

INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL I

Manual de asignatura

Sistema de Universidades Tecnológicas

ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

Programa 2004

Créditos

Elaboró:

Eduardo Bocanegra Moo

Revisó:

Colaboradores:

Autorizó:

Contenido

Objetivo general

Seleccionar los elementos adecuados para la instrumentación industrial.

Habilidades por desarrollar en general

Escribir la habilidad propuesta que se debe desarrollar en esta asignatura.

	Teoría	Horas Práctica	Total	Página
I Definiciones, terminología y elementos de la instrumentación industrial.	5	0	5	3
II Analizar el funcionamiento de medidores de presión, nivel, caudal y temperatura	10	15	25	8
III Analizar el funcionamiento y calibración de medidores de variables diversas y elementos finales de control	10	15	25	38
IV Proyecto	0	20	20	
	25	50	75	
Guía de practicas				61

Definiciones, terminología y elementos de la instrumentación industrial.

Objetivo particular de la unidad

Valorar los conceptos y terminologías de la instrumentación industrial.

Habilidades por desarrollar en la unidad

Comprender las definiciones utilizadas en la instrumentación industrial.

I.1 Definición y Terminología.

Saber en la Teoría (5)

Reconocer los términos: rango de medición, alcance, precisión, error, incertidumbre, zona muerta, sensibilidad, repetitividad e histéresis

Rango de Medición (Range): límite Superior e inferior en una escala de un instrumento

Alcance (Span) : Diferencia entre el límite superior e inferior de la escala

Precisión (Accuracy) : Error que se presenta en un instrumento después de un determinado número de mediciones

Error : Diferencia entre el valor de lectura de un instrumento y el valor verdadero

Incertidumbre (Uncertainty) : Los errores que existen necesariamente al realizar la medida de una magnitud o la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al verdadero valor de la magnitud medida.

Zona Muerta (Dead Zone o Dead Band): Campo de Valores que no hace variar la salida del instrumento.

Sensibilidad (Sensitivity): Es la razón de la lectura y el incremento de la variable, después de alcanzar el reposo

Repetitibilidad (Repeatability): Capacidad de reproducción de la salida del instrumento al repetir valores idénticos de medida en las mismas condiciones (mismo sentido de Variación, recorrido total de rango)

Histeresis (Hysteresis): Diferencia Máxima en los valores de salida para un mismo valor de medida (dos sentidos de Variación, recorrido total de rango) ¹

I.2 Clasificación de los instrumentos en función de la variable

Identificar los diferentes instrumentos de medición en función de la variable²

Masa	Tiempo	Longitud	Temperatura	Presión
Balanza	Cronómetro	Micrómetro	Termómetro	Barómetro
Báscula	Reloj	Interferómetro	termopar	Manómetro
Espectrómetro de masa	Reloj atómico	Vernier	Termistor	Tubo de Pitot, Anemómetro (utilizado para determinar la velocidad del viento)
Catarómetro		Sextante transportador	Pirómetro	
			Espectroscopio magnético	
Flujo			Propiedades eléctricas	
Caudalímetro (utilizado para medir caudal de un flujo)			electrómetro (mide la carga)	
Viscosidad			Amperímetro (mide la corriente eléctrica) Galvanómetro (mide la corriente)	
?			Ohmetro (mide la resistencia) puente de Wheatstone	
Densidad			Voltímetro	
			Osciloscopio (Forma de onda, frecuencia)	

I.3 Normas

Reconocer las diferentes normas para instrumentos de medición.

Normas:

¹ Instrumentos Industriales. su ajuste y calibración; Antonio Creus Sole; Alfaomega; Segunda Ed

² Instrumentación Industrial; Antonio Creus Sole; Alfaomega ; Sexta

ISA S5.1-84 ISA S5.2-76, ISA S5.3 etc.

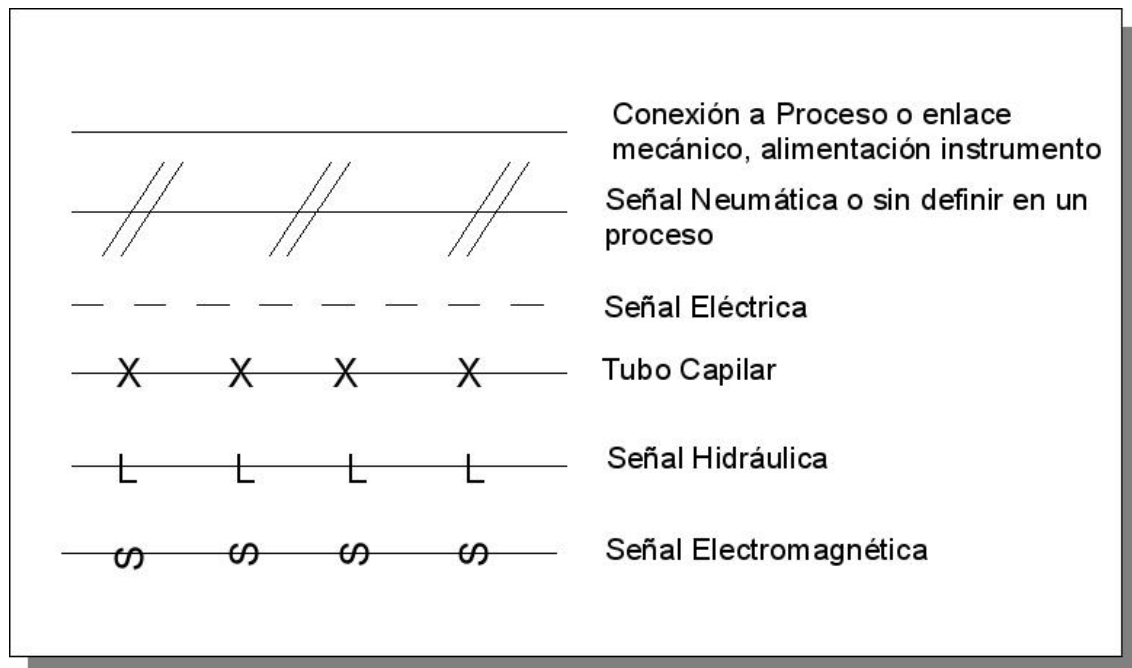
ISA S5.1-84

Identificación de instrumentos por un grupo no mayor de 4 letras y un identificador de bucle de secuencia única de número.

I		RS	3		A
1º Letra		Letras Sucesivas	Numero de bucle	Sufijo	
Identificación funcional			Identificación bucle		
1º Letra			Letra Sucesiva		
Variable Medible		Modificación	Función de Lectura Pasiva	Función de Salida	Letra de Modificación
A	Análisis		Alarma		
B	Llama		Libre	Libre	Libre
C	Conductividad			Control	
D	Densidad	Diferencial			
E	Voltaje		Elemento Primario		
F	Caudal	Relación			
G	Calibre		Vidrio		
H	Manual				Alto
I	Corriente Elect.		Indicador		
J	Potencia	Exploración			
K	Tiempo			Estación de control	
L	Nivel		Luz Piloto		Bajo
M	Humedad				Medio o Intermedio
N	Libre		Libre	Libre	Libre
O	Libre		Orificio		
P	Presión		Punto de Prueba		
Q	Cantidad	Integración			
R	Radiactividad		Registro		
S	Velocidad o frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T	Temperatura			Transmisor	
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Viscosidad			Válvula	
W	Fuerza		Vaina		
X	Sin Clasificar		Sin Clasificar	Sin Clasificar	Sin Clasificar

Y	Libre			Relé o computador	
Z	Posición			Elemento Final de control sin clasificar	

Dibujo de Señales



Abreviaturas de Alimentaciones

AS	de Aire
ES	Electrica
GS	de Gas
HS	Hidraulica
NS	de Nitrogeno
SS	de Vapor
WS	de Agua

ISA S5.2-76

Define símbolos para operaciones binarias de equipo eléctrico, neumático, hidráulico u otro.

El flujo de información se representa por líneas que interconectan estados lógicos, que van de izquierda-derecha de arriba-abajo.

se debe ser específico en el estado de las válvulas y equipos, ya sea abierto o cerrado, parado u operación.

Posición	Condición
abierta	que esta 100% abierta
no abierta	que es menor al 100% abierta
cerrada	0% abierta
no cerrada	mayor que 0% abierta
intermedia	mayor que 0% y menor 100% abierta
no intermedia	superior o inferior a la intermedia específica

símbolo modificado	acción requerida de la memoria ante fallos de la alimentación
LS	PERDIDA DE MEMORIA
MS	MEMORIA MANTENIDA
NS	NO SIGNIFICATIVO, SIN PREFERENCIA

ISA S5.3

Norma complementaria de la ISA5.1-84, que define la forma de documentar computadoras, controladores, microprocesadores, etc, que tiene control y visualización compartida.³

³ Instrumentación Industrial; Antonio Creus Sole; Alfaomega ; Sexta

II

ANALIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE MEDIDORES DE PRESION, NIVEL, CAUDAL Y TEMPERATURA

Objetivo particular de la unidad

Seleccionar los instrumentos adecuados para la medición de temperatura, presión, nivel y caudal.

Habilidades por desarrollar en la unidad

Comprender las definiciones utilizadas en la instrumentación industrial.

II.1 Conceptos generales sobre la medición de variables físicas

Saber en la Teoría (1)

Reconocer los fenómenos físicos que intervienen en un proceso. Identificar cuando el fenómeno se puede medir en forma directa o requiere etapas de conversión. Distinguir las diferentes etapas de la medición: sensores, medidores, transductores, transmisores, receptores y actuadores. Distinguir entre señales analógicas y digitales.

Los cambios de temperatura por reacciones químicas, cambios de volumen por someter un gas a presión, cambios de presión al cambiar de sección el medio por donde un caudal de un gas o fluido es transmitido son fenómenos que se presentan en los procesos, es necesario medir con exactitud y rapidez, ya que de ello depende dicho proceso.

En el caso de de la temperatura es necesario contar con dispositivo que nos permita transformar o traducir la señal en un parámetro que pueda ser registrado o medido con facilidad, para ello se utilizan transductores tipo termopar.

La presión se mide con ayuda de un transductor piezo eléctrico que funcionan bajo el principio de al existir una deformación física se genera un potencial eléctrico en sus extremos.

Aunque no son los únicos medios de medición de forma indirecta para estos fenómenos si muestra claramente la necesidad de hacerlo de dicha forma, aunque también de forma directa es posible para la presión con un manómetro, barómetro.

en cuanto al caudal si puede medirse de forma indirecta o directa, dado que por desplazamiento sería esta última, en cuanto a la primera se podría por varias formas, presión diferencial, torbellino, tensión inducida por nombrar algunas.

Sensor:

Medidor:

Transductor: Recibe una señal de entrada función de una o más cantidades físicas y la convierte modificada o no a una señal de salida.

Transmisor: Capta la variable de proceso a través del elemento primario y la convierte en una señal de transmisión estándar.

Receptor: Recibe la señal procedente del transmisor y la indica o registra.

Actuador:

Señal Análoga: De magnitud y frecuencia variable, es continua en el tiempo. Ejemplo: El registro de temperatura de un proceso en un intervalo de tiempo.

Señal Digital: De Magnitud y frecuencia determinadas, es discontinua en el tiempo.

Ejemplo: Señal discreta de salida de un instrumento que se envía, que representa la magnitud en una serie de cantidades discretas codificadas.

II.2 Instrumentos de medición de presión

Saber en la Teoría (2)

Analizar las características de los elementos primarios de la medición de presión, mecánicos y eléctricos.

Los instrumentos de presión se clasifican en tres grupos: mecánicos, neumáticos, electromecánicos y electrónicos, que va en relación directa con el tipo de transductor que utilicen.

Elementos mecánicos para la medición de presión.

Para una medición directa:

Barómetro de cubeta. Campo de medida 0.1-3 m cda

Tubo en U. Campo de medida 0.2-1.2 m cda

Tubo inclinado. Campo de medida 0.01-1.2 m cda

Toro pendular. Campo de medida 0.5-10 m cda

Manómetro campana. Campo de medida 0.005-1 m cda

Para una medición indirecta con dispositivos elásticos:

Tubo de Bourdon tipo C. Campo de medida 0.5-6000 bar

Tubo de Bourdon en espiral. Campo de medida 0.5-2500 bar

Tubo de Bourdon Helicoidal o en espiral. Campo de medida 0.5-5000 bar

Diafragma. Campo de medida 50 mm cda-2 bar

Fuelle. Campo de medida 100 mm cda-2 bar

De Presión absoluta. Campo de medida 6-760 mm de Hg abs

Sello volumétrico. Campo de medida 3-6 bar

La mayoría de los medidores de presión miden la diferencia entre la presión de un fluido y la presión atmosférica local. Para pequeñas diferencias de presión, es utilizado directamente un tubo en forma de U, con un extremo conectado al recipiente que contiene el fluido y el otro extremo conectado a la atmósfera. La diferencia entre los niveles del líquido en ambas ramas indica la diferencia entre la presión del recipiente y la presión atmosférica local. También para la medición de presiones relativamente pequeñas se pueden utilizar elementos como Barómetros de cubeta, Tubo inclinado, Toro pendular o manómetros de campana, todos estos elementos son dispositivos que van acoplados directamente al recipiente que contiene el fluido.

Para diferencias de presión mayores se utilizan los elementos conformados por los tubos de Bourdon. Este está formado por un tubo hueco de sección ovalada curvado en forma de gancho (tipo C).

Elementos electromecánicos.

Se basan en la transformación de algún desplazamiento mecánico en una respuesta eléctrica.

Resistivos: La conversión más simple consiste en unir mecánicamente el sensor al eje de un potenciómetro de modo que el desplazamiento se convierte en una variación de resistencia. El intervalo de medida corresponde al elemento sensor que utiliza (Bourdon, fuelle, diafragma, etc.) y permiten una precisión del orden del 1 al 2 %

Magnéticos: Estos pueden ser de inductancia variable o de reluctancia también variable. Y se basan en que al desplazar un núcleo móvil dentro de una bobina aumenta la tensión

inducida en el arrollamiento secundario. Tiene la ventaja de no producir rozamientos, de proporcionar una respuesta lineal, pequeño tamaño, construcción robusta y casi no requiere ajuste crítico durante el montaje. Permite precisiones del orden del 1%.

Capacitivos: Consta de dos membranas exteriores y un fluido en contacto con diafragma sensor, situado entre las dos armaduras de un condensador. El fluido transmite la presión soportada por las membranas al diafragma, el cual se desplaza hacia un lado o hacia otro proporcionalmente a la presión diferencial. Esto hace que varíe la constante dieléctrica entre las placas del condensador. Se caracteriza por su pequeño tamaño, construcción robusta, es sensible a las variaciones de temperatura y a las aceleraciones transversales. Permiten precisiones del orden del 0.5 % hasta el 0.2 %.

Galgas extensiométricas: Al someter una banda a presión, varía su longitud y su diámetro y en consecuencia su resistencia eléctrica. Para medir dicha variación en la resistencia se conecta la galga a un puente de Wheatstone. Se suelen conectar 4 (2 a tensión y 2 a compresión) y a la misma temperatura, para evitar cambios en R que no se deban a la deformación. Se caracterizan por su pequeño tamaño, construcción robusta, es sensible a las variaciones de temperatura y a las aceleraciones transversales. Permite precisiones del orden del 0.5 % hasta el 0.2 %.

Piezoeléctricos: Se basa en el hecho de que al recibir una presión un material piezoeléctrico (como el cuarzo o el titanio de bario) y deformarse físicamente, genera una señal eléctrica.

Saber Hacer en la practica (2)

Aplicar diferentes medidores de presión, como: manómetros, presostatos, piezoeléctricos, galgas extensiométricas, etc.

II.3 Instrumentos de medición de caudal o flujo

Saber en la Teoría (2)

Analizar las características de los medidores de caudal o flujo, por desplazamiento, presión diferencial, presión. Analizar la Transducción de las señales obtenidas.

Un fluido puede ser líquido o gaseoso. El caudal o flujo es la cantidad de fluido que circula por un conducto en un tiempo determinado. Esta cantidad de fluido se puede medir ya sea midiendo la masa de fluido por unidad de tiempo (Q_m) o el volumen por unidad de tiempo (Q_v). Para transportar los fluidos de un lugar a otro dentro de una planta o proceso se utilizan sistemas de tubería. Esto con el fin de que los líquidos o gases lleguen apropiadamente a donde se les requiere con las características de presión, temperatura y cantidad necesarias para el proceso.

Existen varios factores por los cuales debemos monitorear el fluido en una planta o proceso. Por ejemplo, para una industria química que emplea elementos químicos para fabricar otros compuestos más complejos, entonces las cantidades de los elementos deben ser precisas en cuanto a las dosis que se requieran para lograr que el producto final cumpla con los requisitos establecidos y así evitar pérdidas económicas que pueden ser cuantiosas. Otro ejemplo puede ser el control de gas para un proceso o industria. Que puede ser el gas suministrado a una caldera que es parte de una termoeléctrica, o simplemente una compañía que se dedica a vender gas, necesita conocer la cantidad de gas que ha vendido para poder facturar.

Existe una gran cantidad de procesos industriales donde se necesita medir y controlar la cantidad de fluido. El caudal volumétrico Q_v , depende sólo de la sección considerada y de la velocidad del fluido, pero el caudal másico Q_m , depende además de la densidad del fluido y como se menciona más adelante, la densidad depende de la presión y la temperatura.

Los transductores o sensores de caudal están basados en alguno de los siguientes principios:

- Detección por presión diferencial o presión estática.

- Detección por presión dinámica.

- Detección de velocidad por inducción electromagnética.

- Detección volumétrica por medio de turbina.

La gran mayoría de los transductores miden caudal volumétrico. En el caso de fluidos no compresibles, la forma más común de medición es hallar la velocidad de paso por una sección conocida. Para los fluidos compresibles, los métodos más adecuados son los volumétricos a base de turbinas. A continuación se describen algunos de ellos.

Medidores de presión diferencial.

Consisten de un elemento que se utiliza para generar una diferencia de presión en la tubería y otro elemento que se utiliza para medir esta presión y exhibirla o registrarla. Esta diferencia de presión se logra haciendo que el fluido que va en la tubería pase a través de una restricción o un cuello de botella formado en la tubería.

Con estas modificaciones en la tubería se logra la diferencia de presión, antes de la restricción tenemos un lado de alta presión y una disminución de la velocidad del fluido, después de la restricción tenemos una baja presión pero con un aumento en la velocidad del fluido, ya que la energía del fluido se debe de conservar. Entonces, la diferencia entre estas presiones es lo que llamamos presión diferencial.

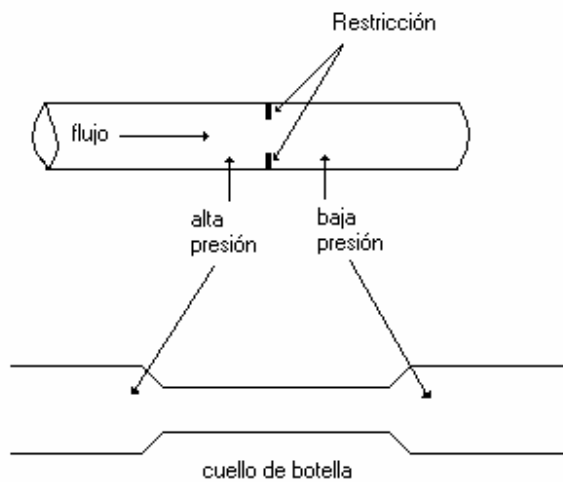


Figura 2.3. Tubería con alguna restricción.

Uno de los elementos más utilizados para generar esa diferencia de presión son las placas de orificio. Esta es una placa metálica circular con un orificio, generalmente en su centro, que se coloca en una brida montada en la tubería donde circula el fluido. Este orificio de la placa no siempre es concéntrico, en algunas ocasiones es excéntrico que depende de las características del fluido.



Figura 2.4. Placas de orificio y brida.

El diámetro del orificio determina el grado de restricción que se produce en la línea. Un orificio de diámetro grande produce una baja restricción y una presión diferencial pequeña. Un orificio de diámetro pequeño produce una gran oposición al flujo del fluido, por lo tanto, generará una presión diferencial elevada. Otro factor que afecta la magnitud de la presión diferencial es la velocidad del fluido de manera proporcional, es decir, una velocidad alta produce una presión diferencial alta y, una velocidad baja produce una presión diferencial baja. Para la medida de la presión diferencial se usan instrumentos que tienen diafragmas o fuelles o escalas graduadas en pulgadas o centímetros de agua.

Podemos utilizar la siguiente ecuación para el cálculo del flujo cuando se utilizan placas de orificio.

$$Q_v = k \sqrt{H}$$

Donde: H es la diferencia de alturas de presión o presión diferencial

k es una constante que depende del diámetro de la placa y de la tubería

Se debe considerar que tipo de fluido se está tratando, si es un líquido, un gas o un vapor, ya que debemos de considerar dos propiedades importantes de éstos: la densidad y la viscosidad.

Densidad: Es la relación (división) de la masa por unidad de volumen (Kg/m^3).

Viscosidad: Es la resistencia que ofrece el fluido para circular dentro una tubería.

La influencia de la temperatura sobre la densidad de los líquidos es significativa e inversamente proporcional. En los gases, la temperatura y presión son factores que afectan en gran medida la densidad de los gases al modificarse el volumen de éstos (ley general de los gases).

Dependiendo del líquido en cuestión, la temperatura afectará su viscosidad, por ejemplo en el caso del aceite, tiene una viscosidad alta, y cuando se calienta, su viscosidad disminuye.

La ventaja de utilizar placas de orificio es su fácil operación y modificación. Una principal desventaja es que si se tienen fluidos con sedimentos o con alta viscosidad, éstos tienden a acumularse y modifican o tapan el diámetro del orificio, dando como resultado que la presión diferencial que se este leyendo no sea la real.

El tubo Venturi es otro dispositivo que trabaja bajo el principio de presión diferencial. Este presenta una gran ventaja cuando se trabaja con fluidos muy viscosos o que tienen sedimentos. Puede trabajar con rangos de velocidad de flujo más altos que el elemento antes descrito. Es un elemento de mayor costo y éste no se puede modificar en campo ya que sus dimensiones y rango de operación se calculan para condiciones de operación particulares.

Otro elemento que opera también bajo los principios de presión diferencial es la boquilla. Esta generalmente es más económica y de longitudes mayores. También es apropiada en aplicaciones donde se tienen fluidos con muchos sedimentos.

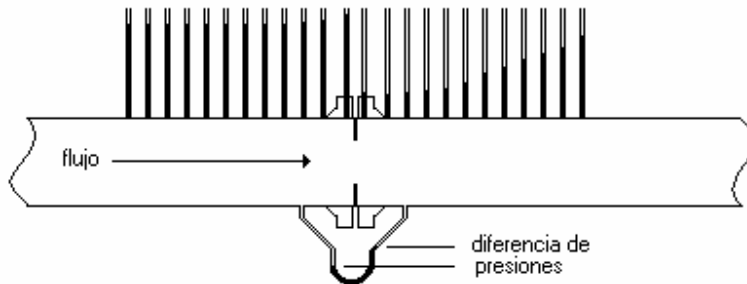


Figura 2.5. Transductor de caudal basado en el efecto Venturi.

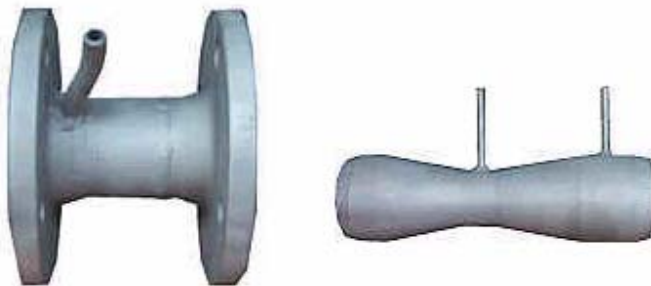


Figura 2.6. Tubos de Venturi.

Medidores de presión dinámica

La presión dinámica es la diferencia entre la presión total y la presión estática que también depende de la velocidad del fluido. Algunos de los instrumentos para la medición de flujo utilizando esta característica se basan en un pequeño pistón o flotador que se encuentra sometido a la presión dinámica de la corriente del fluido. Estos dispositivos generalmente se disponen en secciones de la tubería de manera vertical, ya que la presión equilibra el peso del pistón o flotador y provoca un desplazamiento proporcional a la velocidad del fluido. La medición de este desplazamiento permite tener una indicación de la velocidad o del caudal.

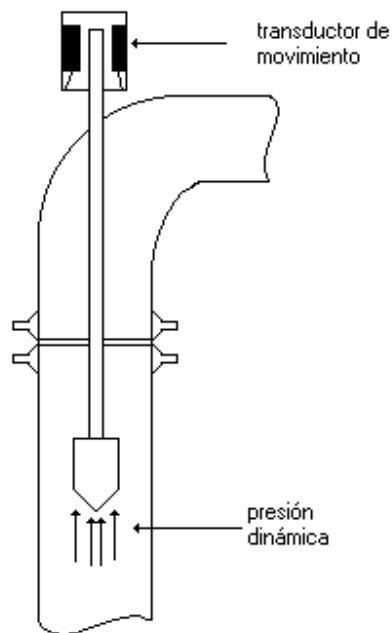


Figura 2.7. Transductores de caudal basados en la presión dinámica.

Para los transductores de este tipo de tamaño pequeño presentan una escala graduada en un encapsulado de vidrio donde está contenido el pistón o flotador. La altura del pistón indicará la cantidad de caudal que circula por la tubería. Estos también se conocen con el nombre de rotámetros.

Otros transductores utilizados para la medición de caudal utilizando la presión dinámica son el tubo Pitot y el tubo Annubar. El tubo Pitot es un dispositivo sencillo, que consiste en un tubo doblado hacia la dirección donde viene el flujo. Este dispositivo generalmente se aplica a tuberías de diámetros grandes.

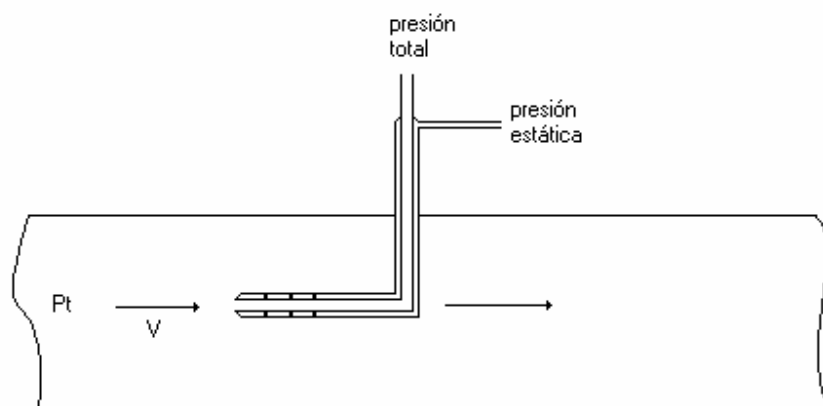


Figura 2.8. Tubo Pitot.

Otro tipo de medidores son los de turbina. En estos, la presión dinámica hace girar la turbina, donde la velocidad de giro es directamente proporcional al caudal. Esta turbina consta de un rotor montado en unos cojinetes y empotrado dentro de un compartimiento. Por lo tanto, cuando el fluido pasa a través de este compartimiento hace girar la turbina libremente a una frecuencia proporcional a la cantidad de fluido que está pasando. La medida de dicha velocidad puede hacerse mediante un simple dispositivo captador inductivo o de otro tipo sin necesidad de romper la estanqueidad de la tubería.

Los transductores de ultrasonidos miden el caudal por la diferencia de velocidades del ultrasonido al propagarse en el sentido del flujo y en sentido contrario. Se utilizan transductores piezoeléctricos tanto para la emisión como para la recepción del ultrasonido.

El medidor de placa consiste de una placa instalada directamente en el centro de la tubería y sometida al empuje del fluido. La fuerza que se produce sobre la placa es detectada por un transductor de galgas extensométricas o por un transmisor neumático de equilibrio de fuerzas.

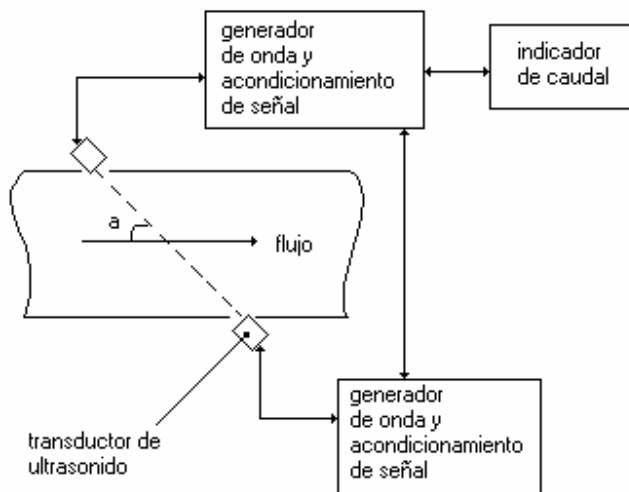


Figura 2.9. Medición de caudal por ultrasonido.

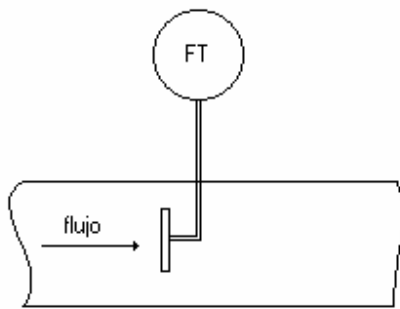


Figura 2.10. Medidor de placa.

Medidores por velocidad y por inducción.

Este tipo de transductores se basan en la ley de inducción de Faraday, que dice que al mover un material conductor dentro de un campo magnético se genera una f.e.m. proporcional a la longitud del conductor, a su velocidad de desplazamiento y a la intensidad del campo.

En el caso de un fluido conductor en movimiento, se produce por este mismo principio una f.e.m. en sentido perpendicular al movimiento y a la dirección del campo. Por lo tanto, un medidor magnético de flujo consiste de un campo magnético producido por un par de electroimanes y dos electrodos (piezas de algún metal sumergidas en el líquido). En los electrodos se induce una tensión que esta en función de la distancia entre éstos, la densidad del flujo magnético y la velocidad del fluido. Como los dos primeros se mantienen constantes, el potencial en los electrodos es proporcional a la velocidad del fluido. Midiendo este potencial podemos determinar la velocidad del flujo. Este método de medida tiene la ventaja de no entorpecer el flujo y no existen partes en movimiento. Estos tipos de medidores son aptos para aplicaciones en líquidos corrosivos o de muy alta viscosidad. El inconveniente de estos instrumentos es que fallan si la tubería no está totalmente llena o si tiene burbujas.

Saber Hacer en la practica (2)

Aplicar diferentes medidores de caudal como: rotámetro, tipo turbina, interruptores de paleta, venturis, etc. Aplicar elemento de transducción

II.4 Instrumentos de medición de nivel de fluidos

Saber en la Teoría (1.5)

Analizar las diferentes formas directas e indirecta para sensar nivel en

fluidos conductores y no conductores

Los transductores de nivel se utilizan principalmente para conocer el estado de llenado de depósitos de líquidos o sólidos en polvo o granulados. Aunque la detección de nivel de sólidos es poco frecuente, ya que lo más habitual es pesarlos.

Podemos distinguir dos tipos de detección de niveles: detección de varios niveles de referencia mediante un número discreto de transductores todo o nada (interruptores como los Reed Switch). Y el otro, que es una detección del tipo analógico, obteniendo una señal proporcional al nivel.

La detección de niveles de referencia mediante dispositivos todo o nada puede basarse en diferentes principios, dependiendo de si se trata de líquidos o de sólidos. Para líquidos es frecuente utilizar flotadores con un contacto de mercurio, o si el líquido es conductor, su nivel puede medirse por contacto entre dos electrodos sumergidos en éste. En otros casos se utilizan directamente escalas graduadas para determinar el nivel del líquido.

Medidores de nivel de líquidos

Instrumentos de medida directa: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal, de flotador, visualización directa de nivel a través de mirillas de cristal, varilla de profundidad, etc.

Quizás la más antigua de todas es la varilla de profundidad y a un utilizada en algunas industrias. Para realizar una medida, se introduce una barra, algunas veces graduada con líneas, dentro del contenedor. Luego, se saca y se observa el nivel del líquido en la varilla o regleta de profundidad.

Relacionados con la regleta de profundidad están el vaso de mira y el vaso calibrado. Estos caen dentro de los de nivel de cristal o vidrio. Permiten la visualización directa del nivel y son de montaje lateral al depósito que pueden ser graduados o no.

El medidor de émbolo se basa en el principio de Arquímedes: un cuerpo inmerso en agua pierde un peso igual al agua que desaloja. Por lo tanto, el peso del émbolo sumergido en el líquido es directamente proporcional al nivel del líquido. Cuando el nivel del líquido sube el émbolo pierde peso. La medida del peso se hace mecánicamente, y se presenta en un indicador o se usa un sensor de fuerza eléctrico. Una galga extensiométrica resulta adecuada en esta aplicación.

El flotador de cinta trabaja de forma similar. El flotador se mantiene en la superficie del líquido, éste va unido a una cinta, al final de la cual hay un indicador. Cuando el nivel aumenta, la cinta se mueve hacia abajo a lo largo de la escala.

Como puede darse cuenta, todos los métodos de mira tienen la desventaja de que se requiere un operador para ver y registrar los niveles. Sin embargo, estos métodos son baratos y dan una medida continua de los niveles.

A veces se utiliza el peso del contenedor para indicar los niveles de líquido o sólido. Cuanto más líquido o sólido se introduce en el contenedor, mayor es el peso del mismo. Este peso se detecta mediante sensores de fuerza o deformación, como las células de carga. Se pueden hacer mediciones de los niveles de líquidos o sólidos utilizando la fuerza que transmite un flotador para mover un varilla rígida, cinta, cable o cadena flexible acopladas a un índice que indica el nivel en una escala.

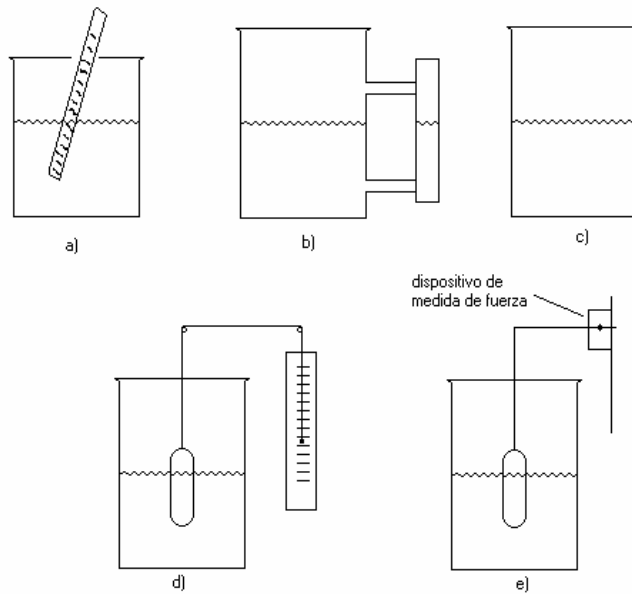


Figura 2.11. Medida directa de nivel de líquido por: a) varilla; b) vaso de mira; c) vaso calibrado; d) flotador; e) desplazador.

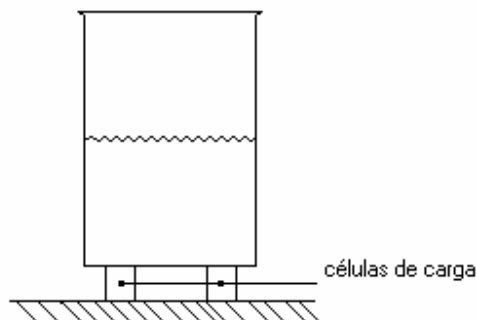


Figura 2.12. Medición de nivel sensando el peso.



Mirillas
montaje directo
en depósito



visualización de nivel
montaje lateral



Medida de nivel vertical
por boya con indicación



interruptor de nivel
electrónico

Figura 2.13. Diferentes medidores de nivel.

Estos mismos métodos de flotador pueden generar una salida eléctrica, colocando un potenciómetro en lugar de un índice o pluma.

Transductores por presión

Una forma de obtener una indicación analógica de nivel de líquidos consiste en medir la presión sobre el fondo del depósito que los contiene. La diferencia de presiones entre el fondo y la superficie $P_f - P_s$, es directamente proporcional al nivel, altura h , respecto al fondo y al peso específico del líquido ρ

$$P_f - P_s = \rho h$$

En tanques abiertos el nivel es aproximadamente proporcional a la presión absoluta, ya que los cambios de presión atmosférica no son considerables, sobre todo si se trata de líquidos densos. Para tanques cerrados, es imprescindible utilizar transductores de presión diferencial.

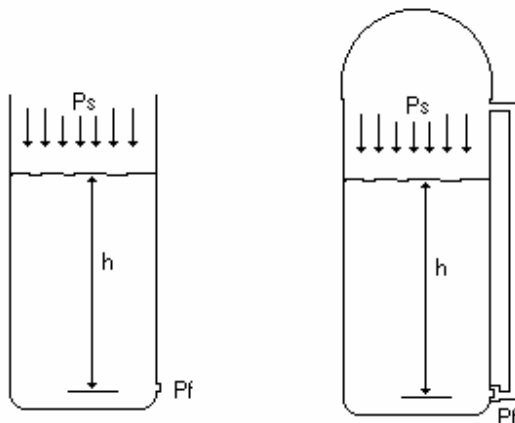


Figura 2.14. Medición de nivel por presión hidrostática.

Entre los medidores de presión hidrostática (presión ejercida sobre la parte inferior del tanque) se encuentran el medidor manométrico, el medidor de membrana, el medidor de tipo burbujeo y el medidor de presión diferencial.

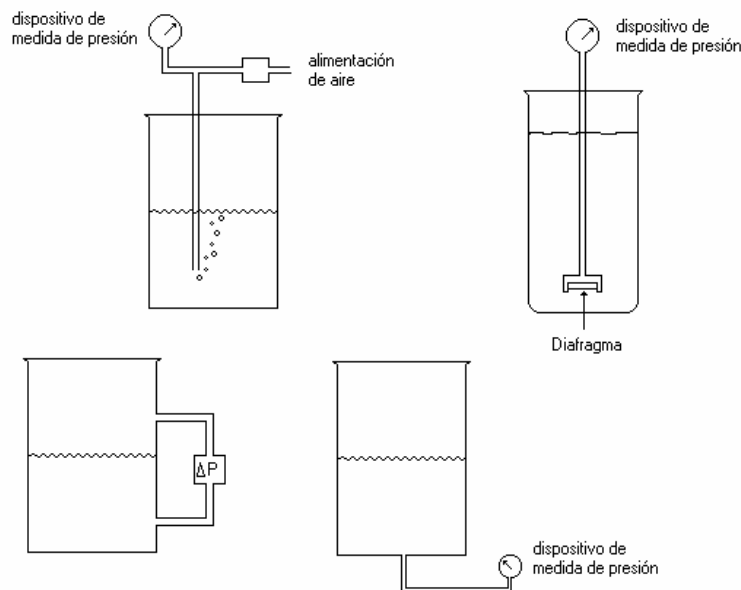


Figura 2.15. Medidores de presión hidrostática.

Sensores de radiación

En la mayoría de los dispositivos descritos anteriormente tienen elementos que están en contacto con el líquido. Sin embargo, en algunas medidas industriales, el dispositivo de detección de nivel se debe usar con líquidos corrosivos o sometidos a altas presiones, por lo que el contacto del dispositivo con el líquido puede destruir el transductor. Aquí es

donde encuentran su aplicación los sensores de radiación. Estos pueden ser sónicos o de radiación nuclear.

Los haces de sonidos y ultrasonidos (7.5 a 600 kHz) utilizan el principio de eco para medir el nivel del líquido. El haz de sonidos se transmite desde el transductor a la superficie del líquido, de donde se refleja hacia el transductor. El tiempo que tarda el haz en ir desde el transductor a la superficie y regresar depende del nivel del líquido. Cuanto menor es el nivel, más tiempo tarda el haz en recorrer la distancia. Por lo tanto, el intervalo de tiempo es inversamente proporcional al nivel del líquido.

Otra forma de medir los niveles es utilizar la radiación nuclear. Generalmente se emiten rayos gamma y como receptor de los mismos, es un tubo de Geiger- Mùller. El líquido o sólido que se va a medir absorbe la radiación y por lo tanto, la salida del receptor está en función de si recibe o no señal, esto es, si hay o no líquido o sólido entre el sensor y el transmisor.

Saber Hacer en la practica (2)

Aplicar experimentalmente medidores de nivel directos e indirectos.

Se desarrollará explicativamente la actividad de la práctica. Esto será un ejercicio o una práctica resueltos. Es importante que en esta parte el profesor enseñe a los alumnos como hacer o resolver la parte practica. Usar el mismo tipo de letra, tamaño y párrafo.⁴

II.5 Instrumentos de medición de temperatura

Saber en la Teoría (1)

Analizar las diferentes formas directas e indirectas para sensar temperatura, desde rangos bajo cero hasta flama directa

La temperatura es otro factor o parámetro que muchas veces se debe controlar en un proceso industrial, indudablemente es la variable dinámica más medida. La temperatura la podemos definir como la capacidad de un cuerpo para comunicar o transferir energía calorífica. Recuerde que el calor siempre fluirá de los cuerpos más calientes a los más fríos.

Existen tres escalas de uso más frecuente para la medición de la temperatura. Fahrenheit, Celsius y Kelvin. La escala Fahrenheit está referida al punto de ebullición del agua a 212 °F y el punto de congelación del agua a 32 °F. Las referencias para la escala

⁴ De esta forma se harán las referencias bibliográficas.

Celsius son el punto de ebullición del agua a 100 °C y el punto de congelación a 0 °C. La escala Kelvin está basada en las divisiones de la escala Celsius con el cero absoluto a 0° K. Para pasar de grados Celsius a Kelvin, simplemente sume 273.

Los métodos para medir la temperatura los podemos dividir en dos principales: métodos mecánicos y eléctricos.

Transductores mecánicos

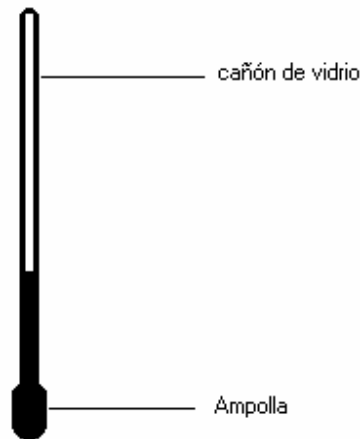
La detección mecánica de la temperatura depende del principio físico de que los gases, líquidos y sólidos varían su volumen cuando se calientan. Por ejemplo, el mercurio líquido se expande alrededor del 0.01 % por grado Fahrenheit, mientras el alcohol metílico se expande alrededor del 0.07 % por grado Fahrenheit. Por lo tanto, los siguientes transductores están basados en estos principios.

Termómetro de cañón de vidrio

Este dispositivo es de los más antiguos. Su invención se atribuye a Galileo alrededor de 1590. Está formado por una ampolla llena de líquido, un tubo capilar y un cañón de vidrio que lo soporta. El tubo capilar es muy delgado, lo que aumenta la sensibilidad del dispositivo. Generalmente, se incluye algún tipo de lente de aumento en el cañón de vidrio para ayudar en la lectura de la medida de la temperatura.

Este termómetro presenta varias ventajas. Su fabricación es barata, linealidad y exactitud excelentes. Como desventajas que es frágil y difícil de leer, no se puede utilizar fácilmente para medidas o control remotos, y presenta un retraso de tiempo considerable en la medida de la temperatura. Este inconveniente lo presenta debido a la baja conductividad térmica del vidrio. A pesar de estas desventajas, el termómetro de cañón de vidrio sigue siendo muy popular en la industria de hoy.

Termómetro de cañón de vidrio.

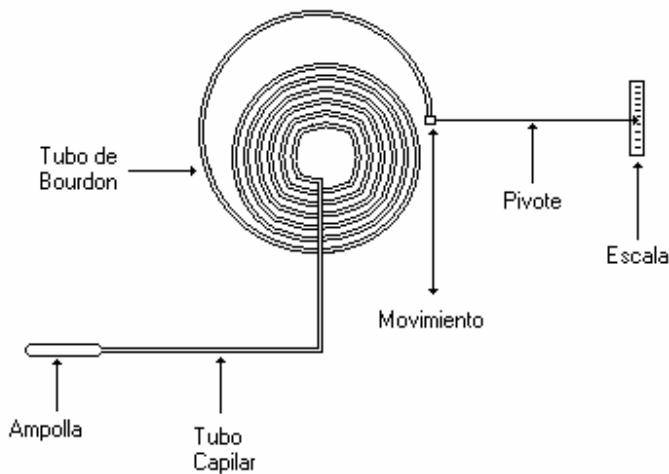


Termómetros con sistema de llenado.

Este trabaja bajo el mismo principio básico que el termómetro de cañón de vidrio. La ampolla se rellena con un gas o líquido. Cuando la ampolla se calienta, el gas o líquido se expande, ejerciendo presión sobre el tubo de Bourdon a través del tubo capilar. Debido a la presión generada por líquido o gas dentro del tubo al expandirse, éste empieza a desenrollarse moviendo el indicador. Este dispositivo también puede ser utilizado para registrar gráficos de temperatura.

Aunque este sistema es mecánico, se puede convertir en un transductor eléctrico utilizando un potenciómetro acoplado al tubo de Bourdon. Los sistemas de llenado reaccionan muy rápido a los cambios de temperatura, pueden tener una exactitud del 0.5 %, y se pueden utilizar para medidas remotas a distancias de hasta 100 m. La principal desventaja es la compensación de temperatura. Esto debido a que el tubo capilar y el tubo de Bourdon son sensibles a la temperatura, por consiguiente, los cambios en la temperatura ambiente afectan la lectura del instrumento. Los sistemas de llenado pueden tener compensación de temperatura utilizando láminas bimetálicas o sistemas que usan elementos duales.

Termómetro con sistema de llenado.

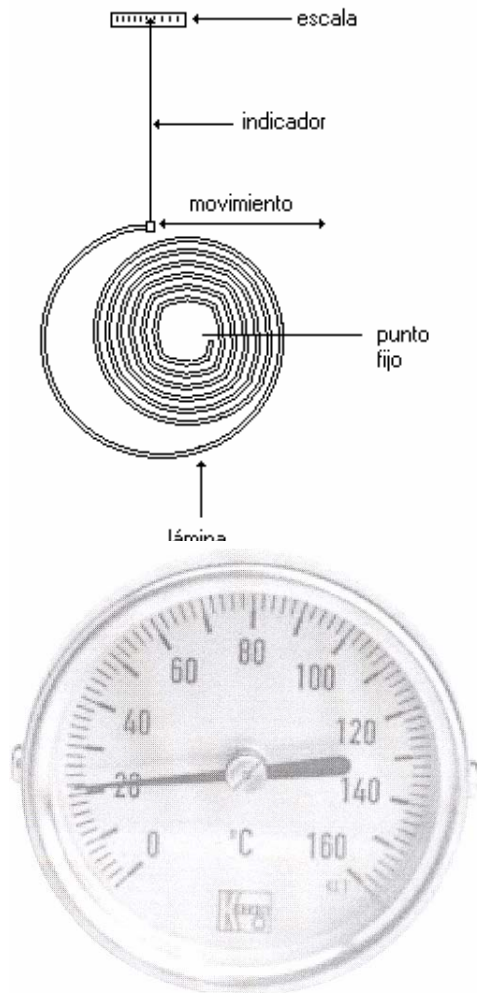


Termómetros bimetalógicos

Este funciona bajo el principio de expansión diferencial de los metales, es decir, el volumen de los metales aumenta cuando se calientan. Este aumento es distinto para cada tipo de metal. Esta expansión de los metales viene dada por el coeficiente de expansión lineal. Este parámetro indica la expansión de volumen en millonésimas por grado Celsius. Como podemos ver, cada metal tendrá su coeficiente de expansión. Si se unen dos metales y se calientan, se produce un desplazamiento físico. Este desplazamiento es mayor cuando se unen un metal de bajo coeficiente de expansión con otro de alto coeficiente de expansión. Usualmente las láminas se enrollan en espiral o hélice, aunque también los encontramos de manera helicoidal.

Este termómetro es de los más utilizados en la industria. Es relativamente barato, cubre un amplio rango de temperaturas, robusto de instalación y lectura fácil. Sus principales desventajas son que no se pueden utilizar para hacer mediciones a distancia o en control de procesos analógicos. Los sensores bimetalógicos se usan en sistemas sencillos de control de encendido y apagado, como por ejemplo, se coloca en una lámina bimetalógica un interruptor de mercurio de los sistemas de aire acondicionado u otros sistemas que incluyen los llamados termostatos

Termómetro metálico.



Aspecto de un termómetro bimetálico.

Termostatos

Los termostatos son sensores con salida TODO-NADA que conmuta a un cierto valor de temperatura. Los más simples están basados en la diferencia de dilatación de dos metales, como ya lo mencionamos. Los más sofisticados, se construyen a base de un sensor analógico y uno o varios comparadores con histéresis.

Los de tipo bimetálico se utilizan típicamente en los sistemas de climatización y en algunas aplicaciones industriales como interruptores de protección o encendidos automáticos de flamas, etc.

Transductores eléctricos.

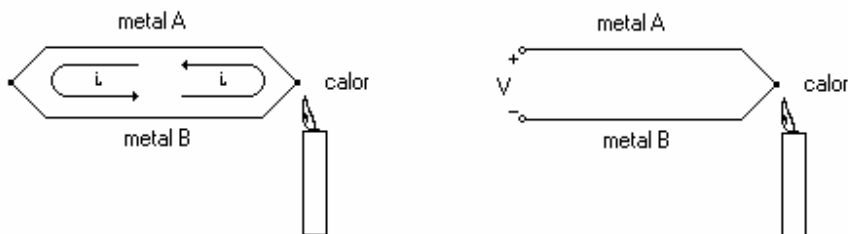
Hasta ahora hemos considerado varios tipos de métodos de detección mecánica de la temperatura. Debido a que se usan los principios mecánicos en lugar de los eléctricos, estos sensores no son adecuados para sistemas de control de procesos analógicos. Dentro de los transductores eléctricos para la detección de temperatura tenemos los siguientes que son los más populares: el termopar, el termistor, el detector de temperatura por resistencia, sensor de temperatura por semiconductor y el pirómetro de radiación.

Termopar

Este es quizás el más utilizado en la industria. Su descubrimiento se debe a Thomas Seebeck, físico alemán, que unió dos conductores hechos con metales diferentes, y descubrió que, cuando se calentaba un extremo, la corriente eléctrica circulaba por el bucle formado por los conductores. Este efecto se denomina efecto Seebeck.

Cuando el circuito se interrumpía, Seebeck observó que existía una diferencia de potencial entre los terminales. Descubrió que la tensión variaba con el calor. Un incremento de calor daba lugar a un incremento de tensión. También descubrió que diferentes metales producen tensiones diferentes.

Efecto Seebeck y diferencia de potencial en la unión caliente.



Como podemos observar de la figura, un extremo se mantiene en contacto con la parte caliente donde se medirá la temperatura, este extremo recibe el nombre de unión caliente. El otro extremo del termopar recibe el nombre de unión fría. Por lo tanto, la tensión generada depende de la diferencia de temperaturas entre la unión fría y la unión caliente.

Existen diferentes tipos de termopares. Estos tipos están en función de los metales con los cuales se fabrican los conductores que forman el termopar. Entre los más populares tenemos: los tipo J, los tipo K, los tipo R y los tipo E, entre otros. Existen tablas donde se proporciona la tensión de salida con relación a la temperatura.

Materiales	Tipo	Constante termoeléctrica	Rangos de Medición	Características importantes
Fe-Constantan	J	0.057 mV/°C	0 a 600 °C	Robustez
NiCr-Ni	K	0.041 mV/°C	0 a 1000 °C	Robustez
PtRh-Pt	R	0.012 mV/°C	0 a 1600 °C	Estabilidad
NiCr-Constantan	E	0.075 mV/°C	0 a 600 °C	Sensibilidad

Tabla 2.3. Características de distintos tipos de termopares.

Termómetros de Resistencia

Como usted sabe, los conductores eléctricos presentan, en general, un aumento de resistencia con la temperatura. Basándose en esta propiedad, se construyen lo que conocemos como termo resistencias o sondas de resistencia. Estas se construyen a base de una bobina de alambre muy fino de conductor dentro de un cuerpo de vidrio o cerámica.

Los elementos industriales se suelen construir a partir de platino, cuyo coeficiente de resistencia de temperatura o coeficiente térmico es de 0.00385 ohms / °C. Aunque también, se fabrican con materiales como níquel y cobre. Estas sondas de resistencia, tienen un valor de 100 ohms a 0 °C, de ahí que su nombre sea Pt100.

Las sondas de resistencia Pt100, tienen un gran rango de medición que va desde los – 250 °C hasta 850 °C.

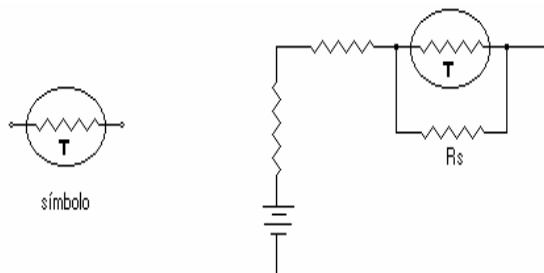
Existen unas variantes de este tipo de sondas. Las sondas PTC y NTC. Estas están construidas en base a un semiconductor. Con estos dispositivos la sensibilidad se mejora pero se pierde mucha linealidad.

Los PTC (*Positive Temperature Coefficient*, Coeficiente Positivo de Temperatura) son construidas a base de óxidos de bario y titanio. Como ya se menciona, estos dispositivos presentan poca linealidad, ya que a partir de cierto valor de la temperatura, éstos presentan cambios muy bruscos en su escala de salida.

Las sondas NTC (*Negative Temperature Coefficient*, Coeficiente Negativo de Temperatura) son construidas a partir de óxidos de hierro, cromo, cobalto, manganeso y níquel dopados con titanio o litio. Igualmente que las PTC presentan una gran alinealidad en su escala de salida en relación con la temperatura. Estos dispositivos también son conocidos con el nombre de termistores.

Generalmente los termistores se usan junto con una resistencia en paralelo para mejorar la linealidad.

Símbolo y circuito con compensación de linealidad.



El valor de la resistencia de compensación en derivación R_s , debe ser igual a la resistencia del termistor a la temperatura que se desea medir.

Pirómetros de radiación

Todos los elementos descritos hasta ahora, son transductores que necesitan estar en contacto con el cuerpo al cual se necesita medirle la temperatura. Muchas veces, la temperatura a medir alcanza valores más allá del punto de fusión de los elementos de medición. Para estos casos, se utilizan los pirómetros de radiación. Estos instrumentos utilizan la radiación térmica que emiten los cuerpos calientes para hacer la medición de la temperatura.

Todos los cuerpos producen radiación térmica, ley de Stefan-Boltzmann (la energía que emite un cuerpo es directamente proporcional a su temperatura a la cuarta, $W = k T^4$). La radiación emitida puede medirse en su totalidad o solo determinadas frecuencias de radiación. De este hecho, tenemos pirómetros de banda ancha y pirómetros de banda estrecha.

Los de banda ancha, están contruidos a base de una cámara negra, que recibe la radiación a través de una ventana de superficie conocida. El haz radiado se hace incidir sobre una superficie metálica, que se calienta por efecto de la radiación recibida. La medida de la temperatura de dicha superficie permite determinar la temperatura del cuerpo emisor.

Los de banda estrecha miden únicamente la radiación emitida en una longitud de onda específica (puede ser infrarrojo o ultravioleta) a través de foto celdas.

Saber Hacer en la practica (3)

Aplicar experimentalmente medidores de nivel directos e indirectos.

II.6 Conceptos básicos de transmisión, recepción de señales y protocolos de comunicación.

Saber en la Teoría (1.5)

Explicar la transmisión y recepción de señales analógicas y digitales. Explicar la transducción de señales físicas a eléctricas. Explicar la conversión de señales analógicas a digitales y digitales a analógicas. Explicar los protocolos de comunicación

En los procesos industriales actuales se ha dado un incremento considerable en la utilización de los equipos de medición y control inteligentes. Estos equipos están basados en microcontrolador o microprocesador. Como sabemos, estos dispositivos procesan la información de manera digital. Una señal digital es aquella que está representada por valores discretos. Estos equipos, presentan la ventaja esencial de que son programables, mayores capacidades de control, potencia de cálculo y facilidad de interfaz con el proceso y con otros equipos más potentes y formar lazos de control.

En la mayoría de los procesos industriales, las variables físicas que se miden o controlan se encuentran de manera analógica, es decir, señales que varían de manera continua en el tiempo. Por lo tanto, necesitamos de elementos que nos permitan hacer la conversión de una variable analógica a digital para poder aplicar los instrumentos o controladores inteligentes.

Los elementos que se aplican en la conversión de señales analógicas a digitales son los convertidores analógicos a digital, ADC (por sus siglas en ingles), estos circuitos son parte de un sistema más complejo que denominamos: Sistema de adquisición de datos.

Por lo tanto, para la automatización de una industria, si se compran equipos de diversos fabricantes debemos considerar la el aspecto de la comunicación entre éstos, de manera que puede haber un enlace entre las diversas células o islas automatizadas dentro del proceso. Esto da lugar a tener una estructura de redes industriales. En esta estructura se pueden distinguir tres niveles:

Nivel de bus de campo. Este es el nivel de red más próximo al proceso y se encarga de la integración de pequeños automatismos (PLC's compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, instrumentos de medición, etc.) en lo que hemos denominado las células o islas que controlan distintas porciones del proceso.

Nivel LAN. Este nivel está por encima del anterior y se encarga de enlazar las distintas islas o células de fabricación o control en un conjunto más grande. En este nivel encontramos PLC's de gama alta y computadoras de proceso dedicados a las tareas de diseño, control de la calidad, etc.

Nivel LAN / WAN. Este nivel es el más próximo al área de gestión y se encarga de integrar los niveles anteriores en una estructura de fábrica o incluso de múltiples fabricas ubicadas en diferentes lugares. Las computadoras que forman este nivel o esta red comparten recursos y bases de datos que permiten centralizar los todos los servicios.

Buses de campo (*Fieldbus*). El bus de campo es el nivel más simple y próximo al proceso dentro de la estructura de las comunicaciones industriales. Prácticamente, opera en todos los buses de comunicación industrial. El *Fieldbus* es un término genérico que describe las nuevas comunicaciones digitales de redes. Esta comunicación es bidireccional, bus serie, que se utiliza para interconectar dispositivos de campo de instrumentación y control. Cada dispositivo de campo tiene un poder de computo y comunicación de bajo costo instalado en él. Las características más comunes de los buses de campo son las siguientes:

Los estándares de comunicación al nivel de bus de campo cubren solo una parte del modelo OSI, nivel físico, enlace y aplicación.

Las especificaciones de un determinado bus admiten más de un tipo de conexión. La más común es un bus semidúplex, comunicación en banda base, tipo RS-485. Se encuentran también opciones que trabajan con RS-422 y conexiones en bucle de corriente.

El nivel de aplicación, dirigido al usuario, es propio de cada fabricante. Casi todos los buses de campo suelen utilizar comunicación serie asíncrona, con velocidades relativamente lentas.

Como la transmisión que realiza es de manera digital, ésta es mucho más exacta que la transmisión analógica de 4-20 mA. Cada Instrumento de campo puede ser un elemento inteligente y puede llevar a cabo su propio registro, exhibición, control, mantenimiento y funciones de diagnóstico.

Como consecuencia del punto anterior, el instrumento o elemento, puede informar si existe un fallo, de que se requiere calibración manual, etc.

Un solo dispositivo de campo del *Fieldbus* puede reemplazar varios dispositivos que utilicen la comunicación analógica de 4-20 mA. La señal estándar de 4-20 mA requiere que cada dispositivo tenga fijo su propio cableado y sus propias conexiones, con

frecuencia *Fieldbus* únicamente requiere de un par de cables trenzados para la instalación eléctrica.

Dentro de las normalizaciones del bus de campo, realizadas por la IEC, se enlistan las siguientes:

Nivel físico. Bus serie controlado por un maestro, comunicación semidúplex, trabajando en banda base.

Velocidades. Dos alternativas: 1 Mbits/s para distancias cortas o valores inferiores. Entre 250 kbits/s a 64 kbits/s para distancias largas.

Longitudes. Dos alternativas: 40 m para la máxima velocidad y 350 m a velocidades más bajas.

Número de periféricos. Máximo de 30 nodos, con posibilidades de ramificaciones máximo 60.

Tipo de cable. Pares de cables trenzados.

Conectores. Bornes de tipo industrial o conectores DB9 o DB25.

Conexión / desconexión. La conexión y/o desconexión de algún nodo no debe interferir con el tráfico de datos.

Bus físico con posibles derivaciones hacia los nodos o periféricos.

Longitud de ramificaciones. Máxima de 10 m.

Aislamientos. 500 V ca permanentes entre instrumentos de campo y bus.

Implementación de protocolo. Los circuitos integrados que implementen el protocolo deben de estar disponibles comercialmente y ser de dominio público. No deben de estar protegidos por patentes de exclusividad.

Como ya se menciona, a menudo en los *Fieldbus* se establece la categoría de maestro-esclavo. El maestro controla las operaciones y comunicación por registro cíclico de los esclavos, que pueden comunicarse sólo cuando el maestro lo autoriza. De este modo, un único nodo es el que transmite información en todo momento. El inconveniente de esta forma de comunicación es que si el maestro detiene la comunicación, todo deja de trabajar. Por tal motivo, en el desarrollo de los buses de campo más actuales, tal como al *Profibus* hasta el nuevo *Bitbus*, tienen la capacidad de cambiar el papel de maestro a otro nodo, si así se requiere o si el maestro está inactivo.

Las condiciones de marco que establece la IEC admiten varios candidatos posibles a bus de campo que se pueden tomar como estándar. Algunos de estos son:

MODBUS. Pensado para una topología maestro-esclavo. No es reconocido explícitamente por parte de alguna norma internacional. Esto debido a que nace antes de la implantación de la norma IEC.

BITBUS. Marca registrada de Intel, después cedida al dominio público. Bus de altas prestaciones a bajo coste. Bus síncrono, gestionado por el microcontrolador 8044, dotado de un USART y con las funciones de protocolo integradas en ROM.

PROFIBUS. Impulsado por fabricantes alemanes. Utilizado en redes de altas prestaciones y previsto para su integración de manera simple. Su inconveniente es que la información detallada del protocolo no es del dominio público.

S-BUS. El *speed bus*, no es propiamente un bus de campo, sino un sistema multiplexor-demultiplexor que permite la conexión de E/S remotas, que pueden ser digitales o analógicas a través de dos pares trenzados.

Saber Hacer en la practica (3)

Realizar ejercicios de conversión de señales a/d y d/a, utilizando circuitos integrados.

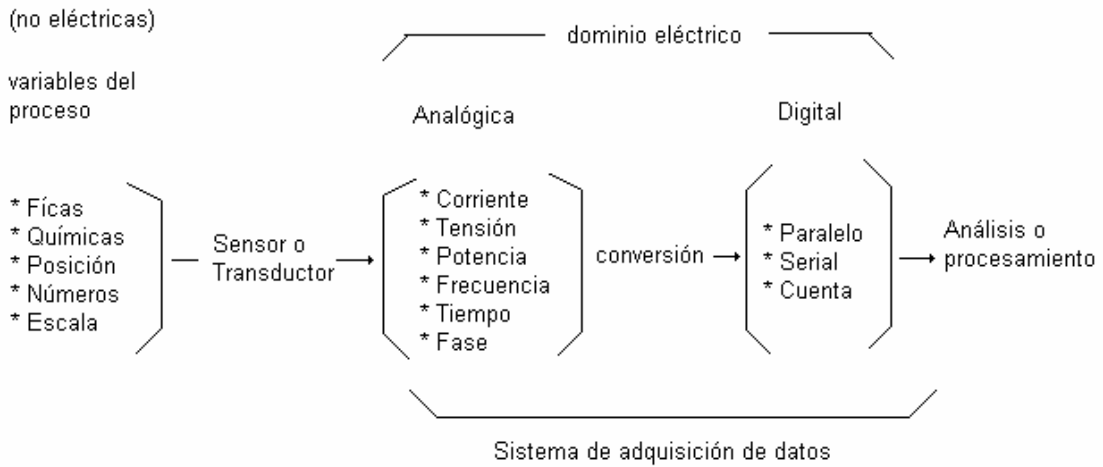
II.7 Adquisición de datos y visualización por pc.

Saber en la Teoría (1)

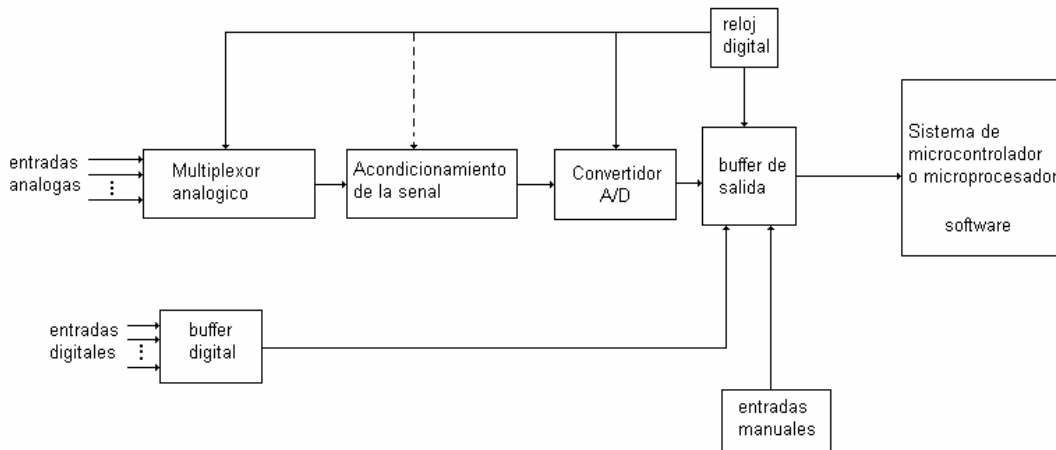
Reconocer la adquisición de datos en tiempo real

Sistema de adquisición de datos. Un sistema de adquisición de datos lo podemos definir como un grupo de circuitos electrónicos interconectados entre sí, dedicados a la medición y a cuantizar una señal analógica para su procesamiento o análisis digital. Entonces un sistema de adquisición de datos (SAD), es la interfase entre el dominio analógica y el dominio digital.

Una vez que la variable a ser medida o controlada es convertida a una señal eléctrica, el SAD realiza la conversión al dominio digital. Los componentes básicos de un SAD se presentan en la siguiente figura



SAD (Sistema Adquisición de Datos)



Bloques SAD

Multiplexor analógico. El multiplexor analógico nos permite estar midiendo o controlando un determinado número de señales por el mismo SAD. Este consiste en un conjunto determinado de interruptores que enlazan una entrada a un punto de medida común. Cada entrada es individualmente conectada en una secuencia determinada. El número de canales de un multiplexor puede variar de dos a varios cientos.

Acondicionamiento de la señal. En la mayoría de los casos las señales de entrada al SAD no se encuentran de manera adecuada para su conversión, y por lo tanto, debemos de

hacerles un acondicionamiento previo. El acondicionamiento puede consistir de una amplificación lineal o logarítmica, filtrado, detección de picos, etc. Frecuentemente, más de una de estas operaciones es aplicada.

Convertidor analógico a digital (ADC). El convertidor analógico a digital convierte una señal analógica a un formato digital. Estos dispositivos se fabrican de manera que realicen la conversión utilizando diferentes técnicas: Integración de doble pendiente, aproximaciones sucesivas, etc. Los convertidores se clasifican basándose en el número de salidas digitales que generan, de 4 bits, 8 bits, 10 bits, 12 bits, entre otros.

Reloj Digital. El reloj digital proporciona la base de tiempo principal del SAD.

Entradas manuales. Muchos SAD proveen al usuario de una manera de introducir datos de manera manual, como tipos de datos a manejar, condiciones especiales del medio donde se realice la medición, etc.

Buffer digital. Este se encargará de transferir la información de una manera correcta a la siguiente etapa del SAD.

Como podemos ver, el SAD es un elemento indispensable para llevar a cabo un procesamiento de la información por equipos que están basados en microcontrolador o microprocesador. Las capacidades de estos sistemas se ven aumentadas si se comunican con otros sistemas de captación, proceso o presentación de datos. La posibilidad de tener una comunicación entre los diferentes instrumentos de medición y control nos presenta las siguientes ventajas:

Posibilidad de intercambio de información entre los diferentes automatismos que controlan fases sucesivas de un mismo proceso global.

Facilidad de comunicación hombre-máquina, basado en terminales o instrumentos que permitan programar u observar el proceso en función de un lenguaje que sea muy claro para el personal.

Adquisición de datos de sensores y procesamiento de los mismos con vistas a un control de calidad, gestión, estadística u otros propósitos.

Facilidad de cambios para adaptarse a las modificaciones por actualización o reestructuración del proceso.

Posibilidad de utilizar lenguajes de alto nivel, que nos permitan tratar bajo un mismo entorno todas las islas automatizadas.

La base para llegar a tener estas ventajas está en un sistema de comunicación potente y flexible y que se puedan integrar productos de cualquier fabricante. Aunque esto representa algunas desventajas como son: la comunicación involucra mayor complejidad técnica y la dificultad de unificar un sistema que integre productos de diversos fabricantes, con distintas funciones, lenguajes y prestaciones.

En la década de los 40's la instrumentación de procesos contó con señales neumáticas de presión de 3-15 psi para su utilización en los dispositivos de control. Posteriormente se introdujo la señal analógica estándar de 4-20 mA para la instrumentación. Se utilizan aún otras señales que no están dentro de norma. En realidad, la señal de 4-20 mA sobre conductores de cobre de par trenzado, se ha utilizado desde la mitad de los 50's, y su adopción como norma internacional (IEC 381-1) se efectuó en 1971.

Saber Hacer en la practica (3)

Aplicar los módulos de adquisición de datos en tiempo real, para realizar mediciones o control

III

ANALIZAR EL FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACION DE MEDIDORES DE VARIABLES DIVERSAS Y ELEMENTOS FINALES DE CONTROL

Objetivo particular de la unidad

seleccionar y calibrar los instrumentos adecuados para la medición de variables diversas y reconocer los elementos finales de control.

Habilidades por desarrollar en la unidad

Realizar calibración de elementos utilizados en la instrumentación industrial.

I.1 Instrumentos de medición de variables físicas y químicas

Saber en la Teoría (4)

Analizar las diferentes formas de medir: peso, velocidad, aceleración, humedad, intensidad luminosa, posición, sonido, conductividad, acidez (ph)

Medidores de Humedad

La humedad es definida como la cantidad de vapor de agua en aire. Uno de los factores que determina la cantidad de agua en el aire es la temperatura. El aire caliente puede contener más vapor de agua que el aire frío. La medida de la cantidad de agua en aire se denomina humedad relativa. La humedad relativa es una relación entre la humedad del aire a una cierta temperatura, comparada con la que podría contener a esa temperatura.

Para la medición de la humedad podemos aplicar dos métodos: el directo a través de higrómetros, y métodos indirectos mediante la comparación de variaciones de temperatura.

Existen otros métodos para medir la cantidad de agua en un material. A menudo, se usa la relación de masa o volumen. Esta relación se especifica en tanto por ciento o en partes por millón (ppm) del peso o el volumen de una muestra. Esta medida la conocemos como humedad específica. Otra medida es el punto de rocío o de escarcha. El punto de rocío

es la temperatura a la que el vapor de agua se condensa y se deposita sobre una superficie sólida. Se mide en grados Celsius o Fahrenheit.

Psicrómetros

Es un medio común de medida de la humedad relativa. Su construcción está basada en dos ampollas, una seca y otra húmeda. El aire debe pasar por la ampolla húmeda haciendo que el agua se evapore. Las dos ampollas contienen sensores de temperatura. Cuando la temperatura del aire permanece constante, el sensor de la ampolla seca permanece a temperatura constante. Sin embargo, la temperatura de la ampolla húmeda varía con la humedad relativa. Se produce más evaporación cuando la humedad relativa decrece. Así cuando la humedad baja, la ampolla húmeda comienza a enfriarse. Por lo tanto, la diferencia de temperatura entre las ampollas nos indica la humedad relativa.

Higrómetros

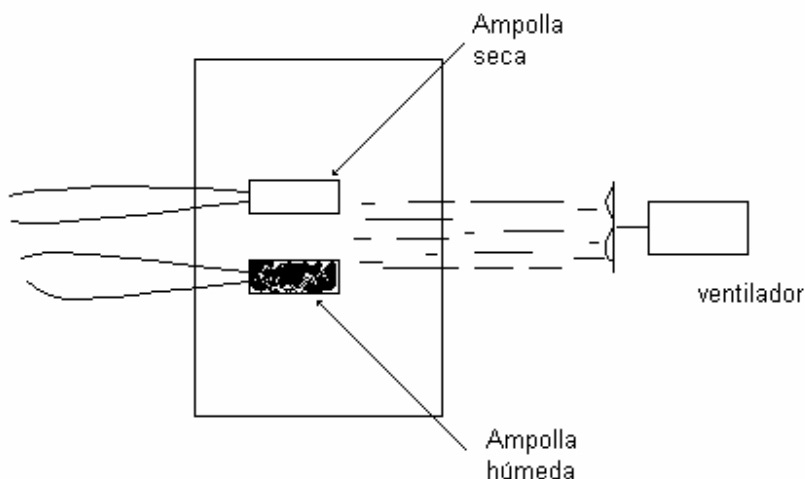
Como el anterior, es un dispositivo para medir la humedad, formado por materiales cuyas propiedades cambian cuando absorben humedad. El higrómetro mide directamente la humedad. Los higrómetros más comunes son

Higrómetro de pelo

Higrómetro de impedancia

Higrómetro de sorción

Higrómetro capacitivo



psicrométrico

Higrómetro de pelo

Este higrómetro se construye con pelo humano o membrana animal. El pelo humano crece en longitud alrededor del 3 % sobre un rango del 0% al 100 % de humedad. Esta variación de longitud se detecta mediante un indicador, que proporciona una lectura de humedad relativa. Se utiliza para medir humedades relativas del 15 % al 90 %, dentro del rango de temperaturas de 1° a 40 ° C. El higrómetro de pelo es estrictamente mecánico, aunque se pueden hacer adaptaciones para obtener una salida eléctrica.

Higrómetro de impedancia

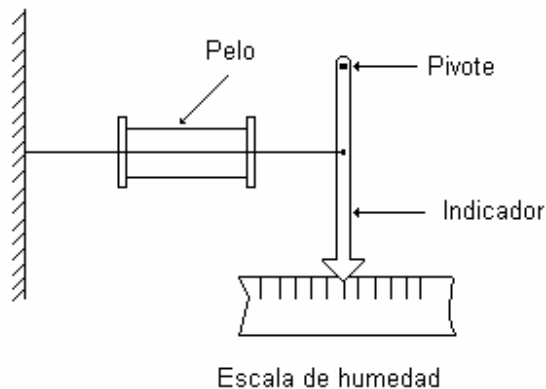
Se utiliza el cambio de impedancia para detectar niveles de humedad. El higrómetro de resistencia, varía su resistencia cuando la humedad varía. El higrómetro de resistencia mostrado en la figura 3.3, está formado por dos electrodos separados por una lámina delgada de cloruro de litio. El cloruro de litio absorbe la humedad del aire. Por ende, cuando la humedad relativa aumenta, la resistencia del dispositivo decrece. Luego, la variación se detecta por métodos potenciométricos o por puentes.

Higrómetro de sorción

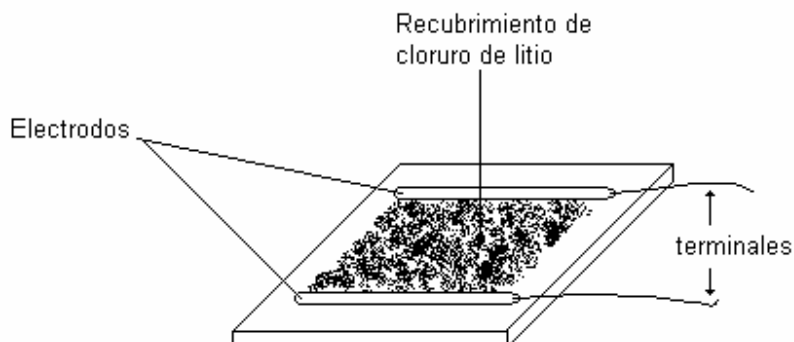
Este utiliza el principio de un cristal oscilador. La humedad hace que la masa del cristal aumente, y que la frecuencia de oscilación disminuya. Las frecuencias que se utilizan están alrededor de los 9 MHz. Los higrómetros comerciales utilizan dos cristales: uno es el sensor, y el otro está expuesto a gas seco y actúa como referencia. Este higrómetro también se conoce como higrómetro piezoeléctrico.

Higrómetro capacitivo

Trabaja sobre el principio de que la constante dieléctrica de un condensador varía en presencia de agua. Esta variación en la constante dieléctrica modifica el valor de capacidad del condensador. Las medidas de capacidad se realizan utilizando puentes de impedancias o variaciones de la frecuencia del oscilador.



Higrómetro de pelo.



Higrómetro de resistencia.

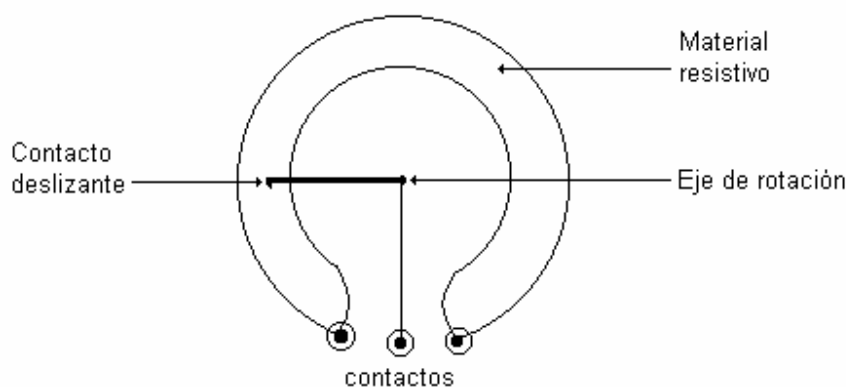
Medición por absorción de microondas

Las microondas son parte del espectro electromagnético con frecuencias que van desde 1 hasta 100 GHz. El agua absorbe miles de veces más estas ondas que un gas seco. Cuanto más vapor de agua en el aire más absorción de energía y menos ondas llegan al sensor. Por lo tanto, el nivel de radiación transmitida es inversamente proporcional a la humedad relativa.

Transductores de desplazamiento

En los procesos industriales, es común que se requiera conocer la posición del objeto. Los transductores de desplazamiento nos proporcionan dicha información. El desplazamiento lo podemos definir como la posición física de un objeto con respecto a un punto de referencia. El desplazamiento puede ser lineal o angular. El primero se define como la posición de un cuerpo en una línea recta con respecto a un punto de referencia. El desplazamiento angular es la posición angular de un objeto con respecto a un punto fijo alrededor del cual gira.

Uno de los transductores de desplazamiento angular más comunes es el potenciómetro. Está formado por una resistencia en forma de círculo con un contacto que se desliza sobre él. Dependiendo en que sentido gire el contacto deslizante, se tendrá un aumento o una disminución de la resistencia. El elemento resistivo puede ser de carbón, plástico conductor, o un conductor delgado arrollado alrededor de un elemento no conductor.

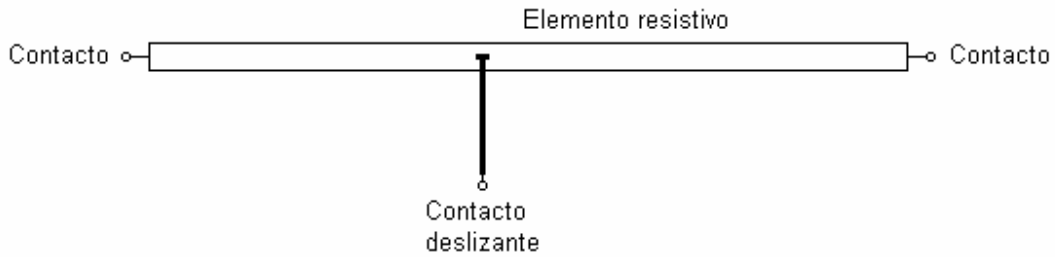


Potenciómetro como indicador de desplazamiento angular

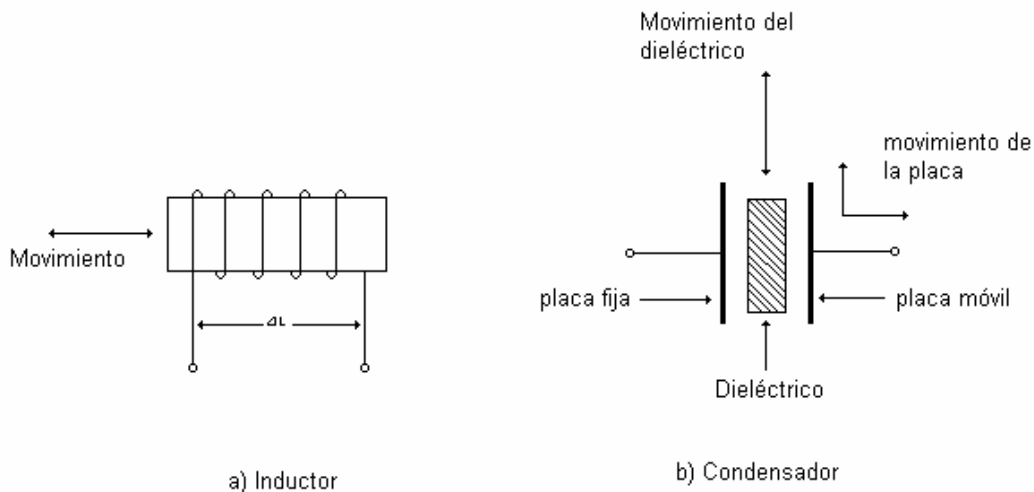
Como ya mencionamos, el desplazamiento del contacto deslizante produce una variación en la resistencia. Esta variación de resistencia se puede utilizar para indicar la posición de un eje de rotación.

El desplazamiento lineal se puede medir de varias formas. Si el elemento resistivo del potenciómetro se estira, tendremos un medidor de desplazamiento lineal.

Otra forma de indicar un desplazamiento lineal, es emplear las variaciones de capacidad o de inductancia. Normalmente la inductancia se varía moviendo un núcleo dentro de una bobina. La capacidad se varía moviendo las placas, o separando o insertando un dieléctrico dentro de las placas del capacitor.



Potenciómetro como indicador de desplazamiento lineal.



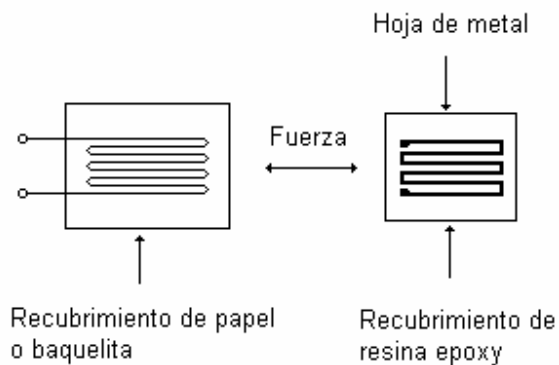
a) Condensador e b) Inductor, como indicadores de desplazamiento lineal.

A través del desplazamiento, podemos medir otras variables como tensión, fuerza o deformación. Como sabemos de los cursos de Física, la fuerza es la magnitud que hace variar el movimiento de un cuerpo. La tensión es la fuerza que actúa sobre una unidad de área de un cuerpo. La deformación, es el cambio en la forma que resulta de una tensión. La variación en la forma puede ser una variación en la longitud o en el ancho.

En muchas aplicaciones industriales, es necesario medir la capacidad de deformación de estructuras, objetos, etc. Se puede necesitar realizar medidas de piezas mecánicas bajo

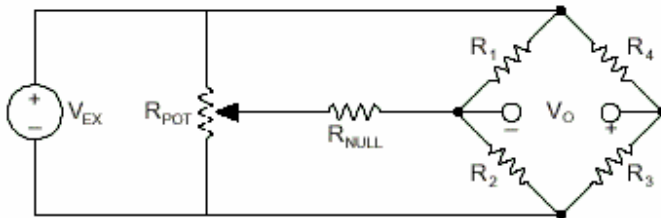
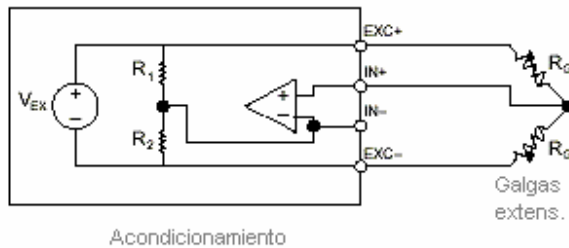
diferentes condiciones de operación. La tensión y deformación que puede soportar un material antes de que se produzca una distorsión permanente es un valor que debe ser conocido en el diseño de los componentes mecánicos.

Uno de los dispositivos más comunes para detectar la deformación es la galga extensiométrica devanada. Estas galgas están hechas de metal, con forma de alambre o de hoja. Generalmente en forma de serpentina. Como lo podemos ver en la figura 3.7. La galga extensiométrica se sujeta firmemente a la superficie del dispositivo bajo prueba, con un adhesivo desarrollado específicamente para este propósito. Cuando se aplica una fuerza al objeto bajo prueba, la superficie se deforma y también la galga. Las dimensiones de la galga varían, y esta deformación es la que da lugar a la variación de la resistencia eléctrica.



Galgas extensiométricas de hoja y devanada.

Como las galgas extensiométricas son elementos resistivos, se necesita de una fuente de alimentación para alimentarlas. Además, necesitamos de circuitos de acondicionamiento para manejar la señal de salida que éstas nos entregan. En la figura 3.8 se muestran dos circuitos para este propósito.



Este tipo de galgas extensométricas de semiconductor sobre las devanadas o de hoja son:

Circuitos de alimentación y acondicionamiento de señal.

Muy alta sensibilidad. Su módulo de rigidez es 20 a 90 veces mayor que el de las galgas de hoja metálica.

Tamaños más pequeños. Los sensores pueden ser de tan sólo 0.5 mm de longitud y 0.25 mm de ancho.

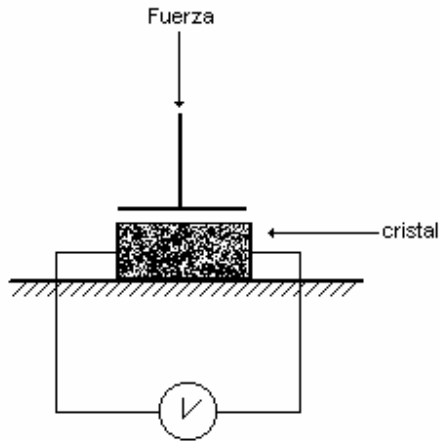
Mayor tiempo de fatiga. Estas galgas pueden forzarse más de 10^7 veces sin sufrir daños.

Módulos de rigidez negativos. Las encontramos con módulos de rigidez positivos y negativos.

La señal de la galga extensiométrica semiconductor generalmente es obtenida de un circuito puente (con compensación de temperatura) al igual que las galgas devanada y de hoja. Es 30 a 50 veces más sensitiva que éstas. El rango de valores de resistencia de la galga va de 100 a 10,000 ohmios.

Otro dispositivo utilizado para medir la deformación o tensión es el cristal piezoeléctrico. Estos cristales nos proporcionan una diferencia de potencial cuando se comprimen. Esta diferencia de potencial en algunos casos llega a ser alta, aunque la corriente que nos entrega es baja. Además, la carga se disipa muy rápidamente en condiciones estáticas.

Por este motivo, este dispositivo se emplea usualmente para medir fuerzas o presiones que varían rápidamente, tal es el caso de las vibraciones.

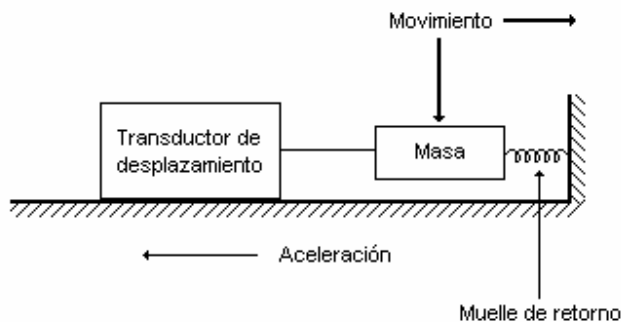


Cristal piezoeléctrico que genera una tensión eléctrica.

Transductores de aceleración

Como vimos en los párrafos anteriores, los transductores de desplazamiento se pueden utilizar para medir el esfuerzo y la deformación. El transductor del desplazamiento también lo podemos utilizar para medir aceleración. Tal dispositivo se llama acelerómetro. Casi todos los acelerómetros utilizan el mismo principio que se muestra en la figura 3.10. Cuando se inicia la aceleración, la masa tiende a irse hacia atrás. La masa se mueve hacia atrás debido a la fuerza de inercia. Cuanto mayor es la aceleración, el movimiento que se produce es mayor. Se puede emplear cualquier transductor de desplazamiento, fuerza, deformación o presión para detectar el movimiento o la fuerza de inercia.

Una gran mayoría de acelerómetros utilizan un cristal piezoeléctrico para convertir la fuerza en electricidad.



Acelerómetro Básico.

La aceleración se calcula usando la siguiente ecuación. Donde la ***g*** es la aceleración debida a la gravedad, cuyo valor es 9.81 m/s^2 .

$$a = \frac{V}{s}$$

Donde

a = aceleración

V = Tensión pico (mV)

S = Sensibilidad del sensor (milivoltios por ***g***)

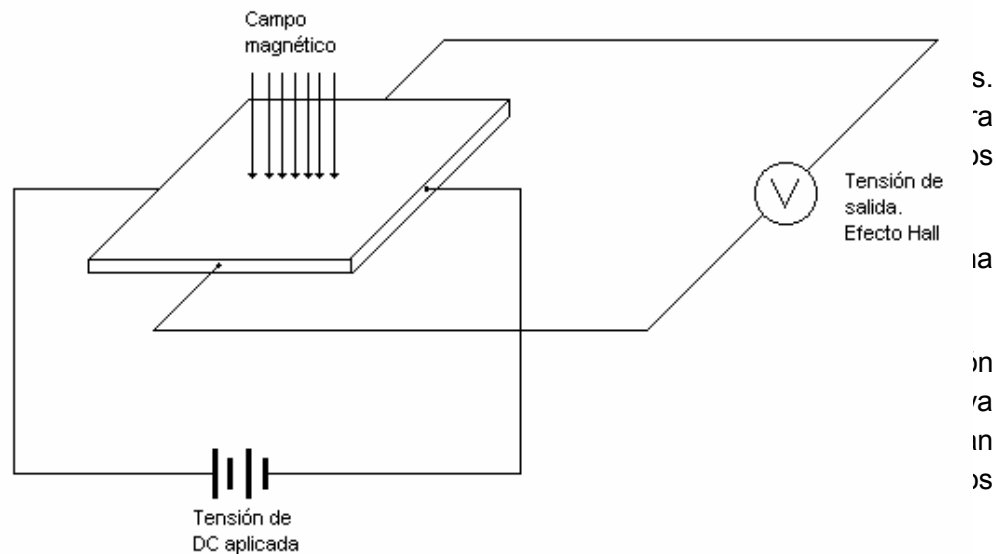
Transductores Magnéticos

Como sabemos, los campos magnéticos se distribuyen alrededor de los objetos como líneas de fuerza. Los instrumentos que detectan la intensidad de los campos magnéticos se denominan gaussímetros. Los sensores de campos magnéticos también se utilizan en los amperímetros de gancho. Los dos dispositivos de uso común en la industria para detectar la presencia de campos magnéticos son los sensores de efecto *Hall* y las magnetorresistencias.

Dispositivos de efecto *Hall*. El principio en el que se basan estos sensores lo descubrió *Edward H. Hall*, en 1879. Él encontró que cuando un campo magnético envolvía a una

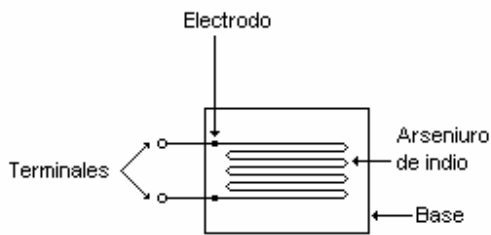
lámina de oro en la que circulaba corriente, se producía una diferencia de potencial en los lados de la lámina. Este efecto se llama efecto *Hall*.

En la actualidad, los dispositivos de efecto *Hall* se fabrican con semiconductores en lugar del oro con el que trabajó *Hall*. Los semiconductores producen diferencias de potencial *Hall* más altas que cualquier material sólido. El efecto *Hall* es la generación de una diferencia de potencial entre los terminales opuestos de un conductor eléctrico por el que circula corriente y que está colocado dentro de un campo magnético. Este efecto se produce debido a la fuerza de Lorentz, la cual desvía los portadores de carga en el material semiconductor. Debido a esta desviación, los portadores de carga que forman la corriente que está circulando por el semiconductor están más concentrados en uno de los extremos del material semiconductor, esto nos genera la diferencia de potencial que se ilustra en la figura



Transductor de efecto Hall.

Magnetorresistencias. Estos dispositivos también son utilizados para detectar la presencia de un campo magnético. La estructura de las magnetorresistencias es similar a la de las fotorresistencias. El compuesto de que están hechas es el arseniuro de indio. Este se deposita en forma de serpentina o en sustrato, como se ve en la figura 3.12. Cuando un campo magnético incide en un semiconductor, la trayectoria de los portadores se distorsiona, como en el dispositivo de efecto *Hall*. Sin embargo, en las magnetorresistencias, la distorsión de la trayectoria de los portadores reduce efectivamente el área de la sección transversal del conductor, por lo que aumenta la resistencia.



dispositivo es de dos terminales cuya resistencia cambia con el campo magnético. Cuando la intensidad de campo magnético aumenta, la magnetorresistencia también aumenta. Este es el efecto *Hall*. Además, en un circuito tipo puente de Wheatstone, frente a los dispositivos de mV.

Práctica (7)

Construcción de una magnetorresistencia.

Utilizar diferentes instrumentos para medir las variables físicas analizadas

III.1 Elementos finales de control

Saber en la Teoría (3)

Reconocer los diferentes elementos finales de control o actuadores: válvulas proporcionales, relevadores, visualizadores, motores hidráulicos, neumáticos o eléctricos. Cilindros hidráulicos y neumáticos

Los elementos finales de control son dispositivos que se utilizan para hacer las correcciones necesarias en el proceso por parte del sistema de control. Estos pueden actuar directamente sobre la variable controlada o pueden actuar indirectamente sobre ésta. Los elementos finales de control o actuadores pueden ser:

Diferentes tipos de válvulas

Relevadores, Contactores, Motores eléctricos, Motores hidráulicos o neumáticos, Cilindros neumáticos, Cilindros hidráulicos

Las válvulas se emplean, generalmente, para dos funciones básicas: cierre y estrangulación. Las válvulas utilizadas para aislar el equipo, instrumentos y componentes de la tubería (coladores, trampas de vapor, filtros, etc.) cuando se necesita mantenimiento se llaman válvulas de bloqueo o de cierre. Estas válvulas de bloqueo también se utilizan en los múltiples (derivaciones) para desviar las corrientes a diversos lugares según las necesidades.

En esencia, cualquier válvula que no esté ni abierta del todo ni cerrada del todo durante su funcionamiento, se pueden considerar como válvulas de bloqueo. Estas válvulas suelen ser del tamaño de la tubería y tienen un orificio más o menos del diámetro de la tubería en la que se encuentran montadas.

Las válvulas de operación manual cuya finalidad es regular el flujo, la presión o ambos, se denominan válvulas de estrangulación.

El tipo de válvula dependerá de la función que debe efectuar, sea de cierre (bloqueo), estrangulación o para impedir el flujo inverso. Dado que hay diversos tipos de válvulas disponibles para cada función, también es necesario determinar las condiciones de servicio en que se emplearán las válvulas. Es muy importante conocer las características química y físicas de los fluidos que se manejan. Se debe poner atención a lo siguiente:

Válvulas de cierre o bloqueo, Válvulas de estrangulación, Válvulas de retención, Tipo de servicio, Líquidos o gases, Líquidos con gases, Líquidos con sólidos, Gases con sólidos, Vapores generados instantáneamente por la reducción en la presión del sistema, Con corrosión o sin corrosión, Con erosión o sin erosión

Las características principales y los usos más comunes de los diversos tipos de válvulas para servicio de bloqueo o cierre son:

Válvulas de compuerta. Resistencia mínima al fluido de la tubería. Se utiliza totalmente abierta o cerrada. Accionamiento poco frecuente.

Válvulas de macho. Cierre hermético. Deben estar abiertas o cerradas del todo.

Válvulas de bola. No hay obstrucción al flujo. Se utilizan para líquidos viscosos y pastas aguadas. Se utiliza totalmente abierta o cerrada.

Válvulas de mariposa. Su uso principal es para cierre y estrangulación de grandes volúmenes de gases y líquidos a baja presión. Su diseño de disco abierto, rectilíneo, evita cualquier acumulación de sólidos. La caída de presión que presenta es muy pequeña.

Tipos de válvulas para estrangulación:

Válvulas de globo. Son para uso poco frecuente. El asiento suele estar paralelo con el sentido del flujo. Produce resistencia y caída de presión considerables.

Válvulas de aguja. Estas válvulas son, básicamente, válvulas de globo que tienen un macho cónico similar a una aguja, que ajusta con precisión en su asiento. Se puede tener estrangulación exacta de volúmenes pequeños debido a que el orificio formado entre el macho cónico y el asiento cónico se puede variar a intervalos pequeños y precisos.

Válvulas en Y. Las válvulas en Y son válvulas de globo que permiten el paso rectilíneo y sin obstrucción igual que las válvulas de compuerta. La ventaja es una menor caída de presión comparada con la de globo convencional.

Válvulas de ángulo. Son, en esencia, iguales que las válvulas de globo. La diferencia principal es que el flujo del fluido en la válvula de ángulo hace un giro de 90°.

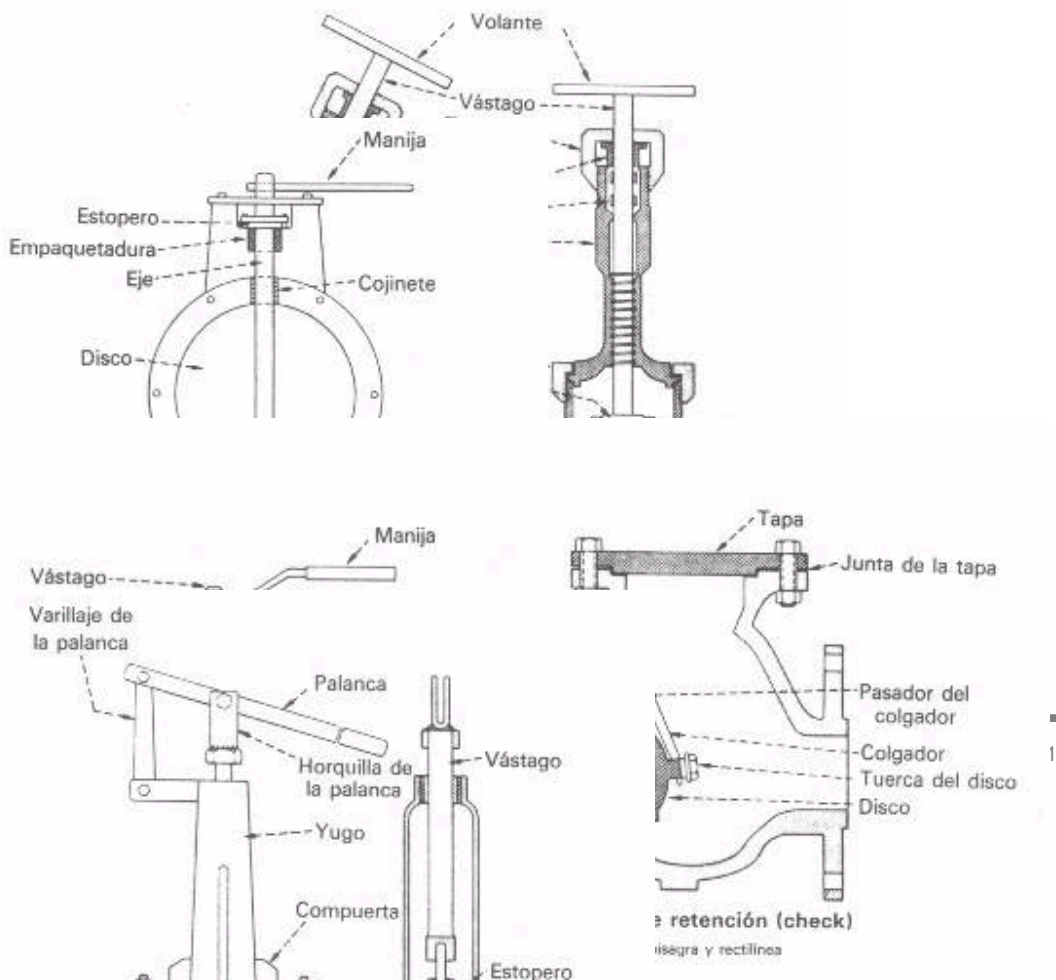
Válvulas de mariposa. Su uso principal es para cierre y estrangulación de grandes volúmenes de gases y líquidos a baja presión; desde el vacío hasta 150 psi. Su diseño de disco abierto, rectilíneo evita la acumulación de sólidos no adherentes y produce poca caída de presión.

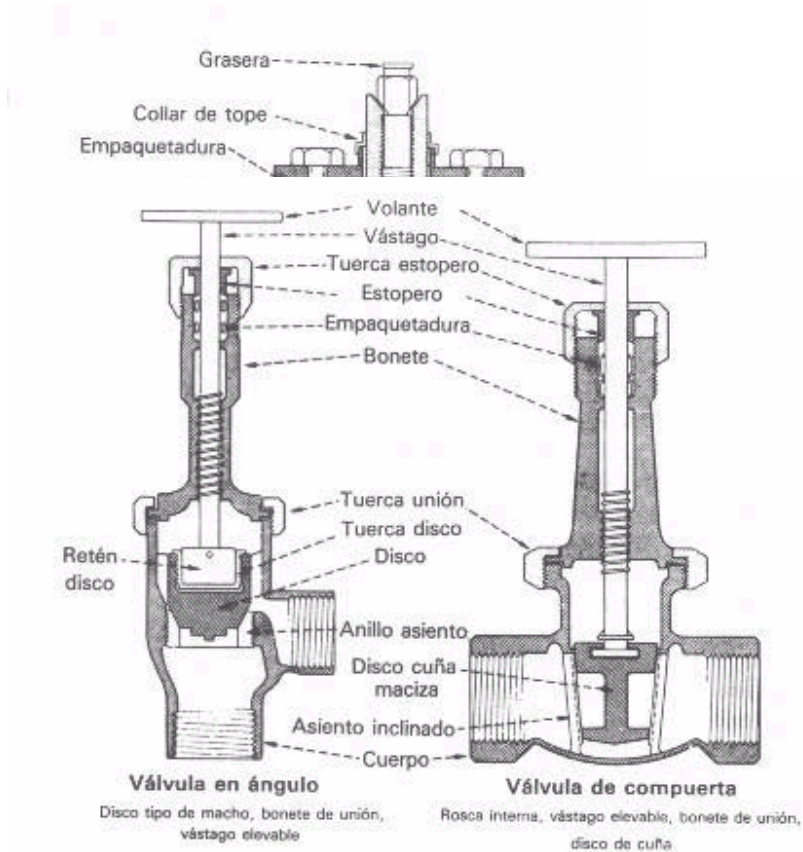
Las válvulas que no permiten el flujo inverso o de retención, actúan en forma automática ante los cambios de presión para evitar que se invierta el flujo. Estas válvulas también se conocen con el nombre de *válvulas Check*.

Válvulas de control

Las válvulas de control son el regulador básico en cualquier proceso en que se manejan corrientes de fluidos. El empleo de este tipo de válvulas significa que el proceso tiene algún tipo de sistema automático de control que permita controlar la válvula a través de éste. El control puede ser monitoreando nivel, flujo, temperatura, presión o cualquier otra variable. Este tipo de control incluye los componentes típicos de un sistema de control de lazo cerrado que son sensor, transmisor, controlador, actuadores o elementos finales de control.

Una válvula de control consiste en dos partes principales: el cuerpo y el actuador. En este tipo de válvulas se emplea un actuador en lugar de un volante para mover el vástago y el macho para abrir y cerrar la válvula. El actuador puede ser neumático o eléctrico. Los actuadores levantan el vástago y al macho del asiento o mueven al macho en el cilindro del asiento. Las válvulas de mariposa o de bola tienen actuadores de montaje lateral porque el vástago del actuador hace girar el eje de la válvula.





os que conectan y
troimán o bobina de
otencia que es capaz
ra accionar pequeñas
en accionar grandes

dispositivos de mayor
). El relevador separa
es débiles, de la parte

Válvula de ángulo y de compuerta. de potencia, que trabaja con tensiones y corrientes más elevadas.

El contactor

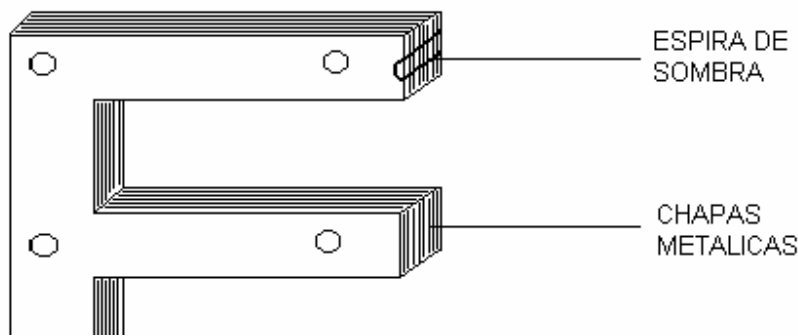
El contactor forma parte de los aparatos de maniobra “automáticos” con poder de corte. El contactor es un interruptor accionado o gobernado a distancia por medio de un electroimán para accionar cargas de mayor potencia. Las partes que conforman un contactor se pueden dividir en tres principales:

Carcaza. Es el soporte o cuerpo del elemento, fabricado de material no conductor, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores del mismo.

Circuito electromagnético. Este está formado por tres partes que son:

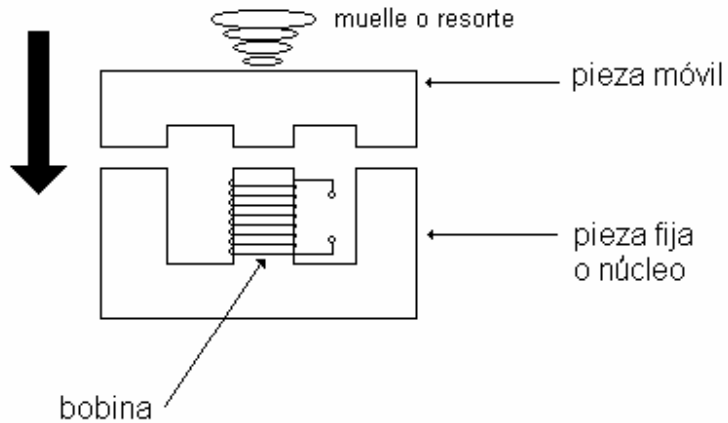
Bobina: Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado con un gran número de espiras que cuando se le aplica tensión crea un campo magnético muy intenso. Este campo magnético atrae la armadura (pieza móvil) hacia el núcleo de manera que éstos quedan unidos estrechamente.

Núcleo: Es una parte metálica, de material ferromagnético, parecido al núcleo de los transformadores formado por un conjunto de laminas delgadas, generalmente en forma de E y que va fijo en la carcasa. La bobina va arrollada en la columna central de éste. La función del núcleo es concentrar y aumentar las líneas de campo magnético que genera la bobina y así atraer la armadura.



› las otras partes, es cuando se energiza la bobina, la armadura es atraída por el campo magnético.

movimiento mecánico:
la armadura es jalada hacia abajo por la fuerza que produce el campo magnético de la bobina



es
o
te
y
in

le
la
ié

Armadura, bobina y núcleo del contactor. Cuando se energiza se produce una chispa. Esta cámara de chispa está construida con materiales resistentes a las altas temperaturas. Además con características especiales para extinguir rápidamente la chispa que se produce y evitar que ésta se convierta en un arco eléctrico que dañe permanentemente los contactos.

Los contactos auxiliares son contactos cuyas capacidades de corriente son pequeñas en comparación con los contactos principales. Estos se utilizan para alimentar las bobinas de los contactores, lámparas de señalización y algunos otros elementos que se ubiquen en la parte de control.

Las características más relevantes de relevadores y contactores son:

Tensión de mando. Tensión de alimentación de la bobina de mando.

Potencia de mando. Potencia necesaria para accionar la bobina de mando.

Tensión de aislamiento, U_i . Tensión de prueba entre circuito de mando y contactos.

Tensión de empleo, U_e . Tensión de trabajo de los contactos de potencia.

Corriente térmica, I_{th} . Corriente máxima que pueden soportar los contactos una vez cerrados sin sobre pasar los límites de calentamiento. No debe confundirse con la corriente de empleo.

Corriente de empleo, I_e . Es la corriente que el dispositivo es capaz de accionar e interrumpir para cada tensión de empleo y con carga resistiva.

Poder de corte. Se define por la corriente que el dispositivo es capaz de accionar e interrumpir para cada tipo de carga (inductiva, capacitiva, motores, etc.) y para un número determinado de maniobras.

Los tipos de servicio más frecuentes según las normas IEC son:

Para relevadores:

DC11: Mando de bobinas y electroimanes en general en corriente continua.

AC11: Mando de bobinas y electroimanes en general en corriente alterna.

Para contactores:

AC1: Conexión y corte de cargas resistivas.

AC2: Mando de motores de CA de rotor en corto circuito, sin posibilidad de corte durante el arranque ni inversión a plena carga.

AC3: Mando de motores de CA de rotor en corto circuito, con posibilidad de corte durante el arranque e inversión de marcha a plena carga.

AC4: Mando de motores de CA con corriente limitada por resistencias, autotransformador u otros medios.

El símbolo para un contactor es el mostrado en la siguiente figura 3.15.

BOBINA

CONTACTOS



IS
:n
:S

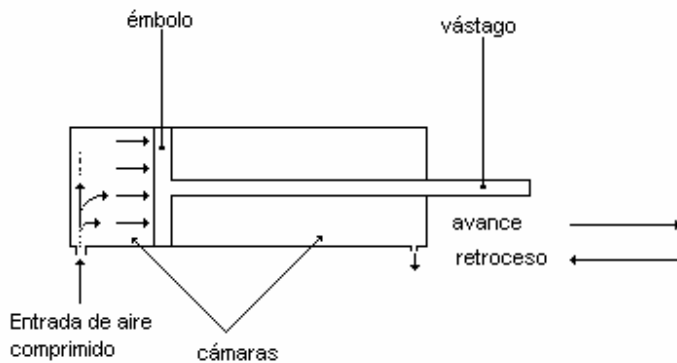
le
la
:S
al
o
:S

:S
IS
:e
:n

jo

s.
lo
la
IS

contactores. superficies del émbolo. En la figura 3.23 se muestran las partes de un cilindro.

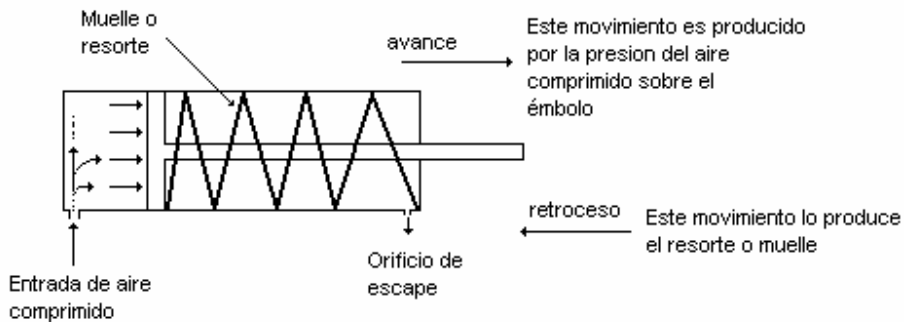


ámaras se señala la entrada
bolo produce el movimiento
que el vástago completó su
regunta obligada ¿cómo el

Dependiendo de la forma en como realiza su movimiento de retroceso, los cilindros se clasifican o dividen en dos categorías: de simple efecto y de doble efecto.

Cilindros de simple efecto

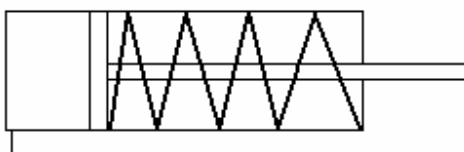
Los cilindros de simple efecto sólo pueden realizar trabajo en un sentido, es decir, se inyecta aire comprimido para producir desplazamiento en un solo sentido, y el retorno a la posición original se realiza por medio de un resorte o por una fuerza externa. El movimiento de trabajo es producido por el aire a presión que obliga al émbolo a desplazarse y, a su vez, comprime el muelle. Cuando se corta la entrada de aire comprimido, desaparece la presión sobre el émbolo y por la acción del muelle hace que regrese a su posición de reposo o efectúe su movimiento de retroceso. En la figura 3.24 se muestra un cilindro de simple efecto de retorno por muelle.



a la presión de escape. arrera está ire. Son de , alimentar,

avance de esto tipo de

Cilindro de simple efecto. Retorno por muelle. Este tipo de cilindros tiene aplicación en sistemas de frenado donde una falla de energía provoca un frenado instantáneo.



a)



b)

ido para realizar tanto su movimiento aquí que tenga dos entradas de aire til tanto en el avance como en el de doble efecto tenga más aplicación en la cámara posterior, la cámara válvula de control y el cilindro realiza retroceso, a la cámara anterior se le conecta a la atmósfera a través de la e presenta el símbolo del cilindro de le efecto:

Cilindros de doble vástago

Cilindros Tandem

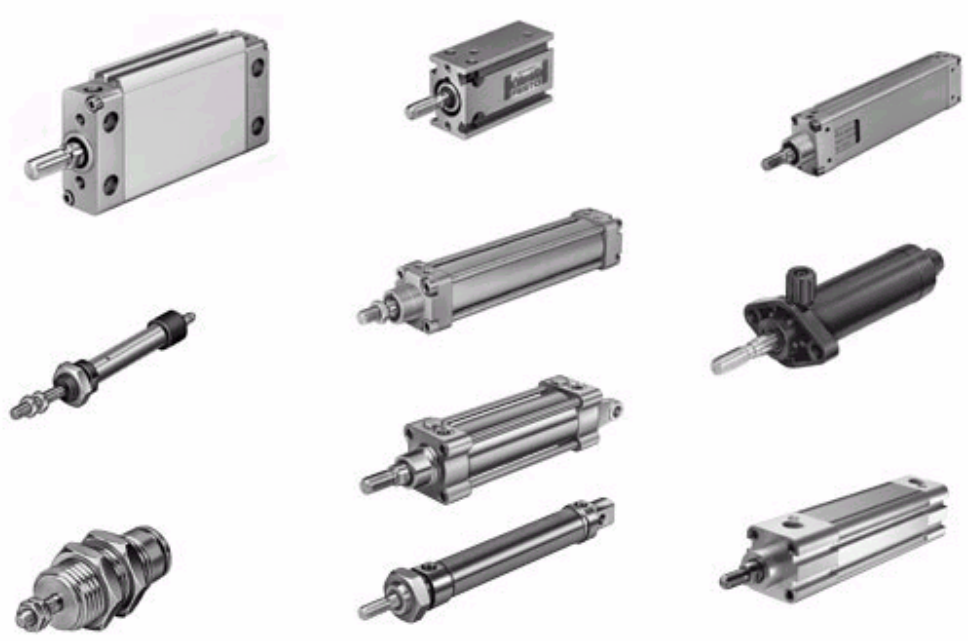
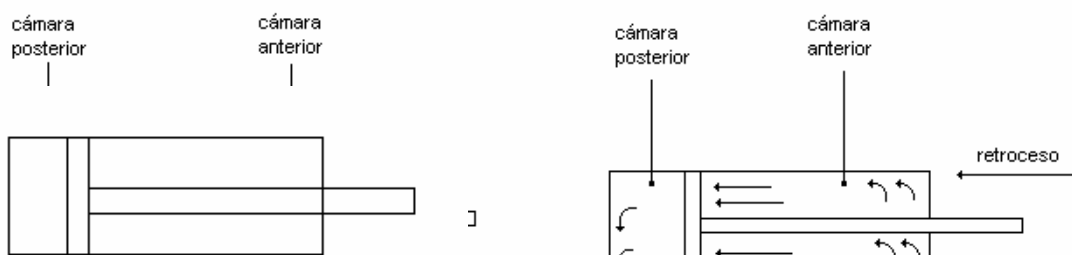
Cilindro multi posiciones

Cilindro de impacto

Cilindro de cable

Cilindro de giro

Cilindros de émbolo giratorio



ia
y
le

le
a

Diferentes tipos de cilindros neumáticos.



Motores neumáticos.

Los motores eléctricos al contrario de los generadores eléctricos, convierten la energía eléctrica en movimiento mecánico de rotación. Los principios de funcionamiento de estos dispositivos están basados en la inducción electromagnética: cuando un conductor eléctrico está dentro de un campo magnético y si hacemos circular una corriente eléctrica por este conductor, se generan fuerzas electromagnéticas que tienden a mover dicho conductor.

Dependiendo del tipo de corriente que hagamos circular por los conductores que forman el motor y el tipo de aplicación se clasifican como se muestra en la siguiente tabla.

GENERADORES	CC	DINAMO
	CA	ALTERNADOR
MOTORES	CC	INDEPENDIENTE SHUNT SERIE COMPOUND
	CA	SÍNCRONO ASÍNCRONO DE COLECTOR
	CC Y CA	UNIVERSALES

Tabla 3.1. Clasificación de las máquinas eléctricas.

Los motores de CC tienen gran aceptación en aplicaciones donde se requiere regular la velocidad de trabajo con relativa facilidad. Aunque ahora con los variadores de velocidad para los motores de CA esa característica es relativa. Estos motores presentan el inconveniente de que necesitan escobillas frotantes colectoras que provocan algunos inconvenientes.

Los motores síncronos de CA funcionan a una velocidad rigurosamente estable o constante, ya que su velocidad depende únicamente de la frecuencia de la tensión de CA. Con este tipo de motores se consiguen factores de potencia de la unidad.

Los motores asíncronos de inducción también proporcionan una velocidad bastante estable. No utilizan contactos deslizantes o escobillas para su funcionamiento (jaula de ardilla). Son los motores más utilizados actualmente debido a su sencillez, robustez y buen rendimiento. En la figura 3.30 se muestra el control para el arranque y paro de un motor trifásico. Observe la utilización del elemento ya descrito en secciones anteriores que es el contactor.

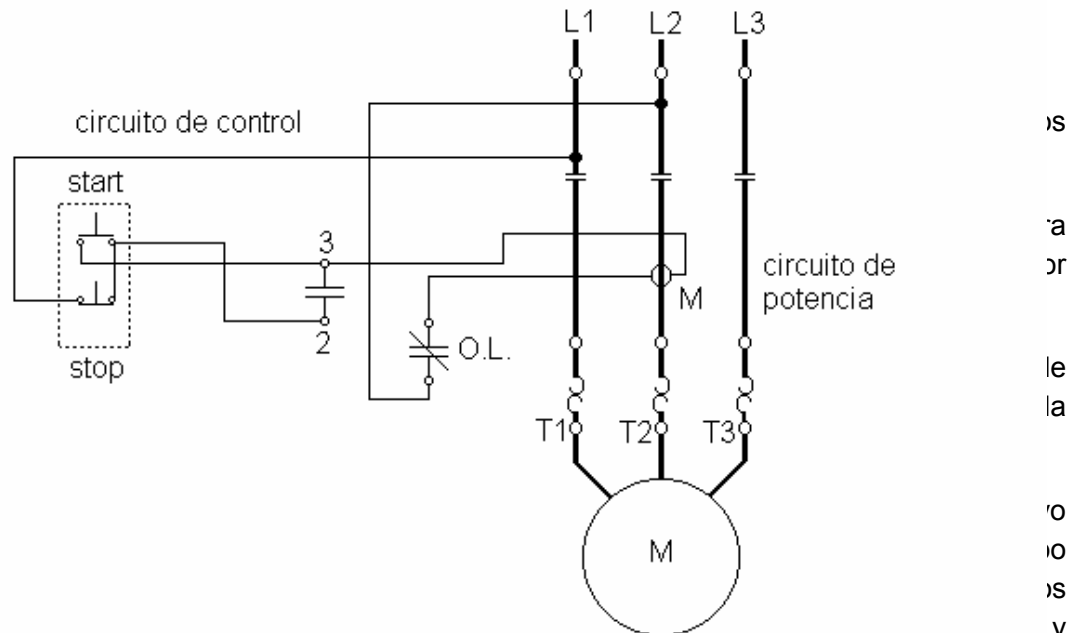


Diagrama de control para un motor trifásico. Paro y arranque.
 primer caso es un motor de tres hilos y el otro es de devanado partido. Estos motores se alimentan con corriente continua conmutada a través de un conjunto de transistores.

III.2 Calibración de instrumentos de medición y control Saber en la Teoría (3)

Analizar los procedimientos y metodología para la calibración de instrumentos

Saber Hacer en la practica (8)

Utilizar diferentes instrumentos para medir las variables físicas analizadas

Resolver las prácticas de la Guía de Prácticas de la asignatura.

Guía de Prácticas

Prácticas de la unidad 1

PRÁCTICA No. __

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

1. Objetivo.

Escribir el objetivo de la práctica

2. Materiales y/o equipos.

Listar los materiales y equipo en caso de requerirse.

3. Desarrollo general.

Escribir el desarrollo que llevará el alumno en la actividad.

4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

Bibliografía

- 1 Instrumentación Industrial
Antonio Creus
Alfaomega - Marcombo
6° Edición

- 2 Instrumentos Industriales
Antonio Creus
Alfaomega - Marcombo
2° Edición