

VARIABLES DE PROCESO

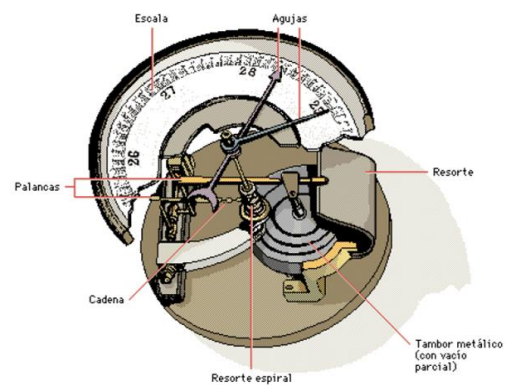
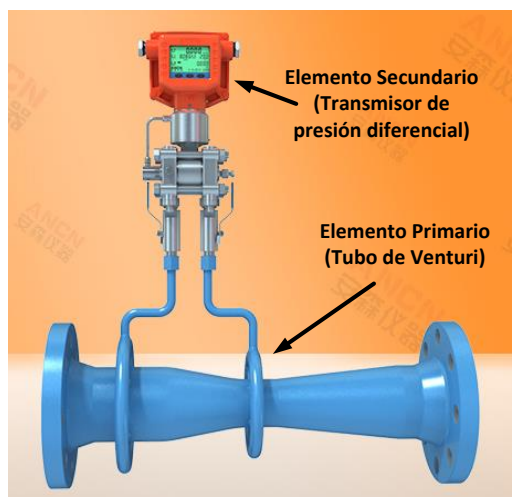
Las variables más comunes que se miden y controlan en los procesos industriales son cuatro: PRESIÓN, TEMPERATURA, NIVEL DE INTERFASE y CAUDAL. También interesa en la industria de procesos otras variables físicas de fluidos y sólidos tales como densidad y viscosidad composición, conductividad, pH, etc. que también se miden y controlan, pero en menor número de casos.

ELEMENTOS DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN

Son los dispositivos que se encargan de transformar la variable de ingeniería (temperatura, por ejemplo) en una señal mecánica, eléctrica, etc. que puede ser usada por otros instrumentos (indicadores, controladores, registradores, etc.). Estos dispositivos tienen dos partes:

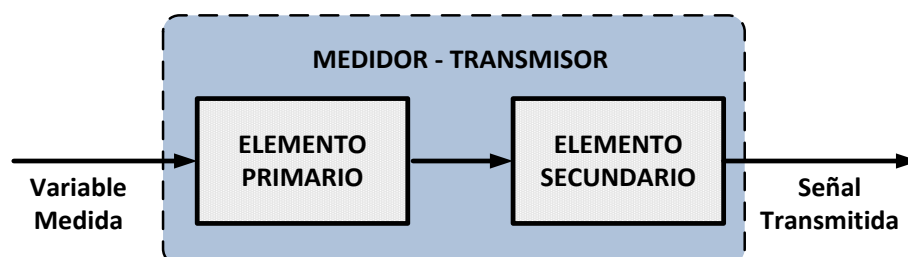
- **Elemento primario:** convierte la variable de ingeniería en otra variable física que pueda ser cuantificable. Ejemplo: cambios en la temperatura (variable de ingeniería) puede transformarse en cambios en la resistencia eléctrica.
- **Elemento secundario:** convierte la variable cuantificada por el elemento primario en una señal estandarizada que puede ser usada por otro instrumento (controlador, registrador, indicador, etc.) en forma local o remota.

Estas dos partes pueden estar claramente separadas como en el caso de un tubo Venturi (elemento primario) con transmisor de presión diferencial (elemento secundario) o bien ambas se confunden en un mismo dispositivo (medidor de presión tipo Bourdon con indicación de aguja).



Tubo de Bourdon. Elementos primarios y secundarios en un solo dispositivo

Analizando las relaciones causa efecto, se puede representar a un medidor-transmisor como dos sistemas en serie:



MEDICIÓN DE PRESIÓN

La presión, junto con la temperatura, constituyen las variables que más frecuentemente se miden y controlan en la industria de procesos. Los elementos primarios que se emplean en estos ambientes son fundamentalmente de dos tipos:

- **Elementos de columna de líquido:** por efecto de la presión producen una diferencia de nivel de un fluido incompresible dentro de un tubo en “u” Son usados básicamente para indicación.
- **Elementos elásticos:** sirven tanto para medición local como para transmisores. Por efecto de la presión produce un desplazamiento. Los cuatro elementos que se emplean en sensores industriales son: Tubo de Bourdon, diafragma, cápsulas y fuelles.

Existen en el mercado diversas tecnologías para transmisores que se acoplan con los elementos elásticos, pero las más difundidas y confiables son los extensométricos (strain gage), capacitivos y de alambre vibrante.

DISPOSITIVOS INDUSTRIALES DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

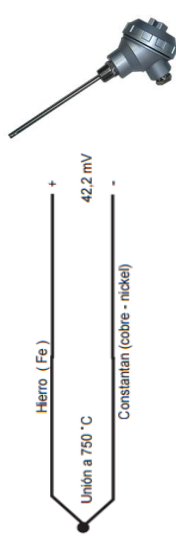
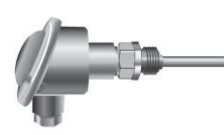


Existen muchos dispositivos que sirven para medir temperatura, pero solo algunos han sido adaptados para su uso en ambientes industriales. En la tabla siguiente están los principales.

PRINCIPIO GENERAL	TIPO	Principio de funcionamiento	ALCANCE (°C)
EXPANSIÓN TÉRMICA	Sistemas de dilatación	Son elementos que aprovechan la capacidad de los fluidos (líquidos y gases) de dilatarse con la temperatura. Generalmente se asocian a transmisores neumáticos. Al día de hoy prácticamente ya no se usan.	-195 a 760
	Termómetros de vidrio	Similares a los anteriores pero para indicación sobre una escala. Hay versiones industriales con protección contra impacto.	-200 a 350
	Bimetálicos	Consisten en dos piezas de aleaciones de distinto coeficiente de dilatación térmica que producen cambios de forma por efecto de la temperatura. Muy difundido para indicación local y como switch (termostato).	-50 a 500







AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS – FACET – UNT

ELEMENTOS DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN

PRINCIPIO GENERAL	TIPO	Principio de funcionamiento	ALCANCE (°C)
ELÉCTRICOS	Termocupla	Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales (juntas) se genera un voltaje del orden de los milivolts que cambia con la temperatura. Por ejemplo, una termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y níquel). Al colocar una junta a 750 °C y la otra al ambiente (20 °C) se induce una fem de 42.2 mili.	-200 a 2000 
	Termoresistencias	Se infiere la temperatura a partir de la variación en la resistencia eléctrica de un metal, generalmente platino, cobre o níquel. La versión estándar más usada es la de platino Pt-100.	-200 a 700 
	Termistores	Similar al anterior, pero de un semiconductor. La resistencia en este caso es muy alta. Trabaja en rangos estrechos con gran sensibilidad.	< 300 
RADIACIÓN TÉRMICA	Pirómetros óptico, de radiación total y de relación	Sistema que mide la temperatura basándose en la radiación que emite la superficie cuya temperatura es medida. El elemento sensible no está en contacto con el cuerpo sobre el que se practica la medición.	-40 a 4000 
VISUALES	Indicadores de color	Se trata de compuestos químicos que tienen la propiedad de cambiar su color con la temperatura. Solo sirven de indicación	-50 a 1000

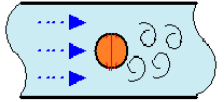
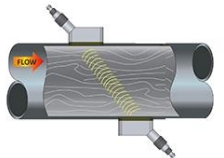
MEDICIÓN DE CAUDAL

Esta es una variable muy importante ya que su conocimiento es indispensable en los balances de materia y energía. Muchas estrategias elaboradas de control requieren la medición de flujos. Una clasificación exhaustiva de los distintos dispositivos ofrecidos comercialmente se la puede encontrar en la norma británica BS-7405, que da pautas para su selección.

PRINCIPIO GENERAL	TIPO	Principio de funcionamiento	DIÁMETRO (mm)
DIFERENCIALES	Convencionales	Se trata de Placa de orificio, Tubo Venturi y Toberas . Consiste en producir una reducción en la zona de pasaje del fluido generando un diferencial de presión que es proporcional al cuadrado del caudal volumétrico.	10 a 1000 
	Otros	Están en este grupo el Tubo de Pitot y su versión superadora el Pitot Promediante . Generan diferenciales de presión proporcionales al cuadrado del caudal. Un segundo tipo es el caudalímetro de impacto que produce un diferencial de fuerza proporcional al cuadrado del caudal. Otro tipo son los rotámetros que se pueden aplicar a diámetros muy reducidos, pero no se adaptan fácilmente para generar señales de transmisión.	5 a 2000  
DESPLAZAMIENTO POSITIVO	Paleta deslizante Lobular Engranajes Pistón giratorio	Dispositivos similares a las bombas de desplazamiento positivo, pero en este caso se emplea la energía del fluido para mover las partes mecánicas produciendo desplazamientos o giros. Esto permite cuantificar volúmenes desplazados por lo que se emplean fundamentalmente como totalizadores.	10 a 1000 

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS – FACET – UNT

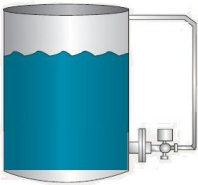
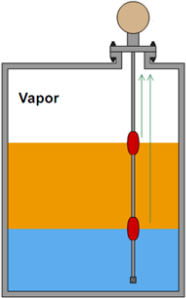
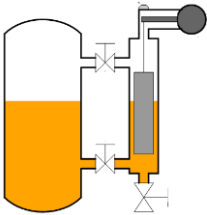
ELEMENTOS DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN

PRINCIPIO GENERAL	TIPO	Principio de funcionamiento	DIÁMETRO (mm)
BASADOS EN LA VELOCIDAD DEL FLUIDO	Electro magnético	Se usa para líquidos conductivos. Se aplica un campo magnético perpendicular a la dirección de circulación y se induce una f.e.m. que es proporcional a la velocidad del fluido (Ley de Faraday). Existen modelos de inserción adecuados para diámetros grandes.	5 a 2000 
	Vortex	El dispositivo se basa en la ley Karman. Un eje sobre el que impacta el fluido produce el desprendimiento de remolinos con una frecuencia que es proporcional a la velocidad de la corriente. Un sistema electrónico genera una señal proporcional a la frecuencia. Existen modelos de inserción especiales para diámetros grandes.	25 a 1000 
	Ultrasónicos	Constan de un emisor de ultrasonido y un receptor de eco (efecto Doppler) o de las ondas emitidas (tiempo de tránsito). Ambas tecnologías permiten inferir la velocidad media del fluido. Es no invasivo y está reservado para líquidos. Hay dispositivos basados en tiempo de tránsito para gases a presión.	10 a 1500 
	Turbina	Constan de una turbina que en contacto con la corriente de fluido gira con una velocidad proporcional a la velocidad del fluido. Se aplican tanto para líquidos como para gases.	10 a 2000 
MÁSICOS	Coriolis	Se aplica solo a líquidos. Se basa en la medición de las fuerzas de Coriolis.	10 a 600
	Disipación térmica	Para la medición de caudal de gases. Principio: cambios de en el coef. de transferencia del calor.	10 a 500

MEDICIÓN DE NIVEL


Se designa como nivel a la posición de la interfase: líquido-gas (la más difundida), sólido-gas y menor medida líquido-líquido y líquido-sólido.

En la actualidad existe una gama enorme de tecnologías de medición de nivel. Se comentan algunas de las más comunes para la medición continua.

PRINCIPIO GENERAL	Principio de funcionamiento	ALCANCE (mm)
VISUALES DIRECTOS	Reservado para líquidos. Tubo de material transparente y rígido conectado al depósito. El líquido sube por el tubo hasta igualar al nivel del depósito (vasos comunicantes). Sólo para indicación.	400 a 2000
HIDROSTÁTICO	Utilizado para medición continua de nivel en tanques que contengan líquidos principalmente. El peso de una columna de líquido genera una presión hidrostática. A densidad constante, la presión hidrostática es solamente función de la altura de la columna de líquido: $\Delta p = \rho g h$	40 a 5000 
FLOTANTE	Constituido por un flotador sobre la interfase que se suspende de un cable. El cambio en la posición de la interfase hace cambiar la posición del flotador . En este caso el dispositivo sólo sirve como indicador. Si el flotante se mueve en un tubo guía siguiendo la interfase (figura), puede generar señales para transmisión remota. Aplicable solo para sistema fluido-fluido.	500 a 10000 
BOYANTE	Similar al flotador, pero en este caso la boya permanece fija y el nivel cambia de posición . Solo para sistemas fluido-fluido. Los cambios de la posición de la interfase generan cambios en el empuje, que se utiliza para producir señales proporcionales al nivel. El uso de boyantes está limitado a alcances relativamente cortos debido al elevado costo del boyante y de la cámara externa que lo aloja.	10 a 1000 

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS – FACET – UNT

ELEMENTOS DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN

PRINCIPIO GENERAL	Principio de funcionamiento	ALCANCE (mm)
ULTRASONICO	<p>Constan de un emisor de ondas sonoras de alta frecuencia (entre 20 y 40 kHz) que se propaga por una fase hasta que alcanza la interface, se refleja y el eco es captado por el receptor situado en el mismo punto que el emisor. El tiempo entre la emisión de la onda y la recepción del eco permite evaluar la posición del nivel, considerando la velocidad del ultrasonido.</p> <p>Se aplica para cualquier interfase. La medición está muy influenciada por las condiciones ambientales en la que se desplaza la onda de ultrasonido.</p>	300 a 30000 
RADAR	<p>Dispositivo con un principio de funcionamiento similar al ultrasónico, pero emplea microondas en el rango de frecuencias entre 5.8 GHz y 26 GHz.</p> <p>Se usa para nivel de líquidos, sólidos y pastas. Su aplicación es ideal en productos muy viscosos (incluso asfaltos) y en medios agresivos.</p> <p>A diferencia de los elementos ultrasónicos, la temperatura tiene un efecto ínfimo en la medición, pero con un costo mayor.</p>	1000 a 40000 