

Tema 4.

Medición de Nivel

Introducción

La medición de nivel consiste en medir la altura a la que se encuentra la superficie libre del líquido a partir de una línea de referencia.

Existen básicamente dos métodos:

Métodos Directos

Estos consisten en medir directamente la superficie libre del líquido a partir de una línea de referencia. Pueden ser:

- Observación visual directa de la altura sobre una escala graduada: medidor de vara, de tubo de vidrio, etc.
- Determinación de la posición de un flotador que descansa sobre la superficie libre del líquido: flotador y cinta, flotador y eje, etc.
- Electrodo que hacen contacto con la superficie libre del líquido.

Métodos Indirectos

Estos consisten en medir otros efectos que cambian con el nivel del líquido. Entre ellos están:

- Medición de presión hidrostática o presión diferencial.
- Medición de fuerza de empuje. Como en el de tubo de torsión.
- Medición de la radiación nuclear. Medidor radioactivo.
- Reflexión de ondas de radio, de radar o sónicas desde la superficie libre del líquido. Medidor ultrasónico.
- Medición de la capacitancia eléctrica.

Estos métodos tienen un error inherente debido a que el nivel se determina a partir de la medida de otra variable.

Medición Directa de Nivel

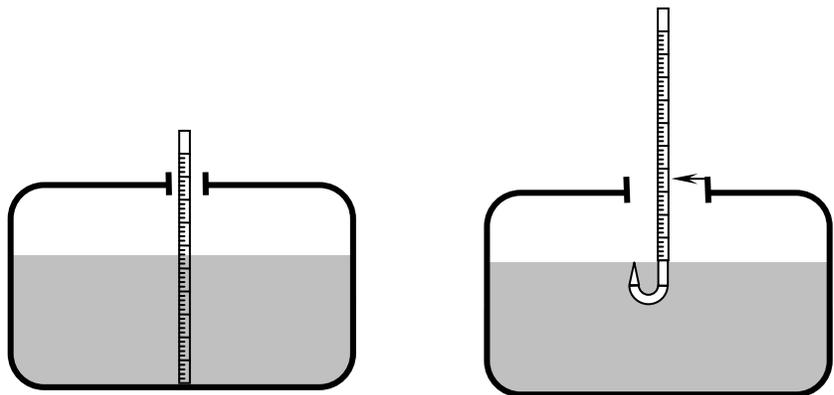
Medidores de sonda o de vara

Estos instrumentos consisten 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, cuando la sonda se introduce hasta el fondo del tanque.

Este método sirve para tanques a presión atmosférica y se usa comúnmente en tanques de fuel oil, gasolina y aceites en motores de combustión interna.

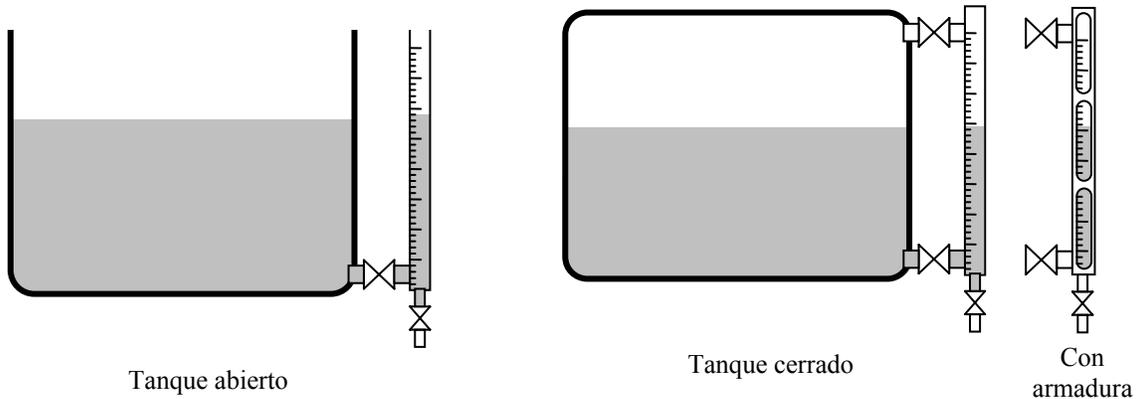
Una variante de este método consiste en una varilla graduada con gancho, que se sumerge en el líquido y se levanta después hasta que el gancho rompe la superficie del líquido. En este caso la distancia entre ese punto y la parte superior del tanque representa directamente el nivel del tanque. Este se puede usar solo cuando la superficie libre del líquido se puede ver directamente.

Cuando el tanque tiene una profundidad grande, entonces se hace difícil manipular la regla por su longitud, en este caso se puede sustituir la varilla por una cinta flexible al cual se le coloca un peso en la punta, formando el medidor de cinta y plomada.

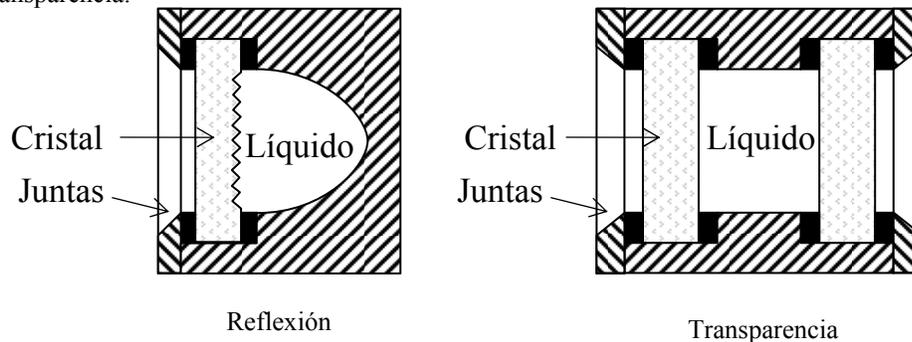


Medidores de nivel de cristal

Consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados al tanque mediante bloques metálicos y válvulas. Se usan por lo general tres válvulas: dos de cierre de seguridad y mantenimiento en los extremos del tubo, con las cuales se impide la fuga de líquido en caso de ruptura del tubo; y una válvula de purga.



El nivel de cristal normal se emplea para presiones de hasta 700KPa, para presiones más elevadas se usa un cristal grueso, de sección rectangular y protegido por una armadura metálica. En este caso la lectura se puede efectuar por reflexión o por transparencia.



La principal ventaja de este método es la gran seguridad que ofrece en la lectura del nivel del líquido, pudiendo controlar o calibrar con este los aparatos. Sin embargo presenta la desventaja de permitir solo una indicación local. Aunque se pueden usar cámaras de televisión para la medición a distancia.

Medidores de nivel de flotador

Consisten en un flotador situado en el seno de un líquido y conectado al exterior del tanque indicando directamente el nivel. La conexión puede ser directa, magnética, eléctrica e hidráulica.

Conexión directa

Existen dos modalidades:

Flotador y cinta

Consta de un flotador que puede ser de níquel, cobre o plástico el cual está conectado mediante una cinta y a través de una polea a un contrapeso al exterior del tanque. La posición del contrapeso indicará directamente el nivel. Su rango de medida será igual a la altura del tanque.

Este método solo sirve para tanques abiertos, debido a la dificultad de producir un sello suficientemente hermético en la cinta.

Existe una modalidad de este instrumento en donde la polea es accionada por un motor eléctrico, sustituyendo así el contrapeso. En este caso cuando existe se controla la tensión de la cinta, cuando esta es inferior al valor deseado se tensa la cinta y cuando es muy grande se deja caer, la posición del eje del motor indicará entonces directamente el valor del

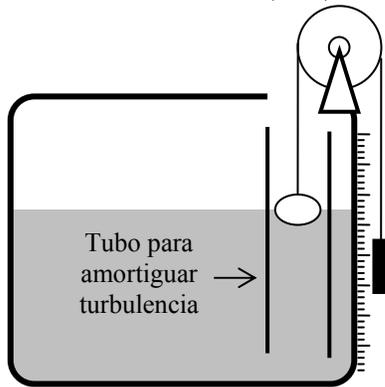
nivel. Esta variante se usa en tanques con fluidos que poseen líquidos en suspensión o cuando existe una tapa flotante en el tanque, en cuyo caso el flotador reposa sobre la tapa.

Flotador y eje

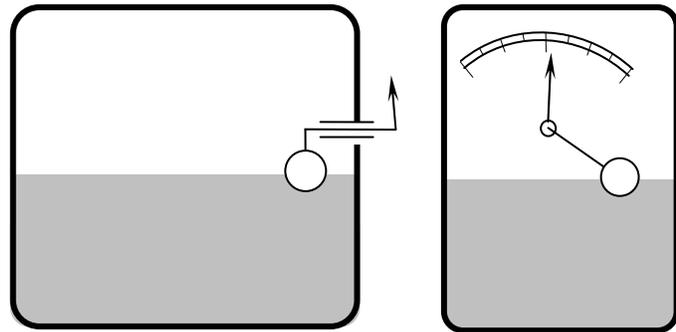
Consiste en un flotador conectado a un eje giratorio que sale del tanque y en cuyo extremo se encuentra una aguja indicadora, la cual indica sobre una escala el nivel del tanque.

Este método se puede utilizar en una gran variedad de líquidos, inclusive en aquellos de alta viscosidad y en tanques cerrado con presiones hasta de 1000 psi. Es sin embargo aconsejable no usarlo para líquidos con sólidos en suspensión, ya que estos sólidos se pueden depositar sobre el flotador produciendo un error en la medida.

En este caso el rango (H) está limitado por la longitud del brazo del flotador (L) y el ángulo rotado (α) que no debe ser superior a 60° ya que para valores mayores la medida se vuelve altamente no lineal. El valor del rango se puede calcular con la expresión: $H = 2L \sin(\alpha/2)$.



Flotador y cinta



Flotador y eje

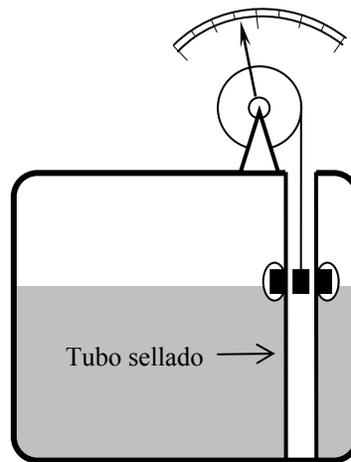
Conexión magnética

Esta puede ser de dos tipos.

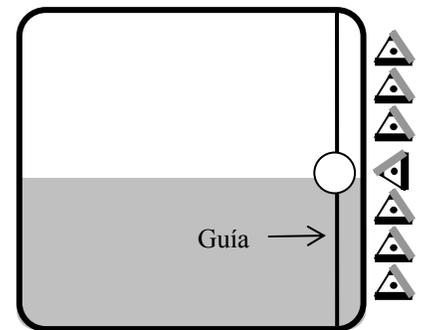
Flotador magnético con cinta

El primer tipo consta de un flotador anular que posee un imán en su interior y que se desliza alrededor de un tubo sellado instalado en forma vertical dentro del tanque. Dentro del tubo una pieza magnética sigue al flotador en su movimiento y mediante un cable o varilla arrastra el indicador del instrumento situado generalmente en la parte superior del tanque. El instrumento puede ser además transmisor neumático o electrónico.

Este método es recomendable para tanques cerrados en donde no se pueda correr el riesgo de fugas, como por ejemplo un tanque de gas licuado.



Flotador magnético y cinta



Flotador magnético con indicación por color

Flotador magnético con indicación por color

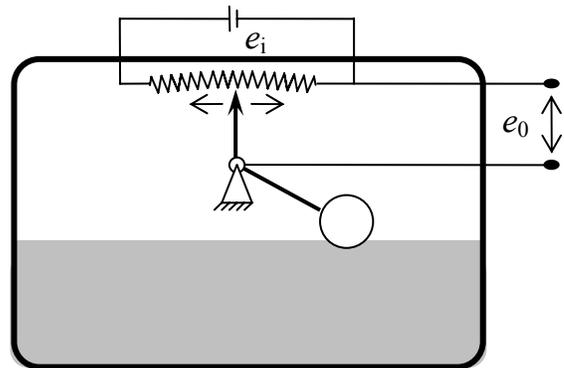
Esta es una variante de la conexión magnética en donde el flotador, que posee en su interior un imán, se desliza sobre una guía próxima a una pared del tanque. En este caso la indicación se realiza mediante la rotación de pequeños elementos magnetizables de color que el imán atrae al pasar cerca de ellos. Si cada una de las paredes del elemento son

de color distinto entonces el elemento que esta en una posición diferente de los otros, y por tanto muestra un color distinto indicará la posición del nivel.

La conexión eléctrica

Esta consta de un flotador conectada a un eje giratorio mediante un brazo, el cual hace girar el eje de un potenciómetro o desplaza la guía de un potenciómetro recto.

Este es básicamente un transductor eléctrico de resistencia variable. Por lo que es usado principalmente cuando se requiere hacer la medición a distancia. En aparatos de cierta sofisticación se puede sustituir el potenciómetro por algún instrumento electrónico.



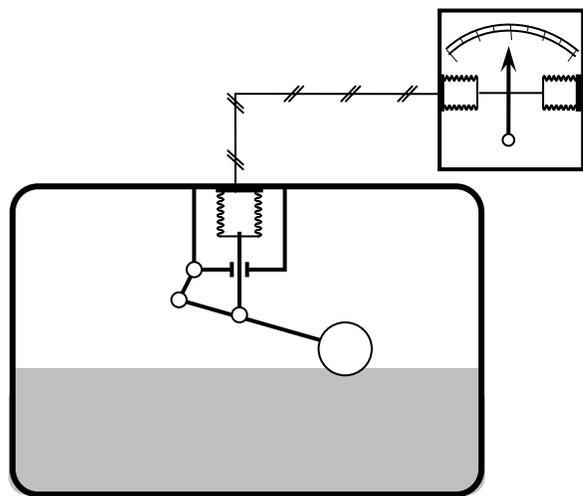
La conexión hidráulica o neumática

En este caso el flotador actúa sobre un fuelle de tal modo que varía la presión del circuito hidráulico o neumático y señala en el receptor el nivel correspondiente.

Esta también es usada generalmente para mediciones a distancia y permite distancias de transmisión de hasta 75 metros y puede emplearse en tanques cerrados. Sin embargo requiere una instalación y calibración complicada y posee partes móviles en el interior del tanque.

El flotador de estos instrumentos puede tener formas muy variadas y estar hechos de materiales muy diversos según el tipo de fluido a medir.

Estos tienen una precisión de $\pm 0.5\%$. Uno de los inconvenientes de este instrumento es que el flotador puede agarrotarse en el tubo guía, ya sea por depósitos de materiales o por dobladura.



Medidor de electrodos

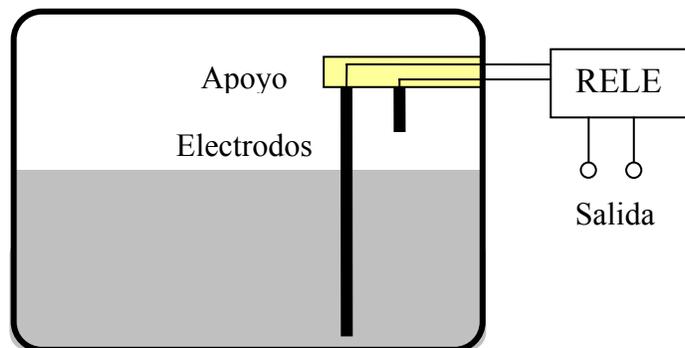
Consiste en uno o varios electrodos dentro de un tanque y un relé electrónico o eléctrico que es excitado cuando el líquido los moja.

Con este método se aprovecha la conductividad eléctrica del líquido para hacer el contacto eléctrico. Por lo tanto el líquido debe ser suficientemente conductor para que el relé sea capaz de detectar el paso de corriente. La impedancia mínima en este caso está en el orden de los $20\text{M}\Omega/\text{cm}$. Siendo la corriente que circula por el líquido del orden de los 2mA .

Se usa por lo general tensión alterna para evitar fenómenos de electrólisis que pueden desgastar los electrodos.

El instrumento se emplea generalmente como alarma o sensor para control alto y bajo y los electrodos se encuentran en puntos de máximo y mínimo nivel. Sin embargo se puede tener un número mayor de puntos de medición colocando un mayor número de electrodos, cada electrodo representará en este caso un punto de medición.

Las limitaciones de este instrumento son principalmente el requerir un gran número de electrodos para poder realizar una medición cercana a la continua. Y su dificultad de uso en líquidos no conductores, explosivos o que contienen sólidos que se depositan sobre los electrodos y tienden a aislarlos.



Medición indirecta de nivel

Medidor de nivel por fuerza de empuje

El representante común de este tipo de medidor es el medidor de tubo de torsión, el cual consiste en un flotador, vertical y largo, parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al tanque. Dentro del tubo y unido a su extremo libre se encuentra una varilla que transmite el movimiento de giro a un indicador en el exterior del tanque.

Este tubo de torsión se caracteriza porque el ángulo de rotación de su extremo libre es directamente proporcional al momento aplicado, o sea al empuje que ejerce el flotador que según el principio de Arquímedes el flotador sufre un empuje hacia arriba que viene dado por la expresión:

$$F = sH\gamma$$

El momento sobre la barra de torsión será entonces:

$$M = (sH\gamma - W)l$$

Donde:

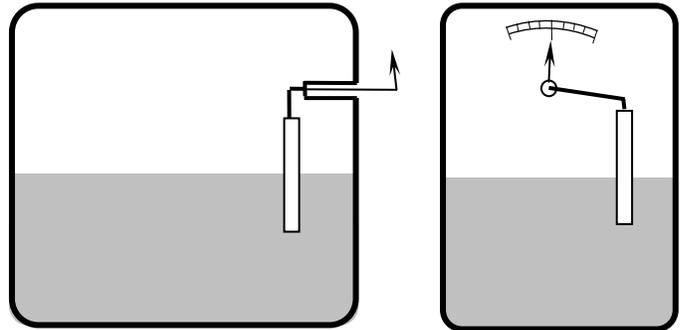
- F : fuerza de empuje del líquido
- s : sección transversal del flotador
- H : altura sumergida del flotador
- γ : peso específico del líquido
- l : longitud del brazo del flotador
- W : peso del flotador

Luego al aumentar el nivel del líquido este ejerce un empuje sobre el flotador igual al volumen de la parte sumergida multiplicada por el peso específico del líquido, tendiendo a neutralizar su peso propio.

El movimiento angular del extremo libre del tubo de torsión es muy pequeño, del orden de los 9°. Las dimensiones del flotador dependerán de la amplitud de la medida requerida. Sabiendo que su uso es apto para la medida de pequeñas diferencias de nivel hasta amplitudes de 200 mm.

Este sistema presenta además la ventaja de proporcionar un cierre estanco entre el tanque y el exterior. Por lo tanto se puede usar en tanques abiertos o cerrados, a presión o al vacío.

La precisión de este instrumento es del orden del 1%



Medición de nivel por presión hidrostática o presión diferencial

Este método se basa como su nombre lo indica en la medición de la presión hidrostática en el fondo del tanque o la presión diferencial entre dos puntos del tanque, la cual será directamente proporcional al nivel de líquido en el tanque según la expresión:

$$P = \gamma h \Leftrightarrow h = \frac{P}{\gamma} = \frac{P}{G\gamma_{H_2O}}$$

Donde:

- P : presión ejercida por la columna de líquido
- h : altura del nivel de líquido por encima del medidor de presión
- γ : peso específico del líquido
- G : gravedad específica de líquido
- γ_{H_2O} : peso específico del agua

Estos instrumentos se pueden usar tanto en tanques abiertos como en tanques cerrados, sin embargo su funcionamiento es diferente en ambos casos. Para tanques abiertos se usa la presión hidrostática manométrica y en tanques cerrados se usa una presión diferencial entre la parte inferior y superior del tanque.

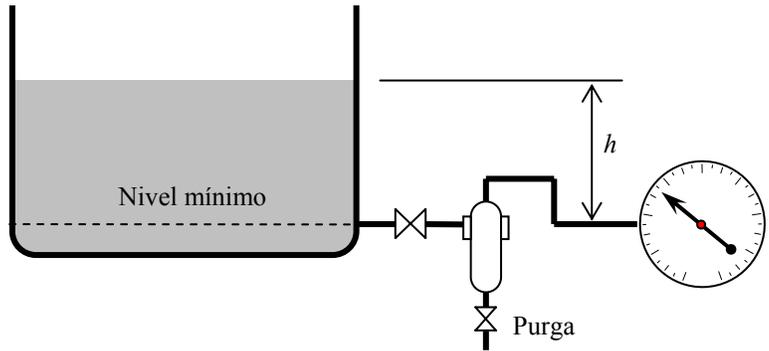
El rango de estos instrumentos varía entre 0 a 8 cm de agua hasta el rango máximo del manómetro utilizado para medir la presión.

Medición de nivel por presión hidrostática en tanques abiertos

En tanques abiertos se utiliza directamente la presión hidrostática manométrica medida en el fondo del tanque, la cual será directamente proporcional a la presión. Existen varios tipos de medidores de nivel para tanques abiertos a saber.

Medidor manométrico

Consiste en un manómetro conectado directamente a la parte inferior del tanque, la lectura del manómetro indicará directamente la altura entre el nivel del líquido y el eje del manómetro, por lo que este se puede calibrar en unidades de nivel. Para este instrumento se acostumbra instalar además una válvula de cierre, para poder desmontar el instrumento sin tener que vaciar el tanque. Y se suele añadir también un recipiente de decantación, con una válvula de purga, para evitar que las partículas en suspensión del líquido lleguen al manómetro y poder eliminar regularmente las que se acumulen en el recipiente.



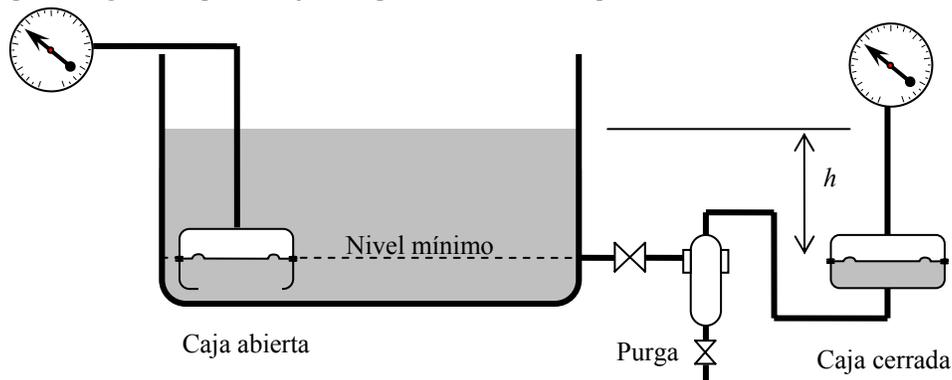
Como los niveles son valores limitados, debido a mayor altura el nivel requiere de una resistencia mucho mayor, entonces el campo de medida de los manómetros es bastante pequeño por lo cual se usan generalmente elementos sensores de tipo fuelle.

Este sistema solo sirve para fluidos relativamente limpios en tanques abiertos.

Medidor de membrana (caja de diafragma)

Este utiliza una membrana conectada con un tubo estanco lleno de aire a un instrumento medidor de presión.

En este caso la fuerza ejercida por la columna de líquido sobre el área de la membrana comprime el aire atrapado en el tubo con una presión igual a la presión ejercida por la columna de líquido.



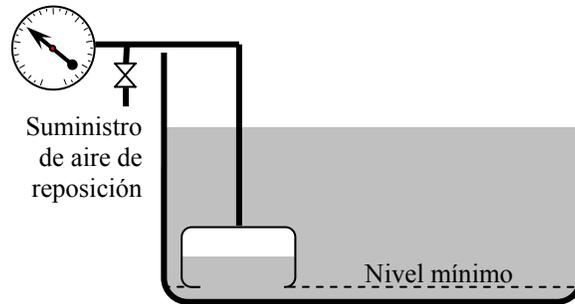
El volumen de aire interno suele ser bastante grande por lo cual el sistema está limitado a distancias no mayores de 15 m debido a la compresibilidad del aire.

El medidor tiene una exactitud de hasta 1% y puede trabajar hasta temperaturas de 60°C.

Este sistema es delicado ya que cualquier pequeña fuga de aire puede dañar la calibración e incluso inutilizar el sistema, por lo cual no es conveniente usarlo para líquidos corrosivos.

Sistema de trampa de aire

Este sistema es similar al de la caja diafragma abierta solo que no posee diafragma, quedando el aire del sistema de medición atrapado simplemente por el líquido. La principal limitación de este sistema es la posibilidad de pequeñas fugas del aire atrapado, por lo cual se requiere de aire de reposición y de una calibración periódica.



Medidor de tipo burbujeo

Este emplea un tubo sumergido en el líquido a cuyo través se hace burbujear aire mediante un regulador de caudal. La presión del aire en la tubería es equivalente a la presión hidrostática ejercida por la columna del líquido, es decir al nivel.

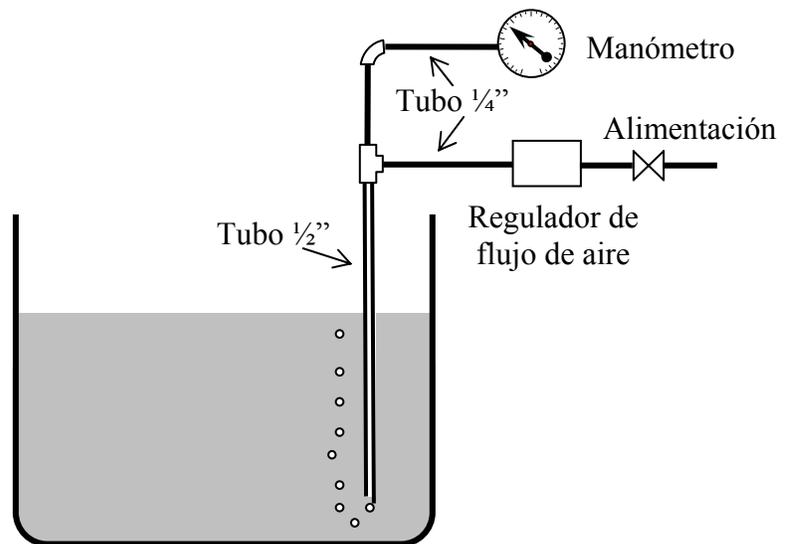
El regulador de caudal permite mantener el flujo constante a través de la tubería sin importar el nivel (caudal común 150NI/h).

La tubería de aire suele ser de $\frac{1}{2}$ pulgada con el extremo biselado para la fácil formación de burbujas.

El manómetro receptor puede colocarse hasta distancias de 300 m.

Se puede además usar otros tipos de gas además de aire, e incluso líquido como fluido de purga si en algún caso se requiere.

Este sistema es simple y da buenos resultados, en particular en el caso de líquidos muy corrosivos o con sólidos en suspensión y emulsiones. No se recomienda su uso cuando el fluido de purga puede perjudicar el líquido del proceso. Tampoco es conveniente para líquidos muy viscosos en donde se presentan dificultades para la formación de las burbujas.



Medición de nivel por presión hidrostática en tanques cerrados

La medición del nivel en tanques cerrados utilizando la presión hidrostática se puede hacer de dos formas:

- Medir la presión en la parte inferior del tanque y restarle la de la parte superior. Esto se puede hacer siempre que ésta última sea constante.
- Utilizar un medidor de presión diferencial que mide la diferencia entre la presión de la parte superior del tanque y la parte inferior.

La segunda forma es la más utilizada, y para ello se suelen usar por lo general dos tipos de medidor de presión diferencial.

Tanque cerrado con atmósfera no condensable

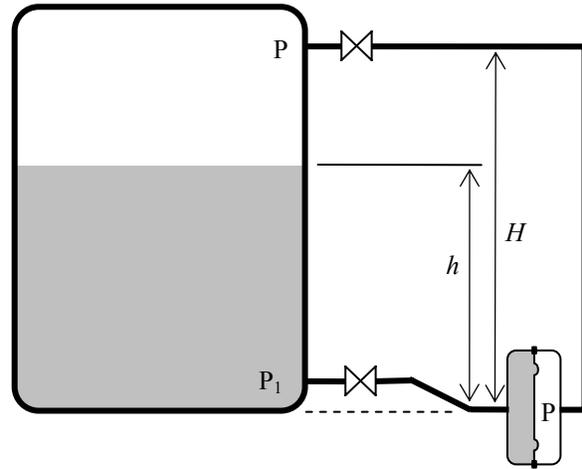
De diafragma, que por lo general forma parte de un transmisor neumático o electrónico.

El diafragma indica $P_1 - P$

Donde:

$$P_1 = P + \gamma h$$

$$h = \frac{P_1 - P}{\gamma}$$



De tubo en U, Que se usa cuando se quiere hacer la medición en sitio.

Si se usa un manómetro sin líquido sellador las expresiones son:

El equilibrio de presiones se obtiene para:

$$P + (h + h_0 + d)\gamma_L = (d + z)\gamma_m + P$$

En este caso el volumen desalojado por el líquido es:

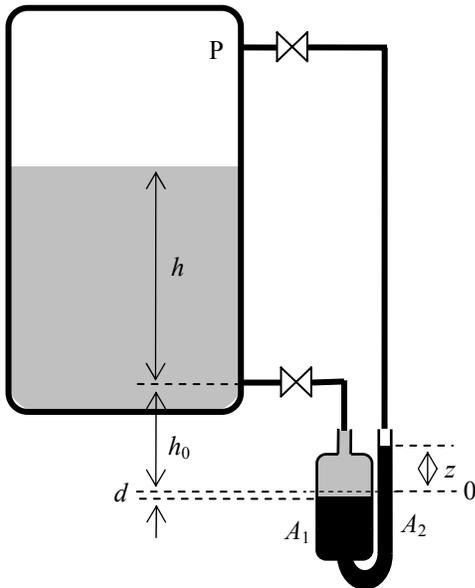
$$V = A_1 d = A_2 z \Rightarrow d = \frac{A_2}{A_1} z$$

Por lo tanto:

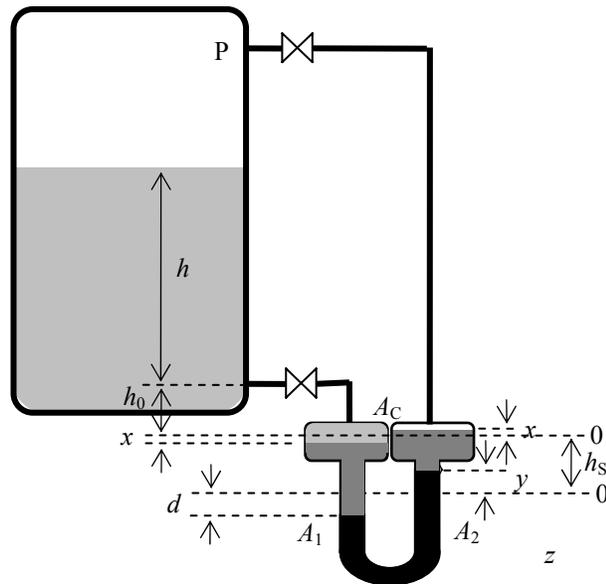
$$h = z \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_L} \left(1 + \frac{A_2}{A_1} \right) - \frac{A_2}{A_1} \right) - h_0$$

Si la sección del tubo del manómetro es igual por ambos lados:

$$h = z \left(2 \frac{\gamma_m}{\gamma_L} - 1 \right) - h_0$$



Sin líquido sellador



Con líquido sellador

Si en cambio se requiere del uso de un manómetro con líquido sellador las expresiones serán las siguientes.

El equilibrio de presiones se obtiene para:

$$(h + h_0 + x)\gamma_L + (h_s - x + d)\gamma_S = (d + y)\gamma_m + (h_s - y + x)\gamma_S$$

$$(h + h_0 + x)\gamma_L - (d + y)\gamma_m = (2x - y - d)\gamma_S$$

Donde:

γ_L : peso específico del líquido a medir

γ_S : peso específico del líquido sellador

γ_m : peso específico del líquido manométrico

El volumen desalojado será en este caso:

$$V = A_C x = A_1 d = A_2 y \Rightarrow d = \frac{A_2}{A_1} y; \quad x = \frac{A_2}{A_C} y$$

Se obtiene entonces la expresión para el nivel (h) en función de la altura mediada sobre el manómetro (y):

$$\left(h + h_0 + \frac{A_2}{A_C} y \right) \gamma_L - \left(\frac{A_2}{A_1} y + y \right) \gamma_m = \left(2 \frac{A_2}{A_C} y - y - \frac{A_2}{A_1} y \right) \gamma_S$$

$$h = \left(\left(2 \frac{A_2}{A_C} - 1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{\gamma_S}{\gamma_L} + \left(\frac{A_2}{A_1} + 1 \right) \frac{\gamma_m}{\gamma_L} - \frac{A_2}{A_C} \right) y - h_0$$

Si la sección del tubo del manómetro es igual por ambos lados ($A_1 = A_2 = A$):

$$h = \left(2 \left(\frac{A}{A_C} - 1 \right) \frac{\gamma_S}{\gamma_L} + 2 \frac{\gamma_m}{\gamma_L} - \frac{A}{A_C} \right) y - h_0$$

Si además la sección del tubo en la zona del líquido sellador es la misma ($A_C = A$):

$$h = \left(2 \frac{\gamma_m}{\gamma_L} - 1 \right) y - h_0$$

Tanque cerrado con atmósfera condensable

En el caso de tanques cerrados con atmósfera condensable, como por ejemplo en una caldera, se presenta la particularidad que el vapor que se encuentra en la parte superior del tanque se condensará al enfriarse en la tubería de conexión al manómetro de medición de presión.

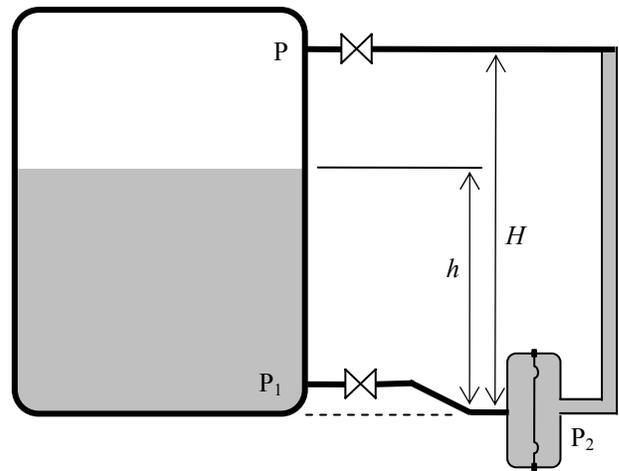
Por lo tanto en este caso la presión medida en el manómetro del lado de la toma de la parte superior del tanque (P_2) será mayor que la presión medida por el manómetro del lado de la toma de la parte inferior del tanque (P_1).

Vemos que en este caso la expresión para la diferencia de presión viene dada por:

$$P_1 - P_2 = (P + \gamma_L h) - (P + \gamma_L H)$$

$$h = H - (P_2 - P_1) \frac{1}{\gamma_L}$$

Esto indica entonces que entre mayor sea la presión diferencial ($P_2 - P_1$) menor será el nivel. En la práctica común se suele invertir las conexiones del medidor de presión para tomar en cuenta esta particularidad.

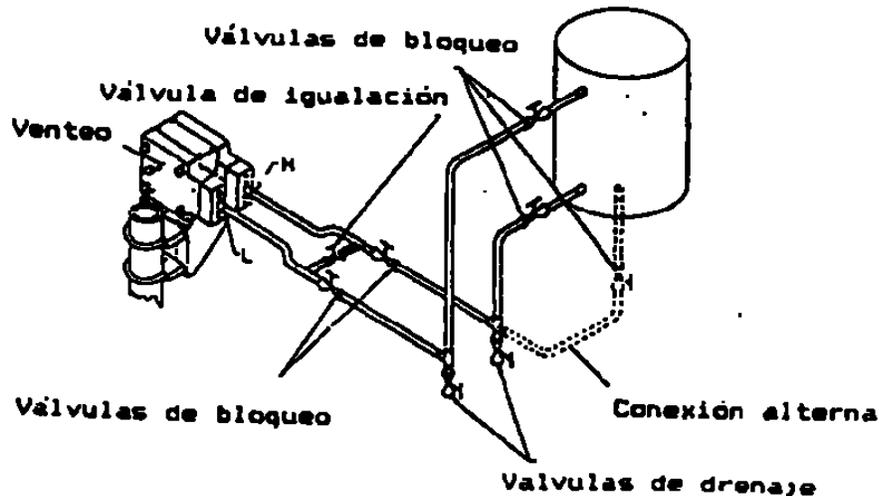


Arreglos de tuberías

Para la medida de nivel de líquidos en tanques cerrados se pueden hacer una serie de arreglos de tuberías, según el proceso al que se le realiza la medición:

Tanque cerrado con atmósfera no condensable

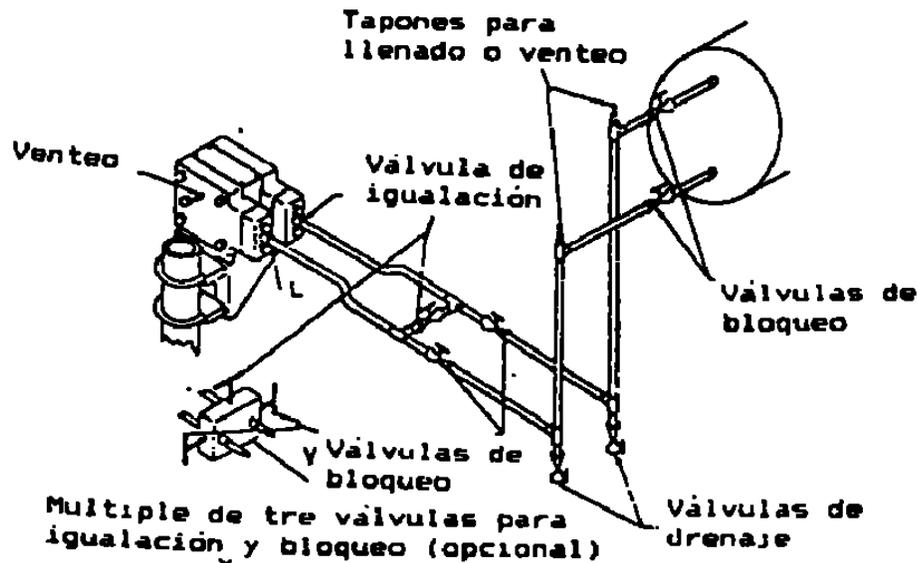
Esta muestra la conexión típica de de las conexiones para tanques cerrados con atmósfera no condensable.



Es de notar aquí la presencia de válvulas de bloqueo y de igualación, las cuales permiten realizar una calibración del instrumento de medición de presión sin requerir el vaciado del tanque ni la desconexión del instrumento del proceso. Si el tanque es abierto se requerirá solo la línea de conexión de alta presión.

Tanque cerrado con atmósfera condensable

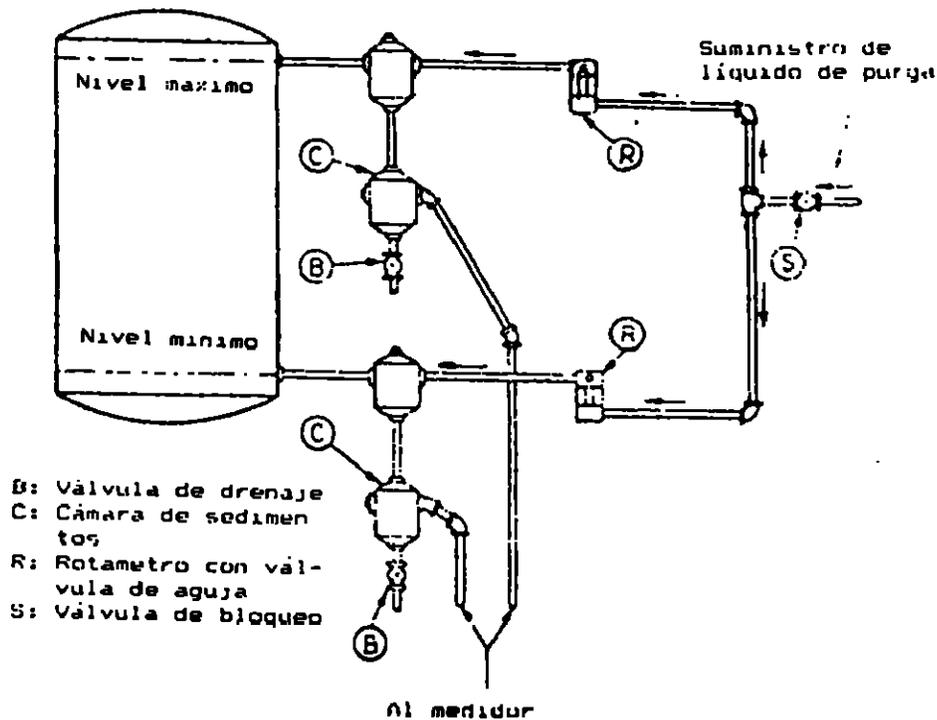
Esta muestra la conexión típica de de las conexiones para tanques cerrados con atmósfera condensable.



Obsérvese aquí que la conexión es idéntica al caso de atmósfera no condensable pero con la particularidad que se han invertido las conexiones de alta (H) y baja presión (L).

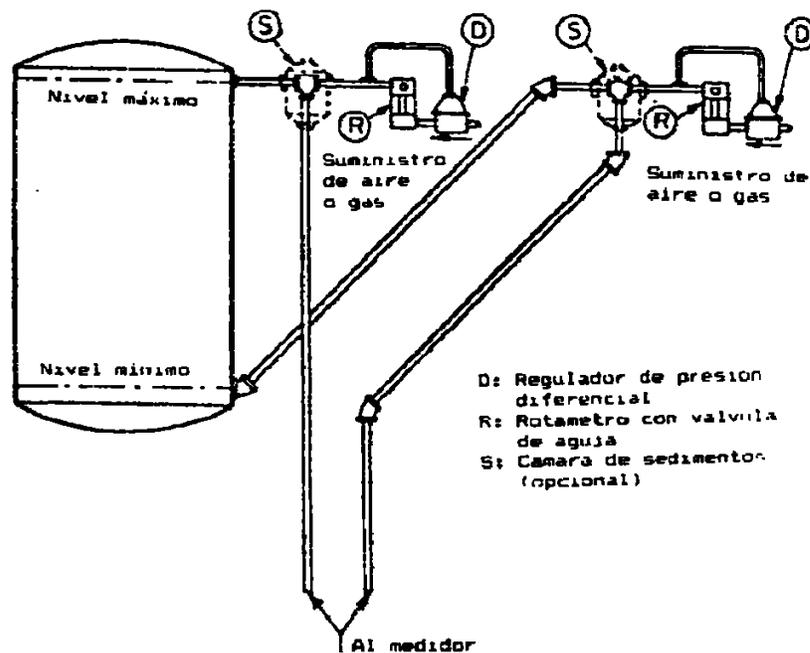
Sistema de purga por líquido

Este es un sistema que se utiliza para la medición de nivel de líquidos corrosivos, cuando se tienen sólidos en suspensión o en el caso de líquidos que se pueden solidificar o precipitar al enfriarse en la tubería.



Se emplea en este arreglo un líquido apropiado el cual se hace fluir hacia el tanque a través de las tomas de presión. Se regula el flujo de este líquido al valor más bajo posible, de esta manera la presión medida será solo ligeramente superior al valor real. Si este flujo es igual hacia ambos lados entonces la medida de la diferencia de presión, y por tanto el nivel, no presenta error por el efecto del flujo de entrada.

Sistema de purga por aire o gas

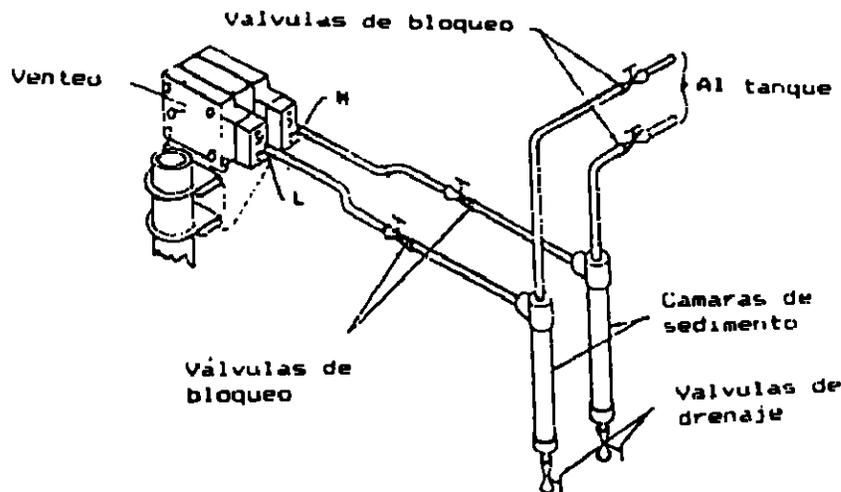


En esencia es el mismo sistema de la purga por líquido pero se usa aire o algún gas en lugar del líquido. Se usa en las mismas aplicaciones que el caso de purga por líquido.

La diferencia principal entre los dos tipos de purga es que en el sistema por líquido se tiende a añadir un volumen de líquido, y por muy pequeño que este sea, se tiende a aumentar el nivel en el tanque, en cambio en el sistema de gas se tiende a aumentar la presión interior del tanque.

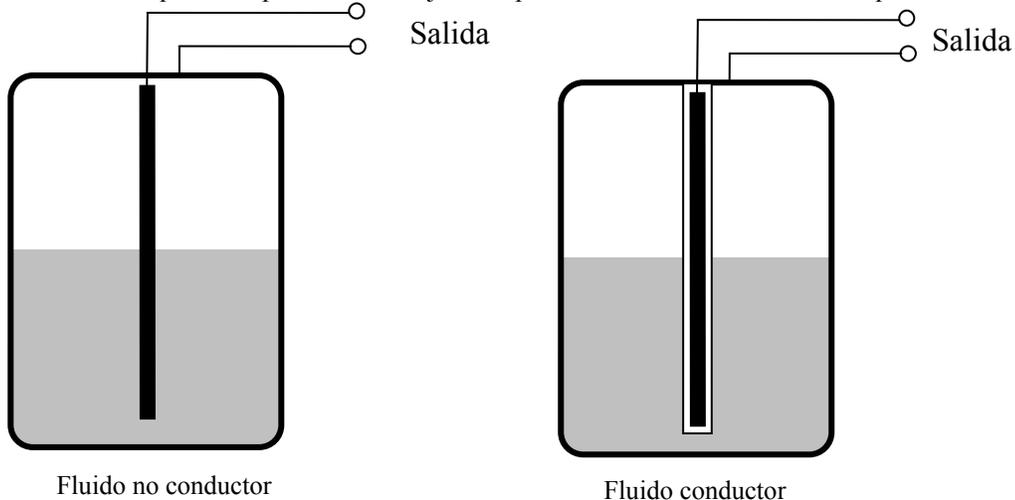
Trampas de sedimentos

Estas también se conocen como cámaras de asiento. Permiten drenar condensación o humedad en la tubería, lo cual es recomendable hacer a intervalos regulares en los procesos donde se presenta este fenómeno., ya que de lo contrario se originarían errores en la medición.



Medición de nivel por capacitivo

Este funciona midiendo la capacidad de un condensador (capacitor) formado por un electrodo sumergido en el medio del tanque y las paredes del tanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido.



En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal, y la capacidad será función de la capacitancia del dieléctrico formado por el gas más el líquido más el de las conexiones.

Si el líquido es conductor con una conductividad mínima de $100 \mu\Omega/\text{cc}$ el electrodo se aísla, usualmente con teflón, y se debe añadir entonces la capacitancia del dieléctrico formado por el aislante.

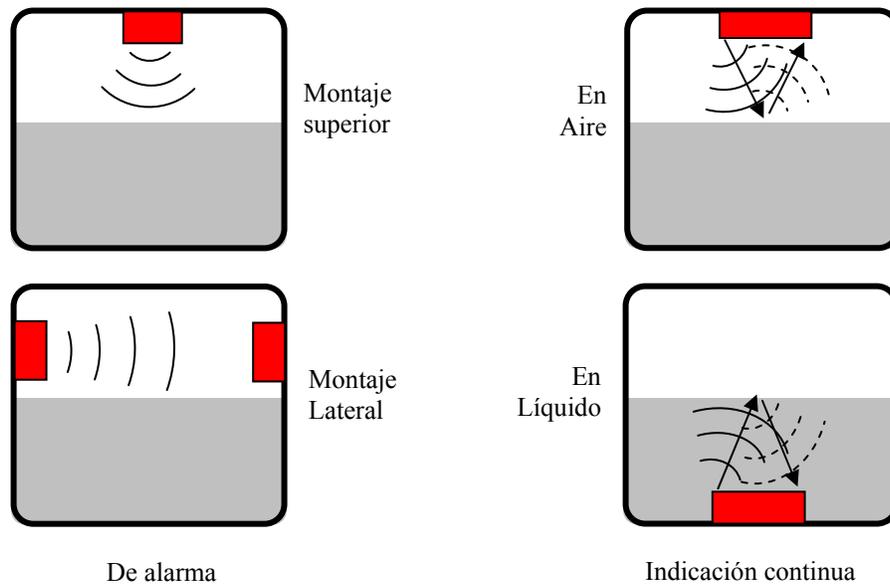
La precisión de este instrumento esta en el orden del 1%. Su campo de medida es prácticamente ilimitado y pueden emplearse en la medida de interfases de líquidos, con la única condición de que posean diferentes capacitancias eléctricas.

Los principales inconvenientes son que temperatura puede afectar las constantes dieléctricas, y la posibilidad que se depositen elementos sólidos sobre el electrodo que falseen la medida.

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| El elemento sensor puede ser muy simple y sin partes móviles | Se puede originar un error por cambio de la constante dieléctrica del fluido con la temperatura |
| El elemento sensor es fácil de limpiar | Los líquidos conductores viscosos , que cubren el elemento sensor pueden causar lecturas erróneas o completamente falsas |
| La capacitancia para presión, nivel y temperatura es fácil de determinar | Las burbujas de aire o espuma en el líquido o espuma en la superficie libre producen lecturas erróneas |
| | No se puede medir nivel de interfases en líquidos conductores. |

Medición de nivel por ultrasonido

Este método se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante, la superficie libre, y la recepción del eco del mismo en el receptor. En este caso el retardo en la lectura o captación del eco depende del nivel del tanque.



Estos se pueden usar como alarma, en este caso los sensores vibran con una cierta frecuencia y se amortiguan (disminuye la frecuencia) cuando el líquido los toca. En este caso el montaje puede ser lateral o superior.

Se pueden usar también como indicación continua, en este caso la fuente de ultrasonido genera impulsos que son detectados por el receptor una vez transcurrido el tiempo de ida y vuelta de la onda a la superficie del sólido o líquido. Como la reflexión de la onda se realiza en la superficie libre, el montaje podrá ser entonces en el aire o en el líquido.

Sirven para todo tipo de líquidos, pero son sensibles a la densidad del fluido en el cual es transportada la onda, ya que la velocidad de propagación de la onda varía según la densidad del medio de transporte de ésta, por lo tanto el método no es conveniente para procesos en donde cambian continuamente las condiciones ambientales. También se presentan problemas de reflexión cuando en la superficie del líquido se forman espumas, existen sólidos en suspensión o la superficie no es suficientemente nítida debido a turbulencias por ejemplo.

Trabajan generalmente con una frecuencia de 20 KHz.

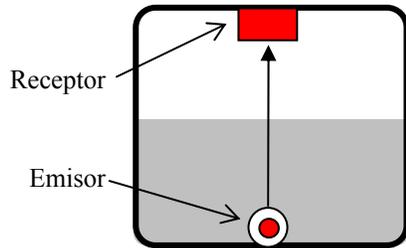
La precisión de estos instrumentos está en el orden del 1 al 3%.

Medición de nivel por radiación nuclear

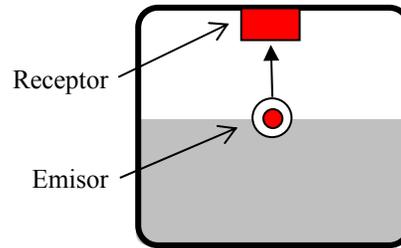
Este método consiste en el uso de una fuente de radiación (emisor de rayos gamma) y un detector de radiación, dependiendo del sitio en donde se coloquen ambos la radiación captada por el detector será proporcional al nivel del tanque.

Existen dos principios que pueden ser útiles para éste propósito:

- La intensidad de la radiación recibida varía en proporción inversa al espesor (masa) de cualquier material interpuesto entre la fuente y el detector. En este caso se puede usar el líquido como una barrera de espesor variable entre la fuente y el detector.
- La intensidad varía en proporción inversa al cuadrado de la distancia entre la fuente y el detector. En este caso el emisor o el receptor se pueden colocar en un flotador que se desplaza sobre la superficie libre del líquido.



Por variación de masa interpuesta



Por variación de distancia

El emisor de radiación puede ser por ejemplo una pequeña aguja de platino-iridio que contenga una pequeña cantidad de sales de radio. Esta es usada principalmente cuando la fuente está montada sobre un flotador. Otro tipo de fuente puede ser cobalto 60 de 5.5 años, el cesio 137 de 33 años y el radio 1620 de 1620 años.

Los receptores son por lo general de dos tipos:

Contador Geiger

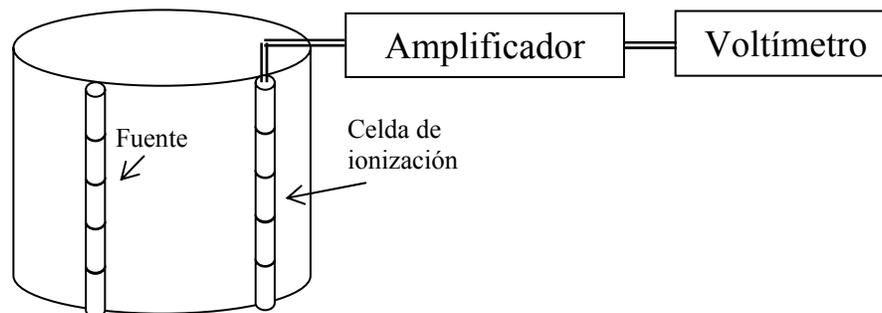
Es simplemente un contador de radiación el cual emite pulsos eléctricos en proporción a la cantidad de radiación recibida, estos pulsos son integrados y rectificadas para producir una corriente directa que se puede expresar en términos de nivel.

Este detector puede usarse en cualquiera de los dos principios antes mencionados.

Celda de ionización de gas

Esta es una celda que convierte la energía de radiación gamma en una señal eléctrica. Esta posee dos electrodos separados por un gas, el cual cuando es expuesto a radiación se ioniza originando iones positivos que son atraídos por el electrodo negativo, generando así una corriente eléctrica que será proporcional al nivel. Posteriormente esta corriente debe amplificarse para poder realizar la lectura con más facilidad.

En este caso se usa generalmente el principio de variación de la masa interpuesta pero se suele hacer un montaje lateral al tanque.



Por lo tanto en este montaje la cantidad de radiación que llega a la celda será función inversa al nivel interpuesto entre fuente y detector.

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| La radiación atraviesa diversos materiales por lo cual el sistema puede colocarse al exterior del tanque | Se trabaja con elementos radioactivos peligrosos lo cual requiere licencia |
| Se puede usar en líquidos corrosivos y a alta presión y temperatura | Se debe hacer sumo cuidado en el transporte y la instalación del instrumento |
| Provee exactitud en la medición | Es muy costoso |
| Alta velocidad de respuesta | |
| Larga vida | |

Medición de nivel de sólidos (granulados o en polvo)

Se usan en la industria para medir el nivel en los tanques o silos destinados a contener materia prima o productos finales, y pueden realizar la medición en puntos fijos o en forma continua.

Medición en puntos fijos

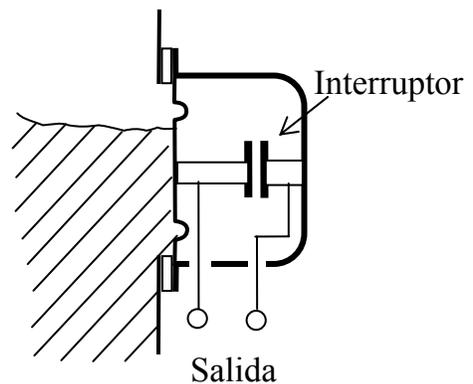
Los detectores de nivel de puntos fijos proporcionan una medida en uno o varios puntos fijos determinados en el montaje del instrumento. Estos detectan cuando el nivel llega a un punto para dar una señal de alarma o controlar la entrada o salida del producto.

Tipos:

Detector de diafragma

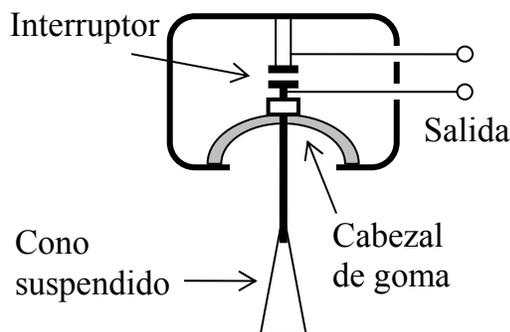
Consiste en una membrana flexible que puede entrar en contacto con el producto dentro del tanque y que contiene en su interior un conjunto de palancas con contrapesos que se apoya sobre un interruptor.

El material del diafragma puede ser de goma, tela, neopreno o fibra de vidrio. Tiene la desventaja de no poder admitir materiales granulados superiores a 80 mm de diámetro y su precisión es de ± 50 mm.



Detector de cono suspendido

Este consiste en un interruptor montado dentro de una caja estanca al



polvo con un cabezal de goma en la que se suspende una varilla que termina en cono.

Cuando el nivel del producto alcanza el cono el interruptor se cierra al descargarse el peso de este del cabezal de goma, que posee la flexibilidad suficiente para esto.

Este instrumento puede actuar como alarma o control de nivel, y su aplicación típica es en carbón, granos y caliza.

Se debe tener la precaución de proteger mecánicamente el instrumento para materiales pesados, ya que en su caída de la boca de descarga lo podría dañar, también debe protegerse cuando se usa en niveles bajos o intermedios.

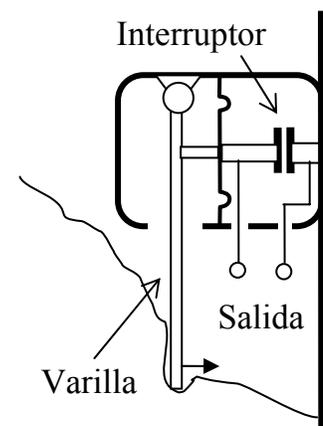
Su precisión es del orden

de los 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 muy ligeramente en la varilla, el interruptor se cierra y actúa sobre una alarma.

El instrumento funciona como alarma de nivel alto, para lo cual está colocado en la parte superior del tanque. Para impedir que la simple caída de sólidos produzca una alarma infundada, incorpora un relé de retardo.



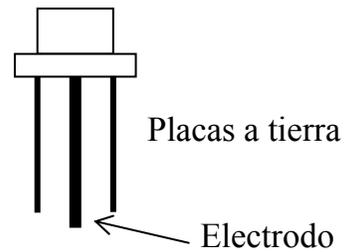
Tiene una precisión de ± 25 mm. Este se utiliza en materiales como carbón y puede trabajar a temperaturas hasta de 300°C

Medidor conductivo

Consiste en un electrodo dispuesto en el interior de unas placas y con el circuito eléctrico abierto. Cuando los sólidos alcanzan el aparato se cierra el circuito y se acciona el relé de alarma.

Este instrumento se limita al uso en sólidos con una conductividad eléctrica apreciable superior a $1 \times 10^{-7} \text{ m}\Omega$, como por ejemplo el carbón.

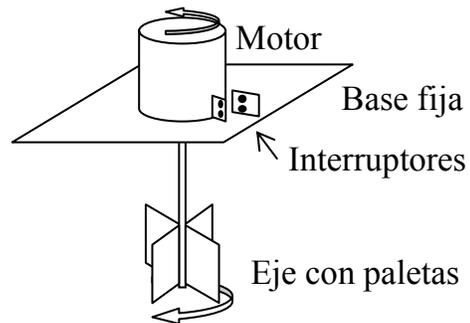
Funciona hasta temperaturas de 300°C .



Detector de paletas rotativas

Consiste en un eje vertical dotado de paletas, que gira continuamente a baja velocidad accionado por un motor sincrónico. Cuando el producto sólido llega a las paletas, este las inmoviliza con lo que el soporte del motor y la caja de engranes gira en sentido contrario. En su giro el soporte del motor actúa sobre dos interruptores, uno de alarma y otro que apaga el motor. El eje puede ser rígido o flexible según el uso, y estos pueden usarse en todo tipo de tanques abiertos para materiales granulares o carbón.

Su precisión es de ± 25 mm.

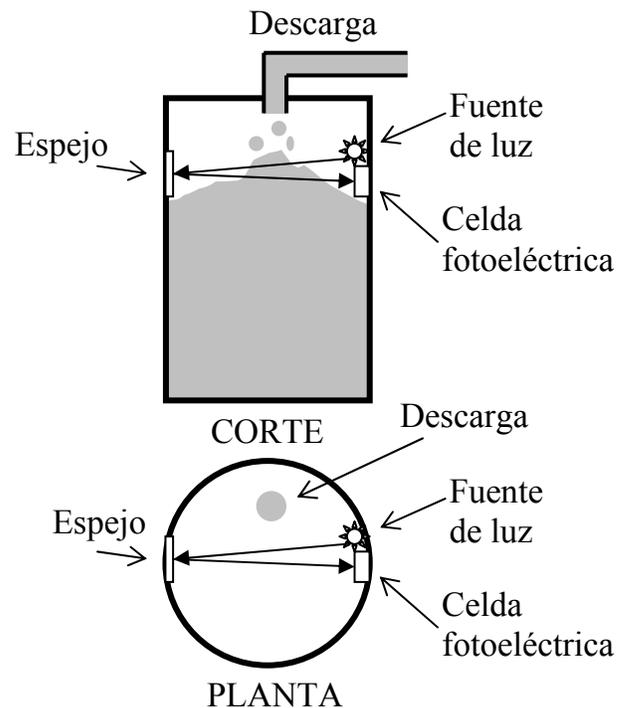


Detector de celda fotoeléctrica

Es el mismo sistema que el usado para la seguridad en ascensores por ejemplo.

Consiste simplemente en un haz de luz que es enviado en forma rectilínea aun detector de luz, si el haz es cortado por cualquier elemento opaco el detector lo percibe y hace una indicación de alarma o corta el circuito de entrada del producto. En algunas configuraciones se puede colocar el generador de luz y el receptor en el mismo lugar y se coloca un reflector en el lado opuesto del tanque, para reflejar el haz de luz. Esta última configuración suele ser más utilizada en la actualidad ya que existen elementos compactos que incluyen el generador de luz y el detector en un mismo elemento.

En el montaje de este instrumento se debe tener cuidado que el punto de descarga del producto esté desfasado del haz de luz de lo contrario este actuara como si estuviese lleno cuando se estén descargando elementos.



Detector de ultrasonido

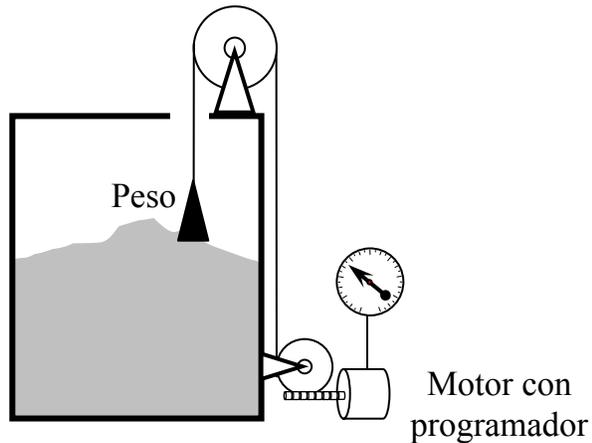
Su funcionamiento y configuración es idéntica al utilizado para líquidos.

Detectores de nivel continuos

Estos son los que son capaces de realizar una medida continua del nivel del sólido, y no solo la medida en algunos puntos determinados.

Medidor de peso móvil

Consiste en un pequeño peso móvil sostenido por un cable desde la parte superior del silo mediante poleas. Un motor y un programador situados en el exterior establecen un ciclo de trabajo del peso.



Éste baja suavemente en el interior del silo hasta chocar con el lecho de sólido, en este instante la cuerda se afloja, y un detector adecuado invierte el sentido del movimiento y asciende hasta la parte superior del silo, el punto donde cambia el sentido indica el nivel.

Medidor de nivel de báscula

Este instrumento mide el nivel indirectamente a través del peso del conjunto tolva más producto. Como el peso de la tolva es conocido es fácil determinar el peso del producto y por lo tanto el nivel.

En este caso la tolva se apoya sobre una plataforma de carga actuando sobre la palanca de la báscula o bien carga sobre elementos de medida neumáticos, hidráulicos o eléctricos.

El sistema es relativamente caro, en particular para tolvas de gran tamaño, y su sensibilidad depende del sensor de peso utilizado, variando entre 0.5 % a 1 %.

Este tiene además la desventaja de tener que ser calibrado para un producto específico.

Medidor capacitivo, ultrasonido y de radiación

Su estructura y funcionamiento es idéntica a la de los medidores de líquidos del mismo tipo