

Instrumentos para Mediciones Lineales

Clasificación de instrumentos

1. En base al principio de funcionamiento y sistema de amplificación, se clasifican en: Mecánicos, Ópticos, Neumáticos, Electrónicos y Ultrasónicos. Los distintos principios de funcionamiento los veremos aplicados a los instrumentos que se estudian y se utilizan en el transcurso del presente curso.
2. De acuerdo al valor de la lectura, pueden ser:
 - a) De medida directa
 - b) De medida por comparación
 - c) De inspección

a) Instrumentos de medida directa

Son instrumentos que permiten por lectura directa, la determinación de una medida de la pieza. La precisión de esa medición dependerá, como es lógico, de las cualidades del instrumento y de una serie de factores que participan en la operación de medir.

Se utilizan desde los procedimientos más simples hasta instrumentos y máquinas de concepción complicada. De los instrumentos que permiten medir cotas lineales, describiremos, sintéticamente algunos de ellos, comenzando con los de menor precisión. Más adelante se estudiarán los instrumentos de lectura directa que permiten medir otras magnitudes como ángulos, roscas, engranajes, etc.

Regla milimetrada

Son de fleje, o barra de acero, sobre las que se graba una graduación cuyo comienzo se confunde con el extremo de la izquierda.

Las longitudes normales son: 0,20 – 0,50 – 1 y 2 metros. Se graban en milímetros de un lado y en pulgadas del otro. La medición puede realizarse al extremo (sobre el trazo) , o entre dos trazos por diferencias de lecturas. La fracción de 0,1 a 0,3 mm puede ser apreciada a ojo. Se los usa como instrumentos de lectura directa, pero son muy útiles para fijación de alturas en gramiles de trazado o usos análogos. En algunas máquinas de medir (por coordenadas, etc) existen reglas patrón de acero o cristal de alta precisión.

Las reglas milimetradas se dividen en:

- I) De muy alta precisión o patrones
- II) De comprobación o de inspección
- III) De taller o de uso común

Las precisiones de fabricación, se expresan según la fórmula: $\pm (a + b \cdot L) \mu\text{m}$, donde: a es una constante, b un coeficiente y L la longitud de la regla en milímetros, y según el tipo de regla valen:

Para el tipo I: $\pm (5 + 5 \cdot 10^{-3} L) \mu\text{m}$,

Para el tipo II: $\pm (10 + 10 \cdot 10^{-3} L) \mu\text{m}$,

Para el tipo III: desde $\pm (20 + 20 \cdot 10^{-3} L) \mu\text{m}$ hasta $\pm (50 + 50 \cdot 10^{-3} L)$

Si $L = 100 \text{ mm}$ corresponde una precisión de $5,5 \mu\text{m}$, $11 \mu\text{m}$ y de 22 a $55 \mu\text{m}$ para las reglas tipo I, II y III, respectivamente.

NOTA: Las características constructivas de estos instrumentos pueden verse en la bibliografía de referencia.

Pie de Rey o Calibre con sistema Limbo-Vernier

Consisten en una regla rígida graduada en mm (Figura 1) o en pulgadas y fracción, cuya longitud es variable de 200 mm hasta 3 m. Una mandíbula es fija, de una sola pieza con la regla, deslizándose sobre esta última un cursor con la mandíbula móvil y graduación distinta, de acuerdo con el sistema Limbo-Vernier. La posición del cero de la graduación del cursor indica los mm enteros de la longitud medida, y el excedente se obtiene por la coincidencia de dos rayas, una del limbo y otra del vernier de acuerdo a la forma de graduación de este último (Figuras 1).

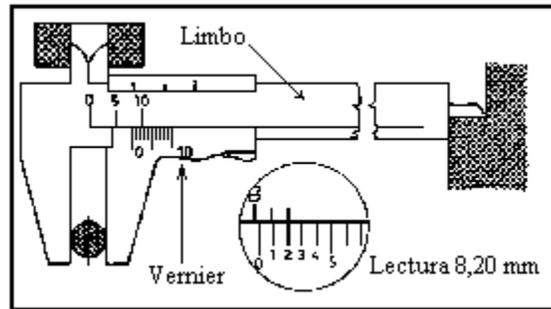


Figura 1

Si a una división del limbo la llamamos s y a una del vernier s' obtenida de dividir $(n-1)$ divisiones del vernier y al primero en n partes (Figura 2), tendremos:

$$s \cdot (n-1) = s' \cdot n \quad \text{de donde:}$$

$$s' = \frac{s \cdot (n-1)}{n} = \frac{s \cdot n - s}{n} \quad \text{y luego}$$

$$s - s' = s - \frac{s \cdot n - s}{n} = \frac{s \cdot n - s \cdot n + s}{n} = \frac{s}{n}$$

$$A = s - s' = \frac{s}{n} = \frac{\text{Menor división del limbo}}{N^\circ \text{ divisiones del vernier}}$$

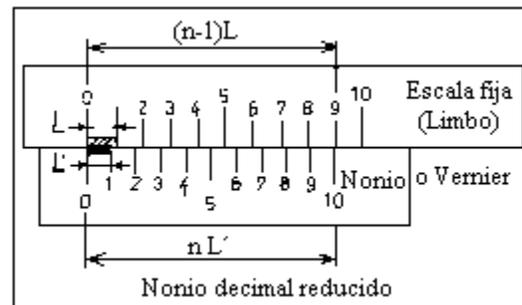


Figura 2

donde: A : aproximación del instrumento

Las incertidumbres las fija la norma DIN 862. Por ejemplo:

$$A = 0,1 \quad \text{el} \quad I = \pm \left(75 + \frac{L}{20} \right) \quad \mu\text{m}$$

Las causas de error en la medición debidas al instrumento son:

- Falta de paralelismo en las mandíbulas
- Falta de perpendicularidad entre las mandíbulas y la regla.
- Los ceros del nonio o vernier y del limbo no coinciden a mandíbulas cerradas
- Errores de división en las escalas.
- Mala fijación de la corredera (juego o aprieto excesivo)
- Desgaste en las puntas, que es el error más frecuente.

Factor personales influyen también en la medición. Podemos apuntar los siguientes defectos:

- Posición incorrecta del calibre con respecto a la pieza.

- Presión inadecuada. La fuerza debe ser del orden de los 0,5 Kg.
- Falsa lectura por error de paralaje o error provocado por el brillo

Micrómetro

En los micrómetros (Figura 3), la medición es independiente de los errores de guía debido a que en la longitud medida, la varilla de contacto y la escala de medición, se hallan una tras otra sobre una misma alineación.

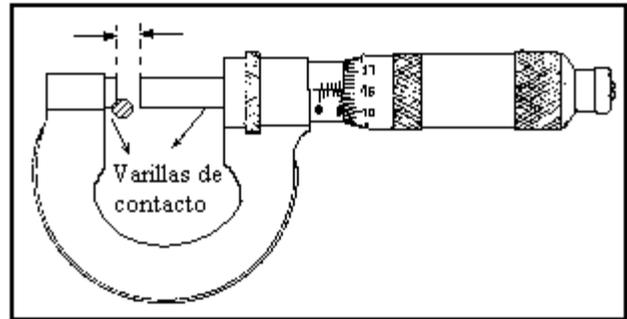


Figura 3

Los micrómetros hallan aplicación principalmente en la fabricación de piezas sueltas como en la construcción de máquinas especiales, utillajes, etc. mientras que en la fabricación en masa se emplean preferentemente calibres de tolerancias fijos.

El micrómetro no puede emplearse universalmente, puesto que su forma de arco impide con frecuencia la medición de determinadas piezas.

En la medición se hace girar el tambor hasta que el husillo toca casi la pieza y luego se sigue girando el mecanismo de trinquete hasta que el movimiento se hace audible, en ese momento se realiza la lectura.

El trinquete no representa la solución definitiva en lo que hace a la eliminación total del elemento subjetivo (tacto). Los defectos estriban en que debido al rozamiento tanto el resorte como el trinquete se hallan sometidos a variación en la medición. Además debido a la calidad de la superficie de la pieza, la medición queda fuertemente influenciada por el atornillado.

La velocidad de medición es distinta para cada individuo, de forma tal que muchos prescinden de emplear el mecanismo de trinquete y utilizan el tambor de medición según su tacto.

Aquí se ve nuevamente la necesidad de ejercitar la fuerza de medición, es decir el tacto, hasta para poder manejar este sencillo y práctico instrumento de medición.

Se comprenderá mejor esto si se tiene en cuenta que la relación del camino recorrido por el punto en que se apoya el dedo que mueve el tornillo (Ct) con el del recorrido por la punta de contacto (Ch), es igual a la relación entre la fuerza que ejerce la punta (Fh) y la que hace el dedo (Fd).

$$Ct / Ch = Fh / Fd$$

En un micrómetro corriente de la Casa Starrett, el paso vale 0,5 mm, el tambor tiene 50 divisiones y la distancia entre divisiones es de 0,8 mm. La relación de recorridos será entonces: $0,8 / 0,01 = 80$. Es decir que la fuerza ejercida para hacer girar el tambor quedará multiplicada por 80 en la punta de contacto. Suponiendo que la fuerza ejercida por el dedo sea solamente de 100gr. se obtendrá despreciando el rozamiento, una fuerza de 8 kg en la punta de contacto.

$$Fh = Ct / Ch \times Fd = 0,8 / 0,001 \times 0,1(\text{ kg }) = 8 \text{ kg}$$

Dado que en este caso, el diámetro de la punta es de 7 mm. la presión esférica que esta última ejerce sobre el objeto valdrá:

$$8 / 0,38 = 21 \text{ Kg. / cm}^2$$

Este ejemplo muestra claramente la precaución con que hay que proceder en las mediciones hechas con auxilio del micrómetro. Por otra parte, el ejercicio puede afinar tanto el sentido del tacto que la discordancia de diferentes mediciones practicadas por un operario experimentado está muy por debajo del valor de una división. Un operador ejercitado, conforme lo demuestran los resultados de numerosas experiencias realizadas, mide con exactitud casi tres veces mayor, usando instrumentos sin trinquete. Ello explica el hecho de que en ciertos talleres que disponen de un cuerpo numeroso de operarios hábiles, no se quiera sustituir la medición micrométrica por el empleo de calibres de tolerancia, fundándose en que el operario ha de conocer también la cantidad en que ha de diferir la medida tomada de la que la pieza que se trabaja ha de tener en realidad.. Además, los micrómetros resultan más económico que los calibres fijos. En cambio, la medición con micrómetro exige indudablemente un tiempo mayor que el que se invierte con calibres fijos. Sobre este tema volveremos mas adelante.

Aunque operarios entrenados realizan mediciones con una apreciación (subjetiva) mas fina que 0,01 mm., deben fijarse límites a este procedimiento puesto que por regla general, es riesgoso estimar fracciones de división cuando la imprecisión es cercana al valor de media división. Pueden estimarse valores menores debido a la gran separación de las divisiones, pero en el fondo es erróneo confiar demasiado en la precisión de medición del micrómetro a base del tacto, puesto que después de un uso prolongado y quizás un mal empleo, pierden notablemente su exactitud. Por esto, es mejor redondear los resultados de la medición en la forma corriente. Como se verá la suma de los errores del micrómetro confirma ente criterio.

Por lo general, los micrómetros con campos de medición de 0 a 300 mm se construyen con una capacidad de medición de 25 mm. También se construyen juegos de micrómetros con campos de medición de 25 a 50, 50 a 75, (0 a 1", 1" a 2", 2" a 3", etc).

Si el punto de medición se puede alcanzar con un micrómetro, su empleo puede recomendarse hasta medidas de 7 metros o mas. Para la medición de diámetros o longitudes tan grandes, se suspende el micrómetro y en esa posición se regula con calibres y bloques patrón, porque los arcos puestos en esa posición, por lo general, se cierran algo debido a su propio peso. Después de medir la pieza, se vuelve a controlar el reglaje del micrómetro para poner de manifiesto las oscilaciones casuales de temperatura o las modificaciones de reglaje debidas a cualquier influencia subjetiva.

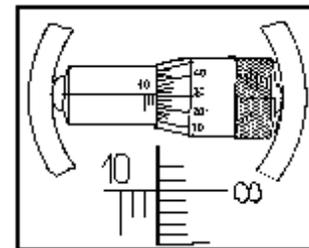


Figura 4

Micrómetros para interiores y de profundidades

Los micrómetros de interiores (Figura 4) tienen la lectura de 0,01 mm, al igual que algunos de los precedentes. El campo de medición es por lo general de 50 a 75 mm, pero pueden emplear varillas complementarias de 25, 50, 75, 100, 150, 200, hasta 400 mm. La medición de comparación puede realizarse mediante un juego de bloques patrón sobre soporte, o mediante un micrómetro de exteriores.

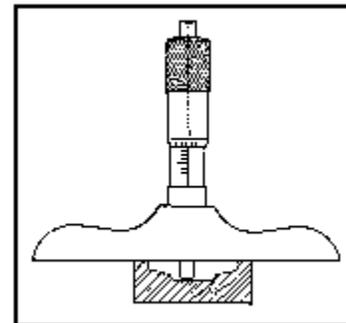


Figura 5

La Figura 5 muestra un micrómetro de profundidades. En la Figura 6 puede verse un micrómetro de mordazas para interiores, muy útil para medir el diámetro de pequeños agujeros.

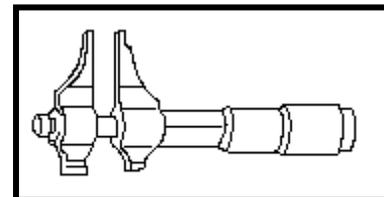


Figura 6

Precisión de lecturas y de medición

En los micrómetros comunes la división menor es de 0,01 (10 μm). En los graduados en pulgadas, la división menor es de 0,001", pudiéndose en algunos leer 0,0001" mediante vernier.

El error total del aparato para un campo de medida de 25 mm se establece según la DIN en $\pm 4 \mu\text{m}$, según Zeiss $\pm 3 \mu\text{m}$ y según Tesa $\pm 2 \mu\text{m}$.

En un micrómetro de precisión, cuyas piezas principales como las roscas del husillo de medición, tuerca, nonius, escala y superficies de medición se han construido con toda exactitud, con el error total $\pm 0,002 \text{ mm}$ y una separación de 1,17 mm entre rayas, un especialista muy entrenado puede estimar una variación en la magnitud medida de 1/5 de división es decir $2 \mu\text{m}$.

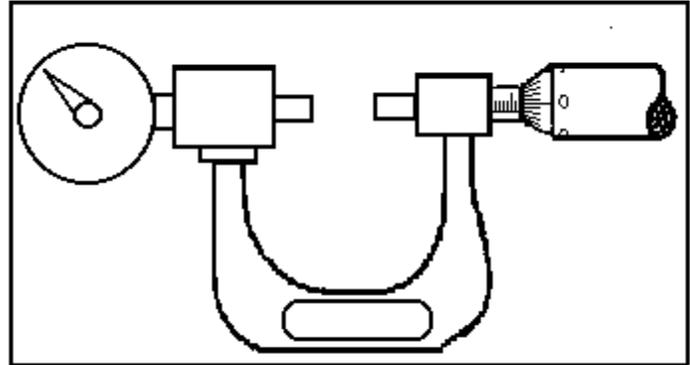


Figura 7

Micrómetro con comparador

Es importante para piezas muy finas, es decir de pequeñas dimensiones, que el proceso se lleve siempre a cabo con una presión de medición pequeñas. Los errores pueden ser importantes, principalmente cuando se trata de metales no ferrosos o que presentan superficies esféricas. Debe procurarse entonces que la presión de medición sea lo más reducida posible, ya que de lo contrario hay aplastamiento o deformación elástica que introducen error. Particularmente indicados para estos casos resultan los micrómetros con comparador (Figura 7).

Apertura elástica

La apertura elástica es el error de medición que se produce debido a la deformación del arco. La apertura producida por una presión de medición de 1 Kg no ha de sobrepasar los siguientes valores: para una longitud de medida máxima de 25 a 50 mm: $2 \mu\text{m}$, de 75 a 100 mm: $3 \mu\text{m}$; de 125 a 150 mm: $4 \mu\text{m}$ (referida siempre a la precisión de 0,01mm).

Un arco de micrómetro debe ser lo más rígido e indeformable posible ya que de lo contrario pone en peligro el paralelismo de las superficies de medición y en consecuencia, reduce la precisión del instrumento. Por este motivo, la casa Tesa ha construido un micrómetro que en lugar de acero, es de una fundición especial que, debido a un envejecimiento natural queda libre de tensiones. Una medición en la máquina de medición SIP dio una apertura elástica de solo $0,0009 \text{ mm}$ por Kg. de presión de medición.

Precisamente, si las superficies de medición en el estado libre aparecen exactamente paralelas, es ello prueba de que no lo están cuando se hallan sometidas a la presión de trabajo, por lo que deben verificarse en tales condiciones.

La comprobación se hace para cargas de 5 a 10 Kg y obteniendo por cálculo la diferencia del reglaje con respecto al estado libre y para carga de 1 Kg.

Causas de error

Las causas de error del micrómetro estriban principalmente en la falta de precisión del husillo, en el desgaste y falta de precisión de las superficies de medición y en la graduación del tambor de medición.

Para compensar el juego de la rosca que se produce por el uso continuado, puede apretarse la tuerca del husillo. También se puede corregir la posición del cero del micrómetro. Por el contrario, la escala en los casquillos exterior e interior no puede modificarse. Si debido al desgaste, las superficies no son paralelas, deben rectificarse y bruñirse de nuevo.

b) Instrumentos de medidas por comparación

Medición indirecta por comparación: Medir por comparación es determinar la magnitud de una medida comparándola con la de un patrón, que por lo general tendrá la medida nominal de la cota a verificar, pudiendo ser una pieza prototipo o un bloque patrón.

La dimensión de la pieza a verificar se obtendrá por diferencia con respecto al cero del instrumento, indicada por la posición de la aguja o del sistema de amplificación empleado.

La comparación con el patrón se aplica tanto a las dimensiones lineales como a las formas geométricas. Por ejemplo, en un cilindro se controlará el diámetro, la longitud, la regularidad de los radios, circularidad, cilindricidad, excentricidad, ovalización, el grado de rectitud de las generatrices, etc.

Los instrumentos utilizados se llaman por eso comparadores, amplificadores o indicadores.

Los procedimientos de amplificación utilizados son muy distintos pudiendo ser: mecánicos, ópticos, electrónicos, neumáticos, eléctricos, etc.

Los más utilizados son los comparadores de cuadrante, con procedimiento de amplificación mecánico, llamados también comparadores de reloj o de carátula. Se usan en todos aquellos casos en que se deban verificar pequeñas variaciones de longitud (no mayores a los 10 mm), planidad, concentricidad, oblicuidad, etc., en la fabricación de máquinas herramientas, verificación de máquinas, determinación de juegos en guías y mecanismos por consecuencia del desgaste.

También pueden utilizarse en la verificación de piezas fabricadas en serie, cuando no resulta conveniente la utilización de calibres del tipo “pasa - no pasa” (calibres fijos o calibres de límites).

En estos casos presenta la ventaja, de permitir la selección de piezas por medidas, por cuanto con los comparadores se obtienen valores numéricos de las discrepancias con la medida patrón.

Son muy útiles en la fabricación de utilajes y en los montajes.

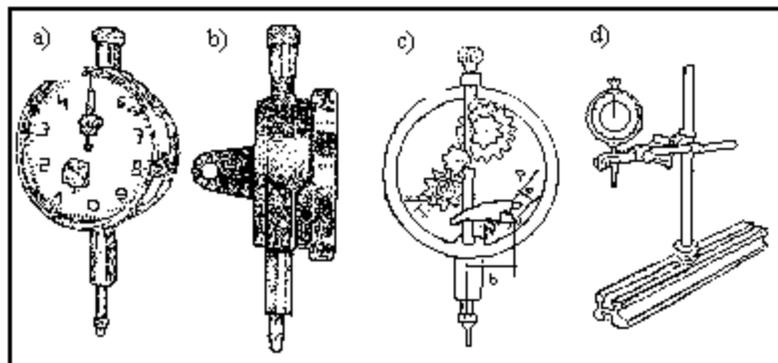


Figura 8

En este instrumento, Figuras 8 a y 8b, la amplificación se obtiene por un sistema de engranajes que, accionados por la cremallera tallada en el vástago palpador, transmiten su rotación a la aguja según se ve en la Figura 8c.

Esta aguja, indica sobre un cuadrante el desplazamiento amplificado del palpador. Una vuelta de la aguja corresponde a un desplazamiento de un milímetro del palpador. Al estar el cuadrante dividido en 100 partes, cada división corresponde a 0.01 mm. El cuadrante puede girarse para colocar el cero de la graduación en coincidencia con la aguja, cuya posición queda definida por el patrón que se utilice. El cero será por tanto la cota nominal y punto de partida para el control de las piezas.

Algunos aparatos, llevan dos índices ajustables que permiten definir las discrepancias positivas y negativas de la cota a controlar, es decir su tolerancia, para cuando se los utiliza para el control de piezas seriadas.

Su alcance es de 3-5 y 10 mm, quedando el desplazamiento milimétrico del palpador registrado en un cuadrante auxiliar en el que cada división es un milímetro.

Un muelle helicoidal mantiene hacia abajo el palpador, al mismo tiempo que ejerce la presión de medición que normalmente es de 100 g.

Evidentemente, la tensión del muelle aumenta a mayor recorrido del palpador, por lo que la presión de medición no es constante como debiera.

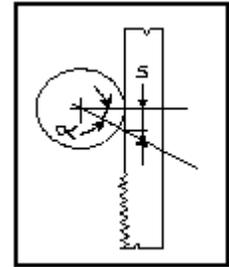


Figura 9

Escogiendo oportunamente el diámetro del piñón que engrana con la cremallera y la relación de transmisión, pueden conseguirse multiplicaciones mayores, y por consiguiente mejores aproximaciones (mas finas). Así, a igualdad de desplazamiento S, al disminuir el diámetro del piñón aumenta el ángulo α , crece el número de revoluciones del índice, y se reduce el valor de cada división. Ver Figura 9.

Si por ejemplo el índice completa dos revoluciones cuando el palpador se desplaza un milímetro, a una revolución corresponderá un desplazamiento de 0.5 mm, y estando la esfera dividida en 100 partes iguales cada una de ellas valdrá:

$$0.5 / 100 = 0.005 \text{ mm}$$

Dispositivos para presión de medición constante

El palpador es siempre impulsado hacia abajo por la acción de un resorte R1 (Figura 8 c) la tensión de otro resorte en espiral R2 impide el juego entre las piezas dentadas impulsando al tren, en un determinado sentido, impidiendo alteraciones en la medición. El resorte R1 determina la fuerza de la medición, siendo lógicamente variable como consecuencia de la mayor o menor elongación del mismo.

Se corrige esa deficiencia con el sistema articulado de palanca, Figura 8c), que mantiene constante el esfuerzo en cualquier posición del palpador, se desplaza la palanca, compensándose la tensión del resorte con la disminución del brazo de palanca.

Se han ideado diversos sistemas para conseguir que la presión de medida se mantenga constante: uno de los más sencillos es el de hacer que el muelle actúe sobre una palanca intermedia en lugar de hacerlo directamente sobre el eje (construcción Mahr) (Figura 10).

La palanca está construida y articulada de forma que el producto de la tensión del muelle por el brazo de palanca respecto a la articulación F se mantenga prácticamente constante durante toda la carrera del palpador.

Como puede verse en la figura 12, al levantarse el eje aumenta la tensión del muelle de T2 a T1, pero disminuye el brazo, de forma que:

$$T1 \cdot a = T2 \cdot b = \text{constante.}$$

El esfuerzo transmitido por la palanca al eje es:

$$P = (T1 \cdot a) / c = (T2 \cdot b) / c$$

y puesto que en el campo de medida del aparato las variaciones son despreciables, puede considerarse la presión de medición prácticamente uniforme.

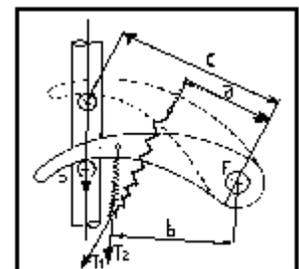


Figura 10

Otras características

La incertidumbre de estos comparadores, según las normas DIN es de $\pm (0,01 + L/2000)$ mm. Siendo L la carrera en milímetros del eje del palpador a partir de un punto cualquiera del campo de medida del aparato. La verificación de éstos comparadores se puede hacer con bloques patrón de calidad C. La puesta a cero lo mismo, o con una pieza patrón.

La superficie del palpador puede ser esférica o plana. Los palpadores pueden ser intercambiables, de los tipos mencionados, a los que se agregan palpadores de cuchilla, de vástago, etc.

La fuerza de medición va, según los fabricantes, de 50 a 250 g aunque la más recomendable está alrededor de los 150 g. Para evitar los errores de paralaje la aguja no debe separarse más de 0,7 mm del cuadrante.

Para minimizar errores por contacto, el palpador esférico se usa para superficies planas y cilíndricas, y el plano para superficies esféricas.

El cuerpo del comparador puede adaptarse a una gran variedad de montajes diferentes, trabajando en general sobre soportes fijos o móviles, para medidas de exteriores, interiores, de profundidad, etc.

Los soportes (tipo universal, Figura 8 d) deben ser rígidos, no flexionar ni vibrar durante la verificación y ser manipulados con precaución. Las características indicadas para estos instrumentos son generales. Algunas de ellas pueden ser diferentes.

Prescripciones para efectuar la medición

La medición se debe realizar con la dirección del palpador normal a la superficie a controlar para evitar esfuerzos laterales sobre el mismo. Tirando de la cabeza moleteada se separa el palpador de la pieza. Nunca se debe deslizar la pieza con respecto al palpador. El descenso del palpador debe ser suave.

Convencionalmente, el índice principal debe girar en sentido horario cuando el palpador se desplaza hacia el centro del aparato.

Con objeto de que la presión de medición sea la establecida, aún en el caso de desplazamientos mínimos del palpador, está prescrito que estando éste libre, el índice principal forme con el punto más lejano del mismo, un ángulo en sentido antihorario de, por lo menos 36° .

Cuando el índice principal pase por primera vez frente al punto indicado, el índice del totalizador debe encontrarse situado sobre su cero.

El palpador debe poderse desmontar y cambiar fácilmente; la dureza de su superficie de trabajo debe ser por lo menos de 60 HRC.

Otras mediciones con comparador

Con la adición de accesorios especiales se pueden hacer verificaciones muy distintas. El comparador con disposiciones particulares, se adapta para la verificación de agujeros profundos y muy pequeños (aprox. 1.5 mm) (DIATEST) Figura 11, y muy grandes, más de 100 mm. (Figura 12 a). En la Figura 12 b y 12 d se presenta un comparador para medir agujeros medianos, aplicado a un alesámetro (instrumento autocentrante para mediciones interiores).

La medida en valor absoluto se puede realizar dentro de su campo, sumando al número de milímetros que acusa la escala pequeña, los centésimos o milésimos que indica el cuadrante. Se proveen con sistemas antichoques.

Los comparadores milesimales (aproximación: $1 \mu\text{m}$) suelen llevar en la parte inferior del palpador, una palanquita que permite levantar el palpador desde abajo, (ver Figura 12c de un Microindicador SIP) para facilitar la colocación y el retiro de piezas debajo del mismo. Se preserva así la vida del instrumento.

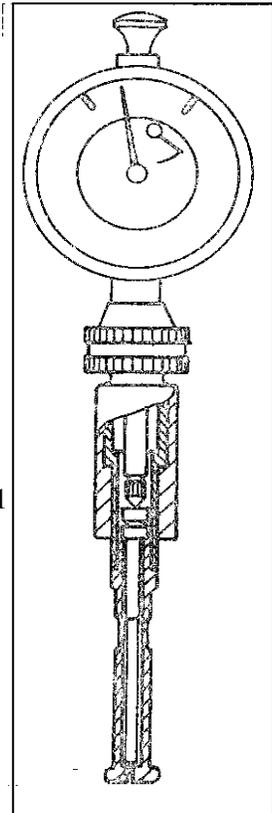


Figura 11

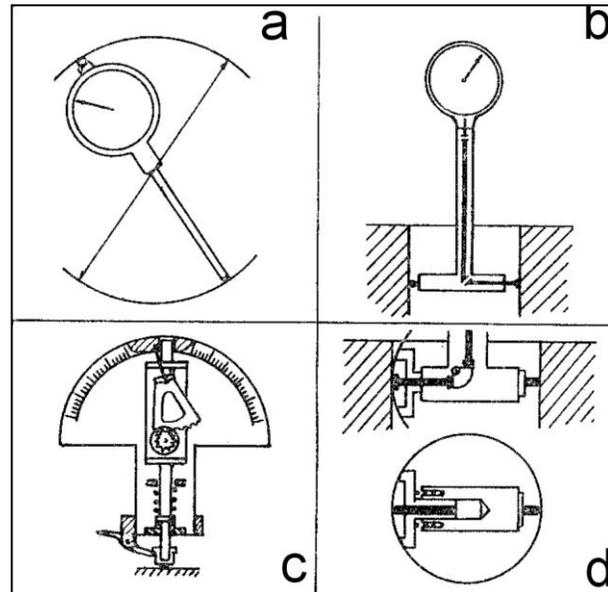


Figura 12.

El grado de amplificación disminuye normalmente al aumentar la carrera. La dimensión del cuadrante es variable entre 80 mm, para los centesimales y 35 mm para los milesimales. Lo normal es que éstos últimos sean de 55 mm de diámetro.

La Figura 8 b muestra los dos elementos que clásicamente se emplean para fijar el comparador: una oreja en la parte posterior de la caja o un cuello cilíndrico solidario a la caja, dentro del cual corre el palpador. Su diámetro exterior es normalmente 8 mm.

En la Figura 8d se ve un soporte universal. Se suelen usar asimismo, zócalos especiales imantados que se pueden sujetar en cualquier posición con respecto al elemento a controlar, especiales para la verificación de máquinas-herramientas.

Indicadores de palanca

Tienen un alcance muy limitado que depende de la amplificación. El caso más simple sería el de la Figura 13 a, donde la amplificación es:

$$i = L / l$$

que se puede expresar también así:

$$i = s / m$$

donde:

s: distancia entre dos trazos de la escala

m: valor escalar medido en mm

Este tipo de amplificación tiene el inconveniente de que se producen juegos entre las partes vinculadas. Además la relación de aumento varía con la posición de la palanca, es decir que la relación i no es constante. En esa forma, la separación de las rayas de la escala deberá ser variable.

El aumento es limitado por el largo de los brazos, pues siendo L muy largo se hace pesado, origina dificultades en los cojinetes, tiene mucha inercia, disminuyendo la sensibilidad del instrumento.

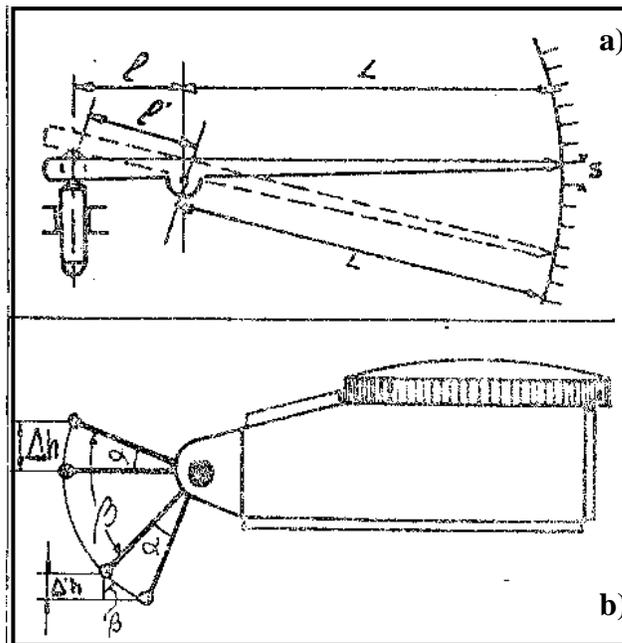


Figura 13

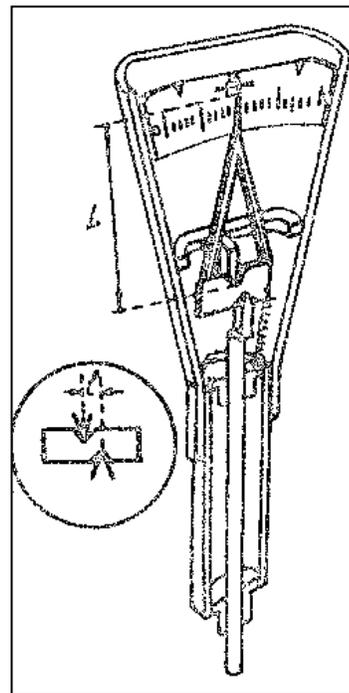


Figura 14

Minímetro de Hirt

Los mínimos y comparadores pertenecen a la categoría de los instrumentos destinados, permitiendo detectar y medir deformaciones muy pequeñas en superficies planas y frentes giratorios, ya que están provistos de un dispositivo que amplifica los movimientos de una punta o palpador puesta en contacto con la pieza a examinar. Constan de las siguientes partes:

- Un soporte
- Un palpador
- Un dispositivo amplificador de los movimientos del palpador
- Un índice
- Un cuadrante graduado

El Mínímetro de Hirt es un tipo de amplificador de palanca, Figura 14, que reduce los inconvenientes apuntados mediante el sistema de apoyo con cuchilla del marco amplificador que lleva la aguja. La amplificación es de 500 a 1000 veces y está basada en la pequeñísima dimensión del brazo de palanca “l” que es normalmente de 0,1 mm. El valor de $s = 1$ mm y $L = 100$ mm, es común.

Tendremos: $i = L / 1 = 100/0.1 = 1000$ veces, y el valor escalar $m = 1 \mu\text{m}$

El error que se produce para escalas de hasta 20 mm, o sea 10 divisiones, que corresponde a un campo de medición de +/- 0.01 mm es en los extremos de +/- 0.034 μm . Pero alargando la escala a +/- 30 divisiones, se obtiene errores de +/- 0,9 micrones que son excesivos si se tiene en cuenta que la aproximación del instrumento es de +/- 1 μm micrón. El error será así el 90% de la precisión de lectura.

El error no debe exceder de 0,5 μm para $m = 1\mu\text{m}$.

Errores admisibles se dan en la siguiente tabla:

Valor escalar (μm)	Error admisible (+/-)
1	0.5
2	1
5	2.5
10	5

Vemos que el alcance es limitado de 0,01 a 0,03 mm, para los milésimales (aproximación 1 μm) y hasta +/- 0.06 mm para los de 2 μm . Este es el principal inconveniente.

El soporte a cuchillas tiene una gran sensibilidad y su desgaste es prácticamente nulo, ya que experiencias realizadas demostraron que luego de un millón de mediciones la precisión se mantenía invariable.

La TESA los fabrica para 0,01 y 0.001 mm y los provee con palpadores intercambiables.

Un tipo de comparador a reloj, cuyo palpador es orientable como se ve en la Figura 13 b permite realizar mediciones laterales, que no se pueden realizar con el comparador común. Se prestan especialmente para verificaciones de orificios, de superficies internas, de frentes giratorios, etc. Mahr fabrica uno similar llamado Pupitast, cuyo palpador puede ser girado cerca de 180° con respecto al vástago de accionamiento de la aguja amplificadora, según las necesidades. Para cualquiera de estas posiciones, la carrera útil del palpador es pequeña. La lectura puede ser de 0.1; 0.01; o 0.002 mm/división.

En caso de que el palpador deba ser desviado de su posición normal como lo indica la Figura 13b, es necesario corregir la lectura. En efecto, para el ángulo α puede corresponder una diferencia de lectura Δh o $\Delta'h$ según sea la posición del palpador. Para la posición normal a un ángulo α corresponde una diferencia de altura Δh ; para una posición desviada en un ángulo β el mismo valor angular α corresponde a una diferencia de altura $\Delta'h = \Delta h \cos \beta$

Se ha supuesto, como es realmente, un ángulo α pequeño, donde, sin error apreciable en la precisión exigida, puede suponerse arco = cuerda, ambos normales al radio. Así, en el pequeño triángulo, el ángulo indicado es también β para las dos perpendiculares. Se entiende que el palpador está en "posición normal" cuando es perpendicular a la dirección de la variación de la cota que se mide a fin de evitar la corrección por coseno.

Para el "Tesastat", aproximación 2 μm , el alcance total en un sentido es de 110 divisiones (poco más de una vuelta, que es de 100 divisiones) o sea 220 μm . El palpador tiene 15 mm de longitud.. Para esta carrera total el ángulo barrido por el palpador es de unos 0° 49' de modo que la aproximación adoptada es correcta.

Aplicaciones

Para comprobar el espesor de una pieza se procede de la siguiente manera:

- Se prepara una pila de galgas o bloques patrón de altura igual a la nominal de la pieza a examinar
- Se sitúa dicha pila sobre la mesa porta objetos y seguidamente girando la tuerca se pone a cero el aparato.
- Se retira la pila de galgas y se sustituye por la pieza a controlar, las desviaciones del índice indican la diferencia de dimensión real de la pieza y la nominal representada por el conjunto de bloques.

Puesta a cero de un comparador

Una de las formas de poner a cero un comparador es utilizando los bloques patrón sobre la cota nominal a controlar.

La operación se realiza de la siguiente forma:

- Se prepara una pila de bloques de forma tal que en conjunto completen la cota nominal “a”
- Se sitúa dicha pila bajo el palpador del comparador
- Se pone a cero el instrumento moviendo el anillo exterior que arrastra la graduación.

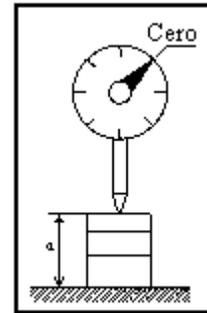


Figura 15

Cuando con el comparador así puesto en cero se controla una pieza, las desviaciones del índice señalan el error que en relación a la dimensión nominal tiene dicha pieza. Ver figura 15.

Aplicaciones

Los comparadores de cuadrante pueden acoplarse a soportes de distintos tipos, especiales o universales, lo que permite la ejecución de una amplia gama de controles, de entre los cuales se pueden citar:

- control de paralelismo entre dos ejes, dos planos o un eje y un plano.
- control de perpendicularidad entre dos ejes, dos planos o un eje y un plano.
- control de cilindricidad.
- control de conicidad u ovalización.
- control de espesores y profundidades.

Ejemplos de aplicaciones

En las siguientes figuras se representan algunas aplicaciones características de los comparadores.

Figura 16: Verificación del paralelismo entre el eje de trabajo de un torno y las guías de la bancada, con el auxilio de un cilindro de prueba montado entre puntos.

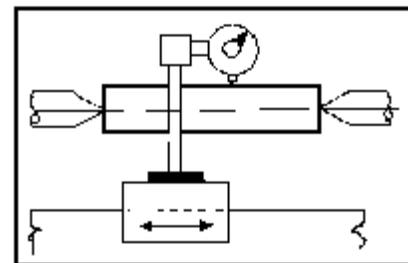


Figura 16

Figura 17: Verificación de la perpendicularidad entre el eje del husillo de una taladradora y el plano portapiezas.

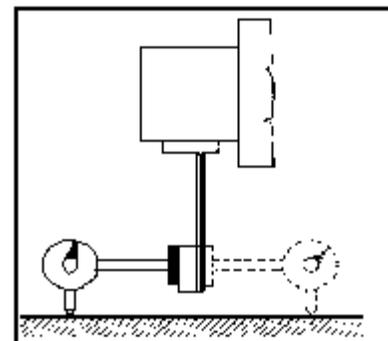
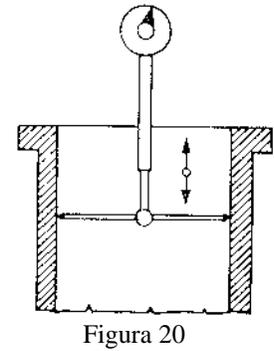
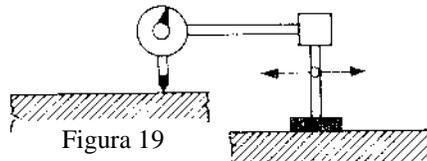
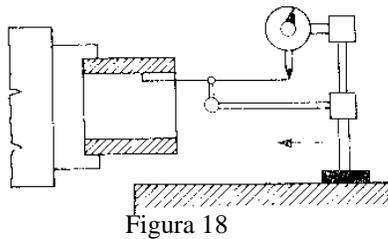


Figura 17

Figura 18 : Verificación de cilindricidad de la superficie interior de un tubo.

Figura 19 : Verificación del paralelismo entre dos planos.

Figura 20: verificación de la ovalización y de la conicidad de un cilindro de motor térmico



Bibliografía

- D. Lucchesi, “Metrotecnica, tolerancias e instrumentación”, editorial labor S.A
 J. A. Rodríguez, “Metrología”, CETILP.
 Martínez de San Vicente, “Metrología mecánica”, UNR.
 Francis T. Farago, “Handbook of Dimensional Measurement”, Industrial Press Inc.
 Mitutoyo, “Catalog number E70”, Mitutoyo Corporation
 Mitutoyo, “Catalog number E80”, Mitutoyo Corporation
 American Machinist Magazine, “Maquinas y Herramientas para la Industria Metalmeccánica”.