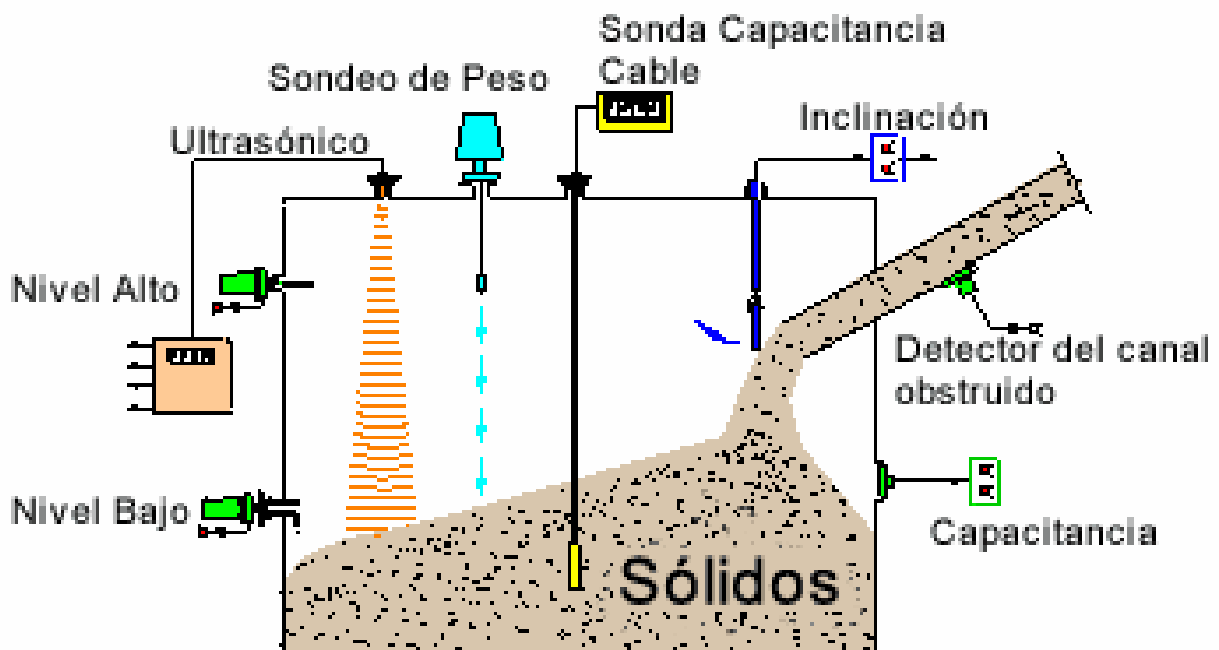
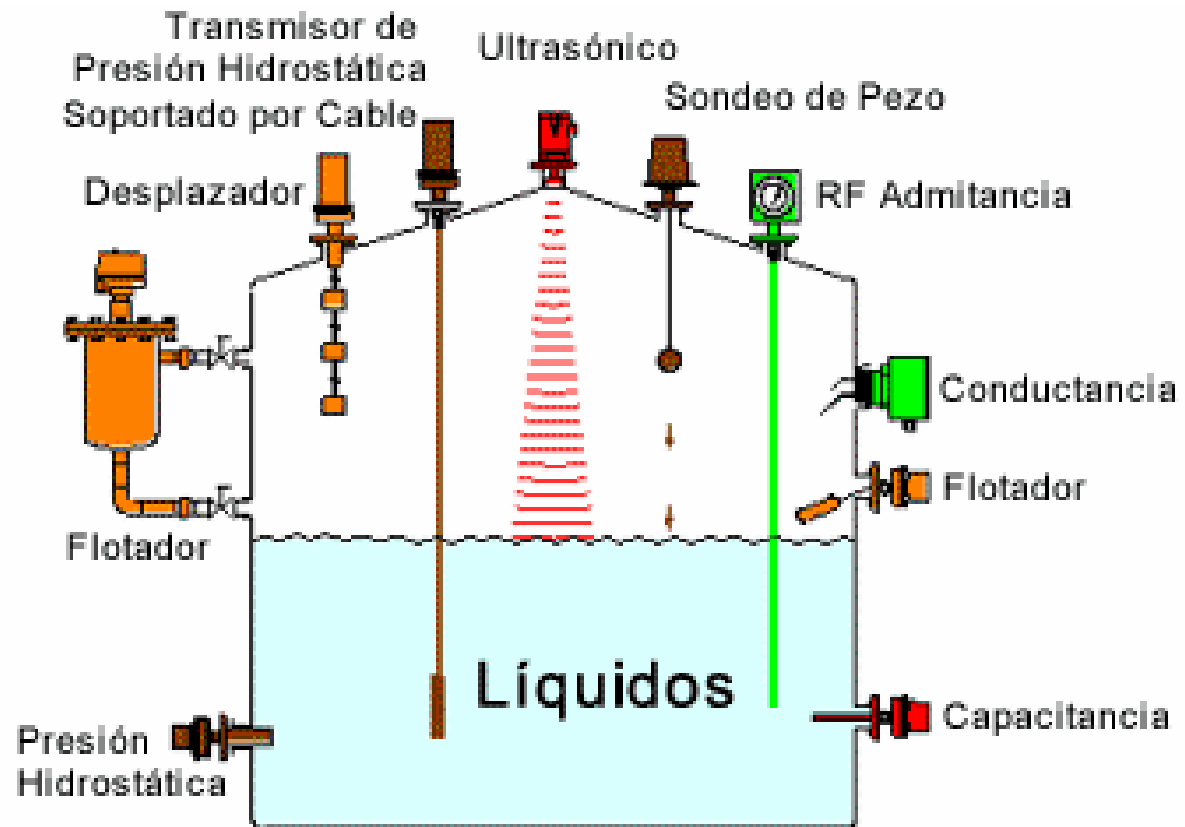


*Colegio Salesiano de Concepción
Escuela Industrial " San José "
Departamento de Electrónica*

MEDICIÓN DE NIVEL

Preparado por: Cristhian Beltrán Provoste

INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN Y CONTROL DE NIVEL



En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

La utilización de instrumentos electrónicos con microprocesador en la medida de otras variables, tales como la presión y la temperatura, permite añadir "inteligencia" en la medida del nivel, y obtener precisiones de lectura altas, del orden del 0,2 %, en el intervalo de materias primas o finales o en transformación en los tanques del proceso. El transmisor de nivel "inteligente" hace posible la interpretación del nivel real (puede eliminar o compensar la influencia de la espuma en flotación del tanque, en la lectura), la eliminación de las falsas alarmas (tanques con olas en la superficie debido al agitador de paletas en movimiento), y la fácil calibración del aparato en cualquier punto de la línea de transmisión.

El transmisor o varios transmisores pueden conectarse, a través de una conexión RS-232, a un ordenador personal, que con el software adecuado, es capaz de configurar transmisores inteligentes.

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos.

Medidores de Nivel de Líquidos

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.

Los instrumentos de medida directa se dividen en:

- Medidor de sonda
- Medidor de cinta y plomada
- Medidor de nivel de cristal
- Medidor de flotador.

Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática se dividen en:

- Medidor manométrico
- Medidor de membrana
- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma

Los instrumentos que utilizan características eléctricas del líquido se clasifican en:

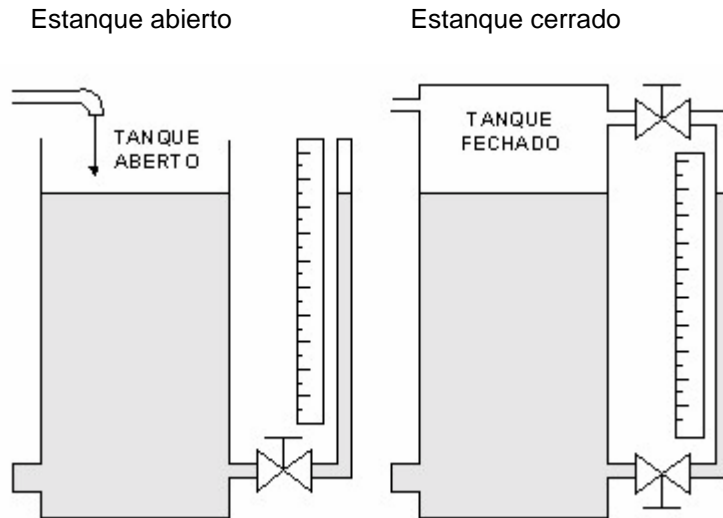
- Medidor conductivo
- Medidor capacitivo
- Medidor ultrasónico
- Medidor de radiación
- Medidor láser

Instrumentos de medida directa

Medidor de sonda; consiste en una varilla o regla graduada, de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito. La determinación del nivel se efectúa por la lectura directa de la longitud mojada por el líquido. En el momento de la lectura el estanque debe estar abierto a presión atmosférica. Se utiliza generalmente en estanques de gasolina.

Otro medidor consiste en una varilla graduada, con un gancho que se sumerge en el seno del líquido y se levanta después hasta que el gancho rompe la superficie del líquido. La distancia

desde esta superficie hasta la parte superior del estanque representa indirectamente el nivel. Se emplea en estanques de agua a presión atmosférica.



Medidor de cinta y plomada; este sistema es parecido a los anteriores, consta de una cinta graduada y un plomo en la punta. Se emplea cuando es difícil que la regla tenga acceso al fondo del estanque.

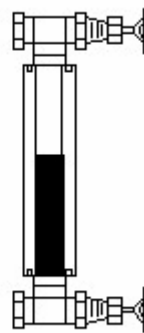
Medidor de cristal; consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conector a bloques metálicos y cerrados por prensaestopas que están unidos al estanque generalmente mediante tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una de purga.

El nivel de cristal normal se emplea para presiones hasta 7 bar. A presiones más elevadas el cristal es grueso, de sección rectangular y está protegido por una armadura metálica.

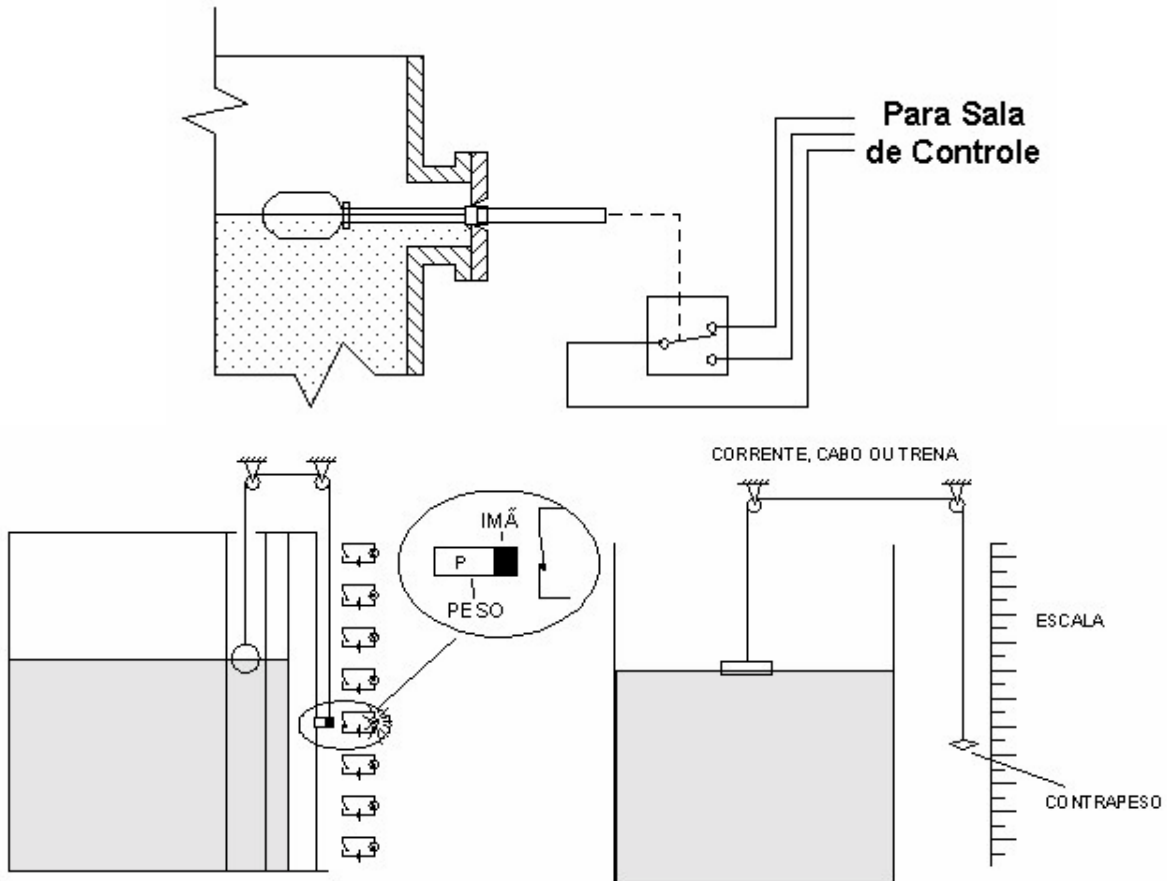
Cristal con armadura



Cristal normal



Medidor de flotador; consiste en un flotador ubicado en el seno del líquido y conectado al exterior del estanque indicando directamente el nivel sobre una escala graduada. Es el modelo más antiguo y el más utilizado en estanques de gran capacidad tales como los de petróleo y gasolina. Tiene el inconveniente de que las partes móviles están expuestas al fluido y pueden romperse, además el flotador debe mantenerse limpio.



Hay que señalar que en estos instrumentos, el flotador puede tener formas muy variadas y estar formados por materiales muy diversos según sea el tipo de fluido.

Los instrumentos de flotador tienen una precisión de 0,5 %. Son adecuados en la medida de niveles en estanques abiertos y cerrados a presión o a vacío, y son independientes del peso específico del líquido. Por otro lado, el flotador puede agarrotarse en el tubo guía por un eventual depósito de los sólidos o cristales que el líquido pueda contener y además los tubos guía muy largos pueden dañarse ante olas bruscas en la superficie del líquido o ante la caída violenta del líquido en el estanque.

Instrumentos basados en la presión hidrostática.

Medidor manométrico; consiste en un manómetro conectado directamente a la inferior del estanque. El manómetro mide la presión debida a la altura de líquido h que existe entre el nivel del estanque y el eje del instrumento. Así pues, el rango de medida del instrumento corresponderá a:

$$0 - (h \cdot \gamma \cdot g)$$

h = altura de líquido en m

γ = densidad del líquido en Kg/m³

g = 9,8 m/s²

Como las alturas son limitadas, el rango de medida es bastante pequeño, de modo que el manómetro utilizado tiene un elemento de medida del tipo fuelle.

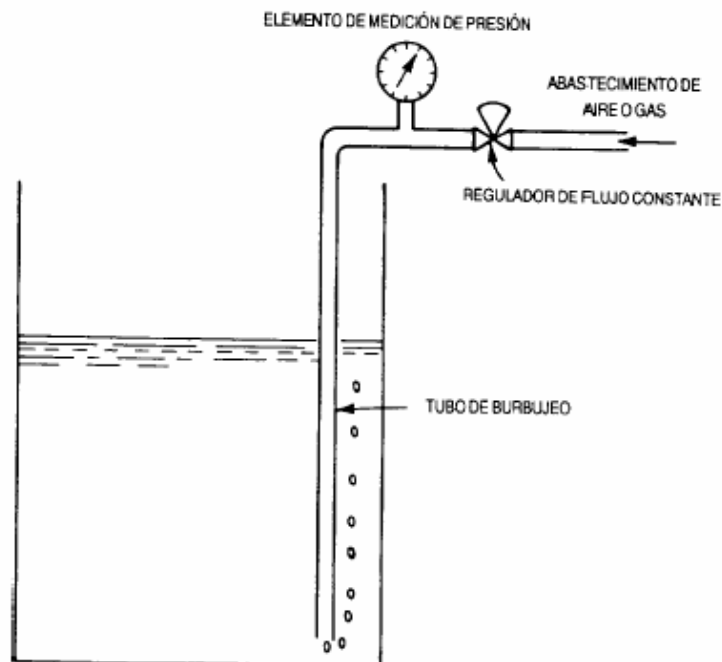
El instrumento sólo sirve para fluidos limpios ya que si el líquido es corrosivo, coagula o bien tiene sólidos en suspensión, el fuelle puede destruirse o bien bloquearse perdiendo su elasticidad; por otra parte, como el rango de medida es pequeño no es posible utilizar sellos de diafragma. La medida está limitada a estanques abiertos y el nivel viene influido por las variaciones de densidad del líquido.

Medidor de membrana; utiliza una membrana conectada con un tubo estanco al instrumento receptor.

La fuerza ejercida por la columna de líquido sobre el área de la membrana comprime el aire interno a una presión igual a la ejercida por la columna de líquido. El instrumento es delicado ya que cualquier pequeña fuga del aire contenido en el diafragma destruiría la calibración del instrumento.

Medidor de tipo burbujeo; mediante un regulador de caudal se hace pasar por un tubo (sumergido en el depósito hasta el nivel mínimo), un pequeño caudal de aire o gas inerte hasta producir una corriente continua de burbujas. La presión requerida para producir el flujo continuo de burbujas es una medida de la columna de líquido.

Este sistema es muy ventajoso en aplicaciones con líquidos corrosivos con materiales en suspensión (el fluido no penetra en el medidor, ni en la tubería de conexión).



Medidor de presión diferencial; consiste en un diafragma en contacto con el líquido del estanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del estanque. En un estanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico, es decir: $P = h\gamma g$ en la que:

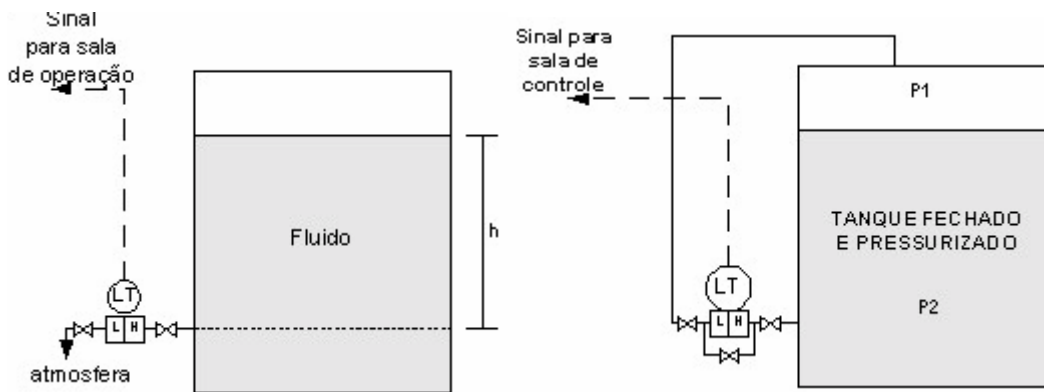
$P =$ presión

$h =$ altura del líquido sobre el instrumento

$\gamma =$ densidad del líquido

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

El diafragma forma parte de un transmisor neumático, electrónico o digital de presión diferencial. En el tipo más utilizado, el diafragma está fijado en un flange que se monta rasante al estanque para permitir si dificultades la medida de nivel de fluidos, tales como pasta de papel y líquidos con sólidos en suspensión, pudiendo incluso ser de montaje saliente para que el diafragma enrase completamente con las paredes interiores del estanque tal como ocurre en el caso de líquidos extremadamente viscosos en que no puede admitirse ningún recodo.



La precisión de los instrumentos de presión diferencial es de $\pm 0,5 \%$ en los neumáticos, $\pm 0,2 \%$ a $\pm 0,3 \%$ en los electrónicos, y de $\pm 0,15 \%$ en los "inteligentes" con señales de salida de 4-20 mA c.c.

Hay que señalar que el material del diafragma debe ser el adecuado para resistir la corrosión del fluido (existen materiales de acero inoxidable 316, monel, tantalio, hastelloy B, inoxidable recubierto de teflón).

Instrumentos basados en el desplazamiento

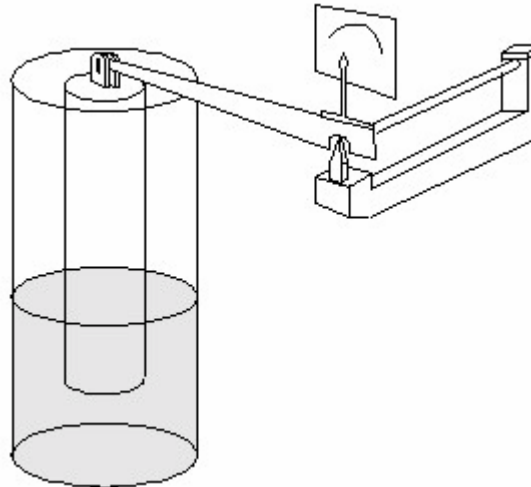
Medidor de nivel de tipo desplazamiento; consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al estanque. Dentro del tubo y unido a su extremo libre se encuentra una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al estanque.

El tubo de torsión se caracteriza fundamentalmente porque el ángulo de rotación de su extremo libre es directamente proporcional a la fuerza aplicada.

Al aumentar el nivel, el líquido ejerce un empuje sobre el flotador igual al volumen de la parte sumergida multiplicada por la densidad del líquido, tendiendo a neutralizar su peso propio, así que el esfuerzo medido por el tubo de torsión será muy pequeño. Por el contrario, al bajar el nivel, menor parte del flotador queda sumergida, y la fuerza de empuje hacia arriba disminuye, resultando una mayor torsión.

La precisión es del orden de $\pm 0,5\%$ a $\pm 1\%$ y el intervalo de medida puede variar de 0-300 a 0-2000 mm c. de a.

El instrumento puede utilizarse en estanques abiertos y cerrados a presión o a vacío, tiene una buena sensibilidad pero presenta el inconveniente del riesgo de depósitos de sólidos o de crecimiento de cristales en el flotador que afectan a la precisión de la medida y es apto sólo para la medida de pequeñas diferencias de nivel (2000 mm máximo estándar).

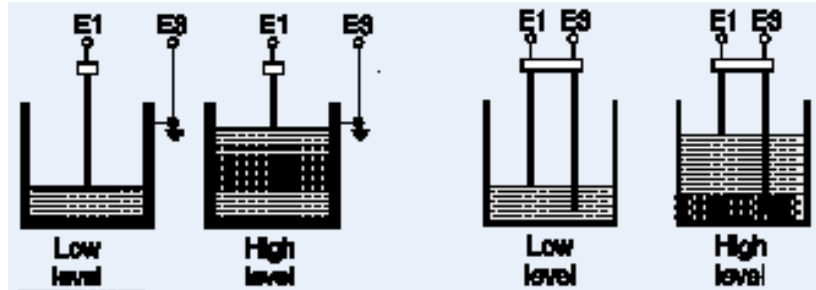


Instrumentos basados en características eléctricas del líquido

El medidor de nivel conductivo o resistivo; consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico, y de este modo el aparato puede discriminar la separación entre el líquido y su vapor, tal como ocurre, por ejemplo, en el nivel de agua de una caldera de vapor. La impedancia mínima es del orden de los $20\text{ M}\Omega/\text{cm}$, y la tensión de alimentación es alterna para evitar fenómenos de oxidación en las sondas por causa del fenómeno de la electrólisis. Cuando el líquido moja los electrodos se cierra el circuito electrónico y circula una corriente segura del orden de los 2 mA ; el relé electrónico dispone de un temporizador de retardo que impide su enclavamiento ante una ola del nivel del líquido o ante cualquier perturbación momentánea o bien en su lugar se disponen dos electrodos poco separados enclavados eléctricamente en el circuito.

El instrumento se emplea como alarma o control de nivel alto y bajo, utiliza relés eléctricos para líquidos con buena conductividad y relés electrónicos para líquidos con baja conductividad. Montado en grupos verticales de 24 o más electrodos, puede complementar los típicos niveles de vidrio de las calderas, y se presta a la transmisión del nivel a la sala de control y a la adición de las alarmas correspondientes.

El instrumento es versátil, sin partes móviles, su campo de medida es grande con la limitación física de la longitud de los electrodos. El líquido contenido en el estanque debe tener un mínimo de conductividad y si su naturaleza lo exige, la corriente debe ser baja para evitar la deterioración del producto. Por otro lado, conviene que la sensibilidad del aparato sea ajustable para detectar la presencia de espuma en caso necesario.



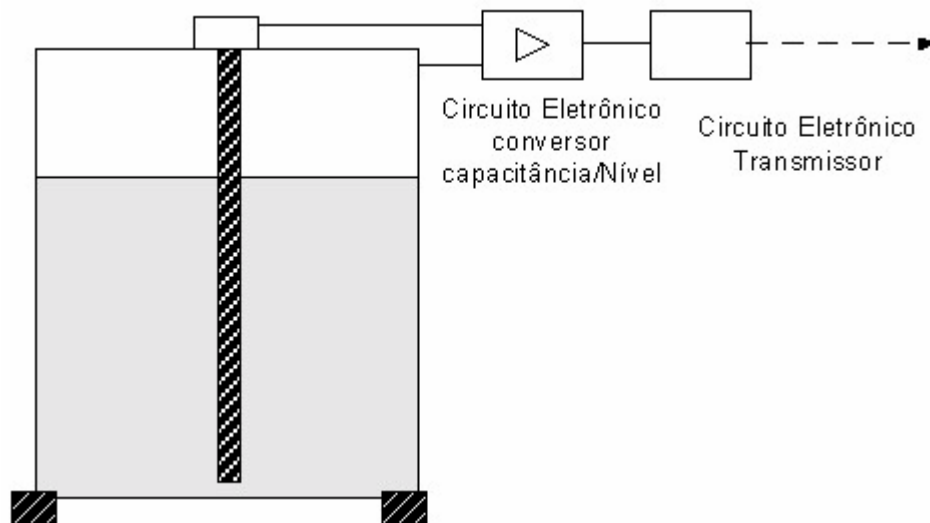
Medidor de nivel capacitivo; mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del estanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido.

En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal y la capacidad total del sistema se compone de la del líquido, la del gas superior y la de las conexiones superiores.

En fluidos conductores el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y del gas.

La precisión de los transductores de capacidad es de $\pm 1\%$.

Se caracterizan por no tener partes móviles, son ligeros, presentan una buena resistencia a la corrosión y son de fácil limpieza. Su campo de medida es prácticamente ilimitado. Tiene el inconveniente de que la temperatura puede afectar las constantes dieléctricas (0,1 % de aumento de la constante dieléctrica / °C) y de que los posibles contaminantes contenidos en el líquido puedan adherirse al electrodo variando su capacidad y falseando la lectura, en particular en el caso de líquidos conductores.

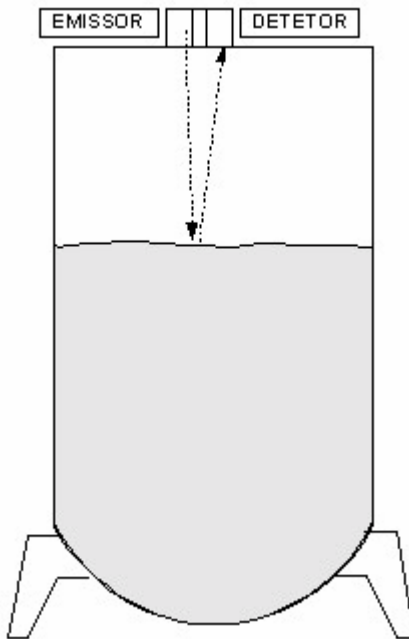


Medidor de nivel ultrasónico; se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del estanque.

Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20 KHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

La precisión de estos instrumentos es de ± 1 a 3 %. Son adecuados para todos los tipos de estanques y de líquidos o fangos pudiendo construirse a prueba de explosión. Presentan el inconveniente de ser sensibles a la densidad de los fluidos y de dar señales erróneas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida como es el caso de un líquido que forme espuma, ya que se producen falsos ecos de los ultrasonidos.

La utilización de la computadora permite, a través de un programa, almacenar el perfil ultrasónico del nivel, y así tener en cuenta las características particulares de la superficie del líquido, tal como la espuma, con lo cual se mejora la precisión de la medida.



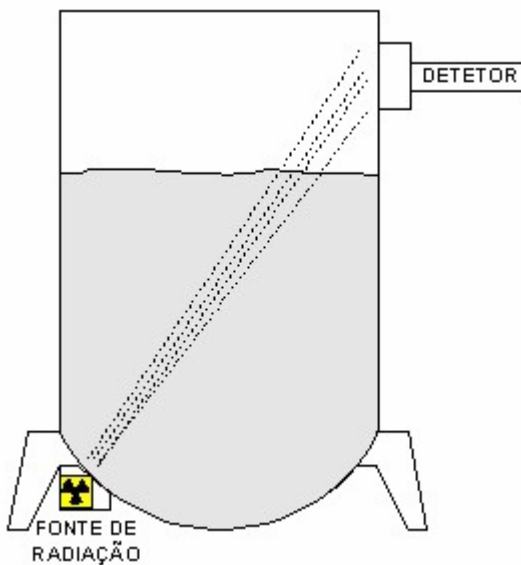
El sistema de medición de nivel radiactivo; consiste en un emisor de rayos gamma montado verticalmente en un lado del estanque y con un contador que transforma la radiación gamma recibida en una señal eléctrica de corriente continua. Como la transmisión de los rayos es inversamente proporcional a la masa del líquido en el estanque, la radiación captada por el receptor es inversamente proporcional al nivel del líquido ya que el material absorbe parte de la energía emitida.

Los rayos emitidos por la fuente son similares a los rayos X, pero de longitud de onda más corta. La fuente radiactiva pierde igualmente su radiactividad en función exponencial del tiempo. La vida media (es decir, el tiempo necesario para que el emisor pierda la mitad de su actividad) varía según la fuente empleada. En el cobalto 60 es de 5,5 años y en el cesio 137 es de 33 años y en el americio 241 es de 458 años.

Las paredes del estanque absorben parte de la radiación y al detector llega sólo un pequeño porcentaje. Los detectores son, en general, detectores de cámara iónica y utilizan amplificadores de c.c. o de c.a. El instrumento dispone de compensación de temperatura, de linealización de la señal de salida, y de reajuste de la pérdida de actividad de la fuente de radiación. Como desventajas en su aplicación figuran el blindaje de la fuente y el cumplimiento de las leyes sobre protección de radiación.

La precisión en la medida es de $\pm 0,5$ a ± 2 %, y el instrumento puede emplearse para todo tipo de líquidos ya que no está en contacto con el proceso. Su lectura viene influida por el aire o los gases disueltos en el líquido.

El sistema se emplea en caso de medida de nivel en estanques de acceso difícil o peligroso. Es ventajoso cuando existen presiones elevadas en el interior del estanque que impiden el empleo de otros sistemas de medición. Hay que señalar que el sistema es caro y que la instalación no debe ofrecer peligro alguno de contaminación radiactiva siendo necesario señalar debidamente las áreas donde están instalados los instrumentos y realizar inspecciones periódicas de seguridad.



Medidor de nivel Láser; se utiliza en aplicaciones donde las condiciones son muy duras, y donde los instrumentos de nivel convencionales fallan; tal es el caso de la medición de metal fundido, donde la medida del nivel debe realizarse sin contacto con el líquido y a la mayor distancia posible por existir unas condiciones de calor extremas. El sistema consiste en un rayo láser enviado a través de un tubo de acero y dirigido por reflexión en un espejo sobre la superficie del metal fundido. El aparato mide el tiempo que transcurre entre el impulso emitido y el impulso de retorno que es registrado en un fotodetector de alta resolución, y este tiempo es directamente proporcional a la distancia del aparato emisor a la distancia a la superficie del metal en fusión, es decir, da la lectura del nivel.

Medidores de Nivel de Sólidos

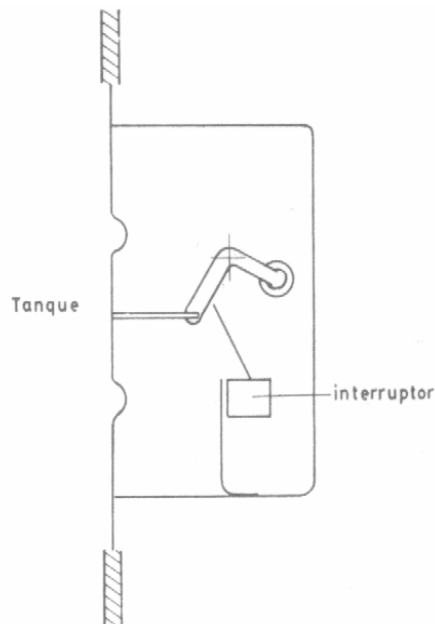
En los procesos continuos, la industria ha ido exigiendo el desarrollo de instrumentos capaces de medir el nivel de sólidos en puntos fijos o de forma continua, en particular en los estanques destinados a contener materias primas o productos finales.

Medidores de nivel de punto fijo

Medidor de Diafragma, consiste en una membrana flexible que puede entrar en contacto con el producto dentro del estanque y que contiene en su interior un conjunto de palancas con contrapeso que se apoyan sobre un interruptor. Cuando el nivel del sólido alcanza el diafragma lo fuerza venciendo el contrapeso y actuando sobre el interruptor; éste que puede ser mecánico o de mercurio y puede accionar una alarma.

El material del diafragma puede ser de tela, goma, neopreno o fibra de vidrio.

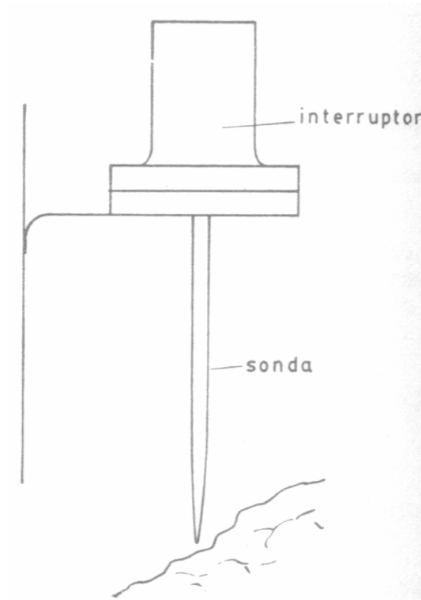
Este sensor tiene la ventaja de ser de bajo costo, con una precisión de ± 50 mm.



Varilla flexible, consiste en una varilla de acero conectada a un diafragma de latón donde está contenido un interruptor. Cuando los sólidos presionan, aunque sólo sea ligeramente en la varilla, el interruptor se cierra y actúa sobre una alarma.

El conjunto de la unidad está sellado herméticamente pudiendo construirse a prueba de explosión. El aparato se emplea como alarma de alto nivel estando dispuesto en la parte superior del estanque. Para impedir que la simple caída del producto pueda causar una alarma infundada, incorpora un relé de retardo.

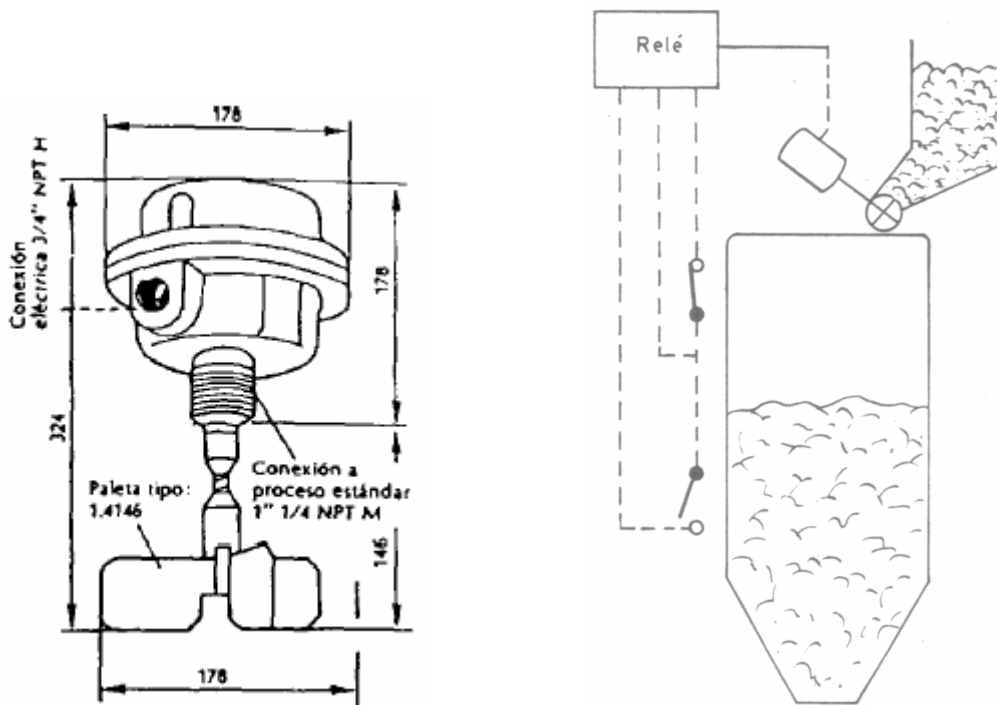
El instrumento se emplea en estanques abiertos como alarmas de nivel alto, tiene una precisión de ± 25 mm, se utiliza para materiales tales como carbón y puede trabajar hasta temperaturas máximas de 300 °C.



Paletas rotativas, consiste en un eje vertical, dotado de paletas, que giran continuamente a baja velocidad accionado por un motor. Cuando el producto sólido llega hasta las paletas, las inmoviliza, con lo que el soporte del motor y la caja de engranajes empiezan a girar en sentido contrario.

En su giro, el soporte del motor actúa consecutivamente sobre dos interruptores, el primero excita el equipo de protección (por ejemplo, una alarma) y el segundo desconecta la alimentación eléctrica del motor con lo cual éste queda bloqueado. Cuando el producto baja de nivel y deja las palas al descubierto, un resorte vuelve el motor a su posición inicial liberando los dos interruptores. De este modo, el motor se excita con lo que las palas vuelven a girar, y la alarma queda desconectada.

Estos instrumentos tienen una precisión de unos 25 mm y se emplean preferentemente como detectores de nivel de materiales granulares y carbón. Pueden trabajar con materiales de muy diversa densidad y existen modelos a prueba de explosión.



Medidor de nivel continuos

Medidor de nivel de sondeo electromecánico ó de peso, consiste en un pequeño peso móvil sostenido por un cable desde la parte superior del silo mediante poleas. Éste baja suavemente en el interior de la tolva hasta que choca contra el lecho de sólidos. En este instante, el cable se afloja, y un detector adecuado invierte el sentido del movimiento del peso con lo que éste asciende hasta la parte superior de la tolva, donde se para, repitiéndose el ciclo nuevamente. Un indicador exterior señala el punto donde el peso ha invertido su movimiento indicando así el nivel en aquel momento. El instrumento se caracteriza por su sencillez, puede emplearse en el control de nivel, pero debe ser muy robusto mecánicamente para evitar una posible rotura del conjunto dentro de la tolva lo que podría dar lugar a la posible rotura de los mecanismos de vaciado.

