



CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERÍA DE PETRÓLEO

MÓDULO 11

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS

ING. JORGE NOZICA – jorge.nozica@ingenieria.uncuyo.edu.ar

FACULTAD DE INGENIERÍA

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS

1 - CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS

Disciplina de la ingeniería que se enfoca en diseñar sistemas y algoritmos para controlar automáticamente las variables de un proceso industrial o sistema en tiempo real. El objetivo principal del control automático de procesos es mantener las variables del proceso dentro de límites deseados o setpoints, logrando así un funcionamiento óptimo, seguro y eficiente del sistema.

En un sistema de control automático de procesos, se utilizan sensores para medir las variables del proceso, como temperatura, presión, caudal, nivel, entre otras. Estos sensores envían la información a un controlador automático, que procesa los datos y toma decisiones en función del error entre el valor medido y el valor deseado (setpoint). El controlador calcula una señal de control y envía esta señal a actuadores, como válvulas, bombas, motores, entre otros, que actúan sobre el proceso para ajustar las variables y mantenerlas cerca del setpoint.

Existen diferentes tipos de control automático de procesos, y algunos de los más comunes son:

Control en lazo cerrado (feedback control): Como se explicó en la respuesta anterior, este tipo de control utiliza una retroalimentación constante para ajustar la variable del proceso y mantenerla cerca del setpoint.

Control en lazo abierto (feedforward control): Este tipo de control anticipa las perturbaciones y actúa sobre el proceso antes de que ocurran. No utiliza retroalimentación para ajustar la variable, sino que toma decisiones en función de las condiciones previas del proceso.

Control PID (Proporcional-Integral-Derivativo): Es uno de los algoritmos de control más utilizados en el control automático de procesos. Combina tres términos (proporcional, integral y derivativo) para calcular la señal de control y corregir el error de manera rápida y precisa.

2 – LAZO DE CONTROL

Un lazo de control de variables de procesos, también conocido como control de bucle cerrado, es un sistema de control utilizado en la automatización industrial para mantener una variable del proceso en un valor deseado o en un punto de referencia. Consiste en un conjunto de componentes interconectados que trabajan juntos para medir, comparar y ajustar la variable del proceso para mantenerla dentro de los límites deseados.

Los elementos principales de un lazo de control son los siguientes:

- **Sensor:** El sensor mide la variable de proceso que se desea controlar, como la temperatura, presión, nivel, caudal, entre otros. Proporciona una señal de retroalimentación al controlador.
- **Controlador:** El controlador es el cerebro del sistema. Recibe la señal de retroalimentación del sensor y la compara con el valor deseado o punto de referencia (setpoint). Con base en esta comparación, el controlador calcula una señal de control para ajustar la variable del proceso.

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERÍA DE PETRÓLEO

- Actuator: El actuador es responsable de tomar la señal de control del controlador y actuar sobre el proceso para ajustar la variable. Puede ser una válvula, una bomba, un motor, o cualquier dispositivo que tenga la capacidad de modificar la variable controlada.
- Proceso: El proceso es el sistema físico que se está controlando, como una caldera, una máquina, un reactor químico o cualquier otro equipo industrial.

Desarrollo:

El sensor mide la variable de proceso y envía esta información al controlador.

El controlador compara el valor medido con el valor deseado (setpoint) y determina la diferencia entre ambos, conocida como error.

El controlador utiliza algoritmos y lógica de control para calcular la señal de control necesaria para corregir el error y acercar la variable del proceso al setpoint.

La señal de control se envía al actuador, que actúa sobre el proceso para ajustar la variable y reducir el error.

El proceso responde a la acción del actuador, y la variable de proceso se modifica.

Este ciclo de medición, comparación, cálculo y ajuste se repite continuamente en tiempo real para mantener la variable del proceso lo más cerca posible del valor deseado.

Este bucle cerrado permite un control más preciso y estable del proceso, ya que cualquier desviación de la variable del proceso respecto al setpoint se corrige automáticamente mediante el ajuste continuo proporcionado por el controlador.

3 – MEDIDORES o SENSORES

Se llama sensor o medidor al instrumento que produce una señal, usualmente eléctrica, ya que anteriormente se utilizaban señales hidráulicas, que refleja el valor de una propiedad (caudal, temperatura, presión, nivel, etc.), mediante alguna correlación definida (ganancia), que es la relación proporcional entre el valor real de una magnitud o variable y el valor medido o registrado por un dispositivo o instrumento de medición.

La medición de variables de procesos es el proceso realizado para la obtención de datos cuantitativos de magnitudes o parámetros, en un proceso industrial. Implica identificar y cuantificar estos factores relevantes para el proceso con el objetivo de:

Controlar el proceso: permite obtener información en tiempo real sobre el estado y el comportamiento del sistema, utilizada para regular y ajustar las condiciones de operación del proceso.

Supervisar el comportamiento: permite monitorear el rendimiento del sistema a lo largo del tiempo. Esto ayuda a identificar tendencias, patrones anormales o desviaciones que puedan indicar problemas potenciales, como fallas en equipos, fugas, ineficiencias o desgaste de componentes.

Optimizar la eficiencia: Al medir y analizar las variables de procesos, es posible identificar oportunidades para mejorar la eficiencia y la productividad

3.1 – Medidores de nivel

3.1.1 – Medidor de nivel capacitivo:

Dispositivo utilizado para medir el nivel de un líquido en un tanque o contenedor. Funciona en base al principio de la capacitancia, el que **consiste en la capacidad que tienen dos conductores eléctricos para almacenar una carga eléctrica cuando están separados por un dieléctrico (material no conductor)**.

El medidor capacitivo generalmente consta de dos placas o electrodos metálicos, uno colocado en la parte superior y otro en la parte inferior del tanque. El espacio entre estos electrodos es el área de medición y está ocupado por el líquido cuyo nivel se desea medir. Cuando el líquido entra en contacto con los electrodos, actúa como un dieléctrico entre ellos.

Cuando se aplica una señal eléctrica de frecuencia constante a uno de los electrodos, el sistema forma un capacitor con el líquido como dieléctrico. La capacitancia del capacitor varía en función de la constante dieléctrica del líquido, que a su vez depende del nivel del líquido que ocupa el área entre los electrodos. Cuanto más líquido hay en el área de medición, mayor es la capacitancia, y viceversa.

El medidor capacitivo utiliza circuitos electrónicos para medir la capacitancia entre los electrodos. Esta información se convierte en una señal eléctrica proporcional al nivel y puede ser mostrada en una pantalla o transmitida a un sistema de control para realizar acciones, como activar alarmas o controlar el flujo del líquido.

Una de las ventajas de los medidores capacitivos es su capacidad para medir líquidos conductores y no conductores, lo que los hace adecuados para una amplia variedad de aplicaciones industriales y domésticas. Sin embargo, también pueden estar sujetos a errores debido a la formación de espuma, adherencia de líquidos a las placas o interferencias electromagnéticas.

3.1.2 – Medidor de nivel inductivo:

Dispositivo utilizado para medir el nivel de un líquido en un tanque o contenedor. Su funcionamiento se basa en el principio de la inductancia, que es la **propiedad que tienen los conductores eléctricos para generar un campo magnético cuando se hace pasar una corriente eléctrica por ellos**.

El medidor inductivo generalmente consiste en una sonda o sensor montado en la parte exterior del tanque y un elemento de referencia en el interior del tanque. La sonda suele ser un tubo o varilla metálica, mientras que el elemento de referencia puede ser una placa metálica o una varilla de longitud conocida.

Cuando el medidor se activa, se aplica una corriente eléctrica de frecuencia constante a la sonda, lo que genera un campo magnético alrededor de ella. El líquido en el tanque actúa como un conductor y, al moverse en el área de medición, también atraviesa el campo magnético.

El movimiento del líquido induce una corriente eléctrica en el líquido, de acuerdo con las leyes de la inducción electromagnética. La inductancia del sistema cambia en función de la cantidad de líquido presente en el área de medición. Cuanto más líquido hay en el área de medición, mayor es la inductancia, y viceversa.

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERÍA DE PETRÓLEO

El medidor inductivo utiliza circuitos electrónicos para medir la inductancia de la sonda y esta información se convierte en una señal eléctrica proporcional al nivel y puede ser mostrada en una pantalla o transmitida a un sistema de control para realizar acciones, como activar alarmas o controlar el flujo del líquido.

Una ventaja de los medidores inductivos es que no requieren contacto directo con el líquido, lo que los hace adecuados para medir líquidos corrosivos o peligrosos. Sin embargo, también pueden estar sujetos a interferencias electromagnéticas y errores debido a la acumulación de suciedad o materiales en la sonda.

3.1.3 – Medidor de nivel resistivo:

Dispositivo utilizado para medir el nivel de un líquido en un tanque o contenedor. Funciona en base al principio de la resistencia eléctrica, que es la **oposición al flujo de corriente eléctrica que presenta un material conductor**.

El medidor resistivo consta de dos o más electrodos o sondas metálicas que se instalan en diferentes niveles a lo largo de la altura del tanque. Estos electrodos están en contacto con el líquido en el interior del tanque. Cuando se aplica una corriente eléctrica a través de los electrodos, se crea un circuito eléctrico entre ellos a través del líquido.

La resistividad eléctrica del líquido es una propiedad que depende de su nivel. Cuanto más líquido esté en contacto con los electrodos, menor será la resistencia eléctrica entre ellos. Por otro lado, si el nivel del líquido es bajo y los electrodos están más expuestos al aire o a un espacio vacío, la resistencia eléctrica será mayor.

El medidor resistivo utiliza un circuito de medición que mide la resistencia entre los electrodos. Esta resistencia se convierte en una señal eléctrica proporcional al nivel de líquido en el tanque. Esta información puede mostrarse en una pantalla, transmitirse a un sistema de control para acciones específicas, como activar alarmas o regular el flujo del líquido.

Son simples y económicos, lo que los hace adecuados para diversas aplicaciones industriales y domésticas. Sin embargo, pueden estar sujetos a ciertas limitaciones, como la influencia de la conductividad del líquido y la formación de depósitos o sedimentos en los electrodos, lo que puede afectar la precisión de las mediciones.

Para mantener mediciones precisas y confiables, es esencial calibrar y mantener regularmente los medidores resistivos, así como tener en cuenta las propiedades del líquido que se está midiendo. Además, en algunos casos, puede ser necesario emplear técnicas de compensación para corregir las variaciones causadas por la conductividad del líquido o la acumulación de impurezas.

3.1.4 Medidor por Radar

Dispositivo utilizado para medir la altura o nivel de un líquido contenido en un tanque, recipiente o cualquier otro contenedor. La tecnología de radar se basa en el **principio de la reflexión de ondas electromagnéticas para determinar la distancia entre el transmisor y el objeto reflejante que para esta aplicación es la superficie del líquido**.

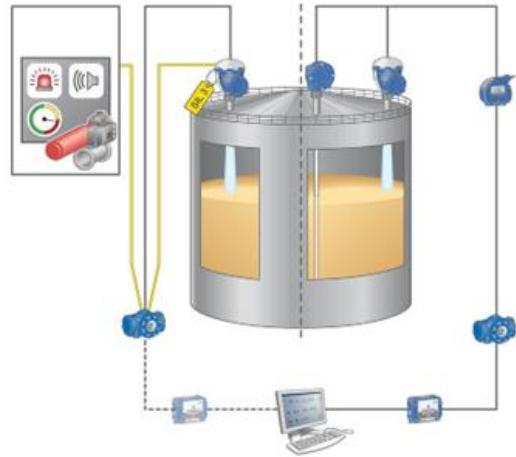
Funcionamiento:

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERÍA DE PETRÓLEO

Generación de la señal de radar: El medidor de nivel cuenta con un transmisor que emite pulsos de ondas electromagnéticas de alta frecuencia, generalmente en la banda de microondas. Estos pulsos viajan a través del aire y se dirigen hacia la superficie del líquido contenido en el tanque.

Tiempo de vuelo: Una vez que los pulsos de radar alcanzan la superficie del líquido, parte de la energía se refleja hacia el medidor debido al cambio en el medio (aire-líquido). El medidor registra el tiempo que tarda el pulso reflejado en regresar al transmisor. Este tiempo de vuelo se basa en la velocidad de la luz y en el tiempo que toma el pulso para ir y volver desde el transmisor hasta la superficie del líquido y viceversa.

Cálculo de la distancia: El medidor de nivel utiliza el tiempo de vuelo del pulso y la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas (que es conocida) para calcular la distancia entre el transmisor y la superficie del líquido. Al medir la distancia desde el transmisor hasta la superficie del líquido, el medidor puede inferir el nivel del líquido en el tanque, ya que la altura del líquido está directamente relacionada con la distancia medida.



Visualización y/o transmisión de datos: La distancia medida se muestra en una pantalla o se transmite a un sistema de control o una computadora para su visualización y análisis. También puede haber funciones adicionales, como la compensación de la temperatura y la corrección de factores ambientales que puedan afectar la precisión de la medición.

Pueden funcionar en condiciones adversas, como altas temperaturas, presiones y entornos con productos químicos agresivos, lo que los hace muy versátiles y confiables. No necesita ningún contacto con el líquido, no incorporan ningún elemento que se mueva, por lo que su aplicación es ideal en productos muy viscosos (incluidos asfaltos), o en sistemas en movimiento (como barcos). El sistema de radar **de microondas emplea la propagación de una onda electromagnética** que no es influida por la temperatura ni por las variaciones de densidad que puedan existir sobre el líquido. De este modo, la espuma, que es transparente a la señal de radar, deja de ser un problema como ocurre en el medidor de ultrasonidos. Un oscilador de estado sólido genera una frecuencia de barrido de 10 a 11 GHz y enfoca la señal sobre el líquido por medio de una antena. La diferencia de frecuencias entre las señales de transmisión y de retorno es proporcional al tiempo empleado por las mimas.

3.1.5 Medidor de nivel por ultrasonido

Dispositivo que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia (ultrasonido) para medir la altura o nivel de un líquido en un tanque o contenedor. El principio de funcionamiento de este tipo de medidor se puede describir en los siguientes pasos:

Generación de ondas ultrasónicas: El medidor de nivel de líquido por ultrasonido cuenta con un transmisor que **genera pulsos de ondas ultrasónicas de alta frecuencia** (generalmente por encima del rango audible humano, es decir, frecuencias superiores a 20 kHz). Estos pulsos son transmitidos hacia la superficie del líquido dentro del tanque.

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERÍA DE PETRÓLEO

Reflexión de las ondas ultrasónicas: **Al llegar a la superficie del líquido, los pulsos de ultrasonido se reflejan en la interfaz aire-líquido** debido a la diferencia de impedancia acústica entre el aire y el líquido. La impedancia acústica es una propiedad del material que describe cómo las ondas sonoras se propagan a través de él.

Recepción de las ondas reflejadas: **El medidor de nivel tiene un receptor que detecta los ecos de las ondas ultrasónicas reflejadas** desde la superficie del líquido. Estos ecos son recibidos por el medidor y se mide el tiempo que toma para que los ecos vuelvan al receptor.

Cálculo de la distancia: Conociendo la velocidad del sonido en el aire (que es constante) y midiendo el tiempo que tomó para que las ondas ultrasónicas reflejadas regresen al receptor, el medidor de nivel puede calcular la distancia entre el transmisor y la superficie del líquido.

Conversión a nivel de líquido: Al conocer la distancia desde el transmisor hasta la superficie del líquido, el medidor puede determinar el nivel del líquido en el tanque, ya que la altura del líquido está directamente relacionada con la distancia medida.

Visualización y/o transmisión de datos: El nivel de líquido calculado se muestra en una pantalla o se transmite a un sistema de control o computadora para su visualización y análisis. Dependiendo del modelo y las capacidades del medidor, también puede haber funciones adicionales, como la compensación de la temperatura, la corrección de factores ambientales y la integración con sistemas de control y monitoreo.

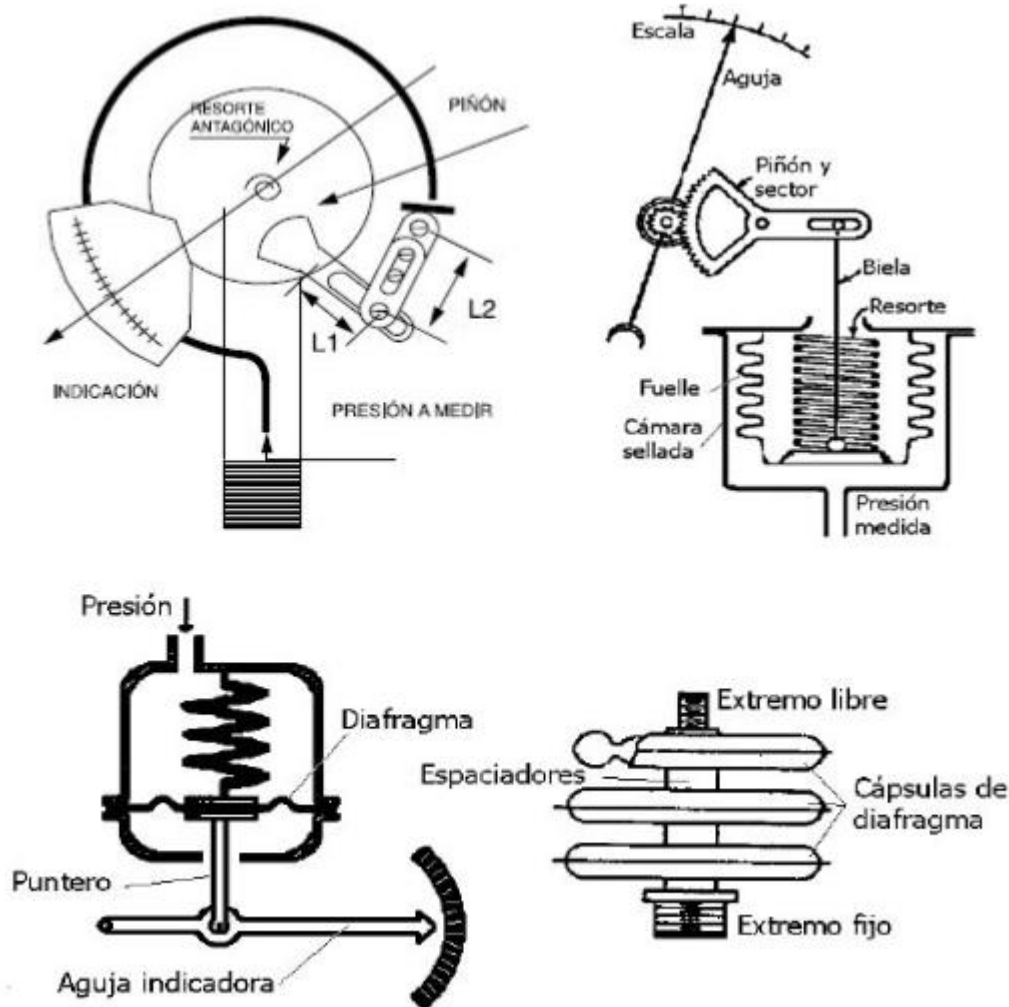
Son especialmente útiles en aplicaciones donde no es práctico utilizar sensores de contacto o donde se requiere una medición sin contacto para evitar la contaminación o el riesgo de dañar el sensor.



3.2 Medidores de presión

3.2.1 Sensores mecánicos elásticos

Los constituyen elementos primarios elásticos que se deforman por la presión interna del fluido que contienen. Ejemplos de ellos son: tubo de Bourdon, el elemento en espiral, el helicoidal, el diafragma y el fuelle.



El tubo Bourdon es el método más utilizado para medir presiones. Tubo aplanado de bronce o acero curvado en arco. Al aplicar presión al interior del tubo, tiende a enderezarse, transmitiendo este movimiento a una aguja por medio de un mecanismo amplificador adecuado. Muy preciso hasta 200 atm. con precisión del 2 – 3 %. Escala máx. 7000 Kg/cm². Esta deformación puede trasladarse a una aguja o a un sistema de resistencia variable o a un campo electromagnético.

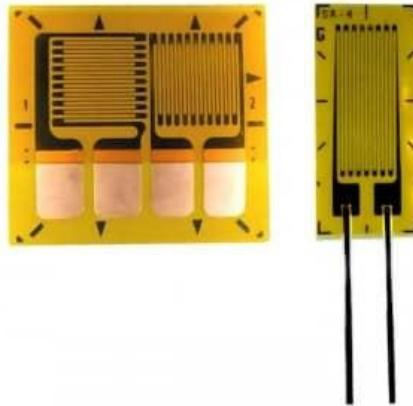
3.2.2 Galgas extensiométricas

Son sensores cuya resistencia varía con la fuerza aplicada. Estos sensores convierten la fuerza, presión, tensión, peso, etc., en un cambio de la resistencia eléctrica el cual puede ser medido. Se basa en el efecto piezorresistivo, que es la propiedad que tienen ciertos materiales de cambiar

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERÍA DE PETRÓLEO

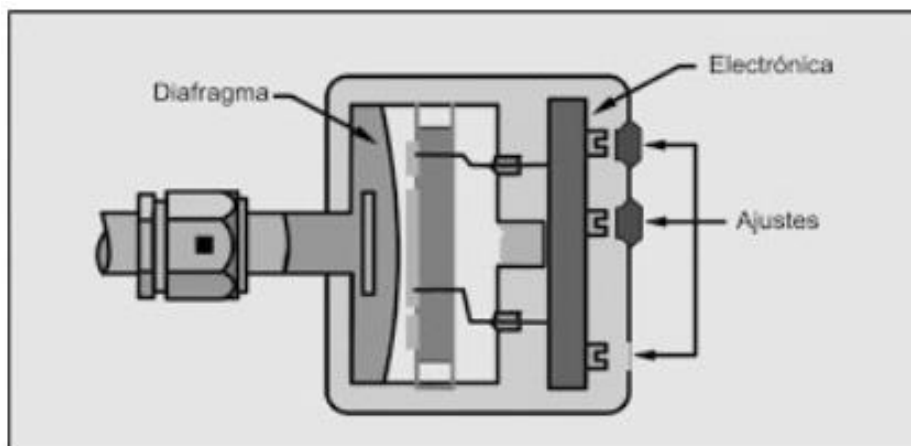
el valor nominal de su resistencia eléctrica cuando se les somete a ciertos esfuerzos mecánicos que causan deformación.

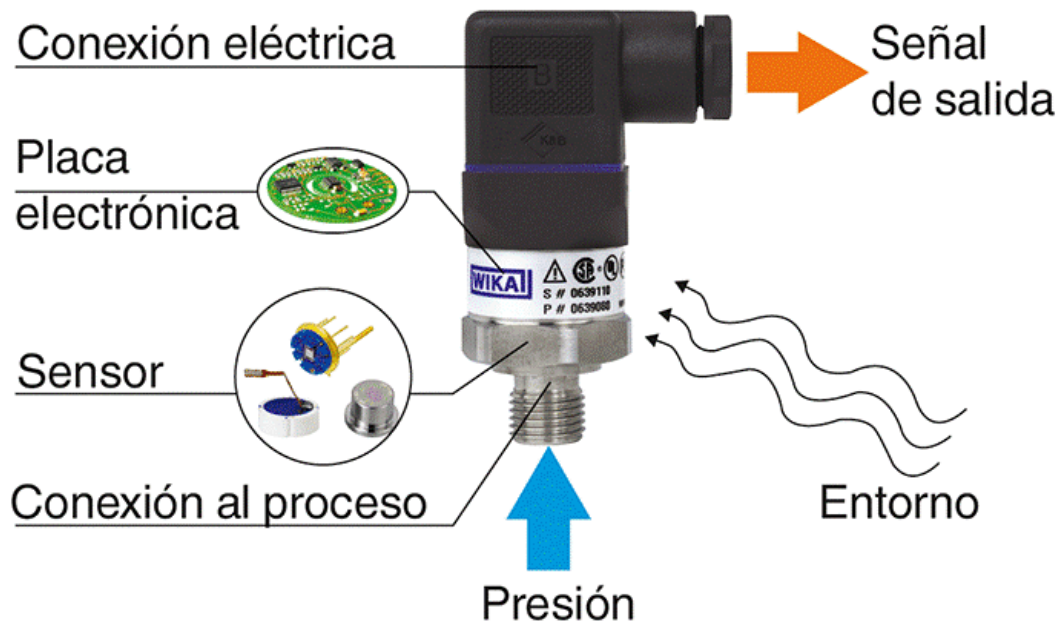
GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS



3.2.3 Sensor capacitivo

Los sensores de presión capacitivos utilizan una cavidad de presión y una membrana para formar un condensador variable. La membrana se deforma cuando se aplica presión y la capacidad se reduce de manera proporcional. Este cambio en la capacidad se puede medir eléctricamente y correlacionarse con la presión aplicada.





3.3 Medidores de caudal

Se clasifican por su principio de funcionamiento en medidores volumétricos, máscos, placa orificio, tubo Venturi, tobera, tubo Pitot, rotámetro, turbina, ultrasonido, electromagnético, Vortex y de dispersión térmico.

3.3.1 Medidor máscico de efecto Coriolis

Es un tipo de medidor que utiliza el principio del efecto Coriolis para medir directamente la masa del fluido que fluye a través de un conducto, generado por las oscilaciones del fluido en un tubo. Esto permite obtener mediciones precisas y confiables de caudal máscico, independientemente de las propiedades del fluido, como la densidad, presión o temperatura. Debido a su alta precisión y capacidad para medir diferentes tipos de fluidos, estos medidores son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales que requieren mediciones precisas de caudal máscico.

El principio de funcionamiento se puede describir en los siguientes pasos:

Flujo del fluido: El fluido (líquido o gas) fluye a través de un tubo en el medidor de caudal. Generalmente, el medidor de caudal máscico por efecto Coriolis tiene un diseño en forma de U o doble tubo que permite que el fluido fluya en una dirección y luego regrese en sentido contrario.

Forzado a moverse: Para medir el caudal máscico, se fuerza al fluido a moverse en un patrón oscilatorio dentro del tubo mediante un accionamiento mecánico o electromagnético. Se aplica una fuerza que hace que el tubo vibre o se mueva.

Efecto Coriolis: Cuando el fluido oscila o se mueve dentro del tubo, se produce el efecto Coriolis. El efecto Coriolis es un fenómeno físico que ocurre cuando un objeto se mueve en un sistema de

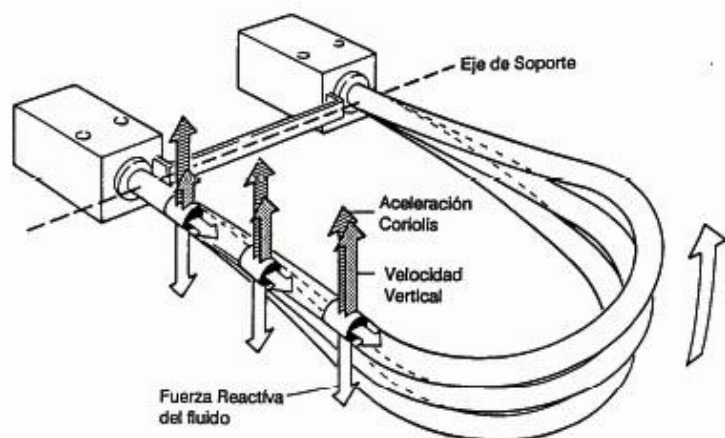
CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERIA DE PETRÓLEO

referencia rotativo (en este caso, el tubo del medidor) y experimenta una fuerza ficticia perpendicular a su velocidad de movimiento. En el medidor de caudal másico por efecto Coriolis, esta fuerza ficticia causa una deflexión o torsión en los tubos.

Medición de la torsión: El medidor de caudal está equipado con sensores que detectan la torsión causada por el efecto Coriolis en los tubos. Estos sensores miden las diferencias en la fase y amplitud de las oscilaciones de los tubos.

Cálculo del caudal másico: Con base en las mediciones de la torsión, el medidor de caudal másico calcula directamente la masa del fluido que fluye a través del tubo. Esto se realiza utilizando algoritmos y fórmulas específicas que convierten las mediciones de torsión en un valor de caudal másico, expresado en unidades de masa por unidad de tiempo (kg/s, lb/min, etc.).

Visualización y/o transmisión de datos: El caudal másico calculado se muestra en una pantalla o se transmite a un sistema de control o computadora para su visualización y análisis. Además del caudal másico, algunos medidores de caudal másico por efecto Coriolis también pueden proporcionar información adicional, como la densidad del fluido y la temperatura.



Representación de la Fuerza Reactiva, Fuerza Coriolis y Velocidad Vertical del flujo en el extremo de entrada del sensor.

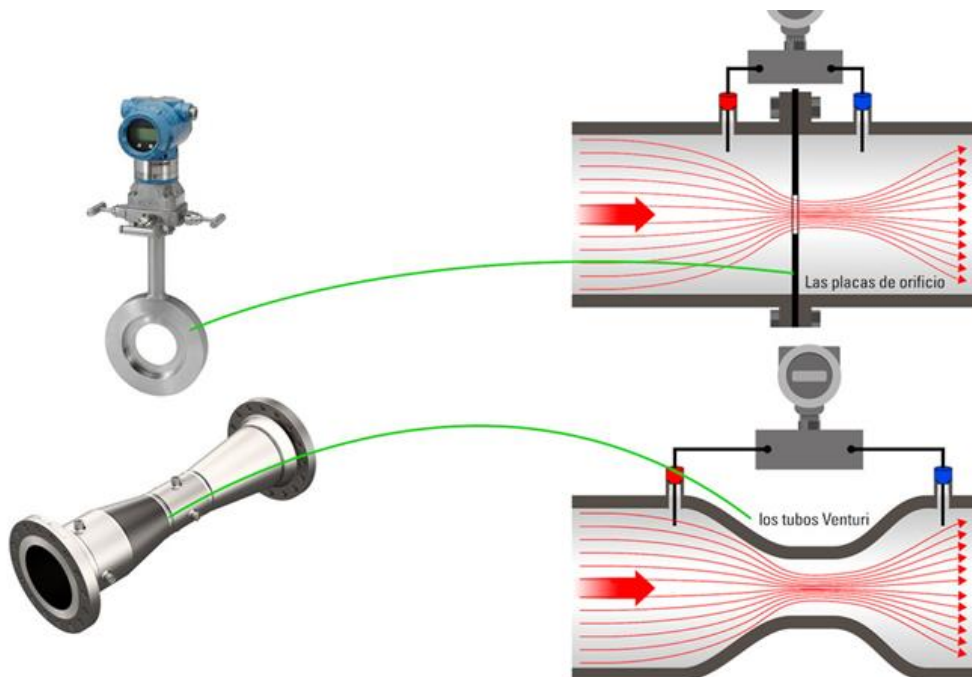
3.3.2 Medidor volumétrico

Los medidores de desplazamiento positivo miden el caudal volumétrico de un líquido o gas que pasa por el medidor, dividiéndolo en elementos de volumen repetidamente con partes giratorias. Los tipos específicos de medidores de desplazamiento positivo incluyen pistón oscilante, disco nutante, engranaje industrial y otros. A menudo, estos medidores se escogen debido a su alta precisión, excelente repetitividad y la no necesidad de una fuente de energía externa a la del propio fluido, pero requieren gran mantenimiento, producen una pérdida de carga sustancial especialmente si se atascan.



3.3.3 Medidor de placa de orificio

Los medidores de placa orificio, también llamados inferenciales, miden el caudal de fluido dentro de una tubería introduciendo una constricción que cree una caída de presión (placa orificio). Midiendo la presión del fluido antes y después de la placa se obtiene la caída de presión debida a la restricción del flujo, esta es proporcional al cuadrado de la velocidad del flujo y sabiendo cual es la sección de la cañería donde está colocada se puede calcular el caudal.



El sistema es extremadamente sencillo, no tiene partes móviles y el mantenimiento requerido es mínimo, pero para que la medición sea precisa se necesita que el flujo sea laminar y esto se logra o bien disponiendo de una longitud considerable de cañería resta antes y después de la placa o colocando un artefacto llamado enderezador de vena antes de la placa.



3.3.4 Medidor de venturi

Este medidor se basa en el mismo principio que el del de placa orificio, pero genera menor resistencia al paso del fluido, por ser más hidrodinámico o aerodinámico (según sea el fluido un líquido o un gas respectivamente), por lo que se usa cuando la velocidad del fluido es muy grande. Un tubo de Venturi es un dispositivo que consiste en un tubo formado por dos secciones cónicas unidas por un tubo estrecho en el que el fluido se desplaza consecuentemente a mayor velocidad.



3.3.4 Medidor Rotámetro

Consiste en un tubo cónico, típicamente hecho de vidrio con un flotador (un peso conformado), el cual es empujado hacia arriba por la fuerza de arrastre del flujo y hacia abajo por la gravedad. La fuerza de arrastre para un fluido dado y la sección transversal del flotador es una función de la velocidad de flujo al cuadrado. Un caudal volumétrico más alto a través de un área determinada aumenta la velocidad de flujo y la fuerza de arrastre, por lo que el flotador es empujado hacia arriba. Sin embargo, como el interior del rotámetro tiene forma de cono (se ensancha), el área alrededor del flotador a través de la cual fluye el medio aumenta, por lo que la velocidad del flujo y la fuerza

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERÍA DE PETRÓLEO

de arrastre disminuyen hasta que se establece un equilibrio mecánico con el peso del flotador. Por lo cual la velocidad del flujo y por lo tanto su caudal serán proporcionales a la altura alcanzada por el flotador en el interior del rotámetro, esta altura puede medirse utilizando la escala graduada en la pared de vidrio del rotámetro.



3.3.5 Medidor de Turbina

Los medidores tipo turbina aprovechan la energía mecánica del fluido para hacer girar un rotor en la corriente de flujo. La velocidad de rotación del rotor es directamente proporcional a la velocidad del fluido que pasa por el medidor. Los medidores tipo turbina miden la velocidad de líquidos, gases y vapores de manera confiable, y a menudo se escogen por la estructura de medidor duradera, rango de alta precisión a bajo costo y repetitividad notable bajo un amplio rango de temperaturas y presiones. Al igual que todos los medidores calculan caudal midiendo velocidad necesita que el flujo sea laminar y esto se logra con tramos de cañería rectos antes y después del medidor o con un enderezador de vena.

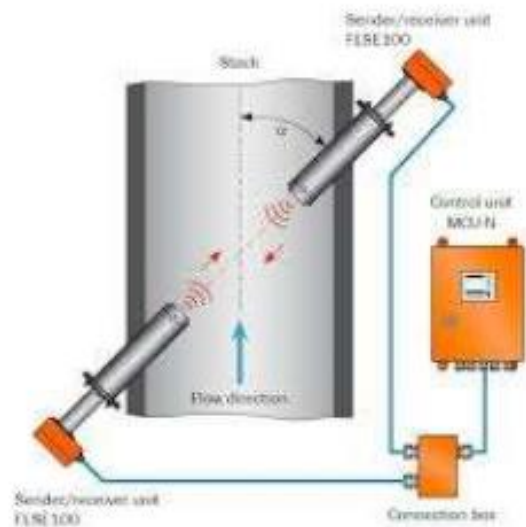
3.3.5 Medidor electromagnético

Los medidores electromagnéticos funcionan bajo la Ley de Faraday, conocida como la Ley de inducción electromagnética, para medir la velocidad del líquido. Según la ley, un conductor que se mueve por medio de un campo magnético produce una señal eléctrica dentro del conductor, la cual es directamente proporcional a la velocidad del conductor (fluido) que se mueve por el campo. A medida que el fluido fluye a través del campo magnético, las partículas conductoras del fluido crean cambios de voltaje a lo largo del campo magnético. Así se mide y calcula la velocidad del flujo de fluido que pasa por la tubería. Ya que los medidores electromagnéticos no tienen partes móviles, son una opción ideal para aplicaciones de aguas residuales o cualquier líquido sucio que sea conductor o a base de agua. Los beneficios incluyen mantenimiento mínimo y compatibilidad con productos químicos corrosivos, al igual que la capacidad de satisfacer los requisitos sanitarios para aplicaciones alimentarias



3.3.6 Medidor Ultrasónico

Los medidores ultrasónicos miden la velocidad del fluido que fluye a través de la tubería, midiendo el diferencial de tiempo entre las señales ultrasónicas que se envían aguas arriba y aguas abajo. El diferencial es directamente proporcional a la velocidad del fluido.



3.4 Medidores de TEMPERATURA

3.4.1 Termocuplas

Un termopar, llamado también Termocupla, es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (del orden de los milivoltios) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado “punto caliente” o “unión caliente” o de “medida” y el otro llamado “punto frío” o “unión fría” o de “referencia”.

Normalmente los termopares industriales están compuestos por un tubo de acero inoxidable u otro material. En un extremo del tubo está la unión, y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido dentro de una caja redonda de aluminio.

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERÍA DE PETRÓLEO

En instrumentación industrial, los termopares son usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas, pero su principal limitación es su baja exactitud.



3.4.2 Termorresistencias

Las termorresistencias (o también llamadas RTD) trabajan según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura.

Las termorresistencias de uso más común se fabrican de alambres finos soportados por un material aislante y luego encapsulados. El elemento encapsulado se inserta luego dentro de una vaina o tubo metálico (de acero inoxidable, Inconel, Incoloy o Hastelloy) cerrado en un extremo que se llena con un polvo aislante y se sella con cemento para impedir que absorba humedad. Las de platino son más precisas, habiendo también de níquel o cobre. El aspecto exterior de las termorresistencias industriales es similar al de las termocuplas.

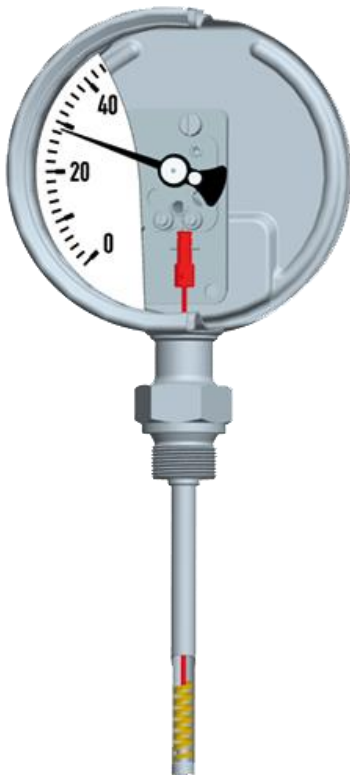
3.4.3 Medidores de temperatura analógicos

Termómetro bi metálico

Una cinta compuesta por dos láminas de metal de diferentes coeficientes de dilatación (bimetal), unidas entre sí en forma inseparable, se deforma a consecuencia de un cambio de temperatura. La curvatura resultante de las diferentes expansiones de las láminas es casi proporcional al cambio de temperatura. A partir de las láminas bimetálicas se desarrollaron dos diferentes formas de sistemas de medición: muelle helicoidal y muelle espiral

Mediante deformación mecánica de las cintas bimetálicas en las formas de muelle, frente a un cambio de temperatura se produce un movimiento de rotación. Si un extremo del sistema de banda

bimetálica está sujetado en forma firme, el otro extremo hace girar el árbol portaíndice. Los rangos de visualización van de $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$



bimetalico



dilatación de gas

Termómetro de dilatación de gas

El sistema de medición está compuesto de bulbo, capilar y tubo elástico en la caja. Estos componentes forman una unidad. El sistema de medida se encuentra completamente lleno de gas inerte a presión. Al modificarse la temperatura, cambia también la presión interior del bulbo.

La presión deforma el muelle de medición, cuyo movimiento se transmite al indicador a través de un mecanismo de indicación.

Las variaciones de la temperatura ambiente son despreciables porque hay un elemento bimetálico entre el mecanismo de indicación y el muelle que sirve de compensador. El rango de visualización va de -200 a $+700\text{ }^{\circ}\text{C}$ con

3.5 Instrumentos que tienen función por computador

El instrumento utilizado para medir la variable de control es un transmisor de digital. Este dispositivo utiliza un sensor para detectar y convertir las variaciones de la variable física de un fluido líquido o gaseoso, en una señal eléctrica. Luego, esta señal eléctrica es procesada por una computadora o procesador digital integrado en el transmisor para proporcionar mediciones precisas y avanzadas de la variable.

Por ejemplo, el funcionamiento básico de un transmisor de presión digital es el siguiente:

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERIA DE PETRÓLEO

Sensor de presión: El transmisor de presión digital incorpora un sensor que está en contacto directo con el fluido o gas cuya presión se desea medir. El sensor detecta los cambios en la presión y los convierte en una señal eléctrica proporcional.

Conversión analógico-digital (ADC): La señal eléctrica generada por el sensor es una señal analógica, y para ser procesada por la computadora, debe convertirse a una señal digital. Esto se logra a través de un convertidor analógico-digital (ADC) que transforma la señal analógica en una serie de valores digitales. Una señal analógica puede tomar cualquier valor dentro de un rango continuo de posibles valores. Por otro lado, una señal digital es una representación discreta de la señal analógica, donde solo puede tomar un conjunto específico de valores discretos. En lugar de tener una variación continua, una señal digital solo puede ser un 0 o un 1 (en el caso binario) o tomar una serie de valores discretos en intervalos específicos.













Procesamiento digital: Los valores digitales generados por el ADC son procesados por la computadora o el procesador digital incorporado en el transmisor. La computadora realiza cálculos y algoritmos avanzados para obtener mediciones precisas y confiables de la presión.

Compensación y calibración: La computadora puede tener en cuenta y corregir factores que pueden afectar la medición de la presión, como la temperatura y otros parámetros ambientales. Esto se realiza mediante la compensación y calibración del transmisor para mejorar la exactitud de las mediciones.

Comunicación: Muchos transmisores de presión digitales tienen capacidades de comunicación digital, lo que les permite transmitir datos y mediciones a sistemas de control y monitoreo, o incluso a sistemas de adquisición de datos.

El uso de un transmisor de presión digital proporciona ventajas significativas en comparación con los transmisores de presión analógicos tradicionales, como una mayor precisión, la posibilidad de compensación de errores y la facilidad de integración con sistemas de control y monitoreo.

4 - DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN

	Montado en Tablero Normalmente accesible al operador	Montado en Campo	Ubicación Auxiliar. Normalmente accesible al operador.
Instrumento Discreto o Aislado			
Display compartido, Control compartido.			
Función de Computadora			
Control Lógico Programable			

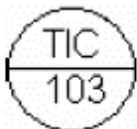

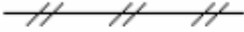








	TIC 103	Identificación del instrumento.
	T 103	Identificación de lazo.
	103	Número de lazo.
	TIC	Identificación funcional.
	T	Primera letra.
	IC	Letras sucesivas.

Tabla de identificación de instrumentos en un P&ID



CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERIA DE PETRÓLEO

	PRIMER CARÁCTER		CARACTERES SUSCESIVOS		
	VARIABLE MEDIDA	LETRA DE MODIFICACIÓN	FUNCION DE LECTURA PASIVA	FUNCION DE SALIDA	LETRA DE MODIFICACION
A	Análisis	-----	Alarma	-----	-----
B	Llama	-----	Disponible	Disponible	Disponible
C	Conductividad	-----	-----	Control	-----
D	Densidad	Diferencial	-----	-----	-----
E	Tensión (EMF)	-----	E.P.M.	-----	-----
F	Caudal	Relación	-----	-----	-----
G	Calibre ó Dimensión	-----	Vidrio	-----	-----
H	Manual	-----	-----	-----	Valor Alto
I	Corriente Eléctrica	-----	Indicador	-----	-----
J	Potencia	Exploración	-----	-----	-----
K	Tiempo	-----	-----	Estación de control	-----
L	Nivel	-----	Lampara ó Luz Piloto	-----	Valor Bajo
M	Humedad	-----	-----	-----	V. Intermedio
N	Disponible	-----	Disponible	Disponible	Disponible
O	Disponible	-----	Orificio	-----	-----
P	Presión ó Vacío	-----	Punto de prueba	-----	-----
Q	Cantidad	Totalización	-----	-----	-----
R	Radioactividad	-----	Registro	-----	-----
S	Velocidad ó Frec.	Seguridad	-----	Interruptor	-----
T	Temperatura	-----	-----	Transmisor	Multifunción
U	Multivariable	-----	Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Viscosidad	-----	-----	Válvula	S/C
W	Peso ó Fuerza	-----	Vaina	S/C	-----
X	S/C	-----	S/C	S/C	S/C
Y	Disponible	-----	-----	Relé/Convertidor	-----
Z	Posición	-----	-----	E.F.C. S/Clasificar	-----

	Conexión a proceso, o enlace mecánico o alimentación de instrumentos.
	Señal neumática
	Señal eléctrica
	Señal eléctrica (alternativo)
	Tubo capilar
	Señal sonora o electromagnética guiada (incluye calor, radio, nuclear, luz)
	Señal sonora o electromagnética no guiada
	Conexión de software o datos
	Conexión mecánica
	Señal hidráulica

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERIA DE PETRÓLEO

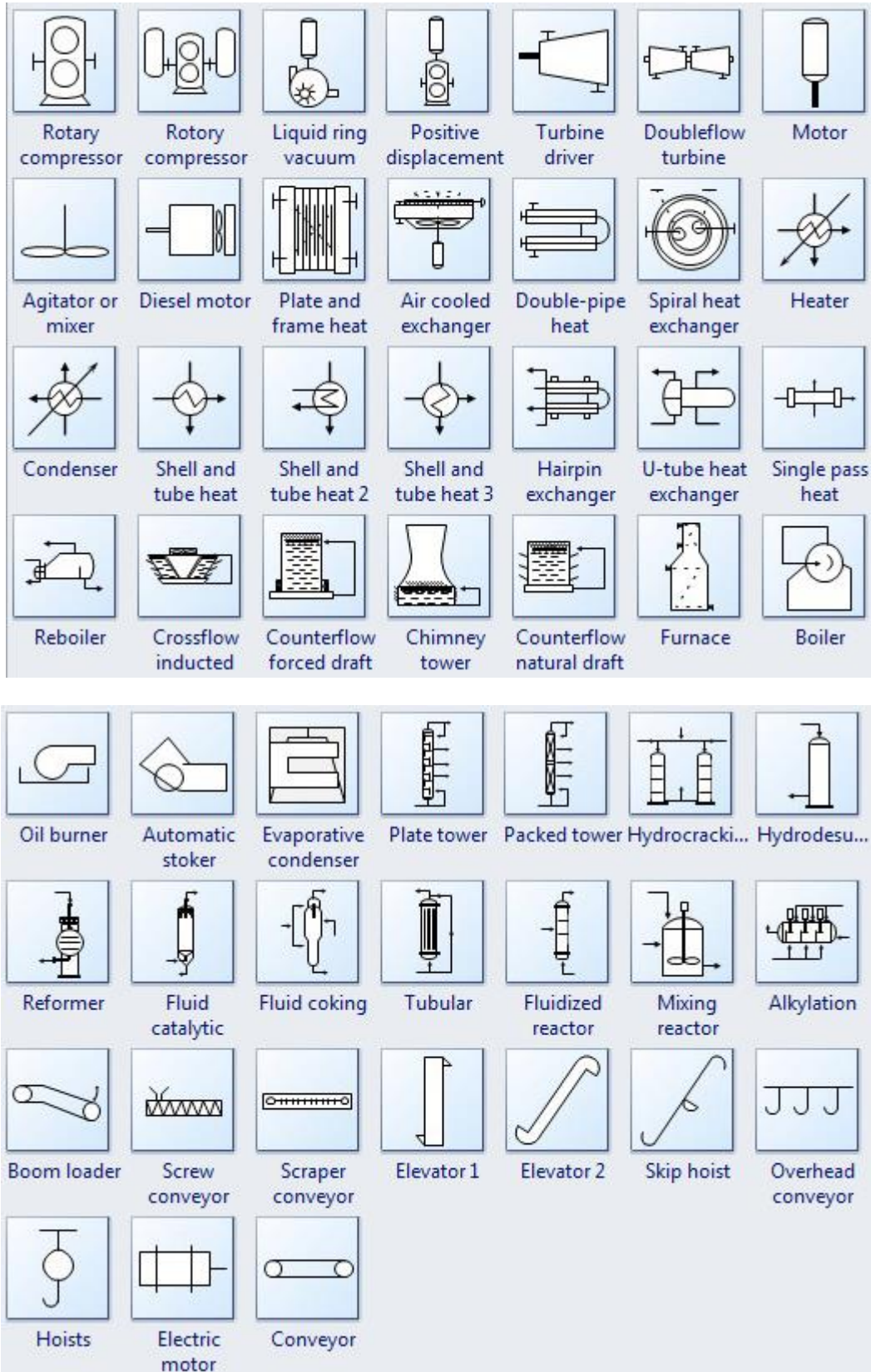
Instruments

Indicator	Indicator 2	Indicator 3	Indicator 4	Indicator 5	Shared Indicator	Shared Indicator 2
Computer Indicator	Programmable Indicator	Temp Indicator	Temp Transmitter	Temp Recorder	Temp Controller	Flow Indicator
Flow Transmitter	Flow Recorder	Flow Controller	Level Indicator	Pressure Indicator	Level Transmitter	Level Recorder
Level Controller	Pressure Transmitter	Pressure Recorder	Pressure Controller	Pressure Indicating	Pressure Recording	Level Alarm

Process and Instrument Shapes

Centrifugal pump	Centrifugal pump 2	Centrifugal pump 3	Vertical pump	Horizontal pump	Vertical pump	Sump pump
Vacuum pump	Screw pump	Screw pump 2	Positive displacement	Gear pump	Progressive cavity pump	Bin
Tank	Drum	Dome roof tank	Open top tank	Cone roof tank	Internal floating roof	Double wall tank
Onion tank	Centrifugal compressor	Centrifugal compressor	Centrifugal compressor 2	Centrifugal blower	Axial compressor	Reciprocating compressor

CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERIA DE PETRÓLEO



CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERIA DE PETRÓLEO

Valves

Gate valve, Hand-oper...	Gate valve	Globe valve, Hand-oper...	Globe valve	Needle valve	Control valve	Back Pressure
Plug or cock valve	Check valve	Check valve 2	Butterfly valve	Flanged valve,	Flanged valve 2	Angle valve, Hand-oper...
Relief valve	Angle valve, Hand-oper...	Ball	Diaphragm	Solenoid valve	Hydraulic valve	Motor-oper... valve
Powered valve	Float-operat... valve	Needle valve	3-way plug valve	Four-way valve	Gauge	Bleeder valve

Piping and Connection Shapes

Major pipeline	Connect pipeline	Major Straight line	Straight line pipe	Process connection	Side by side	Top-bottom
One-to-ma...	Multi-lines	Mid arrow	Multi-lines elbow	Top to top	Electrical signal	Sonic signal
Nuclear	Pneumatic	Hydraulic signal line	General joint	Butt weld	Mechanical Link	Soldered/Solvent
Double Containment	Flange	End caps	End caps 2	Breather	Flange	Electrical Bounded