



TRANSDUCTORES DE CAUDAL

La medición del movimiento de los fluidos tiene una amplia gama de aplicaciones que van desde mediciones del flujo de la sangre hasta complejos sistemas industriales.

El movimiento de fluidos, caudal o gastos puede ser medido en unidades de volumen de masa en varias dimensiones, esto es, pulgadas cúbicas por minuto (in/min), centímetros cúbicos por minuto (cm/s); o bien, en unidades de masa, es decir, galones por minuto (gpm), libra masa/min, gramos/s, etc.

Fluxómetros basados en la presión relativa o diferencial.

Estos medidores determinan la presión diferencial en una restricción al flujo. La presión se puede relacionar con la fuerza por unidad de área y la carga se convierte en una función de la velocidad de flujo y la densidad del medio fluyente. Estos medidores se subdividen en los siguientes:

- Placa de orificio
- Tubos Venturi
- Toberas
- Tubos Pitot
- Los fluxómetros de codo

Placa de orificio.- Son elementos de estrechamiento que más se utilizan para medir el caudal de líquidos y de gases. Van montados en los conductos en una posición perpendicular a la dirección del flujo. Se clasifican de acuerdo a la posición del orificio, como se muestra en la figura 1, y son:

- a) Placa de orificio concéntrico, la cual tiene el orificio en el centro de la placa. Se utiliza frecuentemente por su simplicidad, bajo costo y facilidad de instalación.
- b) Placa con el centro del orificio situado debajo del eje los cuales se usan generalmente para los fluidos que transportan sedimentos.
- c) Las que tienen el centro del orificio situado arriba del eje, éstos se emplean cuando sobre circulan vapores sobre los fluidos.
- d) Diafragmas con el orificio ssegmentado los cuales se usan frecuentemente para líquidos muy turbios, para gases y vapores que contengan líquidos. La medición se realiza mediante dos tomas situadas antes y después del orificio y medir las presiones en cada sección y mediante un transmisor de presión detectar la diferencia entre ambas presiones como se muestra en la figura 2.

Sin embargo, las placas de orificio no son prácticas para los líquidos fangosos o muy turbios esto se debe a la acumulación de sedimentos y el desgaste de los mismos orificios.

Tubos Venturi.- Se usan generalmente para líquidos. Sin embargo, pueden emplearse para medir caudales de gas cuando se desee no perturbar demasiado la presión o cuando las partículas en suspensión amenacen con crear problemas.

Están constituidos por una estrechamiento central y dos secciones cónicas empalmadas con el conducto, en donde la velocidad del fluido es mayor en la parte central.

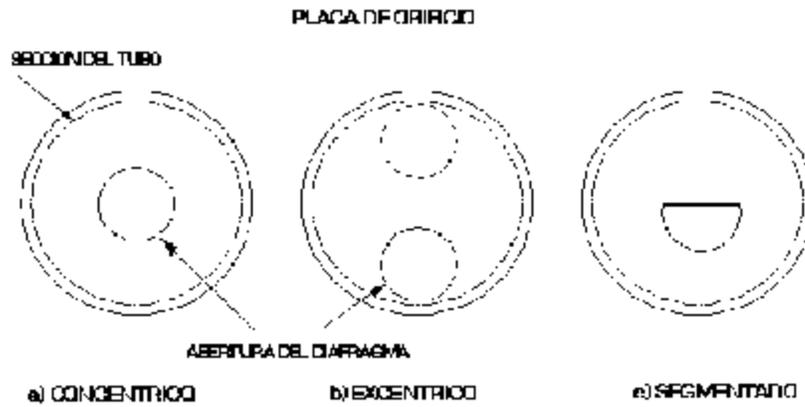


Figura 1

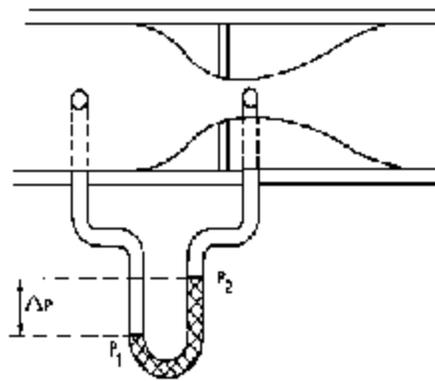


Figura 2

La presión diferencial se mide a través de dos tomas situadas en la sección de entrada y la parte central, como se indica en la figura 3.

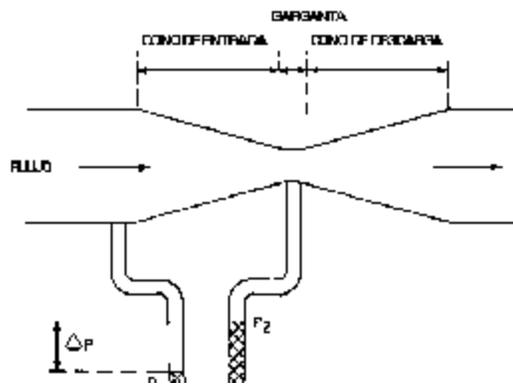


Figura 3

Toberas.- Es un dispositivo con un estrechamiento de forma casi o totalmente elíptica que termina tocando la pared interior del tubo de aflujo. Las tomas para la medición de presión diferencial se ubican antes y después de la sección de entrada de la tobera, según se indica en la figura 4.

Se usan principalmente para medir caudal de vapores y de otros fluidos de alta velocidad.

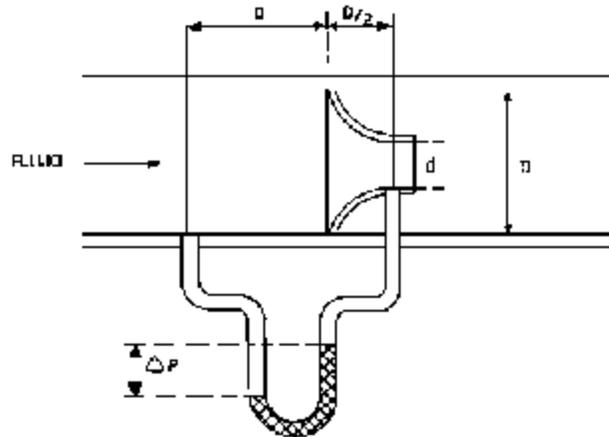


Figura 4

Tubos Pitot.- Consisten en una sonda cilíndrica que se introduce directamente en el fluido en movimiento.

La velocidad del flujo sobre la superficie expuesta de la sonda se reduce a prácticamente cero. Mediante dos pequeños agujeros en la sonda se obtiene la presión diferencial entre la presión de impacto y la estática. La figura 5 muestra la colocación en el conducto.

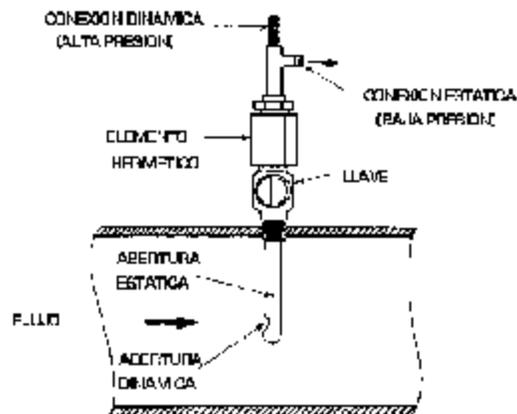


Figura 5

Tiene aplicaciones en los conductos de vapor, en las chimeneas y en las instalaciones de seguridad.

Fluxómetros de codo.- Funcionan sobre la base del principio de inercia que establece que para variar la dirección de un fluido en movimiento es necesario una fuerza. Dicha fuerza es proporcionada por la presión continua sobre las superficies interior y exterior del codo.

Por lo tanto para medir el caudal del fluido basta colocar dos tomas en el codo y calcular la presión diferencial existente entre la superficie del radio menor y la de radio mayor, la figura 6 muestra dicha colocación.

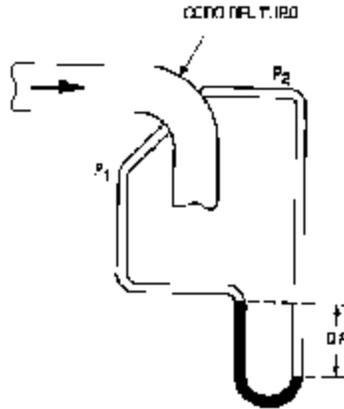


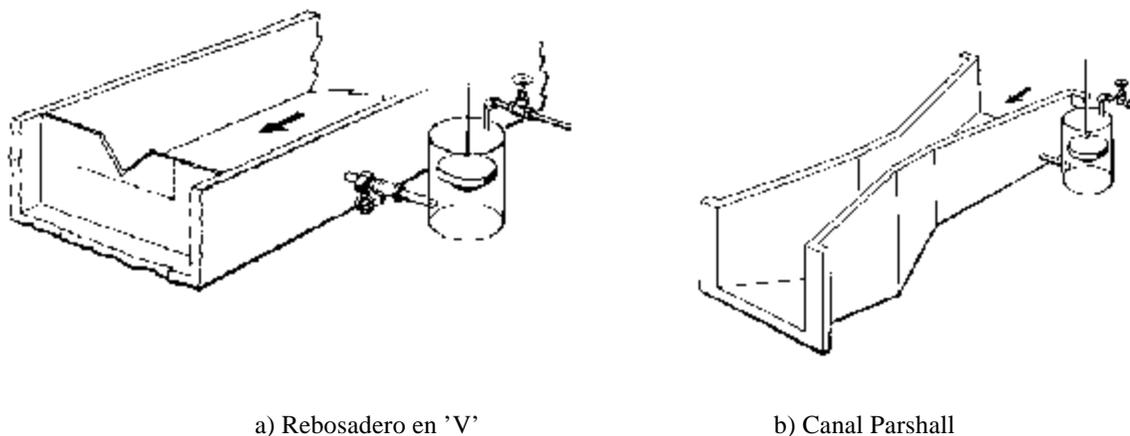
Figura 6

Rebosaderos (vertedores) y canales.

En los rebosaderos se provocan una elevación del nivel o la altura del líquido en movimiento con base en el cual se mide el caudal. Se utilizan en los sistemas hidráulicos para riegos agrícolas, en desechos industriales y en los sistemas de depuración.

El gasto se determina midiendo la carga de agua por encima del punto mas bajo de la abertura del rebosadero, mediante un flotador instalado en una caja que forma parte de la estructura total.

Los canales Parshall se auto limpian y funcionan con una pequeña pérdida de carga. Se utilizan cuando hay arena, cascajo ó sólidos pesados en la corriente del flujo a medir. La figura 7 muestra la disposición de estos dispositivos.



a) Rebosadero en 'V'

b) Canal Parshall

Figura 7

Fluxómetros de abertura variable: Rotámetros.

Son dispositivos de abertura variable que miden el flujo continuo de un fluido a través de un tubo cónico vertical(cuyo orificio es variable) en cuyo interior lleva alojado un flotador; éste se mueve hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la intensidad de flujo. Si el rotámetro es transparente el caudal puede leerse directamente sobre una escala graduada en el mismo tubo. Esto se muestra en la figura 8.

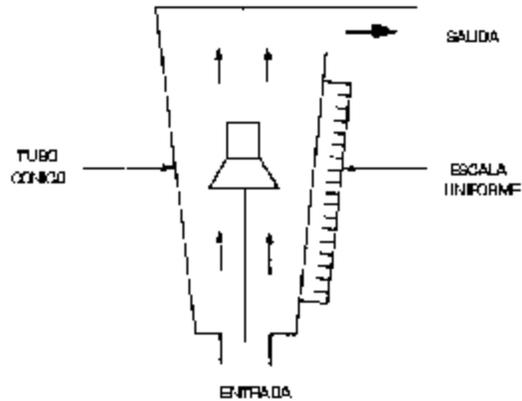


Figura 8

Fluxómetro magnético.

Se basa en la ley de Faraday o de la inducción magnética. Este fluxómetro, ilustrado en la figura 9, no tiene obstrucciones y está constituido por un tubo no magnético en el que corre el líquido conductor. Alrededor del tubo hay unas bobinas magnéticas que al excitarse generan un campo magnético a lo largo de todo el tubo.

Moviéndose en este campo magnético, el líquido genera una tensión detectada mediante dos electrodos proporcional a la velocidad del flujo.

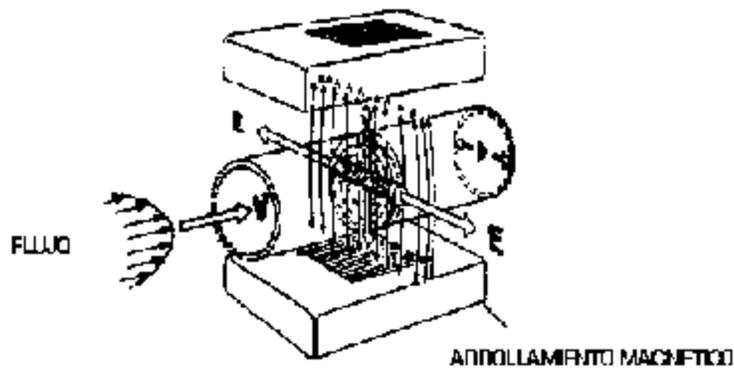


Figura 9

Flujómetro de masa.

Estos flujómetros miden directamente el peso del flujo y no su volumen.

Una clasificación general de estos medidores incluye:

- Métodos indirectos
- Métodos Directos

En los primeros se hace uso de algún tipo de medidor de volumen, un medio para medir la densidad y calcular el gasto de masa.

Los métodos directos operan con base en el principio de la conservación de la cantidad de movimiento angular.

El principio de funcionamiento para el medidor de flujo de masa de flujo axial, consiste en guiar un impulsor a una velocidad angular constante para que éste genere un momento angular en el fluido que se mide. Conforme sale del impulsor, la velocidad de cambio en la cantidad de movimiento angular dentro del fluido es proporcional a la velocidad de éste y a la masa nominal del flujo. El diagrama de bloques se muestra en la figura 10.

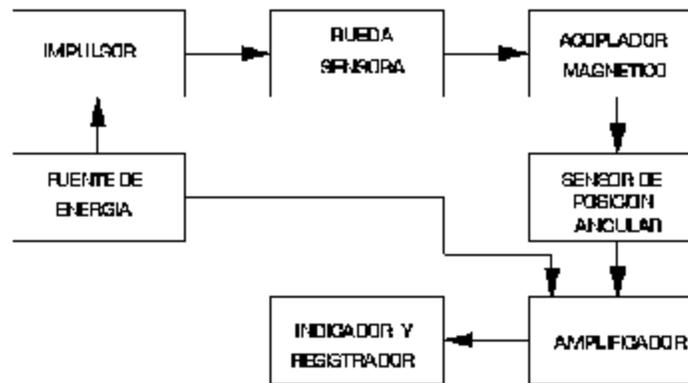


Figura 10

Otros medidores que utilizan el principio de momento angular en diferentes formas son: el medidor giroscopio vibrante, el medidor de Coriolis, el medidor giroscopio rotante, el medidor de tubo-S.

Flujómetro de tipo oscilante.

Existen básicamente tres tipos de flujómetros oscilantes que son:

- Los de precesión de vértice
- Los de estela vortiginosa
- Los fluídicos.

El primero se basa en el principio de la precesión de vértice, la cual se produce cuando un fluido que se haya en rotación entra en un ensanchamiento, la frecuencia del movimiento de precesión (de 50 a 2000 Hz) es proporcional al caudal del fluido.

Los de estela vortiginosa se basan en un fenómeno hidrodinámico. Si la sección transversal del fluido es constante, la frecuencia de desprendimiento de los vórtices resulta directamente proporcional al caudal volumétrico del fluido. Poseen un amplio campo de funcionamiento pero no pueden usarse en régimen del tipo laminar.

En lo que respecta a los fluídicos, el campo del medidor es un oscilador fluídico cuya frecuencia varía de modo lineal con el caudal volumétrico. El resultado es una oscilación continua autosostenida frecuencia está vinculada de modo lineal a la velocidad del líquido y en consecuencia al caudal volumétrico (para las bajas viscosidades).

Fluxómetros sónicos y ultrasónicos.

Los dispositivos ultrasónicos pueden usarse para medir caudales en canales abiertos y canerías. Los que se utilizan en canerías pueden subdividirse en 2 tipos:

- Por impulsos (tiempos de ida y vuelta).
- Por desplazamiento de frecuencia (efecto Doppler).

Los dos tipos tienen un transductor (generador/receptor de ultra sonidos) el cual opera en la parte ultrasónica más baja del espectro para minimizar la absorción. Los fluxómetros de impulsos se utilizan solo en los líquidos puros, se les puede fijar en un tubo o se puede utilizar un par de transductores en contacto con el fluido que circula en dicho tubo, como se muestra en la figura 11.

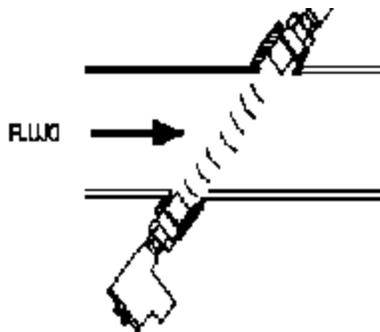


Figura 11

La energía ultrasónica se transmite en el mismo sentido y en sentido contrario al fluido. La diferencia existente entre los tiempos de transmisión está vinculada a la velocidad del líquido.

Los fluxómetros Doppler son dispositivos que funcionan dentro del margen de frecuencias comprendido entre 100 y 1500 Hz. Estos envían un sonido continuo de frecuencia fija y detectan la diferencia de frecuencias de la señal de retorno.

La variación de estas frecuencias, depende de la velocidad de las partículas líquidas y está vinculada al caudal.

Estos fluxómetros se pueden fijar exteriormente o ponerse en contacto con el fluido.

Fluxómetros de objetivo.

Los fluxómetros de objetivo son la combinación de un abertura anular con un transductor de equilibrio de fuerzas. En la figura 12 se muestra el diagrama esquemático de éste medidor.

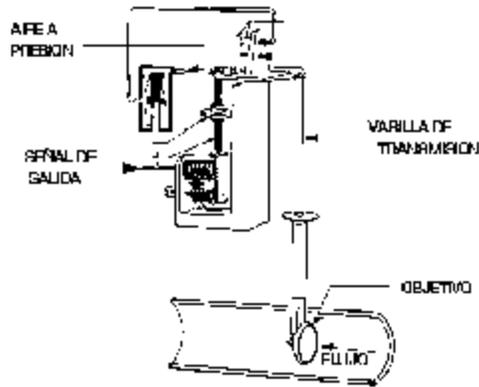


Figura 12

En su salida presenta una señal eléctrica o neumática proporcional al cuadrado del caudal que debe medirse. El orificio anular esta formado por un disco fijado en el centro de la sección tabular, cuyo diámetro es igual al tubo por donde circula el fluido. El flujo (a través de la corona circular) genera sobre el disco un empuje que es proporcional a la altura cinética y en consecuencia, al cuadrado del caudal.

Se utilizan principalmente para mediciones difíciles como las de caudal de materiales calientes, aceitosos y con sedimentos.

Fluxómetro de Turbina.

Este tipo de fluxómetro, que se emplea en la práctica, aprovecha el fluido en movimiento para hacer girar el rotor de una pequeña turbina hidráulica (generadora de pulsos) cuya velocidad de rotación varía con el caudal. La figura 13 indica la configuración de este tipo de medidor.

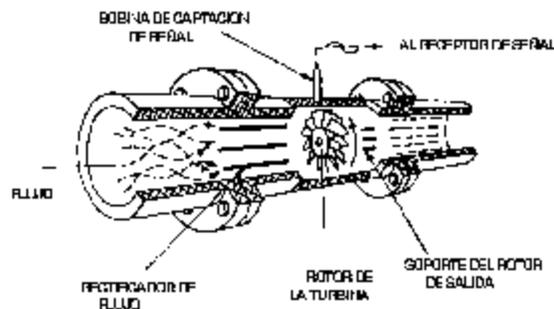


Figura 13

En una o en varias paletas de la turbina va colocado un imán permanente que al pasar cerca de un detector magnético de proximidad, hace que un contacto de éste último se cierre, generando pulsos de corriente o de tensión.

El caudal se mide contando el número e pulsos, generados en un cierto intervalo de tiempo, cada uno de los cuales corresponde con precisión a un determinado volumen del líquido desplazado entre dos paletas adyacentes del rotor.

Estos fluxómetros son muy difundidos por su gran campo de medición y por su comportamiento dinámico. Se usan principalmente para líquidos, aunque hay tipos específicos para gases y vapores.

Las características del medidor utilizado son las siguientes:

- Campo de trabajo: de 0.5 a 5 litros/min
- Constante k:310 pulsos/litro
- Error referido a plena escala:
- En el rango de 0.5 a 5 litros/min: 2%
- En el rango de 0.1 a 0.5 litros/min: 5%

TRANSDUCTORES DE NIVEL.

Los transductores de nivel se clasifican según el principio físico con que actúan.

Pueden funcionar basándose en alguno de los siguientes efectos:

- Empuje hidrostático
- Presión
- Capacidad eléctrica
- Mediante ultrasonido
- Flotador

Detectores basados en la presión

Son los que se basan en que la presión en el fondo o en la pared de un recipiente que contiene líquido depende de la relación:

$$P=L*S$$

donde:

- P = Presión
- L = Nivel del líquido
- S = Peso específico .

Estos medidores se limitan a presiones inferiores a 15 psi aproximadamente. Las ventajas de estos transductores residen en su elevada precisión y reproductibilidad, además de la comodidad y facilidad de instalación que los caracterizan.

Detectores basados en el empuje hidrostático.

Este tipo de transductores se basan en el principio de que un cuerpo sumergido en un líquido es desplazado. Esto es, si aumenta el nivel del líquido, aumenta también la fuerza que ejerce un flotador sobre el resorte antagonista; el cursor de un potenciómetro se desplaza provocando una variación del voltaje el cual es proporcional al nivel.

Con estos dispositivos es posible obtener indicaciones de nivel dentro de un campo bastante amplio (de 2 a 3 metros).

Detectores basados en la capacidad eléctrica.

Se basan en el principio que establece que la capacidad eléctrica existente entre un conductor colocado verticalmente dentro de un recipiente y las paredes metálicas de este último depende del nivel del líquido contenido, ya que la constante dieléctrica del condensador varía en función de dicho nivel.

Se emplean para indicaciones continuas, así como para determinar el nivel de materiales de llenado sólidos y líquidos. Sin embargo, este método tiene algunas limitaciones debidas a cambios de humedad, compactibilidad o temperatura, causando que la constante dieléctrica del material sufra variaciones.

Las ventajas de este dispositivo son la buena reproductibilidad, el fácil montaje de los puntos de medición así como la facilidad de mantenimiento.

Detectores basados en los ultrasonidos.

Se basan en la reflexión sonora de la superficie de los materiales. Determinando el tiempo t transcurrido entre el instante en que se envía el pulso y el instante de recepción del eco, presentando una señal de salida con un valor proporcional al nivel.

Se emplean sólo con aquellos materiales cuya superficie presenta una buena calidad de reflexión. La ventaja de ellos es que no existe ningún contacto físico con el material.

Detectores con flotador.

Estos detectores de nivel están constituidos esencialmente, por un transductor de posición (normalmente potenciómetro) accionado por un flotador que sigue el nivel del líquido.

Las características que debe presentar el transductor de posición son las siguientes:

- Una linealidad óptima
- Una derivada térmica baja
- Un par de accionamiento reducido.

Indicadores de nivel (alarmas de nivel).

Los dispositivos que sirven para senalar cuando el contenido de un recipiente ha alcanzado un determinado nivel se les llaman indicadores de nivel o alarmas de nivel, debido a que generalmente accionan un dispositivo de alarma o un circuito de bloqueo. Entre los más utilizados para líquidos conductivos se encuentran el sistema basado en un circuito eléctrico cerrado entre un electrodo y el mismo líquido cuyo nivel se desea indicar.

Otro dispositivo típico de alarma de nivel es el interruptor accionado por un flotador. En este caso los interruptores pueden ser del tipo de final de carrera o magnéticos, siendo éste el que se utiliza en la práctica.

Indicador de nivel de tipo magnético.

Los interruptores magnéticos de nivel se basan en el principio de funcionamiento propio de los detectores magnéticos de proximidad, en los que existe un contacto de láminas que actúa dentro de un campo magnético generado por un imán permanente. Este tipo de contactos está constituido por dos láminas de material magnético (hierro- níquel) de baja reluctancia, encerradas en una envoltura de vidrio que las protege contra el polvo, la oxidación y la corrosión en general, lo que garantiza una prolongada duración del contacto que lo hace trabajar respetando sus características.

Este contacto ofrece un breve tiempo de conmutación (normalmente de 0.5 a 3 ms, incluyendo los movimientos de retroceso).

En los sensores de proximidad, el contacto de láminas se hace trabajar mediante un imán permanente cuyo campo, por efecto de la inducción magnética, genera polaridades de signo contrario en las láminas. De este modo se origina una fuerza de atracción con un valor tal que, si el campo es suficientemente intenso (o sea, si el imán se haya bastante cerca), logra vencer la resistencia elástica de las láminas, las cuales al doblarse realizan el contacto eléctrico.

En el caso de los interruptores de nivel el accionamiento se efectúa, generalmente, por medio de un imán en anillo, como se muestra en la figura 14.

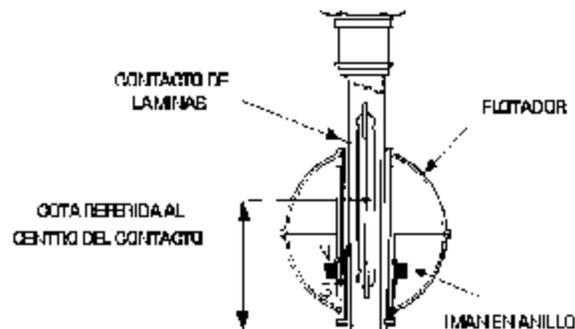


Figura 14

Al variar el nivel del líquido el flotador se desliza a lo largo de una varilla, la cual tiene incorporada un imán, que provoca un accionamiento del contacto de láminas situado en dicha varilla.

La posición del punto donde se cierra el contacto se llama cota de intervención de subida y la posición donde se abre el contacto se nombra cota de apertura en bajada.

Entre las dos opciones que asume el flotador cuando el contacto se cierra y cuando se abre existe una cierta distancia que se llama carrera diferencial. Esta distancia puede variar entre 2mm y 8mm.

Con base a las funciones que realizan, los contactos utilizados en los interruptores de nivel, pueden ser de los siguientes tipos:

- Normalmente abierto (NA)
- Normalmente cerrado (NC)
- De intercambio (S)

Es muy importante tener presente que las tensiones o las corrientes con valores superiores a los límites propios de los contactos provocan una sensible reducción de la vida eléctrica de los mismos, haciendo que se queden pegados o que se perforen.

DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo para medición de caudal y nivel está constituido básicamente de dos partes:

- Unidad MIL 30
- Acondicionadores de señal (de caudal y de nivel)

La unidad MIL 30 es un dispositivo mediante el cual es posible obtener y calcular caudales variables así como niveles hidráulicos.

Dicha unidad, mostrada en la figura 15, está constituida por dos depósitos para el líquido, conectados entre sí a través de un tubo en serie con el transductor del caudal, con una bomba y con un reductor de flujo (válvula de estrangulamiento).

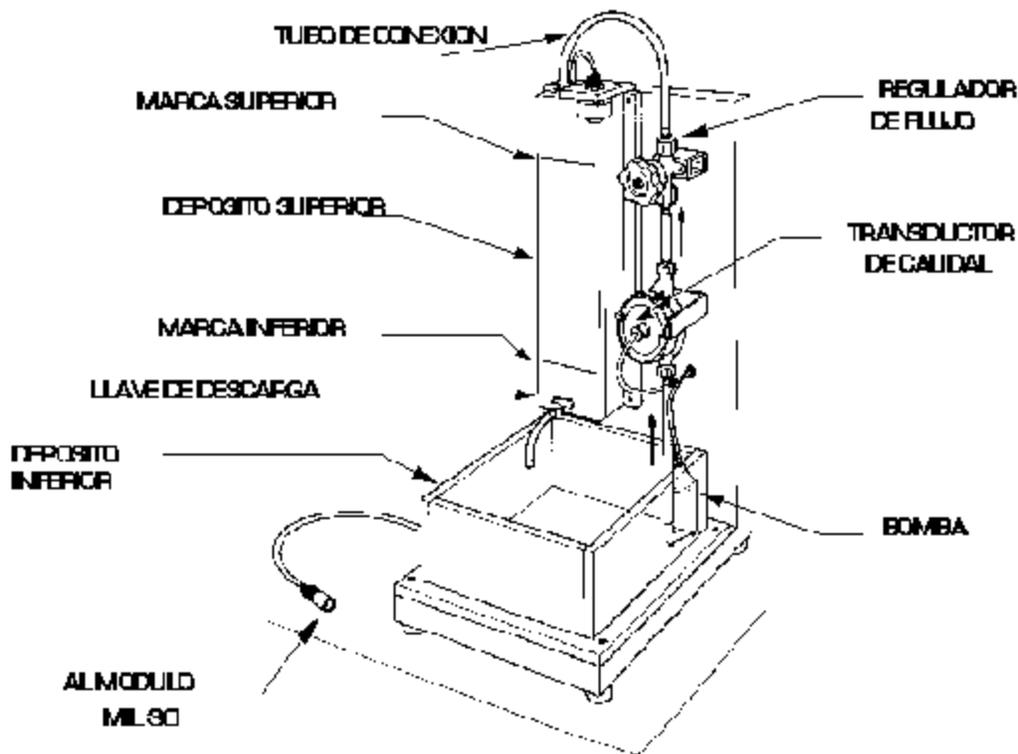


Figura 15

La bomba es del tipo centrífugo y es accionada por un motor de c.c. (12V - 1A). Al funcionar la bomba, el líquido pasa al transductor de caudal de turbina y de ahí a un regulador de flujo, y mediante un tubo de conexión entre los dos depósitos el nivel del depósito superior aumenta.

El volumen del líquido entre las marcas inferior y superior del depósito superior es de 1 litro y puede vaciarse a través de la llave de descarga.

Para determinar el valor del caudal Q sin el acondicionador se mide el tiempo transcurrido para que el depósito superior se llene entre las dos marcas de nivel, calculado mediante:

$$caudal = \frac{l}{t} \quad [\frac{\text{litros}}{\text{minutos}}] \quad (1)$$

Para conocer el nivel del líquido en correspondencia con el cual se produce la conmutación del contacto de láminas del transductor, se utiliza una escala graduada.

Acondicionador de señal del transductor de caudal.

Es un dispositivo capaz de contar los pulsos que se producen en un determinado intervalo de tiempo y de suministrar en su salida una indicación digital del flujo del líquido que pasa por el transductor. El diagrama esquemático se muestra en la figura 16.

El acondicionador se conecta a la unidad MIL 30 por medio de un cable.

La señal de pulsos (de 12V), proveniente del contacto de láminas del transductor del caudal (borne 4), es doblemente integrado a fin de obtener una señal con una frecuencia del doble respecto a la del transductor. Esta señal está disponible en el borne 7 y se utiliza como pulsos de reloj para los contadores IC4 ,IC6A, e IC6B, los cuales están conectados de manera asíncrona.

Situando el conmutador II (ACQUISITION TIME) en la posición 10s (contacto 10) los tres contadores permanecen activos, mientras que si se le coloca en la posición 1s, el contador IC6b resulta inhabilitado y sus salidas asumen el valor de cero.

El temporalizador IC2 (NE555) sirve para generar el tiempo de recuento.

La calibración de dos tiempos patrón se efectúa en el acondicionador de señal mediante los potenciómetros RV1 y RV2, obteniendo una o dos cifras significativas respectivamente.

El comienzo del período del recuento se visualiza en la red GATE a través del circuito monoestable, y a partir de ésta señal se obtiene la señal de RESET que envía a los contadores (borne 3) y la señal de enganche para fijar el dato visualizado en los display (borne 2).

La señal de salida BCD de los contadores se envía hasta el conector COMPUTER A/B a través de los buffer IC9 e IC10 los cuales hacen que la señal CMOS del acondicionador sea del tipo TTL compatible.

Constante del transductor K_T

Es el valor que relaciona los pulsos generados por la rotación de las paletas de la turbina y el volumen del líquido desplazado sobre dos paletas adyacentes al rotor.

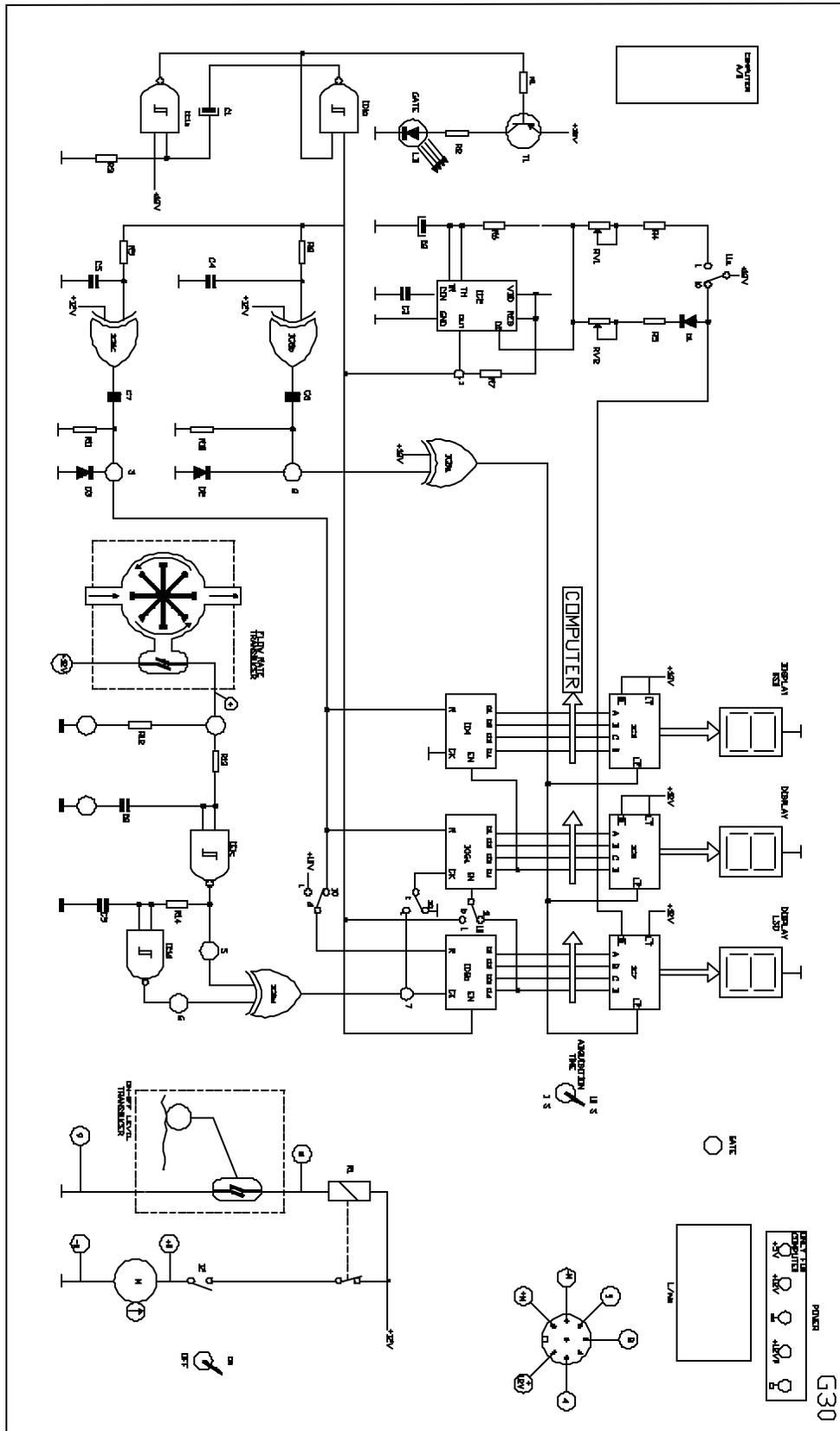


Figura 16

Las unidades son:

$$K_T = \left[\frac{\text{pulsos}}{\text{litros}} \right] \quad (2)$$

Para obtener la K_T , se determina el caudal Q en l/seg, posteriormente se mide con un frecuencímetro la frecuencia F_Q correspondiente a dicho caudal. La K_T estará dada por:

$$K_T = \frac{F_Q}{Q} \quad \left[\frac{\text{pulsos}}{\text{l}} \right] \quad (3)$$

Ajuste del tiempo de conteo

Dado que cada turbina tiene una constante en particular, es necesario ajustar el tiempo el tiempo de conteo para que el caudal real corresponda con la lectura del display.

El tiempo de conteo en la escala de 1 seg está dada por :

$$T_c = \frac{Q_{display} \times 10}{2 F_Q} \quad [\text{segundos}] \quad (4)$$

Donde $Q_{display}$ tiene unidades de pulsos y es el calor real que debe aparecer en el display.

Dicho tiempo se ajusta con el potenciómetro RV1 (escala de 1 segundo), o bien:

$$T_c = \frac{Q_{display} \times 100}{2 F_Q} \quad [\text{segundos}] \quad (4a)$$

Para la escala de 10 seg, ajustandose el tiempo con el potenciómetro RV2.

Ambos tiempos pueden ser medidos en el punto 1 del acondicionador.

Linealidad del transductor-acondicionador.

En la mayoría de los sistemas es deseable que la respuesta sea lineal; sin embargo muchos transductores operan linealmente en un rango bien definido.

Para el caso del transductor de caudal utilizado, el fabricante garantiza su operación lineal dentro del siguiente rango con el error indicado a plena escala:

RANGO (litros/minuto)	ERROR (%)
0.5 / 5	< 2
0.1 / 5	< 5

Prácticamente se puede calcular la linealidad el transductor-acondicionador a partir del modelo de respuesta, que para este caso es una línea recta.

Trazando dos rectas paralelas a la recta del sistema de medición, como se muestra en la figura 17, en las cuales queden contenidos todos los puntos de medición, se puede obtener los valores límites L1 y L2 a plena escala y calcular la linealidad, esto es:

$$Linealidad = \pm \frac{1}{2} \frac{(L_1 - L_2)}{Escala_{max}} \quad (5)$$

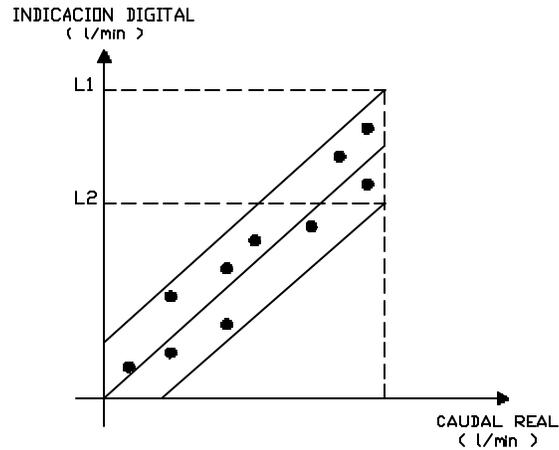


Figura 17

Acondicionador de señal del transductor de nivel.

El circuito acondicionador de señal para el indicador de nivel, se haya esquematizado en el módulo, consiste de un relevador cuya bobina se acciona a través de los contactos de lámina. Una vez accionado el relevador hace que la bomba deje de funcionar para evitar que el agua contenida en el depósito superior empiece a desbordar.

OBJETIVOS

- Hacer del conocimiento del alumno los diversos transductores de caudal y nivel así como de los respectivos acondicionadores de señal.
- Presentar una aplicación práctica sobre dos de los transductores en estudio.
- Calibrar el acondicionador del transductor de caudal.
- Obtener la curva característica del Transductor-Acondicionador.
- Determinar las cotas de operación del transductor de nivel.

EQUIPO Y MATERIAL

- Unidad G30 y TY30

-
- Cronómetro
 - Generador de Funciones
 - Osciloscopio de memoria

DESARROLLO

EXPERIMENTO 1. OPERACION DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL DEL TRANSDUCTOR DE CAUDAL.

La calibración se realiza al hacer coincidir la indicación del caudal que proporciona el indicador visual con un caudal simulado.

- Conectar los bornes +12V-0V, +12VP-0V/1.5A del panel a una fuente de alimentación estabilizada sin encenderla aún.
- No colocar el cable de conexión entre el panel y la unidad externa MIL 30.
- Por medio del generador de funciones aplicar entre el borne 4 y el de tierra una señal cuadrada con una amplitud de 10V positivos y una frecuencia de 25 Hz.
- Encender la fuente de alimentación.
- Con el interruptor Acquisition Time en la posición 1s regular RV1 hasta que en el display se lea el valor 5.0
- Situar el interruptor Acquisition Time en la posición 10s y regular RV2 hasta que en el display se lea el valor 5.00 .

EXPERIMENTO 2. CALIBRACION DEL MEDIDOR DE CAUDAL

- Conectar los bornes de +12V-0V y 12Vp-0V/1.5A del panel a una fuente de alimentación estabilizada sin encenderla aun. Conectar el cable de la unidad MIL30 al acondicionador.
 - Fijar la base de tiempo en un segundo.
 - Abra completamente la válvula reguladora de flujo (totalmente en sentido antihorario).
 - Verificar las conexiones, encender la fuente y accionar la bomba.
 - Determinar el caudal Q [l/min] es decir, con el cronómetro medir el tiempo en que se llena el depósito superior (entre las marcas = 1 litro) y calcular Q .
 - Paralelamente medir con el osciloscopio la frecuencia (en el borne 4) correspondiente al caudal medido.
 - Calcular el tiempo de conteo T_c con la expresión (4).
-

- Observar con el osciloscopio la señal en el borne 1 y ajustar con RV1 el periodo T_c , calculado previamente.
- Verificar que el caudal real corresponda a la lectura del display.

NOTA: Por ningún motivo cierre completamente la válvula estando la bomba encendida.

EXPERIMENTO 3. DETERMINACION DE LA CURVA CARACTERISTICA "CAUDAL REAL / INDICACION DIGITAL DE SALIDA DEL TRANSDUCTOR-ACONDICIONADOR".

Para la determinar la curva característica es necesario haber realizado la calibración.

- Con la fuente apagada, conectar el panel a la unidad externa MIL 30.
- Verificar que el depósito superior esté vacío, en caso contrario utilice la llave de descarga; y que el depósito inferior contenga suficiente agua.
- Girar el regulador de flujo en el sentido contrario a las agujas del reloj hasta llegar al tope.
- Poner el interruptor time acquisition en 1 segundo.
- Encender la fuente y situar el interruptor I2 de encendido de la bomba en la posición ON. Medir el tiempo que tarda en llenarse el depósito superior entre las dos marcas de nivel.
- Calcular el valor del caudal con la expresión (5).
- Paralelamente observar la lectura del display y asentar ambos valores en la Tabla 1.
- Repetir los dos últimos pasos para diferentes posiciones de la llave reguladora de flujo, hasta obtener 8 pares de datos.
- Repita la tabla con el interruptor time Acquisition en 10 segundos.

CAUDAL REAL CALCULADO (l/min)	INDICACION DIGITAL DEL CAUDAL (l/min)

Tabla 1

EXPERIMENTO 4. DETERMINACION DE LA COTA DE INTERVENCION EN SUBIDA Y BAJADA.

- Conectar los bornes +12V-0V, +12Vp-0V/1.5A del panel a una fuente de alimentación estabilizada sin encenderla.
- Colocar el cable que conecta al panel a la unidad externa MIL 30.
- Verificar que esté descargado el depósito superior así como las conexiones realizadas.
- Encender la fuente de alimentación y la bomba, y medir con un metro la cota de intervención de subida y bajada.

ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS

1. Por qué para el funcionamiento del acondicionador del Experimento I , se utiliza una señal cuadrada con las características de forma, amplitud y frecuencia especificadas ?
2. Con base a los datos del experimento II, determine la constante del transductor K_T .
3. Qué valor de K_T se deberá tener para no calcular un T_c ?
- 4.Cuál es la función de los potenciómetros RV1 y RV2 ?
5. Con base a los datos de la tabla I, determine el error en cada caso y grafique en un plano de coordenadas cartesianas la indicación digital y el caudal real medido, en las ordenadas y abscisas respectivamente.
6. Trace o calcule la recta óptima del sistema, en ambos casos (1 seg y 10 seg).
7. Calcular el modelo matemático.
8. A partir de la cota de intervención de subida y la de apertura en bajada, determine la carrera diferencial. Compárela con la especificada por el fabricante.
9. Determine la linealidad del sistema y compárela con la especificada por el fabricante.
10. Presente un cuadro comparativo de transductores de nivel y caudal, indicando tipos, rangos, aplicaciones, etc.
11. Presente un sistema a nivel de diagrama de bloques, en el que se utilice los transductores de nivel y caudal.