

1989-03-01

**DIBUJO TÉCNICO.
TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS, TOLERANCIAS DE
FORMA, ORIENTACIÓN, POSICIÓN Y DESARROLLO.
PRINCIPIOS Y MÉTODOS DE VERIFICACIÓN**



E: TECHNICAL DRAWINGS GEOMETRICAL TOLERANCES,
SHAPE, POSITION AND DEVELOPMENT TOLERANCES.
PRINCIPALES AND METHODS OF VERIFICATION

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: tolerancia geométrica; tolerancia de forma;
tolerancia de orientación; tolerancia de localización;
dibujo técnico.

I.C.S.: 01.100.10

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 2529 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1989-03-01.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité C6.3 Dibujo técnico.

ARMADURAS HELIACERO
BASF QUÍMICA COLOMBIANA S.A.
CEMENTOS EL CAIRO S.A.
COCA COLA DE COLOMBIA S.A.
COLOMBIANA DE BATERÍAS S.A. -
COLBATECO-
COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD Y GAS DE
CUNDINAMARCA S.A.
CONSORCIO METALÚRGICO NACIONAL
S.A. -COLMENA-
EMPRESA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE
BOGOTÁ
EMPRESA NACIONAL DE
TELECOMUNICACIONES -TELECOM-
FÁBRICA DE TORNILLOS Y REMACHES
GUTENBERTO LTDA.
FEDERACIÓN COLOMBIANA DE
INDUSTRIAS METALÚRGICAS -
FEDEMETAL-
FONDO DE PROMOCIÓN DE
EXPORTACIONES -PROEXPO-

HELBERT Y CÍA. LTDA.
INDUSTRIA DE EJES Y TRANSMISIONES
S.A.
INDUSTRIA MILITAR
INDUSTRIAS KAPITOL LTDA.
INDUSTRIAS PHILIPS DE COLOMBIA S.A.
MANUFACTURAS MUÑOZ
PIZANO S.A.
PROMOTORA DE LA INTERCONEXIÓN
DE LOS GASODUCTOS -PROMIGAS-
RENOVA S.A.
SIDERÚRGICA DEL MUÑA -SIDEMUÑA-
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO
UNIÓN INDUSTRIAL Y ASTILLEROS
BARRANQUILLA-UNIAL
UNIVERSIDAD EAFIT
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA
SANTANDER
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE
PEREIRA

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**DIBUJO TÉCNICO.
TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS, TOLERANCIAS DE
FORMA, ORIENTACIÓN, POSICIÓN Y DESARROLLO.
PRINCIPIOS Y MÉTODOS DE VERIFICACIÓN**

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente norma establece las principales guías para la verificación de las tolerancias geométricas descritas en la NTC 1831.

1.1 Todos los principios de verificación no son incluidos en la presente norma, por los diferentes tipos de tolerancias geométricas existentes. Uno o muchos métodos de verificación son utilizados por el principio de verificación (véase el capítulo 6).

1.2 La numeración de los principios y métodos de verificación no se debe considerar como una clasificación prioritaria.

2. REFERENCIAS

NTC 1831, Dibujo técnico. Tolerancias geométricas. Tolerancias de forma, orientación, localización y alineación. Representación.

NTC 1876, Dibujo técnico. Tolerancias geométricas. Principio del material máximo.

NTC 2130, Dibujo técnico. Tolerancias geométricas, referencias y sistemas de referencias.

ISO 4291, Méthodes d'évaluation des écarts de circularité - Mesure des variations de rayon.

ISO 4292, Méthodes d'évaluation des écarts de circularité - Mesure par les méthodes à deux et trois points.

3. DEFINICIONES

3.1 Principio de verificación. Base geométrica fundamental para la verificación de la característica geométrica considerada.

Nota 1. Los métodos de control no pueden siempre verificar completamente las exigencias indicadas sobre el diseño.

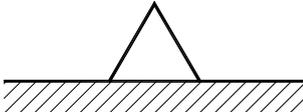
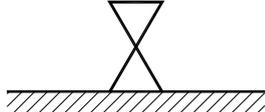
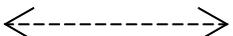
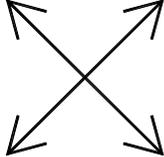
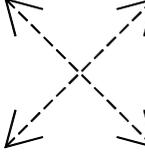
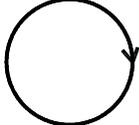
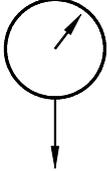
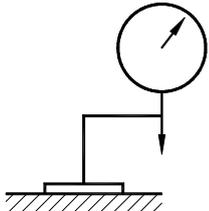
3.2 Método de verificación. Aplicación práctica del principio para la utilización de varios tipos de aparatos y operaciones.

3.3 Equipo de verificación. Dispositivo técnico necesario para un método específico.

4. SÍMBOLOS

Los símbolos de la Tabla 1 son los utilizados en la presente norma.

Tabla 1

| | Símbolo | Interpretación |
|----|---|--|
| 1 |  | Jaspeado plano de medida |
| 2 |  | Soporte fijo |
| 3 |  | Soporte regulable |
| 4 |  | Desplazamiento lineal continuo |
| 5 |  | Desplazamiento lineal intermitente |
| 6 |  | Desplazamiento continuo en varias direcciones |
| 7 |  | Desplazamiento intermitente en varias direcciones |
| 8 |  | Rotación |
| 9 |  | Rotación intermedia |
| 10 |  | Rotación completa |
| 11 |  | Comparador o registrador |
| 12 |  | Banco de medida con comparador y registrador Los símbolos utilizados para el banco de medida pueden estar diseñados de diferentes maneras siguiendo el tipo de equipos de verificación utilizada. |

5. ESTABLECIMIENTO DE REFERENCIAS ESPECÍFICAS

5.1 INDICACIÓN DE LA REFERENCIA ESPECÍFICA

La referencia específica indicada sobre un diseño es una referencia geométrica teóricamente exacta a partir de la cual son acotadas las características exigidas de los elementos correspondientes.

El elemento de referencia es un elemento real de una pieza designada sobre el diseño como una referencia específica.

La elección de la referencia específica y del elemento de tolerancia debe tener en cuenta las exigencias funcionales. Si la verificación puede ser simplificada por el cambio de la referencia específica y del elemento de tolerancia, sin repercusión sobre las exigencias funcionales, éste cambio puede ser permitido.

Cuando es difícil establecer una referencia específica a partir de un elemento de referencia, puede ser necesario utilizar un elemento de referencia simulado.

El elemento de referencia debe ser suficientemente preciso en relación con las exigencias funcionales. Es necesario tener en cuenta las exigencias dentro del proceso de verificación.

El elemento de referencia debe estar dispuesto de tal manera que la distancia máxima entre éste y el elemento de referencia simulado sea la más corta posible. En la práctica, el elemento de referencia debe asegurar un contacto estable ya sea por el elemento de referencia mismo (véase la Figura 1) o por el alineamiento del elemento de referencia sobre el elemento de referencia simulado (véase la Figura 1-b).

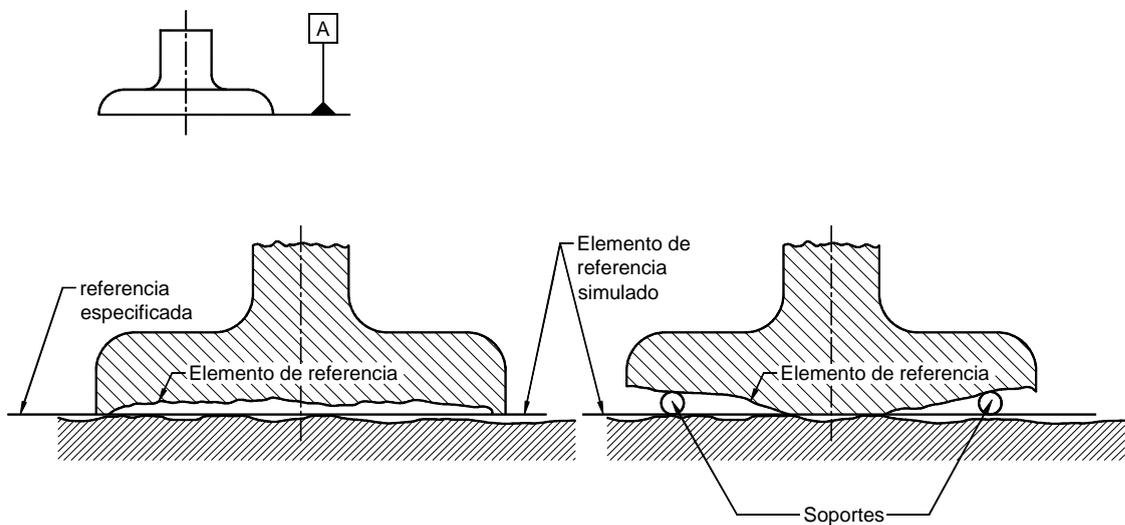


Figura 1a

Figura 1b

Figura 1. Contacto entre elemento de referencia y elemento de referencia simulada

5.2 PUNTO UTILIZADO CON BASE EN UNA REFERENCIA ESPECÍFICA

La utilización de un punto con base en una referencia específica es algo poco habitual pero posible, por ejemplo en el caso de las tolerancias de localización. Sin embargo, es difícil encontrar una referencia específica real por el establecimiento de un elemento de referencia simulado. En la mayoría de casos la referencia específica es establecida por un equipo de verificación simulada (véase la Figura 2).

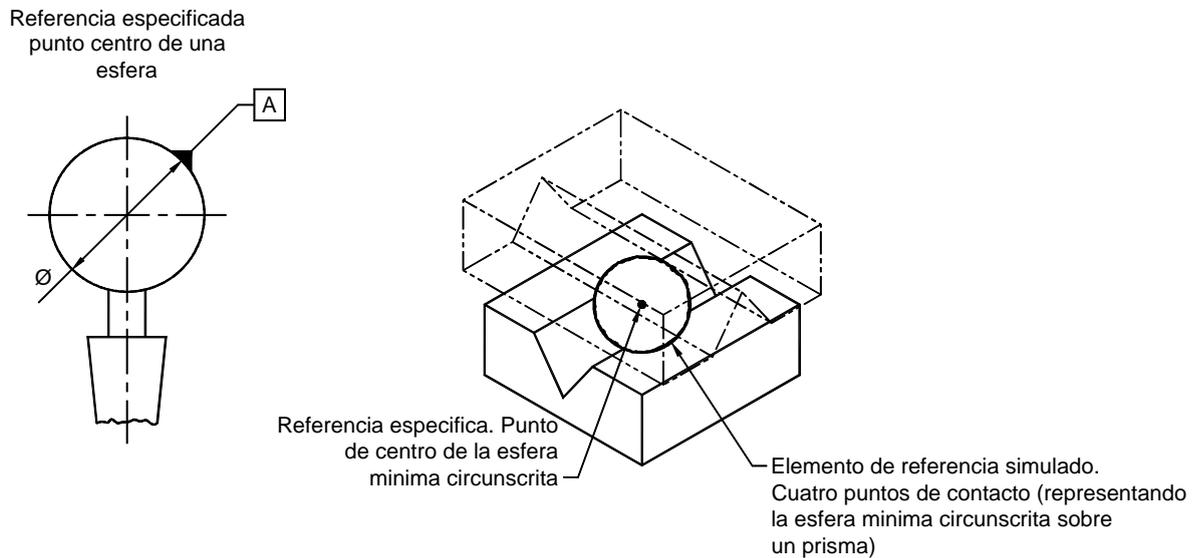


Figura 2. Establecimiento de un punto con base en una referencia específica

5.3 LÍNEA UTILIZADA CON BASE EN UNA REFERENCIA ESPECÍFICA

Una línea con base en una referencia específica puede ser materializada por una arista, una generatriz o un eje. La arista y la generatriz se pueden establecer de acuerdo con la Figura 1.

5.3.1 Generatriz utilizada con base en una referencia específica

Si la referencia específica es una de las generatrices de una superficie interior (por ejemplo un calibre), el establecimiento de la referencia simulada puede ser en la práctica realizada por la utilización de un mandril cilíndrico conforme a la Figura 3.

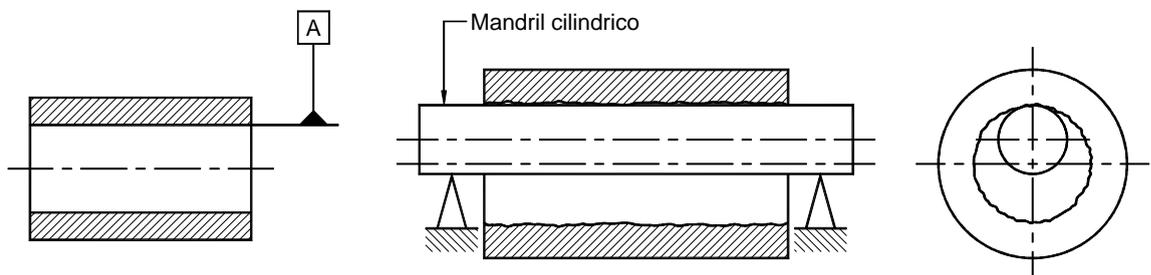


Figura 3. Establecimiento práctico de una generatriz con base en una referencia específica

En ciertos casos, el alineamiento de elementos de referencia corresponde a una pérdida de tiempo y se puede reemplazar por una evaluación matemática o gráfica (véase la Figura 4).

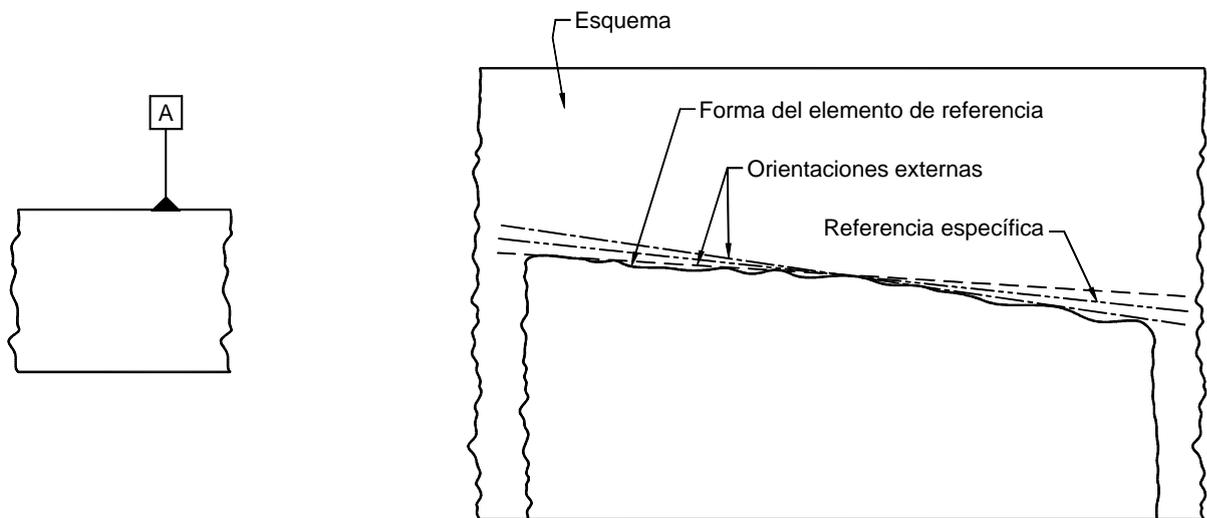


Figura 4. Esquema de forma para la evaluación gráfica de una referencia específica

Nota 2. Cuando la evaluación gráfica es utilizada, la referencia específica y el elemento de tolerancia pueden estar indicados sobre el mismo diagrama.

5.3.2 Eje utilizado con base en una referencia específica

La utilización de un eje con base en una referencia específica es siempre un elemento abstracto y debe ser establecido por un elemento de referencia simulado o por un cálculo matemático.

La utilización de un eje con base en una referencia específica puede ser concebido también por un elemento interior o por un elemento exterior.

La referencia especificada por un elemento interior es generalmente establecida por un elemento inscrito de forma geométrica correcta.

Para los calibrados cilíndricos, la referencia especificada puede ser establecida por un mandril cilíndrico de la más grande dimensión inscrita o por un mandril expandible.

Si el mandril no puede conservar una posición estable dentro del alisado, su posición se debe ajustar de tal manera que su desplazamiento posible sea igual dentro de todas las direcciones (véase la Figura 5).

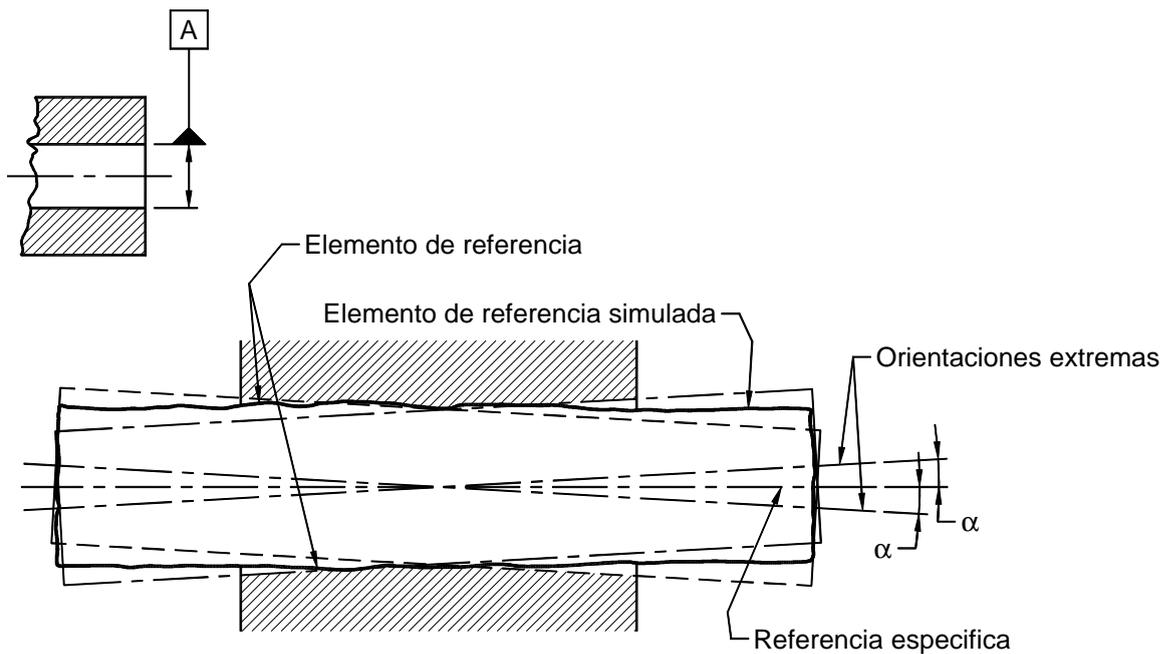


Figura 5. Alineación de un elemento de referencia simulado en un mandril calibrado

Un medio simple para establecer un eje de elementos interiores puede ser utilizar un alineamiento entre dos elementos cónicos coaxiales (véase la Figura 6).

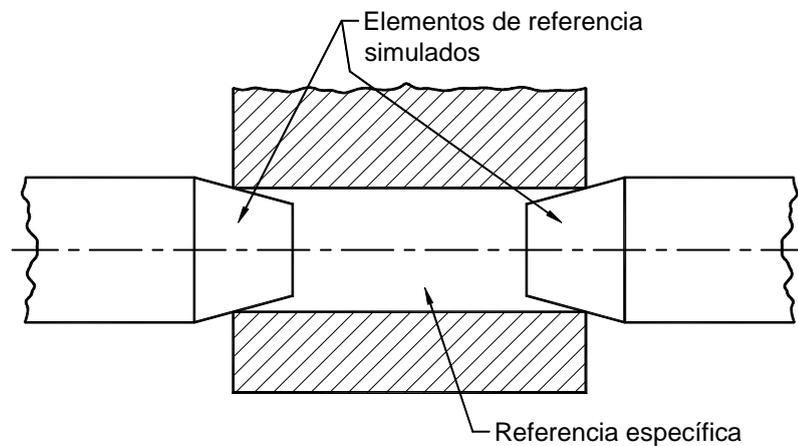


Figura 6. Alineación simplificada de un eje utilizado con base en una referencia especificada (elementos interiores)

La referencia especificada por un elemento exterior debe ser establecida por un elemento circunscrito de forma geométrica correcta.

Para los árboles cilíndricos la referencia especificada puede ser establecida por un calibre pasador cilíndrico de la más pequeña dimensión circunscrita o por un mandril de pinza.

Si la posición del calibre no se puede establecer, ella se debe ajustar de manera que el desplazamiento posible en todas las direcciones sea igual (igual principio que en la Figura 5).

La referencia especificada por los árboles cilíndricos se puede establecer fácilmente utilizando por ejemplo dos vistas, dos estribos en "V", dos bloques en "L" o dos estribos en "L" (véase la Figura 7).

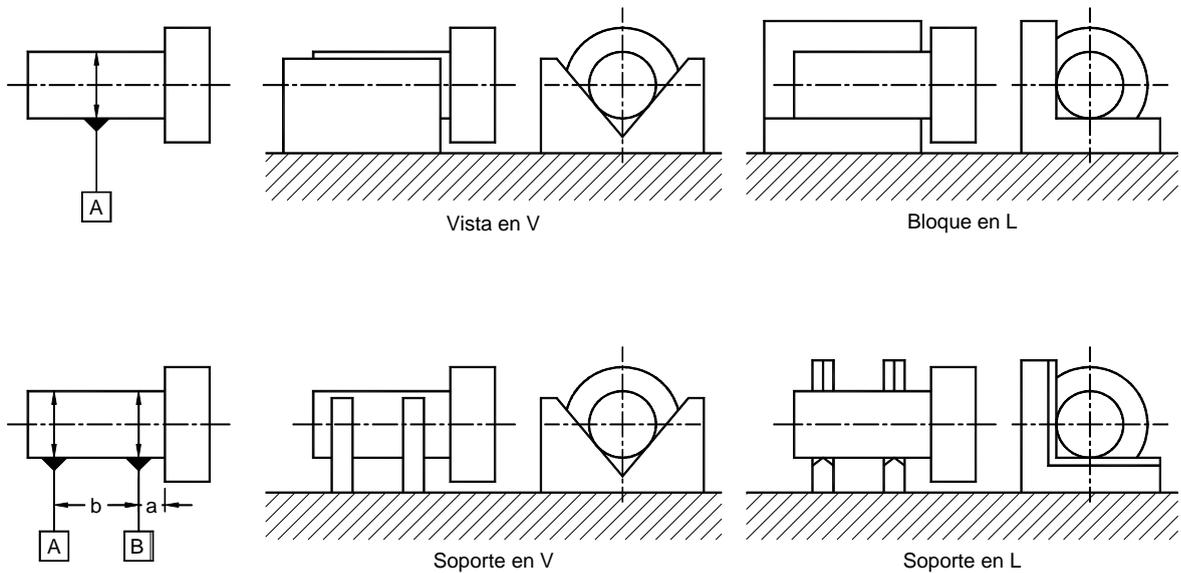


Figura 7. Alineación simplificada de un eje utilizado con base en una referencia específica (elementos exteriores)

Contar con las desviaciones de forma del elemento de referencia especificada, el ángulo en V y los estribos en V, puede dar una influencia sobre la posición de la referencia específica, en la que ella misma influye sobre el valor medido.

Un eje utilizado con base en una referencia específica puede igualmente ser establecido por una evaluación gráfica, por ejemplo, conforme a la Figura 8.

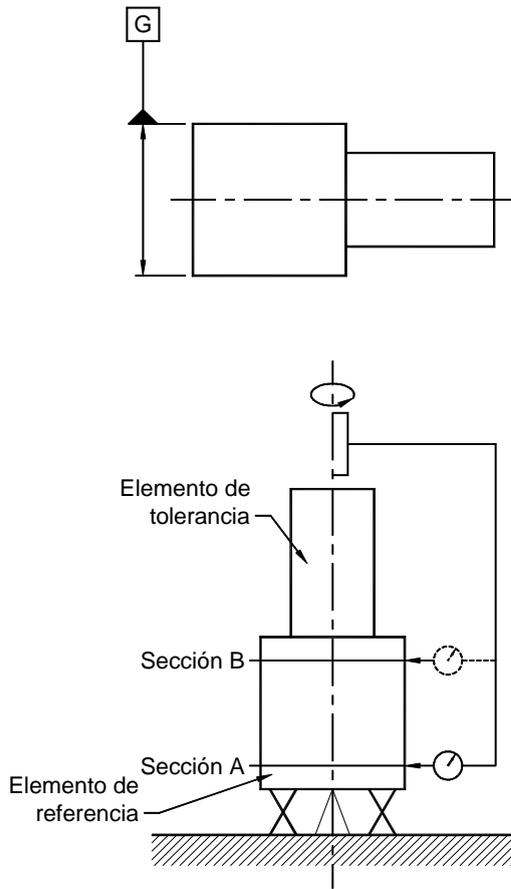


Figura 8a. Medida del elemento de referencia simulada a partir de un eje fijo

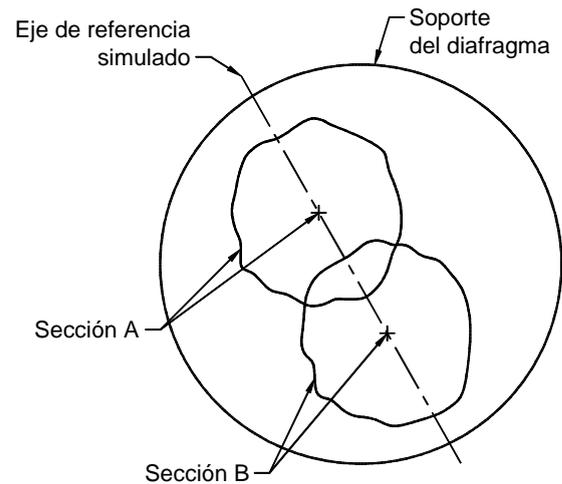


Figura 8b. Evaluación gráfica de un eje de referencia

5.3.3 Eje común utilizado con base en una referencia específica

En ciertos casos, la referencia específica es constituida por el eje común a dos referencias separadas que pueden ser establecidas por los elementos interiores o exteriores (inscritos, circunscritos o expansibles).

Las desviaciones de forma y de posición de los elementos de referencia tienen una influencia sobre la localización del eje común que tendrá una influencia sobre los elementos tolerados.

Una dirección de los elementos de referencia se debe utilizar en ciertos casos con el fin de que los elementos de referencia simulada sean coaxiales (véase la Figura 9).

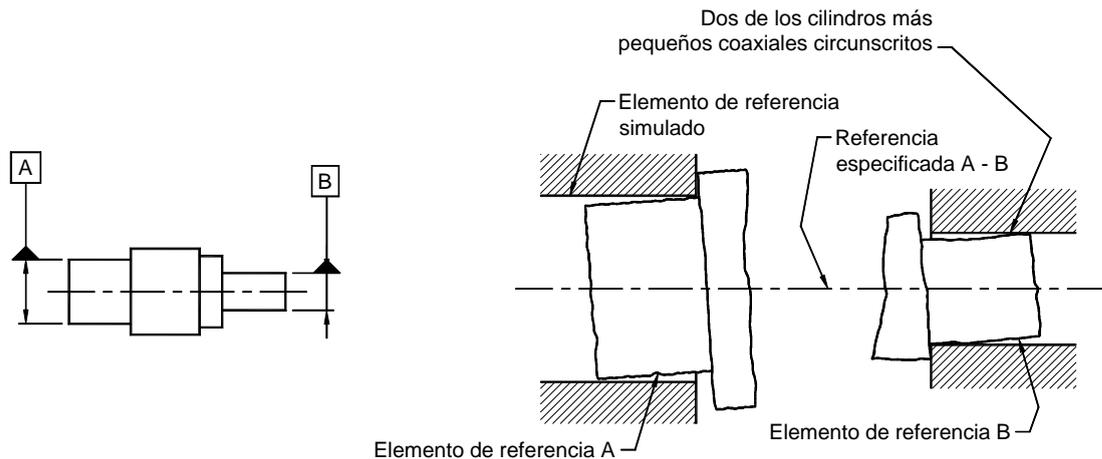


Figura 9. Dirección de los elementos de referencia cuando la referencia específica es constituida por un eje común

En razón de las dificultades encontradas para establecer una referencia específica común a partir de los métodos mencionados anteriormente, la utilización más simple de las vistas de los estribos en V, de los bloques en L y de los estribos en L es permitido (véase igualmente la Figura 7).

En ciertos casos, las referencias especificadas pueden ser establecidas por un par de agujeros de centros cónicos coaxiales.

Hay que destacar que las desviaciones relevantes entre los orificios de centros y la referencia especificada deben estar ajustados al valor medido del elemento tolerado (véase la Figura 10).

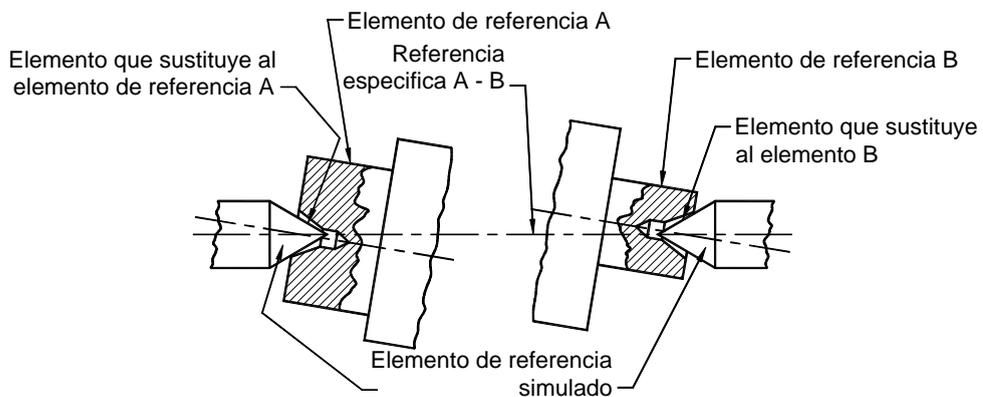


Figura 10. Agujeros de centros cónicos utilizados como elementos sustitutivos de los elementos de referencia cilíndrica

5.4 SUPERFICIE UTILIZADA CON BASE EN UNA REFERENCIA ESPECÍFICA

Una superficie utilizada con base en una referencia específica puede ser plana o tener otras formas. Cuando la referencia específica es plana ella se puede establecer conforme a la Figura 1. En la práctica, la referencia específica será establecida simplemente por medio de tres puntos situados lo más lejos posible unos de otros sobre el elemento de referencia.

Cuando ciertos puntos o ciertas superficies sobre el diseño son especificados con base en una referencia parcial, éstos deben ser utilizados por alineamientos de los elementos de referencia simulada.

5.5 REFERENCIAS ESPECIFICADAS MÚLTIPLES

Si la referencia específica esta constituida por dos o varios elementos de referencia, su orden puede tener importancia (véase la Figura 11).

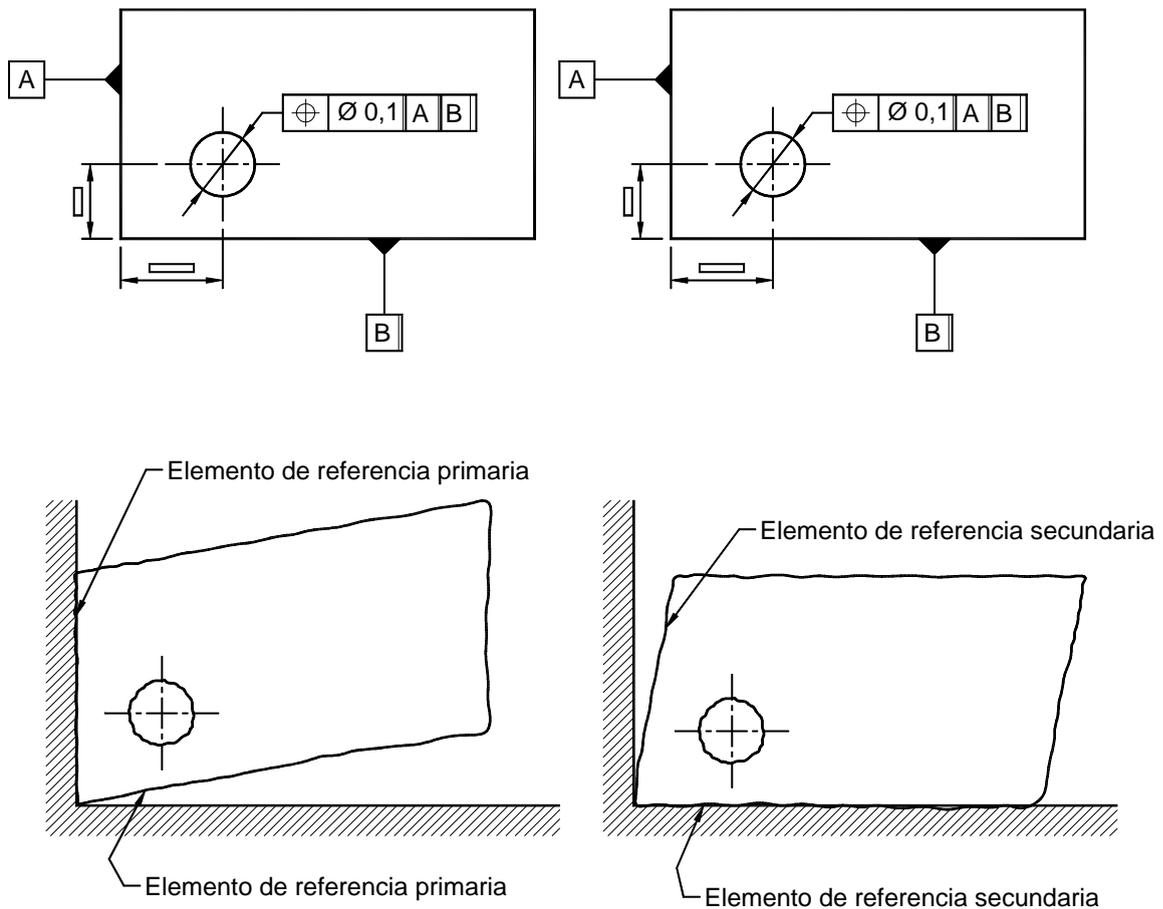


Figura 11. Influencia sobre el elemento de tolerancia en orden de prioridades de los elementos de referencia utilizados sobre el elemento de tolerancia

Si la referencia específica es constituida por tres elementos de referencia, hay que notar que el elemento de referencia primaria (A) puede estar alineado conforme a la Figura 12a. El elemento de referencia secundaria debe estar alineado sobre dos puntos (véase la Figura 12b) y el elemento de referencia terciario sobre un punto (véase la Figura 12c).

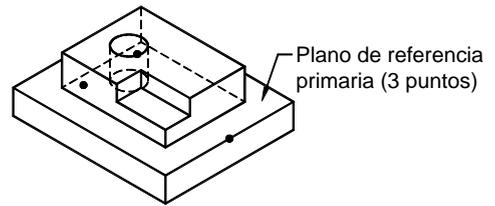
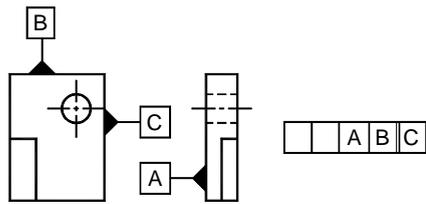


Figura 12 a)

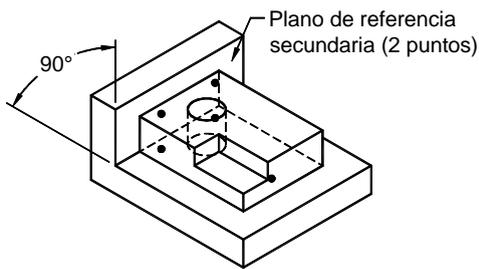


Figura 12 b)

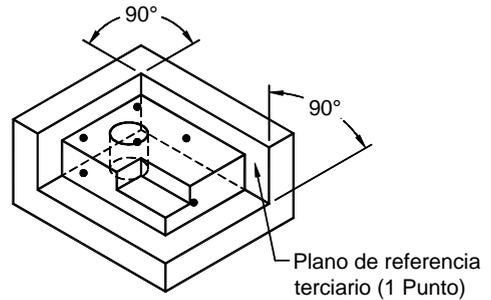


Figura 12 c)

Figura 12. Establecimiento de un sistema de referencia de tres planos

6. PRINCIPIOS Y MÉTODOS DE VERIFICACIÓN

6.1 Los principios y métodos de verificación son dados de tal manera que, por cada tolerancia característica, los principios de verificación correspondientes serán utilizados como títulos principales.

Por cada principio de verificación, un cierto nombre de métodos de verificación es dado con los ejemplos de aplicación particular dispuestos en el orden de las zonas de tolerancia. Para cada método, un ejemplo de equipo de verificación es propuesto. Las notas de advertencia son presentadas si es necesario.

La disposición de la tabla, finalmente, cuenta en la cabecera con las características siguientes:

- Símbolo
- Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación
- Método de verificación
- Notas de advertencia.

La columna "Símbolo" da los símbolos de diferentes características geométricas, conformes con la NTC 1831. La columna "Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación" da en primer lugar la zona de tolerancia, conforme a la NTC 1831, y en segundo lugar un ejemplo de aplicación idéntico al ilustrado en la NTC 1831. Cuando éste ejemplo ha sido considerado incompleto por ilustrar plenamente los métodos de otros ejemplos, debemos complementar con:

La columna "Método de verificación", que da:

- El número del método
- La figura ilustrando el método de verificación
- Las características esenciales de los métodos de verificación
- Las lecturas que se van a hacer
- Las repeticiones necesarias
- El tratamiento de las lecturas obtenidas
- Los criterios de aceptación asociados al valor medido.

La columna "Notas de advertencia", que suministra las informaciones complementarias, por ejemplo:

- Una aplicación particular
- Las restricciones en la aplicación
- Los orígenes de los errores particulares
- Las exigencias particulares sobre los equipos
- Los ejemplos de equipos de verificación.

6.2 Es de anotar que la influencia de factores de verificación de base siguientes no son incluidos:

- Precisión de equipos de verificación
- Precisión de resultados de verificación
- Concepción (característica) del equipo de verificación.

Estos factores pueden algunas veces tener una mayor influencia sobre el resultado de la verificación que la diferencia entre los métodos de verificación descrita.

6.3 En la presente norma los principios de verificación son ilustrados por métodos de verificación de utilización corriente. La mayor parte de estos métodos pueden ser conducidos con diferentes equipos de verificación. Es de anotar que los ejemplos de métodos de verificación no dan una información completa sobre el control del objeto.

6.4 La numeración adoptada en este documento ha sido escogida en vista de su fácil consulta. Los párrafos relativos a las diferentes características geométricas han sido afectados por la siguiente numeración:

- La primera cifra (comenzando por 7 para la rectitud) designa la tolerancia geométrica para controlar
- La segunda cifra (comenzando por 1) designa el principio de verificación
- La tercera cifra (comenzando por 1) designa el método de verificación respondiendo a un principio definido.

Los equipos de verificación relativos a los métodos no son numerados.

Ejemplos:

- Método de verificación 1.4 de la rectitud (capítulo 7) significa que el principio de verificación de la rectitud tiene del método N° 1 y del método N° 4.
- Método de verificación 2.1 de paralelismo (capítulo 13) significa que el principio de verificación de paralelismo tiene del método N° 2 y del método N° 1.

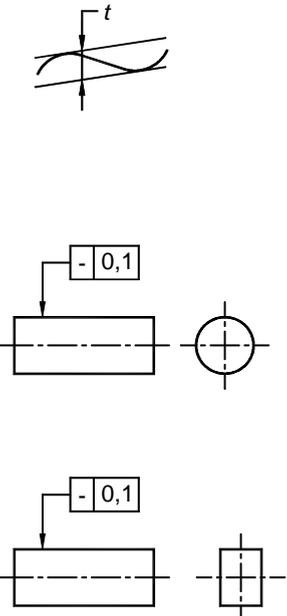
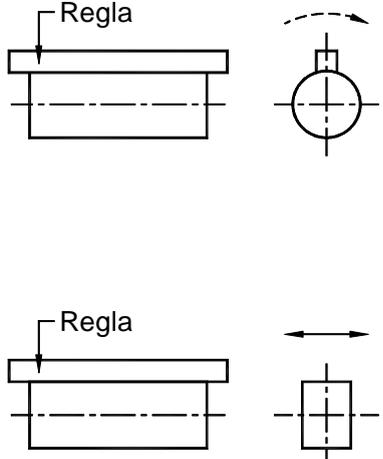
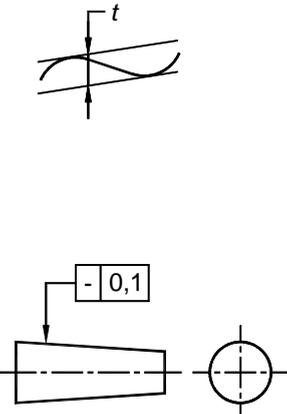
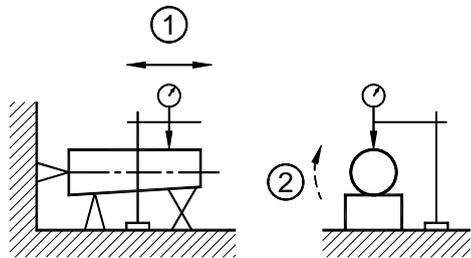
Este método de localización no debe figurar sobre los diseños de productos terminados, pero esto puede ser interpretado como una modificación de las exigencias de tolerancias. Sin embargo, ésta puede ser utilizada sobre los documentos asociados o derivados tales que sean aprovechados por los departamentos de fabricación y de control, etc., como indicación del método utilizado, por ejemplo :

- a) Rectitud, método 7.1.4.
- b) Paralelismo, método 13.2.1.

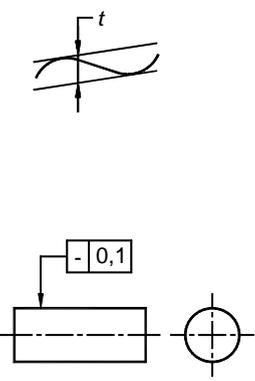
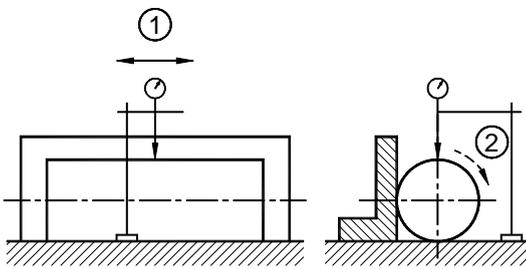
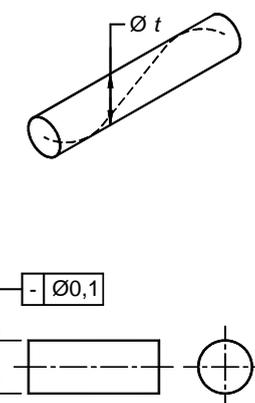
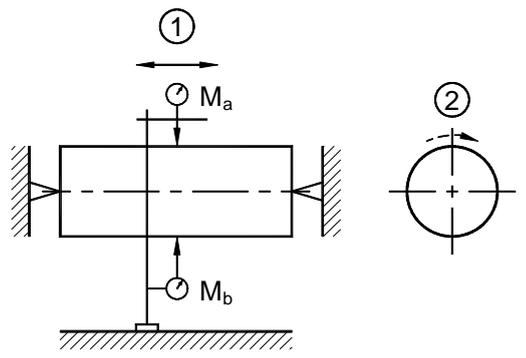
7. VERIFICACIÓN DE LA RECTITUD

7.1 PRINCIPIO 1

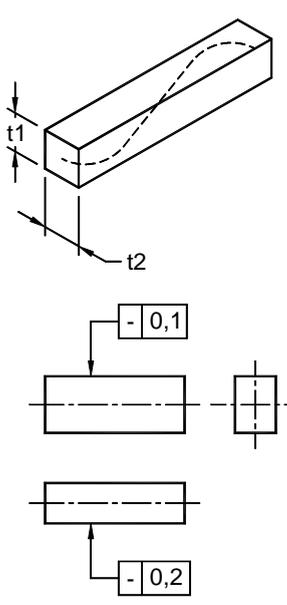
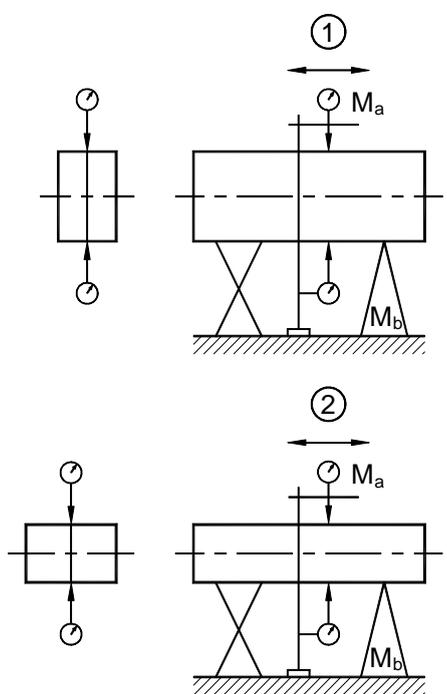
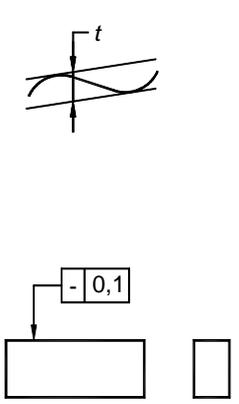
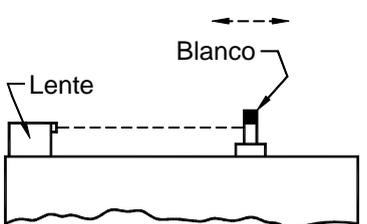
Verificación de las desviaciones de rectitud por comparación con un elemento rectilíneo.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---------|---|--|--|
| — |  | <p>Método 7.1.1</p>  <p>Colocar la regla sobre el objeto de tal manera que la distancia máxima entre ellos sea la más corta posible</p> <p>La distancia máxima entre la generatriz del objeto y la de la regla constituye la desviación de rectitud</p> <p>Medir el número necesario de generatrices.</p> | <p>Un hilo tendido puede ser utilizado para los objetos largos (> 1 m).</p> |
| |  | <p>Método 7.1.1</p>  <p>Disponer el objeto con su generatriz superior paralela al jaspeado</p> <p>Levantar las medidas a todo lo largo de la generatriz (1)</p> <p>La diferencia máxima de las lecturas de comparación sobre la generatriz constituye la desviación de la rectitud.</p> <p>Medir el número de generatrices (2)</p> | |

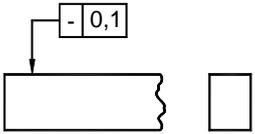
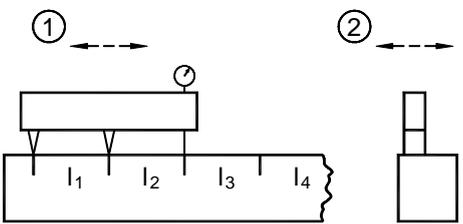
Continuación...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---------|---|--|-------|
| |  <p>Diagram illustrating the tolerance zone for straightness, showing a wavy line representing the deviation and a tolerance value of $-0,1$.</p> | <p>Método 7.1.3</p>  <p>Colocar el objeto sobre un jaspeado y contra una escuadra.</p> <p>Levantar las lecturas del comparador a lo largo de las generatrices y llevarlas sobre un diagrama.</p> <p>La desviación de rectitud es estimada a partir de un diafragma ①</p> <p>Medir el número necesario de generatrices ②</p> | |
| |  <p>Diagram illustrating the tolerance zone for straightness of a cylinder, showing a curved line representing the deviation and a tolerance value of $-\varnothing 0,1$.</p> | <p>Método 7.1.4</p>  <p>Apretar el objeto entre dos puntos coaxiales paralelos al jaspeado.</p> <p>Levantar las medidas a lo largo de las dos generatrices ①</p> <p>Llevar sobre el diagrama la mitad de la diferencia entre las dos lecturas de comprobación en cada punto, es decir:</p> $\frac{M_a - M_b}{2}$ <p>La desviación de la rectitud es estimada a partir del diafragma.</p> <p>Medir el número necesario de secciones axiales ② y la desviación de rectitud se considera como el valor máximo registrado no importa en cual sección axial</p> | |

Continuación...

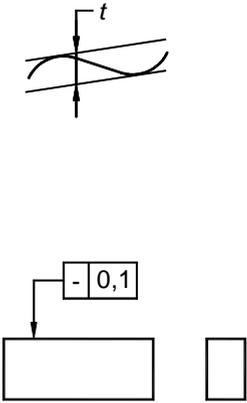
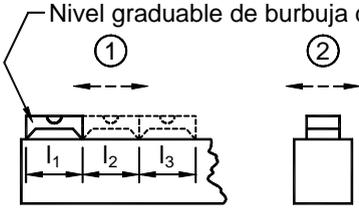
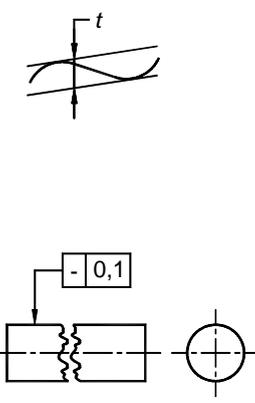
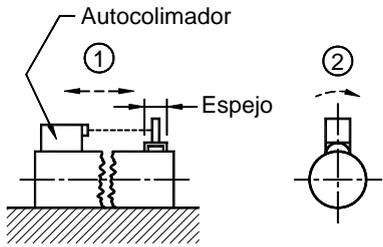
| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---------|---|---|---|
| |  | <p>Método 7.1.5</p>  <p>Alinear el objeto paralelamente al jaspeado. Levantar las medidas a lo largo de las dos generatrices ① y ②, llevar sobre el diafragma la mitad de la diferencia entre las dos lecturas de comparación en cada punto, es decir:</p> $\frac{M_a - M_b}{2}$ <p>Conducir la medida en las dos direcciones especificadas ① y ②. La desviación de la rectitud es estimada a partir de los diagramas.</p> | |
| |  | <p>Método 7.1.6</p>  <p>Alinear el lente paralelamente a la superficie. Medir las desviaciones por medio de un blanco (punto de referencia) que se hace deslizar a lo largo de la superficie. Llevar las desviaciones sobre el diagrama y evaluar la rectitud.</p> <p>Medir el número necesario de generatrices.</p> | <p>Este método es principalmente aplicable a los objetos de grandes dimensiones.</p> <p>También puede utilizarse un láser para medidas de rectitud.</p> |

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 7.1.7</p>  <p>$l = l_1 = l_2 = l_n$</p> <p>Ajustar el comparador a cero el jaspeado. Desplazar progresivamente el instrumento de un paso específico, l, a lo largo de la generatriz.</p> <p>Registrar la lectura del comparador en cada paso ①.</p> <p>La desviación de la rectitud es estimada a partir del diagrama acumulativo.</p> <p>Medir el número necesario de generatrices ②.</p> | <p>Este método es principalmente aplicable a los objetos de grandes dimensiones.</p> <p>Los errores de puesta a cero se acumulan por la repetición de los pasos de medida.</p> |

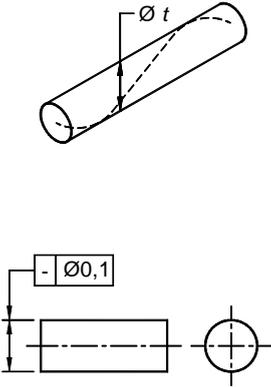
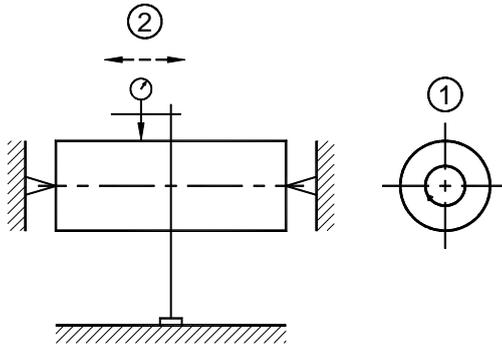
7.2 PRINCIPIO 2

Verificación de las desviaciones de rectitud por medición de desviaciones angulares.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|---|
| |  | <p>Método 7.2.1</p>  <p>$l = l_1 = l_2 = l_3 = l_n$</p> <p>Colocar el nivel de la burbuja en un extremo de la generatriz y ajustar a cero.</p> <p>Desplazar progresivamente el nivel de un paso específico a lo largo.</p> <p>Registrar los valores de cada paso (1)</p> <p>La desviación de rectitud es estimada a partir de un diafragma acumulativo a la desviación de la rectitud incrementada = $l \times$ valor levantado.</p> <p>Medir el número necesario de generatrices (2).</p> | <p>Este método es principalmente aplicable a los objetos de grandes dimensiones.</p> <p>Si el nivel no puede ser regulable el objeto debe ser alineado horizontalmente</p> <p>Un instrumento de péndulo con pies se puede también utilizar.</p> |
|  |  | <p>Método 7.2.2</p>  <p>Alinear el equipo de medida sobre el objeto.</p> <p>Desplazar progresivamente el espejo autocolimador que tiene los pies distantes a una longitud específica, l, a todo lo largo de la generatriz considerada y registrar los valores (1).</p> <p>La desviación de la rectitud es estimada a partir del diagrama acumulativo.</p> <p>Medir el número necesario de generatrices (2).</p> | <p>Este método es principalmente aplicable a los objetos de grandes dimensiones.</p> <p>Un movimiento continuo puede ser utilizado para el registro de resultados.</p> <p>Un aparato medidor láser se puede también utilizar.</p> |

7.3 PRINCIPIO 3

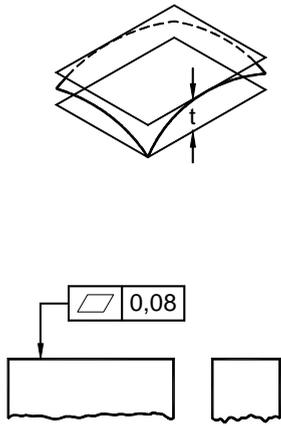
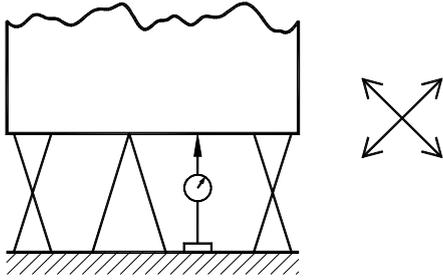
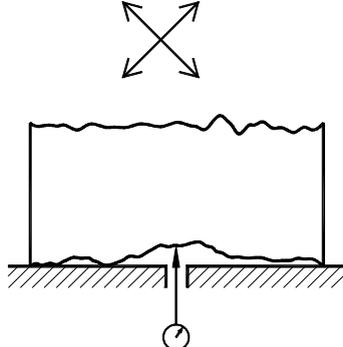
Verificación de las desviaciones de rectitud por determinación de los centros de secciones consecutivas.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|--|-------|
|  |  | <p>Método 7.3.1</p>  <p>Apretar el objeto entre dos puntos coaxiales paralelos al jaspeado. Hacer girar el objeto alrededor del eje fijo. Llevar sobre el diagrama las coordenadas polares; la mitad de la diferencia de las lecturas de comparación al curso de una revolución completa (1).</p> <p>Medir el número necesario de secciones axiales (2)</p> <p>La desviación máxima entre los centros determinados constituye la desviación de la rectitud del eje del objeto.</p> | |

8. VERIFICACIÓN DE LA PLANITUD

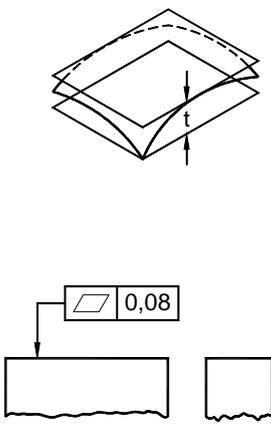
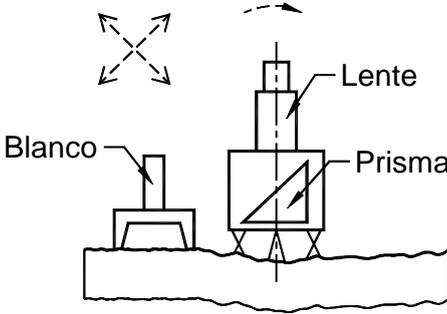
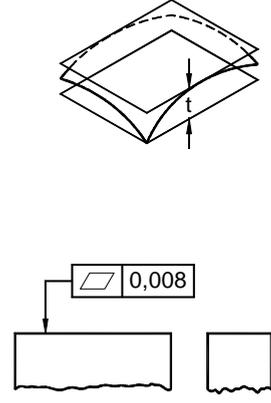
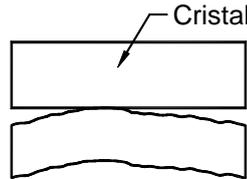
8.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de planitud por comparación con un elemento plano.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|---|
| |  | <p>Método 8.1.1</p>  <p>Alinear el objeto paralelamente al jaspeado. Medir la distancia entre el objeto y el jaspeado o número de puntos necesarios.</p> <p>La diferencia máxima entre las distancias medidas constituye la desviación de la planitud.</p> | <p>El objeto es generalmente posicionado sobre tres puntos largamente espaciados de la superficie y a igual distancia del jaspeado. En este caso, los valores medidos deben ser registrados y estirados sobre el diagrama o corregidos de una forma matemática.</p> |
|  | | <p>Método 8.1.2</p>  <p>Colocar el objeto de una manera estable sobre el jaspeado.</p> <p>Medir la distancia entre el objeto y el jaspeado o número de puntos necesarios.</p> <p>La diferencia máxima entre las distancias medidas constituye la desviación de planitud.</p> | <p>La dimensión del jaspeado debe ser al menos igual a dos veces la del objeto.</p> <p>Para las superficies convexas, al objeto debe ser ajustado al jaspeado de tal manera que la desviación sea mínima.</p> |

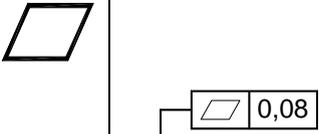
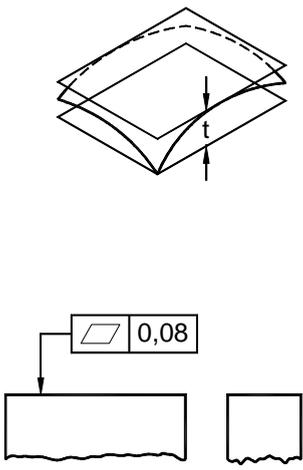
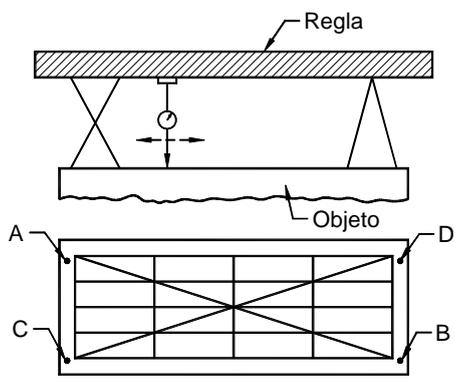
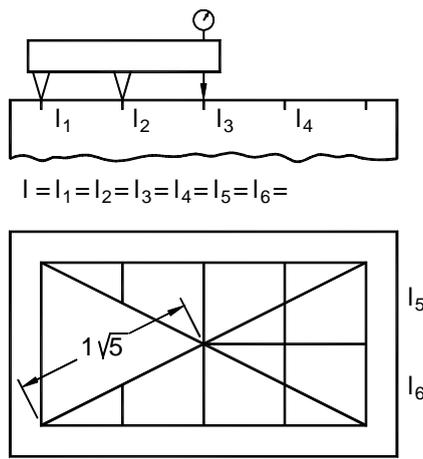
Continúa...

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|---|--|
|  |  | <p>Método 8.1.3</p>  <p>Colocar el lente sobre el objeto. Alinear el eje de rotación perpendicularmente a la superficie del objeto.</p> <p>La diferencia máxima calculada a partir de la superficie medida constituye la desviación de la planitud.</p> | <p>este método es conveniente a las superficies importantes.</p> <p>El alineamiento del eje de rotación puede ser corregido de una manera matemática.</p> |
| |  | <p>Método 8.1.4</p>  <p>Colocar el cristal de interferencia sobre el objeto y observar en luz monocromática. El número de franjas de interferencia sobresaliente multiplicado por $\lambda/2$ de la luz utilizada, constituye la desviación de la planitud.</p> $\frac{l}{2} = 0,3 \text{ mm}$ | <p>Este método exige que la superficie tenga una altura con poder reflectivo.</p> <p>Este método conviene únicamente a los objetos de pequeñas dimensiones que tengan un poder de planitud inferior a $20 \mu\text{m}$, esto depende de la dimensión del cristal de interferencia.</p> <p>El cristal de interferencia debe estar ajustado al objeto de tal manera que la desviación sea mínima.</p> |

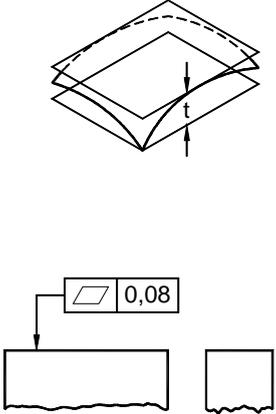
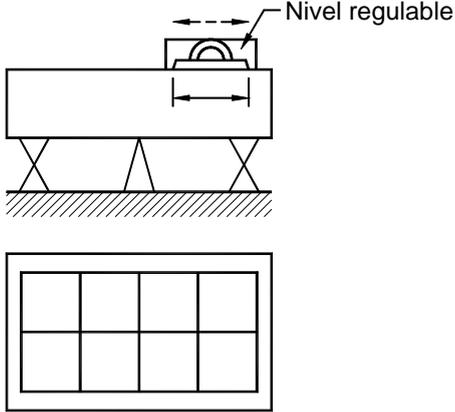
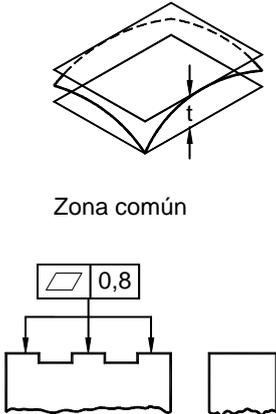
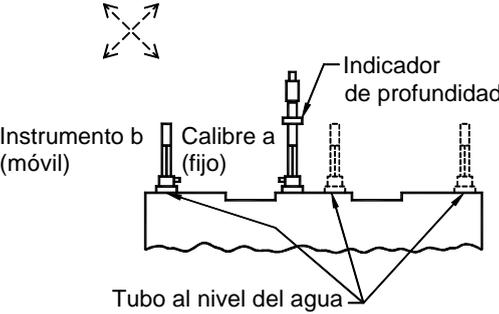
8.2 PRINCIPIO 2

Verificación de las desviaciones de planitud por comparación con un elemento rectilíneo en varias direcciones.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|---|---|
|  |  | <p>Método 8.2.1</p>  <p>Colocar la regla en diagonal sobre un soporte regulable y sobre un soporte fijo que tenga sus dos extremos a la misma distancia del objeto. Medir la distancia entre el objeto y la regla en las posiciones especificadas a lo largo de la diagonal (A - B) por relación al valor medido en el centro.</p> <p>Repetir la medición a lo largo de la otra diagonal (C - D) y registrar los valores sobre el diagrama después de corregir la distancia del punto medio.</p> <p>Estas dos diagonales definen el plano de referencia a partir del cual son determinados todos los otros puntos.</p> <p>La desviación de planitud es estimada a partir de un diagrama.</p> <p>Método 8.2.2</p>  <p>$l = l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = l_5 = l_6 =$</p> <p>Colocar el comparador en cero sobre el jaspeado. Desplazar progresivamente el instrumento de un paso, l, en tres direcciones de planitud es estimada a partir de un diagrama acumulativo.</p> | <p>Esta medida es autocontrolable en cuanto numerosos puntos son determinados varias veces por las diferentes orientaciones de la regla.</p> <p>Generalmente se utiliza para verificar los jaspeados.</p> <p>Este método es principalmente utilizado para las superficies importantes.</p> <p>Los errores de medida para cero se acumulan por la repetición de pasos de medida. Si algún otro modelo es utilizado la fórmula será modificada.</p> |

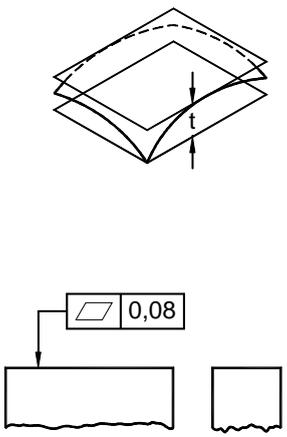
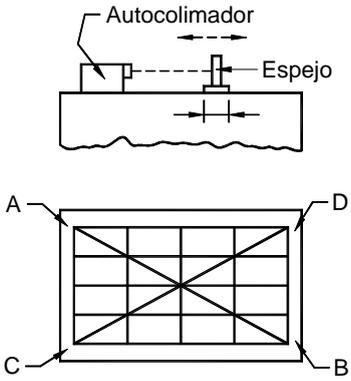
8.3 PRINCIPIO 3

Verificación de las desviaciones de planitud por medición de las desviaciones con relación a la horizontal en varias direcciones.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 8.3.1</p>  <p>Colocar el nivel regulable, de longitud especificada sobre el objeto.</p> <p>Efectuar las mediciones paso a paso en una dirección sobre varias secciones. Las desviaciones con relación a la horizontal son registradas sobre un diagrama acumulativo.</p> <p>Repetir las medidas como se describen antes, pero en ángulo derecho en relación con las ya efectuadas y registradas de igual forma en el diagrama.</p> <p>La desviación de planitud es estimada a partir de un diagrama acumulativo o de la desviación incrementada = $l \times$ indicación de nivel.</p> | <p>Este método es principalmente utilizado para las superficies importantes.</p> <p>El alineamiento horizontal es obtenido con un soporte regulable o por un nivel de bulbo regulable</p> <p>Esta medida es autocontrolable en la medida en que los números y puntos son determinados dos veces.</p> <p>Un instrumento a péndulo puede también ser utilizado</p> |
| |  <p>Zona común</p> | <p>Método 8.3.2</p>  <p>Disponer el calibre del agua y el instrumento b como se indica sobre la figura. Poner el calibre en cero. Desplazar el instrumento b a lo largo de todos los elementos planos y registrar las lecturas sobre el calibre a.</p> <p>La desviación de planitud es estimada a partir de un diagrama.</p> | <p>Este método es principalmente utilizado para las superficies importantes.</p> <p>Practicando para superficies horizontales solamente.</p> |

8.4 PRINCIPIO 4

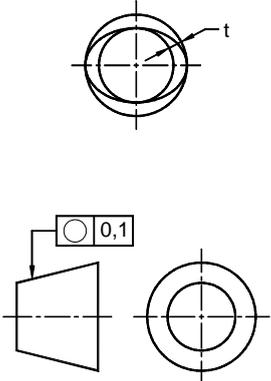
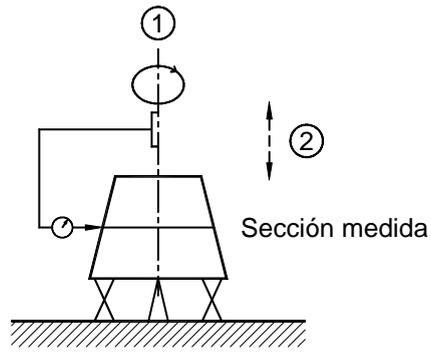
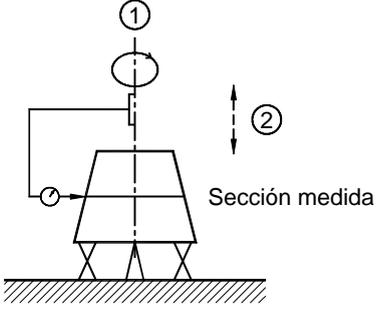
Verificación de las desviaciones de planitud por medición de las desviaciones angulares en varias direcciones.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|---|---|
|  |  | <p>Método 8.4.1</p>  <p>Colocar un espejo que tenga los pies distantes una longitud específica, l, en una esquina del objeto, ajustar el autocolimador paralelamente a la superficie del objeto.</p> <p>Medir la desviación angular en las posiciones especificadas a lo largo de la diagonal (A - B) y registrar los valores sobre el diagrama.</p> <p>Repetir la medida en la dirección de la otra diagonal (C - D). Estas dos diagonales definen el plano de referencia a partir del cual son determinados todos los otros puntos que utilizan una separación apropiada entre pies. La desviación de planitud es estimada a partir de un diagrama acumulativo o de la desviación incremental = $l \times$ lectura del autocolimador.</p> | <p>Esta medida es autocontrolable en la medida en que los números de puntos son determinados varias veces. Se puede igualmente utilizar el movimiento continuo por registro de los resultados.</p> <p>Un aparato medidor láser de ángulo puede ser también utilizado.</p> |

9. VERIFICACIÓN DE LA CIRCULARIDAD

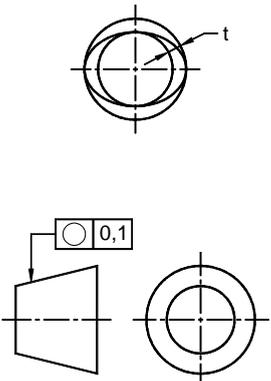
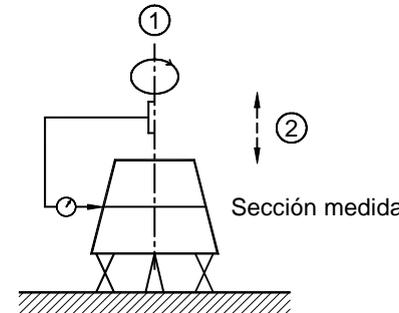
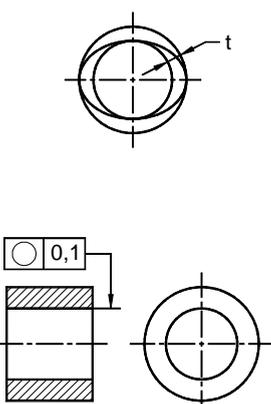
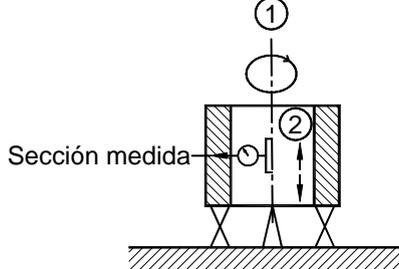
9.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de circularidad por medición de la variación radial a partir de un centro fijo común.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|--|
|  |  | <p>Método 9.1.1 Centro de la zona mínima</p>  <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida. Los ejes deben ser coaxiales. Registrar las diferentes radiales durante una revolución completa (1).</p> <p>Evaluar el centro de la zona mínima a partir de un diagrama de coordenadas polares y/o de un cálculo.</p> <p>Medir el número necesario de secciones (2).</p> <p>Diferencia radial mínima obtenida entre dos círculos concéntricos constituye la desviación de la circularidad.</p> | <p>Aplicable tanto a las superficies interiores como a las superficies exteriores</p> <p>Equipo para medir la variación radial a partir de un centro fijo: se utiliza un palpador giratorio o una tabla que gire con un registrador o calculador.</p> |
| | | <p>Método 9.1.2 Centro de los cuadrados menores</p>  <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida. Los ejes deben ser coaxiales. Registrar las diferentes radiales durante una revolución completa (1).</p> <p>Evaluar el centro de los cuadrados menores a partir de un diagrama de coordenadas polares y/o de un cálculo.</p> <p>Medir el número necesario de secciones (2).</p> <p>Diferencia radial obtenida entre los círculos inscritos y circunscritos cuyos centros coinciden con el círculo mayor constituye la desviación de la circularidad.</p> | <p>Aplicable tanto a las superficies interiores como a exteriores</p> <p>Este método es recomendado para las evaluaciones a partir de diagramas y/o de cálculos.</p> <p>Equipo para medir la variación radial a partir de un centro fijo: se utiliza un palpador giratorio o una tabla que gire con un registrador o calculador.</p> |

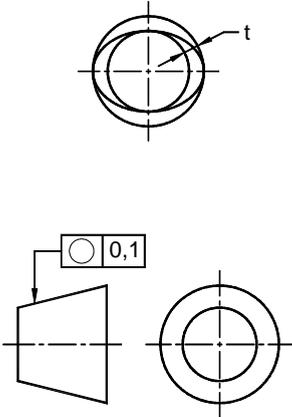
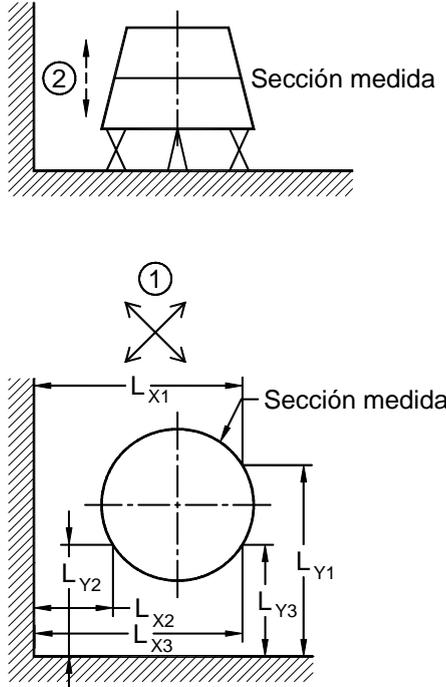
Continúa...

Continuación...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|---|
|  |  | <p>Método 9.1.3 Círculo mínimo circunscrito.</p>  <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida. Los ejes deben ser coaxiales. Registrar las diferencias radiales durante una revolución completa (1).</p> <p>La evaluación es hecha a partir del círculo mínimo circunscrito.</p> <p>Medir el número necesario de secciones (2).</p> <p>La diferencia radial entre el círculo inscrito y el más pequeño circunscrito constituye la desviación de circularidad.</p> | <p>Aplicable a las superficies exteriores.</p> <p>Este método es recomendado para las evaluaciones a partir de un diagrama y/o de un cálculo.</p> <p>Equipo para medir la variación radial a partir de un centro fijo: se utiliza un palpador giratorio o una tabla que gire con un registrador o calculador.</p> |
|  |  | <p>Método 9.1.4 Círculo máximo inscrito</p>  <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida. Los ejes deben ser coaxiales. Registrar las diferencias radiales durante una revolución completa (1).</p> <p>La evaluación se hace a partir del círculo máximo inscrito.</p> <p>Medir el número necesario de secciones (2).</p> <p>La diferencia radial entre el círculo máximo inscrito y el circunscrito que tienen el mismo centro constituye la desviación de circularidad.</p> | <p>Aplicable a superficies interiores.</p> <p>Este método es recomendado para las evaluaciones a partir de un diagrama y/o de un cálculo.</p> <p>Equipo para medir la variación radial a partir de un centro fijo: se utiliza un palpador giratorio o una tabla que gire con un registrador o un calculador.</p> |

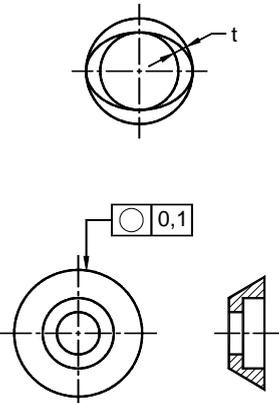
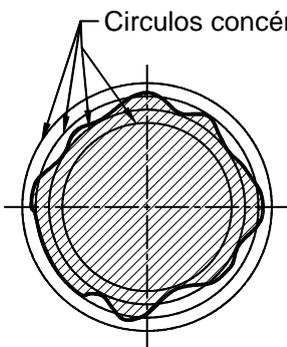
9.2 PRINCIPIO 2

Verificación de las desviaciones de circularidad por medio de las coordenadas.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|--|--|
|  |  | <p>Método 9.2.1</p>  <p>Sección medida</p> <p>Sección medida</p> <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida de coordenadas. Medir las coordenadas L de todo punto de la sección circular.</p> <p>Medir el número necesario de puntos sobre la circunferencia (1).</p> <p>La evaluación de la circularidad puede ser realizada por el cálculo a partir de los centros menores del cuadrado.</p> <p>Medir el número necesario de secciones (2).</p> | <p>Aplicable tanto a superficies interiores como exteriores.</p> <p>Se utilizan máquinas de medida bidimensionales o un microscopio de medir con calculador.</p> |

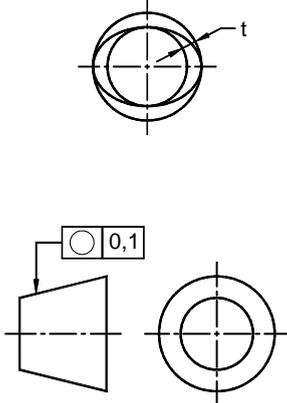
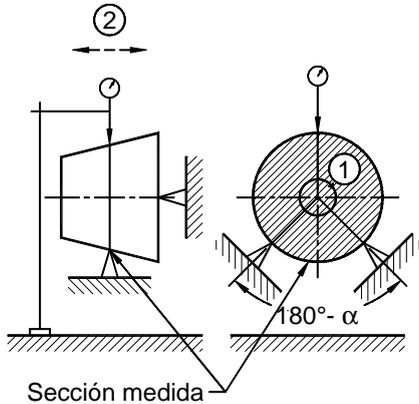
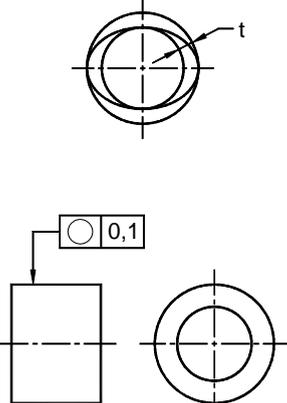
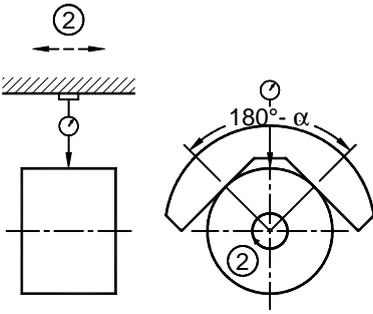
9.3 PRINCIPIO 3

Verificación de las desviaciones de circularidad por proyección de línea.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 9.3.1</p>  <p>Cómparar el perfil del objeto con los círculos concéntricos.</p> <p>La desviación de circularidad es estimada a partir de círculos concéntricos.</p> | <p>Este método es limitado a los elementos cuyas dimensiones son compatibles con la capacidad del proyector.</p> <p>Se utiliza un proyector de perfil o un dispositivo de exploración electrónica.</p> |

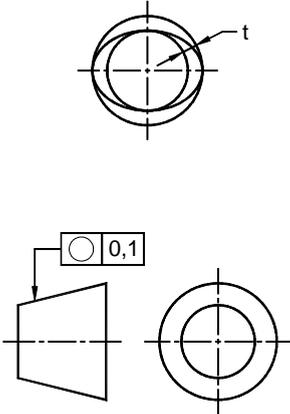
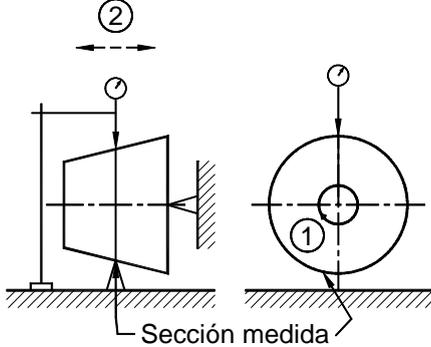
9.4 PRINCIPIO 4

Verificación de las desviaciones de circularidad por medición de dos o tres puntos.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|--|
|  |  | <p>Método 9.4.1 Vértice (medida de tres puntos)</p>  <p>Sección medida</p> <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida. El eje del objeto debe ser perpendicular a la dirección axial fija de medida.</p> <p>La indicación de comparación durante una revolución completa es utilizada para el cálculo (1).</p> <p>Repetir las medidas sobre el número necesario de secciones (2).</p> <p>La desviación de circularidad debe ser estimada a partir de las lecturas de comparación.</p> | <p>Esta medida permite controlar los errores de forma por número impar de lóbulos.</p> <p>Los errores de forma por número par de lóbulos pueden ser controlados por la medida en dos puntos. Los ángulos más corrientes son:</p> <p>$\alpha = 90^\circ$ y 120° ó 72° y 108°</p> <p>Este método puede ser utilizado para la rotación de todo objeto o equipo.</p> <p>Aplicable tanto a las superficies interiores como a las superficies exteriores.</p> |
|  |  | <p>Método 9.4.2 Círculo máximo inscrito</p>  <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida. El eje del objeto debe ser perpendicular a la dirección axial fija de medida.</p> <p>La indicación del comparador durante una revolución completa es utilizada para el cálculo (1).</p> <p>Repetir las medidas sobre el número necesario de secciones (2).</p> <p>La desviación de circularidad debe ser estimada a partir de las lecturas del comparador.</p> | <p>Esta medida permite controlar los errores de forma por número impar de lóbulos.</p> <p>Los errores de forma por número par de lóbulos pueden ser controlados por la medida en dos puntos. Los ángulos más corrientes son:</p> <p>$\alpha = 90^\circ$ y 120° ó 72° y 108°</p> <p>Este método puede ser utilizado para la rotación de todo objeto o equipo.</p> <p>Aplicable tanto a las superficies interiores como a las superficies exteriores.</p> |

Continúa...

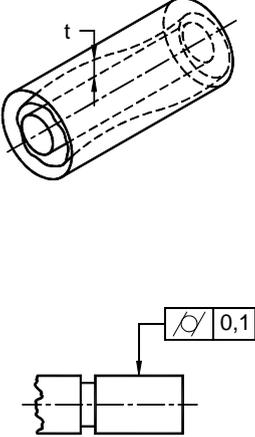
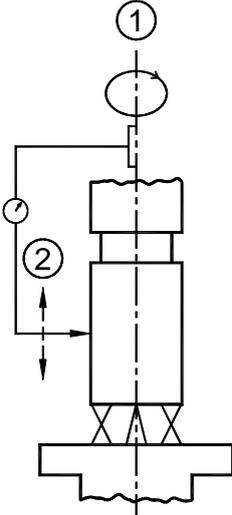
Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|---|
|  |  | <p>Método 9.4.3 (Medida en dos puntos)</p>  <p>Sección medida</p> <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida. El eje del objeto debe ser paralelo al jaspeado y pasar por el centro de rotación.</p> <p>Medir la diferencia de diámetro durante una revolución completa (1)</p> <p>Repetir las medidas sobre el número necesario de secciones (2)</p> <p>La diferencia media obtenida constituye la desviación circular.</p> | <p>Este método permite la medida de las desviaciones de forma por número par de lóbulos.</p> <p>Las desviaciones de forma por número impar de lóbulos necesitan el empleo del método de medida en tres puntos.</p> <p>Aplicable a superficies interiores y exteriores.</p> <p>Este método puede ser utilizado para la rotación de todo objeto o equipo.</p> |

10. VERIFICACIÓN DE LA CILINDRICIDAD

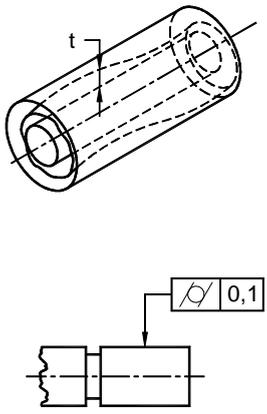
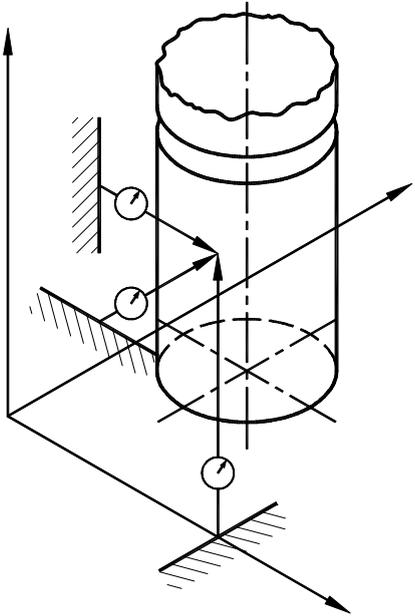
10.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de la cilindridad por la medición de la variación radial a partir de un eje fijo común.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|--|--|--|--|
|  |  | <p>Método 10.1.1</p>  <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida. Los ejes deben ser coaxiales.</p> <p>Registrar las diferencias radiales durante una revolución completa (1). Medir sobre el número necesario de secciones sin relacionar el comparador (2).</p> <p>Evaluar la zona cilíndrica mínima a partir de un diagrama de coordenadas polares y/o por cálculo.</p> <p>La diferencia radial de las zonas cilíndricas mínimas estimadas a partir de diagramas de coordenadas polares y/o por cálculo constituye la desviación de cilindridad.</p> | <p>Este método sin un equipo tecnológicamente avanzado es largo.</p> <p>Se utiliza un equipo para medir la variación radial a partir de un eje común fijo con un registrador para diagrama de coordenadas polares y/o un calculador.</p> |

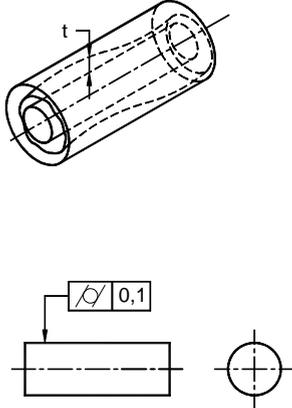
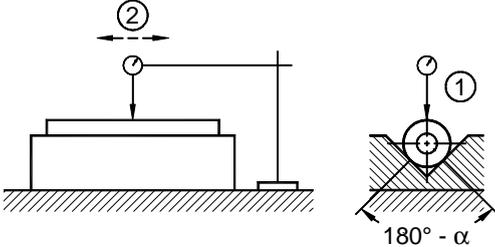
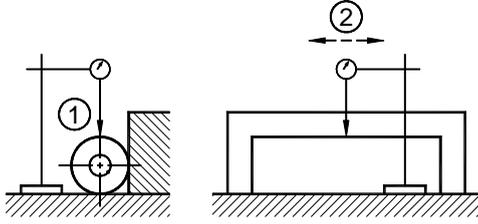
10.2 PRINCIPIO 2

Verificación de las desviaciones de cilindridad por medición de tres coordenadas.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|--|---|
|  |  | <p>Método 10.2.1</p>  <p>Alinear el objeto con el equipo para medir las coordenadas.</p> <p>Medir el número de puntos necesarios sobre la superficie cilíndrica siguiendo los tres ejes de coordenadas.</p> <p>La diferencia radial de las zonas cilíndricas mínimas estimadas a partir de diagramas de coordenadas polares y/o por cálculo constituyen la desviación de cilindridad.</p> | <p>Este método sin un equipo sofisticado es largo.</p> <p>Se utiliza una máquina de medida tridimensional con registrador y calculador.</p> |

10.3 PRINCIPIO 3

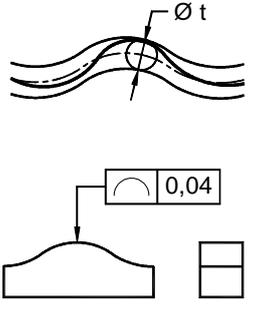
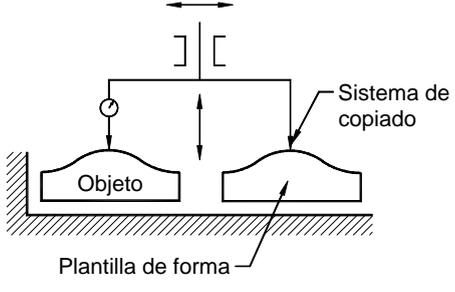
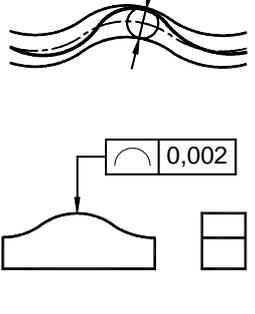
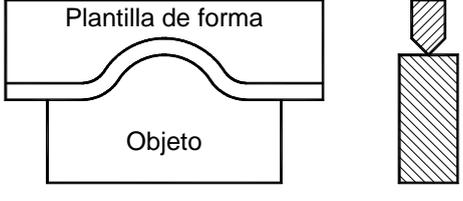
Verificación de las desviaciones de cilindridad por medición de varias secciones de los soportes en V y en L.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|---|---|
|  |  | <p>Método 10.3.1</p>  <p>Colocar el objeto sobre una vista. Medir una sección radial del objeto durante una revolución completa (1).</p> <p>Repetir las medidas sobre el número necesario de secciones sin recalibrar el comparador (2).</p> <p>La desviación de cilindridad debe ser estimada a partir de las lecturas del comparador.</p> | <p>La vista debe ser más larga que el objeto.</p> <p>Aplicable solamente a superficies exteriores.</p> <p>Este método no permite sino la medida de las desviaciones de forma por número impar de lóbulos.</p> |
| | <p>Método 10.3.2</p>  <p>Colocar el objeto sobre un jaspeado y contra una escuadra. Medir el objeto siguiendo una sección radial durante una revolución completa (1).</p> <p>Repetir las medidas sobre el número necesario de secciones sin recalibrar el comparador (2).</p> <p>La mitad de la indicación total del comparador constituye la desviación de cilindridad.</p> | <p>Aplicable solamente a superficies exteriores.</p> <p>Este método no permite sino la medida de las desviaciones por número par de lóbulos.</p> <p>Las desviaciones de forma por número impar de lóbulos exigen el empleo del método de medida en tres puntos.</p> | |

11. VERIFICACIÓN DE LA FORMA DE UNA LÍNEA CUALQUIERA

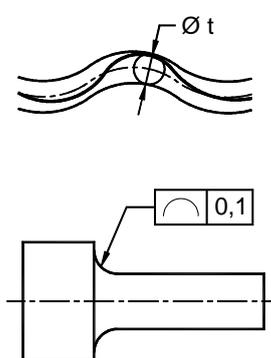
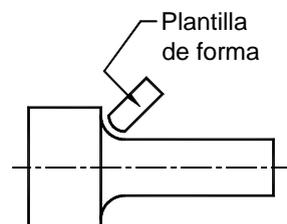
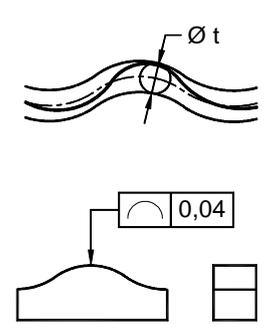
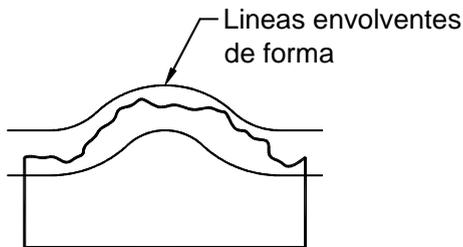
11.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de forma de una línea cualquiera por comparación con un elemento de forma correcta.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|--|
|  |  | <p>Método 11.1.1</p>  <p>Alinear el objeto sobre el sistema de copiado y la plantilla de forma.</p> <p>El comparador registra las desviaciones del objeto en relación con la plantilla de forma correcta. Las variaciones extremas son comparadas con los límites calculados de las desviaciones en la dirección de medida.</p> <p>El valor máximo de las lecturas corregidas del comparador puede ser perpendicular al perfil teórico pues la dirección de medida no es perpendicular a la superficie, esto constituye la desviación de forma.</p> | <p>La tecla del comparador y la tecla de copiado deben tener la misma forma.</p> |
|  |  | <p>Método 11.1.2</p>  <p>Colocar la plantilla de forma sobre el objeto y alinear siguiendo la dirección especificada.</p> <p>El objeto y la plantilla de forma son controladas con la ayuda de una luz específica.</p> <p>Si ninguna fuente luminosa es constante se debe a que la forma del objeto no puede ser aislada más de 0,003 mm de la forma de la plantilla (los valores numéricos no pueden ser obtenidos)</p> <p>La mitad de la indicación total del comparador constituye la desviación de cilindricidad.</p> | <p>Para las desviaciones más importantes se puede separar la plantilla de forma del objeto a una distancia fija en los extremos y controlar el espaciamiento que resulte de menor espesor.</p> |

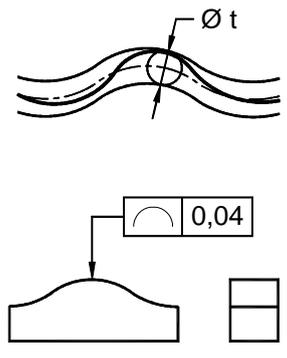
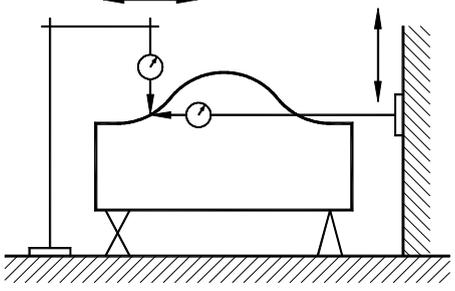
Continúa...

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|---|--|
| |  | <p>Método 11.1.3</p>  <p>Colocar la plantilla de forma sobre el objeto y alinear en la dirección especificada.</p> <p>La forma del objeto es comparada con la forma de la plantilla.</p> | <p>La presión puede ser mejorada utilizando dos plantillas con las formas límite.</p> <p>El valor real de la desviación se hace incierto con la utilización de una sola plantilla.</p> |
|  |  | <p>Método 11.1.4</p>  <p>El perfil es proyectado sobre una pantalla.</p> <p>El perfil proyectado es comparado con las líneas envolventes de forma.</p> <p>El perfil real debe ser buscado entre las dos líneas envolventes de forma.</p> | <p>El empleo de este método está limitado para elementos cuyas dimensiones estén dentro de las capacidades del proyector.</p> <p>Se utiliza un proyector de perfil.</p> |

11.2 PRINCIPIO 2

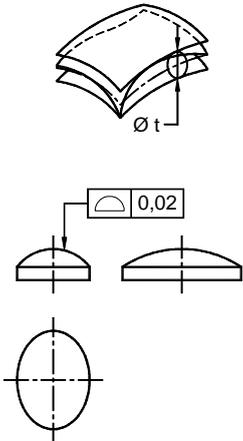
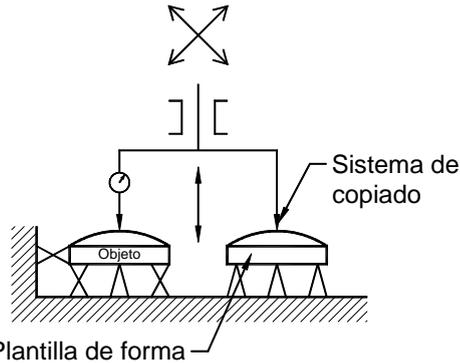
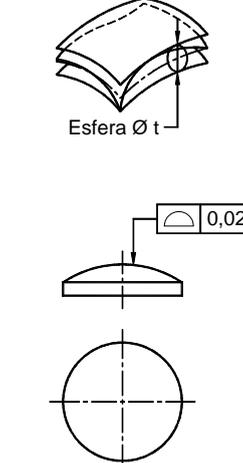
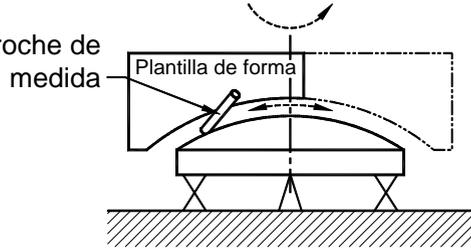
Verificación de las desviaciones de forma de una línea cualquiera por medición de las coordenadas.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|---|
|  |  | <p>Método 11.2.1</p>  <p>Alinear el objeto siguiendo una orientación correcta con relación al jaspeado.</p> <p>Medir las dos coordenadas o número necesario de puntos a lo largo del perfil. Los valores relevantes son registrados y comparados con perfiles desarrollados.</p> | <p>Se debe tener en cuenta la forma del palpador.</p> <p>Se utiliza una máquina de medida por coordenada.</p> |

12. VERIFICACIÓN DE LA FORMA DE UNA SUPERFICIE CUALQUIERA

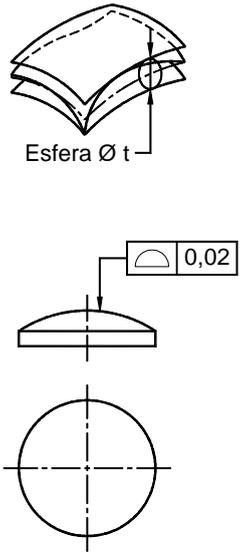
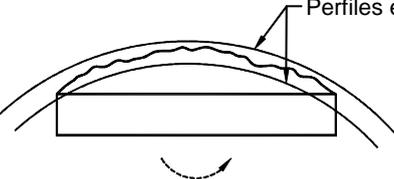
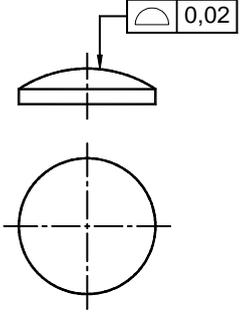
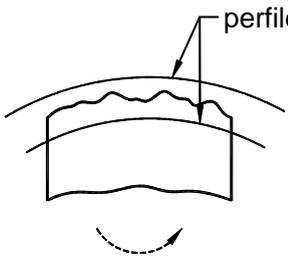
12.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de forma de una superficie cualquiera por comparación con un elemento de forma correcta.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|--|--|
|  |  | <p>Método 12.1.1</p>  <p>Plantilla de forma</p> <p>Sistema de copiado</p> <p>Objeto</p> <p>Alinear el objeto con el sistema de copiado y la plantilla de forma.</p> <p>La comparación registrada es la desviación del objeto.</p> <p>El valor máximo de las lecturas del comparador, corregidas para ser perpendiculares al perfil teórico de la superficie, constituye la desviación de forma de la superficie.</p> | <p>La tecla del comparador y la tecla de copiado deben tener la misma forma.</p> |
|  |  <p>Esfera $\varnothing t$</p> | <p>Método 12.1.2</p>  <p>Broche de medida</p> <p>Plantilla de forma</p> <p>Colocar el objeto con respecto al eje de rotación.</p> <p>Alinear la plantilla de forma a la distancia requerida del objeto.</p> <p>Medir el número de posiciones necesarias.</p> <p>La desviación de forma es determinada por comparación de las lecturas mínima y máxima.</p> | <p>Este método no se aplica sino a las superficies de revolución.</p> <p>Se utiliza un equipo para la rotación del objeto o de la plantilla.</p> |

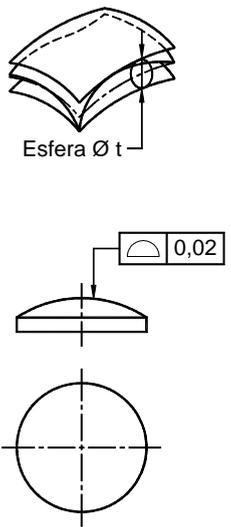
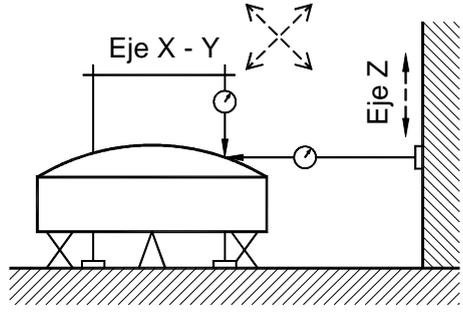
Continúa...

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|--|
|  |  <p>Esfera $\varnothing t$</p> | <p>Método 12.1.3</p>  <p>Perfiles envueltos</p> <p>Proyectar el perfil sobre la pantalla de un proyector de perfiles con punto luminoso.</p> <p>Los perfiles proyectados son tomados al número necesario de posiciones y comparados con los perfiles envueltos.</p> | <p>Este método es generalmente utilizado para las superficies exteriores y está limitado a los elementos cuyas dimensiones entran en la capacidad del proyector.</p> |
|  |  | <p>Método 12.1.4</p>  <p>perfiles envueltos</p> <p>Proyectar el número necesario de perfiles sobre la plantilla del proyector de perfil (diagrama sombreado).</p> <p>Comparar los perfiles proyectados con los perfiles envueltos.</p> | <p>Este método está limitado a las superficies convexas.</p> |

12.2 PRINCIPIO 2

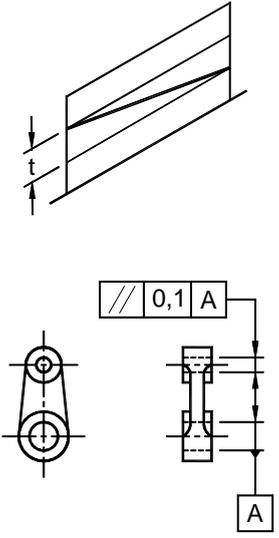
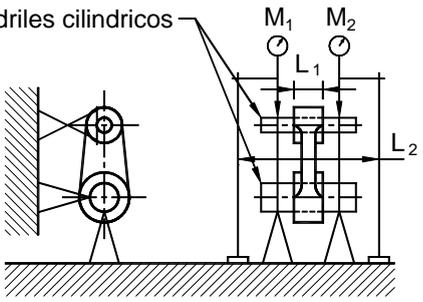
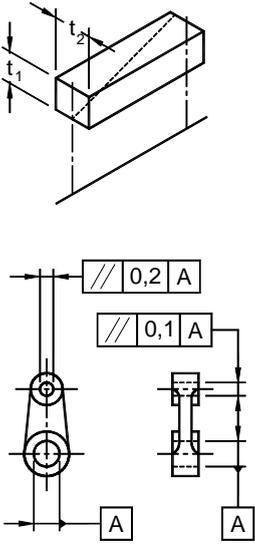
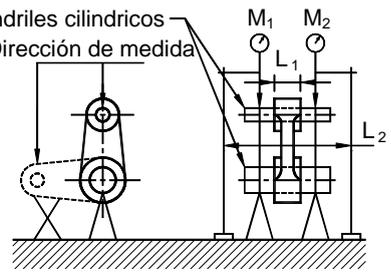
Verificación de las desviaciones de forma de una superficie cualquiera por medición de coordenadas.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|---|
|  |  <p>Esfera $\varnothing t$</p> | <p>Método 12.2.1</p>  <p>Eje X - Y</p> <p>Eje Z</p> <p>Alinear el objeto con relación al jaspeado. Medir las tres coordenadas o el número necesario de puntos sobre la superficie.</p> <p>Los valores relevantes son registrados y comparados con las coordenadas de las superficies envueltas.</p> | <p>Se deben tener en cuenta la forma y la dimensión del palpador.</p> <p>Se utiliza una máquina de medida de coordenadas.</p> |

13. VERIFICACIÓN DE PARALELISMO

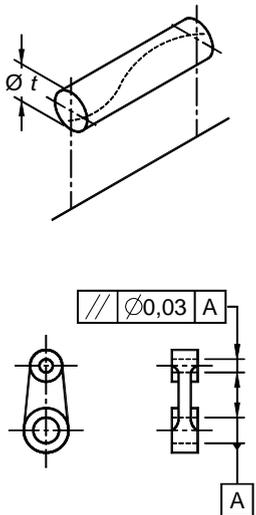
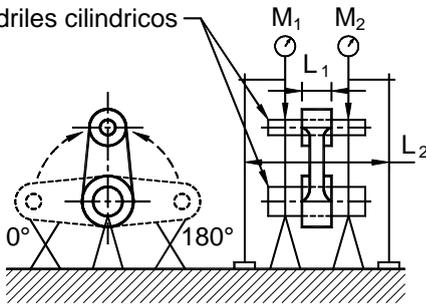
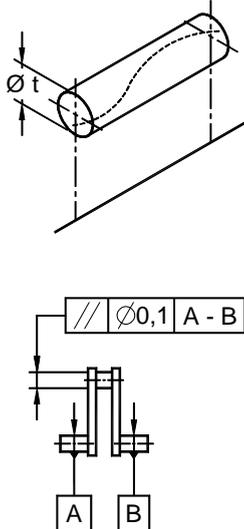
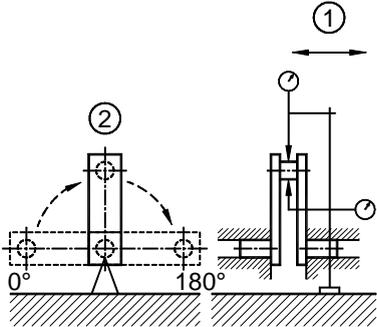
13.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de paralelismo por medición de distancias.

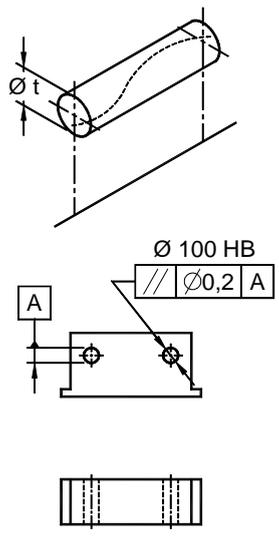
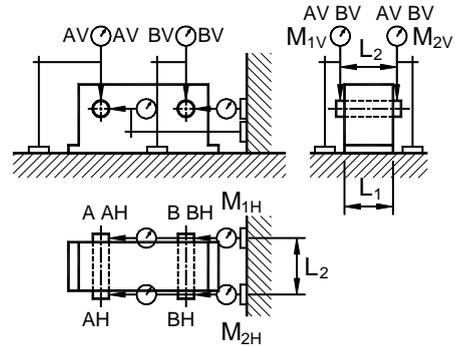
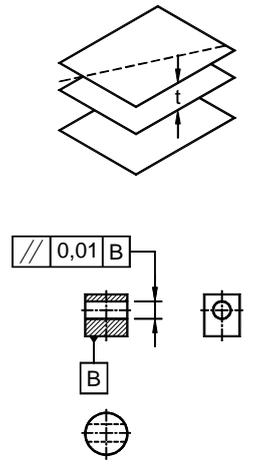
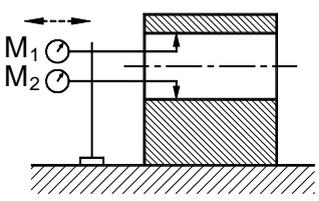
| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 13.1.1</p> <p>Mandriles cilíndricos</p>  <p>Simular el eje de referencia y el eje del elemento por los ejes de los cilindros inscritos que sobrepasen los diámetros.</p> <p>Las disposiciones son tomadas para asegurar una dirección de medida correcta (soporte regulable). Las posiciones axiales de las medidas son controladas.</p> <p>La desviación de paralelismo, Pd, es calculada a partir de la fórmula:</p> $Pd = \frac{(M_1 - M_2) \times L_1}{L_2}$ | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el alisado (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> <p>Si el mandril superior puede ser orientado en más de una dirección, ésta será tal que la desviación de paralelismo medido sea mínima.</p> |
| |  | <p>Método 13.1.2</p> <p>Mandriles cilíndricos</p> <p>Dirección de medida</p>  <p>Simular el eje de referencia y el eje del elemento por los ejes de los cilindros inscritos que sobrepasan los diámetros.</p> <p>Colocar el objeto de tal manera que las medidas puedan ser efectuadas siguiendo las dos direcciones indicadas sobre el diseño.</p> <p>Efectuar las medidas sobre el mandril en posición ① y ②. La desviación de paralelismo, Pd, es calculada a partir de la fórmula:</p> $Pd = \frac{(M_1 - M_2) \times L_1}{L_2}$ | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el diámetro interior (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> <p>Si el mandril superior puede ser orientado en más de una dirección, ésta será tal que la desviación de paralelismo medido sea mínima.</p> |

Continúa...

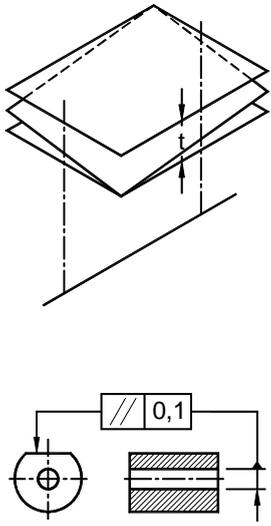
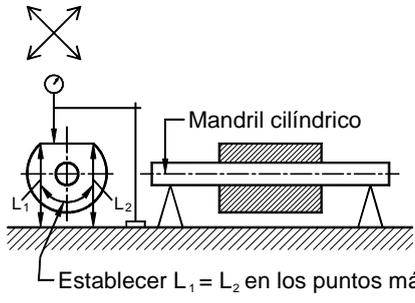
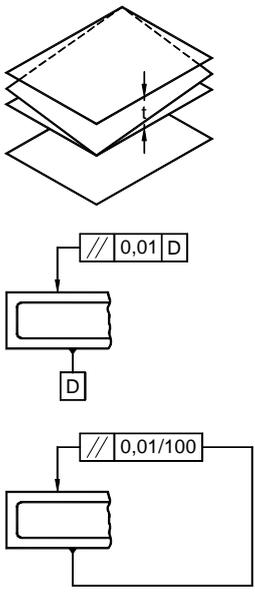
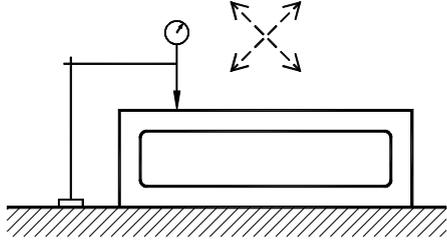
Continuación...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---------|---|---|---|
| // |  | <p>Método 13.1.3</p> <p>Mandriles cilíndricos</p>  <p>Simular el eje de referencia y el eje del elemento por los ejes de los cilindros inscritos que sobrepasen los diámetros.</p> <p>Las posiciones axiales de las medidas son controladas.</p> <p>Efectuar las medidas sobre el mandril M₁ y M₂. Repetir las medidas sobre el número necesario de posiciones angulares entre 0° y 180°.</p> <p>La desviación de paralelismo, Pd, es calculada a partir de la fórmula:</p> $Pd = \frac{(M_1 - M_2) \times L_1}{L_2}$ | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el diámetro (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> <p>Si el mandril superior puede ser orientado en más de una dirección, ésta debe ser tal que la desviación de paralelismo medido sea mínima.</p> <p>Las medidas pueden estar limitadas a dos direcciones perpendiculares. La raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de dos desviaciones obtenidas debe ser inferior al valor de la tolerancia especificada.</p> |
| |  | <p>Método 13.1.4</p>  <p>Colocar el eje de referencia paralelamente al jaspeado y simularlo por el eje de los cilindros coaxiales circunscritos.</p> <p>Tomar las medidas sobre el número necesario de posiciones angulares entre 0° y 180° ①. Registrar la mitad de la diferencia entre las dos lecturas del comparador en la misma sección ②.</p> <p>La desviación máxima de los valores registrados constituye la desviación de paralelismo.</p> | <p>Las mediciones pueden estar limitadas a dos direcciones perpendiculares.</p> <p>La raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de dos desviaciones obtenidas debe ser inferior al valor de la tolerancia especificada.</p> <p>Se utiliza un dispositivo de control y de precisión.</p> |

Continuación...

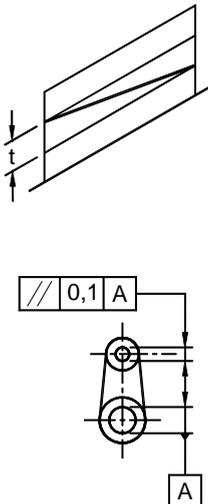
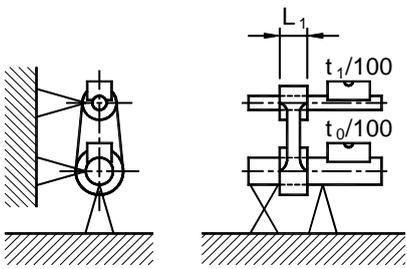
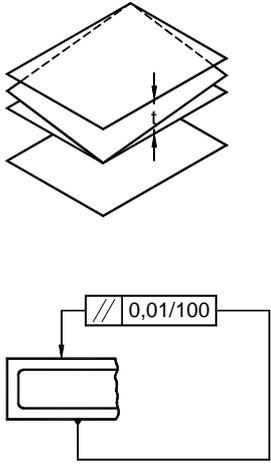
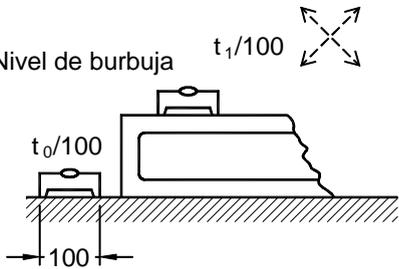
| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|---|
|  |  | <p>Método 13.1.5</p>  <p>Simular el eje de referencia y el eje del elemento por los ejes de los cilindros inscritos.</p> <p>Tomar las medidas siguiendo las direcciones horizontal y vertical especificadas sobre el diagrama.</p> <p>Las posiciones axiales de las medidas son controladas.</p> <p>La desviación de paralelismo, Pd, es calculada a partir de la fórmula:</p> $Pd = \frac{L_1 \times \sqrt{(D_{BV} - D_{AV})^2 + (D_{BH} - D_A)^2}}{L_2}$ <p>M_{1V} - M_{2V} para la referencia especificada A = Δ_{AV} M_{1H} - M_{2H} para la referencia especificada A = Δ_{AH} M_{1V} - M_{2V} para el cilindro B = Δ_{BV} M_{1H} - M_{2H} para el cilindro B = Δ_{BH}</p> | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el diámetro interior (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> <p>Si el mandril derecho superior puede ser orientado en varias direcciones, ésta debe ser tal que la desviación de paralelismo sea mínima.</p> |
| |  | <p>Método 13.1.6</p>  <p>Simular la referencia especificada por un plano de base cubriendo enteramente la superficie de referencia.</p> <p>Simular el eje del elemento por la línea mediana de las generatrices superior e inferior.</p> <p>Registrar sobre el diagrama la diferencia media entre las dos lecturas del comparador, es decir:</p> $\frac{M_1 - M_2}{2} \text{ en cada punto}$ <p>La desviación máxima de los valores registrados constituye la desviación de paralelismo.</p> | |

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|-----------|---|---|---|
| |  | <p>Método 13.1.7</p>  <p>Establecer $L_1 = L_2$ en los puntos más altos</p> <p>Simular el eje de referencia por el eje del cilindro inscrito.</p> <p>Alinear la superficie tolerada paralelamente al jaspeado antes de medir.</p> <p>Tomar las medidas sobre la superficie.</p> <p>La indicación total de comparación constituye la desviación de paralelismo.</p> | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el diámetro interior (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> <p>El alineamiento del objeto puede también ser corregido de una manera matemática.</p> |
| <p>//</p> |  | <p>Método 13.1.8</p>  <p>Colocar el objeto sobre el jaspeado recubriendo enteramente la superficie de referencia.</p> <p>Tomar las medidas sobre toda la superficie.</p> <p>Tomar las medidas el número necesario de veces para una longitud de 100 mm en todas las direcciones sobre toda la superficie.</p> <p>En estos ejemplos, la indicación total del comparador constituye la desviación de paralelismo sobre la longitud considerada.</p> | |

13.2 PRINCIPIO 2

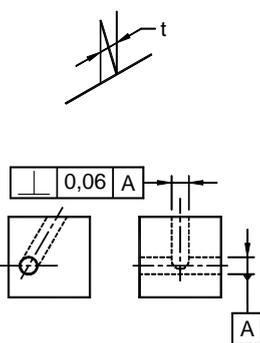
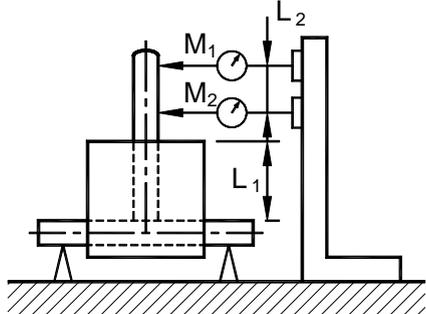
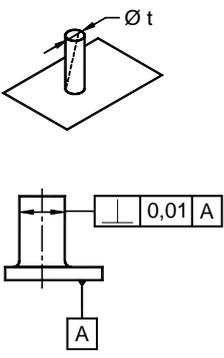
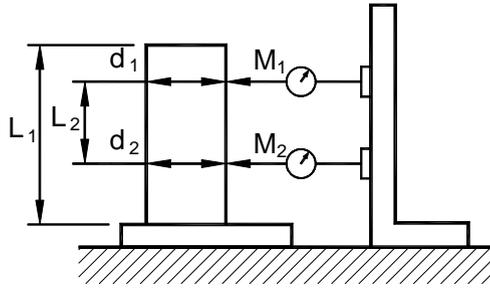
Verificación de las desviaciones de paralelismo por medición de ángulos.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|--|
|  |  | <p>Método 13.2.1</p> <p>Nivel de burbuja</p>  <p>Simular el eje de referencia y el eje del elemento por los mandriles cilíndricos.</p> <p>Registrar las indicaciones del nivel de burbuja sobre los dos mandriles.</p> <p>La desviación de paralelismo, Pd, es calculada por la fórmula siguiente:</p> $Pd = \frac{ t_1 - t_0 \times L_1 }{1000}$ | <p>El nivel de burbuja, regulable y los soportes fijos se pueden también utilizar.</p> |
| |  | <p>Método 13.2.2</p> <p>Nivel de burbuja</p>  <p>Colocar el objeto sobre el jaspeado.</p> <p>Registrar las indicaciones del nivel de burbuja.</p> <p>La desviación de paralelismo, Pd, es calculada a partir de la fórmula siguiente:</p> $Pd = \frac{ t_1 - t_0 \times 100}{1000}$ | |

14. VERIFICACIÓN DE LA PERPENDICULARIDAD

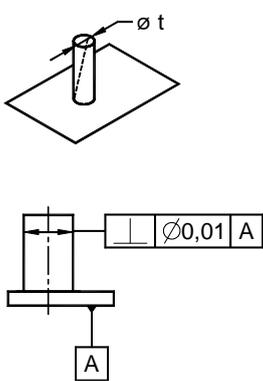
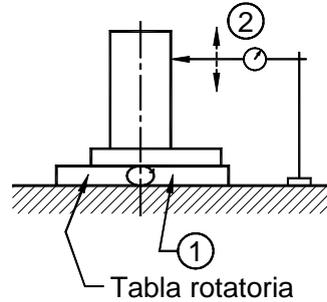
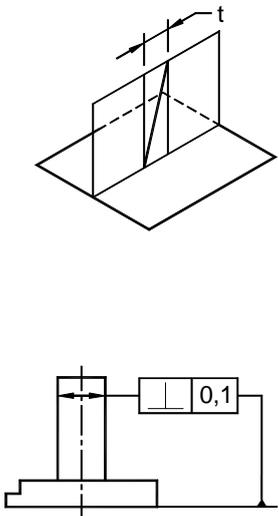
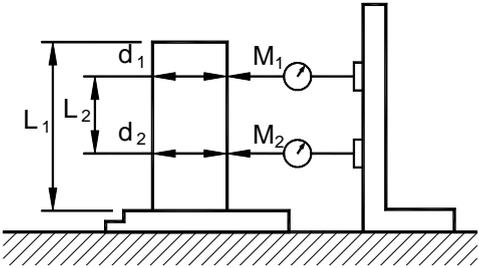
14.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de perpendicularidad por medición de distancias.

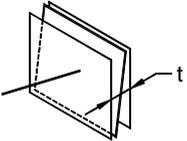
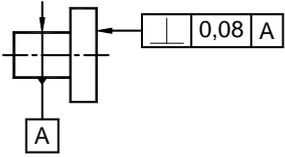
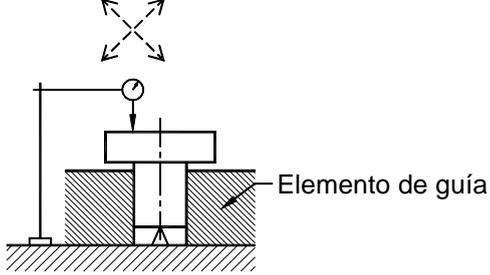
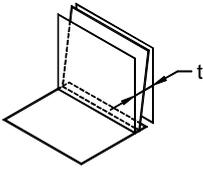
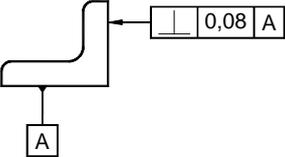
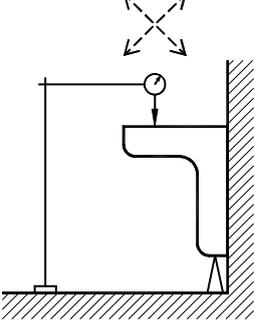
| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|-------|
|  |  <p>Simular el eje de referencia por un cilindro inscrito paralelo al jaspeado. Simular el eje de tolerancia por otro cilindro inscrito sobrepasando el diámetro.</p> <p>Alinear todos los objetos en una posición correcta en relación con el equipo de medida. Medir la distancia a partir de la escuadra (M_1 y M_2) y los puntos distantes L_2.</p> <p>La desviación de perpendicularidad, P_d, es calculada a partir de la siguiente fórmula:</p> $P_d = \frac{ M_1 - M_2 \times L_1}{L_2}$ | <p>Método 14.1.1</p> <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el aislado (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> | |
|  |  <p>Colocar el objeto sobre el jaspeado. Medir en dos puntos distantes de L_2 la distancia (M_1 y M_2) entre el cilindro que simula el elemento tolerado y la escuadra.</p> <p>Medir la diferencia de diámetros d_1 y d_2.</p> <p>La desviación de perpendicularidad en la dirección G es:</p> $P_{dG} = \left[(M_1 - M_2) - \left(\frac{d_2 - d_1}{2} \right) \right] \times \frac{L_1}{L_2}$ <p>Repetir y calcular las medidas tomadas en la dirección H perpendicular a G.</p> <p>La desviación de perpendicularidad, P_d, del elemento de tolerancia es:</p> $P_d = \sqrt{(P_{dG})^2 + (P_{dH})^2}$ | <p>Método 14.1.2</p> <p>Si no puede descuidar la desviación de rectitud del eje, son necesarias más de dos mediciones en las secciones.</p> <p>Cuando el elemento tolerado es el eje de un diámetro interior, éste es simulado por un mandril cilíndrico (expansible o escogido en consecuencia) sin juego en el diámetro y sobrepasándolo.</p> <p>Si la tolerancia exigida es indicada en una sola dirección P_{dG} constituye la desviación de perpendicularidad (véase el método 14.1.4).</p> | |

Continúa...

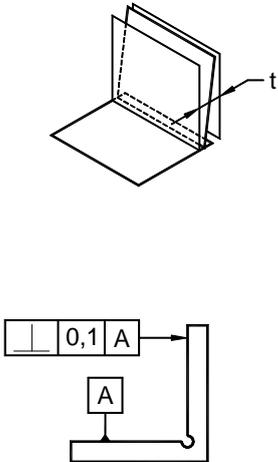
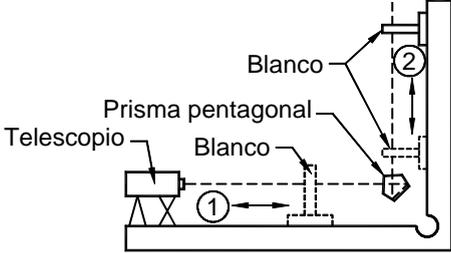
Continuación...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|--|---|---|---|
|  |  | <p>Método 14.1.3</p>  <p>Tabla rotatoria</p> <p>Colocar el objeto sobre una tabla giratoria y el centro de una extremidad del cilindro en relación con el eje de rotación.</p> <p>Medir la desviación radial durante una rotación de la Tabla (1) Medir el número necesario de secciones (2)</p> <p>La mitad de la indicación total del comparador constituye la desviación de perpendicularidad.</p> | <p>Generalmente la sección más baja del elemento tolerado es centrada.</p> |
| |  | <p>Método 14.1.4</p>  <p>Colocar el objeto sobre el jaspeado. Medir en dos puntos distantes de L_2 la distancia (M_1 y M_2) entre el cilindro y la escuadra.</p> <p>Medir la diferencia entre los diámetros d_1 y d_2. La desviación de perpendicularidad corresponde a:</p> $Pd = \left[(M_1 - M_2) - \left(\frac{d_2 - d_1}{2} \right) \right] \times \frac{L_1}{L_2}$ | <p>Cuando el elemento tolerado es el eje de un diámetro interior, es simulado por un mandril cilíndrico (expansible o escogido en consecuencia) sin juego en el eje de diámetro interior.</p> |

Continuación...

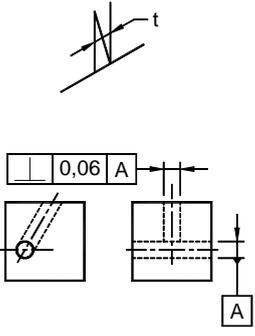
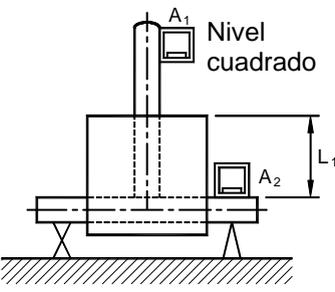
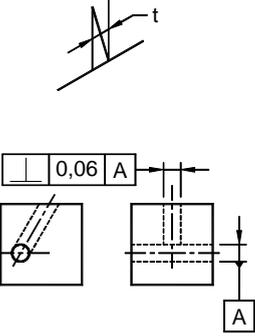
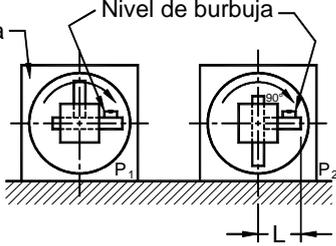
| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|--|--|---|-------|
|  |   | <p>Método 14.1.5</p>  <p>Colocar el objeto de un elemento de guía convenientemente escogido. Ajustar el eje de referencia perpendicular al jaspeado.</p> <p>Medir la distancia entre el elemento tolerado y el jaspeado.</p> <p>La indicación total de comparación constituye la desviación de perpendicularidad.</p> | |
| | <p>Una superficie en relación con un plano de referencia.</p>   | <p>Método 14.1.6</p>  <p>Bloquear el objeto en medio de una escuadra de montaña colocada sobre el jaspeado.</p> <p>Ajustar la superficie tolerada al jaspeado antes de la medida.</p> <p>La indicación total del comparador constituye la desviación de perpendicularidad.</p> | |

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|--|
|  |  | <p>Método 14.1.7</p>  <p>Ajustar el telescopio paralelamente al elemento de referencia del objeto ① Hacer deslizar el blanco a lo largo del elemento tolerado en la dirección vertical y registrar los valores ②</p> <p>La desviación de perpendicularidad es calculada de una manera matemática a partir de los valores registrados.</p> | <p>Este método es generalmente utilizado para los objetos importantes.</p> |

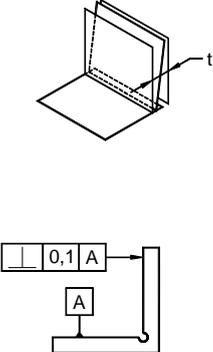
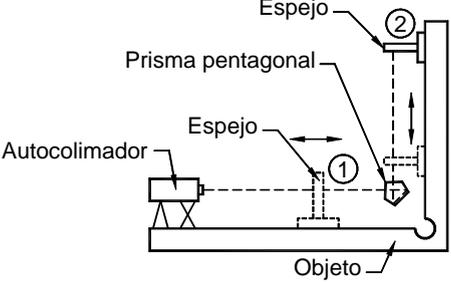
14.2 PRINCIPIO 2

Verificación de las desviaciones de perpendicularidad por medición de ángulos.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|--|
| |  | <p>Método 14.2.1</p>  <p>Simular el eje de referencia por un cilindro inscrito alineado horizontalmente. Simular el eje de tolerancia por un cilindro inscrito sobrepasando el diámetro interior.</p> <p>La desviación de perpendicularidad entre la superficie simulada del eje de referencia y el mandril es medida como una diferencia de las inclinaciones A_1 y A_2 de los elementos en relación con los lados perpendiculares de un cuadrado.</p> <p>La desviación de perpendicularidad, P_d, es:</p> $P_d = (A_1 - A_2) \times L_1$ | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el eje del diámetro interior (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> |
|  |  | <p>Método 14.2.2</p>  <p>Simular el elemento tolerado (eje del diámetro interior) por el eje del cilindro inscrito fuera del diámetro interior. Bloquear el objeto sobre una tabla giratoria cuyo eje horizontal es perpendicular al eje del elemento tolerado y al elemento de referencia. Registrar las posiciones angulares (P_1 y P_2) de la tabla giratoria cuando el eje del mandril y el de la referencia simulada tengan la misma inclinación en relación al jaspeado.</p> <p>La desviación de perpendicularidad, P_d, es:</p> $P_d = \tan P_1 - P_2 \times L$ | <p>El objeto es bloqueado de tal manera que el eje de rotación es perpendicular al plano de tolerancia.</p> <p>El objeto utilizado en el método 14.1.5 puede también ser controlado por el mismo método de verificación. El objeto es bloqueado de tal manera que el eje de rotación es perpendicular a la línea de referencia.</p> <p>El objeto utilizado en el método 14.1.6 puede también ser controlado por el mismo método de verificación. El objeto es bloqueado de tal manera que el eje de rotación es paralelo a la línea de intersección del elemento tolerado y el plano de referencia.</p> <p>Se utiliza un instrumento indicador de inclinación, etc, de un autocolimador con un espejo y una vista.</p> |

Continúa..

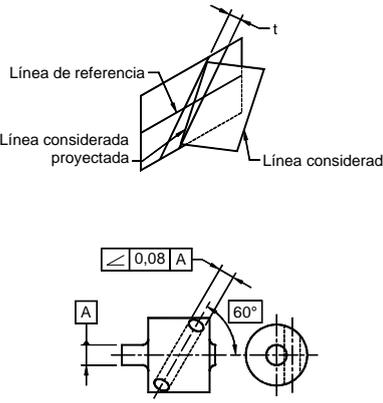
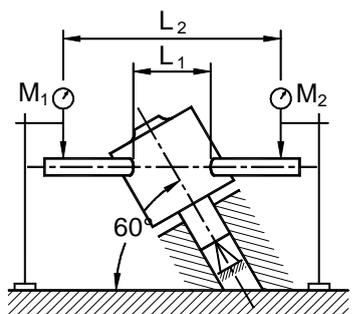
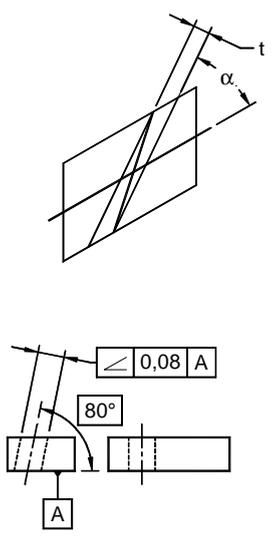
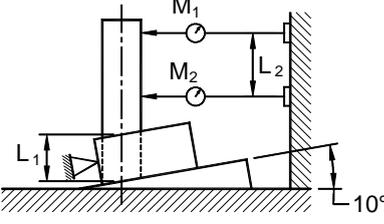
Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 14.2.3</p>  <p>Ajustar el autocolimador paralelamente al elemento de referencia ①</p> <p>Hacer deslizar el espejo a lo largo del elemento tolerado y registrar los valores ②</p> <p>La desviación de perpendicularidad es calculada a partir de los valores registrados.</p> | <p>Este método es generalmente utilizado para los objetos importantes.</p> |

15. VERIFICACIÓN DE LA INCLINACIÓN

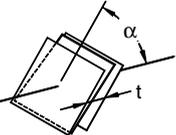
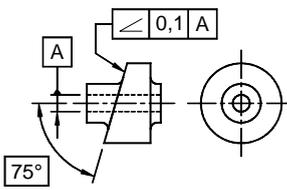
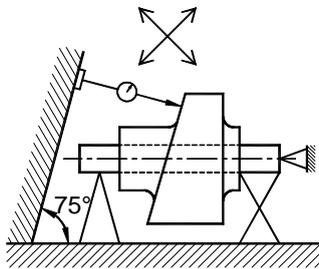
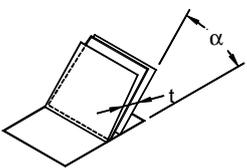
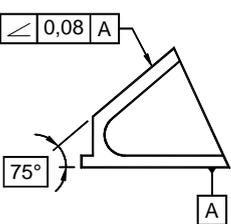
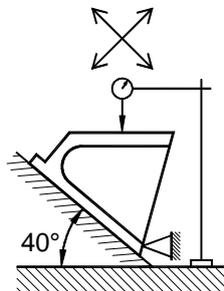
15.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de inclinación por medición de distancia.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 15.1.1</p>  <p>Colocar y alinear el objeto en un elemento de guía teniendo un ángulo especificado. Girar el objeto de tal manera que la diferencia $M_1 - M_2$ sea un valor algebraico mínimo.</p> <p>La desviación de inclinación, A_d, es:</p> $A_d = \frac{ M_1 - M_2 \times L_1}{L_2}$ | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el diámetro (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> |
| |  | <p>Método 15.1.2</p>  <p>Colocar el objeto sobre un plano inclinado de un ángulo de 10° ($90^\circ - 80^\circ$). Fijar un mandril en el eje calibrado. Girar el objeto sobre el plano inclinado de tal manera que la diferencia $M_1 - M_2$ sea un valor algebraico mínimo. Medir en dos puntos distantes de L_2 la distancia entre el mandril y el cuadrado.</p> <p>La desviación de inclinación, A_d, es:</p> $A_d = \frac{ M_1 - M_2 \times L_1}{L_2}$ | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el diámetro (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> |

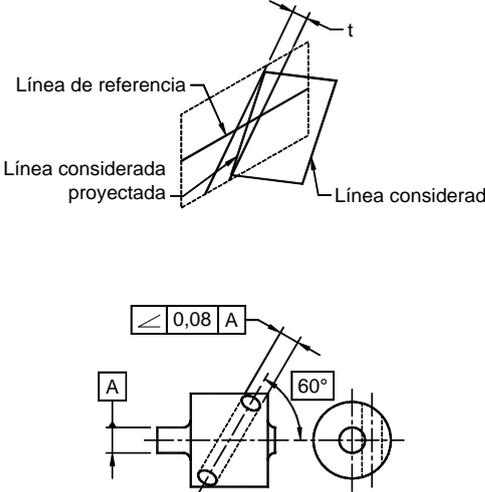
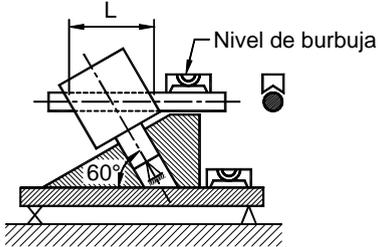
Continúa...

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|--|--|--|--|
|  |   | <p>Método 15.1.3</p>  <p>Simular el eje de referencia por un cilindro inscrito y alinear paralelamente al jaspeado horizontal y perpendicularmente al lado más bajo del jaspeado inclinado.</p> <p>Hacer girar el objeto hasta la obtención de una desviación medida mínima.</p> <p>Medir la distancia entre el elemento tolerado y el plano inclinado.</p> <p>La indicación total del comparador constituye la desviación de inclinación.</p> | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el diámetro (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> |
| |   | <p>Método 15.1.4</p>  <p>Colocar el objeto sobre el plano inclinado a un ángulo de 40°. Orientar el objeto en el girador de tal manera que la indicación total del comparador del elemento de tolerancia sea mínima.</p> <p>La indicación del comparador constituye la desviación de inclinación.</p> | |

15.2 PRINCIPIO 2

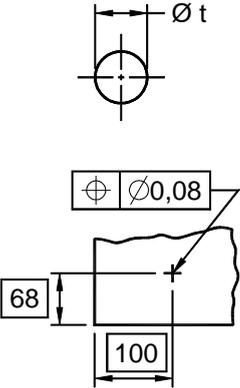
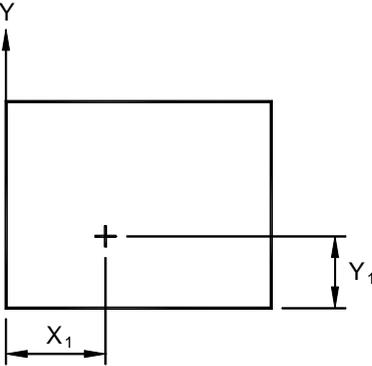
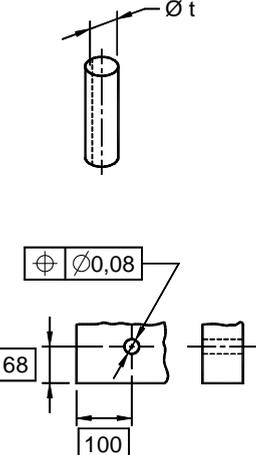
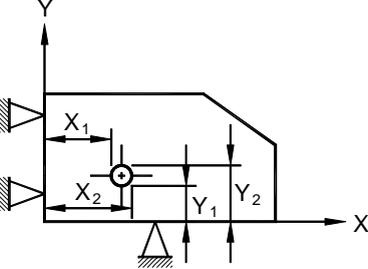
Verificación de las desviaciones de inclinación por medición de ángulos.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 15.2.1</p>  <p>Colocar el objeto en un elemento de guía teniendo un ángulo especificado en relación a un plano horizontal.</p> <p>Hacer girar el objeto hasta que el extremo derecho del mandril haya alcanzado la posición más alta posible en relación al extremo izquierdo. Medir la inclinación.</p> <p>La desviación de inclinación, Ad, es:</p> $Ad = \text{inclinación} \times L$ | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el diámetro (mandriles expansibles o escogidos en consecuencia).</p> |

16. VERIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN

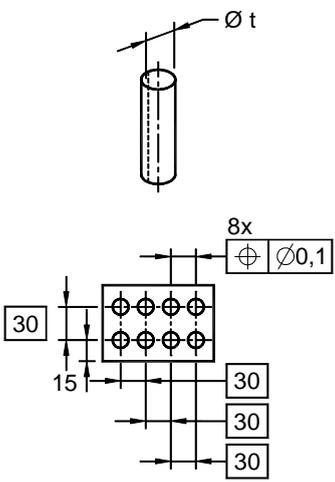
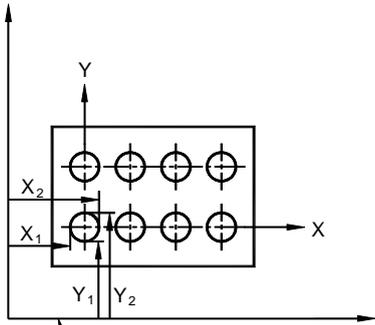
6.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de localización por medición de coordenadas o de distancias.

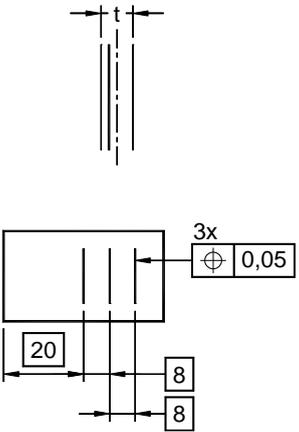
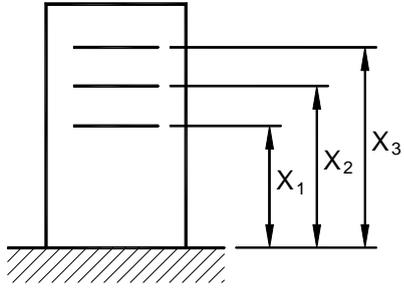
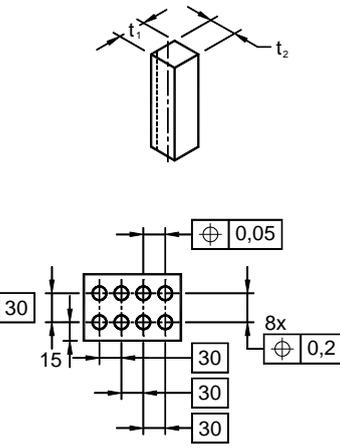
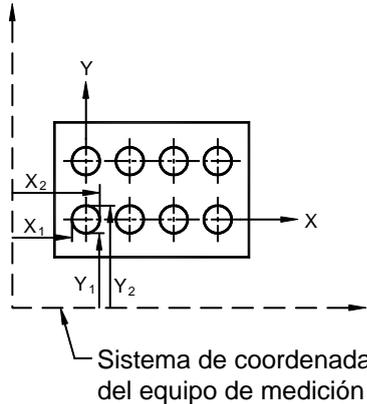
| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|-------|
|  |  | <p>Método 16.1.1</p>  <p>Alinear el objeto siguiendo las coordenadas del aparato de medida. Medir las coordenadas X_1 y Y_1.</p> <p>La desviación de localización, P_d, es calculada a partir de las lecturas de las dos coordenadas.</p> $P_d = \sqrt{(100 - X_1)^2 + (68 - Y_1)^2}$ <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | |
| |  | <p>Método 16.1.2</p>  <p>Alinear el objeto siguiendo las coordenadas del aparato de medida. Medir las coordenadas X_1, X_2, Y_1 y Y_2.</p> <p>La localización del eje del agujero en la dirección X es calculada a partir de la fórmula:</p> $X = \frac{X_2 + X_1}{2}$ <p>y en la dirección Y a partir de la fórmula:</p> $Y = \frac{Y_2 + Y_1}{2}$ | |

Continúa...

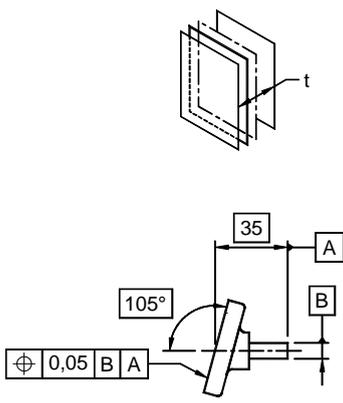
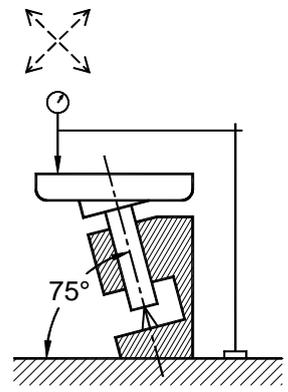
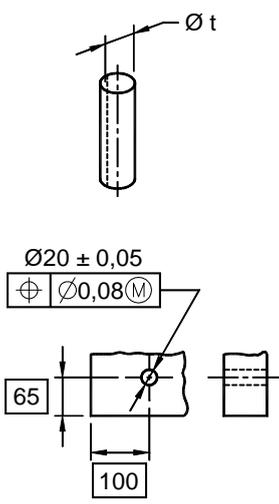
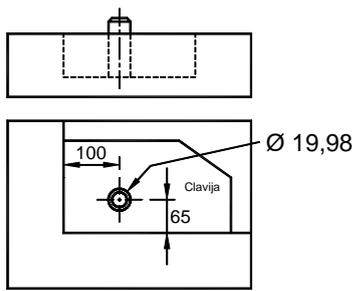
Continuación...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|--|--|
|  | | <p>La desviación de localización, Pd, es calculada a partir de los valores obtenidos de X y Y</p> $Pd = \sqrt{(100 - X)^2 + (68 - Y)^2}$ <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | |
| |  | <p>Método 16.1.3</p>  <p>Sistema de coordenadas del equipo de medida</p> <p>Cuando haya más de un diámetro interior, repetir las medidas y los cálculos dados en el método 16.1.2 para cada diámetro.</p> <p>Desplazar el objeto en función de las coordenadas de medida de manera que se encuentre el mejor ajuste.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Teniendo en cuenta que en el equipo de medida disponible, los centros de los diámetros pueden ser medidos directamente por medio en medios de tapones de medida.</p> <p>La mejor localización de ajuste puede ser también obtenida por un tratamiento matemático.</p> |

Continuación...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|--|
| |  | <p>Método 16.1.4</p>  <p>Alinear el objeto sobre las coordenadas del aparato de medida. Medir las coordenadas $X_1 \dots, X_3$ a todo lo largo de las líneas. La desviación de localización es igual a la diferencia entre los valores mínimo y máximo y la posición de base de cada línea medida. La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | |
|  |  | <p>Método 16.1.5</p>  <p>Sistema de coordenadas del equipo de medición</p> <p>Alinear el objeto sobre las coordenadas del aparato de medida. Colocar los mandriles expansibles en el calibrado. Tomar las coordenadas X_1, X_2, Y_1 y Y_2 separadamente para cada diámetro interior. La desviación de localización, P_d, en la dirección X, es calculada a partir de la fórmula:</p> $Pd_x = \left \frac{X_2 + X_1}{2} - X_{teórica} \right $ <p>y en la dirección Y a partir de la fórmula:</p> $Pd_y = \left \frac{Y_2 + Y_1}{2} - Y_{teórica} \right $ <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia. Desplazar el objeto en función de las coordenadas de medida de manera que se encuentre el mejor ajuste.</p> | <p>Los mandriles cilíndricos deben ser ajustados sin juego en el diámetro interior (mandriles expansibles o mandriles escogidos en consecuencia).</p> <p>Si la desviación de forma del diámetro interior no influye en el resultado, la medida puede ser efectuada en los bordes del diámetro interior.</p> <p>La mejor localización del ajuste puede también ser obtenida por tratamiento matemático.</p> |

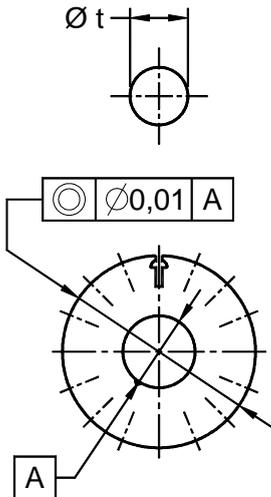
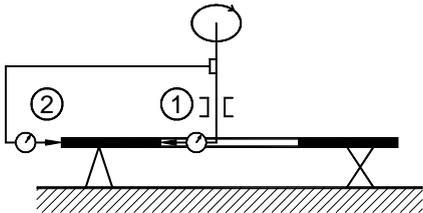
Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|-------|
|  |  | <p>Método 16.1.6</p>  <p>El equipo de medida comprende un elemento de guía inclinado con el ángulo especificado.</p> <p>La comparación debe ser puesta en cero con relación a la pieza patrón. Girar la pieza de medida de manera que la desviación medida sobre la superficie sea mínima.</p> <p>Tomar las medidas sobre el número de puntos necesarios sobre la superficie entera.</p> <p>La desviación máxima de la indicación del comparador con relación a cero constituye la desviación de localización.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | |
| |  | <p>Método 16.2.1</p>  <p>Controlar el objeto por medio de un calibre funcional que acepte la clavija dando las superficies límite especificadas por dos dimensiones teóricamente exactas.</p> | |

17. VERIFICACIÓN DE LA CONCENTRICIDAD

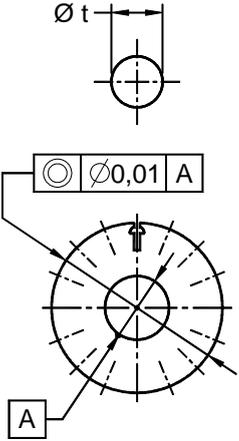
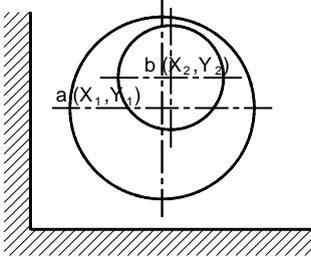
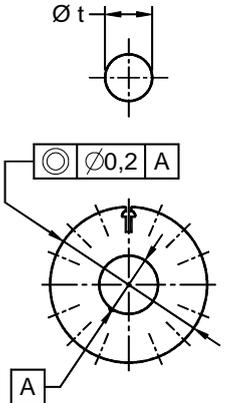
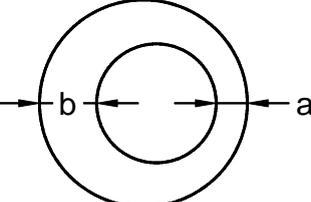
17.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de concentricidad por medición radial a partir de un centro fijo común.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|---|---|
|  |  | <p>Método 17.1.1</p>  <p>Alinear el elemento circular considerado sobre el equipo de medida. El plano de medida en el cual el objeto es medido debe ser perpendicular al eje de rotación.</p> <p>Registrar, a partir de un centro común fijo y durante una revolución, la variación radial del elemento de referencia (1) y el elemento tolerado (2).</p> <p>Definir los dos centros a partir de los registros.</p> <p>La distancia entre los dos centros constituye la desviación de concentricidad.</p> <p>La desviación no puede ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Equipo para medir la variación radial a partir de un centro fijo.</p> <p>Utilizar un palpador giratorio o una tabla giratoria.</p> |

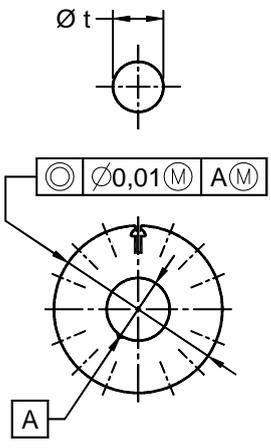
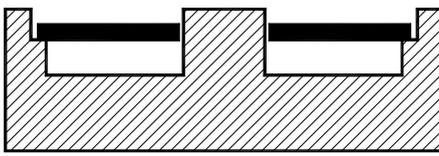
17.2 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de concentricidad por medición de coordenadas o de distancias.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 17.2.1</p>  <p>Alinear el elemento circular considerado sobre el elemento de medida. El plano en el cual el objeto es medido debe ser paralelo al plano X - Y.</p> <p>Aproximar el palpador de manera que toque la circunferencia en tres puntos, como mínimo, de preferencia equidistantes.</p> <p>Calcular la posición del centro a (X_1, Y_1) del elemento de referencia y la posición del centro b (X_2, Y_2) del elemento tolerado.</p> <p>La desviación de concentricidad, C_d, es la distancia entre los dos centros calculada a partir de la fórmula:</p> $C_d = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$ <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Aplicable a los elementos interiores y exteriores.</p> <p>La influencia de la desviación de forma es minimizada por la repetición de las medidas obtenidas en otros puntos.</p> <p>Así las coordenadas de centro son los valores mayores.</p> <p>Se utiliza un instrumento con calculador para medir las coordenadas o un microscopio de medida con calculador.</p> |
| |  | <p>Método 17.2.2</p>  <p>Encontrar por medición la distancia mínima a entre la circunferencia de referencia y la del elemento. Medir la distancia b en la posición opuesta (en 180°).</p> <p>La desviación de concentricidad es igual a la diferencia media entre las distancias a y b.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Este método no puede ser utilizado cuando la desviación de forma es despreciable.</p> <p>Se utiliza un pie con articulación o micrómetro.</p> |

17.3 PRINCIPIO 2

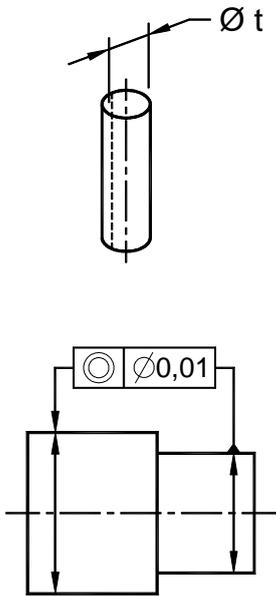
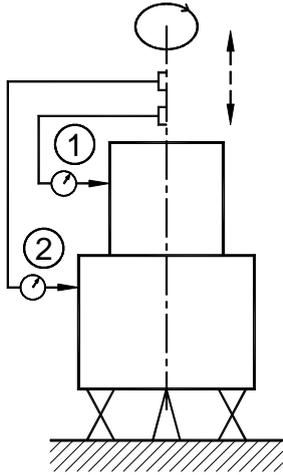
Verificación de las desviaciones de concentricidad por la utilización del principio de material máximo.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|---|
|  |  | <p>Método 17.3.1</p>  <p>Controlar el objeto por medio de un calibre funcional.</p> <p>Indicar el eje de la referencia especificada y el del elemento por los cilindros interior y exterior coaxiales.</p> | <p>Concepción de calibre funcional.</p> <p>El cilindro de referencia debe tener la dimensión mínima de calibrado.</p> <p>El “registrador del elemento” debe tener la dimensión máxima aumentada de la tolerancia de concentricidad.</p> |

18. VERIFICACIÓN DE LA COAXIALIDAD

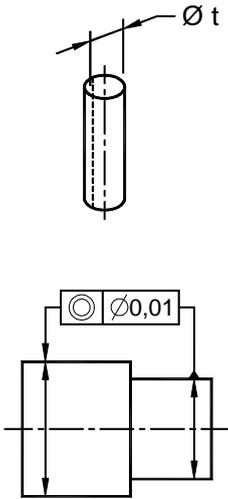
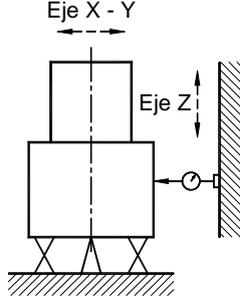
18.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de coaxialidad por medio de la variación radial a partir de un eje fijo común.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|--|--|---|---|
|  |  | <p>Método 18.1.1</p>  <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida de manera que el eje del cilindro de referencia coincida con el eje de rotación ①</p> <p>Determinar el eje del elemento y registrar las desviaciones radiales sobre el elemento tolerado en el número necesario de secciones ②</p> <p>La desviación de coaxialidad es calculada a partir de los centros de los registros teniendo en cuenta la posición de la sección en la dirección axial.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Aplicable a superficies tanto interiores como exteriores.</p> <p>Se utiliza un equipo para medir la variación radial a partir de un centro común fijo con un registrador por diagrama de coordenadas polares y/o calculador.</p> |

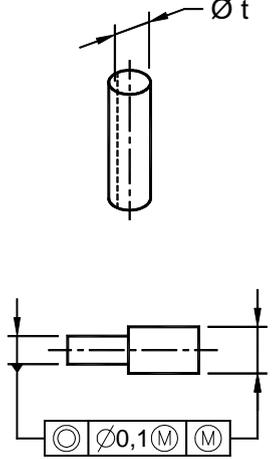
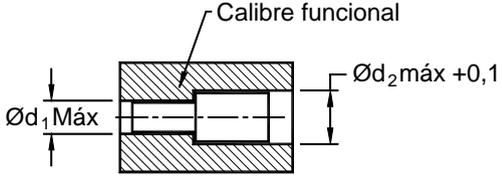
18.2 PRINCIPIO 2

Verificación de las desviaciones de coaxialidad por medición de coordenadas o de distancias.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|--|--|--|
|  |  | <p>Método 18.2.1</p>  <p>Alinear el objeto sobre el equipo de medida. El eje del cilindro de referencia debe ser perpendicular a los ejes X y Y del instrumento de medida.</p> <p>Medir en cada sección del elemento, los puntos de contacto de los diámetros a lo largo de los ejes X y Y y los registre así como el nivel de la sección.</p> <p>Cuatro generatrices son construidas a partir de estos puntos y la desviación de coaxialidad es determinada a partir del eje del elemento circunscrito/inscrito.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Aplicable tanto a superficies interiores como exteriores.</p> |

18.3 PRINCIPIO 3

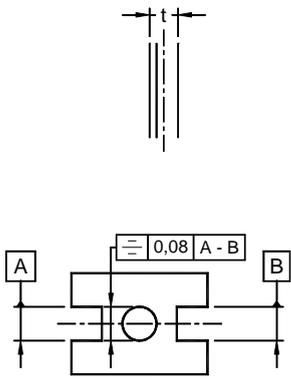
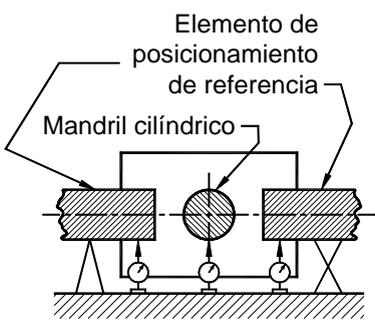
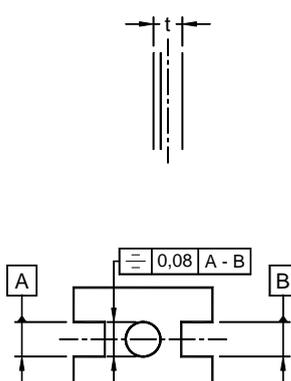
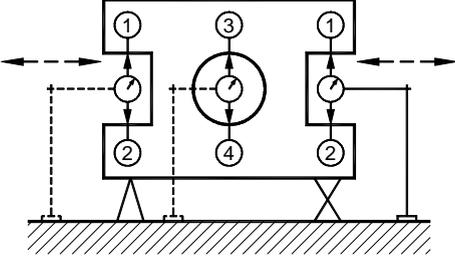
Verificación de las desviaciones de coaxialidad por la utilización del principio del material máximo.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|-------|
|  |  | <p>Método 18.3.1</p>  <p>Controlar el objeto por medio de un calibre funcional.</p> <p>Indicar el eje del elemento y el de la referencia específica por los cilindros coaxiales.</p> | |

19. VERIFICACIÓN DE LA SIMETRÍA

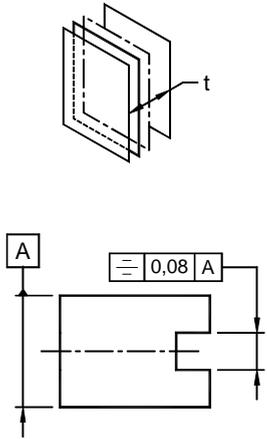
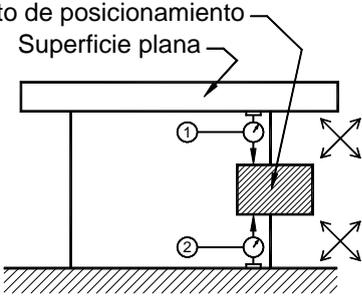
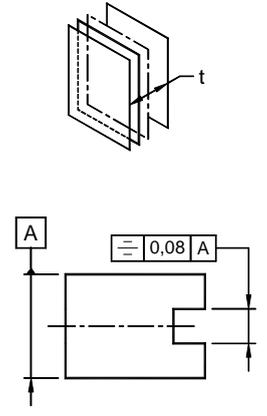
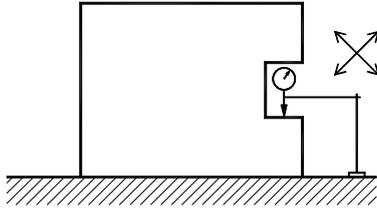
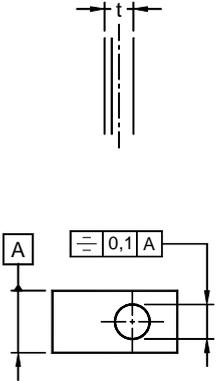
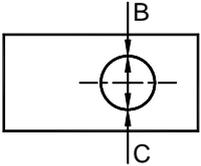
19.1 PRINCIPIO 1

Verificación de las desviaciones de simetría por medición de coordenadas o de distancias.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 19.1.1</p>  <p>Simular el plano de referencia por el plano medio de dos "elementos de posicionamiento" inscritos.</p> <p>Determinar la posición y la dimensión de los "Elementos de posicionamiento" y ajustar el plano de referencia común paralelamente al jaspeado. Simular el eje del elemento por el cilindro inscrito.</p> <p>La diferencia de distancia entre el centro del cilindro inscrito y el plano de referencia común constituye la desviación de simetría.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Los mandriles cilíndricos (o los "elementos de posicionamiento") deben ser ajustados sin juego en el calibrado (o en el ranurado). El mandril es expansible o escogido en consecuencia.</p> <p>Si el diámetro interior se desvía de la forma cilíndrica de tal manera que el mandril puede estar colocado en diferentes direcciones, éste debe ser colocado en la dirección siguiente a aquella en que el movimiento en las direcciones opuestas reales son las mismas.</p> <p>Dado que las medidas son tomadas desde fuera del elemento, la desviación real debe ser calculada por la longitud correspondiente del elemento. Aplicable tanto a superficies interiores como exteriores.</p> |
|  |  | <p>Método 19.1.2</p>  <p>Alinear el objeto de la manera siguiente:</p> <p>Determinar la posición de los elementos de referencia ① ② calcular los planos medios de referencia y ajustarlos paralelamente al jaspeado.</p> <p>La diferencia de distancias entre el plano común y los ejes ③ y ④ de los elementos calculados constituyen la desviación de simetría.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Aplicable tanto a las superficies interiores como exteriores.</p> <p>El ajuste de las referencias se puede también efectuar por un cálculo matemático.</p> <p>Se utiliza una máquina de medida bidimensional o un microscopio de medida.</p> |

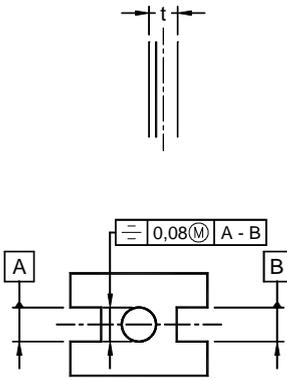
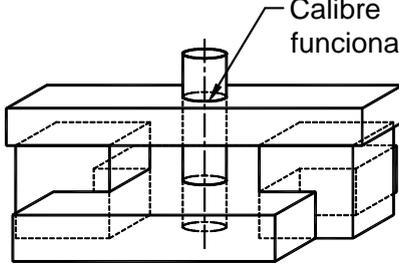
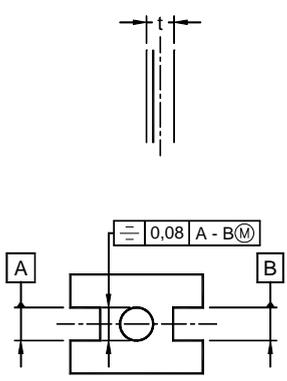
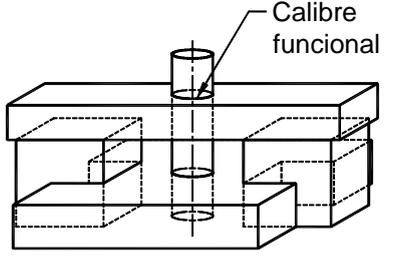
Continúa...

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
|  |  | <p>Método 19.1.3</p> <p>Elemento de posicionamiento Superficie plana</p>  <p>Colocar el objeto sobre el jaspeado. Colocar una superficie plana sobre la superficie opuesta.</p> <p>Simular el plano medio del elemento tolerado por un "elemento de posicionamiento".</p> <p>La diferencia media de las distancias ① ② entre el "elemento de posicionamiento" y el jaspeado y la superficie plana respectivamente constituye la desviación de simetría.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Aplicable tanto a las superficies interiores como exteriores.</p> <p>El "elemento de posicionamiento" debe ser ajustado sin juego en la ranura. Puede ser expansible o escogido en consecuencia.</p> <p>Como las medidas son tomadas desde fuera del elemento, la desviación real debe ser calculada por la longitud concerniente del elemento.</p> |
|  |  | <p>Método 19.1.4</p>  <p>Colocar el objeto sobre el jaspeado. Medir la distancia entre el jaspeado y el elemento. Girar el objeto y repetir la medida.</p> <p>La diferencia media entre las distancias medidas constituye la desviación de simetría.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Aplicable tanto a las superficies interiores como exteriores.</p> |
|  |  | <p>Método 19.1.5</p>  <p>Medir las distancias entre la superficie del elemento y los puntos de la superficie de referencia.</p> <p>La diferencia media entre las distancias B y C constituye la desviación de simetría.</p> <p>La desviación no debe ser superior a la mitad de la tolerancia.</p> | <p>Se utiliza un pie con articulación</p> |

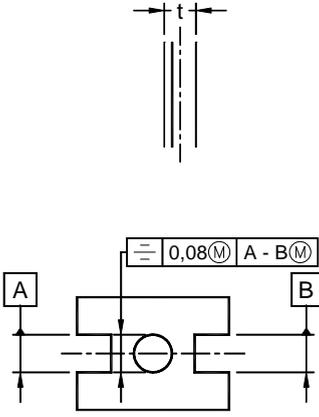
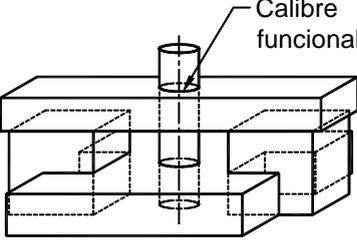
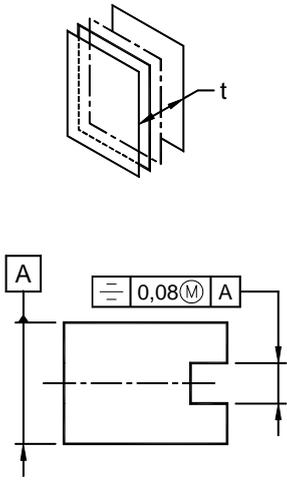
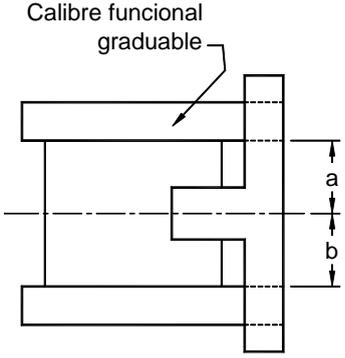
19.2 PRINCIPIO 2

Verificación de las desviaciones de simetría por la utilización del principio de material máximo.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|--|---|--|---|
|  |  | <p>Método 19.2.1</p>  <p>Controlar el objeto por medio de un calibre funcional.</p> <p>Simular las referencias especificadas utilizando dos tacos.</p> <p>Controlar la desviación de simetría por medio de un cilindro de dimensión apropiada.</p> | <p>Los dos tacos deben ser ajustados sin juego. Ellos pueden ser expansibles o escogidos en consecuencia.</p> <p>El mandril cilíndrico debe tener la dimensión mínima de diámetro interior disminuida de la tolerancia de simetría.</p> |
| |  | <p>Método 19.2.2</p>  <p>Controlar el objeto por medio de un calibre funcional.</p> <p>Simular las referencias especificadas utilizando dos tacos.</p> <p>Controlar la desviación de simetría por medio de un cilindro de dimensión apropiada.</p> | <p>La amplitud del diámetro de los dos tacos debe ser de la dimensión máxima del material de las ranuras disminuida por la tolerancia de simetría.</p> <p>El mandril cilíndrico debe ser ajustado sin juego. Este es expansible o escogido en consecuencia.</p> |

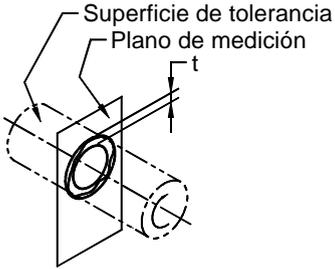
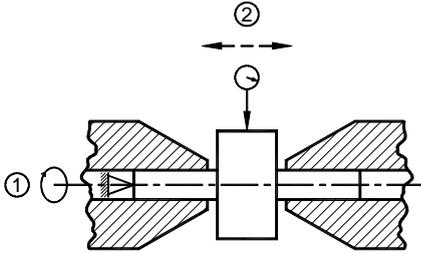
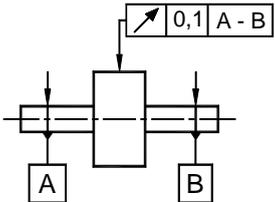
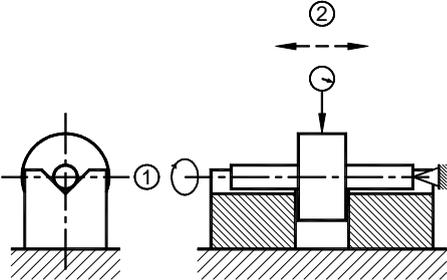
Continúa...

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|---|--|
|  |  | <p>Método 19.2.3</p>  <p>Controlar el objeto por medio de un calibre funcional.</p> <p>Simular las referencias especificadas con la utilización de dos tacos.</p> <p>Controlar la desviación de simetría por medio de un cilindro de dimensión apropiada.</p> | <p>La amplitud del diámetro de los dos tacos debe ser de la dimensión máxima de las ranuras.</p> <p>El cilindro que debe tener la dimensión mínima de diámetro disminuida por la tolerancia de simetría.</p> |
| |  | <p>Método 19.2.4</p>  <p>Controlar el objeto por medio de un calibre funcional.</p> <p>Simular el plano de referencia por dos planos regulables.</p> <p>Controlar la desviación de simetría por medio de un taco.</p> | <p>Este principio es aplicable tanto a las superficies interiores como exteriores.</p> <p>Para las superficies interiores, el ancho del taco debe ser la dimensión mínima de la ranura disminuida por la tolerancia de simetría.</p> |

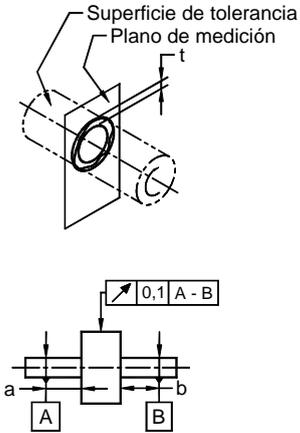
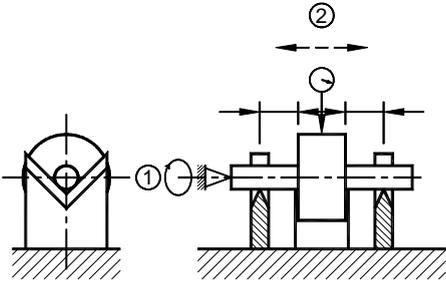
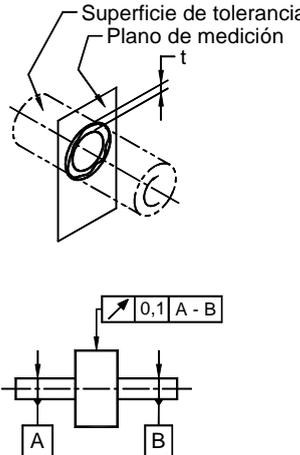
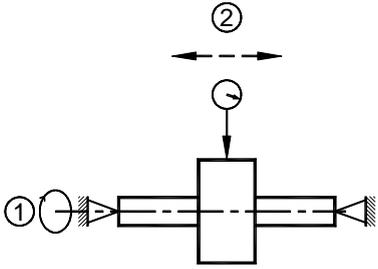
20. VERIFICACIÓN DE DESARROLLO CIRCULAR

20.1 Verificación de las desviaciones de desarrollo circular por medición de las variaciones de distancia a partir de un punto fijo durante una revolución completa alrededor de un eje de referencia.

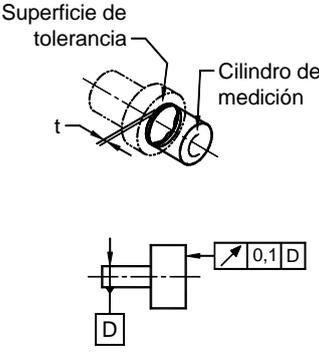
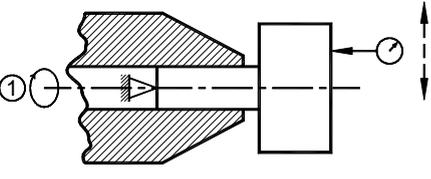
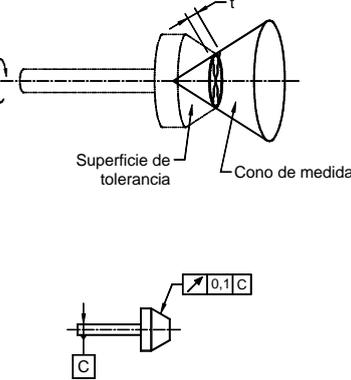
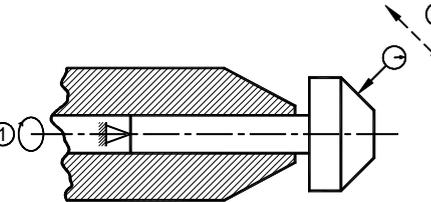
| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
| |  | <p>Método 20.1.1</p>  <p>Alinear el objeto en los dos cilindros de guía circunscritos.</p> <p>Fijar el objeto axialmente. La indicación total del comparador, medida durante una revolución completa en cada sección, constituye la desviación del desarrollo radial (1)</p> <p>Repetir esta medida sobre el número necesario de secciones (2)</p> | |
|  |  | <p>Método 20.1.2</p>  <p>Simular el eje de referencia por dos vistas idénticas. Fijar el objeto axialmente. La indicación total del comparador, medida durante una revolución completa en cada sección, constituye la desviación del desarrollo radial (1)</p> <p>Repetir esta medida sobre el número necesario de secciones (2)</p> | <p>La medida es influenciada por el efecto combinado del ángulo de vista y las desviaciones de forma de los elementos de referencia.</p> |

Continúa...

Continuación...

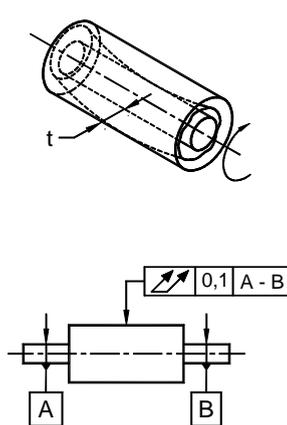
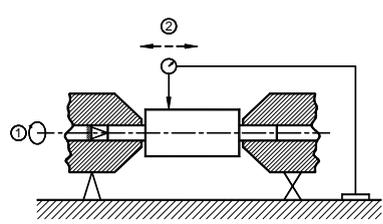
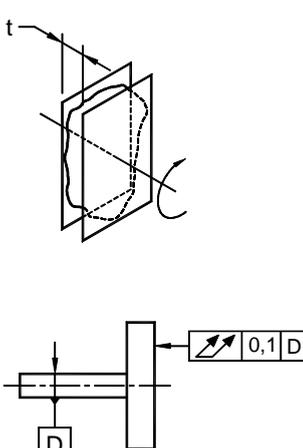
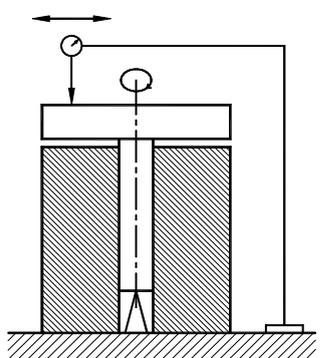
| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|---|
|  |  | <p>Método 20.1.3</p>  <p>Simular el eje de referencia por dos vistas (de aristas vivas).</p> <p>Fijar el objeto axialmente. La indicación total del comparador, medida durante una revolución completa en cada sección, constituye la desviación del desarrollo radial 1.</p> <p>Repetir esta medida sobre el número necesario de secciones 2.</p> | <p>La medida es influenciada por el efecto combinado del ángulo de vista y las desviaciones de forma de los elementos de referencia.</p> |
| |  | <p>Método 20.1.4</p>  <p>Apretar el objeto entre dos centros. Medir la desviación de desarrollo radial del elemento y corregir el sitio por el desarrollo correspondiente a las referencias A y B en relación con los centros 1.</p> <p>Repetir esta medida sobre el número necesario de secciones 2.</p> | <p>Medir entre centros en máquina - herramienta.</p> <p>La medida es influenciada por el desarrollo de los centros en relación con los elementos de referencia.</p> |

Final...

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|--|
| |  | <p>Método 20.1.5</p>  <p>Apretar el objeto en un elemento de guía circunscrito.</p> <p>Fijar el objeto axialmente. La indicación total del comparador medida durante una revolución completa en cada posición constituye la desviación de desarrollo axial ①.</p> <p>Repetir esta medida sobre el número necesario de posiciones ②.</p> | |
|  |  | <p>Método 20.1.6</p>  <p>Apretar el objeto en un elemento de guía circunscrito.</p> <p>Fijar el objeto axialmente. La indicación total del comparador medida durante una revolución completa en cada posición constituye la desviación de desarrollo en la dirección de la flecha ①.</p> <p>Repetir esta medida sobre el número necesario de secciones ②.</p> | <p>Se puede utilizar, por ejemplo, un mandril en lugar de cilindros regulables.</p> <p>En este caso, la medida es influenciada por los errores del mandril.</p> <p>Este método es utilizado tanto para el desarrollo radial como para el desarrollo axial.</p> |

21. VERIFICACIÓN DE DESARROLLO TOTAL

21.1 Verificación de las desviaciones de desarrollo total por medición de variaciones de distancia a partir de la geometría de base durante la revolución completa alrededor del eje de referencia.

| Símbolo | Zona de tolerancia y ejemplo de aplicación | Método de verificación | Notas |
|---|---|--|---|
| |  | <p>Método 21.1.1</p>  <p>Colocar el objeto entre dos elementos de guía coaxiales circunscritos alineados paralelamente al jaspeado.</p> <p>Fijar el objeto axialmente. La indicación total del comparador a lo largo de un elemento rectilíneo de forma geométrica teóricamente exacta en relación al eje de referencia, se desplaza durante varias revoluciones del objeto, constituyendo el desarrollo radial total.</p> | <p>La referencia especificada puede ser establecida de manera simple por dos vistas, dos centros, etc.</p> |
|  |  | <p>Método 21.1.2</p>  <p>Alinear el objeto en un elemento de guía circunscrito perpendicular al jaspeado.</p> <p>Fijar el objeto axialmente. La indicación total del comparador desplazado a lo largo de una línea radial del elemento de forma geométrica teóricamente exacta en relación al eje de referencia, durante varias revoluciones del objeto, constituye el desarrollo radial total.</p> | <p>La referencia especificada puede simplemente ser establecida por dos vistas, dos estribos en V, etc.</p> |

22. DOCUMENTO DE REFERENCIA

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Technical Drawings. Geometrical Tolerancing. Tolerancing of Form, Orientation, Location and Run-out. Verification Principles and Methods. Guide-Lines. Geneve, ISO 5460 - 1985 71p. ilus. (ISO/TR 5460).