



MANUAL DE OPERACIÓN

Medidor de Flujo Másico Coriolis

Serie FE2

Medición directa de flujo másico, densidad y temperatura por efecto Coriolis

Líquidos · Lodos y suspensiones · Aceites y grasas · Productos alimentarios · Ácidos y bases



Comercializadora Tecnométrica, S.A. de C.V.

Instrumentación industrial y científica de medición

www.tecnometrica.com.mx

Documento de referencia técnica para el usuario final

Contenido

1. Descripción general.....	3
1.1 Presentación.....	3
1.2 Alcance de este documento	3
1.3 Principio de operación	3
1.4 Características.....	4
1.5 Aplicaciones.....	4
1.6 Configuraciones disponibles.....	4
2. Seguridad.....	5
2.1 Instrucciones generales.....	5
2.2 Precauciones eléctricas.....	5
2.3 Protección ambiental del equipo	6
3. Marco normativo y validez metrológica	6
3.1 Exactitud declarada	6
3.2 Trazabilidad de la calibración de fábrica	6
4. Especificaciones técnicas	6
5. Rango de medición y curva de exactitud.....	7
6. Forma y dimensiones de instalación.....	7
7. Requisitos de instalación.....	8
7.1 Estructura del sensor.....	8
7.2 Selección del lugar de instalación	8
7.3 Tramos rectos.....	9
7.4 Diseño de bypass	9
7.5 Dirección de flujo	9
7.6 Orientación de instalación	9
7.7 Conexión a proceso.....	9
7.8 Fijación de sensores de gran calibre.....	9
7.9 Notas adicionales de instalación	10
7.10 Instalación del convertidor	10
8. Descripción de terminales	10
8.1 Terminales de alimentación.....	11
8.2 Terminales de señal y comunicación	11
9. Programación del convertidor.....	11
9.1 Pantalla principal (modo de medición)	11
9.2 Definición de botones	11
9.3 Estructura de menús	11
9.4 Puesta en marcha (depuración)	12
9.5 Calibración de punto cero.....	13
10. Diagnóstico y solución de fallas	13
10.1 Alarma de parada de oscilación	13
10.2 Caudal cero con fluido circulando por la tubería	13
10.3 Lectura fluctuante	13
10.4 Deriva de cero	13
11. Soporte técnico	13

Anexo A. Lista de verificación de puesta en marcha	14
A.1 Antes de instalar	14
A.2 Instalación	14
A.3 Conexionado	14
A.4 Configuración y línea base.....	14

1. Descripción general

1.1 Presentación

Los medidores de flujo másico basados en el efecto Coriolis miden de forma directa el flujo másico del fluido con alta exactitud. El tubo de medición trabaja con una vibración de muy baja amplitud y constituye un componente inactivo del proceso. Es un instrumento de medición de alta precisión, sin obstrucciones ni partes móviles en la línea de medición.

Los medidores de la serie FE2 operan por efecto Coriolis y adoptan el diseño clásico de doble tubo paralelo en U. Están disponibles para medir el flujo de diversos líquidos, lodos y suspensiones residuales, así como aceites y grasas, colorantes, suspensiones, leche con chocolate, mantequilla y sales de carácter ácido-base. El equipo mide simultáneamente el flujo másico, la densidad y la temperatura del fluido, sin necesidad de cálculo ni estimación manual. La conductividad, la densidad, la presión y la temperatura del fluido no afectan la medición de flujo.

1.2 Alcance de este documento

Las secciones 1 y 4 a 10 corresponden a las especificaciones, la instalación, el conexionado, la programación y el diagnóstico del equipo. Las secciones 2, 3 y 11 incluyen las instrucciones de seguridad, el marco metrológico y el soporte técnico desarrollados por Tecnométrica como apoyo al usuario. El Anexo A es material de trabajo para la puesta en marcha.

Antes de iniciar

Confirme que el punto de instalación cumple la clasificación de área indicada en la placa del equipo (grado anti explosión). Consulte la sección 2.

El tubo de medición debe permanecer lleno de líquido, sin burbujas de gas, en todo momento de operación.

La calibración de cero exige que el fluido pueda quedar completamente estático dentro del sensor. Prevea válvulas de bloqueo o un lazo de bypass, conforme a la sección 7.4.

Para diámetros grandes, el peso del equipo requiere soportes independientes de la tubería. La carcasa del sensor no debe soportar la tubería.

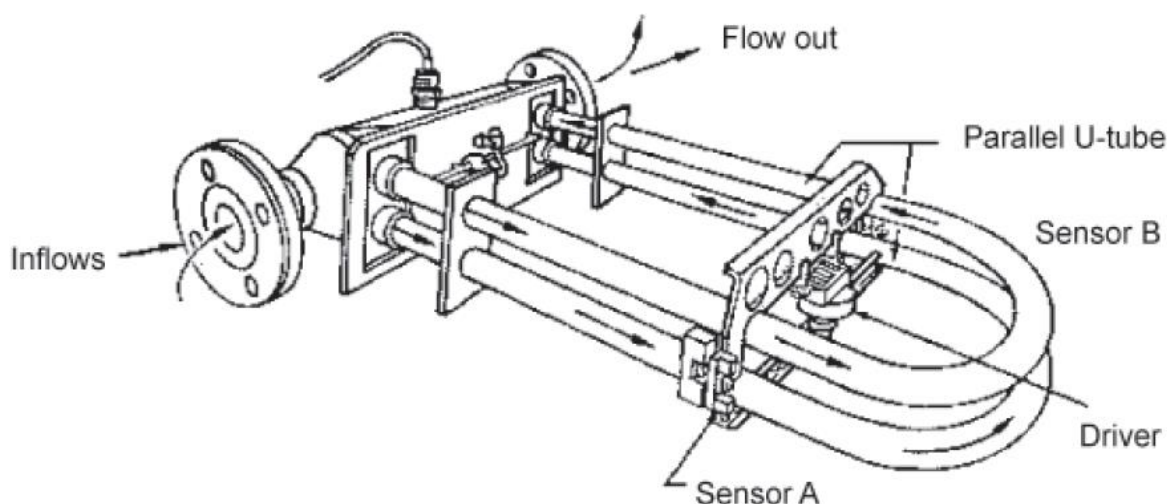
1.3 Principio de operación

Medición de flujo

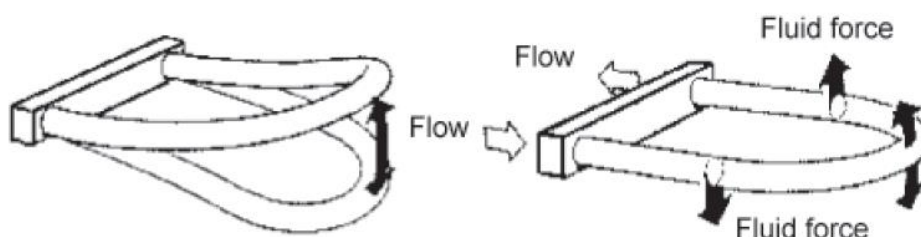
El medidor másico mide el flujo del medio conforme al efecto Coriolis. La fuerza de Coriolis, parámetro central del medidor másico, es la fuerza que actúa sobre un cuerpo que se desplaza en línea recta dentro de un sistema en rotación.

Un sistema de excitación electromagnético hace vibrar el tubo de medición en U a una frecuencia fija. Al circular el fluido, este se ve obligado a acompañar el movimiento vertical del tubo. En la primera mitad del ciclo de vibración el tubo se mueve hacia arriba: el fluido genera una fuerza de reacción descendente antes del punto de excitación, que se opone al movimiento del tubo, mientras que después del punto de excitación la fuerza es ascendente y acelera el movimiento. La combinación de estas fuerzas produce una distorsión del tubo de medición, cuyo sentido se invierte en la otra mitad del ciclo.

El grado de distorsión del tubo es proporcional al flujo másico que circula. En ambos lados del punto de excitación se instalan detectores electromagnéticos (sensores A y B) que miden la diferencia de fase del movimiento, directamente proporcional al flujo másico. En la estructura de doble tubo en U, los dos tubos vibran en sentido opuesto, con una diferencia de fase de 180°, lo que equilibra el sistema mediante vibración contraria.

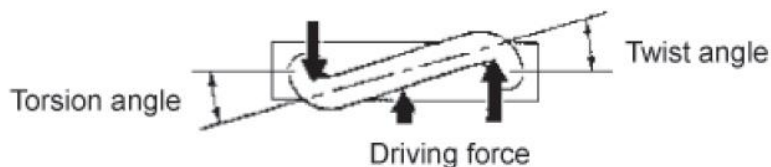


}



A. Sensor Tube in Vibration

B. The force acting on a sensor tube while moving upward



C. Sensor End View Representing Force Couple and Tube Distortion

La fuerza de Coriolis se expresa como: $F_c = 2 \cdot \Delta m \cdot (v \cdot \omega)$

Símbolo	Magnitud
F_c	Fuerza de Coriolis
Δm	Masa del objeto en movimiento
v	Velocidad radial en rotación o vibración
ω	Velocidad angular

Medición de densidad

El tubo de medición oscila de manera continua a su frecuencia de resonancia, la cual varía con la densidad del medio. Dado que la frecuencia de resonancia es función de la densidad, el convertidor calcula la densidad del medio a partir de este principio.

Medición de temperatura

Un sensor de temperatura instalado en el interior del medidor mide la temperatura del medio en tiempo real.

1.4 Características

- Medición directa de flujo másico, densidad y temperatura del medio.
- Alta exactitud de medición y amplia relación de rango.
- Instalación sin requisitos de tramos rectos de tubería.
- Operación segura y confiable, sin mantenimiento en sitio.
- Operación sencilla y display claro.
- Interfaz con selección de idioma.

1.5 Aplicaciones

- Diversos líquidos, incluidos aceites, grasas y colorantes.
- Lodos, suspensiones y residuos en suspensión.
- Productos alimentarios, como leche con chocolate y mantequilla.
- Sales y soluciones de carácter ácido-base.

1.6 Configuraciones disponibles

Configuración	Descripción	Consideración
Convertidor integral	El convertidor se monta directamente sobre el sensor.	Requiere acceso físico al punto de instalación para leer y configurar.
Convertidor remoto	El convertidor se monta separado del sensor y se conecta mediante cable de separación.	El cable estándar es de 10 m; la longitud máxima en campo no debe exceder 20 m. El convertidor debe quedar alejado de fuentes de vibración e interferencia electromagnética.
Montaje mural convencional	Convertidor de pared no antiexplosión.	Solo puede instalarse en área segura.
Montaje mural antiexplosión	Convertidor de pared a prueba de flama.	Puede instalarse en áreas que cumplan lo indicado en la placa de datos.

2. Seguridad

Clasificación de área y grado antiexplosión

El grado antiexplosión del equipo es Ex d ib IIC T6. El sensor y el convertidor solo deben instalarse en áreas cuya clasificación coincida con la indicada en la placa de datos.

El convertidor de montaje mural convencional NO es antiexplosión y únicamente puede instalarse en área segura. El convertidor de montaje mural a prueba de flama puede instalarse en las áreas que cumplan lo indicado en la placa.

Verifique la placa de datos antes de definir el punto de instalación. Ante cualquier duda sobre la clasificación del área, contacte a Tecnométrica.

2.1 Instrucciones generales

- Lea este manual con cuidado antes de utilizar el producto y consérvelo para referencia futura.
- Despresurice y drene la línea antes de intervenir el equipo.
- No exceda la presión nominal correspondiente al diámetro del equipo, conforme a la tabla de dimensiones de la sección 6.

- Asegure que el tubo de medición permanezca lleno de líquido y sin burbujas durante la operación.
- En medios gasificables (por ejemplo, gas licuado de petróleo o propileno), garantice que la presión de la línea sea mayor que la presión de vapor saturado del medio; instale la válvula de control y demás componentes aguas abajo del sensor.
- En diámetros grandes, provea soportes independientes de la tubería. La carcasa del sensor no debe soportar la tubería.

2.2 Precauciones eléctricas

- Verifique la tensión de alimentación antes de energizar. El equipo admite 85 a 265 V CA, o bien 18 a 36 V CD, según el cableado.
- Nunca conecte alimentación de corriente alterna a las borneras de corriente directa ni viceversa.
- Conecte la puesta a tierra del sensor con conductor de cobre de 2.5 mm² o mayor, con impedancia de línea menor a 1 ohm. De ser posible, use una tierra dedicada y no la comparta con equipos eléctricos de alta potencia.
- Instale el cableado de señal y de comunicación separado de los conductores de potencia, para reducir el acoplamiento de ruido eléctrico.
- Mantenga el equipo alejado de fuentes de interferencia y vibración, como variadores de frecuencia, transformadores y motores eléctricos.
- Respete los límites de carga de las salidas de corriente y de pulso indicados en la sección 8.

2.3 Protección ambiental del equipo

- Cuando el equipo se instale en exterior, tome precauciones contra la exposición directa al sol y a la lluvia.
- Las entradas de cable del convertidor no deben quedar orientadas hacia arriba. Instale un lazo de goteo en el cable o tubería de entrada para evitar el ingreso de líquido.
- Evite la condensación y la humedad excesiva en el alojamiento. Selle por completo las entradas de cable tras el cableado y no retire el anillo de sellado del alojamiento.
- Ubique el convertidor a menos de 10 m del sensor, fuera de zonas de vibración e interferencia electromagnética.

3. Marco normativo y validez metrológica

Esta sección precisa el alcance metrológico del equipo. Su lectura es indispensable antes de ofertarlo en una licitación o de destinarlo a facturación.

3.1 Exactitud declarada

Concepto	Valor declarado
Clases de exactitud disponibles	± 0.1 %, ± 0.15 %, ± 0.2 % y ± 0.5 %
Relación de rango	1:20
Condiciones de referencia	Agua a 20 °C

3.2 Trazabilidad de la calibración de fábrica

El valor de cero y el factor de velocidad Kv de cada diámetro se determinan durante la calibración en fábrica y se corresponden con los valores de la sección 5. Los parámetros de calibración del instrumento se ajustan en fábrica antes de la entrega.

Conserve el registro de los parámetros de la placa de datos. Constituyen la referencia contra la cual se verifica si el equipo ha sido reconfigurado, y son el primer punto de revisión ante una lectura desviada. La calibración de cero en campo se ejecuta conforme a la sección 9.5.

4. Especificaciones técnicas

Parámetro	Especificación
Medio de medición	Líquido
Diámetro nominal	DN3 a DN150
Temperatura del medio	-50 a 200 °C
Grado de presión	4.0, 10.0, 16.0, 25.0 y 42.0 MPa; 150 LB, 300 LB y 600 LB. Otros valores bajo acuerdo.
Temperatura ambiente	Sensor: -40 a 65 °C. Convertidor: -15 a 55 °C
Exactitud de medición	± 0.1 %, ± 0.15 %, ± 0.2 % o ± 0.5 %
Relación de rango	1:20
Modo de conexión	Bridada y roscada
Alimentación	85 a 265 V CA, o 18 a 36 V CD
Consumo total	Menor a 2 W
Señal de salida	4 a 20 mA (opcional con HART)
Salida de frecuencia	0 a 10 kHz
Comunicación serial	RS-485
Protocolo de comunicación	Modbus
Grado de protección	IP65 con IP67 disponible en versión remota
Grado antiexplosión	Ex d ib IIC T6 (Ex db ia IIC T6 Gb disponible bajo pedido)
Material del tubo de medición	Acero inoxidable 316L, titanio o Hastelloy C

5. Rango de medición y curva de exactitud

Los parámetros de la tabla siguiente corresponden a agua a una temperatura de 20 °C.

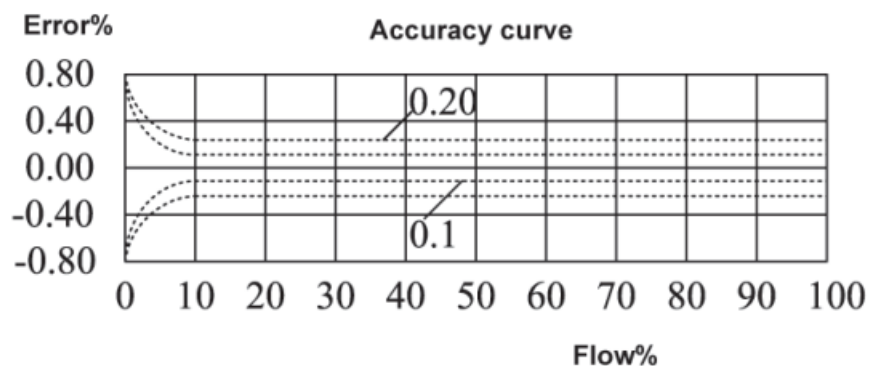
Calibre (mm)	Rango de caudal (kg/min)	Rango recomendado (kg/min)	Cero (kg/min)	Factor Kv	Pérdida de presión (MPa)
3	0 a 3	0.2 a 3	0.0011	2.19	0.332
6	0 a 15	1 a 10	0.004	0.6	0.191
10	0 a 30	2 a 20	0.006	0.23	0.143
20	0 a 70	5 a 60	0.014	0.15	0.265
25	0 a 200	16 a 160	0.04	0.067	0.262
32	0 a 360	30 a 300	0.07	0.033	0.183
40	0 a 500	40 a 400	0.10	0.022	0.148
50	0 a 1200	100 a 1000	0.24	0.011	0.132
80	0 a 3000	200 a 2000	0.52	0.0042	0.092
100	0 a 5000	300 a 3000	0.71	0.0025	0.092

Calibre (mm)	Rango de caudal (kg/min)	Rango recomendado (kg/min)	Cero (kg/min)	Factor Kv	Pérdida de presión (MPa)
150	0 a 11000	800 a 11000	1.21	0.00106	0.063

Para agua a otra temperatura o para otros medios, la pérdida de presión al caudal alto puede estimarse, a igual flujo másico, mediante la fórmula:

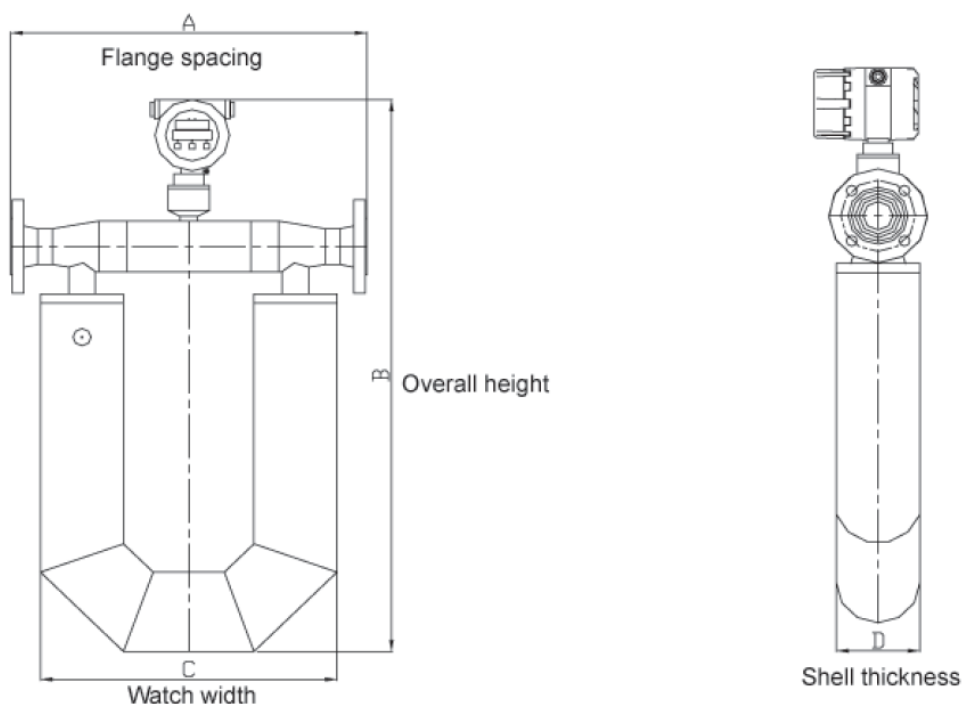
$$\Delta P = \Delta P_s \times (\mu / \mu_s)^{0.45} \times (\rho_s / \rho)$$

Donde μ es el coeficiente de viscosidad del fluido, ρ es su densidad, y el subíndice s indica el valor correspondiente al agua a 20 °C.



6. Forma y dimensiones de instalación

El medidor másico FE2 se compone del sensor de flujo másico y del convertidor. La forma y las dimensiones de instalación del sensor se indican a continuación.



Presión	DN (mm)	A	B	C	D	Conexión	Peso (kg)
4 MPa	3	—	190	180	50	M14×1.5	3
4 MPa	6	—	222	165	50	M22×1.5	3.7
4 MPa	10	—	305	200	60	M22×1.5	5.6
4 MPa	15	380	320	320	108	Brida JB/T82.1-94	14
4 MPa	25	540	690	385	108	Brida JB/T82.1-94	21
4 MPa	32	540	690	420	108	Brida JB/T82.1-94	28
4 MPa	40	560	920	500	159	Brida JB/T82.1-94	36
4 MPa	50	560	920	500	159	Brida JB/T82.1-94	60
4 MPa	80	810	1240	770	219	Brida JB/T82.1-94	116
4 MPa	100	810	1240	770	219	Brida JB/T82.1-94	175
4 MPa	150	1092	1830	1100	412	Brida JB/T82.1-94	360
25 MPa	10	—	305	200	60	M22×1.5	6
16 MPa	25	480	440	385	104	Brida JB/T82.1-94	22
10 MPa	40	610	562	444	124	Brida JB/T82.1-94	37

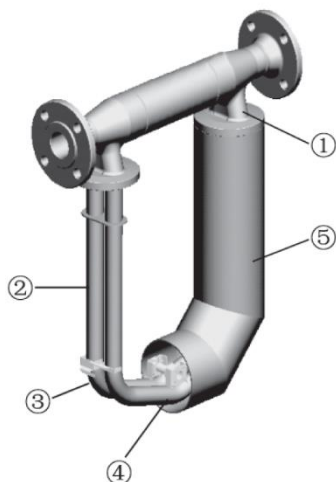
Se pueden acordar requisitos especiales.

7. Requisitos de instalación

7.1 Estructura del sensor

El sensor de la serie FE2 se compone del tubo de medición, el dispositivo de excitación del tubo, el detector de posición, la estructura de soporte, el sensor de temperatura y la carcasa.

1. Estructura de soporte: el tubo de medición se fija sobre la estructura de soporte, que actúa como eje de vibración del sistema.
2. Tubo de medición (tubo de vibración): consta de dos codos paralelos.
3. Detector de posición: detecta la distorsión del tubo de medición.
4. Dispositivo de excitación: genera la fuerza electromagnética que hace oscilar el tubo cerca de su frecuencia de resonancia.
5. Carcasa: protege el tubo de medición, el dispositivo de excitación y el de detección.



7.2 Selección del lugar de instalación

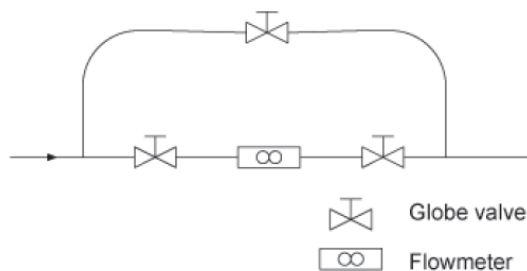
- Manténgalo alejado de equipos de variación de frecuencia y de interferencia electromagnética intensa; evite zonas de vibración.
- Antes de operar, asegure que el fluido pueda quedar estático dentro del sensor en cualquier momento. Para calibrar el cero, el fluido debe estar completamente estático y el tubo lleno.
- Durante la operación, el sensor debe permanecer lleno de líquido, sin burbujas.
- El área de instalación debe cumplir la clasificación antiexplosión indicada en la placa.

7.3 Tramos rectos

En teoría no existe un requisito especial de tramos rectos aguas arriba y aguas abajo, ya que el medidor másico es insensible a la distribución del perfil de velocidad. No obstante, para lograr una mejor estabilidad de medición, se recomienda dejar de 3 a 5 veces el diámetro de tubería recta antes y después del instrumento. Si las condiciones no lo permiten, procure que exista tramo recto al menos aguas arriba.

7.4 Diseño de bypass

Se recomienda diseñar una línea de bypass con las válvulas correspondientes para facilitar la calibración de cero y el mantenimiento periódico del instrumento.

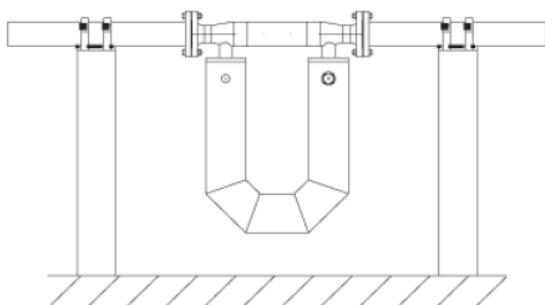


7.5 Dirección de flujo

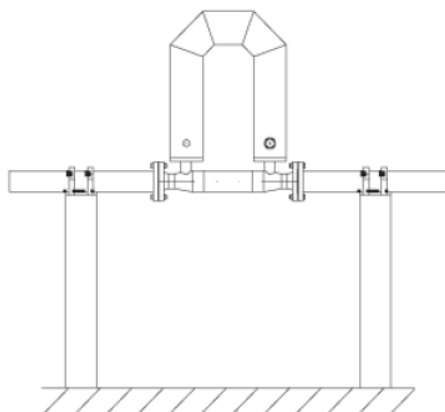
El sensor debe instalarse en tubería horizontal o vertical. En tubería horizontal no existe requisito de dirección de flujo, siempre que se respete la marca de dirección indicada en la placa del sensor durante la instalación. En tubería vertical, el fluido debe pasar por el medidor de abajo hacia arriba.

7.6 Orientación de instalación

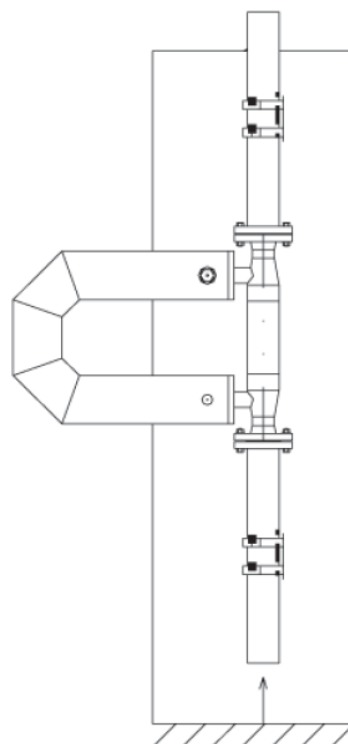
Para medir líquido, la carcasa del sensor debe instalarse hacia abajo o en montaje tipo bandera (flag), a fin de evitar la acumulación de gas en el tubo de medición. Para medir lodos, se admite el montaje tipo bandera o con la carcasa hacia arriba.



Sensor housing facing down



Sensor housing facing up



Flag installation

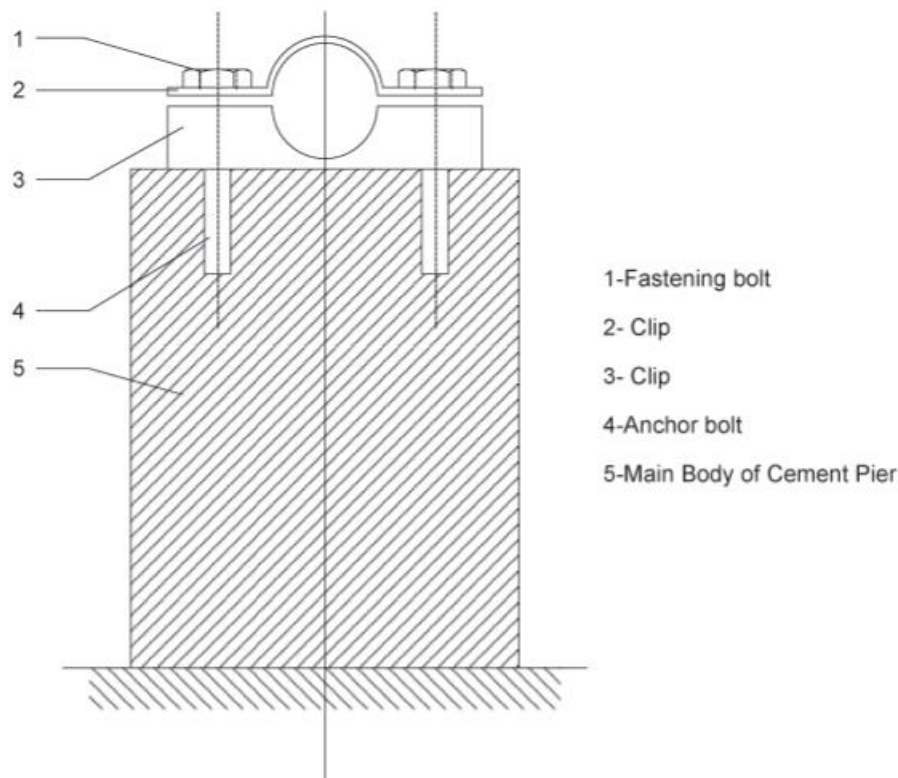
7.7 Conexión a proceso

Para diámetros DN15 y superiores, la conexión es bridada. En la instalación de tubería nueva se recomienda: conectar la brida del extremo de tubería con la brida del instrumento; soportar la carcasa del sensor de modo que la brida de proceso quede exactamente sobre el eje de la tubería; fijar la brida del extremo de tubería mediante puntos de soldadura, con el menor número de cordones posible; retirar el sensor y soldar por completo la brida, cuidando no cambiar su ángulo; finalmente, fijar el sensor.

Para diámetros inferiores a DN15, la conexión a proceso es roscada. Se pueden suministrar accesorios de conexión rígida o flexible según se requiera; indíquelo al momento del pedido.

7.8 Fijación de sensores de gran calibre

Los sensores de gran calibre tienen dimensiones externas mayores. Si el espacio de instalación es insuficiente, puede excavarse un foso de tamaño y profundidad adecuados. Para estos sensores se recomienda el método de pedestal de concreto con abrazaderas. Ponga atención en los soportes de tubería y las abrazaderas instaladas a ambos lados del sensor sobre la misma superficie de conexión; el soporte debe tener rigidez y resistencia suficientes.



7.9 Notas adicionales de instalación

- Al instalar el sensor, evite forzar la alineación y no aplique par ni momento de flexión excesivos al cuerpo del sensor. El sensor y la tubería deben ser coaxiales para lograr el menor esfuerzo posible.
- Si la tubería presenta vibración fuerte que no puede eliminarse, utilice juntas de expansión o mangueras para aislar el sensor de esa vibración.
- En medios líquidos gasificables, asegure que la presión de línea supere la presión de vapor saturado del medio, e instale la válvula de control aguas abajo del sensor.
- Si es necesario purgar la tubería, retire el instrumento.
- Aterrice correctamente el sensor con conductor de cobre de 2.5 mm² o mayor, con impedancia menor a 1 ohm; de ser posible, use tierra dedicada.
- La tubería no debe ser soportada por la carcasa del sensor.

7.10 Instalación del convertidor

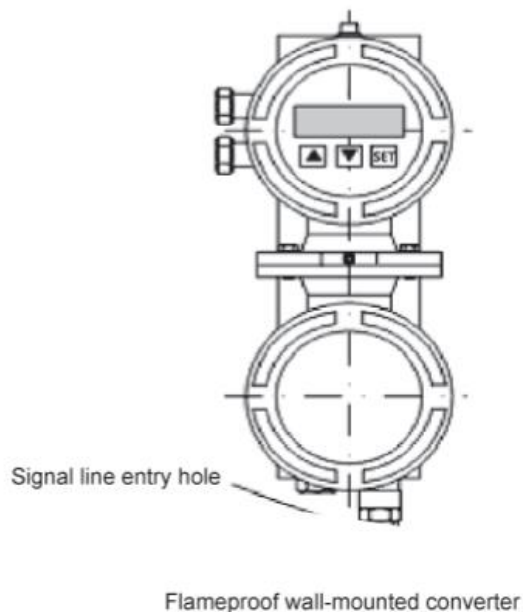
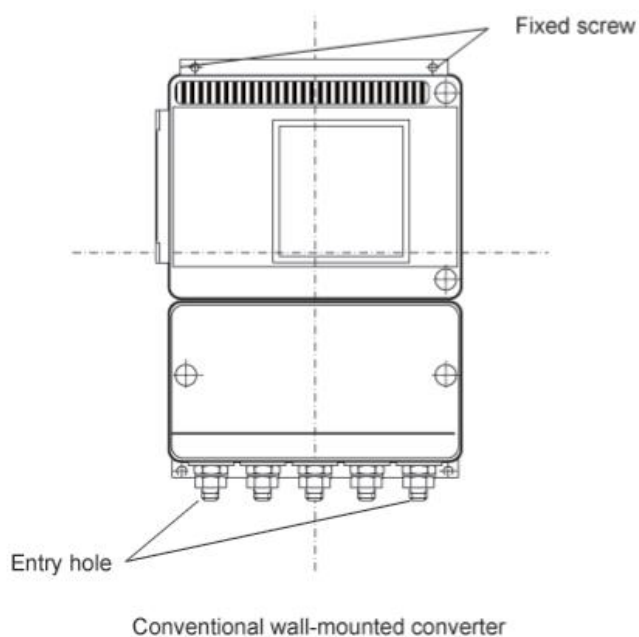
La posición del convertidor debe corresponder al grado antiexplosión indicado en la placa; el entorno de instalación debe cumplir los requisitos antiexplosión. El cable de separación estándar es de 10 m; si se requiere otra longitud, indíquelo en el pedido. La longitud máxima en campo no debe exceder 20 m.

Determine la ubicación del convertidor de modo que quede alejado de vibración e interferencia electromagnética, a menos de 10 m del sensor. Fíjelo firmemente con perno, sin golpearlo ni sacudirlo. De ser necesario, provéale un blindaje o caja de protección.

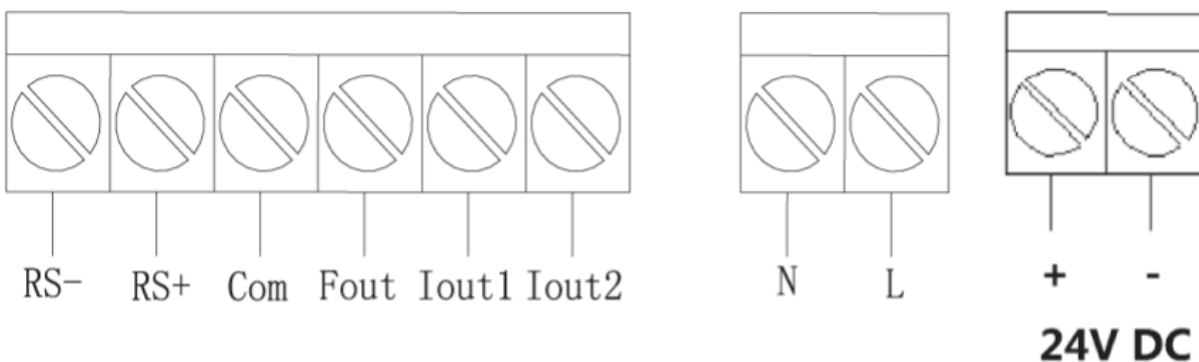
Cableado

- Conecte los cables de alimentación y de salida en estricto apego a la descripción de terminales (sección 8).

- Conecte las líneas de señal del convertidor remoto según la indicación de color; el color del conductor debe corresponder a la marca.
- Evite la condensación o la humedad excesiva en el alojamiento; al terminar el cableado, selle por completo las entradas.
- Conserve íntegro el anillo de goma de sellado del alojamiento; no lo retire.
- Las entradas del convertidor no deben quedar hacia arriba; instale un lazo de goteo para evitar el ingreso de líquido.



8. Descripción de terminales



8.1 Terminales de alimentación

Terminal	Función	Observación
L (1L)	Alimentación CA 85 a 265 V	Fase (L)
N (2N)	Alimentación CA 85 a 265 V	Neutro (N)
+ (1+)	Alimentación CD 18 a 36 V	Positivo (24 V CD +)

Terminal	Función	Observación
- (2-)	Alimentación CD 18 a 36 V	Negativo (24 V CD -)

8.2 Terminales de señal y comunicación

Terminal	Función	Observación
Iout2	Salida 4 a 20 mA de densidad	Resistencia de carga $\leq 550 \Omega$
Iout1	Salida 4 a 20 mA de flujo másico	Resistencia de carga $\leq 550 \Omega$
Fout	Salida de pulso o frecuencia	Amplitud +24 V; corriente de carga $\leq 550 \text{ mA}$
Com	Común de señales	Retorno común de las salidas
RS+	RS-485 Datos +	—
RS-	RS-485 Datos -	—

9. Programación del convertidor

9.1 Pantalla principal (modo de medición)

En modo de medición, la pantalla muestra el caudal instantáneo junto con distintos valores. Presione $\uparrow$ y $\downarrow$ para cambiar entre las pantallas:

- **$\Sigma+$** Caudal instantáneo y acumulación directa.
- **$\Sigma-$** Caudal instantáneo y acumulación inversa.
- **Σ** Caudal instantáneo y acumulación total.
- **Densidad + temperatura** Caudal instantáneo, densidad y temperatura.

9.2 Definición de botones

Botón	Función
$\blacktriangle / \blacktriangledown$	En pantalla de caudal: cambia la interfaz de visualización. En selección de menú: mueve el puntero. Al modificar parámetros: incrementa o decrementa (+1 / -1).
SET	En pantalla de caudal: entra al menú. En menú: entra al submenú. Al modificar parámetros: mueve el cursor.
SET (3 s)	En pantalla de caudal: alterna entre modo de calibración y modo de medición. En menú: regresa al menú superior. Al modificar parámetros: guarda y regresa.

9.3 Estructura de menús

Presione SET para ingresar a la estructura de menús. Los grupos principales son:

Configuración básica

- Unidad de caudal (kg/h, kg/m, t/h, t/m, g/s).
- Resolución de caudal (número de decimales).
- Unidad de totalizador (kg, t).
- Resolución del totalizador.
- Amortiguamiento (damping).

Configuración del sistema

- Idioma.
- Procesamiento de señal: caudal de escala (flujo correspondiente a 20 mA), corte por señal baja, dirección de flujo (unidireccional o bidireccional) y límite superior de densidad (valor correspondiente a 20 mA en salida de densidad).
- Salida de frecuencia: límite superior en Hz (frecuencia correspondiente al caudal de escala), equivalente de pulso (kg por pulso) y ancho de pulso en ms.
- Salida RS-485: protocolo de comunicación, velocidad (baud), modo de verificación y dirección del dispositivo.
- Dirección HART.
- Borrado de acumulación.
- Restaurar configuración de fábrica.

Calibración del instrumento

- Calibración de 4 a 20 mA.
- Calibración de frecuencia de tubo (tubo vacío y tubo lleno).
- Calibración de temperatura (100 Ω y 180 Ω).
- Calibración de densidad (tubo vacío y tubo lleno, en g/L).
- Calibración de punto cero.

Menú de calibración

Los parámetros de calibración se ajustan en fábrica antes de la entrega. La calibración del instrumento es un menú de ingeniería.

En puesta en marcha, por lo general solo es necesario ejecutar la calibración de punto cero (sección 9.5). Para modificar cualquier otro parámetro de calibración, consulte a un ingeniero.

9.4 Puesta en marcha (depuración)

Una vez completados la instalación y el cableado, realice la puesta en marcha:

- Al menos dos personas deben confirmar que la conexión es correcta antes de energizar el instrumento.
- Tras energizar, si el instrumento opera de forma normal, se percibe una vibración leve de alta frecuencia en el cuerpo del sensor. Si el convertidor muestra una alarma, contacte al técnico.
- Después de un periodo de operación, cierre las válvulas anterior y posterior para dejar el sensor lleno de medio y estático. Verifique que el caudal instantáneo indicado sea 0. Si lo es, el punto cero es normal; si no, ejecute la calibración de cero.

9.5 Calibración de punto cero

En la interfaz de medición de caudal, y en cualquier modo de operación, presione simultáneamente los botones ▲ y ▼. En pantalla aparecerá la indicación de calibración de punto cero, con las opciones Sí y No. Presione el botón ▲ para calibrar el punto cero.

El proceso de calibración dura aproximadamente un minuto. Durante ese lapso, mantenga la línea llena y estática; no opere el instrumento ni la tubería.

10. Diagnóstico y solución de fallas

10.1 Alarma de parada de oscilación

- La conexión entre la línea de arranque y la tarjeta de circuito está floja. Verifique que la conexión entre la tarjeta y la línea de arranque sea firme.
- Bobina de vibración abierta. Mida la resistencia de la bobina (conductores negro y azul); el valor esperado es 1040 ohm.
- Daño de la tarjeta de circuito. Contacte al fabricante.

10.2 Caudal cero con fluido circulando por la tubería

- La dirección de flujo configurada no coincide con la dirección real del fluido.
- Alarma de parada de oscilación (consulte la sección 10.1).
- El caudal real es demasiado bajo, por debajo del límite inferior de medición. Aumente el caudal.
- No se ejecutó una calibración de punto cero válida. Calibre el cero conforme a las instrucciones.

10.3 Lectura fluctuante

- El medio contiene una cantidad importante de gas. Instale un separador gas-líquido aguas arriba del instrumento.
- La tubería vibra. Aumente el soporte o instale un elemento flexible para eliminar la vibración.
- El medio presenta flujo pulsante. Ajuste el proceso para establecer un campo de flujo estable.

10.4 Deriva de cero

- Esfuerzo de instalación excesivo. Ajuste la instalación.
- El sensor está en contacto con un objeto externo que dificulta su vibración libre. Mantenga el sensor libre de contacto.
- El medidor no es concéntrico con la tubería. Ajuste la instalación para que la entrada y la salida del instrumento queden concéntricas con la tubería en ambos lados.

11. Soporte técnico

Comercializadora Tecnométrica ofrece venta de equipo con soporte técnico remoto para la selección, configuración y puesta en marcha del medidor másico Coriolis. Para asistencia sobre parámetros de configuración, verificación de la calibración de fábrica o interpretación de alarmas, contacte a Tecnométrica indicando el modelo y los valores de la placa de datos del equipo.

www.tecnometrica.com.mx

Anexo A. Lista de verificación de puesta en marcha

A.1 Antes de instalar

Paso	Verificación	Referencia
1	Confirmar que la clasificación del área coincide con la placa de datos	Sección 2
2	Confirmar el diámetro y el rango de caudal contra el caudal real de operación	Sección 5
3	Confirmar la compatibilidad del material del tubo con el fluido	Sección 4

Paso	Verificación	Referencia
4	Registrar los valores de la placa de datos (cero, Kv, coeficientes)	Sección 3

A.2 Instalación

Paso	Verificación	Referencia
5	Verificar tramos rectos recomendados (3 a 5 D aguas arriba y abajo)	Sección 7.3
6	Confirmar la orientación de montaje según el medio (líquido o lodo)	Sección 7.6
7	Verificar que la flecha de dirección de flujo coincide con el fluido real	Sección 7.5
8	Confirmar que el sensor quedará lleno de líquido, sin acumulación de gas	Sección 7.2
9	Verificar coaxialidad sensor-tubería y ausencia de esfuerzo mecánico	Sección 7.9
10	Instalar bypass y válvulas de bloqueo para calibración de cero	Sección 7.4
11	En sensores de gran calibre, verificar el pedestal y las abrazaderas	Sección 7.8

A.3 Conexionado

Paso	Verificación	Referencia
12	Verificar la tensión de alimentación (CA o CD) antes de energizar	Sección 8.1
13	Ejecutar la puesta a tierra con cobre $\geq 2.5 \text{ mm}^2$, impedancia $< 1 \Omega$	Sección 7.9
14	Conectar las salidas y verificar los límites de carga (Iout $\leq 550 \Omega$; Fout $\leq 550 \text{ mA}$)	Sección 8.2
15	En convertidor remoto, respetar el código de color y el largo de cable ($\leq 20 \text{ m}$)	Sección 7.10
16	Sellar entradas de cable e instalar lazo de goteo	Sección 2.3

A.4 Configuración y línea base

Paso	Verificación	Referencia
17	Configurar unidad y resolución de caudal y de totalizador	Sección 9.3
18	Configurar el caudal de escala (20 mA) según el caudal máximo real	Sección 9.3
19	Configurar salida de frecuencia o pulso y verificarla al caudal máximo	Sección 9.3
20	Asignar dirección de dispositivo y parámetros de puerto RS-485	Sección 9.3
21	Con la línea llena y estática, ejecutar la calibración de punto cero	Sección 9.5
22	Registrar lectura inicial del totalizador y parámetros configurados	Sección 3

Registro de puesta en marcha

Conserve los valores de la placa de datos, la lectura inicial del totalizador y los parámetros configurados obtenidos en la puesta en marcha. Constituyen la línea base contra la cual se evalúa cualquier desviación posterior.