

3 METROLOGIA ELECTROMECAÁNICA

3.1 Metrología Dimensional

Metrología es la ciencia que trata de las medidas, de los sistemas de unidades adoptados y los instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas. Abarca varios campos, tales como metrología térmica, eléctrica, acústica, dimensional, etcétera.

La metrología dimensional se encarga de estudiar las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares (longitudes y ángulos).

Medida.- es la evaluación de una magnitud hecha según su relación con otra magnitud de la misma especie adoptada como unidad. Tomar la medida de una magnitud es compararla con la unidad de su misma especie para determinar cuántas veces ésta se halla contenida en aquella. La metrología dimensional se aplica en la medición de longitudes (exteriores, interiores, profundidades, alturas) y ángulos, así como de la evaluación del acabado superficial.

La medición se puede dividir en directa (cuando el valor de la medida se obtiene directamente de los trazos o divisiones de los instrumentos) o indirecta (cuando para obtener el valor de la medida necesitamos compararla con alguna referencia).

3.1.1 Conceptos básicos de la metrología dimensional

METROLOGIA: Es la ciencia que trata de las mediciones, de los sistemas de unidades adaptados y los instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas

MEDICION : Determinación de tamaño, cantidad, peso o extensión de algo, que describe a un objeto mediante números.

La metrología dimensional es básica para la producción en serie y la Intercambiabilidad de partes. Con tal propósito esta División tiene a su cargo los patrones nacionales de longitud y ángulo plano.

La unidad de longitud se disemina mediante la calibración interferométrica de bloques patrón de alto grado de exactitud. Estos, a su vez, calibran otros de menor exactitud, estableciéndose la cadena de Trazabilidad que llega hasta las mediciones de los instrumentos de uso industrial común.

De esta manera, se les da Trazabilidad a partir del patrón nacional a instrumentos y patrones dimensionales de gran importancia industrial, como anillos y tampones patrón, patrones de roscas, galgas de espesores, patrones de forma y posición, artefactos para la calibración de máquinas de medición por coordenadas, mesas de planitud, así como a la verificación de máquinas herramientas entre otros.

El patrón primario de pequeños ángulos es utilizado para calibrar niveles y auto-colimadores principalmente. Para ángulos mayores de 15 minutos de arco se utilizan mesas divisoras de alta exactitud. Con estos instrumentos se calibran las mesas de menor exactitud, polígonos de precisión, galgas angulares, goniómetros, etc.

3.1.2 Campo de aplicación de la metrología dimensional

La metrología dimensional incluye la medición de todas aquellas propiedades que se determinen mediante la unidad de longitud, como por ejemplo distancia, posición, diámetro, redondez, planitud, rugosidad, etc. La longitud es una de las siete magnitudes base del Sistema Internacional de Unidades (SI).

Esta especialidad es de gran importancia en la industria en general pero muy especialmente en la de manufactura pues las dimensiones y la geometría de los componentes de un producto son características esenciales del mismo, ya que, entre otras razones, la producción de los diversos componentes debe ser dimensionalmente homogénea, de tal suerte que estos sean intercambiables aun cuando sean fabricados en distintas máquinas, en distintas plantas, en distintas empresas o, incluso, en distintos países.

3.1.3 Tipos de errores en mediciones

Al hacer mediciones, las lecturas que se obtienen nunca son exactamente iguales, aun cuando las efectúe la misma persona, sobre la misma pieza, con el mismo instrumento, el mismo método y en el mismo ambiente (repetibilidad). Los errores surgen debido a la imperfección de los sentidos, de los medios, de la observación, de las teorías que se aplican, de los aparatos de medición, de las condiciones ambientales y de otras causas.

Medida del error: En una serie de lecturas sobre una misma dimensión constante, la inexactitud o incertidumbre es la diferencia entre los valores máximo y mínimo obtenidos.

$$\text{Incertidumbre} = \text{Valormáximo} - \text{valormínimo}$$

El error absoluto es la diferencia entre el valor leído y el valor convencionalmente verdadero correspondiente.

$$\text{Error}_{\text{absoluto}} = \text{valor}_{\text{leído}} - \text{valor}_{\text{convencionalmente}_{\text{verdadero}}}$$

El error absoluto tiene las mismas unidades de la lectura.

El error relativo es el error absoluto entre el valor convencionalmente verdadero.

$$\text{Error}_{\text{relativo}} = \frac{\text{error}_{\text{absoluto}}}{\text{valor}_{\text{convencionalmente}_{\text{verdadero}}}}$$

Y como el error absoluto es igual a la lectura menos el valor convencionalmente verdadero, entonces:

$$\text{Error}_{\text{relativo}} = \frac{\text{valor}_{\text{leído}} - (\text{valor}_{\text{convencionalmente}_{\text{verdadero}}})}{\text{valor}_{\text{convencionalmente}_{\text{verdadero}}}}$$

Con frecuencia, el error relativo se expresa en porcentaje multiplicándolo por cien.

Clasificación de errores en cuanto a su origen.

Errores por el instrumento o equipo de medición: Las causas de errores atribuibles al instrumento, pueden deberse a defectos de fabricación (dado que es imposible construir aparatos perfectos). Estos pueden ser deformaciones, falta de linealidad, imperfecciones mecánicas, falta de paralelismo, etcétera.

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

Errores del operador o por el modo de medición: Muchas de las causas del error aleatorio se deben al operador, por ejemplo: falta de agudeza visual, descuido,

cansancio, alteraciones emocionales, etcétera. Para reducir este tipo de errores es necesario adiestrar al operador:

Error por el uso de instrumentos no calibrados: instrumentos no calibrados o cuya fecha de calibración está vencida, así como instrumentos sospechosos de presentar alguna anormalidad en su funcionamiento no deben utilizarse para realizar mediciones hasta que no sean calibrados y autorizados para su uso.

Error por la fuerza ejercida al efectuar mediciones: La fuerza ejercida al efectuar mediciones puede provocar deformaciones en la pieza por medir, el instrumento o ambos.

Error por instrumento inadecuado: Antes de realizar cualquier medición es necesario determinar cuál es el instrumento o equipo de medición más adecuado para la aplicación de que se trate.

Además de la fuerza de medición, deben tenerse presente otros factores tales como:

- Cantidad de piezas por medir
- Tipo de medición (externa, interna, altura, profundidad, etcétera.)
- Tamaño de la pieza y exactitud deseada.

Se recomienda que la razón de tolerancia de una pieza de trabajo a la resolución, legibilidad o valor de mínima división de un instrumento sea de 10 a 1 para un caso ideal y de 5 a 1 en el peor de los casos. Si no es así la tolerancia se combina con el error de medición y por lo tanto un elemento bueno puede diagnosticarse como defectuoso y viceversa.

Errores por puntos de apoyo: Especialmente en los instrumentos de gran longitud la manera como se apoya el instrumento provoca errores de lectura

Errores por método de sujeción del instrumento: El método de sujeción del instrumento puede causar errores un indicador de carátula esta sujeto a una distancia muy grande del soporte y al hacer la medición, la fuerza ejercida provoca una desviación del brazo.

La mayor parte del error se debe a la deflexión del brazo, no del soporte; para minimizarlo se debe colocar siempre el eje de medición lo más cerca posible al eje del soporte.

Error por distorsión: Gran parte de la inexactitud que causa la distorsión de un instrumentó puede evitarse manteniendo en mente la ley de Abbe: la máxima exactitud de medición es obtenida si el eje de medición es el mismo del eje del instrumento.

Error de paralaje: Este error ocurre debido a la posición incorrecta del operador con respecto a la escala graduada del instrumento de medición, la cual está en un plano diferente El error de paralaje es más común de lo que se cree. Este defecto se corrige mirando perpendicularmente el plano de medición a partir del punto de lectura.

Error de posición: Este error lo provoca la colocación incorrecta de las caras de medición de los instrumentos, con respecto de las piezas por medir.

Error por desgaste: Los instrumentos de medición, como cualquier otro objeto, son susceptibles de desgaste, natural o provocado por el mal uso.

Error por condiciones ambientales: Entre las causas de errores se encuentran las condiciones ambientales en que se hace la medición; entre las principales destacan la temperatura, la humedad, el polvo y las vibraciones o interferencias (ruido) electromagnéticas extrañas.

1. Humedad
2. Polvo
3. Temperatura

Todos los materiales que componen tanto las piezas por medir como los instrumentos de medición, están sujetos a variaciones longitudinales debido a cambios de temperatura. Para minimizar estos errores se estableció internacionalmente, desde 1932, como norma la temperatura de 20°C para efectuar las mediciones. En general, al aumentar la temperatura crecen las dimensiones de las piezas y cuando disminuye la temperatura las dimensiones de las piezas se reducen

3.1.4 Estudios de R & R y Trazabilidad

El sistema de medición de una empresa son los ojos a través de los cuales se observa la calidad. Si no contamos con un sistema de medición confiable nunca podremos saber si producimos con calidad hasta que el cliente comience a quejarse y rechazar productos.

En muchas empresas se confunde el sistema de medición con los instrumentos, pero el sistema de medición es más que eso. El sistema de medición está formado por instrumentos, operadores y método de medición.

Estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad (R y R)

El estudio de R y R es el estudio más importante de todos porque nos dice si nuestro sistema de medición es adecuado para medir nuestro proceso. Cuando un estudio de R y R arroja un resultado mayor del 30% indica que el sistema de medición es inaceptable. No necesariamente significa que el instrumento mida incorrectamente. La causa de un elevado % R y R puede radicar en el instrumento, en los operadores o en el método de medición. Pero, ¿cómo nos podemos dar cuenta de cual es la verdadera causa del alto % R y R?.

En muchas empresas ocurre que cuando se obtiene un alto % R y R se envía el instrumento a calibrar, lo cual es incorrecto porque el estudio de R y R evalúa el sistema de medición y no sólo al instrumento de medición. Para encontrar la verdadera causa de un alto % R y R se deben analizar las gráficas del estudio como rangos, medias, corridas, puntos individuales. Estas gráficas le dirán exactamente cual es la causa del problema.

norma mexicana NMX-CH-21748-IMNC-2007 "Guía para el uso de los estimados de la repetibilidad, y reproducibilidad "

3.1.5 Clasificación de instrumentos y equipo de medición

Los instrumentos de medición existentes caen dentro de dos divisiones muy amplias:

la medición lineal y la medición angular.

Partiendo de dicha división se podrá encontrar una subdivisión: en medidores directos e indirectos para ambas categorías.

La medición se puede dividir en directa (cuando el valor de la medida se obtiene directamente de los trazos o divisiones de los instrumentos) o indirecta (cuando para obtener el valor de la medida necesitamos compararla con alguna referencia), el siguiente cuadro da una relación de las medidas y los instrumentos.

3.2 Instrumentos de medición directa

La medida o medición diremos que es directa, cuando disponemos de un instrumento de medida que la obtiene, así si deseamos medir la distancia de un punto **a** a un punto **b**, y disponemos del instrumento que nos permite realizar la medición, esta es directa.

La mayoría de los instrumentos básicos de medición lineal o de propósitos generales están representados por la regla de acero, vernier , o el micrómetro.

Las reglas de acero se usan efectivamente como mecanismo de medición lineal; para medir una dimensión la regla se alinea con las graduaciones de la escala orientadas en la dirección de medida y la longitud se lee directamente. Las reglas de acero se pueden encontrar en reglas de profundidad, para medir profundidades de ranuras, hoyos, etc.

También se incorporan a los calibradores deslizables, adaptados para operaciones de mediciones lineales, a menudo más precisos y fáciles de aplicar que una regla de medición. Un tipo especial de regla de acero es el vernier o calibrador

3.2.1 Calibrador ó vernier

Calibrador vernier es uno de los instrumentos mecánicos para medición lineal de exteriores, medición de interiores y de profundidades más ampliamente utilizados. Se creó que la escala vernier fue inventado por un portugués llamado Petrus Nonius. El calibrador vernier actual fue desarrollado después, en 1631 por Pierre Vernier.

El vernier o nonio que poseen los calibradores actuales permiten realizar fáciles lecturas hasta 0.05 o 0.02 mm y de 0.001" o 1/128" dependiendo del sistema de graduación a utilizar (métrico o inglés).

APLICACIONES

Las principales aplicaciones de un vernier estándar son comúnmente: medición de exteriores, de interiores, de profundidades y en algunos calibradores dependiendo del diseño medición de escalonamiento.

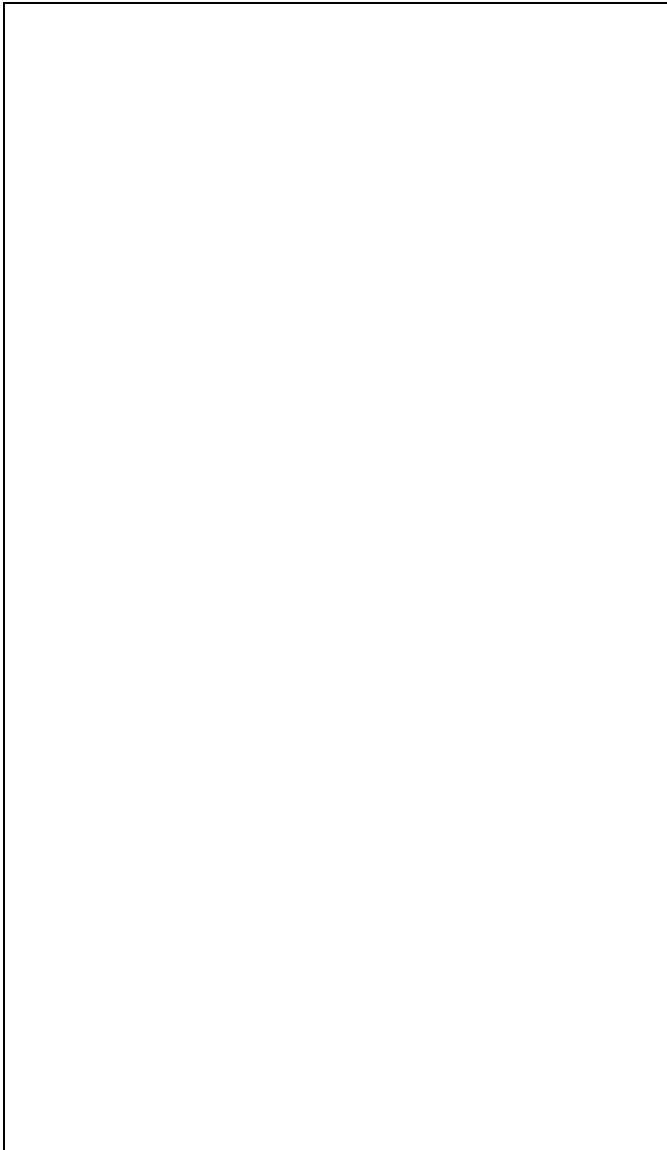
La exactitud de un calibrador vernier se debe principalmente a la exactitud de la graduación de sus escalas, el diseño de las guías del cursor, el paralelismo y perpendicularidad de sus palpadores, la mano de obra y la tecnología en su proceso de fabricación.

Normalmente los calibradores vernier tienen un acabado en cromo satinado el cual elimina los reflejos, se construyen en acero inoxidable con lo que se reduce la corrosión o bien en acero al carbono, la dureza de las superficies de los palpadores oscila entre 550 y 700 vickers dependiendo del material usado y de lo que establezcan las normas.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El valor de cada graduación de la escala del vernier se calcula considerando el valor de cada graduación de la escala principal dividido entre el número de graduaciones del vernier.

$L = d / n$ Donde: L = Legibilidad, d = Valor de cada graduación en la escala principal, n = Número de graduaciones del vernier.



LECTURA DEL CALIBRADOR VERNIER

La graduación en la escala del calibrador vernier se dividen $(n - 1)$ graduaciones de la escala principal entre n partes iguales de la escala del vernier. Los calibradores vernier pueden tener escalas graduadas en sistema métrico y/o sistema inglés.

Los calibradores graduados en sistema métrico tienen legibilidad de 0.05 mm y de 0.02 mm, y los calibradores graduados en el sistema inglés tienen legibilidad de 0.001 " y de $1/128$ ".

CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CALIBRADORES

Calibradores para trabajo pesado con ajuste fino Calibrador con palpador ajustable o de puntas desiguales Calibrador con palpador ajustable y puntas cónicas Calibrador con puntas delgadas para ranuras estrechas Calibrador para espesores de paredes tubulares Calibrador de baja presión con fuerza constante Calibrador con indicador de cuadrante 0 carátula Calibrador para profundidades Calibradores electrodigitales Tipos - Coloquialmente

- Calibrador común (Tipo C).- Sólo consta de los palpadores para exteriores, de la regleta. Es utilizado en donde se requiere de rapidez y constantes mediciones, como en el caso de inspecciones al final de la línea de producción.
- Calibrador tipo M.- Formado solamente por los palpadores para interiores y la bayoneta. Aplicado para saber diámetros de tuberías y profundidades en huecos de instalaciones eléctricas, neumáticas, e hidráulicas.
- Calibrador tipo CM.- Ejemplo claro es el mostrado anteriormente. Utilizado en laboratorios de calibración simples, y en trabajos en la industria metal-mecánica.

Tipos – Con aditamentos especiales • Calibrador digital.- Utiliza un sistema electrónico que funciona en relación directa con una escala registrada por un elemento sensor, pero también por el desplazamiento registrado cuando se modifica una resistencia variable a partir de una referencia. La lectura es presentada en una pantalla alfanumérica y puede ser configurado para presentar sus lecturas en submúltiplos de las escalas más utilizadas. • Calibrador de carátula.- Consta de una escala al modo de un reloj, la aguja es movida por un mecanismo, basado en engranes, en relación con una cremallera a lo largo de la regleta. La lectura es muy fácil de obtener.

Tipos – Por el material empleado en su construcción • Acero templado (instrumental) • Plástico • Acero galvanizado PARTES DEL CALIBRADOR VERNIER

ERRORES DE MEDICIÓN CON CALIBRADORES

- 1.- Error inherente a la construcción del calibrador.
- 2.- Error de paralaje
- 3.- Condiciones ambientales y fuerza de medición

3.2.2 Tornillo micrométrico

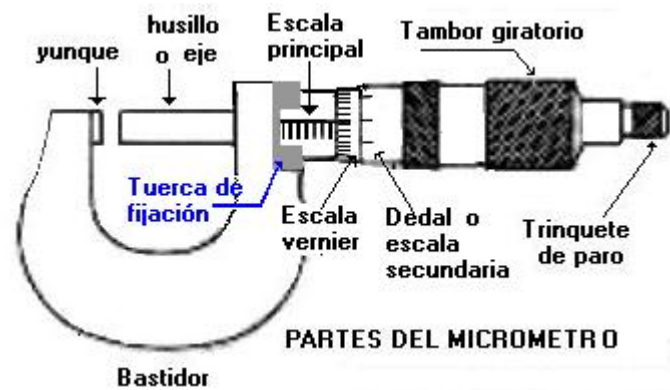
Es un instrumento de medición longitudinal capaz de valorar dimensiones de milésimas de milímetro, en una sola operación.

El tornillo micrométrico se usa para longitudes menores a las que puede medir el calibrador o vernier. El tornillo micrométrico consta de una escala fija y una móvil que se desplaza por rotación. La distancia que avanza el tornillo al dar una vuelta completa se denomina paso de rosca.

La precisión del tornillo esta dada por:

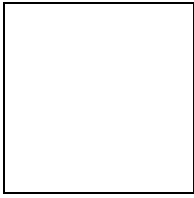
$P = \text{paso de rosca} / \text{No. de divisiones de la escala móvil}$

Si en un tornillo micrométrico la escala fija esta graduada en medios milímetros, o sea el paso de la rosca es esa distancia, y la móvil tiene 50 divisiones, la precisión con que se puede medir una longitud será de 1/100 de milímetro.



Dispositivo que mide el desplazamiento del husillo cuando este se mueve mediante el giro de un tornillo, lo que convierte el movimiento giratorio del tambor en movimiento lineal del husillo. Un pequeño desplazamiento lineal del husillo corresponde a un significativo desplazamiento angular del tambor; las graduaciones alrededor de la circunferencia del tambor del orden de micras permiten leer un cambio pequeño en la posición del husillo. Cuando el husillo se desplaza una distancia igual al paso de los hilos del tornillo, las graduaciones sobre el tambor marcan una vuelta completa.

La lectura del micrómetro debe hacerse utilizando fuerza constante en la calibración a cero y en las lecturas de mediciones, para lograr esto, la mayor parte de los micrómetros tienen adaptado un dispositivo de fuerza constante (matraca), concéntrico al tambor, que transmite una fuerza regulada constante al tambor-husillo.



El vernier y micrómetro son los instrumentos más utilizados en la industria metalmeccánica. Las partes principales que constituyen un micrómetro son las siguientes:

1. Cuerpo principal en forma de C (bastidor). Sobre él están montadas todas las demás partes.
2. Palpador fijo o yunque. Es el tope fijo con el que se hacen las mediciones.
3. Palpador móvil o husillo. Es el tope móvil con el que se hacen las mediciones. Sobre éste está la escala graduada en milímetros, correspondientes a la abertura entre los dos palpadores.
4. Tambor graduado. Corresponde a la lectura en submúltiplos de $1/n$ de milímetros, donde n es el número de divisiones del tambor.
5. Escala cilíndrica graduada o escala vernier. Corresponde a la lectura de vernier, para milésimas de milímetros. La escala cilíndrica (vernier) divide cada parte de la escala del tambor en m partes iguales.
6. Botón de fricción (matraca o trinquete). Dispositivo regulador de presión constante entre los palpadores, a fin de asegurar la mejor medición y evitar daños al instrumento.
7. Palanca o tuerca de fijación. Tornillo de acople de las piezas del instrumento.

TIPOS DE MICROMETROS

MICROMETROS PARA APLICACIÓN ESPECIAL:

Micrómetros para tubo: este tipo de micrómetro está diseñado para medir el espesor de la pared de partes tubulares, tales como cilindros o collares .

Existen tres tipos los cuales son:

1.- Tope fijo esférico

2.- Tope fijo y del husillo esféricos

3.- Tope flujo tipo cilíndrico

MICROMETRO PARA RANURAS: En este micrómetro ambos toques tiene un pequeño diámetro con el objeto de medir pernos ranurados, cuñeros, ranuras, etc., el tamaño estándar de la porción de medición es de 3 mm de diámetro y 10 mm de longitud.

MICROMETRO DE PUNTAS: Estos micrómetros tiene ambos toques en forma de punta . Se utiliza para medir el espesor del alma de brocas, el diámetro de raíz de roscas externas , ranuras pequeñas y otras porciones difíciles de alcanzar. El ángulo de los puntos puede ser de 15 ,30, 45, o 60 grados . Las puntas de medición normalmente tiene un radio de curvatura de 0, 3 mm, ya que ambas puntas pueden no tocarse ; un bloque patrón se utiliza para ajustar el punto cero. Con el objeto de `proteger las puntas , la fuerza de medición en el trinquete es menor que la del micrómetro estándar de exteriores.

MICROMETRO PARA CEJA DE LATAS: Este micrómetro esta especialmente diseñado para medir los anchos y alturas de cejas de latas.

MICROMETRO INDICATIVO: Este micrómetro cuenta con un indicador de carátula . El tope del arco `puede moverse una pequeña distancia en dirección axial en su desplazamiento lo muestra el indicador. Este mecanismo permite aplicar una fuerza de medición uniforme a las piezas.

MICROMETRO DE EXTERIORES CON HUSILLO NO GIRATORIO: En los micrómetros normales el husillo gira con el tambor cuando este se desplaza en dirección axial . A su vez, en este micrómetro el husillo no gira cuando es desplazado . Debido a que el husillo no giratorio no produce torsión radial sobre las caras de medición , el desgaste de las mismas se reduce notablemente. Este micrómetro es adecuado para medir superficies con recubrimiento, piezas frágiles y características de partes que requieren una posición angular específica de la cara de medición del husillo.

MICROMETRO CON DOBLE TAMBOR: Una de las características del tipo no giratorio con doble tambor, es que la superficie graduada del tambor esta al ras

con la superficie del cilindro en que están grabadas la línea índice y la escala vernier , lo cual permite lecturas libres de error de paralaje.

MICROMETRO TIPO DISCOS PARA ESPESOR DE PAPEL: Este tipo es similar al micrómetro tipo discos de diente de engrane , pero utiliza un husillo no giratorio con el objeto de eliminar torsión sobre la superficie de la pieza, lo que hace adecuado para medir papel o `piezas delgadas.

MICROMETRO DE CUCHILLAS: En este tipo los topes son cuchillas por lo que ranuras angostas cuñeros, y otras porciones difíciles de alcanzar pueden medirse .

MICROMETROS PARA ESPESOR DE LAMINAS: Este tipo de micrómetros tiene un arco alargado capaz de medir espesores de laminas en porciones alejadas del borde de estas. La profundidad del arco va de 100 a 600 mm.

MICROMETRO PARA DIENTES DE ENGRANE: El engrane es uno de los elementos mas importantes de una maquina , por lo que su medición con frecuencia requerida para asegurar las características deseadas de una maquina. Para que los engranes ensamblados funcionen correctamente , sus dientes devén engranar adecuadamente entre ellos sin cambiar su distancia entre los dos centros de rotación.

MICROMETROS PARA DIMENSIONES MAYORES A 25 MM: Para medir dimensiones exteriores mayores a 25 mm (1 plg) se tienen 2 opciones. La primera consiste en utilizar una serie de micrómetros para mediciones de 25 a 50 mm (de 1 a 2 plg.) , 50 a 75 mm (2 a 3 plg.) , etc. La segunda consiste en utilizar un micrómetro con rango de medición de 25 mm y arco grande con tope de medición intercambiable.

MICROMETROS DE INTERIORES: Al igual que los micrómetros de exteriores los de interiores están diversificados en muchos tipos para aplicaciones especificas y pueden clasificarse en los siguientes tipos:

Tubular

calibrador

3 puntos de contacto

3.2.3 Calibrador de alturas

El medidor de altura es un dispositivo para medir la altura de piezas o las diferencias de altura entre planos a diferentes niveles .

El calibrador de altura también se utiliza como herramienta de trazo, para lo cual se incluye un buril. El medidor de altura, creado por medio de la combinación de una escala principal con un vernier para realizar mediciones rápidas y exactas, cuenta con un solo palpador y la superficie sobre la cual descansa, actúa como plano de referencia para realizar las mediciones. El calibrador de altura tiene una exactitud de 0.001 de pulgada, o su equivalente en cm. se leen de la misma manera que los calibradores de vernier y están equipados con escalas vernier de 25 o 50 divisiones y con una punta de buril que puede hacer marcas sobre metal.

MEDIDOR DE ALTURA CON CARATULA

El medidor incorpora el mecanismo de amplificación del indicador de carátula. Las lecturas se toman sumando las lecturas de la graduación de la escala principal y la de la carátula, la cual indica la fracción de la escala principal con una aguja, lo que minimiza errores de paralaje y permite mediciones rápidas y exactas.

MADIDOR DE ALTURA CON CARATULA Y CONTADOR

El mecanismo es el mismo que el medidor de altura con carátula. El mecanismo de amplificación del indicador consiste del piñón, engrane amplificador y del piñón central. El contador indica lecturas de 1mm. y las fracciones las indica la carátula; debido a que hay lecturas en 2 direcciones, podrían ser confusas cuando el cursor se mueva hacia arriba o hacia abajo cerca del punto 0.

MEDIDOR DE ALTURA ELECTRODIGITALES

Se clasifican en 2 tipos: uno de estos utiliza un codificador rotatorio para detectar el desplazamiento y tiene doble columna. El otro utiliza el detector de desplazamiento tipo capacitancia y cuenta con una sola columna de sección rectangular.

El mecanismo de detección de desplazamiento es un codificador rotatorio que convierte el desplazamiento lineal del cursor en un movimiento rotatorio de disco ranurado. El sistema de este medidor este basado en una escala de circuitos integrados de gran precisión.

3.2.4 Calibrador pasa ó no pasa

Dispositivos diseñados para verificar las dimensiones de una parte en sus límites de tamaño superior e inferior, de acuerdo con las tolerancias especificadas por las normas.

Calibrador de pasa-no pasa (Gage pasa-No pasa)

Este es uno de los métodos más rápidos para medir roscas externas y consiste en un par de anillos roscados pasa-no pasa .

Estos calibres se fijan a los límites de la tolerancia de la parte. Su aplicación simplemente es atornillarlos se abre la parte. El de pasa debe entrar sin fuerza se abre la longitud de la rosca y el de no pasa no debe introducirse más de dos hilos antes de que se atore.

Estos calibres sólo indican si la parte inspeccionada está dentro de tolerancia ó no (atributos).

3.2.5 Dilatómetro

Son instrumentos utilizados para medir la expansión / contracción relativa de sólidos en diferentes temperaturas. Dilatación: es el aumento/ disminución de volumen que experimentan los cuerpos cuando aumenta / disminuye su temperatura. Dilatación de los sólidos: Todos tienden a incrementar su volumen en mayor o menor grado cuando se le aplica calor, y por ende, aumenta su temperatura. Este efecto se observa los pavimentos de concreto y vías férreas o rieles, que se alargan al calentarse. La dilatación se puede medir y demostrar

mediante un aparato llamado dilatómetro. los dilatómetros han sido usado para control de calidad en materiales o en producción. Ejemplos interesantes incluyen la manufactura de convertidores catalíticos y escudos de calor para la industria aeroespacial.

Otra Información acerca de este tema es la siguiente:

El Dilatómetro es una herramienta que es muy utilizada para medir la expansión, contracción, relativa de sólidos en diferentes temperaturas. En el desarrollo conoceremos el uso, los tipos y la funcionalidad que tiene el dilatómetro.

Los Dilatómetros son instrumentos utilizados para medir como ya lo mencionábamos anteriormente. La dilatación es el aumento, disminución de volumen que experimentan los cuerpos cuando aumenta disminuye su temperatura. En la dilatación de los sólidos todos tienden a incrementar su volumen en mayor o menor grado cuando se les aplica calor y por consecuencia aumenta su temperatura, este efecto se observa en los pavimentos de concreto y vías férreas o rieles que se alargan al calentarse. Los tipos de dilatómetros se clasifican según la forma en como toman los datos ya sea de forma: Manual: tanto la temperatura como la longitud de la muestra se toman manualmente y la corrección por expansión térmica lineal del equipo se hace posteriormente. Grabación: se adquieren los datos en forma instrumental, pero la corrección por expansión del equipo se hace manualmente. Grabación automática: es similar al anterior, pero la corrección por expansión lo hace el equipo en forma automática. La dilatación se puede medir y demostrar mediante un aparato llamado dilatómetro, los dilatómetros han sido usados para control de calidad en materiales o en producción, ejemplos interesantes incluyen la manufactura de convertidoras catalíticas y escudos de calor para la industria aeroespacial.

3.2.6 Comparador de carátula

Instrumento de medición en el cual un pequeño movimiento del husillo se amplifica mediante un tren de engranes que mueven en forma angular una aguja indicadora sobre la carátula del dispositivo. La aguja indicadora puede dar tantas vueltas como lo permita el mecanismo de medición del aparato. El comparador no es un instrumento independiente, para hacer mediciones se requiere de un plano de referencia y de un aditamento sujetador del comparador

3.3 Rugosidad

En la industria es una medición muy útil si se quiere conocer como esas variaciones afectan el producto ó proceso(rodillos ó moldes)

Es la medida de las variaciones micrométricas en la superficie de los artículos manufacturados, las cuales le confieren aspereza. Una superficie perfecta es una abstracción matemática ya que cualquier superficie real por perfecta que parezca presenta irregularidades que se originan durante el proceso de fabricación. La ondulación puede ocasionarla la flexión de la pieza durante el maquinado; falta de homogeneidad del material, liberación de esfuerzos residuales, deformaciones por tratamiento térmico, vibraciones, etcétera.

La rugosidad en los materiales esta determinado por la cantidad y las alturas de las crestas de las rayas que conforman la superficie (microscópica) de dichos materiales. Si colocamos por ejemplo un sector de barra de acero bajo un microscopio adecuado, notamos las diferentes texturas y formas microscópicas de su superficie. Los niveles de rugosidad se miden en micrones o micromch (si es en pulgadas), y se toman con instrumentos llamados "rugosímetros". Estos pueden ser manuales o con gráficos. Los primeros son más prácticos pero menos precisos; los rugosímetros con gráficos actúan con palpadores muy sensibles que proyectan los desniveles microscópicos en un grafico. Las mediciones se realizan en unidades Ra o Rz (micrones). Ra = valor de rugosidad media aritmética. Ra es el parámetro de rugosidad reconocido y utilizado internacionalmente. Es el valor medio aritmético de los valores absolutos de las variaciones del perfil dentro del tramo de medición. El valor numérico medido es siempre menor al valor Rz obtenido en el mismo perfil de rugosidad.

Rz = profundidad de rugosidad media: La profundidad de la rugosidad media Rz es la media aritmética de las mayores profundidades de rugosidad por separado de diferentes tramos de medición colindantes.

3.3.1 Verificación de la mesa

Algunos, indebidamente, le llaman calibración al proceso de comprobación o verificación que permite asegurar que entre los valores indicados por un aparato o un sistema de medición y los valores conocidos correspondientes a una magnitud medida, los desvíos sean inferiores a los errores máximos tolerados.

Cuando hacemos uso del calibrador de alturas es mandatorio utilizar la mesa de granito debidamente calibrada en planicidad y rugosidad ya que el no hacerlo puede hacer variar los resultados.

3.3.2 Características que definen el estado de la superficie

El tema del acabado superficial incluye las irregularidades microgeométricas conocidas como ondulación y rugosidad. Ambas se generan durante el proceso de fabricación; la ondulación resulta de la flexión de la pieza durante el maquinado, la falta de homogeneidad del material, liberación de esfuerzos residuales, deformaciones por tratamientos térmicos, vibraciones, entre otros. La rugosidad (que es la huella digital de una pieza) son irregularidades provocadas por la herramienta de corte o elemento utilizado en su proceso de producción, corte, arranque y fatiga superficial. Una pieza perfecta es una abstracción matemática la cual adicionalmente a las irregularidades microgeométricas contiene irregularidades macrogeométricas que son errores de forma asociados con la variación de tamaño de la pieza, paralelismo entre superficies, planitud, conicidad, redondez y cilindridad. No basta con saber que existen irregularidades en una superficie sino que tales irregularidades se le debe poner un número y con esta finalidad se han definido diferentes parámetros que caracterizan una superficie.

3.3.3 Sistemas que existen para medir la rugosidad

Los sistemas más utilizados son el de rugosidad Ra, rugosidad Rx, rugosidad Ry y rugosidad Rz. Los más usuales son Ra, Rz, Ry

Ra

Los valores absolutos de los alejamientos del perfil desde la línea central.

La altura de un rectángulo de longitud m , cuya área, es igual a la suma de las áreas delimitadas por el perfil de rugosidad y la línea central.

Rz

Promedio de las alturas de pico a valles. La diferencia entre el promedio de las alturas de los cinco picos más altos y la altura promedio de los cinco valles más profundos.

Ry

La máxima altura del perfil. La distancia entre las líneas del perfil de picos y valles.

MEDIDA DE RUGOSIDAD

Comparadores visotáctiles Elementos para evaluar el acabado superficial de piezas por comparación visual y táctil con superficies de diferentes acabados obtenidas por el mismo proceso de fabricación.

Rugosímetro de palpador mecánico

Instrumento para la medida de la calidad superficial pasado en la amplificación eléctrica de la señal generada por un palpador que traduce las irregularidades del perfil de la sección de la pieza.

Sus elementos principales son el palpador, el mecanismo de soporte y arrastre de éste, el amplificador electrónico, un calculador y un registrador.

Rugosímetro: Palpador inductivo El desplazamiento de la aguja al describir las irregularidades del perfil modifica la longitud del entrehierro del circuito magnético, y con ello el flujo de campo magnético que lo atraviesa, generando una señal eléctrica.

Rugosímetro: Palpador capacitivo El desplazamiento vertical del palpador aproxima las dos láminas de un condensador, modificando su capacidad y con ella la señal eléctrica.

Rugosímetro: Palpador piezoeléctrico El desplazamiento de la aguja del palpador deforma elásticamente un material piezoeléctrico, que responde a dicha deformación generando una señal eléctrica.

Rugosímetro: Patín mecánico El patín describirá las ondulaciones de la superficie mientras la aguja recorra los picos y valles del perfil. Así se separan mecánicamente ondulación y rugosidad que son simplemente desviaciones respecto de la superficie geométrica con distinta longitud de onda.

Rugosímetro: Filtrado eléctrico La señal eléctrica procedente del palpador puede pasar a un filtro para eliminar las ondulaciones, esto es, disminuir la amplitud de sus componentes a partir de una longitud de onda λ' , (longitud de onda de corte)

3.3.4 Elementos del signo del estado de superficie

La calidad de un producto está directamente relacionada a las desviaciones de éste con respecto al diseño original debido a fallas en los procesos de manufactura. Esto influye directamente en la funcionalidad de la pieza. Bajo ese punto de vista, la falla está definida por la incapacidad del tren de producción de funcionar de una manera esperada y, en la mayoría de los casos, se manifiesta en el producto en términos de calidad.

En los procesos de maquinado, las características superficiales del producto influyen en su funcionalidad. La figura dominante en una superficie está influenciada por el método de maquinado, ya que cada tipo de herramienta de corte deja marcas distintivas en la superficie. Se pueden distinguir tres aspectos que influyen en la calidad de la superficie de los productos maquinados:

1. Condiciones y características de la herramienta.

2. Condiciones de operación de la máquina-herramienta.
3. Propiedades mecánicas de la pieza de trabajo.

El identificar la influencia que estos aspectos tienen en las superficies maquinadas permite mejorar los parámetros de corte, detectar eventuales fallas de maquinado (tales como vibraciones, malas sujeciones, etc.) y encontrar situaciones de trabajo que den como resultado una mayor calidad en el producto.

En la comprensión de los procesos que generan superficies es crucial la relación entre la calidad de la superficie y su comportamiento funcional. Esta comprensión puede lograrse a través de una técnica adecuada de caracterización y síntesis de las superficies. Los métodos para analizar superficies se basan en su caracterización por medio de medidas convencionales (altura promedio, distancia de pico a pico máxima, etc.), por medio de transformaciones matemáticas (onduletas o «wavelets», análisis de frecuencia, etc.) y métodos nuevos como la geometría de fractales, entre otros.

3.3.5 Rugosidad obtenida por diferentes procesos y sus aplicaciones

El costo de una superficie maquinada crece cuando se desea un mejor acabado superficial, razón por la cual el diseñador deberá indicar claramente cual es el valor de rugosidad deseado, ya que no siempre un buen acabado superficial redundará en un mejor funcionamiento de la pieza, como sucede cuando desea lubricación eficiente y por tanto una capa de aceite debe mantenerse sobre la superficie.

En el pasado el mejor método práctico para decidir si un acabado superficial cumplía con los requerimientos era comparado visualmente y mediante el tacto contra muestras con diferentes acabados superficiales. Este método no debe confundirse con los patrones de rugosidad que actualmente se usan en la calibración de rugosímetros.

3.3.6 Promedio de rugosidad por diferentes procesos

El valor promedio de rugosidad en μm es el valor promedio aritmético de los valores absolutos de las distancias del perfil de rugosidad de la línea intermedia de la longitud de medición. El valor promedio de rugosidad es idéntico a la altura de un rectángulo donde su longitud es igual a la longitud total l_m y esto a su vez es idéntico con la superficie de la suma que existe entre el perfil de rugosidad y la línea intermedia. Rz: Promedio de la profundidad de la rugosidad en μm (promedio

aritmético de cinco profundidades singulares consecutivas en la longitud de medición). Los rugosímetros sirven para detectar de forma rápida las profundidades de la rugosidad en las superficies de materiales.

Los rugosímetros le indican en μm la profundidad de la rugosidad R_z y el promedio de rugosidad R_a . Tenemos disponibles equipos con un máximo de trece parámetros de medida. Son aplicables las siguientes normativas en la comprobación de rugosidad en las superficies de las piezas de trabajo: DIN 4762, DIN 4768, DIN 4771, DIN 4775.

La rugosidad alcanzable de las superficies las puede ver en DIN 4766–1. Los rugosímetros se envían calibrados (pero sin certificado). Opcionalmente puede obtener para los rugosímetros una calibración de laboratorio, incluido el certificado ISO. Así podrá integrar sus medidores en su control de calidad, en la norma ISO y calibrarlos anualmente (a través de PCE o cualquier laboratorio acreditado).

3.4 Tolerancia y mediciones

Medir una cantidad de magnitud es compararla con otra de su misma clase que se adopta como unidad, siempre se mide comparando la magnitud a medir, con otra referencia de la misma clase, ya sea haciendo intervenir directamente patrones en el proceso y empleando un instrumento comparador (método de medida diferencial o por comparación), o aplicando exclusivamente un instrumento de medida sobre el mensurando (método de medida directa).

Cuando se realiza la medición siempre están presentes lo que se quiere medir, el instrumento de medida, el operador y el resto del universo, que de alguna forma física está influyendo en la medida realizada.

Tolerancia de una magnitud es el intervalo de valores en el que debe encontrarse dicha magnitud para que se acepte como válida.

3.4.1 Principios de base

Todas las piezas fabricadas en serie y de un tamaño uniforme deberían ser exactamente iguales (en teoría) en sus dimensiones, pero por las variaciones normales de los procesos se permiten variaciones pequeñas que no obstaculicen el desempeño de la pieza en el sistema del cual es una parte.

De aquí surge el concepto de normalización:

Las piezas son intercambiables si sus dimensiones están dentro de ciertos límites en torno a la dimensión nominal. A más precisión, mayor coste, tiempo y material desechado. Se debe producir con una precisión suficiente para que piezas sean intercambiables y se puedan montar en el conjunto.

Concepto de tolerancia: Zona donde la dimensión real de la pieza puede variar sin afectar su intercambiabilidad.

3.4.2 Definiciones

Concepto de tolerancia:

En la realidad fabricar una pieza con dimensiones absolutamente exactas es imposible. No existe ni existirá una máquina ni proceso de fabricación que pueda lograr esto, por tal razón se debe permitir un grado de inexactitud en la fabricación de toda pieza.

Ese grado de inexactitud depende de las exigencias requeridas para el funcionamiento adecuado de dicha pieza. Es decir, según la función que vaya a desempeñar. Si se trata de un eje sobre el cual se va montar un rodamiento, la tolerancia será de mayor "calidad" (mas estrecha) que si se trata de un pasador de una bisagra de puerta. Esta última permitirá un intervalo de tolerancia mayor (de menor "calidad").

La tolerancia dimensional tiene dos variables fundamentales:

- Posición de la tolerancia: se trata de la posición de la tolerancia con respecto a la línea cero (ver gráfica posiciones). Esta puede estar por arriba, por abajo o sobre dicha línea. Esta variable está clasificada por letras como se indica en el gráfico citado. Si se trata de un agujero, la notación será con MAYUSCULA; si es de un eje entonces la notación será con minúscula.
- Intervalo de tolerancia: refiere a la amplitud del intervalo. Este puede ser "ancho" o "angosto". Si se tiene una notación en milímetros por ejemplo de 45 ± 1 mm, la dimensión máxima será de 46 mm, la mínima de 44 mm y el intervalo de tolerancia IT de 2 mm.

3.4.3 Sistemas ISC de las tolerancias

De acuerdo con los estándares de Calidad establecido ya sea nacional ó internacional se deberá de cumplir con lo que ahí se especifica para cada uno de los instrumentos usados, ISC (instrumentos sujetos a calibración) nos dice que si durante la calibración se detectaran valores superiores a los establecidos en la especificación ó reglamento (regulado por la secretaria de economía y el instituto nacional de pesos y medidas) se le rechazará haciendo referencia al valor que dio origen al rechazo.

Las Tolerancias siempre y cuando no sean de referencia internacional pueden deben de ser reguladas por lo institutos correspondientes a cada país, y en su caso participaran las industrias que generan dicho producto, con el fin de normar el producto.

3.4.4 Ajustes, Tolerancias ISO y Generales

Actualmente en cualquier producción de materiales existe la necesidad de imponer un análisis cuidadoso para poder lograr, desde el principio de elaboración la eliminación de problemas de ensamble. Es muy importante que el patrón sea el totalmente adecuado ya que determinara el tamaño en sus dimensiones. Sin embargo hay varios factores que afectan al resultado de lo que se desea obtener, algunos de los factores pueden ser el calentamiento de la maquina, el desgaste de las herramientas, así como problemas en los materiales, entre otros. Para ello es importante que se admitan algunas variaciones en las dimensiones especificadas tomando en cuenta que no alteren los requerimientos funcionales que se procuran satisfacer.

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

El ajuste ocurre al ensamblar piezas, donde es la cantidad de juego o interferencia que resulta del ensamble.

Los ajustes pueden clasificarse de la siguiente manera:

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

El tipo de ajuste es seleccionado a base de los requerimientos. Por ejemplo: tipo cuña se desea que una pieza se desplace dentro de la otra se utiliza un ajuste con juego, el ajuste forzado se utiliza cuando se desea que las dos piezas queden firmemente sujetas, y el ajuste deseado se logra aplicando tolerancias adecuadas a cada una de las partes ensambladas.

Las formas de expresar las tolerancias de la forma del dimensionamiento límite, en el cual el límite superior especificado se coloca arriba del límite inferior especificado. Cuando se expresa en un solo renglón, el límite inferior precede al superior y un guión separa los dos valores.

Otra forma de expresar las tolerancias se basa en el sistema ISO donde la dimensión especificada antecede a la tolerancia expresada mediante una letra y un número. La tolerancia depende de la dimensión, entre mayor sea la dimensión mayor puede ser la tolerancia.

El tipo de ajuste se determina dependiendo de las dimensiones, ya que para piezas que se ensamblan es necesario analizar la interferencia máxima o mínima, esto depende de las dimensiones reales de las piezas que se ensamblan y de las tolerancias. Por ejemplo, para determinar la interferencia mínima solo basta en pensar que éste ocurrirá cuando ambas partes por ensamblar están en condición de material máximo, esto será la diferencia entre las dos. Sin embargo la interferencia máxima su condición de material debe estar dada en mínimo y eso será la diferencia entre las dos.

Las tolerancias son muy importantes en la elaboración, fabricación de cualquier material que es utilizado en la Industria ya que permite tener un mínimo grado de diferenciación, esto permitirá variar un poco a la dimensión especificada ya que al momento de estar en la fabricación existe la posibilidad de que haya variaciones en el material o en los instrumentos ya que en ocasiones las maquinas se calientan demasiado o simplemente exista un desgaste en las herramientas estas son causas de las tolerancias que se producen.