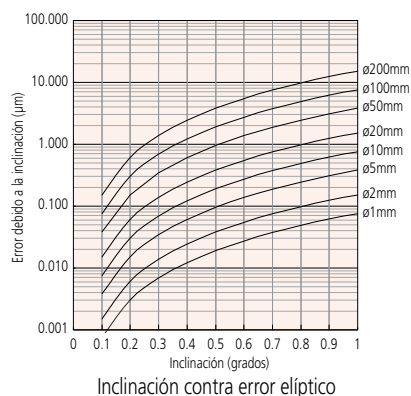
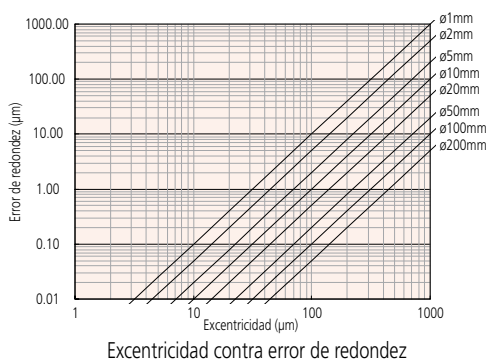


Nivelación

Cualquier inclinación del eje de una pieza de trabajo con respecto al eje rotacional del aparato de medición causará un error elíptico. La nivelación se debe realizar de tal forma que estos ejes estén suficientemente paralelos.



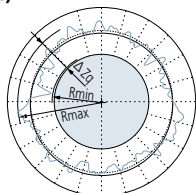
Efecto de la función de compensación de la excentricidad



Evaluando la Redondez del Perfil Medido

Los medidores de redondez utilizan los datos de medición para generar círculos de referencia cuyas dimensiones definen el valor de redondez. Hay cuatro métodos para generar estos círculos, como se muestra a continuación, y cada método tiene características individuales, por lo que se debe elegir el método que mejor se adapte a la función de la pieza de trabajo. Cada método da como resultado una posición central diferente para los círculos de referencia y, por lo tanto, afecta la ubicación axial de la característica circular medida.

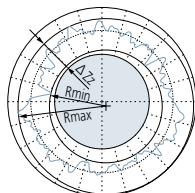
Círculo de mínimos cuadrados (LSC)



$\Delta Z_q = R_{max} - R_{min}$
 ΔZ_q : Un símbolo que indica el valor de redondez por LSC.

Un círculo se ajusta al perfil medido de modo que la suma de los cuadrados de los alejamientos de los datos del perfil desde este círculo es un mínimo. El valor de redondez se define entonces como la diferencia entre los máximos alejamientos del perfil desde este círculo (pico más alto a valle más bajo).

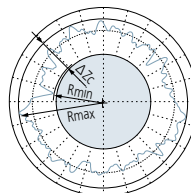
Círculos de zona mínima (MZC)



$\Delta Z_z = R_{max} - R_{min}$
 ΔZ_z : Un símbolo que indica el valor de redondez por MZC.

Dos círculos concéntricos se posicionan para encerrar el perfil medido tal que su diferencia radial es un mínimo. El valor de la redondez se define entonces como la separación radial de estos dos círculos.

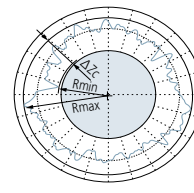
Círculo Mínimo circunscrito (MCC)



$\Delta Z_c = R_{max} - R_{min}$
 ΔZ_c : Un símbolo que indica el valor de redondez por MCC.

Se crea el círculo más pequeño que puede encerrar el perfil medido. El valor de redondez se define entonces como el máximo alejamiento del perfil desde este círculo. Este círculo es referido algunas veces como el círculo del "anillo patrón".

Círculo Máximo inscrito (MIC)



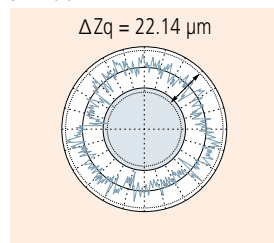
$\Delta Z_i = R_{max} - R_{min}$
 ΔZ_i : Un símbolo que indica el valor de redondez por MIC.

Se crea el mayor círculo que se puede encerrar por los datos del perfil. El valor de redondez se define entonces como el máximo alejamiento del perfil desde este círculo. Este círculo se refiere algunas veces como el círculo del "perno patrón".

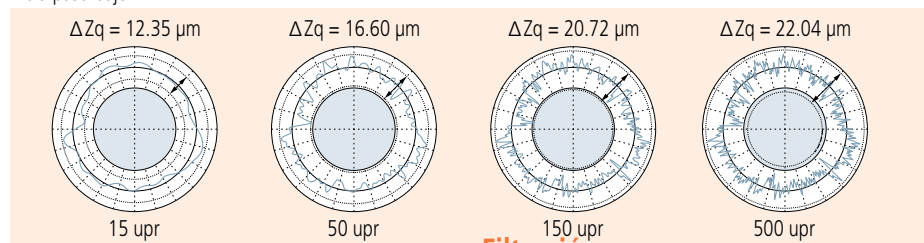
Efecto de la configuración del filtro en el perfil medido

Los perfiles se pueden filtrar de varias formas para reducir o eliminar detalles no deseados, con un valor de corte establecido en términos de ondulaciones por revolución (upr). El efecto de diferentes configuraciones de upr se muestra en los diagramas a continuación, que ilustran cómo el valor de redondez medido disminuye a medida que las configuraciones de upr más bajas suavizan progresivamente la línea.

Sin filtro

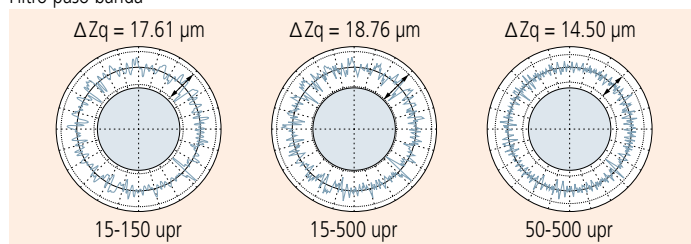


Filtro paso bajo



Filtración

Filtro paso banda



	Filtro 2CR	Filtro gaussiano
Norma	ISO 4291: 1985* ³	ISO 12181-1: 2011* ⁵
Tasa de atenuación	75 %	50 %

Términos y términos abreviados ISO 12181-1: 2011*⁵

Términos abreviados	Términos
LSCI	Círculo de referencia de mínimos cuadrados
LSCY	Cilindro de referencia de mínimos cuadrados
LSLI	Línea de referencia de mínimos cuadrados
LSPL	Plano de referencia de mínimos cuadrados
LCD	Desviación de cilindridad local
LFD	Desviación de planitud local
LRD	Desviación de redondez local
LSD	Desviación de rectitud local
MICI	Círculo de referencia máximo inscrito
MICY	Cilindro de referencia máximo inscrito
MCCI	Círculo de referencia mínimo circunscrito
MCCY	Cilindro de referencia mínimo circunscrito
MZCI	Círculos de referencia de zona mínima
MZCY	Cilindro de referencia de zona mínima
MZLI	Líneas de referencia de zona mínima
MZPL	Planos de referencia de zona mínima
UPR	Ondulaciones por revolución

Filtración

	Filtro 2CR	Filtro gaussiano
Norma	ISO 4291: 1985* ³	ISO 12181-1: 2011* ⁵
Tasa de atenuación	75 %	50 %

*1 ISO/DIS 1101: 1996 Especificaciones geométricas de productos (GPS)

- Tolerancia geométrica - Tolerancia de forma, orientación, localización y cabeceo

*2 ISO 5459 Dibujos técnicos - Tolerancia geométrica

- Referencias y sistemas de referencia para tolerancias geométricas

*3 ISO 4291: 1985 Métodos para la evaluación de la desviación de la redondez

- Medición de variaciones en el radio

*4 ISO 12181-2: 2011 Especificaciones geométricas de productos (GPS)

- Redondez - Parte 2: Operadores de especificación

*5 ISO 12181-1: 2011 Especificaciones geométricas de productos (GPS)

- Redondez - Parte 1: Vocabulario y parámetros de redondez

Parámetros y términos abreviados ISO 12181-1: 2011*⁵

Términos abreviados	Parámetro	Elemento de referencia*			
		Zona mínima	Menos cuadrada	Mínimo circunscrito	Máximo inscrito
CYLt	Cono del cilindro		✓		
STRsg	Desviación de la rectitud generatriz		✓		
STRlc	Desviación de la rectitud generatriz local		✓		
CYLp	Desviación de cilindridad de pico a referencia		✓		
FLTp	Desviación de planitud de pico a referencia		✓		
RONp	Desviación de redondez de pico a referencia		✓		
STRp	Desviación de rectitud de pico a referencia		✓		
CYLt	Desviación de cilindridad de pico a valle	✓	✓	✓	✓
FLTt	Desviación de planitud de pico a valle	✓	✓		
RONt	Desviación de redondez de pico a valle	✓	✓	✓	✓
STRt	Desviación de rectitud de pico a valle	✓	✓		
CYLv	Desviación de cilindridad de referencia al valle		✓		
FLTv	Desviación de planitud de referencia al valle		✓		
RONv	Desviación de redondez de referencia al valle		✓		
STRv	Desviación de rectitud de referencia al valle		✓		
CYLq	Desviación de cilindridad de la raíz cuadrada media		✓		
FLTq	Desviación de planitud de la raíz cuadrada media		✓		
RONq	Desviación de redondez de la raíz cuadrada media		✓		
STRq	Desviación de rectitud de la raíz cuadrada media		✓		
STRsa	Desviación de rectitud de la línea media extraída	✓	✓	✓	✓

* Los elementos de referencia a los que se puede aplicar el parámetro.

Máquinas de ensayo de dureza

Métodos de Medición de Dureza

(1) Vickers

La dureza de Vickers es un método de ensayo que tiene el más amplio intervalo de aplicación, permitiendo la inspección de la dureza con una fuerza de prueba arbitraria. Este ensayo tiene un gran número de campos de aplicación, particularmente para ensayos de dureza dirigidos con una fuerza de ensayo menor a 9.807N (1 kgf). Tal como se muestra en la siguiente fórmula, la dureza de Vickers es un valor determinado dividiendo la fuerza de ensayo F (N) entre el área de contacto S (mm²) entre una muestra y un indentador, que se calcula de la longitud de la diagonal d (mm, promedio de las dos diagonales) de una indentación formada por el penetrador (un diamante piramidal cuadrado con ángulo $\theta=136^\circ$ entre las caras opuestas) en la muestra usando una fuerza de ensayo F (N). k es una constante ($1/g=1/9.80665$).

$$HV=k \frac{F}{S}=0.102 \frac{F}{S}=0.102 \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2}=0.1891 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F:N \\ d:mm \end{matrix}$$

El error en la dureza Vickers calculada viene dada por la siguiente fórmula. Aquí, $\Delta d1$, $\Delta d2$, y 'a' representan el error de medición que se debe al microscopio, un error al leer una indentación y la longitud de una línea de borde generada por las caras opuestas de una punta de indentación, respectivamente. La unidad de $\Delta \theta$ es grados.

$$\frac{\Delta HV}{HV} \approx \frac{\Delta F}{F} - 2 \frac{\Delta d1}{d} - 2 \frac{\Delta d2}{d} - \frac{a^2}{d^2} 3.5 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

(2) Knoop

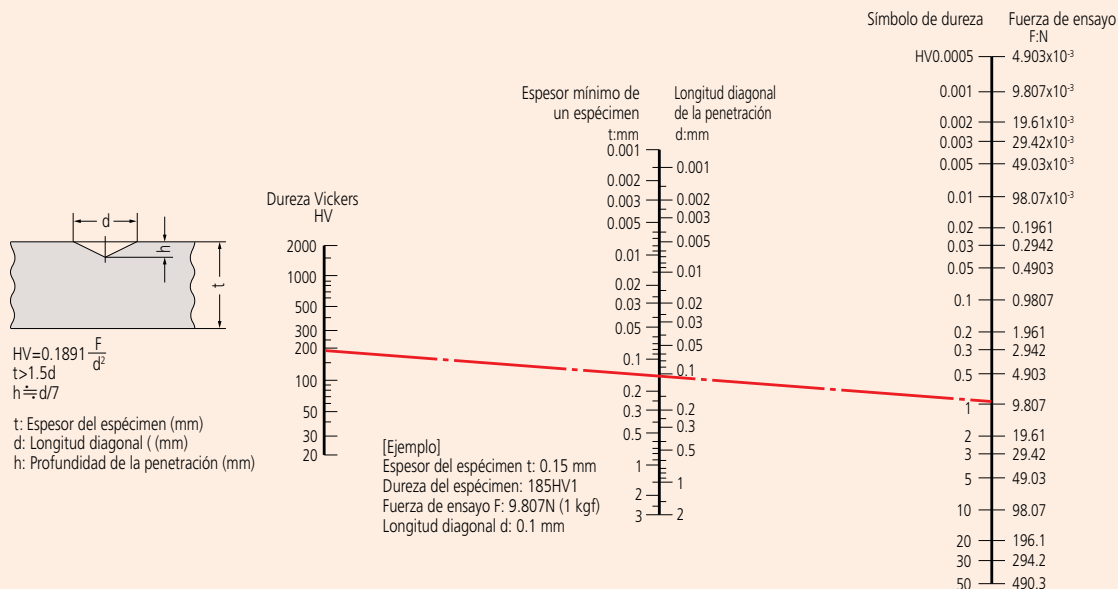
Como se muestra en la siguiente fórmula, la dureza Knoop es un valor obtenido al dividir la fuerza de prueba entre el área proyectada A (mm²) y una indentación, que se calcula a partir de la diagonal más larga d (mm) de la indentación formada después de presionar un indentador de diamante romboide (con ángulos de las caras opuestas de $172^\circ 30'$ y 130°) dentro de una muestra con fuerza de ensayo F aplicada. La dureza Knoop también se puede medir reemplazando el indentador Vickers de una máquina de ensayo de MicroVickers con un indentador Knoop.

$$HK=k \frac{F}{A}=0.102 \frac{F}{A}=0.102 \frac{F}{cd^2}=1.451 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F:N \\ d:mm \\ c:Constante \end{matrix}$$

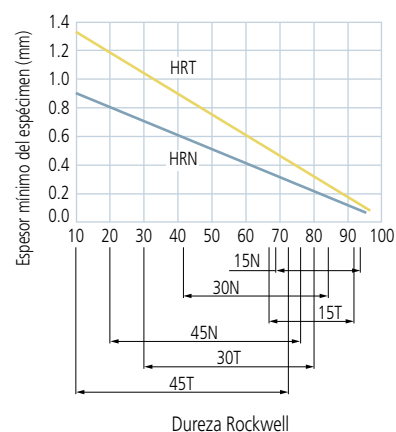
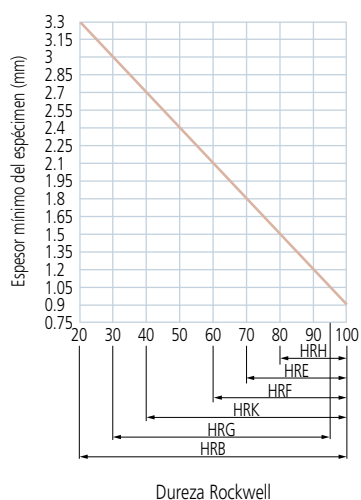
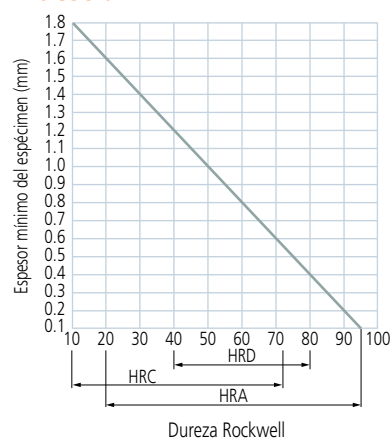
(3) Rockwell y Rockwell Superficial

Para medir dureza Rockwell o Rockwell Superficial, primero se aplica una fuerza de precarga y entonces una fuerza de ensayo a una muestra y se regresa a la fuerza de precarga usando un penetrador de diamante (ángulo del cono de la punta: 120° , radio de la punta: 0.2 mm) o un indentador de esfera (bola de acero o bola de carburo). Este valor de dureza se obtiene de la formula expresada por la diferencia en la profundidad de indentación h (μm) entre las fuerzas de precarga y ensayo. Rockwell usa una fuerza inicial de 98.07N, y Rockwell Superficial 29.42N. A un símbolo específico proporcionado en combinación con un tipo de indentador, fuerza de ensayo y fórmula de dureza se les conoce como una escala. Las Normas Industriales Japonesas (JIS) definen varias escalas de la dureza relacionada.

Relación entre Dureza Vickers y el Espesor Mínimo de una Muestra



Relación entre Dureza Rockwell/Rockwell Superficial y el Espesor Mínimo de una Muestra



Escalas de Dureza Rockwell

Escala	Penetrador	Fuerza de ensayo (N)	Aplicación
A	Diamante	588.4	Carburo, lámina de acero
D		980.7	Acero con cubierta endurecida
C		1471	Acero (mayor que 100HRB o menor que 70HRC)
F	Esfera con diámetro de 1.5875 mm	588.4	Cojinete metálico, latón de cobre recocido
B		980.7	Aleación de aluminio duro, cobre berilio, bronce fosforoso
G		1471	
H	Esfera con diámetro de 3.175 mm	588.4	Cojinete metálico, Piedra de esmeril
E		980.7	Cojinete metálico
K		1471	Cojinete metálico
L	Esfera con diámetro de 6.35 mm	588.4	Plástico, plomo
M		980.7	
P		1471	
R	Esfera con diámetro de 12.7 mm	588.4	Plástico
S		980.7	
V		1471	

Escalas de Dureza Rockwell Superficial

Escala	Penetrador	Fuerza de ensayo (N)	Aplicación
15N	Diamante	147.1	Capa delgada endurecida superficialmente sobre acero como carburado o nitrurado
30N		294.2	
45N		441.3	
15T	Esfera con diámetro de 1.5875 mm	147.1	Hoja delgada de acero suave, estaño, bronce, etc.
30T		294.2	
45T		441.3	
15W	Esfera con diámetro de 3.175 mm	147.1	Plástico, zinc, aleación para cojinete
30W		294.2	
45W		441.3	
15X	Esfera con diámetro de 6.35 mm	147.1	Plástico, zinc, aleación para cojinete
30X		294.2	
45X		441.3	
15Y	Esfera con diámetro de 12.7 mm	147.1	Plástico, zinc, aleación para cojinete
30Y		294.2	
45Y		441.3	

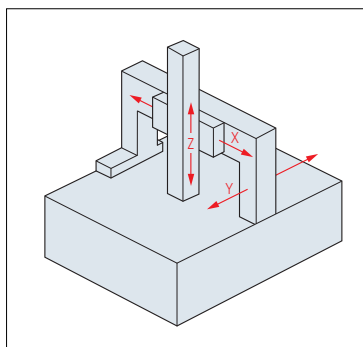
Máquinas de Medición por Coordenadas

Las máquinas de medición por coordenadas de Mitutoyo utilizan cuatro tipos de estructuras que brindan los beneficios de una excelente estabilidad, alta exactitud, alta velocidad de medición, comodidad en la sujeción de la pieza de trabajo, etc.

CMM tipo puente móvil

Este tipo está configurado con el ariete de movimiento vertical (eje Z) montado en un carro, el carro (eje X) se mueve horizontalmente en una estructura de puente que está soportada por la base y guiada horizontalmente para formar el eje Y. Una pieza de trabajo está cargada en la base.

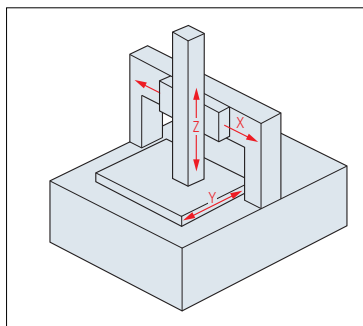
Muchos modelos de CMM de Mitutoyo han adoptado este tipo de estructura, logrando alta exactitud, alta velocidad y alta aceleración. Mitutoyo ofrece una sólida línea de CMM de este tipo, desde modelos compactos hasta los tamaños más grandes que se encuentran en la sala de inspección.



CMM tipo puente fijo

Este tipo está configurado con el ariete que se mueve verticalmente (eje Z) montado en un carro, el carro (eje X) que se mueve horizontalmente en una estructura de puente fijada a la base y una mesa (eje Y) que se mueve horizontalmente en la base. Una pieza de trabajo está cargada en la mesa móvil.

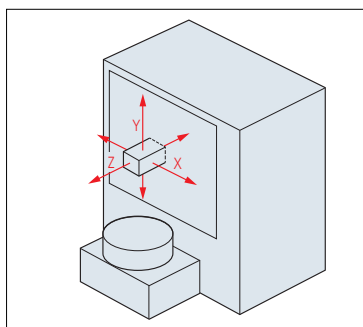
La serie LEGEX de CNC CMM de ultra alta exactitud de Mitutoyo ha adoptado este tipo de estructura, proporcionando la exactitud más alta del mundo al minimizar las fuentes de error a través de una investigación y un análisis exhaustivos.



CMM tipo brazo horizontal

Este tipo está configurado con el ariete que se mueve horizontalmente (eje Z) montado en un carro, el carro (eje Y) que se mueve verticalmente en una columna sostenida por la base y la columna (eje X) que se mueve horizontalmente en la base. Una pieza de trabajo está cargada en la base.

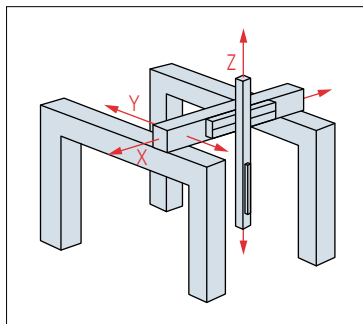
La serie Mitutoyo tipo en línea CNC CMM MACH-3A ha adoptado este tipo de estructura, logrando un posicionamiento de alta velocidad, ahorro de espacio y durabilidad para ser compatible con la instalación en línea/al lado de la línea.



CMM Tipo puente/piso

Este tipo está configurado con el pistón de movimiento vertical (eje Z) montado en un carro, el carro (eje X) se mueve horizontalmente en una estructura de puente doble (eje Y) que se apoya en un piso duro. Una pieza de trabajo se coloca directamente sobre el suelo.

La CMM CNC de guía separada ultragrande de Mitutoyo ha adoptado este tipo que incorpora la estructura original de Mitutoyo (tipo de instalación de puente móvil en el piso). Permite la medición de alta exactitud de una pieza de trabajo grande y pesada, con el intervalo de medición más grande del mundo.



Método de Evaluación de Desempeño de Máquinas de Medición por Coordenadas

Con respecto al método de evaluación del desempeño de CMM, se emitió una revisión de la serie ISO 10360 en 2003 y se revisó parcialmente en 2009. A continuación se describe el método de la norma de inspección, incluido el contenido revisado.

Tabla 1 Serie ISO 10360

	Descripción	Norma ISO No.	Año de emisión
1	Términos	ISO 10360-1	2000
2	Medición de Longitud	ISO 10360-2	2009
3	CMM equipada con mesa giratoria	ISO 10360-3	2000
4	Medición por Escaneo	ISO 10360-4	2000
5	Medición palpador simple/multi	ISO 10360-5	2010
6	Inspección de software	ISO 10360-6	2001

Error máximo permitido de medición de longitud $E_{0,MPE}$ [ISO 10360-2:2009]

Usando la norma de CMM con el palpador específico, mida 5 diferentes longitudes calibradas 3 veces cada una en 7 direcciones dentro del volumen de medición (como se indica en la Figura 1), haciendo un total de 105 mediciones. Si estos resultados de medición, incluida la tolerancia para la incertidumbre de medición, son iguales o menores que los valores especificados por el fabricante, entonces prueba que el desempeño de la CMM cumple con su especificación. El resultado de Pasa/ No Pasa se requiere para ser juzgado considerando las incertidumbres. El error máximo permitido (valor normalizado) de la prueba se puede expresar en cualquiera de las siguientes tres formas (unidad: μm).

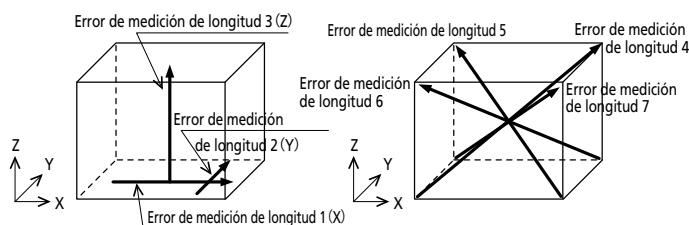


Figura 1 Direcciones de medición para obtener el error de medición de longitud
Las siguientes definiciones de error se agregaron en ISO 10360-2:2009.

$$\begin{aligned} E_{0,MPE} (MPE_e) &= A + L/K \leq B \\ E_{0,MPE} (MPE_e) &= A + L/K \\ E_{0,MPE} (MPE_e) &= B \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} A: \text{Constante } (\mu\text{m}) \text{ especificada por el fabricante} \\ K: \text{Constante adimensional especificada por el fabricante} \\ L: \text{Longitud medida (mm)} \\ B: \text{Valor límite superior } (\mu\text{m}) \text{ especificada por el fabricante} \end{array} \right.$$

Nota: ISO 10360-2:2009 requiere la medición en 4 direcciones diferentes y recomienda la medición paralela a cada eje, mientras que ISO 10360-2:2001 especifica la medición "en 7 direcciones arbitrarias".

Error máximo permitido en medición de longitud/Error de medición de longitud cuando el desplazamiento del palpador del eje Z es de 150 mm $E_{150,MPE}$ [ISO 10360-2:2009]

Además de la medición de longitud en 7 direcciones, la norma ISO 10360-2: 2009 especifica la medición en 2 líneas sobre el plano diagonal YZ o XZ con el palpador desplazado como se muestra en la Figura 2.

Nota: El desplazamiento palpador se establece en 150 mm de forma predeterminada

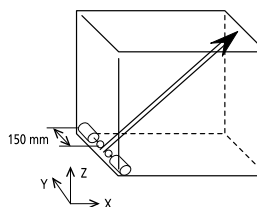


Figura 2 Error de medición de longitud cuando el desplazamiento del palpador del eje Z es de 150 mm

Límite máximo permitido del intervalo de repetibilidad de la medición de longitud $R_{0,MPL}$ [ISO 10360-2:2009]

Calcule el valor máximo a partir de los resultados de tres mediciones repetidas

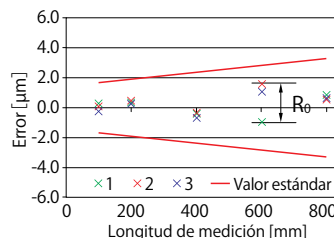


Figura 3 Intervalo repetido de medición de longitud

Error máximo radial permitido para cuatro ejes MPE_{FR} , Error máximo permitido tangencial para cuatro ejes MPE_{FT} , y Error máximo permitido axial para cuatro ejes MPE_{FA} [ISO 10360-3:2000]

El procedimiento de prueba bajo esta norma es colocar dos esferas patrón sobre la mesa giratoria como se muestra en la Figura 4. Rotar la mesa giratoria por un total de 15 posiciones incluyendo 0° , 7 posiciones en la dirección positiva (+) y 7 posiciones en la dirección menos (-) y medir las coordenadas del centro de las dos esferas en cada posición. Entonces sume la incertidumbre de la forma de la esfera patrón a cada variación (intervalo) de elementos en la dirección radial, conectando la dirección de los elementos y elementos en la dirección del eje rotacional de las coordenadas de los centros de las dos esferas patrón. Si estos valores calculados son menores que los valores especificados, se pasa la evaluación de la prueba.

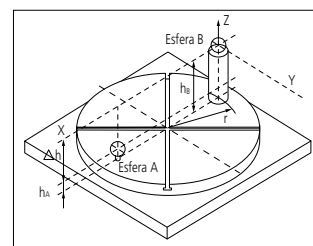


Figura 4 Evaluación de una CMM con una mesa giratoria

Máquinas de Medición por Coordenadas

Error Máximo Permitido de Palpado por Escaneo MPE_{THP} [ISO 10360-4:2000]

Esta es la norma de exactitud para una CMM que esta equipada con un palpador de escaneo. El procedimiento de prueba bajo esta norma es realizar una medición de escaneo en 4 planos en la esfera patrón y luego, se obtiene el centro de mínimos cuadrados usando todos los puntos de medición, para calcular el intervalo radial (dimensión 'A' en la Figura 5) en el cual existen todos los puntos medidos. Basándose en el centro de la esfera de mínimos cuadrados calculado antes, calcular la distancia entre el radio calibrado de la esfera patrón y el máximo o mínimo punto de la medición y tomar la distancia mayor (dimensión "B" en la Figura 5). Sumar la incertidumbre expandida que combina la incertidumbre de la forma de la punta del palpador y la incertidumbre de la forma de la esfera patrón para cada dimensión A y B. Si ambos valores calculados son menores que los valores especificados, el palpador de escaneo ha pasado la prueba.

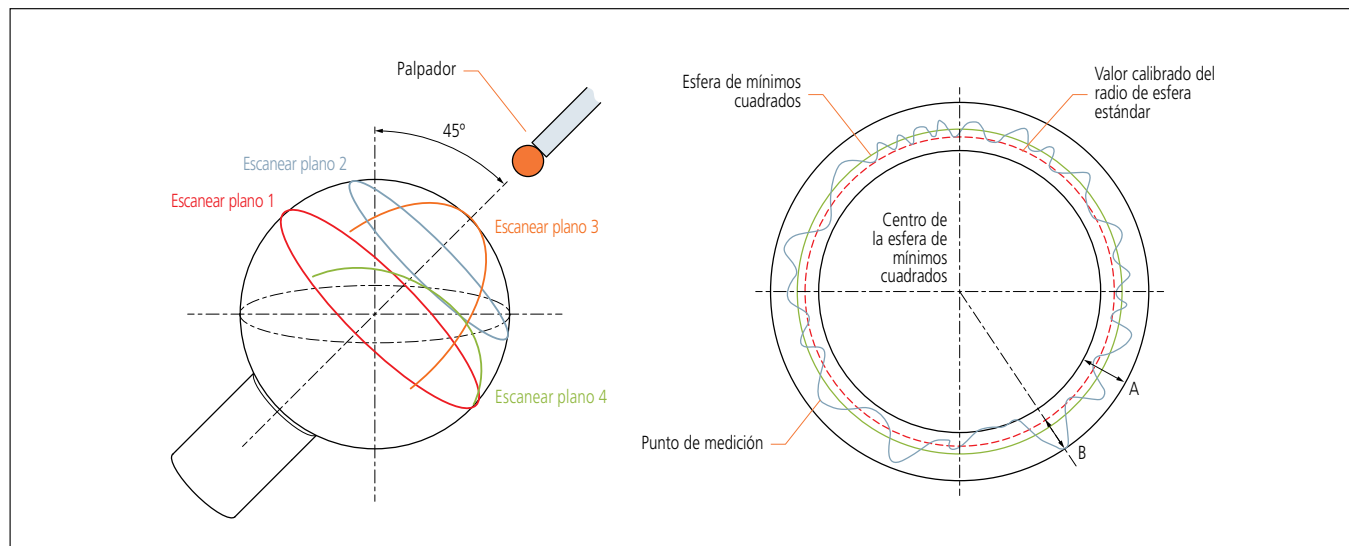


Figura 5 Planos de medición objetivo para el máximo error permitido de palpado por escaneo y su concepto de evaluación

Error Máximo Permitido de Forma de Palpador $P_{FTU, MPE}$ [ISO 10360-5:2010]

Esta medición se incluyó en la medición dimensional en la norma ISO 10360-2: 2001. Sin embargo, se especifica como "CMMs que utilizan sistemas de contacto con uno o múltiples palpadores" en ISO 10360-5: 2010.

El procedimiento de medición no se ha modificado, y se debe realizar lo siguiente.

Mida los puntos objetivo definidos en

una esfera estándar (25 puntos, como en la Figura 6) y use todos los resultados para calcular la posición del centro de la esfera mediante un método de mínimos cuadrados. Luego, calcule la distancia radial desde la posición del centro de la esfera calculada previamente por el método de los mínimos "cuadrados" para cada uno de los 25 puntos de medición y obtenga la diferencia radial $R_{max} - R_{min}$. Si la diferencia, entre el valor especificado y la incertidumbre compuesta, (suma de la incertidumbre forma de la punta y la incertidumbre de la esfera patrón) es menor ó igual, se puede juzgar que el palpador ha superado la prueba.

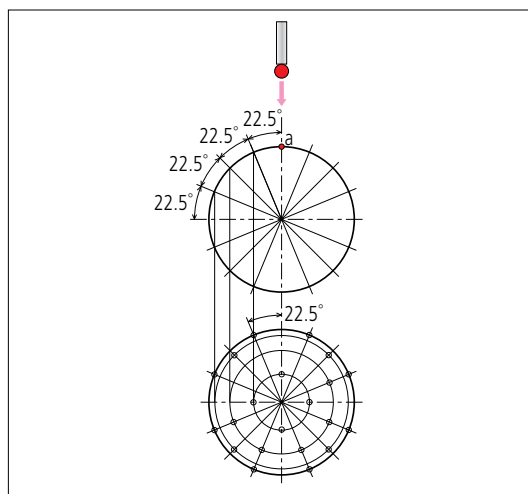


Figura 6 Puntos objetivo para determinar el error máximo permitido de forma de palpador

Incertidumbre de medición de CMM

La incertidumbre de la medición es un valor utilizado para evaluar la confiabilidad de los resultados de la medición.

En ISO 14253-1: 1998, se propone considerar la incertidumbre al valorar el resultado de la medición con referencia a la especificación.

Sin embargo, no es fácil estimar la incertidumbre de la medición realizada por una CMM.

Para valorar la incertidumbre de la medición, es necesario cuantificar cada fuente de incertidumbre y determinar cómo afecta al resultado de la medición.

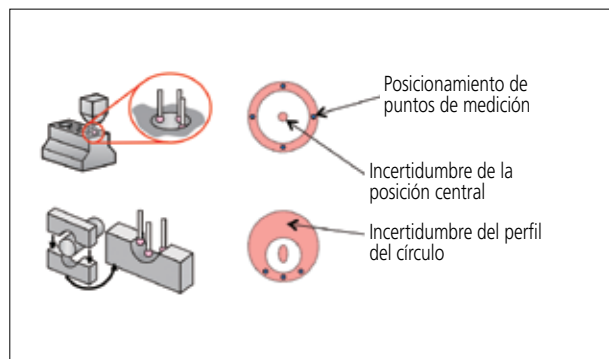
La CMM está sujeta a todo tipo de configuraciones que determinan cómo se debe realizar la medición, como la distribución de puntos de medición o la definición de los puntos datum, de acuerdo con las instrucciones del dibujo o la intención del operador.

Este hecho dificulta la detección de las fuentes de incertidumbre que influyen en el resultado.

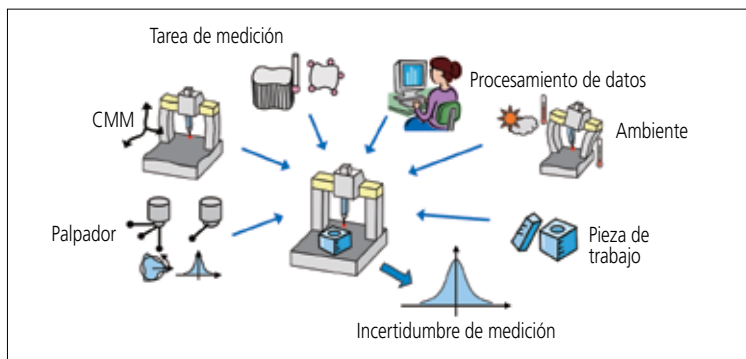
Tomando como ejemplo la medición circular, solo la diferencia de un punto de medición y su distribución provoca la necesidad de volver a calcular la incertidumbre.

Además, hay muchas fuentes de incertidumbre a considerar con el CMM y sus interacciones son complejas.

Debido a lo anterior, es casi imposible generalizar sobre cómo estimar la incertidumbre de medición de la CMM.



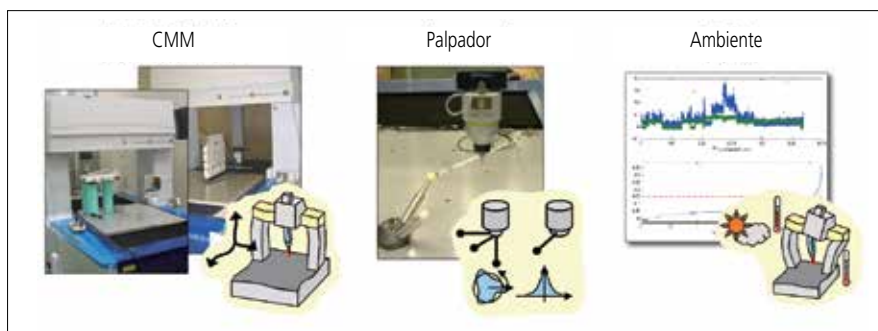
Ejemplo de medición de círculo por CMM



Principales contribuciones que causan incertidumbre en los resultados de medición de CMM

Incertidumbre de medición de la CMM y el software Virtual CMM

El software Virtual CMM* permite la estimación de la incertidumbre de medición complicada de una CMM. El software simula una CMM en una PC en función de las características de la máquina y realiza mediciones virtuales (simuladas). Las mediciones simuladas se realizan según el programa de pieza creado por el operador. El desempeño de la máquina se evalúa a partir de valores experimentales basados en las características geométricas de la máquina real, las características del palpador y la temperatura ambiente, etc. La incertidumbre de medición de la CMM se puede estimar fácilmente utilizando el paquete de software Virtual CMM. ISO15530 Parte 4 (ISO / TS 15530-4 (2008)) define cómo verificar la validez de la incertidumbre de una tarea de medición específica utilizando simulaciones por computadora. Virtual CMM cumple con esta especificación.



Cuantificación de elementos de incertidumbre CMM mediante experimento

Nota: Virtual CMM es un paquete de software desarrollado originalmente por PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt).

Partes relevantes de la norma ISO 15530: Especificaciones geométricas de productos (GPS) -- Máquinas de medición por coordenadas (CMM): Técnica para determinar la incertidumbre de la medición -

Parte 3: Uso de piezas de trabajo calibradas o patrones de medición

Parte 4: Evaluación de la incertidumbre de una tarea de medición específica mediante simulación [Especificación técnica]

**Guía rápida de instrumentos de medición de exactitud
No. E11003(6)_ES**

Emitido en diciembre de 2021

Emitido por Mitutoyo Corporation

20-1, Sakado-1Chome, Takatsu-ku, Kawasaki-shi,
Kanagawa 213-8533, Japan

Nuestros productos están clasificados como artículos regulados según la Ley de Comercio Exterior y Divisas de Japón. Por favor consúltenos con anticipación si desea exportar nuestros productos a cualquier otro país.

Si el producto adquirido es exportado, aunque no sea un artículo regulado (artículo de controles Catch-All), el servicio de atención al cliente disponible para ese producto puede verse afectado. Si tiene alguna pregunta, consulte con su oficina de ventas local de Mitutoyo.

Red de ventas y servicio de Mitutoyo Mexicana, S.A. de C.V.

M³ Solution Center México
Industria Eléctrica 15
Parque Industrial C.P. 53370
Naucalpan, Estado de México
Tel: (55) 5312 5612

M³ Solution Center Irapuato
Boulevard a Villas de Irapuato 1460 L.1
Col. Ejido Irapuato
C.P. 36643 Irapuato, Gto
Tel: (462) 144 1200 / 1400

M³ Solution Center Querétaro
Av. Cerro Blanco 500 1
Centro Sur, Querétaro,
Querétaro. C.P. 76090, México
Tel: (442) 340 8018 / 19

M³ Solution Center Aguascalientes
Av. Aguascalientes No. 622, Local 12
Fracc. Pulgas Pandas Norte
C.P. 20138 Aguascalientes, Ags.
Tel: (449) 174 4140

M³ Solution Center Monterrey
Blvd. Interamerican 300A
Parque Industrial FINSA
C.P. 66600 Apodaca, N.L.
Tel.: (81) 8398 8227 / 8228 / 8242 / 8244

M³ Solution Center Tijuana
Calle José María Velazco 10501-C
Col. Zona Río
Tijuana, Baja California C.P. 22320
Tel.: (664) 647 5024

<https://www.mitutoyo.com.mx>

