



**FACTORES CRÍTICOS A CONSIDERAR EN LA  
MEDICION DE TOLERANCIA GEOMETRICAS Y  
DIMENSIONALES Y EL IMPACTO EN EL  
“MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS”  
(Análisis de Sistemas de Medición)  
MSA**

Fernando Motolinia Velázquez  
Metrología  
fmotolinia@cidesi.mx  
CIDESI



**IDENTIFICACION DEL MENSURANDO**

Mensurado	Especificación
Dímetros	G6, H6, J6...
Localización	Posición, Concentricidad
Forma	Redondez, Planitud, Rectitud...
Orientación	Perpendicularidad, Paralelismo...
Cabeceo	Circular, Total



## IDENTIFICACION DE LA NORMA DE REFERENCIA O ESPECIFICACION

- Para tolerancias Geométricas
  - a) ISO 2692 Geometrical Product Specification (GPS)
  - b) ASME Y14.5M-1994 Dimensioning and Tolerancing (GD&T)
  
- Para Diámetros
  - a) ISO 286-1:1998 ISO System of limits and Fits
  - b) Handbook of Geometrical Tolerancing; John Wiley & Sons
  
- Diseño de la parte con el ultimo nivel de especificaciones



## SELECCIÓN DEL METODO DE MEDICION

- En la medición de Diámetros

Instrumento	Exactitud
Micrómetro	0,001 mm
MMC	0,003 mm
Calibrador Digital	0,010 mm



## Gauge R&R/G R R (REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD)

- Herramienta para identificar las causas de variación en las mediciones y la correcta toma de lecturas
- Selección del instrumento adecuado para la medición de la pieza considerando las especificaciones (Tolerancias) de Forma o Tamaño
- Realizar mediciones de mayor confiabilidad y con mejor exactitud

$$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$$

Donde:

EV= Variación del Equipo

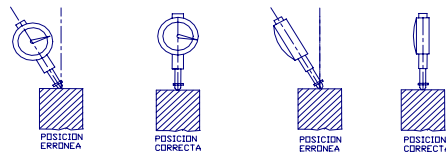
AV= Variación de Operador



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### POSICION:

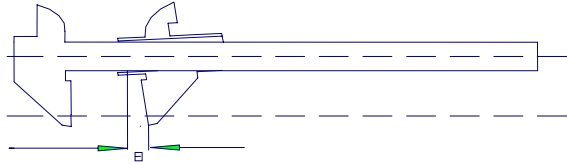
Este error se comete cuando la colocación del instrumento de medición a utilizar es incorrecta. Por ejemplo, para un indicador de cuadrante, la posición correcta es que el eje de medición sea paralelo a la perpendicular del plano de la pieza que se quiere medir. En el caso de una pipeta graduada, el plano formado por el líquido de referencia debe ser perpendicular al eje, ya que de esta manera se asegura que la escala de la misma y el plano del líquido son paralelos. Cuando se trata de calibrar una balanza es necesario colocar lo más centradamente posible la pesa en el plato, ya que de lo contrario habrá un error en el resultado que otorga el instrumento.





## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

**ABBE:** Esta ley establece que la máxima exactitud de medición es obtenida si el eje de medición y el eje del instrumento son paralelos, como es el caso del micrómetro. Puede verse que los errores surgen de la distorsión debida a la fuerza de medición aplicada y de la posibilidad de que los topes no se muevan paralelos entre sí.



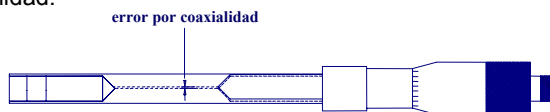
En casi todos los instrumentos y máquinas de medición de longitud, el principio de Abbe se cumple, no obstante existen algunos instrumentos en los que este principio no se respeta, como los calibradores (vernier, carátulas o digitales), de exteriores e interiores, algunos tipos de máquinas de medición, etc.



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### Falta de coaxialidad.

Estos errores se generan por la falta de coaxialidad de las partes que componen el instrumento de medición. Por ejemplo, en el caso de la medición de una cuerda (rosca) de un tornillo se utiliza un micrómetro de puntas y si ambas puntas no coinciden exactamente se comete un error en la medición. Otro ejemplo son las básculas de brazo, que son muy utilizadas en los expendios de tortilla. En este caso cuando se trata de ver la coincidencia entre el brazo que indica el peso con terminación en punta a la izquierda del observador y el indicador que se encuentra a la derecha se comete un error, pues depende del criterio del observador decidir el grado de coaxialidad.





## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### **Mala elección del instrumento de medición:**

cuando el instrumento de medición se escoge sin tener en cuenta aspectos como: **exactitud requerida** (la cual se determina por las tolerancias); alcance de medición, etc.

Por ejemplo, para medir el diámetro exterior de un producto de hierro fundido, es suficiente un Calibrador vernier. Sin embargo, si se va a medir un perno patrón, aunque tenga el mismo diámetro nominal, ni siquiera un micrómetro para exteriores tendría la exactitud suficiente para este tipo de aplicación.

En el caso de la magnitud de temperatura, si se requiere medir la temperatura de un ser humano con un termómetro de líquido en vidrio o digital es suficiente, pero si se desea determinar la variación de temperatura que sufre un bloque patrón de longitud durante su calibración, será necesario utilizar un termómetro de mayor exactitud.

Se ha recomendado en (MSA, pag. 43) que la razón de tolerancia de una pieza de trabajo a la resolución de un instrumento sea de 10 a 1



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### **Instrumentos no calibrados**

- Instrumentos no calibrados o cuya fecha de calibración esté vencida, así como instrumentos sobre los que se sospecha alguna anomalía en su funcionamiento, no deben ser utilizados para realizar mediciones, sino hasta que éstos sean calibrados y autorizados para su uso.

- Para efectuar mediciones de gran exactitud, es necesario corregir las lecturas obtenidas con un instrumento o equipo de medición en función del error instrumental determinado mediante la calibración, como es el caso de los bloques patrón.



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### Por el instrumento o equipo de medición.

- Los casos que provocan errores atribuibles al instrumento pueden deberse a defectos de fabricación (dado que es imposible construir aparatos perfectos). Estos defectos pueden ser deformaciones, falta de linealidad, imperfecciones mecánicas, falta de paralelismo, etc.
- Los aparatos de medición llegan a las manos del usuario con un cierto error; al usarse el aparato debe corregirse la medida realizada mediante un factor de corrección, que proporciona el mismo fabricante. El factor se logra a través de ensayos y éste debe ser usado por el operario en cada una de sus mediciones.



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### Por el instrumento o equipo de medición

CARACTERÍSTICA	EQUIPO COTIDIANO	EQUIPO CORRECTO
Redondez	Blocks en "V" e Indicador	Maquina de medición de Redondez
Planitud	Base magnética e indicador	MMC o método de autocolimación
Coaxialidad	Generalmente instrumentos " "	MMC, Maquina de medición de redondez
Cabeceo (Run Out)	Blocks en V e Indicador	Maquina de medición de Redondez
Díámetros con tolerancia muy pequeña	Micrómetro de tres apoyos ó MMC (no es un todologo)	Maquinas unidimensionales



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### **Desgaste:**

El uso frecuente del instrumento o aparato ocasiona su desgaste y se puede prevenir haciendo que las superficies de contacto presenten gran dureza y estén pulidas.

### **Envejecimiento:**

Después de efectuado el tratamiento térmico en los instrumentos, existe un estado molecular inestable llamado envejecimiento, que resulta del mecanizado o de los tratamientos térmicos aplicados. El envejecimiento puede eliminarse, ya sea mediante tratamientos a base de vibraciones o dejando a la intemperie durante largo tiempo las piezas antes de maquinar. Este procedimiento puede llegar a ser muy aplicado debido a que ocasiona pequeñas modificaciones en la forma geométrica y dimensiones.



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### **Imperfecciones mecánicas de los Instrumentos**

Teniendo en cuenta que la perfección absoluta no existe, es preciso considerar los efectos que pueden tener las imperfecciones mecánicas de fabricación, para remediarlos en lo posible.

Los juegos pueden ocasionar irregularidades de lectura, defectos de rectitud o de forma, como pueden ser la planitud, defectos de alineación y centrado, etc.



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### Superficies de medición sin la correcta limpieza:

La limpieza, de las piezas y los instrumentos de medición es importante.

Deben utilizarse trapos que no desprendan hilachas, y el solvente debe ser alcohol etílico de alta calidad.

La limpieza de las superficies de la pieza y de las superficies de contacto del instrumento de medición es importante. Entre la superficie de la pieza y la superficie de medición del instrumento se pueden depositar (por las corrientes de aire no filtrado, polvos del ambiente, etc.) diminutas partículas llamadas “cuerpos extraños” que también falsean la indicación.

Este riesgo aún es mayor cuando las salas de medición no están protegidas con filtros contra polvo y cuando se utilizan instrumentos de medición con superficies de contacto relativamente grandes. Mientras más grande es la zona de contacto, más posibilidad de inclusión de “cuerpos extraños en ellas y más riesgos de cometer errores en la medición.



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

### Selección inadecuada de la fuerza de medición:

Así la fuerza de medición es **aquella fuerza que experimenta el objeto de medición en la zona de contacto con las superficies de medición del instrumento.**

Los errores de medición debidos a la misma se originan, fundamentalmente por dos causas:

- producto a la diferencia de deformación provocada por el aplastamiento de las irregularidades superficiales de la pieza que se mide y el instrumento.
- producto a las deformaciones de las bases o carros de medición durante el ajuste, verificación o medición.



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

**Debidos a la dilatación térmica :** para las mediciones 20°C. Tanto así es que los instrumentos de medición y calibres de precisión sólo garantizan las dimensiones por ellos determinadas o comprobadas a esta temperatura o valores muy próximos a ella.

- Al efectuar una medición con un instrumento de precisión a una temperatura diferente de 20°C, el resultado obtenido debe corregirse. Dicha corrección se fundamenta en la fórmula física por la dilatación térmica lineal:

$$L_t = L_{20} [ 1 + \alpha(t - 20) ]$$

donde:

- $L_t$ - longitud del objeto de medición a temperatura  $t$
- $L_{20}$ - longitud del objeto de medición a temperatura de 20°C
- $\alpha$ - coeficiente de dilatación lineal del material del objeto
- $t$ - temperatura a la que se efectúa la medición



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

Desde luego, el fenómeno físico de la dilatación se produce tanto en el instrumento de medición como en el objeto que se mide; sin embargo, esto no debe hacer suponer una compensación de errores porque las variaciones dimensionales del instrumento no van a ser iguales a las de la pieza.

Aplicando la fórmula anterior al instrumento y a la pieza tenemos:



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

$$L_{ti} = L_{20i} [1 + \alpha_i (t - 20)]$$

$$L_{tp} = L_{20p} [1 + \alpha_p (t - 20)]$$

$$L_{2i} [1 + \alpha_i (t - 20)] = L_{2p} [1 + \alpha_p (t - 20)]$$



## FACTORES QUE AFECTAN A (EV)

$$L_{20p} = \frac{L_{20i} [1 + \alpha_i (t - 20)]}{1 + \alpha_p (t - 20)}$$

y con esta ecuación podemos calcular la longitud de una pieza a 20°C, cuando la hemos medido a una temperatura **t** que coincida con la del instrumento.

Obsérvese que si  $\alpha_i = \alpha_p$  y la temperatura **t** es la misma,

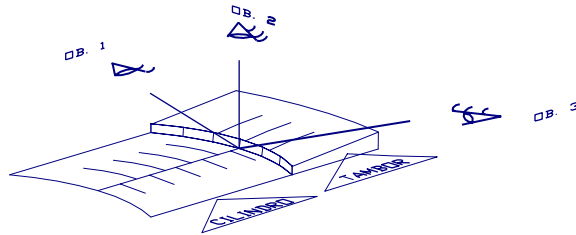
$$L_{20p} = L_{20i}$$



## FACTORES QUE AFECTAN A (AV)

### Paralaje.

Este se ocasiona cuando se va tomar la lectura y el observador no está mirando la escala del instrumento perpendicularmente. Esto es, que mira la escala desde la derecha, la izquierda, de arriba o de abajo con un cierto ángulo, a partir de la perpendicular a la escala. Este error puede disminuirse mirando lo más perpendicularmente posible al plano de observación.



## FACTORES QUE AFECTAN A (AV)

### Capacitación Recibida

- Interpretación de Planos
- Metrología
- Tolerancias y Ajustes
- Estimación de Incertidumbre
- Estudios estadísticos (GRR, Bias, Estabilidad, Linealidad)



## FACTORES QUE AFECTAN A (AV)

### Condiciones del personal

- Habilidad en el manejo de Instrumentos de Medición
- Experiencia
- Conciencia en las mediciones
- Toma de una sola medición
- Falta de Agudeza visual
- Cansancio
- Estado emocional



## FACTORES QUE AFECTAN A (AV)

### Algunas recomendaciones prácticas:

**Estabilidad de las piezas:** antes de efectuar las mediciones, las piezas que se van a medir se deben dejar un tiempo en el local de medición para que se establezca su temperatura con la temperatura del local o para que por lo menos la diferencia entre ellas sea despreciable.

Para piezas grandes y con mucha masa, una buena estabilización puede exigir varios días. Las temperaturas se igualarán más rápidamente si se ponen las piezas sobre superficies metálicas que sean buenas conductoras de calor.



## FACTORES QUE AFECTAN A (AV)

**calor de la mano:** evitar tocar las piezas con la mano, se deben utilizar guantes o pinzas de material aislante para su manipulación. Por ejemplo, un eje de 200 mm de longitud tomado con las dos manos durante un intervalo de tiempo de 10 min, se alarga 8  $\mu\text{m}$ , lo que se corresponde con un aumento de la temperatura de aproximadamente 3,5 °C.

**calentamientos desiguales:** si una pieza esta expuesta a fuentes de calor, a corrientes de aire o se encuentra en contacto con una superficie de temperatura diferente a la suya, ella puede curvarse.



## APLICACION DE (RR) EN INSTRUMENTOS

- Para algunos instrumentos principalmente los de prueba donde solo se puede evaluar una vez en el mismo punto (Durometro y Rugosimetro), así como en pruebas mecánicas (Maquinas de tensión) y Análisis Metalograficos, las mediciones repetidas y sus promedios nos indicaran la lectura correcta, tomando en cuenta que los equipos estén debidamente calibrados y utilizados por personal capacitado



## OBJETIVO DE (R&R)

### Toma de decisiones como:

- Capacitación Continua al operador
- Unificación de criterios con los involucrados
- Seleccionar los dispositivos de sujeción adecuados
- Consistencia en el manejo del equipo
- Mejorar la exactitud del instrumento
- Mejorar las condiciones de medición (temperatura, humedad, etc.)
- Determinación de la Variabilidad de la dimensión en la parte