

Instrumentación de Campo

Sesión:

Parámetros de Calibración

Ing. Elmer E. Mendoza Trujillo

emendoza@tecsup.edu.pe



Conceptos básicos

Variables de un proceso industrial

- Temperatura
- Nivel
- Flujo
- Presión
- Velocidad
- Concentración
- Conductividad
- Peso
- Humedad
- pH
- Etc.

Medición

Algunos de los factores que afectan la medición son:

- El rango
- El alcance o span
- El error
- La banda muerta
- La exactitud
- La precisión
- La resolución
- La repetibilidad
- La linealidad
- La histéresis
- La confiabilidad

Rango

Es el conjunto de valores en la escala de medición dentro de los límites superior e inferior denota la capacidad del equipo, puede expresarse en unidades físicas.

- **LRV:** El valor mínimo de la variable medida que un dispositivo esta ajustado para medir
- **URV:** El valor máximo de la variable medida que un dispositivo esta ajustado para medir.

Rango



Rango del manómetro
0 a 100mbar

Rango de la termocupla J
-180 a 750 °C

Rango

¿Cual será la señal en mA que entrega un transmisor de presión que mide 32.3 Kg /cm² en un rango calibrado de 0-70 Kg/cm² , si el transmisor entrega su señal en un rango de 4-20 mA. CD.?

presión	corriente
0	4
32.3	I
70	20

$$\frac{I - 4}{20 - 4} = \frac{32.3 - 0}{70 - 0} \Rightarrow I = 11.4mA$$

Alcance

El alcance o span es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del rango del equipo



Span del manómetro
 $250-0=250\text{kPa}$



Span del LVDT
 $100-0=100\text{mm}$

Error

Es la diferencia algebraica entre la indicación actual y el valor verdadero de una magnitud medida. A menudo expresado como un porcentaje del **SPAN** o del valor a escala total. Los valores positivos del error denotan que la indicación del instrumento es más grande que el valor real

Error

$error = Valor\ indicado - Valor\ verdadero$

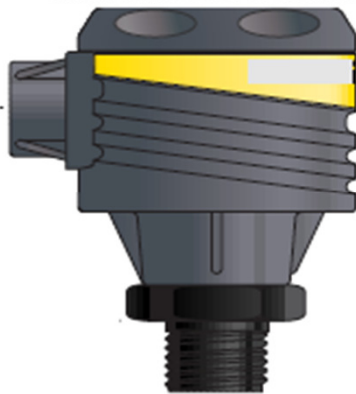
$$Porcentaje\ de\ error = \frac{Valor\ indicado - Valor\ verdadero}{Máximo\ valor\ de\ la\ escala} * 100\%$$

$$Porcentaje\ de\ error = \frac{Valor\ indicado - Valor\ verdadero}{Valor\ verdadero} * 100\%$$

$$Porcentaje\ de\ error = \frac{Valor\ indicado - Valor\ verdadero}{Span} * 100\%$$

Error

Ultrasonic Level Transmitter



- $Span = 1.8 - 0.09 = 1.71m$
- $Error\ máximo = 0.25\% * 1.71 = 0.00425m$
 $= 0.425cm$

Si el valor medido por el instrumento es de 1m, entonces el valor real estará en el rango de $1 \pm 0.00425m = [0.99575, 1.00425]$

Range: 9 cm to 1.8 m
 Accuracy: $\pm .25\%$ of span in air

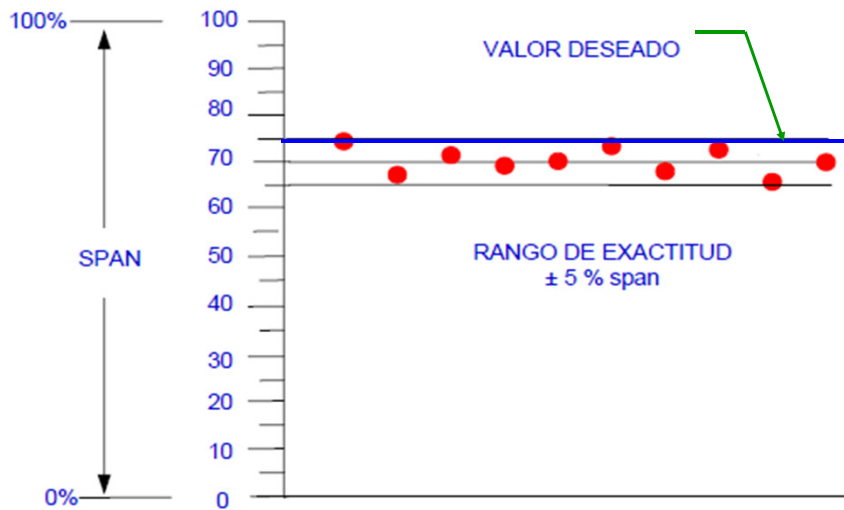
Banda muerta

Los instrumentos suelen ser insensibles a muy pequeños cambios, porque su sensibilidad así lo impone. Este mismo concepto puede ser visto a la inversa, especificando, en cambio, la banda (en el sentido de espacio) muerta del instrumento, es decir, cuan grande debe ser el cambio de la especie sensada para que el instrumento reaccione. Este término también se aplica a los rangos de valor de la especie sensada para los que el instrumento no responde; p.e. temperaturas debajo o sobre el rango de un termómetro.

Exactitud

La exactitud es la capacidad del instrumento para acercarse y poder medir el valor real. Es el parámetro que representa o denota cuando una lectura puede ser incorrecta , generalmente se representa como un porcentaje de la escala completa de lectura

Exactitud



Exactitud

Si el rango de un medidor de presión es de 0 a 1 bar con una exactitud de $\pm 5\%$ de la escala completa, entonces el máximo error será

$$\pm 5\%(1\text{bar}) = \pm 0.05 \text{ bar.}$$

Precisión

Es el grado de repetición de valores obtenidos al medir la misma cantidad. No significa necesariamente que las medidas realizadas sean exactas.



Precisión



Resolución

El cambio más pequeño en la variable de proceso que produce un cambio detectable en la señal de medición expresado en porcentaje de la escala total. Es la mínima subdivisión de la escala. A mayor resolución, el instrumento será mas preciso

Resolución

50.54

50.55



Resolución: 0.01



Resolución: 5kPa ó $(5/250) \cdot 100\% = 2\%$

Repetibilidad

Es la capacidad del instrumento de medir o indicar valores idénticos de la misma variable bajo las mismas condiciones de funcionamiento en todos los casos.

La repetibilidad se halla con la siguiente formula

$$\sqrt{\frac{\sum(x_i - x)^2}{N}}$$



VARIABLE	INDICACION	(x _i -x)	VARIABLE	INDICACIÓN	(x _i -x)
DESDE 0 A 0.5	0.502	0.002	DESDE 0 A 5	5.010	0.010
DESDE 0 A 1	1.006	0.006	DESDE 0 5.5	5.505	0.005
DESDE 0 A 1.5	1.509	0.009	DESDE 0 A 6	6.006	0.006
DESDE 0 A 2	2.008	0.008	DESDE 0 A 6.5	6.501	0.001
DESDE 0 A 2.5	2.506	0.006	DESDE 0 A 7	7.003	0.003
DESDE 0 A 3	3.007	0.007	DESDE 0 A 7.5	7.504	0.004
DESDE 0 A 3.5	3.503	0.003	DESDE 0 A 8	8.009	0.009
DESDE 0 A 4	4.006	0.006	DESDE 0 A 8.5	8.508	0.008
DESDE 0 A 4.5	4.507	0.007	DESDE 0 A 9	9.008	0.008
			DESDE 0 A 10	10.005	0.005

Entonces, la Repetibilidad del instrumento para las 19 mediciones hechas es

$$\sqrt{\frac{0.00785}{19}} = \pm 0.02\%$$



Linealidad

Es aquella recta que indica el grado de proporcionalidad entre la variable física y el valor medido o entre la variable física y la acción ejercida.



Histéresis

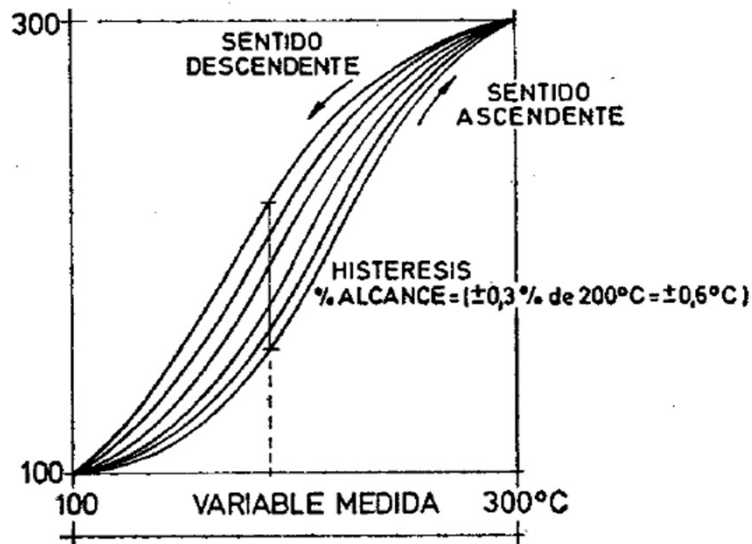
Es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el instrumento para un mismo valor del campo de medida cuando la variable recorre toda la escala en forma ascendente y luego en forma descendente.

Por ejemplo, si en un termómetro de 0-100 ° C, para la medición de 40 ° C, la aguja marca 39.9 al subir la temperatura desde 0. Y si al hacer la misma medición ahora al bajar la temperatura desde los 100 ° C se registran 40.1, la histéresis es de

$$\frac{40.1 - 39.9}{100 - 0} \times 100 = \pm 0.2\%$$



Histéresis



Sensibilidad

Es la razón entre el incremento de la lectura y el incremento de la variable que la ocasiona , después de haber alcanzado el reposo.

Por ejemplo, si en un transmisor electrónico de 0-10 bar, la presión pasa de 5 a 5.5 bar y la señal de salida de 11.9 a 12.3 mA c.c, la sensibilidad es el cociente:

$$\frac{(12.3 - 11.9) / (20 - 4)}{(5.5 - 5) / 10} = \pm 0.5 \text{ mA c.c / bar}$$

Ejemplo 1

Explicar el significado de los siguientes términos:

- a) **Range: 0 to 125kPa**
- b) **Accuracy: $\pm 1\%$ of the displayed reading**
- c) **Temperature sensitivity: $\pm 0.1\%$ of the reading per $^{\circ}\text{C}$**

Sensibilidad a la temperatura

Temperature sensitivity: $\pm 0.1\%$ of the reading per $^{\circ}\text{C}$

Si la temperatura de operación es 40°C y se obtiene una medición de 80kPa . Cuando la temperatura cambie en 2°C , entonces el valor medido variará en $\pm 0.1\%(2)(80) = \pm 0.16\text{kPa}$

Ejemplo 2

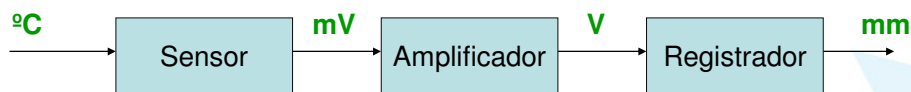
Un sistema de medición está formado por un sensor, un amplificador y un registrador cuyas sensibilidades son:

Sensibilidad del sensor $0.2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

Ganancia del amplificador $\text{gain } 2\text{V}/\text{mV}$

Sensibilidad del registrador $5\text{mm}/\text{V}$

Determine la sensibilidad de todo el sistema.



La sensibilidad de todo el sistema:

$$K = (0.2\text{mV}/^{\circ}\text{C})(2\text{V}/\text{mV})(5\text{mm}/\text{V}) = 2\text{mm}/^{\circ}\text{C}$$

Ejemplo 3

Para un sistema de medición donde los errores en el sensor, amplificador de señal y el registrador son $\pm 2\%$, $\pm 3\%$, y $\pm 4\%$ respectivamente, calcule el máximo error posible y el error probable o raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores.

Máximo error posible del sistema = $\pm 2 \pm 3 \pm 4 = \pm 9\%$

Raíz de la suma de los cuadrados de los errores =

$$\pm \sqrt{2^2 + 3^2 + 4^2} = \pm 5.39\%$$

Ejemplo 4

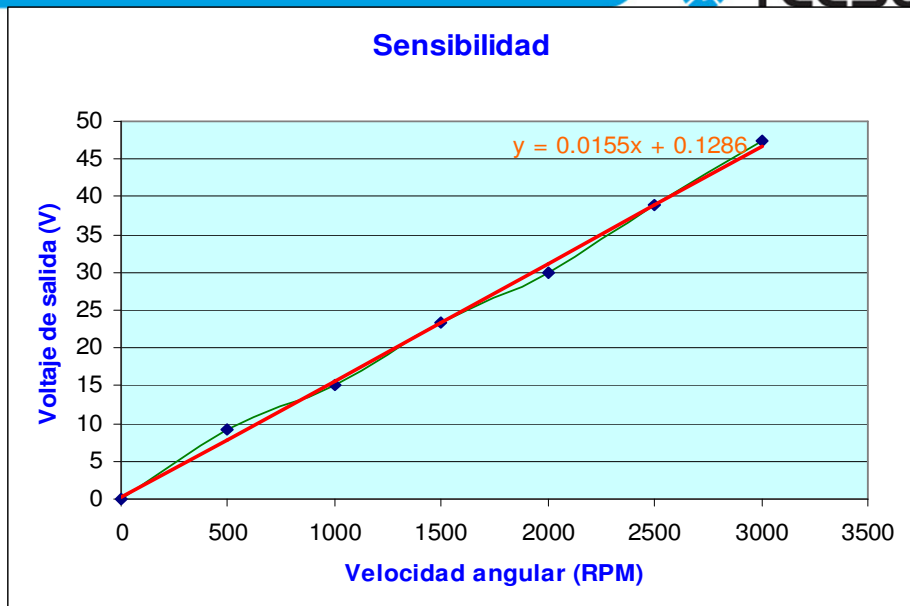
Los siguientes resultados fueron obtenidos en una prueba de un Tacogenerador d.c. :

Velocidad Angular (RPM)	0	500	1000	1500	2000	2500	3000
Salida de Voltaje (V)	0	9.1	15	23.3	29.9	39	47.5

Graficar los resultados y determinar

- (a) La sensibilidad del tacogenerador y
- (b) La linealidad del dispositivo.

Sensibilidad



Sensibilidad = 0.0155V / RPM

Ejemplo 5

Un medidor de presión de 0 a 10 bar fue calibrado por el fabricante y se obtuvo un error de ± 0.15 bar. Calcular (a) El porcentaje de error del medidor y (b) El posible error como un porcentaje del valor indicado cuando la lectura obtenida en la prueba fue de 2 bar.

a) **Porcentaje de error = $(\pm 0.15 \text{ bar} / 10 \text{ bar}) * 100\% = \pm 1.5\%$**

b) **Posible error = $\pm 1.5\% (2) = \pm 0.03 \text{ bar}$**