
	Manual Formato Linealidad VFCalibre		
	Revisión: 0	Fecha: 22/12/2023	Hoja: 1 / 9


Tabla de contenido

Tabla de contenido	1
Historial de revisiones.....	2
CONCEPTO.....	3
Requisitos previos.....	4
Diseño de la hoja	5
Datos del estudio	6
Procedimiento de cálculo	6
Análisis de resultados	8
Análisis de Repetibilidad	9

	Manual Formato Linealidad VFCalibre		
	Revisión: 0	Fecha: 22/12/2023	Hoja: 2 / 9

Historial de revisiones

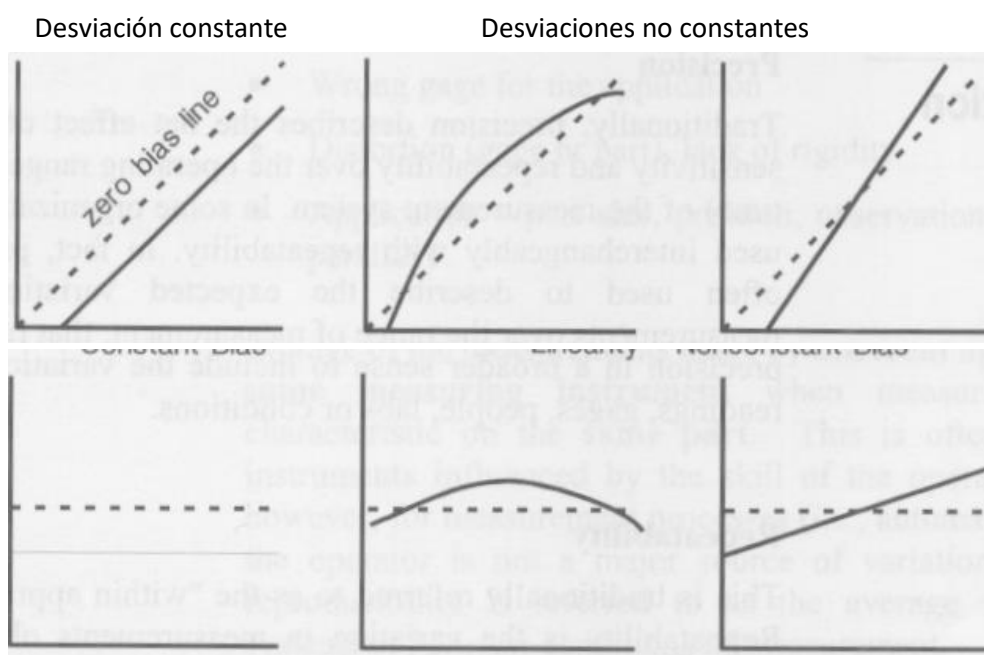
Rev.	Autor / Fecha	Revisado / Fecha	Observaciones
0	Jordi Marín	Juan Rodríguez	Versión inicial. Parte de la versión 7.6.
	22/12/2023	04/01/2024	

	Manual Formato Linealidad VFCalibre		
	Revisión: 0	Fecha: 22/12/2023	Hoja: 3 / 9

CONCEPTO


La linealidad se define como la diferencia de la desviación a través del recorrido (de medición) operativo esperado del equipo. También se puede entender como un cambio de desviación con respecto al tamaño.

Observar que la linealidad inaceptable puede presentarse en una variedad de formas y no hay que suponer siempre una desviación constante:



Las posibles causas para un error de linealidad incluyen:

- El instrumento necesita ser calibrado, reducir los intervalos de calibración.
- Instrumento, equipo o sujeción desgastado.
- Mal mantenimiento – aire, potencia, sistema hidráulico, filtros, corrosión, oxidación, limpieza.
- Patrón desgastado o dañado, error en patrón – mínimo / máximo
- Calibración inadecuada (no cubre el recorrido de servicio) o uso del patrón de ajuste
- Instrumento de mala calidad – diseño o conformación
- Diseño o método no son muy robustos
- Calibre erróneo para la aplicación
- Método de medición diferente – configuración, carga, sujeción, técnica
- Distorsión (calibre o pieza) cambios en las dimensiones de la pieza

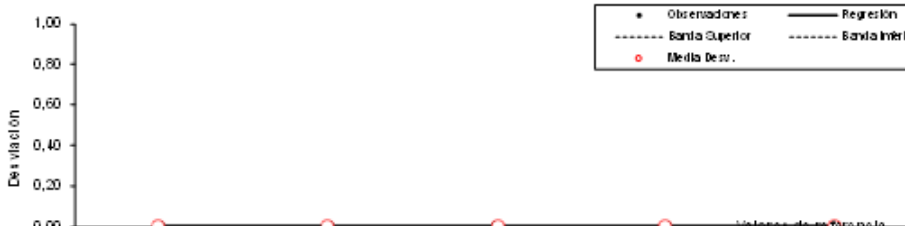
	Manual Formato Linealidad VFCalibre		
	Revisión: 0	Fecha: 22/12/2023	Hoja: 4 / 9

- Entorno – temperatura, humedad, vibraciones, limpieza
- Violación de un supuesto, como por ejemplo un error en una constante aplicada
- Aplicación – pieza, dimensiones, posición, destrezas del operador, fatiga, error de observación (legibilidad, paralaje)

Requisitos previos

- Seleccionar un mínimo de 5 piezas cuyas mediciones, en relación con la variación del proceso, cubran el recorrido de servicio del calibre.
- Tener cada pieza medida por la inspección del diseño para determinar el valor de referencia y para confirmar que se abarca todo el recorrido operativo del calibre.
- Realizar como mínimo 10 reiteraciones de cada pieza.

Diseño de la hoja

Análisis de la Linealidad del dispositivo de medición MSA 4						Nº	Linealidad-0003
Equipo:							
Código: Linealidad				Nº serie:			
Fabricante:				Modelo:			
Datos del estudio							
Parte	1	2	3	4	5		
Valor de referencia							
Muestras	1					Desviaciones	
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
Media							
Valor de referencia							
Media Desviación							
Banda superior							
Banda inferior							
Recta de regresión							
Faltan por introducir valores de referencia							
#(VALOR!)							
Coeficiente de determinación: R-Sq= #(DIV!0)							
<div> <div> Desviación </div> <div>  </div> </div>							
<div> <div> $H_0: a = 0$ {pendiente = 0} </div> <div> $t_a = \#(VALOR!)$ </div> <div> $t_{(-2; 0.975)} =$ </div> <div> $\#(NUM!)$ </div> <div> No aceptable </div> </div> <div> <div> $H_0: b = 0$ {sesgo interceptada = 0} </div> <div> $t_b = \#(VALOR!)$ </div> <div> $t_{(-2; 0.975)} =$ </div> <div> $\#(NUM!)$ </div> <div> No aceptable </div> </div>							

Datos del estudio

- Las 5 columnas corresponden a las 5 piezas que estamos midiendo.

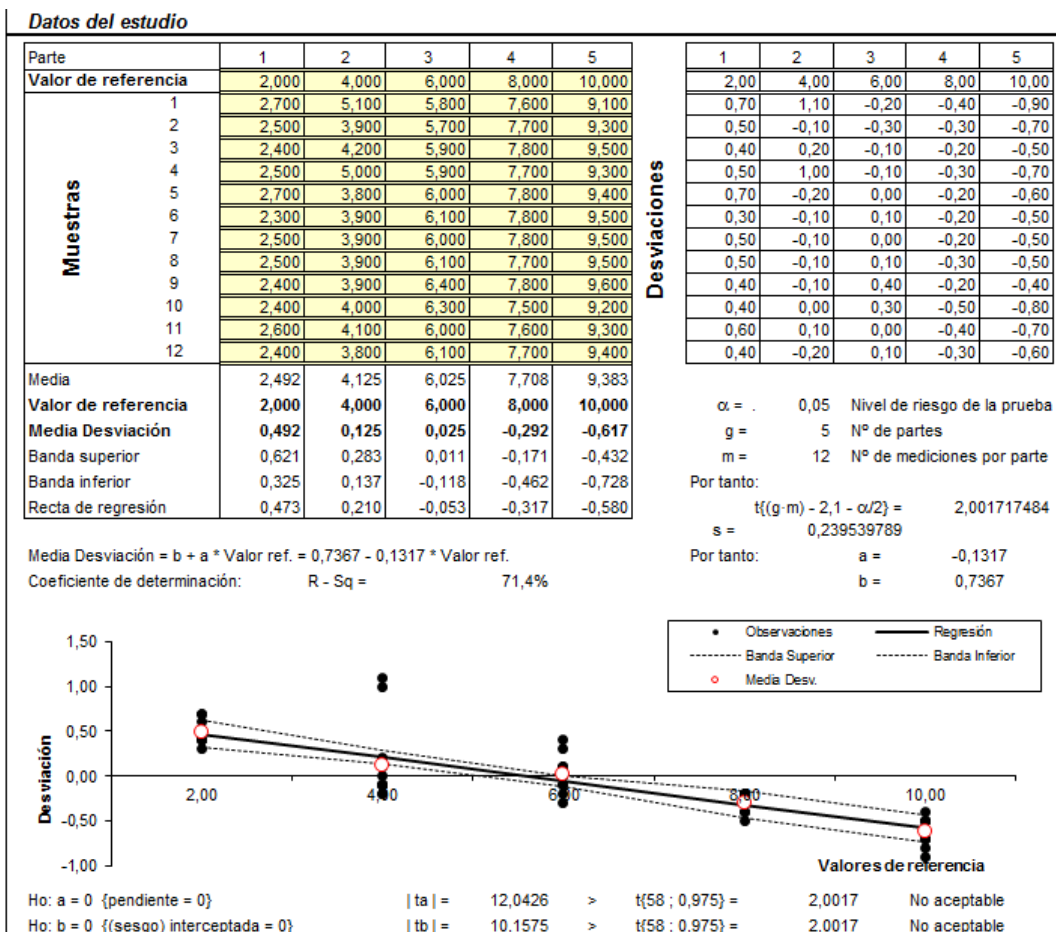
Parte	1	2	3	4	5
Valor de referencia					
Muestras	1	← Piezas →			
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				

- En la primera fila se introducirán los valores de referencia de cada pieza y en las 12 siguientes filas como mínimo 10 mediciones:

Parte	1	2	3	4	5
Valor de referencia					
Muestras	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				

Procedimiento de cálculo

Nos basaremos en los siguientes datos como ejemplo:



Tras haber introducido todos los datos el procedimiento de cálculo es el siguiente:

1. Calcular la desviación de las piezas para cada una de las mediciones y la media de desviación para cada una de las piezas.

$$\text{Desviación}_{i,j} = x_{i,j} - (\text{valor de referencia})$$


$$\overline{\text{desviación}}_i = \frac{\sum_{j=1}^m \text{desviación}_{i,j}}{m}$$

2. Trazar las desviaciones individuales y las medias de desviación con respecto al valor de referencia para cada una de las piezas en un gráfico lineal.
3. Calcular y trazar la línea que mejor se ajusta y la banda de confianza de la línea utilizando la siguiente ecuación.

Para la línea de mejor ajuste utilizar: $\bar{y}_i = a x_i + b$

Donde

x_i = valor de referencia

	Manual Formato Linealidad VFCalibre		
	Revisión: 0	Fecha: 22/12/2023	Hoja: 8 / 9

\bar{y} = media de la desviación

4. Trazar la línea “desviación = 0”, en la hoja se llama **Regresión**, y revisar el gráfico acerca de indicaciones sobre causas especiales y la aceptabilidad de la linealidad.

Para que la linealidad del sistema de medición sea aceptable, la línea de *Regresión*, “desviación = 0”, debe situarse en su totalidad dentro de la banda de confianza de la línea ajustada.

Análisis de resultados

Si el análisis gráfico indica que la linealidad del sistema de medición es aceptable, entonces debería ser verdadera la siguiente hipótesis:

$$H_0: a = 0 \quad \text{inclinación} = 0$$

No se rechaza si:

$$|t| = \frac{|a|}{\left[\frac{s}{\sqrt{\sum (x_j - \bar{x})^2}} \right]} \leq t_{gm-2, 1-\alpha/2}$$

Si la hipótesis anterior es verdadera, entonces el sistema de medición tiene la misma desviación para todos los valores de referencia. Para que la linealidad sea aceptable, esta desviación deberá ser cero.


$$H_0: b = 0 \quad (\text{desviación}) \text{ interceptada} = 0$$

$$|t| = \frac{|b|}{\left[\sqrt{\frac{1}{gm} + \frac{\bar{x}^2}{\sum (x_i - \bar{x}^2)}} \right] s} \leq t_{gm-2, 1-\alpha/2}$$

En el ejemplo, tenemos como resultados:

$$t_a = 12.043$$

$$t_b = 10.158$$

	Manual Formato Linealidad VFCalibre		
	Revisión: 0	Fecha: 22/12/2023	Hoja: 9 / 9

$$t_{58.975} = 2.00172$$

Como $|t_a| > t_{58.975}$, el resultado obtenido del análisis gráfico se refuerza por el análisis numérico – existe un problema de linealidad con el sistema de medición.

En este caso, no importa qué relación tiene t_b con $t_{58.975}$, ya que existe un problema de linealidad.

El suele utilizar el coeficiente de correlación:

$$R^2 = \frac{[\sum xy - \sum x \sum y/n]^2}{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \times \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}$$

Para determinar hasta qué punto la recta obtenida se ajusta a la nueve de puntos. Se suele dar por bueno un ajuste con un coeficiente de correlación del 90% o superior.

Si el sistema de medición tiene un problema de linealidad, necesita ser recalibrado para lograr una desviación cero a través de la modificación del hardware o del software, o de ambos.

Si no se puede ajustar la desviación para lograr una desviación cero a través del recorrido del sistema de medición se puede seguir utilizando para el control del producto / proceso - pero no para el análisis - mientras el sistema de medición sea estable.

Ya que esto supone un gran riesgo de tener errores por parte del operador, sólo se debería utilizar con la participación del cliente.

Análisis de Repetibilidad

El estudio de la repetibilidad permite seleccionar el tipo de análisis del sistema de medida:

- Control estadístico del proceso
- Control de conformidad del producto

Análisis de Repetibilidad		Marcar el tipo de análisis del sistema de medida:	
<input checked="" type="radio"/> Control estadístico del proceso		<input type="radio"/> Control de conformidad del producto	
TV =		La Variación Total (TV) es la variación esperada del proceso. Sino la tenemos hay que realizar primero un estudio R&R.	Tolerancia total:
% EV =	Falta el TV		% EV = Falta la Tolerancia
Repetibilidad:		Falta el TV	

Por encima del 30% es inaceptable (implica resultado no Apto). Entre el 10 y 30% sería apto con reservas, siempre y cuando los otros resultados sean OK. Si se da este último caso hay que anotarlo en las observaciones.