



ESPECIFICACIÓN GENERAL DE INSTRUMENTACIÓN
PXXXX ET 007

Rev.	Fecha	Descripción	Preparado	Revisado

1. OBJETO.....	4
2. GENERALIDADES.....	4
2.2. Calefacción y refrigeración.	5
2.3. Identificación.	5
2.4. Suministro de fábrica.....	6
2.5. Marcas de instrumentación preferentes.	6
3. TRANSMISORES DE MEDIDA (SEÑALES ANALÓGICAS).	7
3.1. Grado de protección.	7
4. EMISORES BINARIOS (SEÑALES DIGITALES).	7
4.1. Grado de protección.	8
5. MEDIDAS DE TEMPERATURA.....	8
5.1. Conexión a proceso.....	8
5.2. Vainas de temperatura.	8
5.3. Termómetros locales.	9
5.4. Termostatos.....	9
5.5. Cabezales de conexión de transmisores de temperatura.....	10
5.6. Medición de temperaturas inferiores a 300°C, con termorresistencias.....	10
5.7. Medición de temperaturas de 300°C a 1.000°C, con termoelementos.....	10
5.8. Medición de temperaturas superiores a 1.000°C, con termoelementos.	10
6. MEDIDAS DE PRESIÓN.	10
6.1. Conexión a proceso.....	10
6.2. Manómetros.....	11
6.3. Presostatos/Vacuómetros.....	11
6.4. Transmisores de presión.	11
7. MEDIDAS DE NIVEL.....	12
7.1. Conexión a proceso.....	12
7.2. Indicadores locales.	12
7.3. Medida en continuo	13
7.3.1. Medidas en recipientes con líquidos presurizados.....	13
7.3.2. Medida en recipientes con líquidos no presurizados.....	13
7.3.3. Medida en recipientes que no contengan líquidos.....	13
7.4. Nivostatos.....	13
7.4.1. Nivostatos para recipientes de líquidos presurizados.....	13
7.4.2. Nivostatos para recipientes abiertos que contengan líquidos.....	13
7.4.3. Nivostatos para recipientes de líquidos abiertos que contengan sólidos,	

materiales pulverulentos o líquidos pastosos.....	14
8. INSTRUMENTOS DE CAUDAL.....	14
8.1. Instrumentos de presión diferencial.	14
8.1.1. Elementos primarios.....	14
8.1.2. Transmisores de caudal.	19
Medidores de área variable (rotámetros).....	19
8.2. Medidores de turbina.....	21
8.3. Medidores ultrasónicos.	21
8.4. Medidores electromagnéticos.....	23
9. MEDICIONES DE ANÁLISIS.	27
9.1. Conexión a proceso.....	27
9.2. Medición del valor pH y redox.....	27
9.3. Medición de conductividad.	27
9.4. Medición de oxígeno.	27
9.5. Medición de humedad relativa.....	27
10. VÁLVULAS DE CONTROL Y REGULACIÓN PARA VAPOR Y LÍQUIDOS.	28
10.1. Conexión a proceso.	28
10.2. Aspectos generales.....	28
10.3. Normativa y reglamentos.....	29
10.4. Materiales.	30
10.5. Dimensionamiento.....	30
10.6. Posicionadores electroneumáticos.	30
10.7. Actuadores.....	30
10.7.1. Actuadores neumáticos.	31
10.7.2. Actuadores eléctricos.....	31
11. ELECTROVÁLVULAS.	34
12. DOCUMENTACIÓN.	34

1. OBJETO.

Esta Especificación Técnica General define las características generales y condiciones de utilización que deberán cumplir los instrumentos de campo.

El suministrador será plenamente responsable de la selección del principio de medida, así como del dimensionado y de la correcta selección del instrumento de medida.

2. GENERALIDADES

2.1. Criterios generales de diseño.

- En los puntos de medida en los que se instalen transmisores de señal analógica se instalarán también indicadores locales para visualización local de la variable medida. En su defecto se dejará preparado un niple o termopozo para realizar una medida de comprobación con aparatos portátiles.
- En la obtención de aquellos valores límite sobre las diferentes variables de proceso, cuyo objeto sea la generación de señales binarias para realizar funciones de protección y/o seguridad, se seguirán los siguientes criterios:

2.1.1. Cuando un valor límite deba producir el disparo de un equipo principal de proceso por razones de protección y/o seguridad, éste irá siempre acompañado de una alarma con señalización óptica y acústica en sala de control además de su indicación en las pantallas de control, y deberá ir siempre precedido de una prealarma que permita detectar la evolución de la variable medida hacia el valor límite de disparo, antes de que éste llegue a producirse.

2.1.2. Se usará un sistema redundante por contacto digital del instrumento y supervisión por señal analógica que permita una programación en el PLC para activar o no el disparo por valor HH/LL de la variable analógica.

2.1.3. Las señales binarias empleadas para generar las prealarmas se obtendrán preferentemente por medio de transmisores binarios de medida directa.

Sin embargo, se podrán utilizar emisores binarios sobre las señales analógicas cuando sea aconsejable por razones de simplicidad y economía, siempre que se mantengan idénticas condiciones de fiabilidad.

2.1.4. Las conexiones de proceso de aquellos transmisores binarios que actúen como elementos de protección y estén todos ellos monitorizando la evolución de una variable en un mismo punto de medida, se situarán tan próximas como sea posible.

2.1.5. Se deberá instalar siempre el correspondiente instrumento para la indicación local de la medida junto a cualquier transmisor binario de protección.

2.1.6. Cuando una misma señal de valor límite se utilice para proteger varios equipos redundantes entre sí (p.e. el disparo de las bombas de agua de caldera por muy bajo nivel en el tanque de agua de alimentación) se aconsejará redundar la instrumentación.

2.1.7. Para garantizar la seguridad y la disponibilidad de los equipos principales de la Planta, en la obtención de aquellos valores límite de protección que se consideren críticos se deberán utilizar sistemas de redundancia, tales como:

- Transmisores binarios independientes y redundados, para generar cada uno una señal de disparo redundante correspondiente a un mismo valor límite de la variable de proceso.
- Transmisores binarios independientes para generar cada uno una señal de disparo, correspondiendo ambas señales a valores límites distintos de la variable de proceso.
- Transmisores binarios independientes empleando la técnica del 2 de 3.

- Si se requieren dos puntos límite de la misma variable se deberá usar un instrumento con doble contacto.

Se exceptúan de lo anterior los termostatos para el control local de traceados eléctricos, en los que estará permitido su uso para realizar la conexión/desconexión de las resistencias de traceado.

- Cuando un mismo valor límite se precise para realizar varias funciones (ej. señalización y enclavamiento) no se podrán utilizar instrumentos con contactos dobles, pudiéndose multiplicar el valor límite por software, cuando dicho valor límite no se utilice para funciones de protección.
- En enclavamientos de seguridad de personal o equipos, se utilizarán relés multiplicadores del contacto del valor límite alimentados con tensión segura, que actuarán directamente sobre el proceso. En este caso se preverá también la actuación redundante, tanto por hardware y software, sobre el proceso.
- En todos los elementos que produzcan un disparo de seguridad de personal o equipos, y que estén previstos con rearme, éste deberá ser del tipo manual.
- Los instrumentos en contacto con fluidos corrosivos deberán aislarse de los mismos mediante membranas u otros elementos que impidan el contacto directo.

2.2. Calefacción y refrigeración.

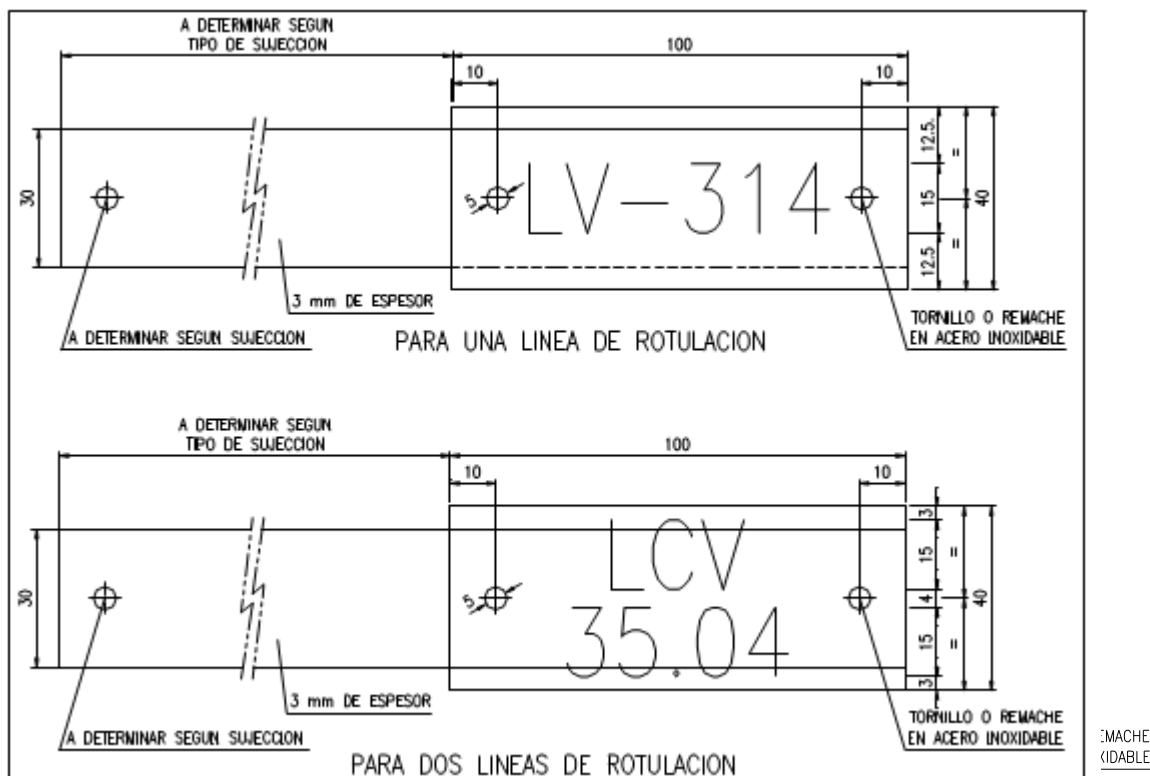
Si las condiciones ambientales del lugar de emplazamiento lo exigen, los equipos que estén afectados deberán estar provistos de calefacción o refrigeración, según el caso.

2.3. Identificación.

Los instrumentos estarán provistos de fábrica con una placa donde se indicarán sus características. En esta placa se grabará el tag de identificación en KKS y en caso de que esto no sea posible, se sujetará al instrumento una placa metálica donde estará grabado el tag de identificación en planta. El instrumento al llegar a la planta estará debidamente identificado.

Los instrumentos dispondrán de una segunda placa de identificación a instalar sobre ellos o junto a ellos en la zona de montaje, marcada con el tag de acuerdo con los planos o esquemas, con las siguientes características:

- La placa será de material plástico laminado, con fondo negro y caracteres grabados de color blanco. Se fijará a un soporte metálico mediante tornillos o remaches de acero inoxidable y se colocará en lugar fácilmente visible.
- Las dimensiones de la placa serán de 100 x 40 mm, la altura de los caracteres de 15 mm y el soporte metálico de 30 mm de ancho y 3 mm de espesor, siendo su longitud la necesaria para su correcta fijación sobre la válvula, instrumento o accesorio al que se refiera.



2.4. Suministro de fábrica.

Todos los instrumentos de medida suministrados dispondrán de un certificado de calibración respecto a un patrón con certificado de trazabilidad ENAC o equivalente.

Todos los instrumentos en los que su ajuste pueda realizarse en fábrica se enviarán a la planta precalibrados y/o configurados.

Todos los instrumentos estarán provistos de los correspondientes cierres de estanqueidad.

De acuerdo con el apartado de identificación, todos deberán llevar una identificación de acuerdo con el tag asignado en el proyecto.

2.5. Marcas de instrumentación preferentes.

Con objeto de estandarizar la instrumentación:

- Los transmisores de presión serán preferentemente ENDRESS+HAUSER con protocolo HART.
- Los transmisores de caudal serán preferentemente KROHNE con protocolo HART.
- Los interruptores de nivel serán preferentemente VEGA.
- Los convertidores de temperatura serán preferentemente PRElectronics con protocolo HART.

3. TRANSMISORES DE MEDIDA (SEÑALES ANALÓGICAS).

Utilizarán la técnica de dos conductores (convertidores activos) con las siguientes características:

- Señal de salida 4 - 20 mA independientemente de la carga, lineal y proporcional a la magnitud de la variable medida. En caso de fallo del transmisor la señal de salida deberá quedar por debajo o por encima de los valores indicados.
- Tensión de alimentación 24 Vcc.
- Aislada galvánicamente.
- Límite de funcionamiento entre 20 y 30 Vcc, ondulación admisible $V < 20\%$ de 24 V.
 - Todos los transmisores deberán disponer de protocolo HART.
 - Límite de fallos menor que $\pm 0,5\%$.
 - Temperatura ambiente $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - Precisión mínima del 1 % en condiciones de trabajo.

La linealización de la medida deberá realizarse en el propio transmisor.

Los errores de transmisión serán igual o menores del 0,5 % del rango total y el error de linealidad igual o menor al 0,2 % del rango total.

El ajuste del valor cero y del rango de medida deberán ser posibles en el equipo sin dificultad a través de un polímetro en modo amperímetro en la salida del transmisor. Las bornas de conexión deben permitir esta operación. La señal de salida debe ser verificable, sin interrupción, con el transmisor en servicio.

Deberán ser capaces de alimentar una carga máxima de 750 ohms a 24 V.

3.1. Grado de protección.

El grado de protección de las envolventes o cabezales de los transmisores de medida será: IP-65

Si pueden estar sumergidos ocasionalmente o continuamente: IP-68

Para áreas afectadas por atmósferas potencialmente explosivas, se utilizará material según la norma UNE EN 60079.

4. EMISORES BINARIOS (SEÑALES DIGITALES).

Todos los emisores binarios se equiparán con micro-contactos sin rebote, de tipo SPDT, de las siguientes características mínimas:

- Contactos de plata con chapado de oro.
 - Poder de corte de los contactos (carga resistiva): 5 A a 231/400 Vca. - 0,5 A a 125 Vcc.
- Dispondrán de unas tomas de tierra externa e interna.

Para definir el estado del contacto se utilizará el criterio de fallo seguro, esto es, el contacto estará normalmente cerrado y la actuación del instrumento provocará su apertura.

Los sensores de final de carrera serán del tipo interruptores de proximidad (sin contacto físico), provistos de unidad detectora y transmisor de señal incorporado. Los transmisores de señal estarán equipados con protección contra cambio de polaridad.

Los elementos binarios tendrán localmente indicación visual (indicación luminosa o mecánica) del estado de los contactos.

4.1. Grado de protección.

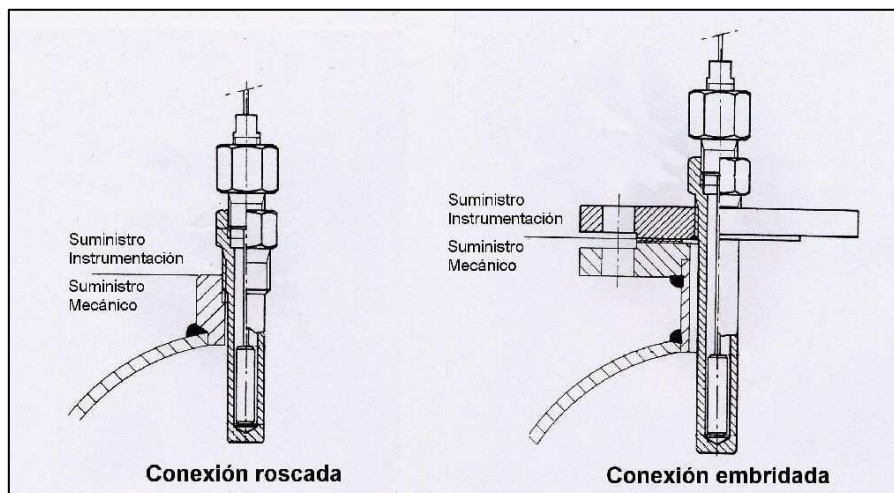
- El grado de protección de las envolturas o cabezales de los emisores binarios será: ... IP-65.
- Si pueden estar sumergidos ocasionalmente o continuamente: IP-68

Para áreas afectadas por atmósferas potencialmente explosivas, se utilizará material según la norma UNE EN 60079.

5. MEDIDAS DE TEMPERATURA.

5.1. Conexión a proceso.

Las conexiones se realizarán en las tomas de proceso previstas por el suministrador de los equipos mecánicos, que podrán ser roscadas o embridadas, de acuerdo con las figuras siguientes:



Nota: En todas las conexiones embridadas el suministro de las juntas y la tornillería no está incluido, formando parte del alcance de suministro de la instalación mecánica.

5.2. Vainas de temperatura.

Las vainas de temperatura serán roscadas o embridadas, con los siguientes criterios:

- Roscadas:
 - Para circuitos de aire y gases no comprimidos.

Las conexiones roscadas serán de 1½ "NPT. La presión nominal y el material estarán de acuerdo con los requerimientos de la especificación de la tubería o conducto correspondiente.

- Embridadas:
 - Para todos los recipientes.
 - Para todos los circuitos no indicados en el apartado anterior.

Las bridas serán de 1½" RF. La presión nominal y el material estarán de acuerdo con la especificación del recipiente o de la tubería correspondiente.

5.3. Termómetros locales.

Para la indicación de temperaturas locales se usarán generalmente termómetros indicadores con conducto capilar (a partir de 6 mts. con conducto compensador).

Características principales:

- Montaje en caja de acero inoxidable, dial blanco con graduación negra y cristal de seguridad. Diámetro mínimo 100 mm.
 - Grado de protección..... IP-65
- Se elegirán los rangos de medida de manera que la media de funcionamiento está comprendida entre ½ y ¾ de la escala de medida.
- Elemento termométrico mediante sistema de gas inerte.
- Se proveerán con longitud del tubo capilar adecuada, para llevar la esfera a lugares visibles desde la plataforma de trabajo.
- Precisión ± 1 % del rango total.
- Corrección del cero accesible.

5.4. Termostatos.

Características principales:

- Caja y tapa en chapa de acero inoxidable.
- Posibilidad de sujeción posterior.
- Elemento termométrico mediante sistema de gas inerte.
- Punto de actuación: regulable desde el exterior en todo el campo.
- Cuando se requiera se utilizarán bulbos con capilar para montaje a distancia.
- Temperatura ambiente de -20°C a $+70^{\circ}\text{C}$
- Precisión mínima $\pm 1,5$ %.
- Repetibilidad del punto de actuación: 0,5 % de la amplitud del campo.
- El campo de ajuste de la actuación será un 20 % superior a la presión de trabajo, y tendrán un único punto de ajuste.

5.5. Cabezales de conexión de transmisores de temperatura.

Incorporarán el transmisor de medida con señal de salida analógica, serán con tapa atornillada y con prensaestopas.

5.6. Medición de temperaturas inferiores a 300°C, con termorresistencias.

Todas las termorresistencias se equiparán con:

- Resistencia de medición tipo PT 100, resistente a vibraciones, según DIN 43760.
- Tubo protector de acero inoxidable.
- Tubo de cuello.

5.7. Medición de temperaturas de 300°C a 1.000°C, con termoelementos.

Todas las mediciones con termoelementos hasta 1.000 °C se equiparán con:

- Elemento Ni-Cr-Ni, tipo K, resistente a vibraciones.
- Material de la camisa Inconel con punta de medición reforzada 10 mm. en el área de aire/gases de humo.
- Tubo de cuello.

La selección de los termoelementos de acuerdo con las prescripciones DIN depende de las condiciones de servicio.

Respecto a mediciones con termoelementos se utilizará un transmisor de medida con corrección incorporada de puntos comparativos y un control de rotura de termoelementos.

5.8. Medición de temperaturas superiores a 1.000°C, con termoelementos.

Para la gama de temperaturas 1.000 - 1.600 °C se utilizarán termoelementos con tubo protector de cerámica y tubo interior según DIN 43733 con cartucho de medición Pt-Rh-Pt, tipo R, así como manguito corredizo a prueba de gas.

Material según necesidades.

La selección de los termoelementos según las prescripciones DIN dependen de las condiciones de servicio.

Respecto a mediciones con termoelementos se utilizará un transmisor de medida con corrección incorporada de puntos comparativos y un control de rotura de termoelementos.

6. MEDIDAS DE PRESIÓN.

6.1. Conexión a proceso.

Las conexiones se realizarán en las tomas de proceso previstas por el suministrador de los equipos mecánicos.

La conexión habitual de instrumentos de presión habitual será mediante injerto de ½" o ¾" soldado a la tubería o equipo, y con conexión roscada NPT para presiones inferiores o iguales a 10 bar(g), o bien soldada para presiones superiores a 10 bar (g), en el lado del instrumento.

En el caso de medidas de presión sobre señales neumáticas las conexiones podrán ser de ¼".

6.2. Manómetros.

Los manómetros tendrán las siguientes características principales:

- Caja metálica de acero inoxidable dial blanco con graduación negra y cristal de seguridad. Diámetro mínimo 100 mm.
 - Grado de protección..... IP-65
- Posibilidad de sujeción posterior.
- Protección de los mecanismos contra sobrecarga y vacío.
- Los componentes en contacto con el fluido estarán protegidos contra la corrosión, y el material se decidirá en función de la aplicación particular.
- Según la aplicación y rangos de medida se utilizarán mecanismos de membrana elástica o muelle tubular (tubo Bourdon).
- Corrección del cero accesible.
- Se elegirán las escalas de manera que la presión o depresión media de funcionamiento esté comprendida entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de la escala de medida.
- El relleno será de glicerina según necesidades.
- Precisión: clase 1,6.

6.3. Presostatos/Vacuómetros.

Características principales:

- Caja y tapa en chapa de acero inoxidable.
- Posibilidad de sujeción posterior.
- Según la aplicación y rangos de medida se utilizarán mecanismos de membrana elástica o muelle tubular (tubo Bourdon).
- Precisión mínima $\pm 1,5$ %.
- Repetibilidad del punto de actuación: mejor del 1 % de la amplitud del campo.
- El campo de ajuste de la actuación será un 20 % superior a la presión de trabajo, y tendrán un único punto de ajuste.

6.4. Transmisores de presión.

Características principales:

- Carcasa de la electrónica en fundición de aluminio, conexión roscada de 1/2" NPT.
- Escuadra de montaje en acero inoxidable.
- Dispondrán de tornillo de drenaje/venteo.
- Material de las partes en contacto con el fluido; boquilla de conexión y membrana separadora en acero inoxidable.
- El relleno de la célula de medidas será con aceite de silicona.
- Estarán provistos de indicador externo analógico o digital, con escala igual al alcance de la medida con división lineal.
- Los ajustes de configuración se realizarán en el propio transmisor mediante teclado y pantalla LCD o mediante consola con protocolo de comunicación HART.
- Dispondrá de protección contra sobrecarga y vacío.
- Grado de precisión: $\pm 0,1$ % del alcance máximo.

- Tensión de alimentación: 4...20 mA HART: 10,5...45Vdc.
- Salida: 4...20 mA con protocolo HART superpuesto, a dos hilos.
 - Rango de señal entre 3,8...20,5 mA.
- Señal de interrupción:
 - Alarma máximo: ajuste entre 21 y 23 mA.
 - Mantener valor de medición: se mantiene el último valor medido.
 - Alarma mínimo: 3,6 mA.

7. MEDIDAS DE NIVEL.

7.1. Conexión a proceso.

Las conexiones se realizarán en las tomas de proceso previstas por el suministrador de los equipos mecánicos.

El tipo de toma de proceso será función del instrumento utilizado:

- Para transmisores de nivel tipo d/p cell y niveles de vidrio.....Bridas 1" RF.
- Para transmisores de nivel del tipo desplazamiento y nivostatosBridas 1½" RF.
- Para interruptores de nivel del tipo interruptor vibratorio.....Rosca a partir de G3/4, ¾ NPT.

Bridas a partir de
DN25, 1".
- Para interruptores de nivel del tipo interruptor capacitivo..... Rosca a partir de
G3/4, ¾ NPT.

Bridas a partir de
DN25, 1".

Nota: en todas las conexiones embridadas el suministro de las juntas y la tornillería no está incluido, formando parte del alcance de suministro de la instalación mecánica.

7.2. Indicadores locales.

Los indicadores de nivel locales deberán estar provistos de un dispositivo de iluminación en el caso de que exista una medida a través de vidrio.

En el caso de que exista dispositivo de iluminación, estará provisto de un interruptor bipolar manual para el corte de la alimentación eléctrica.

Los vidrios que posibilitan la visión serán lo suficiente robustos y estarán protegidos a prueba de golpes.

En los indicadores de nivel magnético laterales, la indicación externa se realizará mediante persiana de rodillos magnéticos (no de láminas).

En ningún caso podrá utilizarse un indicador de nivel magnético con contactos de valores límite para funciones de nivostato.

Los indicadores locales se diseñarán de forma que la columna de agua pueda verse de forma completa en todo su rango, y estarán graduados en toda su longitud entre 0 y 100 % destacando de forma claramente visible mediante señalizadores, los puntos de alarmas o de consigna.

Cualquier indicador de nivel local deberá poseer válvulas de aislamiento de ¾", además de válvula de purga.

Podrán utilizarse materiales plásticos especiales para utilidades en líquidos corrosivos siempre que los recipientes no estén sometidos a presión.

La presión y temperatura de diseño mínima serán las del depósito asociado.

En los indicadores de nivel sobre depósitos del tipo flotador con escala lateral, el flotador se desplazará sobre dos cables guía para evitar fluctuaciones, estará solidario mediante cable guía a un contrapeso que se desplazará mediante poleas con rodamientos a lo largo de una escala indicadora de caracteres amplios, que permita la visión a distancia. Todo el conjunto de transmisión de poleas y cable guía en el exterior del depósito quedará protegido por una envolvente

7.3. Medida en continuo

7.3.1. Medidas en recipientes con líquidos presurizados.

Se realizará la medición mediante transmisores de presión diferencial (d/p cell), transmisores de radar de onda guiada o radar.

7.3.2. Medida en recipientes con líquidos no presurizados.

Se realizarán mediante transmisores de presión o de desplazamiento.

Otros sistemas podrán ser mediante sondas resistivas o capacitivas, por ultrasonidos o radar. El tipo de conexión con el proceso deberá acordarse con el Comprador.

7.3.3. Medida en recipientes que no contengan líquidos.

Cuando los recipientes contengan materiales sólidos o pulverulentos, se utilizarán células de carga o sensores de medida basados en radar de onda guiada, o ultrasonidos.

7.4. Nivostatos.

7.4.1. Nivostatos para recipientes de líquidos presurizados.

Se utilizará montajes externos al recipiente de alta fiabilidad y con contactos resistentes a las vibraciones transmitidas.

Se utilizarán preferiblemente:

- Detectores de nivel vibratorios, por su independencia con respecto a la presión, temperatura, espuma y viscosidad del medio donde realizar la detección. El cambio en el nivel del depósito, a la altura de la sonda provoca un cambio en la vibración de la horquilla del sensor, este cambio es detectado por la electrónica del instrumento generando una señal de conmutación.
- Niveles capacitivos, donde el sensor y el depósito forman los dos electrodos de un condensador. Cualquier cambio en el nivel del depósito equivale al cambio en la capacidad del conjunto, cambio que es detectado por la electrónica del nivel para generar una señal de conmutación.
- Nivostato por barrera de microondas, emisor/receptor. La barrera de microondas actúa como una barrera de luz, el nivel del depósito interrumpe el haz de señal de microondas entre emisor y receptor, provocando la amortiguación de la señal. Este cambio en la ganancia del haz de microondas es detectado por la electrónica del instrumento generando una señal de conmutación.

7.4.2. Nivostatos para recipientes abiertos que contengan líquidos.

Se utilizarán preferiblemente detectores de nivel capacitivos, donde las características de los materiales serán las adecuadas al contenido del recipiente.

7.4.3. Nivostatos para recipientes de líquidos abiertos que contengan sólidos, materiales pulverulentos o líquidos pastosos.

Se utilizarán preferentemente los basados en un sistema de detección de la vibración.

Las características que deberá ofrecer el sensor de presencia de material son las siguientes:

- El sensor dispondrá de una alimentación multitensión.
- Contacto conmutado, libre de potencial.
- Piloto luminoso, que indique si hay presencia o ausencia de material.
- Grado de protección IP 65.

Se considerará que soportan largo tiempo la fatiga a las vibraciones o se efectuará un montaje adecuado para evitarlas.

8. INSTRUMENTOS DE CAUDAL.

8.1. Instrumentos de presión diferencial.

Este apartado cubre los requerimientos mínimos que deberán cumplir los elementos primarios y los transmisores de presión diferencial empleados en la medición de tipo volumétrico del caudal de un fluido, cuando para ello se utilice cualquiera de los dos sistemas de medida que se indican a continuación:

- La presión diferencial originada por la circulación del fluido a través de un elemento primario de tipo deprimógeno, tales como las placas de orificio, toberas de caudal, tubos Venturi, tubos Dall, etc.
- La presión dinámica del fluido establecida como la diferencia entre su presión de impacto y su presión estática absoluta, utilizando como elemento primario un tubo Pilot, ya sea éste del tipo convencional o bien del tipo modificado, tal como el tubo Annubar u otro similar.
- El transmisor de caudal como señal deberá dar una señal cuadrática y no lineal.

8.1.1. Elementos primarios.

Salvo en aquellos aspectos para los cuales en la presente Especificación se requiera la aplicación de una norma concreta o se especifique un determinado valor o criterio de diseño, en general para el cálculo, diseño, fabricación y montaje de las placas de orificio, toberas y tubos Venturi se podrán utilizar las siguientes normas y publicaciones:

- Normas AGA (American Gas Association) Gas Measurement Committee Report No. 3
- Normas ASME Flowmeter Computation Handbook
- Normas ISO 5167-1980. Medida del flujo de fluidos mediante placas de orificio, toberas o tubos Venturi en conductos circulares
- Normas VDI/DIN 1952. Medida de caudal con toberas, diafragmas y toberas Venturi normalizados
- Shell Flow Meter Engineering Handbook, publicado por ROYAL DUTCH / SHELL GROUP
- Principles and Practice of Flow Meter Engineering, de L.K. Spink, publicado por FOXBORO Co.

Para el dimensionado de los elementos primarios se seguirán las siguientes reglas:

- El caudal a fondo de escala para el cálculo del orificio de medida se deberá elegir de forma que el caudal normal esté comprendido entre el 70% y el 80% del fondo de escala, y además el caudal máximo no deberá superar el 90% de dicho valor ni el caudal mínimo podrá ser inferior al 30% también de dicho valor.

- En las medidas de caudales de aire y de gases de combustión en hornos y calderas, el caudal a fondo de escala elegido deberá permitir la medición del caudal definido por las condiciones "test block" especificadas para los ventiladores de tiro forzado y de tiro inducido de la instalación.
- Cuando el rango que se precisa para la medida de caudal, definido como la relación entre los caudales máximo y mínimo de operación, sea superior a 3:1 se deberá considerar el uso de dos transmisores de presión diferencial, conectados ambos al mismo elemento primario y previstos para realizar la medida de caudal en rango partido o bien utilizar otro sistema de medición cuya respuesta sea lineal con el caudal medido y permita obtener el rango de medida requerido.
- No se instalarán orificios convencionales de medida de caudal en líneas cuyo tamaño nominal sea inferior a 2" NPS.
- En líneas inferiores a 2" se podrá optar por los siguientes métodos:
 - Ampliar su tamaño hasta 2" en el tramo donde vaya a instalarse el orificio de medida, previendo que la longitud de dicho tramo deberá cumplir con las longitudes rectas que se requieran antes y después del orificio, de acuerdo con la perturbación producida por la ampliación de la tubería.
 - Mantener el tamaño de la línea, empleando cuando las condiciones de temperatura y presión lo permitan un transmisor con orificio integral calibrado montado sobre la propia línea, o bien instalando un conjunto formado por el orificio de medida con sus bridas de sujeción y los tramos necesarios de tubería calibrada, antes y después del orificio, con sus correspondientes bridas para el montaje del conjunto en la línea.
- El rango de la presión diferencial a través del orificio se seleccionará de manera que la relación d/D , entre el diámetro del orificio y el diámetro interior de la tubería, esté comprendida preferentemente entre 0,60 y 0,40.

En ningún caso dicha relación d/D deberá ser superior a 0,70. Tampoco deberá ser inferior a 0,25, siempre que esto sea posible.

Cuando la relación d/D exceda de 0,70 para el rango de presión diferencial máximo normalizado de 5.000 mm c.d.a., se deberá ampliar el diámetro de la línea de proceso en el tramo en el cual se vaya a instalar el orificio de medida.

En líneas de 2" con un rango de presión diferencial de 500 mm. c.d.a. será admisible el uso de relaciones d/D menores de 0,25, pero en ningún caso el diámetro del orificio de medida podrá ser inferior a 6,4 mm. salvo en los transmisores integrales de presión diferencial con orificio de medida incorporado.
- Con carácter general se emplearán como rangos normalizados de presión diferencial, expresados en mm. c.d.a., los siguientes valores: 500, 1.250, 2.500 y 5.000. Teniendo en cuenta la posible pérdida de carga que se puede generar en la placa de orificio.

A título de guía, se recomienda utilizar el valor de 5.000 mm. c.d.a. para la medida de caudales de vapor de agua sobrecalentado de media y alta presión, y de 2.500 mm. c.d.a. para la medida de caudales de líquidos.

Cuando para la medida de caudales del aire de combustión en hornos y calderas, con presiones estáticas relativas en torno a los 500 mm. c.d.a., se utilicen elementos primarios deprimógenos del tipo Venturi, ya sean de sección circular o rectangular, o bien un perfil aerodinámico tipo "airfoil" o similar construido en el interior del conducto, el rango de presión diferencial se elegirá en torno a los 75 mm. c.d.a. para el caudal a fondo de escala del medidor.

En cualquier caso, para la medida de caudales de fluidos compresibles se deberá tener en cuenta que el rango de presión diferencial, expresado en pulgadas de columna de agua, no debe superar la presión estática absoluta, expresada en psi(a), del fluido aguas arriba del

medidor, salvo para el vapor de escape en el cual se podrá utilizar un rango mayor siempre que no exceda de 1.250 mm. c.d.a.

La determinación del factor de expansión, usado para el cálculo del coeficiente de caudal del orificio de medida en fluidos compresibles, estará basada en la presión estática correspondiente a la toma de presión aguas abajo del medidor.

Cuando la pérdida de carga permanente originada por el elemento deprimógeno no sea aceptable por las condiciones de proceso, se podrán utilizar rangos de presión diferencial inferiores a los indicados anteriormente.

La selección del elemento primario se deberá realizar de acuerdo con los siguientes criterios:

- En líneas de tamaño inferior o igual a 10"

Se empleará, siempre que sea factible, la placa de orificio circular concéntrico montada entre sus correspondientes bridas de sujeción que incorporarán las tomas de presión ("flange taps"), con conexiones de ½" NPT localizadas a una distancia de 1" antes y 1" después, respectivamente, de las correspondientes caras de entrada y de salida de la placa. La tolerancia de la localización de los orificios de las tomas estará de acuerdo con los valores definidos por las normas AGA para una relación de d/D igual a 0,70, aunque la relación d/D real según el cálculo de la placa sea inferior a dicho valor.

Se emplearán bridas de orificio normalizadas según ANSI, con un rating de 300 lbs. como mínimo, de tipo WN ("welding neck") para unión por soldadura a tope con la tubería, con caras de junta con resalte del tipo RF ("raised face") y provistas de tornillos separadores. El rating, la calidad y las características mecánicas de los materiales deberán estar de acuerdo con lo especificado en la Clase de la tubería a la que pertenezcan.

- En líneas de tamaño igual o superior a 12"

Cuando se utilice una placa de orificio como elemento primario ésta irá montada entre bridas normales, conformes con la Clase de tubería en la cual vayan instaladas.

Las tomas de presión para la medida del caudal serán del tipo "radius taps", situadas en la tubería a las distancias de D y $0,5 D$ antes y después de la cara de entrada de la placa de orificio, respectivamente. No se utilizarán tomas de presión en tubería del tipo "vena contracta taps" o "pipe taps", a menos que se haya especificado de forma expresa su uso.

- Las placas de orificio se instalarán sobre líneas horizontales siempre que sea posible, y dispondrán de un agujero de drenaje en la parte inferior de la placa para medidas de gases y vapor de agua, y de venteo en su parte superior en todas las mediciones de líquidos. El diámetro máximo de los agujeros de drenaje y de venteo será de 1/8", y se deberán introducir las correcciones necesarias en el cálculo de la placa debidas a estos agujeros. No se podrán practicar agujeros de drenaje/venteo cuando el diámetro del orificio de medida de la placa resulte ser inferior a 19 mm.

Cuando las placas de orificio deban instalarse en líneas verticales la dirección del fluido será siempre ascendente en el caso de líquidos, y descendente en el caso de gases.

- Las placas de orificio concéntrico se podrán utilizar para la medida de caudales en fluidos limpios y de baja viscosidad.

El orificio de entrada será del tipo de canto cuadrado ("square-edge") para números de Reynold superiores a 20.000, y del tipo de canto redondeado de cuarto de círculo ("quarter-circle") para números de Reynold iguales o inferiores a dicho valor.

Se evitará el uso de placas con orificio de entrada cónica.

- Para las medidas de caudal en líquidos que contengan aire o gas se utilizará preferentemente la placa de orificio concéntrico, montada en un tramo de línea vertical con el fluido en sentido ascendente.

Cuando deba instalarse en un tramo de línea horizontal se usará una placa de orificio excéntrico, con el orificio situado en la parte superior del diámetro de la placa.

- Para la medición de caudal de gases o vapores húmedos, aceites con agua o líquidos que contengan sólidos granulares mediante una placa de orificio, ésta se instalará preferentemente en un tramo de línea vertical con el fluido en sentido descendente, y se usará una placa de orificio concéntrico.

Cuando deba ser instalada en un tramo de línea horizontal se utilizará una placa de orificio excéntrico, con el orificio situado en la parte inferior del diámetro de la placa.

- En general se preferirá la utilización de las placas de orificio excéntrico frente a las de orificio segmental, cuyo uso, sin embargo, podrá estar justificado cuando sea necesario disponer de libre circulación del fluido a través de la mayor parte posible de la circunferencia interna de la tubería.

- No se podrán emplear las placas de orificio en las medidas de caudal de líquidos que contengan sólidos con una densidad cercana a la del líquido circulante, o que puedan quedar depositados en la cara o en el canto del orificio.

Para estos servicios se deberán prever medidores electromagnéticos cuando el fluido sea conductor, o bien tubos Venturi en el caso de fluidos no conductores.

- En los servicios de vapor de alta presión, tanto en la salida de caldera como a la entrada de turbina, se deberán emplear toberas de medida de caudal en lugar de placas de orificio, con objeto de minimizar los problemas de erosión originados por el vapor de alta presión sobre el elemento medidor, y asegurar además que el error de la medida de caudal no exceda del $\pm 0,5\%$ como valor máximo admisible para las pruebas de rendimiento de caldera y de turbina, para lo cual las toberas deberán ser suministradas con sus bridas de sujeción y con los tramos necesarios de tubería aguas arriba y abajo de la tobera debidamente mecanizados interiormente y conformes con lo especificado en la Clase de tubería a la que pertenezcan.

Se emplearán preferentemente las toberas de caudal ISA 1.932 de entrada contorneada con doble radio. Su relación d/D estará comprendida entre 0,45 y 0,67, y las tomas de presión serán del tipo "corner taps".

En líneas de vapor cuyo tamaño no exceda de 8" se podrá utilizar la tobera ASME "long-radius" de entrada contorneada con sección elíptica, calculada para una baja relación de d/D , entre 0,30 y 0,50, y con diseño modificado para tomas de presión directas en la propia tobera.

Cuando se precise reducir la pérdida de carga permanente originada por una tobera de caudal de tipo estándar, ISA 1.932 ó ASME "long-radius", o bien no se disponga de la longitud recta de tubería necesaria para su correcta instalación, se preverá el uso de una tobera de caudal tipo Venturi.

No se utilizarán toberas de caudal de tipo estándar con un cono divergente montado a la salida de la tobera para los propósitos indicados anteriormente.

- En las aplicaciones de medidas de caudal de gases a baja presión o de líquidos en las que se requiera una alta precisión de la medida, en torno al 0,75%, y una pérdida de carga baja, se emplearán tubos Venturi, con una pérdida permanente de presión del 10-14% de su presión diferencial, o tubos Dall cuya pérdida es del 2,5-6%.

- Los tubos Pitot convencionales podrán ser utilizados en medidas de caudal de fluidos limpios en tuberías o conductos de grandes secciones cuando no sea posible instalar un elemento deprimógeno, debido a la falta del tramo recto necesario, y se requiera una pérdida de carga baja, pero siempre que sea admisible para la aplicación concreta de la medida de caudal la baja precisión que se obtiene con este tipo de medidores.

Cuando se requiera una precisión análoga a la que se puede obtener mediante una placa de orificio se utilizarán tubos de Pitot modificados, tipo Annubar o similar.

- No estará permitido el uso de elementos primarios de caudal del tipo "pipe bend" o similar, que estén basados en la presión diferencial existente entre la curva interior y exterior de un codo de tubería causada por la fuerza centrífuga del fluido.

En la fabricación y montaje de los elementos primarios serán de aplicación los siguientes requerimientos.

- El material de las placas de orificio y de las toberas de caudal será como mínimo el acero inoxidable AISI-304 ó 316, a menos que el proceso requiera otro tipo de material de calidad superior por razones de erosión o corrosión.
- El espesor de las placas de orificio será de 3 mm. para tamaños de línea inferiores o iguales a 10", de 6 mm. para 12", 14" y 16", de 8 mm. para 18" y 20", y de 10 mm. para tamaños iguales o superiores a 24".
- Las tolerancias de fabricación de los elementos primarios estarán de acuerdo con los valores especificados por la norma o estándar que se haya utilizado para su cálculo y diseño.
- En el mecanizado de los orificios de las tomas de presión, tanto en las bridas de orificio como muy especialmente cuando se trate de tomas de presión en tubería, del tipo "radius taps", se deberá asegurar la total perpendicularidad entre el eje de los orificios de las tomas y el eje de la tubería, y sus cantos deberán estar libres de rebabas y redondeados a un radio que no deberá exceder de 0,1 veces el diámetro del orificio de las tomas de presión.

Las tomas de presión deberán ser de forma cilíndrica en una longitud, medida a partir de la pared interior de la tubería, que como mínimo sea el doble del diámetro del orificio de las tomas de presión.

- Las tomas de presión se podrán situar en cualquier posición de la circunferencia del elemento primario, en instalaciones sobre tubería vertical.

En instalaciones sobre tubería horizontal, las tomas de presión en el caso de gases y vapor de agua se deberán disponer en la mitad superior de dicha circunferencia, y en el caso de líquidos en la mitad inferior, a fin de permitir el drenaje y el venteo, respectivamente, de las tuberías de conexión con el instrumento.

- Las longitudes mínimas de los tramos rectos de tubería necesarios antes y después del elemento primario deberán estar de acuerdo con la norma ISO STANDARD 5167.

Para su determinación se considerará siempre que sea posible una relación d/D igual 0,70. En el caso de que esto no fuera posible se podrá utilizar la relación d/D real obtenida de acuerdo con el cálculo del elemento primario.

No se podrán emplear elementos acondicionadores o enderezadores de flujo ("straightening vanes"), salvo aprobación expresa por parte de la Ingeniería.

- En las medidas de caudal en servicios pulsatorios se deberán observar las siguientes

precauciones:

- El uso de máquinas alternativas que hayan sido seleccionadas para el tamaño menor y la velocidad más alta posibles.
- La instalación de amortiguadores de pulsaciones en la línea de proceso donde vaya a situarse el orificio de medida.
- La elección de valores altos para la relación d/D y para el rango de presión diferencial en el cálculo y dimensionado del orificio.
- La instalación del elemento de medida tan alejado como sea posible del foco generador de las pulsaciones, y situándolo preferentemente en el lado de la aspiración de las máquinas alternativas en lugar de ubicarlo sobre su impulsión.
- La tubería de la línea de proceso, las tuberías hasta el instrumento, y el propio instrumento deberán tener una ejecución lo más rígida posible.

8.1.2. Transmisores de caudal.

- Para los transmisores de presión diferencial empleados en la medida de caudales se utilizará el mismo tipo de transmisor que el indicado para los transmisores de presión.
- Incorporarán sobre el propio transmisor la función de extracción de raíz cuadrada y los elementos necesarios para asegurar, en todo el campo de medida, la linealidad entre su señal de salida y el caudal medido.
- En la determinación de caudales máscos mediante instrumentos de presión diferencial, y de forma general a través de cualquier medidor volumétrico de caudal, se deberán compensar las variaciones de la densidad del fluido producidas por los cambios significativos en sus condiciones de servicio de peso específico, presión o temperatura en el punto de medición.

En el caso de líquidos, para la compensación se deberá prever un transmisor que efectúe la medida de su densidad en base a las condiciones reales de servicio del fluido, y no en base a unas condiciones de referencia con posterior corrección por temperatura.

Las variaciones de densidad en el caso de fluidos compresibles se corregirán mediante las señales de presión y/o temperatura, para lo cual se deberán prever los correspondientes transmisores de medida.

Cuando se requiera una precisión elevada en la medida del caudal máscico, como en el caso de las medidas de caudal de vapor a la salida de caldera y a la entrada de turbina, se emplearán unidades o módulos de cálculo, con señal de salida 4-20 mA a dos hilos, que efectúen la compensación automática del caudal por las variaciones de presión y/o temperatura, y dispongan de ajustes manuales del peso específico y del factor de compresibilidad del fluido. Si los PLC's existentes en planta disponen de las librerías correspondientes para este tipos de cálculos, las señales se integrarán directamente en estos.

- Los transmisores de presión diferencial dispondrán de un manifold en acero inoxidable y de tres vías, para purga y equilibrado de las dos ramas de presión, conectado directamente sobre el instrumento. Cuando ello no sea posible se empleará un conjunto de tres válvulas, también en acero inoxidable.
- Deberán estar montados en lugar accesible, por encima de la tubería en el caso de gases y por debajo de la tubería en el caso de líquidos y vapor de agua, y se preverán potes de condensación o de sellado, según las características del fluido y del transmisor utilizado, que deberán estar situados a idéntica altura en ambas ramas.
- Incorporarán indicación local del caudal medido, con escala 0-100% lineal, y terminales para prueba del instrumento.

Medidores de área variable (rotámetros).

- La utilización de rotámetros para las medidas de caudal está indicada en las siguientes aplicaciones:
 - Para líneas de tamaño inferior o igual a 1 ½".
 - En líneas de tamaño igual o superior a 2" que transporten líquidos de viscosidad elevada o con sólidos en suspensión.
 - En servicios cuyo rango de operación (caudal máximo / caudal mínimo) exceda de la relación 3:1 pero sea inferior al rango normal de medida de un rotámetro, que es de 10:1.
- El caudal a fondo de escala del rotámetro se deberá seleccionar, siempre que sea posible, de acuerdo con los tamaños normalizados de tubos y flotadores definidos por el fabricante del instrumento.
- El caudal normal deberá estar comprendido entre el 50% y el 70% del caudal a fondo de escala, teniendo en cuenta además que los caudales máximo y mínimo estén entre el 95% y el 10% del fondo de escala del instrumento.
- Los rotámetros de purga utilizados para las medidas de nivel en líquidos mediante tubos de burbujeo con aire o nitrógeno, y por extensión para las medidas de densidad en líquidos con sólidos disueltos o en suspensión, como es el caso de la lechada de cal, cuando para ello se emplee el método de la diferencia de presión hidrostática obtenida por medio de dos tubos de burbujeo de diferente altura sumergidos en el líquido, se deberán suministrar siempre equipados con un regulador para mantener constante el caudal del fluido de burbujeo en todo el rango de variación del nivel de líquido.

El regulador estará previsto para trabajar con una presión constante en su entrada, ajustada por medio de un filtro manorreductor, y deberá regular la presión diferencial del fluido de burbujeo a través del rotámetro para mantener un caudal constante e igual al valor de consigna establecido, que será de 0,15 Nm³/h.

- En general, los rotámetros previstos para las funciones de indicación local y transmisión de la medida de caudal serán del tipo armado con tubo metálico y dispondrán de indicador magnético y transmisor electrónico, con salida 4-20 mA a dos hilos.

Los rotámetros de purga y de lectura directa en servicios de aire, agua o gases inertes con presiones inferiores a 4,5 b(a) podrán ser con tubo de vidrio y con protección de seguridad de cierre estanco, en caso de rotura del tubo.

- Los rotámetros se deberán instalar de forma que sea fácil el desmontaje del propio instrumento y del flotador, para permitir su mantenimiento y limpieza.
- El tipo y rating de sus bridas de conexión a la línea de proceso deberán estar de acuerdo con lo especificado en la Clase de tubería correspondiente.

No se utilizarán los tamaños de conexiones de 1 ¼", 2 ½" y 5", y para tamaños inferiores a ½" se usarán conexiones con rosca interior cónica, salvo que en la Clase de tubería se especifique otro tipo de conexión.

- A excepción de los rotámetros de purga y de aquellos que estén montados en líneas que puedan ser puestas temporalmente fuera de servicio sin afectar las condiciones de operación, los rotámetros dispondrán de válvulas de aislamiento y bypass, de tipo compuerta y del mismo tamaño que el instrumento.
- En la instalación de los rotámetros no se precisarán longitudes rectas de tubería antes o después del medidor, salvo las que se puedan requerir por razones de accesibilidad y mantenimiento.
- Los rotámetros deberán haber sido probados hidráulicamente a 1,5 veces su presión nominal.

- En las hojas de datos de los rotámetros se deberá incluir como mínimo la siguiente información, además de los datos de identificación del instrumento:
 - Capacidad del rotámetro expresada en caudal de agua para líquidos, y en caudal de aire para gases.
 - Condiciones de operación.
 - Factor de medida.
 - Factores de corrección por variaciones de presión, temperatura, viscosidad y peso específico, cuando sean aplicables.
 - Datos del fabricante del tubo y del flotador, incluyendo tamaño, materiales, densidad y perfil de construcción del flotador.
 - Datos de las pruebas de calibración del instrumento.

8.2. Medidores de turbina.

- El uso de este tipo medidores se deberá considerar para la medición y el conteo de caudales en líquidos y gases limpios o filtrados de baja viscosidad cuando se requiera:
 - Un rango de medida que pueda llegar a alcanzar la relación 15:1.
 - Una elevada precisión del 0,3%, y una buena linealidad de la medida.
- Sin embargo, se deberá tener en cuenta la disminución en el rango de medida que presentan estos instrumentos cuando se empleen en servicios con fluidos cuya viscosidad sea superior a 5 centistokes.
- Las longitudes mínimas de los tramos rectos de tubería que se deberán prever serán de 15D antes y 6 D después del medidor, para obtener la máxima precisión del instrumento.
- En servicios para líquidos, su instalación se deberá realizar de forma que el medidor permanezca inundado por el fluido incluso durante las interrupciones de caudal, para evitar daños en la turbina producidos por el impacto del fluido a velocidades elevadas sobre el medidor en vacío al reanudarse la circulación del fluido.
- Incorporarán un transductor de la velocidad de giro del rotor de la turbina, de tipo inductivo o de reluctancia magnética, convertidor de frecuencia a corriente con salida 4-20 mA a dos hilos para la señal de medida de caudal, y generador de pulsos cuando se utilice además como contador de caudal.

8.3. Medidores ultrasónicos.

- El sistema de medición funciona de acuerdo con el principio de la diferencia del tiempo de tránsito de la señal del sonido a través de un medio. En este sistema de medición, se emiten señales acústicas (ultrasónicas) entre dos sensores en ambos sentidos (cada sensor actúa como transmisor y receptor).

La velocidad de propagación de las ondas es menor cuando las ondas viajan contra el sentido de circulación del flujo a medir que cuando lo hacen en el mismo sentido. Por tanto, se obtiene una diferencia de tiempo en el tránsito de la señal, equivalente a la velocidad del caudal.

- En general, los medidores de caudal de tipo ultrasónico permiten obtener rangos de medida de 20:1 con escala lineal, y una precisión del 2%.
- Se podrán utilizar medidores ultrasónicos basados en el efecto Doppler en servicios con fluidos

que contengan partículas, siendo adecuados para la medida de caudales de líquidos y gases con partículas o sólidos en suspensión, fangos y mezclas de gas-líquido siempre que el tamaño de las partículas sea muy diferente de la longitud de onda de la señal acústica empleada por el medidor.

- Para las medidas de caudal en fluidos limpios se podrán usar medidores ultrasónicos basados en la desviación que tiene lugar en un haz de sonido emitido perpendicularmente al eje de la tubería o conducto debida a la circulación del fluido, o en otros métodos de medición apropiados para las características y condiciones del fluido a medir.
- Para las medidas de caudal en aquellos fluidos en los que se puedan producir variaciones de su densidad que modifiquen la velocidad de transmisión del sonido a través del propio fluido, se deberán utilizar medidores ultrasónicos cuya determinación del caudal sea independiente de los cambios en la velocidad del sonido provocados por dichas variaciones de densidad, como es el caso de los medidores de ultrasonidos que miden el caudal por la diferencia entre los tiempos de tránsito del sonido cuando éste se propaga en el mismo sentido y en el sentido contrario del flujo del fluido.
- Los transductores piezoeléctricos empleados como emisores y receptores en los medidores ultrasónicos deberán incorporar unidades propias de aire de purga, para su limpieza y refrigeración, en las medidas de caudal de gases en chimenea y en todas aquellas aplicaciones que lo requieran. No se aceptará el empleo de aire comprimido como fluido de purga.
- Para su montaje e instalación se deberán tener en cuenta los siguientes requerimientos:
 - Las burbujas de aire o gas atrapadas en la tubería pueden generar errores en la medición, por este motivo se debe evitar instalar el equipo en los siguientes lugares:
 - Punto más alto del sistema de tuberías, por riesgo de acumulación de aire.
 - Directamente aguas arriba de una salida de tubería abierta en una línea de bajada. Riesgo de tubería parcialmente llena y entrada de aire.
 - La orientación recomendada es con circulación vertical ascendente. Con esta orientación, se asegura que los sólidos en suspensión caigan hacia abajo mientras los gases existentes suban y se alejen del sensor cuando el líquido no circula. La tubería se puede vaciar completamente, evitando la formación de deposiciones.
 - En los tramos rectos de entrada y salida, donde se instale el equipo se debe evitar la instalación cerca de elementos tales como válvulas, piezas en T, codos, etc ... Es aconsejable que los tramos rectos de entrada y salida satisfagan los siguientes requisitos para asegurar la precisión en la medida:
 - Después de un codo de 90°, se deberá dejar una distancia mínima de 5D anterior al caudalímetro y de 3D posterior al caudalímetro.
 - Después de una bomba, se deberá dejar una distancia mínima de 15D anterior al caudalímetro y de 3D posterior al caudalímetro.
 - Después de una válvula de regulación, se deberá dejar una distancia mínima de 10D anterior al caudalímetro y de 3D posterior al caudalímetro.
- Se debe evitar la exposición directa al sol, por ese motivo se instalará en un lugar a la sombra.
- El transmisor de caudal deberá de cumplir como mínimo de los siguientes datos técnicos:

- Rango de medida
 - $v = -10 \dots 10$ m/s.
- Rangeabilidad operativa
 - Por encima de 150:1
- Salida de corriente
 - Aislada galvánicamente.
 - Activa: 4...20 mA, $R_L < 700\Omega$, para HART: $R_L < 250\Omega$.
 - Valor de fondo de escala ajustable.
 - Coeficiente de temperatura: 2 $\mu\text{A}/^\circ\text{C}$, resolución: 1,5 μA .
- Salida de impulso/estado
 - Aislada galvánicamente.
 - Pasiva: 30 Vcc/250 mA.
 - Colector abierto.
 - Configurable como:
 - Salida de impulso: El valor y la polaridad del impulso serán seleccionables, la anchura máxima de impulso comprenderá el rango 5...2000 ms y la frecuencia máxima de los impulsos será de 100 Hz.
 - Salida de estado: Parametrizable para mensaje de error, detección de tubería vacía, reconocimiento de caudal, valores límite...
 - Frecuencia de salida: 0...1000 Hz.
- Alimentación a 2 hilos, HART, 18...35 Vdc.
- Interfaz de usuario:
 - Selección de idioma: ESPAÑOL.
 - Medida del caudal volumétrico.
 - Medida del caudal másico.
 - Disponer como mínimo de un canal de salida de totalizador.
- Además de la configuración desde la configuración local, el transmisor deberá ofrecer poder configurarse mediante el protocolo HART. La comunicación digital se realizará mediante un canal de salida por corriente HART de 4...20mA.

8.4. Medidores electromagnéticos.

- Estos medidores se podrán usar para las medidas de caudal en aquellos fluidos que sean conductores, estando indicados en servicios pulsatorios y para líquidos con sólidos disueltos o con partículas en suspensión, líquidos sucios, pastas, pulpas y fangos.

La conductividad eléctrica del fluido no deberá ser en general inferior a 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dependiendo este valor de las características del instrumento seleccionado, excepto para las medidas de caudal de agua desmineralizada en cuyo caso será necesaria una conductividad mínima en torno a los 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Estos instrumentos permiten la medición de caudales en fluidos bidireccionales con un rango de medida de 100:1 con escala lineal y una precisión del 0,5%.

- Serán de ejecución integral, con el sensor de medida y el transmisor formando un conjunto único,

salvo cuando por razones de accesibilidad, condiciones de proceso o vibraciones elevadas en la tubería sea obligatorio el uso de versiones separadas, en cuyo caso se deberán tener en cuenta las limitaciones en la longitud máxima y en las condiciones de instalación de los cables de interconexión entre el elemento sensor y el transmisor, especificadas por el fabricante del instrumento.

El diámetro nominal del medidor se elegirá de forma que la velocidad del fluido a través del tubo del sensor, correspondiente al caudal a fondo de escala del instrumento, sea superior a 1 m/s pero inferior a 2 m/s en fluidos abrasivos, como la lechada de cal o los fangos de origen mineral, y superior a 2 m/s pero inferior a 3 m/s en medios que sedimenten, como los lodos de aguas residuales.

- Los materiales del tubo, del revestimiento interior, y de los electrodos de medida, referencia y detección de tubería vacía serán los adecuados para las condiciones de proceso y las características del fluido a medir. Preferiblemente deberán cumplir estas características:
 - Recubrimiento: PFA.
 - Electrodos: 1.4435 (316L); aleación C22. 2-4603 (UNS N06022); tantalio; platino.

En general, el revestimiento interior será de PTFE para fluidos corrosivos con una temperatura máxima de 300°C, y de elastómeros blandos (goma, neopreno, etc.) para fluidos abrasivos, siempre que su temperatura no exceda de 180°C para goma, y de 170°C para el neopreno.

- Los transmisores de los medidores electromagnéticos, además de las funciones propias de parametrización, indicación y supervisión de las señales de salida de 4-20 mA (incluyendo HART) a dos hilos, impulsos y señales de estado, deberán incorporar las funciones de totalizador, detección de tubería vacía, limpieza de electrodo y supresión de caudal residual. El transmisor de caudal deberá disponer de como mínimo interfaz de comunicación HART.
- Salvo especificación en contra se suministrarán siempre con bridas, de acuerdo con la Clase de la tubería, y se instalarán válvulas de aislamiento y bypass del instrumento.
- Para su montaje e instalación se deberán tener en cuenta los siguientes requerimientos:
 - La formación de burbujas gas o el arrastre de bolsas de aire pueden implicar errores en la medida del caudal, por este motivo no se deben instalar en los siguientes puntos:
 - El punto más álgido de la tubería, por riesgo de acumulación de aire.
 - Justo antes de la salida libre en una tubería vertical.
 - Está prohibido la instalación del caudalímetro en el lado de aspiración de una bomba. Respetando esta precaución se evita situaciones de generación de vacío y, por consiguiente, el riesgo de dañar el revestimiento del tubo de medición.
 - Las longitudes de los tramos rectos de tubería antes y después del medidor serán como mínimo 5D hasta la entrada al caudalímetro y 2D desde la salida, respectivamente. A ser posible se instalará el sensor en una posición aguas arriba de piezas de conexión con la tubería, tales como válvulas, uniones en T, tubos acodados, ...
 - Para la correcta medida de caudal es preciso que el tubo del medidor esté siempre totalmente lleno por el fluido. Por lo tanto, en su montaje se deberán tomar precauciones para evitar que el tubo pueda quedarse parcialmente lleno o vacío, o se produzcan entradas de aire que puedan aislar los electrodos de medida del instrumento.
 - Su posición de montaje será preferentemente sobre tubería vertical, con el fluido en sentido

ascendente. Se podrán adoptar otras disposiciones de montaje siempre que se cumplan las anteriores condiciones y además, en el caso de fluidos que contengan sólidos, se evite su sedimentación en el interior del tubo medidor.

- En servicios con líquidos sucios o que contengan sólidos se deberán prever dos conexiones en la tubería, situadas inmediatamente antes y después del instrumento, de forma que permitan efectuar su limpieza y eliminar los sólidos depositados en el medidor sin que para ello sea preciso su desmontaje de la línea.
- Se deberá asegurar la equipotencialidad eléctrica entre el sensor de medida y el fluido, utilizando para ello el método adecuado de puesta a tierra del sensor, del fluido y de la tubería, dependiendo de las características del material y del sistema de puesta a tierra empleados para la tubería.

La igualación de potencial requiere tener en cuenta los siguientes puntos:

- El sistema de puesta a tierra de la planta.
- Las condiciones de trabajo de los materiales, conexiones a tierra de las tuberías, protección catódica, etc...

Se evitará la instalación de juntas de material electroconductor como el grafito, debido a la posibilidad de formar dentro del tubo de medición, una capa conductora que podría provocar el cortocircuito de la señal de medida. Las juntas a instalar deberán ofrecer un grado de dureza de 70º Shore.

- Cuando el caudalímetro se utiliza en tuberías metálicas conectadas a tierra, la igualación de potencial se realizará mediante la conexión de la borna de tierra del transmisor y la tubería metálica.
 - Cuando el caudalímetro se utiliza en tuberías metálicas no conectadas a tierra, la igualación de potencial se realizará mediante la conexión de las dos bridas del caudalímetro con la brida de la tubería, mediante cable de conexión a tierra (6mm²) y asimismo con la borna de tierra del transmisor y de la instalación
 - Cuando el caudalímetro es instala en tuberías de plástico o revestimiento aislante, será necesario la igualación de potencial por medio de la instalación de discos de puesta a tierra adicionales, entre las bridas del caudalímetro y de la tubería, conectados a la borna de tierra del caudalímetro y a la tierra de la instalación.
 - Cuando el caudalímetro se ubica en una tubería con unidad de protección catódica, el equipo se instala sin potencial en la tubería. Solo se han de conectar las bridas de la tubería con un cable de puesta a tierra. El cable de puesta a tierra se conecta directamente con el revestimiento conducto de la brida mediante los tornillos de la misma.
 - En el caso de tuberías revestidas interiormente con materiales no conductores o de tuberías fabricadas con materiales aislantes (plásticos, polietileno, fibra de vidrio, etc.), para la puesta a tierra del fluido se instalarán discos de tierra entre las bridas de conexión. El material de los discos de tierra deberá ser idéntico al utilizado en los electrodos del sensor, para evitar daños por corrosión electroquímica.
- En la medida de lo posible se instalarán caudalímetros que no dispongan de electrodo de referencia, donde las conexiones a proceso metálicas del sensor garanticen una conexión eléctrica con el fluido, evitando instalar discos de referencia a tierra para el sensor; siempre y cuando no se utilicen conexiones a proceso con material sintético.
 - El transmisor de caudal deberá disponer de un indicador local, desde el cual poder leer directamente

los parámetros más relevantes de la medición y configuración del equipo.

El área de visualización deberá ser como mínimo de dos líneas, y deberán facilitar la indicación de los valores medidos, variables de estado

- El transmisor de caudal deberá de cumplir como mínimo de los siguientes datos técnicos:
 - Rango de medida
 - $v = 0,01 \dots 10$ m/s.
 - Rangeabilidad operativa
 - Por encima de 1000:1
 - Salida de corriente
 - Aislada galvánicamente.
 - Activa: 4...20 mA, $R_L < 700\Omega$, para HART: $R_L < 250\Omega$.
 - Valor de fondo de escala ajustable.
 - Coeficiente de temperatura: 2 $\mu\text{A}/^\circ\text{C}$, resolución: 1,5 μA .
 - Salida de impulso/estado
 - Aislada galvánicamente.
 - Pasiva: 30 Vcc/250 mA.
 - Colector abierto.
 - Configurable como:
 - Salida de impulso: El valor y la polaridad del impulso serán seleccionables, la anchura máxima de impulso comprenderá el rango 5...2000 ms y la frecuencia máxima de los impulsos será de 100 Hz.
 - Salida de estado: Parametrizable para mensaje de error, detección de tubería vacía, reconocimiento de caudal, valores límite...
 - Valor de fondo de escala ajustable.
 - Coeficiente de temperatura: 2 $\mu\text{A}/^\circ\text{C}$, resolución: 1,5 μA .
 - Tensión de alimentación:
 - 100...250 Vca a 50 Hz.
 - 20...48 Vca a 50 Hz.
 - 15...40 Vcc.
 - Interfaz de usuario:
 - Selección de idioma: ESPAÑOL.
 - Medida del caudal volumétrico.
 - Medida del caudal másico.
 - Disponer como mínimo de un canal de salida de totalizador.
 - Además de la configuración desde la configuración local, el transmisor deberá ofrecer poder configurarse mediante el protocolo HART. La comunicación digital se realizará mediante un canal de salida por corriente HART de 4...20mA.

9. MEDICIONES DE ANÁLISIS.

9.1. Conexión a proceso.

Las conexiones se realizarán en las tomas de proceso previstas por el suministrador de los equipos mecánicos.

El tipo de toma de proceso se decidirá durante el desarrollo del proyecto, y será función del instrumento utilizado.

Nota: en todas las conexiones embridadas el suministro de las juntas y la tornillería no está incluido, formando parte del alcance de suministro de la instalación mecánica.

9.2. Medición del valor pH y redox.

Al sistema de medición corresponderán:

- Emisor de paso pH y/o redox con recipiente de paso tipo V4A.
- Electrodo de medición y referencia.
- Compensación de temperatura.
- Convertidores de medición.
- En caso dado dispositivo enfriador del medio.
- En caso dado llaves de cierre y controles de paso.
- En caso necesario elementos de limpieza de electrodo.

9.3. Medición de conductividad.

Al sistema de medición de la conductividad pertenecen:

- Célula de medición de conductividad de V4A.
- Compensación de temperatura.
- Convertidores de medición.
- En caso dado dispositivo enfriador del medio.
- En caso dado llaves de cierre y controles de paso.
- En caso necesario elementos de limpieza de electrodo.

9.4. Medición de oxígeno.

Se realizará mediante medidores electroquímicos de estado sólido, de óxido de circonio (ZrO_2) adecuados al proceso, situados directamente en la atmósfera a medir, analizando in situ el contenido de oxígeno.

9.5. Medición de humedad relativa.

Se realizará mediante medidores con sensor capacitivo u otro tipo de características adecuados al proceso, estarán situados directamente en la atmósfera a medir, analizando in situ la humedad relativa.

El sistema de medida utilizado dispondrá de los medios o estará diseñado para evitar el ensuciamiento del sensor.

10. VÁLVULAS DE CONTROL Y REGULACIÓN PARA VAPOR Y LÍQUIDOS.

10.1. Conexión a proceso.

Las conexiones se realizarán en las bridas previstas en las tuberías por el suministrador de los equipos mecánicos.

Nota: en todas las conexiones embridadas el suministro de las juntas y la tornillería no está incluido, formando parte del alcance de suministro de la instalación mecánica.

10.2. Aspectos generales.

Las válvulas de control estarán diseñadas para operar bajo condiciones ambientales extremas y bajo cualquier cambio de presión o temperaturas que pueda aparecer en las condiciones de arranque, operación normal, parada o emergencia, por lo que el tipo deberá ser seleccionado en consecuencia.

El diámetro nominal mínimo de 1".

No se utilizarán cuerpos de válvula de diámetros nominales 1¼", 2½", 3½" y 5".

Todas las válvulas de control serán embridadas según ANSI y serán de iguales características a las de la tubería como mínimo.

Para temperaturas iguales o superiores a 230 °C, llevarán aletas de refrigeración o extensión y para 0°C o menos, extensiones lisas en el cuello del prensaestopas.

Las válvulas de control de doble asiento irán guiadas arriba y abajo. Las de simple asiento podrán llevar guías, arriba y en el asiento, o arriba y abajo. En el caso de válvulas rotativas la guía será lateral.

Todas las válvulas reguladoras se diseñarán para un valor de ruidos no superior a 80 dB (A), en condiciones máx. de servicio.

Los valores de fuga estarán de acuerdo en forma general con la clase 4 de la norma ANSI B16.104. Cuando se requiera un cierre estanco las válvulas de control serán de clase 6 según dicha norma.

En todas las válvulas se deberá poder desmontar su asiento sin que se deba separar la válvula de la tubería.

Cada válvula estará diseñada para una vida útil de 200.000 h. de operación. En cualquier caso no se producirá ningún desgaste significativo de las partes de la válvula, o obstaculización del funcionamiento de la válvula antes de 8.000 h. de operación, en cualquiera de las condiciones posibles.

En los casos donde pueda producirse evaporación o cavitación súbita (flash) deberán tomarse medidas especiales.

No se producirán vibraciones durante la operación de la válvula que puedan poner en peligro la correspondiente operación.

El tipo y rango de la válvula deberá seleccionarse de forma que el máximo y el mínimo flujo calculado se pueda alcanzar dentro del rango del 20 al 80% de la carga total.

Las válvulas se suministrarán con característica lineal o característica isoporcentual según el lazo de regulación al cual pertenezcan.

Las válvulas de control serán de doble asiento, las de simple asiento se reservarán para válvulas todo/nada o condiciones de servicio con caudales bajos.

Para aquellas válvulas de control en las que se requiera un cierre hermético y no sea posible utilizar las de simple asiento, se usarán válvulas del tipo de asiento y obturador blandos, o bien se preverán válvulas especiales.

En válvulas de gran sección y débil pérdida de carga y presión baja en línea se podrán utilizar válvulas de mariposa.

Las válvulas en ángulo o para condiciones particulares se utilizarán en los casos siguientes:

- Cuando la pérdida de carga en las válvulas sea muy elevada,
- Cuando las partículas sólidas se puedan depositar en la válvula,
- Cuando los líquidos tengan riesgo de vaporización,
- Para disminuir la turbulencia del fluido y evitar cualquier fenómeno de erosión o de cavitación.

Las válvulas de tres vías se utilizarán en la resolución de problemas de mezcla o de repartición de fluidos, en los dos casos se prestará especial atención al diseño de los diferentes cuerpos de válvula.

El sentido de paso del fluido deberá estar indicado en el cuerpo de la válvula. Todas las válvulas de control deberán poseer by-pass.

Todas las válvulas de control deberán poderse accionar manualmente, existiendo una posición de bloqueo para el actuador manual.

Todas las válvulas de control deberán llevar una placa de identificación instalada por el constructor y con las indicaciones siguientes:

- Datos de servicio.
- Nombre del constructor.
- Modelo y número de serie.
- Directiva de aparatos sometidos a presión.
- Material.
- Año de fabricación.
- Dimensiones del cuerpo y del obturador.
- Tipo de obturador.
- Posición al fallo.
- Presión nominal, diámetro nominal.
- Señal de mando.
- Coeficiente de caudal: DIN (K_{vs}) / ANSI (C_v) / JIS (C_v).
- Tag, según diagramas.

Las válvulas de control estarán basadas en un sistema modular, que permita añadir, equipar, sustituir o retirar de manera sencilla accesorios del tipo: posicionadores, finales de carrera, electroválvulas u otros accesorios acoplables según la norma IEC 60534-6 y recomendaciones NAMUR.

10.3. Normativa y reglamentos.

Las válvulas de control deberán de cumplir con la normativa europea de aparatos sometidos a presión 2014/68/EU. El “Certificado de Conformidad” proporciona información acerca del procedimiento de valoración de la conformidad para las válvulas marcadas con el símbolo CE.

10.4. Materiales.

El cuerpo de la válvula será en general de acero al carbono; de utilizar otros materiales se deberá acordar con la dirección de la obra.

De manera general las clapetas y asiento serán en acero inoxidable AISI 316; para los siguientes casos serán de AISI 440 C:

- Vapor de alta temperatura.
- Pérdida de carga > 10 bars.
- Fluidos con contenido de partículas sólidas.
- Líquidos que se vaporicen al paso por la válvula.

Los revestimientos de materiales especiales se podrán utilizar para resolver problemas de corrosión.

Las válvulas de control llevarán prensaestopas y empaquetadura de teflón o teflón/amianto sin lubricante para temperatura por debajo de 230 °C. Para temperaturas superiores a 230 °C o iguales llevarán empaquetadura de amianto grafitado con grasa lubricante y válvula de aislamiento.

10.5. Dimensionamiento.

La pérdida de carga creada por una válvula de control en condiciones de servicio normales deberá ser como mínimo igual o superior a uno de los siguientes valores:

- 30 % de la pérdida de carga total del sistema al que pertenece.
- En el caso de una válvula de control instalada en un circuito de bombeo el 10% de la altura manométrica de la bomba.
- En las condiciones de servicio normales el porcentaje de abertura de las válvulas de control no deberá sobrepasar el 80%.

10.6. Posicionadores electroneumáticos.

Las válvulas de control se preverán con posicionadores electroneumáticos, con señal de accionamiento 4 – 20 mA, señal de indicación de posición 4 – 20 mA y señales de posición final de la válvula (válvula totalmente abierta/cerrada).

En la situación de fallo en el actuador, ya bien sea por fallo eléctrico en la señal de control o accionamiento (circuito abierto en la señal analógica de control), fallo en el suministro de aire comprimido, rotura de la membrana, ... la válvula tomará su posición de seguridad:

- Normalmente cerrada, ATC o a fallo cierra (FC): Los muelles del actuador se encargan de cerrar la válvula.
- Normalmente abierta, ATO o a fallo abre (FA): Los muelles del actuador se encargan de abrir la válvula en caso de fallo.

10.7. Actuadores.

Los actuadores deberán calcularse de forma que se puedan obtener los valores de fuga según la norma mencionada ANSI B16.104/1.976 para poder conseguir la presión especificada en la superficie del asiento; además serán capaces de abrir y cerrar la válvula bajo presiones totalmente inestables, sobrándoles una reserva de fuerza de impulsión de al menos el 20% de la requerida en las condiciones máximas nominales y para cualquier punto de la carrera.

Los actuadores para todos los circuitos de control de lazo abierto y cerrado serán de tipo eléctrico o neumático; preferiblemente se utilizarán actuadores neumáticos. Se admiten actuadores eléctricos para válvulas todo nada con bajo nº de ciclos (<500 ciclos/año).

Todos los actuadores serán capaces de operar con temperatura ambiente de - 10 °C a + 60 °C.

10.7.1. Actuadores neumáticos.

Los actuadores neumáticos para válvulas de regulación estarán dotados con un filtro manorreductor, con manómetro en el lado de entrada al filtro manorreductor, manómetro en el lado de presión reducida y manómetro en el lado del aire de control de la válvula

Podrán instalarse actuadores según las condiciones requeridas de servicio de forma que a fallo de aire queden en la última posición, incorporando los elementos necesarios para conseguir esta actuación.

Los actuadores neumáticos para válvulas todo/nada, deberán estar dotados de electroválvulas para el aire de instrumentación con señal de mando a 24 Vcc. con el siguiente criterio:

Actuador neumático normalmente cerrado

- 0 V.....válvula cerrada (0 %)
- 24 V.....válvula abierta (100 %)

Actuador neumático normalmente abierto

- 24 V.....válvula cerrada (0 %)
- 0 V.....válvula abierta (100 %)

Este criterio podrá ser variado atendiendo a las necesidades del proceso y de acuerdo con la dirección de obra.

Si las electroválvulas están incorporadas en el mismo actuador, se dispondrá a la entrada de las mismas de un filtro manorreductor, con manómetro en el lado de presión reducida.

Las electroválvulas dispondrán de un elemento de pilotaje local para abrir o cerrar la electroválvula manualmente. Este pilotaje podrá dejarse fijo, y no será necesaria una acción constante para cambiar la posición de la válvula.

10.7.2. Actuadores eléctricos.

- **Descripción.**

Podrán ser con alimentación trifásica a 400 V, 50 Hz para la potencia y de 220V, 50Hz para la maniobra o con alimentación de potencia monofásica 220V, 50Hz. En el caso de alimentación trifásica llevarán incorporado el arrancador inversor del motor así como los controles locales y terminales para que puedan conectarse a ellos los elementos de control e indicación remotos.

Deberá ser posible realizar los ajustes de limitadores de par y finales de carrera sin necesidad de quitar las tapas de los compartimientos eléctricos.

- **Características.**

Dimensionamiento.

El actuador estará dimensionado para garantizar el cierre de la válvula contra la máxima presión diferencial de diseño, y dispondrá de un margen de seguridad que garantice que dispone de suficiente fuerza para accionar el limitador de par, regulado al máximo, cuando la tensión en bornes sea el 90 % de la nominal. A menos que se especifique lo contrario en la hoja de datos de la válvula motorizada, el tiempo de operación será de 4-5 segundos por pulgada de paso nominal de la válvula.

Motor.

El motor eléctrico tendrá aislamiento clase F (tropicalizado) y podrá operar continuamente a un tercio de su carga nominal, partiendo de una temperatura ambiente de 40 grados centígrados, durante 15 minutos o dos veces el tiempo de operación de la válvula, cualquiera que sea el mayor.

Se dispondrá de las siguientes protecciones al motor:

- Protección magnetotérmica
- Protección por limitación de par.
- El motor se desconectará automáticamente si la válvula se encuentra clavada en el momento del desasiento.
- Dispondrá de un termostato que desconecte el motor si se alcanza una sobre temperatura.
- Se desconectará el motor si se pierde una fase (en el supuesto de disponer de una alimentación trifásica).

Engranajes.

Irán alojados en carcasa totalmente cerrada y llena de aceite que permita el montaje del actuador en cualquier posición. Todos los engranajes en la cadena cinemática motor-vástago de la válvula serán metálicos. Cuando el actuador vaya a operar válvulas de compuerta, bola o macho de gran diámetro, dispondrá de un dispositivo que produzca el efecto martillo al desasentar la válvula.

Para válvulas de vástago ascendente, la columna central del actuador será hueca para permitir que el vástago pase a través de ella y dispondrá de cojinetes de bola o rodillo en la base para que se pueda abrir la carcasa para inspección o reparación sin tener que liberar el empuje, o dejar la válvula fuera de servicio.

Operación manual.

Para operación de emergencia se proveerá un volante de accionamiento manual que se embragará por medio de una palanca o medio similar. El accionamiento a motor se restablecerá automáticamente al energizarse éste y en ningún caso hará girar el volante. La palanca de embrague podrá ser fijada por medio de un candado en posición manual o en automático.

Será posible y no se provocarán daños a los engranajes, el operar la palanca de embrague mientras el motor está en marcha o al arrancar el motor cuando la palanca de embrague está fijada en manual.

El accionamiento del volante será independiente de los engranajes del motor y será preferiblemente directo, permitiendo en todo caso, que la válvula pueda operarse a volante en un tiempo razonable. A menos que se especifique lo contrario, la válvula se cerrará girando el volante en el sentido de las agujas del reloj.

Tuerca de arrastre.

El actuador irá dotado de una tuerca de arrastre fácilmente desmontable para su mecanización. Normalmente la tuerca de arrastre irá montada en una base desmontable. Los cojinetes de empuje irán alojados en dicha base y no necesitarán lubricación periódica.

Limitador de par y final de carrera.

Los rangos de ajuste serán:

- Carrera: Entre 0.5 y 100.0 vueltas con una resolución de 15 grados de rotación del eje de salida del actuador.
- Par: Entre el 40 % y el 100 % del par nominal.
- El dispositivo limitador del par dispondrá de un enclavamiento que impida que actúe durante el desasiento o durante el arranque en mitad de carrera con cargas de elevada inercia.
- El circuito eléctrico del actuador no variará dependiendo del tipo de válvula.

Señales de control

El actuador deberá poder ofrecer de las siguientes señales de control:

- Finales de carrera de posición final de la válvula abierta/cerrada.
- Contactos de señal de enclavamiento por paro de emergencia, señal de bloqueo desde el sistema de control o enclavamiento.
- Contactos de señal del estado del actuador eléctrico: Operativo, Bloqueado, En Fallo...
- Señal de consigna de posición de la válvula mediante señal 4...20 mA.
- Señal de indicación de posición de la válvula mediante señal 4...20 mA.

Las señales de control también podrán ser gestionadas mediante comunicación con el bus de campo PROFIBUS DP.

Indicador de posición local.

El ofertante indicará en sus esquemas de proceso, aquellos actuadores que en función del servicio a desarrollar deban incorporar adicionalmente el sistema de posicionado.

El actuador dispondrá de una pantalla que muestre la posición porcentual en incrementos del 1%. Además, dispondrá de lámparas que indiquen la posición por medio de un código (a modo de ejemplo: rojo = cerrada, ámbar = intermedia, verde = abierta).

Estación de mando local.

El actuador dispondrá de una estación de mando integrada que permita realizar localmente las operaciones de abrir, cerrar y parar. Dispondrá de selector Local/Remoto que pueda fijarse mediante candado en las siguientes tres posiciones: Control local, Fuera de Servicio (operación eléctrica deshabilitada), Control remoto con posibilidades de paro de emergencia o de paro local cambiando el selector de modo de funcionamiento. Se podrá seleccionar que el control local sea mantenido o no mantenido.

Protección.

Los actuadores irán sellados con juntas tóricas de modo que su envoltorio sea IP68. Además, el bloque de terminales dispondrá de una junta tórica que aisle el motor y todos los componentes internos, del ambiente incluso con la tapa de compartimento de terminales quitada o si las entradas de cables presentan ingreso de humedad.

La envoltorio permitirá el almacenamiento temporal a la intemperie sin conexión eléctrica alguna.

La tornillería externa será de acero inoxidable.

Los actuadores que vayan a ser instalados en área clasificada serán también antideflagrantes de acuerdo con la UNE EN 60079.

11. ELECTROVÁLVULAS.

En líneas de proceso sólo se utilizarán para servicios con presiones bajas, diámetros nominales menores de 1½", temperaturas menores de 40 °C y actuaciones todo/nada.

Se podrán utilizar como válvulas de pilotaje de otras válvulas o actuadores accionados neumáticamente (aire) o hidráulicamente (aceite) para temperaturas, presiones y diámetros superiores.

Las válvulas pilotadas deberán disponer de contactos de señal de su posición, serán contactos de señal libres de potencial.

La tensión de alimentación de las bobinas de las electroválvulas será de 24 Vcc cuando su potencia consumida sea inferior o igual a 30 W. Para potencias superiores a 30 W las bobinas de las electroválvulas serán a 230 Vca.

12. DOCUMENTACIÓN.

El suministrador deberá proporcionar la siguiente documentación de los equipos:

- Hojas de datos.
- Hojas de especificación.
- Planos de dimensiones y detalles de tomas de proceso.
- Esquemas de conexionado eléctrico y de control.
- Planos de montaje (hook-ups) incluyendo listas completas de los materiales y accesorios de montaje de los instrumentos.
- Especificaciones de soldadura y procedimientos de montaje.
- Hojas de precalibración en fábrica.
- Listas de repuestos con sus códigos.
- Catálogos de todos los equipos incluidos en el suministro.
- Manual de operación y mantenimiento de todo el suministro contratado.
- Documentación técnica de los equipos comprados a terceros.
- Documentos para la formación de los operadores.
- Instrucciones detalladas del transporte, almacenamiento, montaje, pruebas, puesta en marcha, operación y seguridad.