



# **Sensores y Actuadores TST-2022**

**Profesores:**

**JORGE E. MORALES**

**C. GONZALO VERA**

**AÑO: 2022**

Alumno: Miguel Angel Segnana

Grupo: 01

Materia: Sensores y Actuadores -TST-2022

# Practica de sensores resistivos

## Ejercicio 1:

---

a) Explique que es régimen estático y transitorio de un sensor.

Régimen estático: Se refiere a las características del sensor cuando su señal de entrada no varía más o lo realiza en forma lenta.

Régimen dinámico. Hace referencia al comportamiento del sensor en régimen transitorio.

b) Enumere las características estáticas de un sensor.

- Rango
- Alcance
- Error
- Exactitud
- precisión
- Sensibilidad
- Linealidad
- Histéresis
- Zona muerta
- Sensibilidad
- Resolución

- c) Detalle brevemente que significa cada una de estas características estáticas.
- Rango: Es el intervalo entre el valor mínimo y máximo que se puede medir.
  - Alcance: Es la diferencia entre el  $V_{min}$  y  $V_{max}$  del rango.
  - Error: Expresa la desviación entre la magnitud medida y la dada por el sensor.
  - Exactitud: Proximidad entre el valor medido y el valor real (valor calibrado)
  - Precisión: Determina la variación entre varias lecturas (repetibilidad)
  - Sensibilidad: Es el factor de ganancia.
  - Linealidad: Aproximación a la recta que minimiza la dispersión de medidas.
  - Histéresis: Es la desviación en la salida cuando la entrada varía por izquierda o por derecha.
  - Zona muerta: Es el rango de la medición para la cual el sensor no varía su salida.
  - Resolución: Mínima variación provista por el sensor.

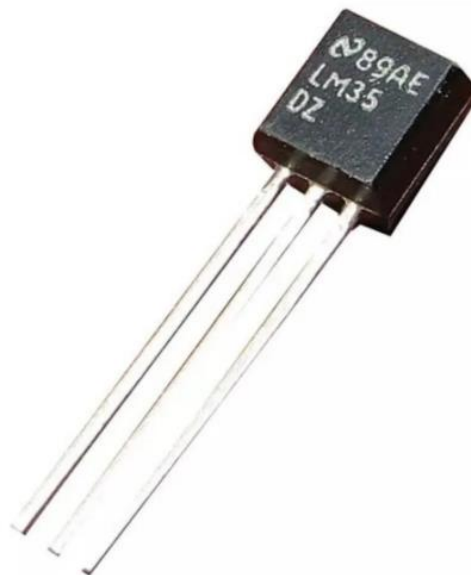
d) De ejemplo de las características de 1 sensor real, por ejemplo (temperatura, presión, humedad, aceleración, posición, color, distancia).

**LM35:** El sensor LM35 de temperatura es un circuito integrado de precisión con un voltaje de salida linealmente proporcional a la temperatura ambiente.

El dispositivo LM35 no requiere ninguna calibración o ajuste externo para proporcionar precisiones típicas de  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  a temperatura ambiente y  $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$  en un rango completo de temperatura de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$

**Características:**

- Calibrado directamente en grados Celsius (centígrado)
- Factor de escala lineal  $+10\text{-mV}/^{\circ}\text{C}$
- $0.5^{\circ}\text{C}$  Precisión asegurada (a  $25^{\circ}\text{C}$ )
- Clasificado para rango completo de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$
- Adecuado para aplicaciones remotas
- Bajo costo debido al recorte a nivel de oblea
- Funciona de 4V a 30V
- Drenaje de corriente de menos de  $60\mu\text{A}$
- Bajo autocalentamiento,  $0.08^{\circ}\text{C}$  en aire quieto
- No linealidad solamente  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  Típico
- Salida de baja impedancia,  $0.1\Omega$  para carga de  $1\text{mA}$

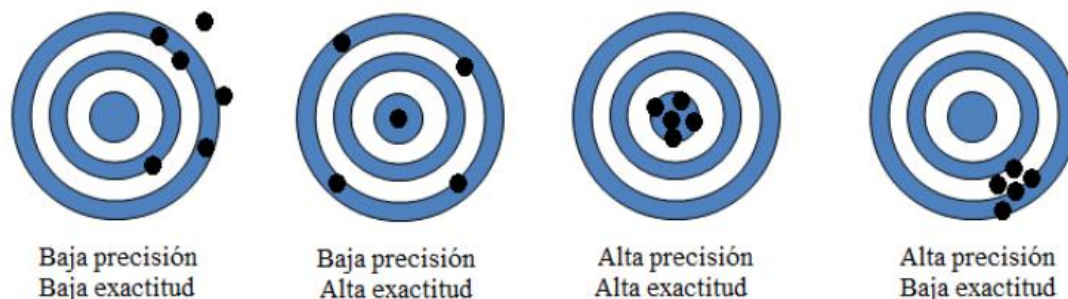


## Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = -10^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$		$\pm 1.0$	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	$^{\circ}\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.18$		$\pm 0.35$	$\pm 0.15$		$\pm 0.3$	$^{\circ}\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.9,$ $+10.1$		$+10.0$		$+9.9,$ $+10.1$	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^{\circ}\text{C}$	56	67		56	67		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5\text{V}$	105		131	91		114	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}, +25^{\circ}\text{C}$	56.2	68		56.2	68		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		133	91.5		116	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^{\circ}\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		$\mu\text{A}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		2.0	0.5		2.0	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.5$	$+0.39$		$+0.5$	$\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^{\circ}\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^{\circ}\text{C}$

e) Ejemplifique gráficamente la diferencia entre precisión y exactitud.



Precisión y exactitud.

f)Cuál es la relación entre error y exactitud de un instrumento.

La exactitud es la cercanía de una medida al valor real, mientras que la precisión es el grado de cercanía de los valores de varias medidas en un punto. Estas diferencias son críticas en metrología, ciencias e ingeniería.

En este sentido, exactitud y precisión adquieren significados diferentes cuando se refiere a resultados de medición, sean ellas cuantitativas o cualitativas.

Ambas son independientes la una de la otra. Así, los resultados en los valores de una medición pueden ser precisos y no exactos (y viceversa).

### Ejemplo:

#### Exactitud:

Una persona mide su estatura con una cinta métrica y obtiene 1,70 m. Cuando va al médico, este la vuelve a medir con un medidor especial y el resultado es de 1,70 m. Esto significa que la medición realizada con la cinta métrica fue exacta.



### **Precisión:**

Un futbolista siempre lanza los tiros libres al lado derecho del arco. Esto significa que sus lanzamientos son precisos.

- g) Que se puede decir de la incertidumbre de los sensores y las mediciones que realizamos. ¿Es real lo que medimos?

Cuando se realiza una comparación de calibración, se compara el instrumento a calibrar con un aparato patrón para averiguar si el error (diferencia en el valor medido por el instrumento y el valor medido por el patrón) se encuentra dentro de límites dados por el fabricante del instrumento. Como el aparato patrón no permite medir exactamente el valor verdadero (también tiene un error) y como además, en la operación de comparación intervienen diversas fuentes de error, no es posible caracterizar la medida por un único valor, lo que da lugar a la llamada incertidumbre de la medida o incertidumbre.

Entre las fuentes de incertidumbre se encuentran:

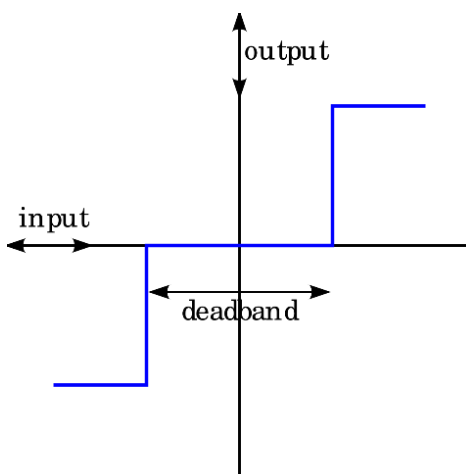
- Influencia de las condiciones ambientales.
- Lecturas diferentes de instrumentos analógicos realizadas por los operadores.
- Variaciones en las observaciones repetidas de la medida en condiciones aparentemente idénticas.
- Valores inexactos de los instrumentos patrón.
- Muestra del producto no representativos.

Es decir, la incertidumbre es la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al verdadero valor de la magnitud medida. En el cálculo de la incertidumbre intervienen la distribución estadística de los resultados de series de mediciones, las características de los equipos, etc.

h) ¿Como se interpreta una curva dead band?

La zona muerta es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce su respuesta. Viene dada por un porcentaje del alcance de la medida.

Moverme de izquierda a derecha y viceversa dentro de la zona muerta no produce cambios en la salida.



i)Cuál es la importancia de la sensibilidad y resolución de un sensor.

### **Sensibilidad:**

La sensibilidad es la razón entre el incremento de la señal de salida o de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el estado de reposo.

### **Resolución:**

Cuando la entrada varía continuamente en todo el rango, las señales de salida de algunos sensores pueden cambiar a pequeños intervalos. La resolución es el cambio mínimo del valor de la entrada capaz de producir en cambio observable en la salida.



j) Explique diferencia entre histéresis y zona muerta.

**Histéresis:** La histéresis es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el instrumento cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente.

**Zona muerta:** Es el rango de valores del medido para el cuál el instrumento no varía su indicación o señal de salida.

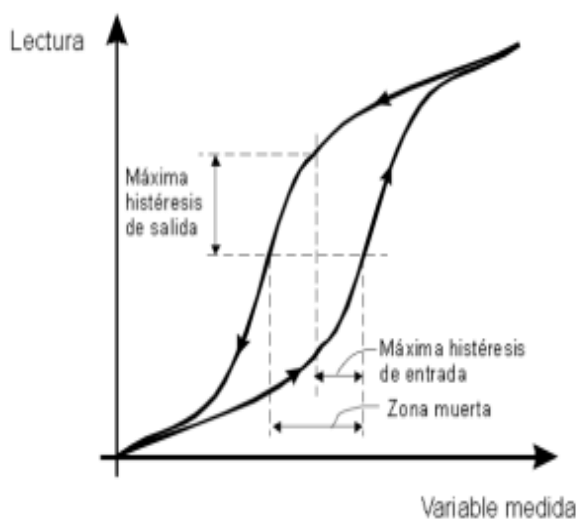


Figura 2.4: aracterística de un instrumen-  
to con histéresis

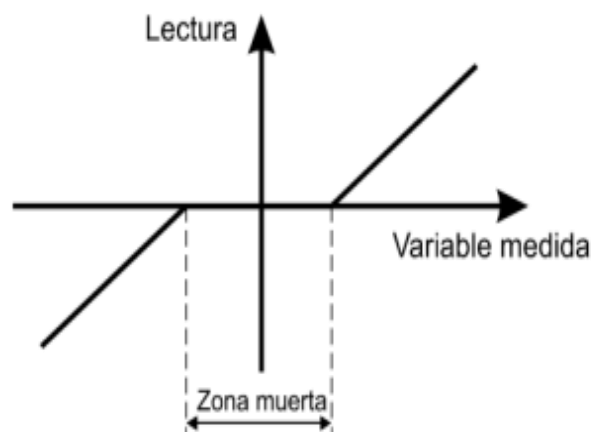


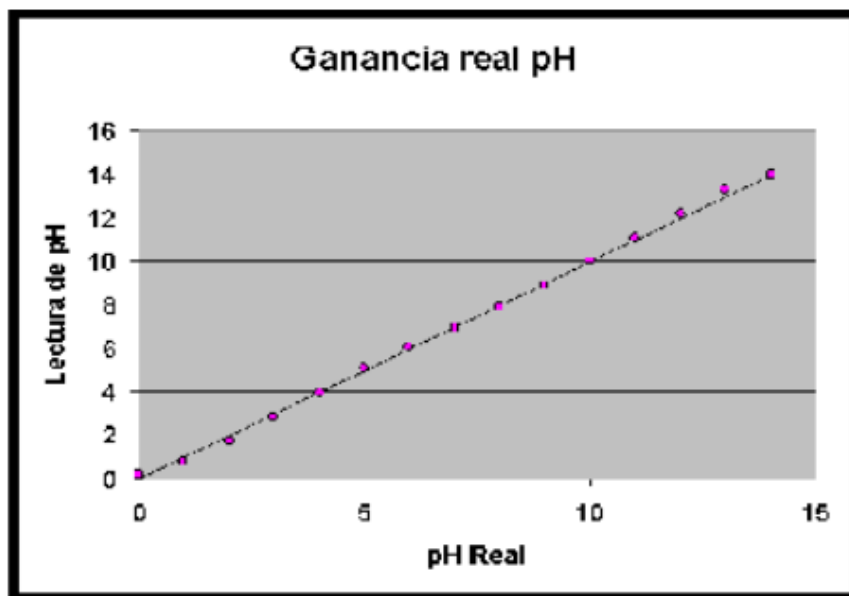
Figura 2.5: Característica de un instru-  
mento con zona muerta

k) Porque es conveniente que un sensor tenga una respuesta lineal

Una respuesta lineal se predice de mejor forma y podemos teóricamente comparar los resultados del sensor a esta respuesta, es sencilla y de fácil comprensión.

#### ERROR de NO LINEALIDAD.

Los instrumentos ideales son lineales. De hecho, la mayoría de los sistemas instrumentales comerciales tienen respuesta lineal. Puede ocurrir, sin embargo, que la respuesta no sea estrictamente lineal y aparezca un error por la no linealidad de la respuesta del instrumento.



Un caso típico que conviene tener en cuenta es el de los electrodos y medidores de pH. La escala de pH resulta lineal pues el potencial de Nernst generado corresponde al logaritmo negativo de la concentración molar de hidrógeno ionizado ( $H^+$ ). A

pesar de la sólida definición que sustenta la linealidad del medidor y de la electrónica utilizada para la amplificación, los sistemas (electrodo más medidor) de medición de pH sufren de no linealidades y, en realidad, la relación entre el pH de la solución y el pH medido es más bien como indican los puntos (circulitos) que no como la línea sólida (hipotética respuesta lineal) de la figura a continuación.

## Ejercicio 2:

Un sensor de temperatura, que tiene un rango de medida de 20-250 °C, entrega una lectura de 55 °C. Especificar el error en la lectura si la exactitud se expresa de las siguientes formas, indicando el rango de medición en cada caso.

+/- 0,5% del valor máximo de lectura

$$E(v_{\max}) = \pm (0,5 \cdot 250) / 100 = \pm 1,25 \text{ °C}$$

+/- 0,75% del alcance (FS)

$$E(\text{alcance}) = \pm (0,75 \cdot 230) / 100 = \pm 1,72 \text{ °C}$$

+/- 0,8% de la lectura

$$E(\text{lectura}) = \pm (0,8 \cdot 55) / 100 = \pm 0,44 \text{ °C}$$

Durante el diseño de un equipo de control de temperatura se ensayan cuatro sensores A, B, C y D. Cada uno de estos sensores fue probado tomando cinco lecturas mientras se mantenía una temperatura constante de 18 [°C], dando como resultado los datos consignados en la tabla. ¿Cuál sensor ofrece la mayor **exactitud** y cuál ofrece la mayor **precisión**?

Sensor	Lectura 1 [°C]	Lectura 2 [°C]	Lectura 3 [°C]	Lectura 4 [°C]	Lectura 5 [°C]	Promedio	Desviación estándar
A	18.10	18.05	18.00	18.10	18.15	18.08	0.057
B	18.00	18.05	18.00	18.05	18.00	18.02	0.027
C	17.95	17.90	17.85	17.98	17.80	17.90	0.073
D	17.90	17.92	17.91	17.90	17.91	17.91	0.008

- **Exactitud:** Grado de aproximación al **valor verdadero**.
- **Precisión:** Grado de dispersión entre las **lecturas**.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

El sensor **más exacto** es el B.

El sensor **más preciso** es el D.

## Ejercicio 3 (ejemplo)

Determinar el **alcance**, **exactitud** y **precisión** de cada uno de los modelos de sensores de presión que se muestran en el catálogo.

Model		PSE570	PSE573	PSE574	PSE575	PSE576	PSE577
Fluid	Applicable fluid	Gas or liquid that will not corrode the materials of parts in contact with fluid					
Pressure	Rated pressure range	0 to 1 MPa	-100 to 100 kPa	0 to 500 kPa	0 to 2 MPa	0 to 5 MPa	0 to 10 MPa
Accuracy	Analog output accuracy (Ambient temperature of 25°C)	±1.0% F.S.			±2.5% F.S.		
	Repeatability (Ambient temperature of 25°C)	±0.2% F.S.			±0.5% F.S.		
Alcance:		1 – 0 = 1 [MPa]	100 – (-100) = 200 [kPa]	500 – 0 = 500 [kPa]	2 – 0 = 2 [MPa]	5 – 0 = 5 [MPa]	10 – 0 = 10 [MPa]
Exactitud:		1% de 1 [MPa]  $\frac{1 \cdot 1}{100} = 0.01$  ± 0.01 [MPa]	1% de 200 [kPa]  $\frac{1 \cdot 200}{100} = 2$  ± 2 [kPa]	1% de 500 [kPa]  $\frac{1 \cdot 500}{100} = 5$  ± 5 [kPa]	2.5% de 2 [MPa]  $\frac{2.5 \cdot 2}{100} = 0.05$  ± 0.05 [MPa]	2.5% de 5 [MPa]  $\frac{2.5 \cdot 5}{100} = 0.125$  ± 0.125 [MPa]	2.5% de 10 [MPa]  $\frac{2.5 \cdot 10}{100} = 0.25$  ± 0.25 [MPa]
Precisión:		0.2% de 1 [MPa]  $\frac{0.2 \cdot 1}{100} = 0.002$  ± 0.002 [MPa]	0.2% de 200 [kPa]  $\frac{0.2 \cdot 200}{100} = 0.4$  ± 0.4 [kPa]	0.2% de 500 [kPa]  $\frac{0.2 \cdot 500}{100} = 1$  ± 1 [kPa]	0.5% de 2 [MPa]  $\frac{0.5 \cdot 2}{100} = 0.01$  ± 0.01 [MPa]	0.5% de 5 [MPa]  $\frac{0.5 \cdot 5}{100} = 0.025$  ± 0.025 [MPa]	0.5% de 10 [MPa]  $\frac{0.5 \cdot 10}{100} = 0.05$  ± 0.05 [MPa]