



SENSORES Y ACONDICIONADORES

TEMA 3

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVAS

**Profesores: Enrique Mandado Pérez
Antonio Murillo Roldan**



CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS O DE FUNCIONAMIENTO

[MAND 09 pág 465] [PERE 04 pág 15] [PALL 03 pag 12]

Describen la respuesta del sensor en función de la magnitud de entrada.

Se clasifican en:

ESTATICAS

Describen la respuesta del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la magnitud de entrada.

DINAMICAS

Describen la respuesta del sensor ante cambios bruscos o significativos de la magnitud de entrada.

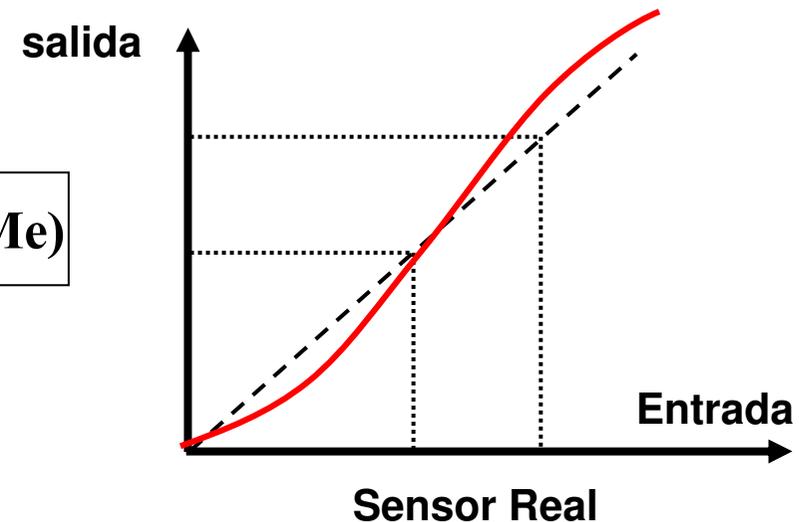
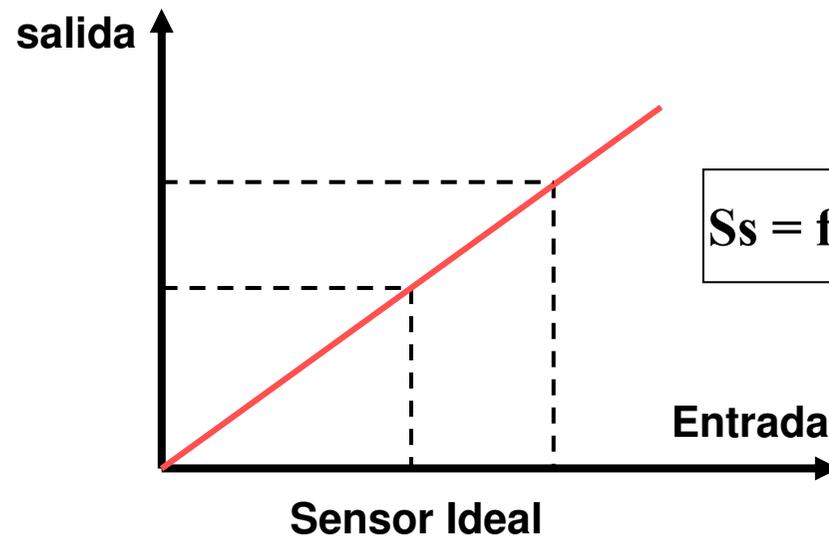


CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS

[MAND 09 pág 466] [PERE 04 pág 15] [PALL 03 pag 12]

Curva de calibración (*Static Transfer Function*)

Relación entre la entrada aplicada al sensor y su salida en régimen estático.





CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Para definir la curva adecuadamente es necesario indicar su forma y sus límites.

Campo, escala o rango de medida (*Range*)

Dominio de variación de la magnitud de entrada comprendido entre el límite superior e inferior de la capacidad de medida del sensor, cuya conversión se asegura con una precisión determinada. Puede ser:

- Unidireccional (Ej.: “0 a 5 cm”)
- Bidireccional simétrico (Ej.: “ ± 45 °C”)
- Bidireccional asimétrico (Ej.: “-20 a +80 °C”)
- Desplazado (Ej.: “50 a 100 Kg/cm²”)

Alcance o amplitud (*Span, input full scale*)

Diferencia entre los límites de medida superior e inferior.

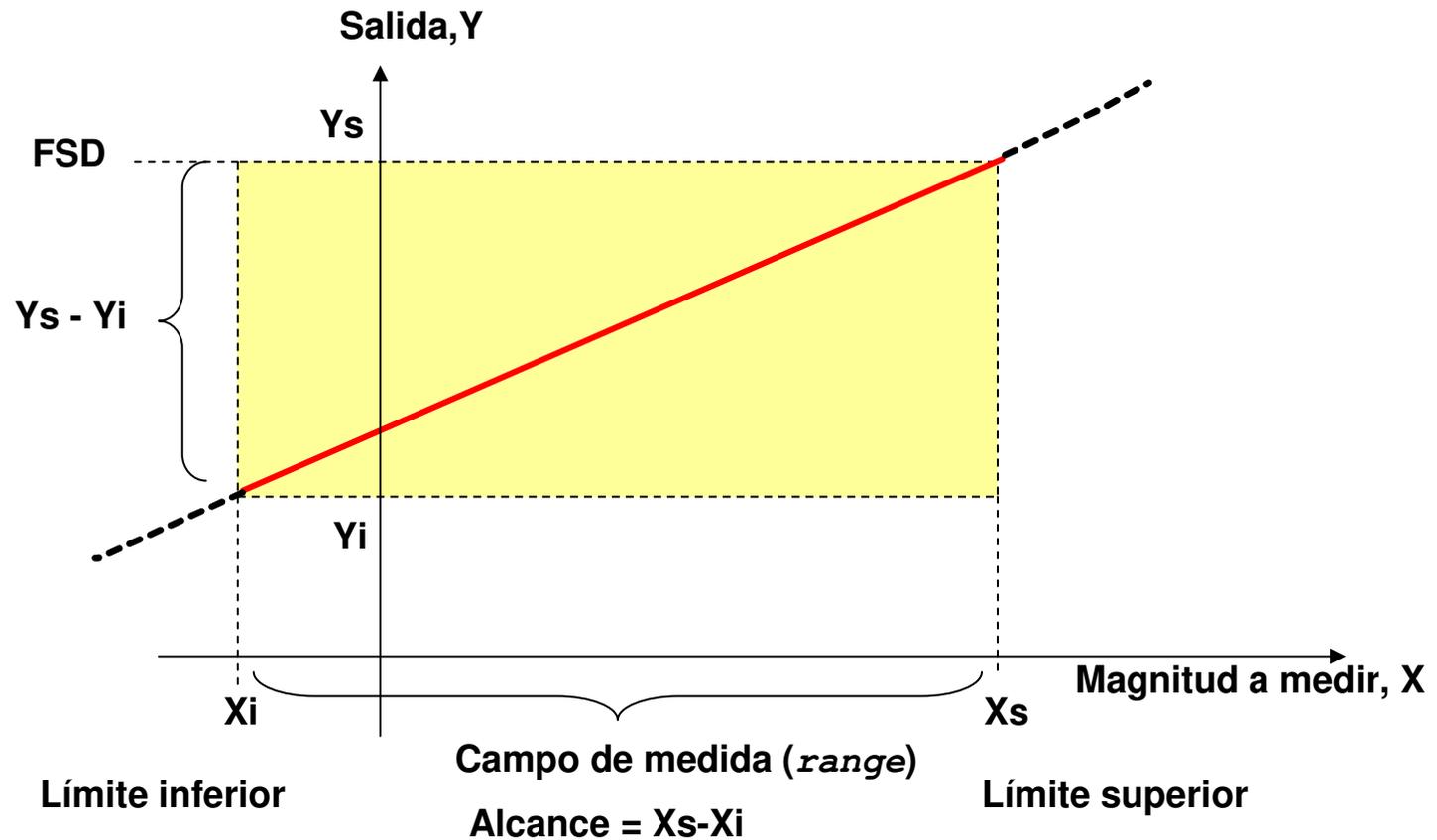
Salida a fondo de escala (*Full Scale output*)

Diferencia entre las salidas correspondientes a los extremos del campo de medida.



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS

Parámetros ligados a la curva de calibración



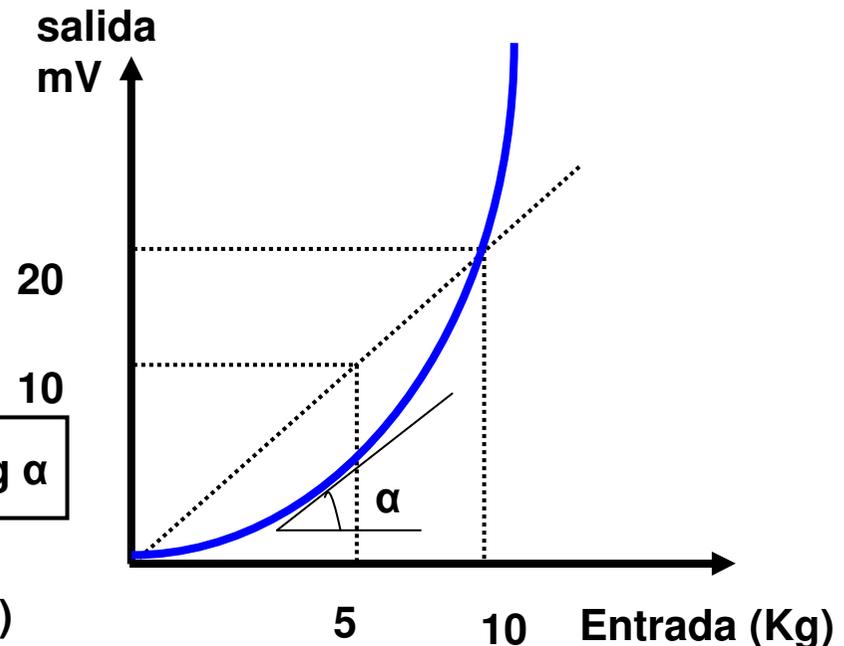
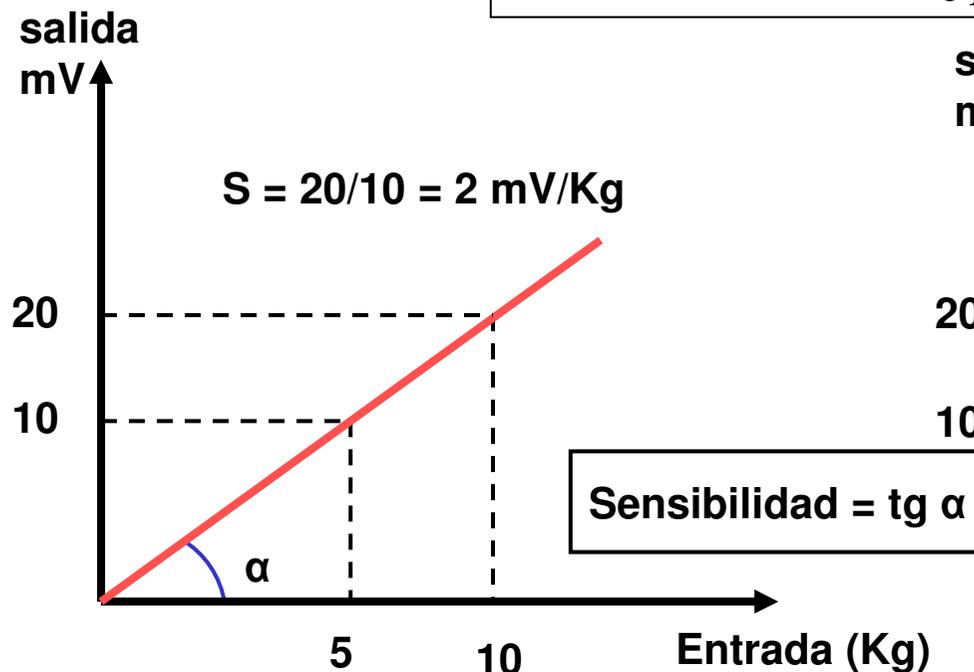


CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Sensibilidad (*Sensitivity*)

Es la variación que experimenta la señal de salida cuando se produce una variación pequeña de la señal de entrada. Es la pendiente en cada punto de la curva de calibración.

$$S = \lim_{\Delta Me \rightarrow 0} \frac{\Delta Vs}{\Delta Me} = \frac{\partial Vs}{\partial Me} = \text{tg } \alpha$$





CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Sensibilidad Unitaria

En los sensores pasivos se indica la relación entre la tensión de salida del sensor y la tensión de alimentación o excitación del mismo para la carga nominal.

$$S_u = \frac{V_s}{V_{exc}}$$

La tensión real de salida para una carga determinada es:

$$V_s = \frac{S_u \cdot V_{exc}}{FSD} M_e$$



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

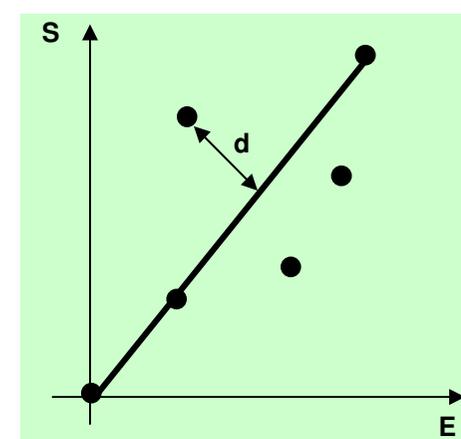
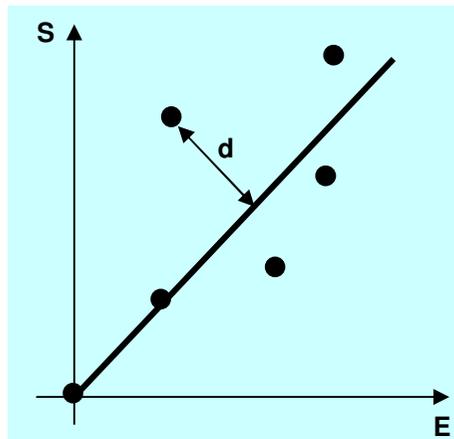
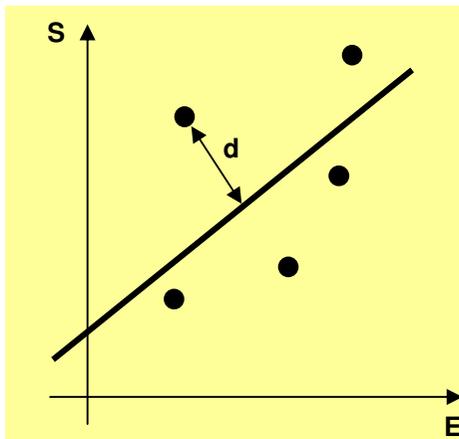
Linealidad

Expresa el grado de coincidencia entre la curva de calibración y una línea recta determinada.

Linealidad independiente: La recta se define por el método de mínimos cuadrados. De esta forma, el máximo error positivo y el mínimo error negativo son iguales. Es la que da mejor calidad.

Linealidad ajustada al cero: La recta se define por el método de los mínimos cuadrados con la restricción adicional de pasar por cero.

Linealidad terminal: La recta se define por la salida sin entrada y la salida teórica máxima, correspondiente a la mayor entrada admitida.



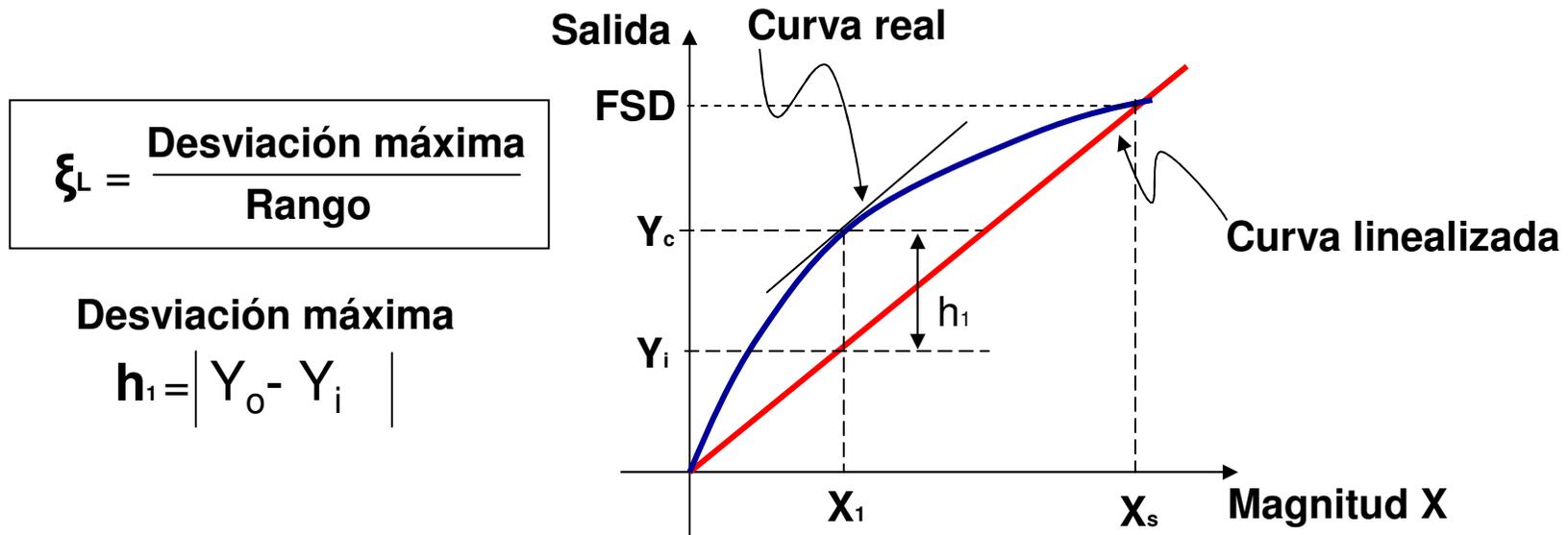


CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

▪ No linealidad (*Non linearity*)

Máxima desviación de la curva de calibración con respecto a la recta.

El valor de la no linealidad se suele expresar en % respecto al alcance (*Span*).



Cuando la escala comienza en "0" (lo más normal) el alcance coincide con el FSD

$$\xi_L = \frac{h_1}{\text{FSD}} 100$$

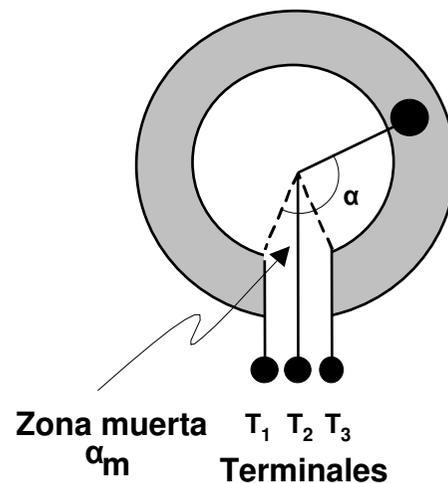


CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

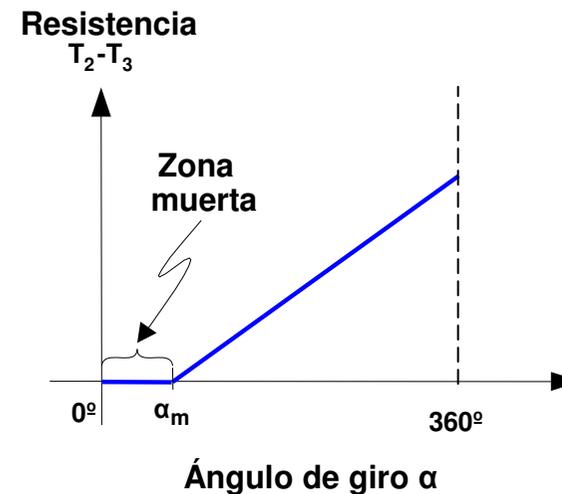
Zona muerta (Dead zone)

Campo de valores de la variable de entrada que no hace variar la salida.

Provoca una región de la curva de calibración con sensibilidad nula.



(a)



(b)

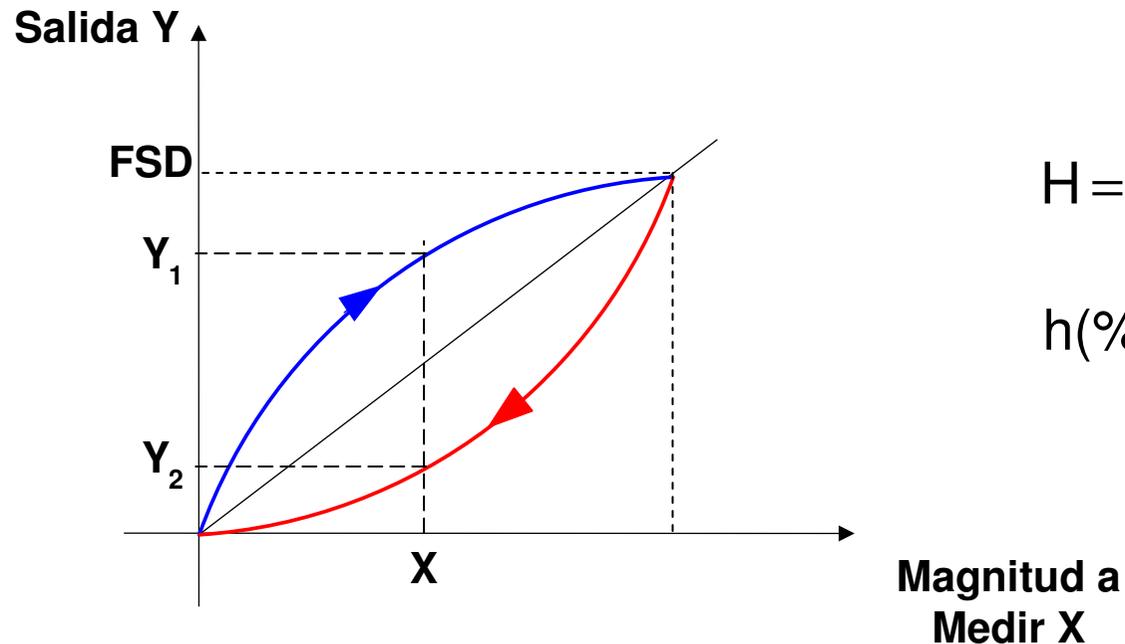
Ejemplo: Potenciómetro angular



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Histéresis (Hysteresis)

Diferencia entre los valores de la salida correspondientes al mismo valor de la entrada según se alcance en un sentido o en otro.



$$H = |Y_1 - Y_2|$$

$$h(\%) = \frac{H}{FSD} * 100$$

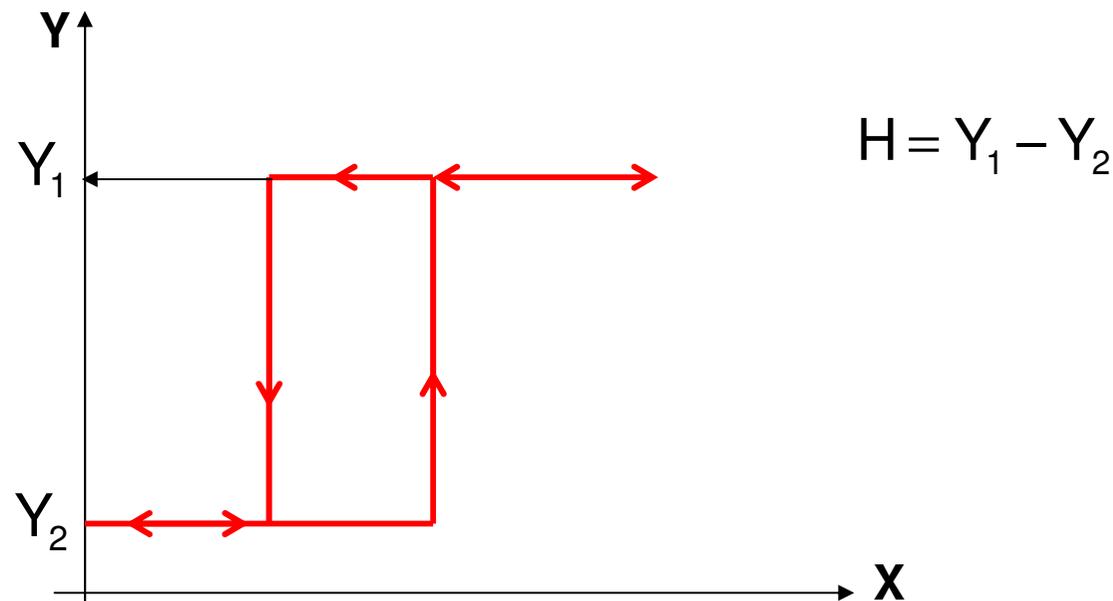
Histéresis en un sensor analógico



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Histéresis en sensores todo o nada

La histéresis se utiliza en los sensores todo o nada para eliminar las oscilaciones que aparecen a la salida del sensor cuando el nivel de la variable de entrada coincide con el que hace cambiar de estado la salida.



Histéresis en un sensor todo o nada

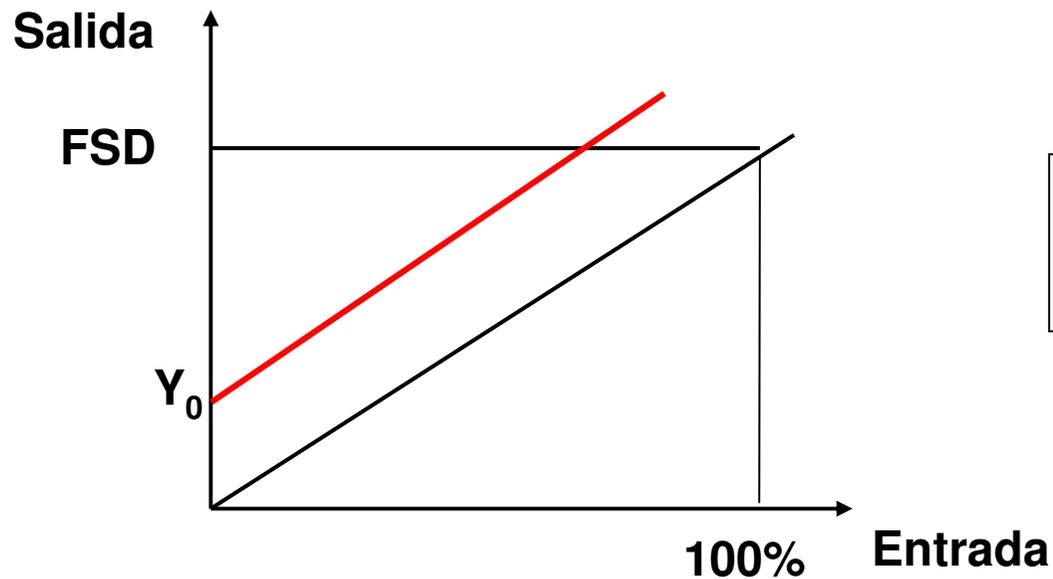


CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Deriva (*Drift*)

Variación de algún aspecto de la curva de calibración con respecto a algún parámetro ambiental (temperatura, humedad, etc.) o con respecto al tiempo.

La deriva o error de desviación (*Offset*) suele ser lineal con la medida y por ello se calcula como el valor de salida con entrada nula. Se expresa en % respecto al alcance.



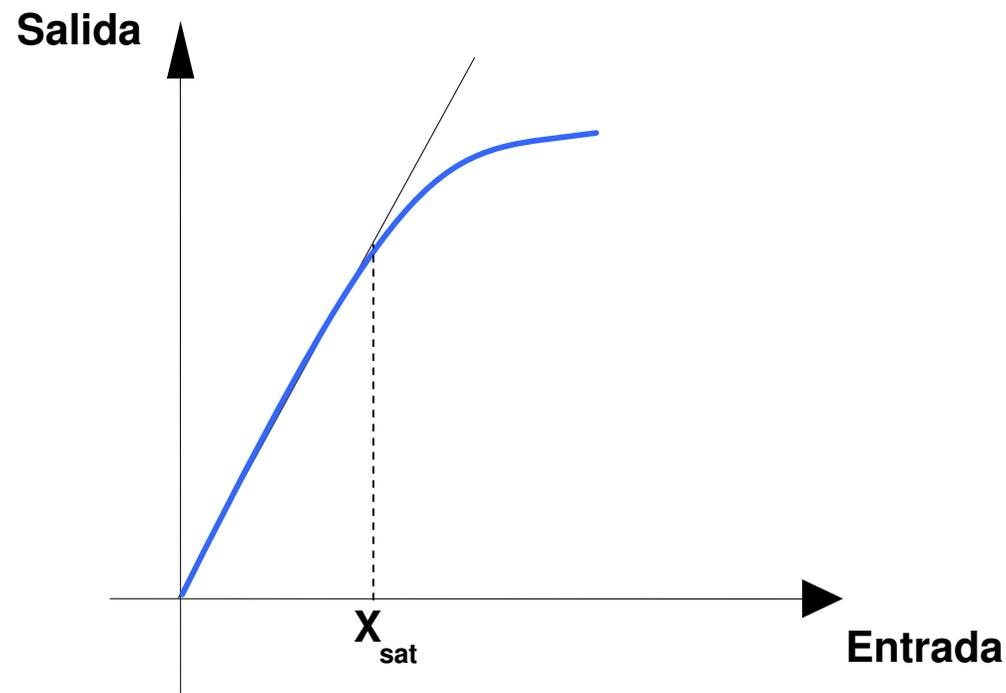
$$\xi_D = \frac{Y_0}{\text{FSD}} * 100$$



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Saturación (*Saturation*)

Nivel de entrada a partir del cual la sensibilidad disminuye de forma significativa.



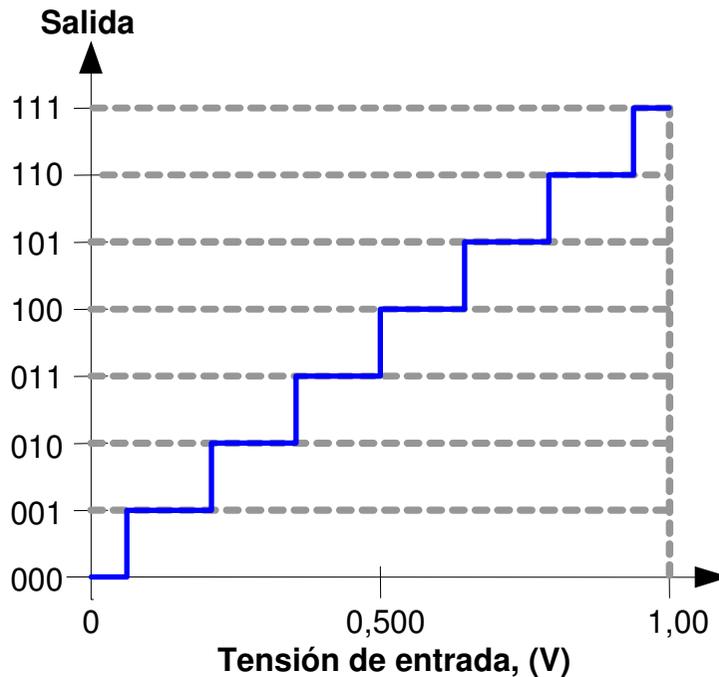


CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

▪ Resolución (*Resolution*)

Incremento mínimo de la variable de entrada que produce un cambio medible a la salida. Se suele expresar en % del valor de FSD.

Cuando el incremento de la entrada se produce a partir de cero, se le denomina *umbral* (*Threshold*).



Ejemplos

Convertidor A/D de 0 a 1V y 3 bits

Resolución = $1/8 = 0.125$ V/bit

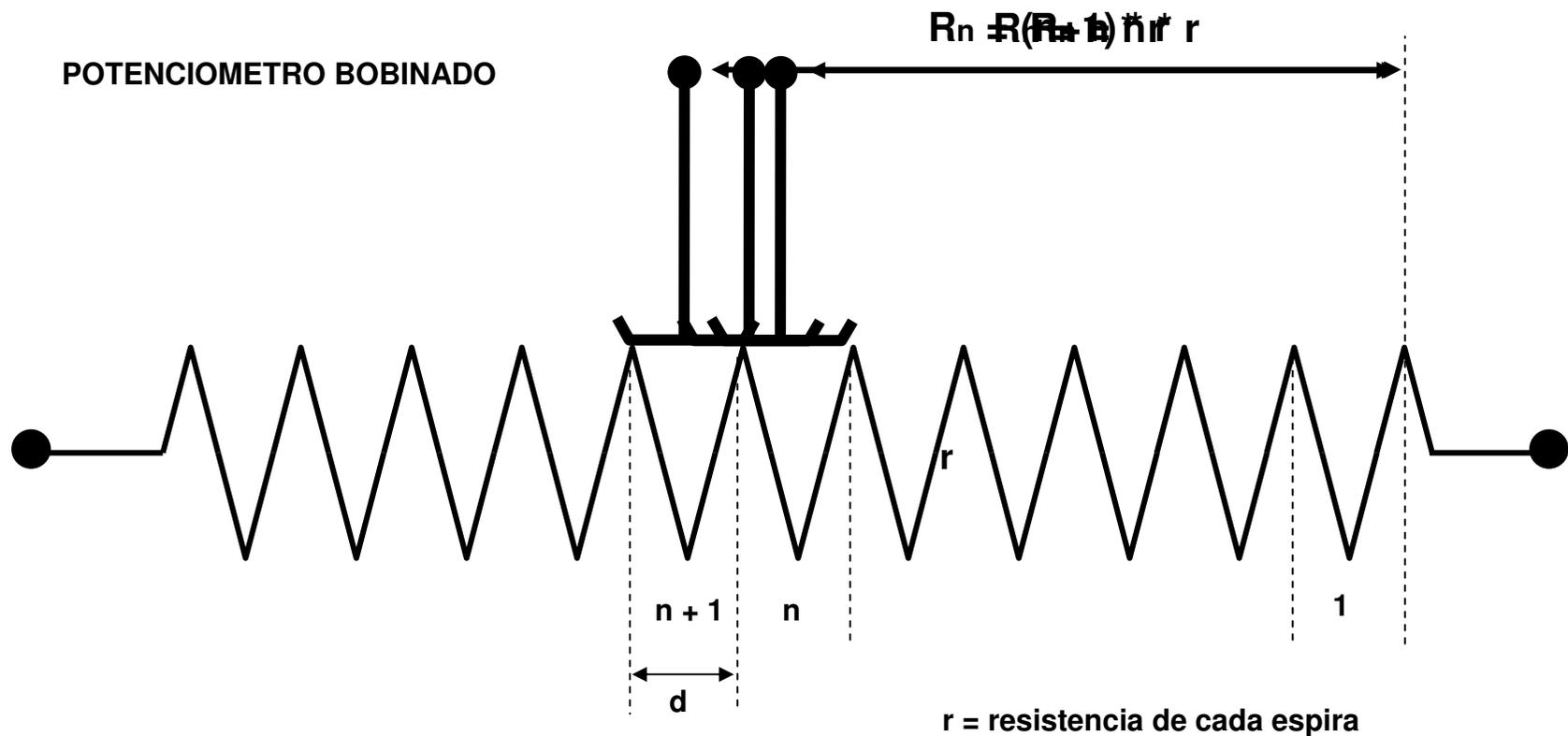
Potenciómetro bobinado de 100 espiras

Resolución = 1%



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Resolución o discriminación





CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Errores de medida

- **Error absoluto**
- **Error relativo**
- **Error sistemático**
- **Error aleatorio**



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Errores de medida

Error absoluto (*Absolute error*)

Diferencia en valor absoluto entre el valor medido R_M y el valor exacto V_M .

$$E_A = |R_M - V_M|$$

Error relativo (*Relative error*)

Relación entre el error absoluto E_A y el valor exacto V_M .

$$E_R = \frac{E_A}{V_M}$$

Suele tener dos términos: uno dado como porcentaje de la lectura, y otro constante, que puede estar especificado como porcentaje del fondo de escala o "dígitos" en el caso de instrumentos digitales.



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Errores de medida

[MAND 09 página 467] [PERE 04 página 20] [PALL 03 pag 16]

Error sistemático (*Systematic error*)

Error que en el curso de varias medidas de una magnitud hechas en las mismas condiciones, permanece constante en valor absoluto y signo, o varía de acuerdo con una ley definida, cuando cambian las condiciones de medida.

Se puede evitar cambiando de operario, de instrumento, etc.

Error aleatorio (*Random error*)

Error que permanece una vez eliminadas las causas de errores sistemáticos. Se elimina calculando la media.



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Parámetros asociados con los errores de medida

- Veracidad (*Trueness*)

Grado de concordancia entre el valor medio obtenido de una gran serie de resultados y el valor verdadero o aceptado como referencia. También se denomina desviación o sesgo.

- Precisión (*Precision*)

Es la capacidad de un sistema para proporcionar el mismo resultado cuando la medida se repite en unas condiciones determinadas. También se denomina fidelidad (*Fidelity*).

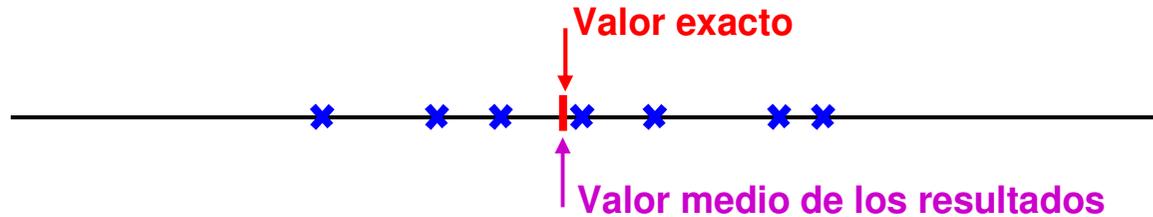
- Exactitud (*Accuracy*)

Caracteriza la correspondencia de los resultados entre sí y con el valor verdadero (precisión y veracidad). Es un concepto que caracteriza la capacidad de un sistema para proporcionar el valor exacto de la variable que se mide. Se determina mediante calibración estática.



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

a) Instrumento veraz pero poco preciso



b) Instrumento muy preciso pero poco veraz



X = Resultados obtenidos



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS Parámetros ligados a la curva de calibración)

Parámetros asociados con los errores de medida

Ejemplo

Una persona, cuyo peso real es 70,0 kg, se pesa en dos básculas diferentes. Después de pesarse cinco veces con cada una de las básculas los resultados son:

Báscula 1: 65,0 kg 65,1 kg 64,9 kg 65,1 kg 65,0 kg

Báscula 2: 70,0 kg 72,0 kg 68,0 kg 71,1 kg 73,0 kg

La báscula 1 presenta mayor *precisión* y menor *exactitud* que la báscula 2 porque proporciona un *error sistemático* de 5 kg.



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Limite de error o clase del instrumento

Los instrumentos de medida se deben “calibrar o tarar” mediante comparación con un patrón.

Todas las fuentes de error indicadas anteriormente, incluso las que corresponden a la calibración, son en general, por motivos de uniformidad en la construcción, reunidas en un valor característico que establece cual es el error total que comete el instrumento o error Instrumental.

Al respecto las normas de fabricación de los instrumentos eléctricos indicadores, coinciden en definir como **límite del error o clase** el mayor error que comete el aparato en cualquier parte de su campo de medida, tanto si es positivo como si es negativo, referido al valor máximo (alcance).

La clase se expresa por la fórmula:

$$c(\%) = \pm \frac{\Delta V_{\max}}{\text{Alcance}} \cdot 100 = \pm \frac{(V_i - V_v)_{\max}}{V_{pe}} \cdot 100$$



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Limite de error o clase del instrumento

En consecuencia, el límite de error de un instrumento indicador viene dado en valor absoluto por:

$$\Delta V_{\text{máx}} = \pm c(\%) \cdot \text{Alcance}/100 = \text{constante para un mismo alcance}$$

Esto significa que cualquier lectura que se efectúe en división exacta de la escala y dentro del campo de medida, tiene un error absoluto máximo que se denomina “**error por calibración**” o directamente por **clase de valor** igual a $\pm \Delta V_{\text{máx}}$

Se toma una división exacta de la escala para no introducir otro tipo de error que se comete cuando se efectúan lecturas que no son exactas (error de apreciación) y que no dependen de la calibración del aparato.

En los instrumentos digitales el único error es el de clase.



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

La clase "c %" puede ser la misma para un instrumento de varios alcances, mientras que es evidente que el error absoluto por clase depende del alcance que se utilice.

De acuerdo con las normas vigentes en los distintos países, los fabricantes deben indicar de forma visible cual es la correspondiente clase del aparato.

Ejemplos de clases para instrumentos eléctricos son:

Norma	Clase	Límite de Error +/- %
UNE (ESPAÑA) ASA (EE UU)	0,25	0,25
	0,50	0,50
	1	1
	1,50	1,50
	2	2
VDE (ALEMANA)	E	0,1
	F	0,2
	G	0,3
	H	1,5



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS (Parámetros ligados a la curva de calibración)

Repetibilidad (*Repeatability*)

Capacidad para obtener el mismo valor de una magnitud al medirla varias veces en un intervalo corto de tiempo y en unas condiciones determinadas.

Reproducibilidad (*Reproducibility*)

Capacidad para obtener el mismo valor de una magnitud al medirla varias veces durante un intervalo largo de tiempo, por personas diferentes o por la misma persona con distintos aparatos o en diferentes laboratorios.



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS

Calibración [PERE 04 pag 23]

Operación mediante la cual se ajusta la salida de un determinado instrumento de tal modo que coincida con los valores correspondientes de diversos patrones de la magnitud a medir.

Calibración a un punto

La salida se ajusta para que sea lo más exacta posible en un punto concreto. Normalmente ese punto es el valor cero de la variable de entrada, porque suele ser uno de los puntos para los que más fácilmente se conoce el valor verdadero. Puede ser manual o automática.

Ejemplo de calibración manual: Báscula de baño analógica

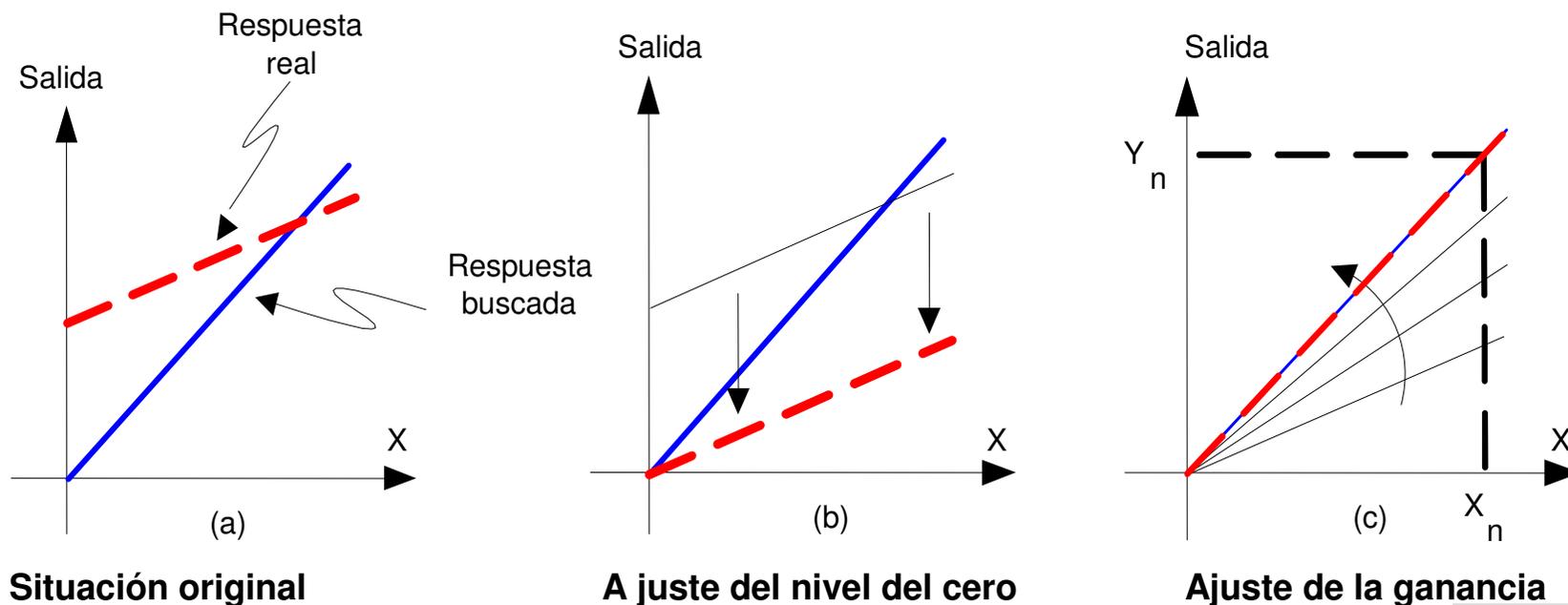
Ejemplo de calibración automática: Báscula de baño digital que memoriza el resultado en ausencia de peso y se lo resta a todas las medidas



CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS

Calibración del cero y de la sensibilidad

Cuando la respuesta es lineal es necesario ajustar dos puntos o un punto y la pendiente (sensibilidad). Si se ajusta un punto y la pendiente, primero se debe ajustar el punto (normalmente el cero), y luego la pendiente. Para este último ajuste es necesario medir en otro punto y ajustar la ganancia de forma que en ese segundo punto sea la deseada.





CARACTERÍSTICAS DINAMICAS

[MAND 09 página 471] [PERE 04 página 25] [PALL 03 pag 18]

Establecen la relación entre la entrada y la salida de un sensor cuando el tiempo transcurrido desde la última variación de la entrada es inferior al necesario para que la salida alcance el régimen permanente.

Difieren de las estáticas debido a la existencia de elementos que almacenan energía (masas en dispositivos mecánicos, inductancias o condensadores en dispositivos eléctricos).

Error dinámico (*Dynamic error*)

Diferencia entre el valor obtenido y el valor exacto de la variable medida, cuando el error estático es nulo. Describe la diferencia entre las respuestas del sensor a una magnitud de entrada constante y otra variable en el tiempo.

Velocidad de respuesta

Indica la rapidez con la que el sistema de medida responde a los cambios de la variable de entrada. Cuando la respuesta no es instantánea se dice que hay un retardo (*Delay*).



CARACTERÍSTICAS DINAMICAS

Para describir matemáticamente el comportamiento dinámico del sensor, se supone que su salida y su entrada se relacionan mediante una ecuación diferencial lineal de coeficientes constantes (sistema lineal invariante en el tiempo). En estas condiciones, la relación entre la salida y la entrada del sensor se puede expresar en forma del cociente de la transformada de Laplace de ambas señales (función de transferencia).

De acuerdo con su comportamiento dinámico los sensores se pueden clasificar en:

- **Sistemas de orden cero**
- **Sistemas de primer orden**
- **Sistemas de segundo orden**

Normalmente no es necesario emplear modelos superiores al de orden dos.

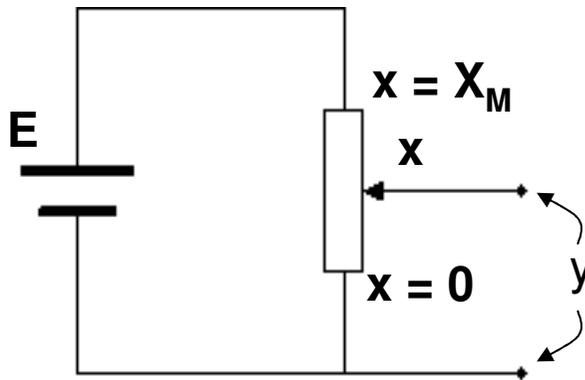


CARACTERÍSTICAS DINAMICAS

Sistemas de orden cero

Su salida está relacionada con la entrada mediante una ecuación del tipo $y(t) = k x(t)$. Su comportamiento está caracterizado por la sensibilidad (k) y tanto su error dinámico como su retardo son nulos.

Ejemplo: Sensor de posición realizado con un potenciómetro (ideal)



$$y = E \frac{x}{X_M} \quad 0 \leq x \leq X_M$$
$$k = \frac{E}{X_M}$$



CARACTERÍSTICAS DINAMICAS

Sistemas de primer orden

Están formados por un elemento que almacena energía y otro que la disipa. La respuesta de un sistema de primer orden ante una entrada en escalón corresponde a la función temporal:

$$x(t) = X_F \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Se suelen caracterizar mediante cuatro parámetros:

- Tiempo de subida
- Tiempo de establecimiento
- Tiempo de respuesta
- Constante de tiempo



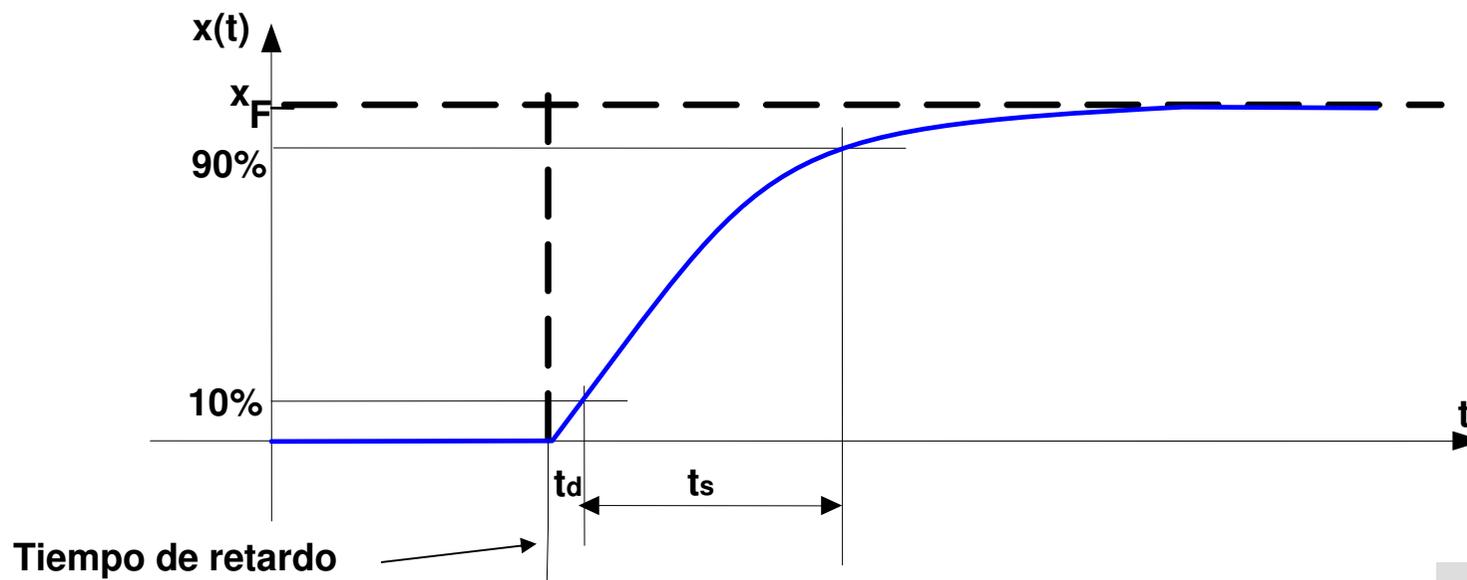
CARACTERÍSTICAS DINAMICAS (Sistemas de primer orden)

Tiempo de retardo (*Delay time*)

Tiempo que transcurre desde que se aplica la señal en escalón a la entrada y la salida alcanza el 10% del valor final

Tiempo de subida (*Rise time*)

Tiempo que transcurre entre el instante en que la señal de salida alcanza el 10% de su valor final y el instante en que alcanza el 90% como resultado de un cambio en escalón de la magnitud de entrada. Se denomina t_s





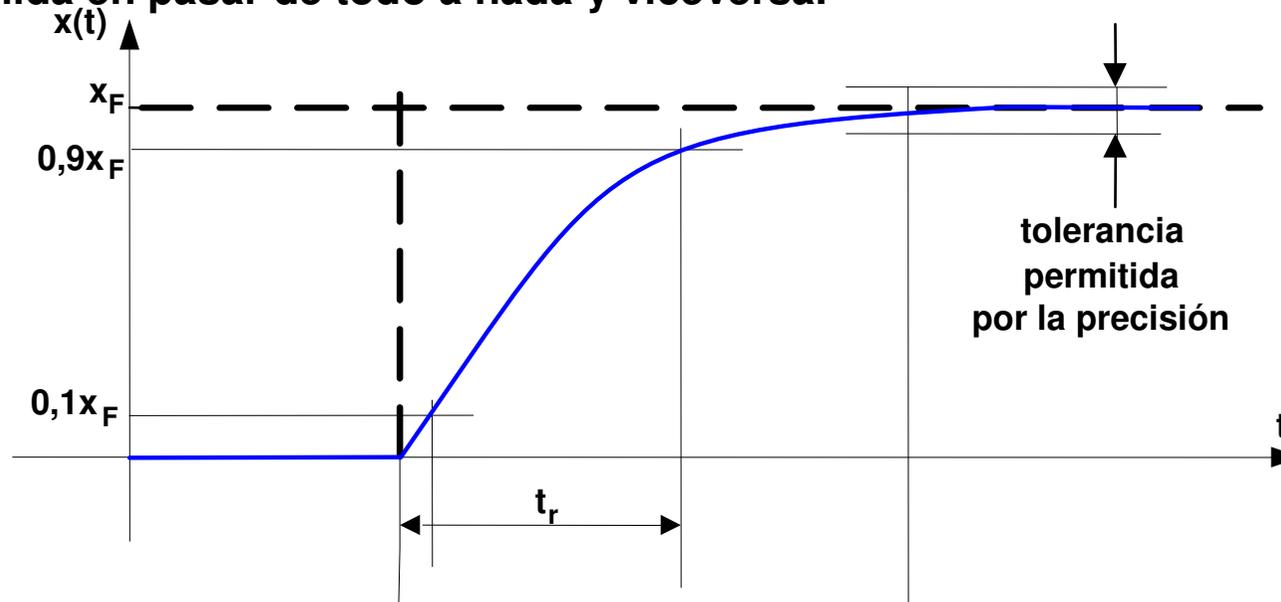
CARACTERÍSTICAS DINAMICAS (Sistemas de primer orden)

Tiempo de respuesta (*Response time*)

Tiempo transcurrido desde que se aplica un cambio en escalón de la magnitud a medir hasta que la salida alcanza un porcentaje determinado de su valor final. Cuando el porcentaje es el 90%, coincide con el tiempo de retardo mas el de subida.

$$t_r = t_d + t_s$$

En los sensores todo-nada se suele especificar como el valor medio del tiempo que tarda la salida en pasar de todo a nada y viceversa.

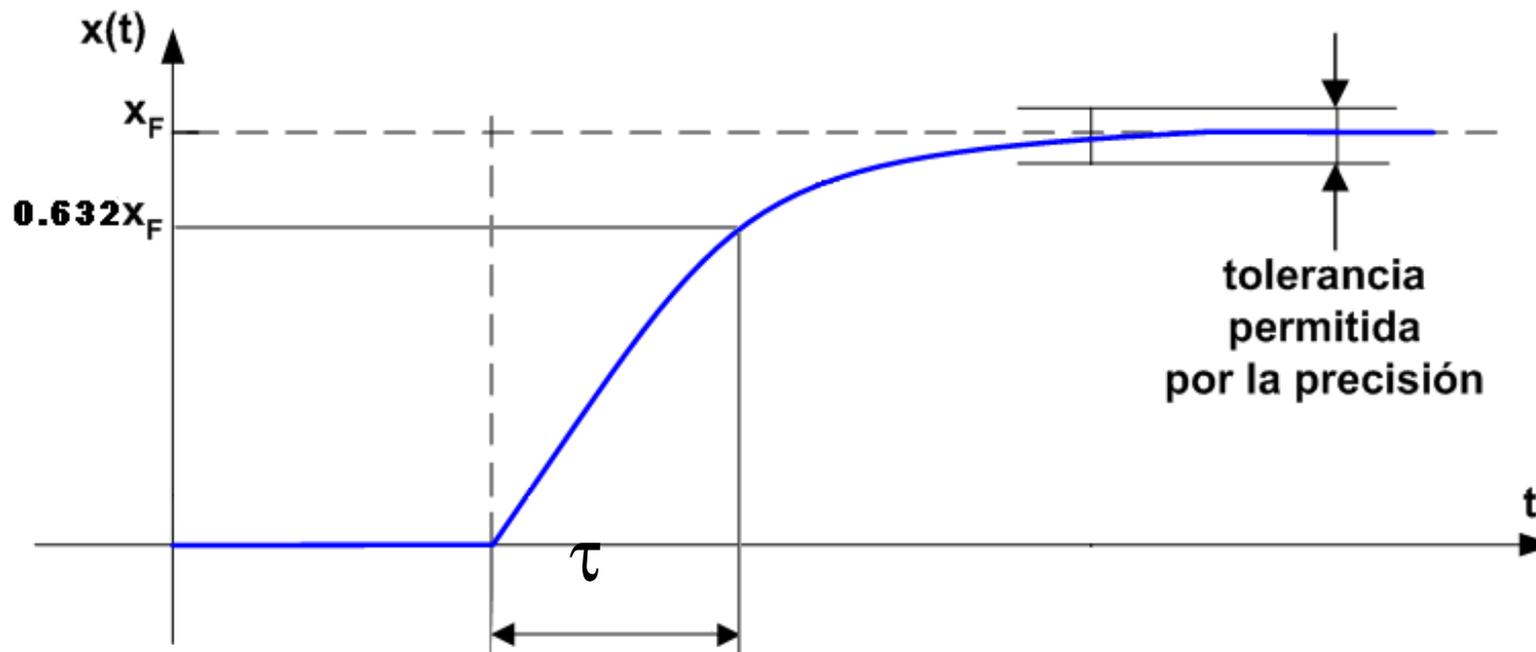




CARACTERÍSTICAS DINAMICAS (Sistemas de primer orden)

Constante de tiempo (*Time constant*)

Tiempo transcurrido desde que se aplica un cambio en escalón de la magnitud a medir hasta que la salida alcanza el 63,2% de su valor final. Representa un caso particular del tiempo de respuesta.

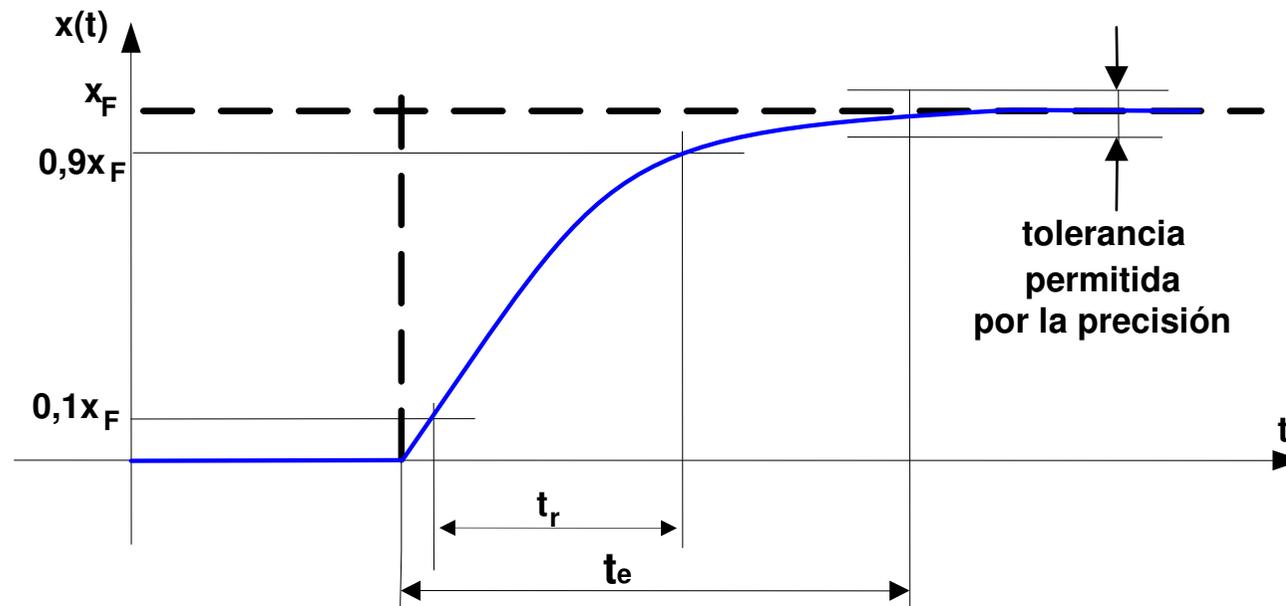




CARACTERÍSTICAS DINAMICAS (Sistemas de primer orden)

Tiempo de establecimiento (*Settling time*)

Tiempo que transcurre desde que se aplica un cambio en escalón de la magnitud de entrada hasta que el sistema proporciona una salida dentro del margen de tolerancia definido por su precisión. A veces se considera que su valor es igual a cinco veces la constante de tiempo.





CARACTERÍSTICAS DINAMICAS

Sistemas de segundo orden

Formados por dos elementos que almacenan energía y al menos uno que la disipa. En un sistema de segundo orden, la respuesta ante una entrada en escalón presenta tres casos diferentes:

- **Sistema sobreamortiguado (a) (*Overdamped system*)**

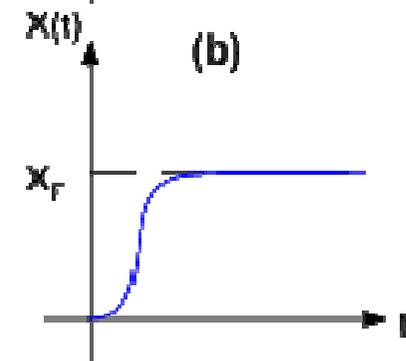
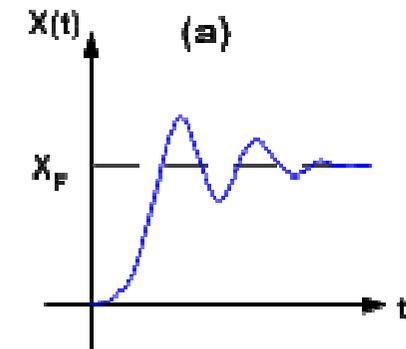
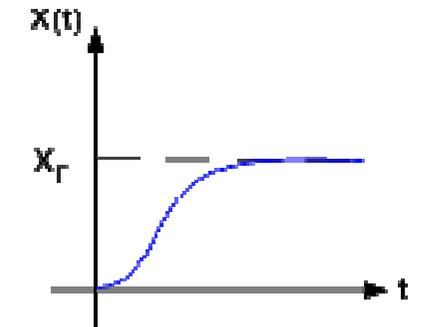
Sistema de respuesta lenta cuya salida alcanza el valor final sin superarlo en ningún momento.

- **Sistema subamortiguado (b) (*Underdamped system*)**

Sistema de respuesta rápida cuya salida oscila alrededor del valor final hasta que lo alcanza.

- **Sistema con amortiguamiento crítico (c)**

Sistema sobreamortiguado que posee la respuesta más rápida posible.



(c)



CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS

Sistema de segundo orden subamortiguado

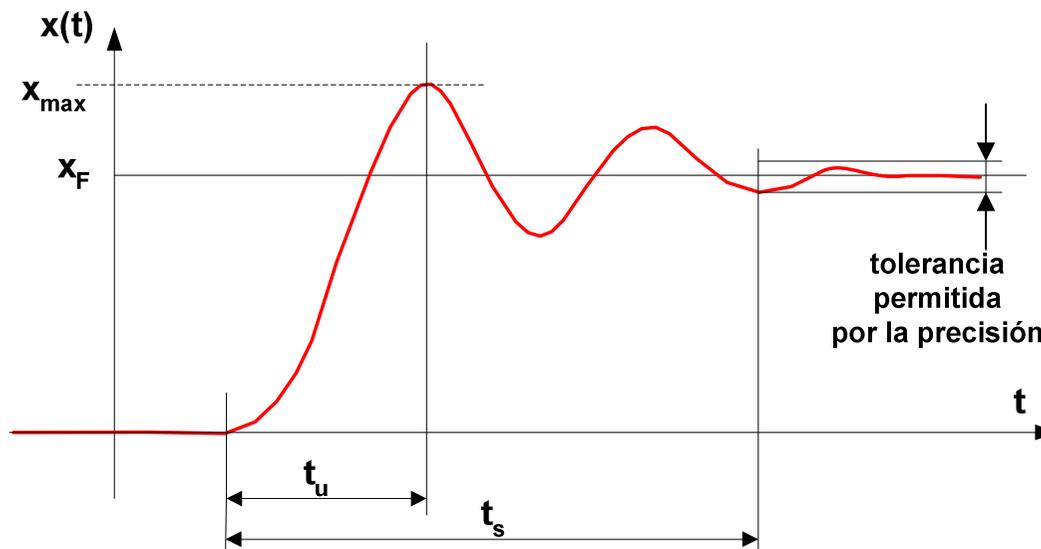
- Sobreoscilación

Cociente entre el valor máximo que se alcanza y el valor final en %:

$$\frac{X_{\max}}{X_F} * 100$$

- Tiempo de establecimiento (t_s)

Tiempo a partir del cual la señal queda siempre dentro de la banda del margen de confianza definida por la precisión del sistema.





CARACTERÍSTICAS DE ALIMENTACIÓN [MAND 09 página 463]

La mayoría de los sensores son pasivos y necesitan una fuente de alimentación. La tensión de alimentación puede ser continua o alterna, aunque generalmente es continua.

- **Ondulación residual**

Máxima tensión alterna pico a pico superpuesta a la tensión continua para que el sensor funcione correctamente.

- **Consumo de corriente en vacío**

Máximo valor de corriente que el sensor demanda de la fuente de alimentación cuando no se conecta una carga a su salida.

- **Impedancia de la fuente (Z_s) e impedancia de entrada (Z_e)**

Impedancias presentada al sensor por la fuente de alimentación y a la fuente de alimentación por el sensor respectivamente. Z_s incluye generalmente los cables de conexión.



CARACTERÍSTICAS DE AISLAMIENTO [MAND 09 pag 464]

Cuando dos o más partes de un sensor están aisladas eléctricamente es importante conocer el grado de aislamiento entre ellas.

- **Resistencia de aislamiento**

Resistencia entre las partes aisladas medida mediante la aplicación de una tensión continua de un determinado valor.

- **Tensión de ruptura o rigidez dieléctrica**

Máxima tensión que se puede aplicar entre las partes aisladas sin que se produzca un arco eléctrico o sin que la corriente que circule entre ambas supere un valor determinado.



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS [MAND 09 página 464]

Características que hacen referencia a los aspectos de tipo mecánico relacionados con el sensor industrial y sus condiciones de manejo e instalación. Generalmente los fabricantes especifican:

- **Las instrucciones de montaje**
- **El tipo, tamaño y localización de las conexiones eléctricas y mecánicas**
- **La forma de realizar los ajustes externos (si son necesarios)**
- **El material de la carcasa**
- **El grado de protección o sellado (*Ingress Protection*) de la carcasa ante agentes externos**
- **La configuración constructiva y sus dimensiones externas**



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS [MAND 09 página 465]

▪ Grado de protección ambiental o sellado

Norma 144 de la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) perteneciente a ISO (Organización Internacional de Normalización). Existen normas equivalentes de DIN y CENELEC.

Especifica el grado de oposición a la entrada de agentes externos sólidos o líquidos. Se indica mediante las siglas IP (*Ingress Protection*) seguidas de dos cifras decimales. La primera cifra indica el grado de protección frente al contacto y entrada de cuerpos sólidos externos y la segunda cifra el grado de protección frente a la entrada de líquidos. Cuanto más alto es el número de la primera y segunda cifras, mayor es el grado de protección de la carcasa.



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Grado de protección

Ambiental

Norma 144

Ejemplo:

IP 35

1ª Cifra	Grado de Protección ante sólidos	2ª Cifra	Grado de Protección ante líquidos
0	El equipo no está protegido contra la entrada de cuerpos sólidos externos	0	Sin protección
1	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos externos grandes (mayores de 50 mm de diámetro)	1	Protección contra la condensación de gotas de agua
2	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos externos de tamaño medio (mayores de 12 mm de diámetro)	2	Protección contra gotas de líquido; la caída de gotas de líquido no tiene efectos perjudiciales si la carcasa tiene una inclinación de hasta 15º desde la vertical
3	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos externos mayores de 2,5 mm de diámetro.	3	Protección contra lluvia o agua en forma de lluvia, para un ángulo menor o igual a 60º con respecto a la vertical
4	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos externos pequeños (mayores de 1mm de diámetro)	4	Protección contra salpicaduras de líquido en cualquier dirección
5	Protección contra depósitos perjudiciales de polvo. La entrada de polvo no se evita totalmente, pero éste no puede entrar en cantidades suficientes como para interferir en el adecuado funcionamiento del equipo.	5	Protección contra chorros de agua. El agua no produce efectos perjudiciales cuando es proyectada por un inyector en cualquier dirección bajo condiciones especificadas.
6	Protección contra la entrada de polvo. Protección total frente al contacto con partes móviles situadas dentro de la carcasa	6	Protección contra condiciones del tipo de las de cubierta de barco (equipos herméticos de cubierta). El agua procedente de un fuerte oleaje no entra en la carcasa bajo condiciones especificadas
7		7	Protección contra la inmersión en agua bajo condiciones especificadas de presión y tiempo
8		8	Protección contra la inmersión indefinida en agua bajo condiciones especificadas de presión



CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES [MAND 09 página 473] (*Environmental conditions*)

- Efectos térmicos
- Efectos de la aceleración y las vibraciones
- Efectos de la presión ambiental
- Efectos de las perturbaciones eléctricas
- Humedad, corrosión, atmósfera salina, etc
- Efectos del montaje



CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

▪ Efectos térmicos

- Se suele especificar el rango de temperatura de funcionamiento normal (*Ambient operating temperature*) y la temperatura máxima a la que puede estar expuesto el sensor.
- Se evalúan mediante el error de temperatura, que define la variación máxima de la salida cuando el valor de la temperatura varía desde un determinado nivel de la temperatura ambiente hasta la temperatura máxima especificada.
- En algunos sensores se especifican solamente:
 - La deriva térmica de cero.
 - La deriva térmica de la sensibilidad.



CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

▪ Efectos térmicos

- Deriva térmica de cero (*Zero thermal drift*)

Es la máxima variación observada en la salida del sensor al variar la temperatura de operación dentro del rango de funcionamiento con una magnitud de entrada nula y sin carga. Ocasiona un desplazamiento paralelo de la curva de calibración.

- Deriva térmica de la sensibilidad (*Sensibility thermal drift*)

Es la máxima variación observada en la salida del sensor al variar la temperatura de operación dentro del rango de funcionamiento con una determinada entrada. Ocasiona un cambio de la pendiente de la curva de calibración.



CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

▪ Efectos de la aceleración y las vibraciones

• Efectos de la aceleración

Se especifican mediante el error de aceleración, que se define como la diferencia máxima (para un valor de la magnitud a medir dentro del rango) entre los valores de la salida obtenidos con la aplicación de una aceleración constante a lo largo de un eje determinado y en ausencia de ella.

• Efectos de las vibraciones

Se especifican mediante el error de vibración, que se define como la variación máxima de la salida para unos determinados niveles de amplitud y frecuencia de vibración bajo unos determinados ejes y en unas condiciones ambientales concretas. Suele ser superior al de aceleración debido a la aparición de resonancia a determinadas frecuencias.



CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

- **Efectos de la presión ambiental**

Se especifican mediante el error de presión ambiental, que se define como la máxima variación en la salida cuando la presión ambiental cambia dentro de unos valores específicos.

- **Efectos de las perturbaciones eléctricas**

Se especifican mediante los errores de interferencia, que se manifiestan como señales parásitas superpuestas a la señal de salida. Son ejemplos de perturbaciones eléctricas el ruido eléctrico producido por interferencias de radio, transitorios de conmutación, etc.

- **Humedad, corrosión, atmósfera salina, etc**

- **Efectos del montaje**



CARACTERÍSTICAS DE FIABILIDAD [MAND 09 página 476] (*RELIABILITY CHARACTERISTICS*)

Hacen referencia a la vida útil de un sensor y a los errores que, como consecuencia de su envejecimiento, pueden aparecer con el transcurso del tiempo. Se definen mediante los siguientes parámetros:

- Vida útil (*Lifetime*)
- Vida de almacenamiento (*Storage life*)
- Estabilidad temporal de la salida
- Deriva de cero (*Zero drift*)
- Deriva de sensibilidad (*Sensibility drift*)



CARACTERÍSTICAS DE FIABILIDAD

▪ **Vida útil**

Mínimo tiempo durante el cual el sensor funciona sin sufrir modificaciones de sus características dentro de un margen de tolerancia específica.

▪ **Vida de almacenamiento**

Tiempo durante el cual un sensor puede estar almacenado en unas condiciones determinadas sin sufrir modificaciones de sus características dentro de un margen de tolerancia especificado.



CARACTERÍSTICAS DE FIABILIDAD

- Estabilidad temporal de la salida

Variación del valor de la señal de salida durante un tiempo determinado cuando la magnitud que se mide, al igual que las condiciones ambientales, se mantienen constantes.

▪ Deriva de cero (*Zero drift*)

Variación del valor de la señal de salida cuando la magnitud de entrada es cero, durante un periodo de tiempo determinado y a temperatura ambiente.

▪ Deriva de sensibilidad (*Sensitivity drift*)

Máximo cambio de la sensibilidad observado durante un periodo de tiempo determinado a temperatura ambiente.