



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**  
**ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”**

**MAESTRÍA EN**  
**ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**  
*Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021*

**PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER**

<b>Título del proyecto:</b>
<b>Implementación de sistema de medida de flujo para líneas de agua, vapor y combustible de la Central Esmeraldas I Seica</b>
<b>Línea de Investigación:</b>
<b>Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable</b>
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
<b>Ingeniería, industria y construcción</b>
<b>Autor/a:</b>
<b>Ing. David Fabrizzio Mena Avilés</b>
<b>Tutor/a:</b>
<b>PhD Maryory Urdaneta Herrera</b>

**Quito – Ecuador**

**2024**

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Maryory Urdaneta Herrera** con C.I: **1759316126** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Implementación de sistema de medida de flujo para líneas de agua, vapor y combustible de la Central Esmeraldas I Seica.**

Elaborado por: **David Fabrizzio Mena Avilés**, de C.I **1721203964**, estudiante de la Maestría: **ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**, resolución: **RPC-SO-09-No.265-2021** de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 19 de marzo de 2024

---

**Firma**

## DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **David Fabrizio Mena Avilés** con C.I: **1721203964**, autor/a del proyecto de titulación denominado: **Implementación de sistema de medida de flujo para líneas de agua, vapor y combustible de la Central Esmeraldas I Seica**. Previo a la obtención del título de Magister en **ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**, resolución: **RPC-SO-09-No.265-2021**.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 19 de marzo de 2024

---

**Firma**

## TABLA DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	7
Contextualización del tema	7
Problema de investigación	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos	8
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	10
1.1. Contextualización general del estado del arte	10
1.2. Proceso investigativo metodológico	12
CAPÍTULO II: PROPUESTA	15
2.1. Fundamentos teóricos aplicados	15
2.1.1. Introducción	15
2.1.2. Descripción de los puntos de instalación	16
2.1.2.1. Línea de vapor	16
2.1.2.2. Línea de combustible	17
2.1.2.3. Línea de agua potable	18
2.1.2.4. Línea de agua de río	19
2.1.3. Sensores propuestos para la implementación	20
2.1.3.1. OPTISWIRL 4200 - Línea de vapor	20
2.1.3.2. OPTIMASS 1400 - Línea de combustible	22
2.1.3.3. WATERFLUX 3050 - Línea de agua potable	23
2.1.3.4. WATERFLUX 3300 - Línea de agua de río	25
2.2. Descripción de la propuesta	26
2.3. Validación de la propuesta	32
2.4. Matriz de articulación de la propuesta	34
2.5. Análisis de resultados. Presentación y discusión	35
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa de trabajos de diversos autores	12
Tabla 2. Datos de validadores	32
Tabla 3. Escala de evaluación. Elaborado por Juan Carlos Silva Acosta	33
Tabla 4. Escala de evaluación. Elaborado por Carlos Jomar Sarabia Herrera	33
Tabla 5. Escala de evaluación. Elaborado por Pablo Ricardo Benavides Ramos	34
Tabla 6. Matriz de evaluación	34
Tabla 7. Validación de medidas de los instrumentos instalados	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipo de sensor de flujo vs Características del fluido	16
Figura 2. Punto de instalación de sensor para línea de vapor	17
Figura 3. Punto de instalación de sensor para línea de combustible	18
Figura 4. Punto de instalación de sensor para línea de agua potable	19
Figura 5. Punto de instalación de sensor para línea de agua de río	20
Figura 6. Sensor OPTISWIRL 4200	22
Figura 7. Sensor OPTIMASS 1400	23
Figura 8. Sensor WATERFLUX 3050	25
Figura 9. Sensor WATERFLUX 3300	26
Figura 10. Diagrama de flujo de la implementación del proyecto	27
Figura 11. Donwload Center de KHRONE	29
Figura 12. Boveto de implementación del sensor para línea de combustible	29
Figura 13. Instalación mecánica de los instrumentos	30
Figura 14. Instalación eléctrica de los instrumentos	31
Figura 15. Insterfaz de configuración de PA	31
Figura 16. Configuración de sensores	32
Figura 17. Sensores en funcionamiento	35

## INFORMACIÓN GENERAL

### Contextualización del tema

A lo largo de la historia de la humanidad, los procesos manufactureros han ido evolucionando constantemente. A partir de 1970, con la primera Revolución Industrial, se dio un salto enorme, pues se fueron creando procesos más complejos al introducir máquinas y fuentes de energía que incrementaron el nivel de producción (QAD, 2023). A raíz de este punto, fue necesario desarrollar equipos capaces de medir variables físicas que indiquen el estado del proceso y permitan controlarlo. Con el avance de la tecnología producido en los últimos siglos, el concepto de automatización industrial fue desarrollándose, hasta el punto de que, en la actualidad la mayor parte de procesos industriales, por más sencillos que sean, necesitan un mínimo nivel de automatización para asegurar su eficiencia y seguridad, para lo cual es indispensable el uso de instrumentos de medida, análisis, registro y control del proceso (Calderón & Sánchez, 2004).

CELEC EP, Corporación Eléctrica del Ecuador, es la empresa pública responsable de proveer del servicio eléctrico en Ecuador, por lo que se encarga de la generación de la energía eléctrica y su posterior transmisión a las empresas de distribución alrededor de todo el país. Esta empresa fue creada el 14 de enero del 2010, a partir de la empresa TRANSELECTRIC, que hasta en ese entonces funcionaba como sociedad anónima. En la actualidad consta de 13 unidades de negocio y la comisión ejecutora Río Coca (CELEC EP, 2019).

La unidad CELEC EP Termoesraldas, ubicada en la provincia de esmeraldas, es la encargada de administrar las centrales térmicas Esmeraldas I de 125KW y Esmeraldas II de 96KW, las cuales generan energía eléctrica utilizando tecnología a vapor. Para la operación de estas centrales térmicas, esta unidad consta de 258 profesionales y 170 obreros (CELEC EP, 2023).

La implementación de cualquier sistema de automatización es una tarea multidisciplinaria, lo que significa que es necesaria la participación de profesionales de varios campos de la ingeniería para automatizar un proceso. Al hablar de procesos que requieren la automatización y supervisión del flujo de un producto, se requiere personal del área química por sus conocimientos del proceso a automatizar, personal del área de la automatización para realizar el diseño y posterior configuración del sistema de automatización, personal del área eléctrica para realizar el diseño e implementación del sistema eléctrico para la conexión de los instrumentos y equipos, y personal del área mecánica para realizar la instalación mecánica de los instrumentos y equipos en el proceso.

## **Problema de investigación**

Actualmente, la Central Térmica Esmeraldas I (CTE I) no dispone de medidas de flujo en diversas tuberías de agua, vapor y combustible, lo que vuelve imposible realizar una estimación de la eficiencia real de la central.

En el estado actual, no es posible determinar el consumo real de combustible en la caldera, debido a la falta de medida de flujo en la vía de retorno de combustible hacia las bombas. Tampoco se dispone de la medida de flujo en la línea de suministro de vapor hacia la Central Térmica II (CTE II), por lo que este consumo es asumido por la CTE I. Además, no existe medida del caudal de ingreso de agua potable a CTE I desde la empresa de agua potable local, por lo cual es imposible conocer el consumo exacto de agua potable en la central. Finalmente, para la lectura de flujo totalizado de ingreso de agua de río al Clarificador de la Planta de Tratamiento de Agua no se dispone de un medidor adecuado, pues el instrumento actual se ve afectado por el flujo turbulento proveniente del agua de río y no realizada una medida confiable.

De continuar con la ausencia de las medidas de flujo antes mencionadas, se corre el riesgo de no disponer de los consumos de agua, vapor y combustible reales de la CTE I, lo que impedirá obtener una adecuada estimación de la eficiencia de esta, afectando considerablemente sus índices de desempeño.

Por esta razón, es necesario realizar un análisis del proceso en los puntos donde se requiere la medida de flujo, realizar el estudio para determinar los sensores adecuados para cada punto y realizar la implementación de los instrumentos. De esta manera, se logrará obtener las medidas de flujo para posteriormente enviarlas a un sistema de control centralizado y realizar el análisis correspondiente para la mejora de la eficiencia de la CTE I.

## **Objetivo general**

Implementar un sistema de medida de flujo para líneas de agua, vapor y combustible de la Central Esmeraldas I Seica.

## **Objetivos específicos**

- Contextualizar los fundamentos teóricos sobre las líneas de flujo que requieren de una medida de flujo.
- Determinar el tipo de sensor de flujo adecuado para cada punto donde se requiere obtener la medida de flujo.
- Implementar los sensores de flujo en los puntos planificados con la instalación eléctrica y mecánica.



- Realizar pruebas para validar el correcto funcionamiento de los equipos instalados.

#### **Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos**

La implementación de este proyecto significará una mejora en la eficiencia de la central térmica TermoEsmeraldas, pues mediante el monitoreo de las medidas de flujo podrán realizar un análisis real del consumo de agua, vapor y combustible. TermoEsmeraldas es parte de CELEC EP, que es la empresa pública que proporciona energía eléctrica a todo el país, por lo que una mejora en la eficiencia de esta central conllevará una reducción de costos para el gobierno del país.

## CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Contextualización general del estado del arte

En función al avance de la tecnología de la automatización industrial para el control y monitoreo de las diferentes variables existentes en un proceso industrial, la central térmica TermoEsmeraldas ha extendido el requerimiento de la implementación de instrumentos para la toma de medidas de flujo en varios puntos donde se requiere la toma de dicha medida. En base a este requerimiento, se necesita realizar un análisis químico y mecánico para realizar la selección del instrumento adecuado para cada uno de los puntos solicitados.

La medición del flujo en procesos industriales permite determinar las proporciones en masa o volumen de un fluido en una línea determinada con el fin de determinar la cantidad de producto utilizado para un proceso o subproceso. La selección del medidor de flujo se realiza en base a diferentes factores, de los cuales 6 de las más importantes son: rango de medida, exactitud requerida, pérdida de presión, tipo de fluido, calibración e instalación. Los medidores de flujo más utilizados en la actualidad son: Medidores de cabeza variable, medidores de área variables, medidores de turbina, medidores vórtex, medidores de velocidad, tubo Pitot, medidores electromagnéticos, medidores ultrasónicos y medidores tipo Coriolis (Pérez & Cifuentes).

En la actualidad, para realizar medición de flujo de vapor, una de las mejores opciones son los caudalímetros tipo Vórtex, siendo su principal aplicación en el mercado. Es así como estos sensores se utilizan en industrias de procesos, calefacción de edificios, plantas de energía, etc. Sin embargo, pese a que este sensor es de las mejores opciones para medir el flujo de vapor, no existe mucha literatura en la que se ahonde en este tema (Venugopal, Agrawal, & Prabhu, 2011).

Uno de los medidores de flujo más utilizados en varias industrias, especialmente la industria química, es el sensor tipo Coriolis. Debido a su método de medición, este no necesita de ningún tipo de pieza dentro de la tubería para tomar la medida de flujo, por lo que es muy útil para medir casi cualquier tipo de fluido. Uno de los mayores desafíos que presenta este tipo de sensor es su tamaño, sin embargo, con los avances realizados en los últimos años, se ha logrado el desarrollo de sensores bastante compactos y que no requieren de diámetros de tubería antes ni después del instrumento (Reizner, 2003).

Los flujómetros tipo electromagnéticos, son dispositivos capaces de realizar mediciones en base a la ley de Faraday, lo cual me proporciona una medida de voltaje proporcional a la velocidad del flujo que pasa entre dos conductores dentro de la tubería. El único requisito para

el correcto funcionamiento de estos equipos es que presente un mínimo de conductividad eléctrica, lo cual los hace perfectos para la medición de flujo de agua (Alanya, 2011).

Con los avances de la tecnología, se han empezado a estudiar varias tecnologías no muy exploradas hasta el momento en la medición de flujo. Es así que, utilizando un tubo Venturi (medidor de flujo convencional) junto con la tecnología de Tomografía de la Resistencia Eléctrica (ERT) se puede tomar con éxito la medida del flujo de la interface de agua-vapor (Meng, y otros, 2010).

Jenny Galán (2017) en su trabajo “Diseño e implementación de un control PI para un Bombo de Laqueado” implementa un sistema para el control de temperatura dentro del bombo, para lo cual es necesario realizar el control del flujo de vapor que variará la temperatura dentro del equipo. El autor implementa un sensor de temperatura PT100 que servirá para tener una referencia que indique si es necesario aumentar o disminuir el flujo de vapor. Por otro lado, utiliza una válvula diferencial que permite realizar la apertura entre un rango de 0% a 100%. Finalmente, para la programación del sistema de control utiliza un PLC S7-1200 (Galán, 2017).

Edgar Toscano (2017) en su trabajo “Diseño e implementación de un sistema de control automático para la central hidroeléctrica de la empresa Linde Ecuador S.A. que genera 125KVA mediante un PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200” realiza el diseño y la implementación de un sistema de automatización completo para esta central hidroeléctrica. En el proceso de generación es necesario controlar el flujo de agua y otros fluidos en diferentes puntos del proceso. Para realizar la medida del flujo de agua utiliza sensores de presión en las tuberías y para realizar el control de flujo utiliza válvulas proporcionales (Toscano, 2017).

Jonathan Velasco (2020 – R14) en su trabajo “Sistema SCADA para el proceso de potabilización en la planta de tratamiento de agua potable Conocoto” realiza la automatización del proceso de potabilización del agua. Al ser un proceso de tratamiento de agua, el flujo de esta es bastante importante, por lo cual en este trabajo se instala varios sensores de medición de flujo. Se usa el caudalímetro ultrasónico Endress + Hauser FMU 89 para la medición del caudal de agua cruda que ingresa. Se usa el caudalímetro electromagnético Endress + Hauser Promag 50 para medir el caudal de las tuberías de distribución (Velasco, 2020).

En la Tabla 1 se va a realizar una recopilación de los sensores estudiados/implementados por los autores consultados

**Tabla 1***Comparativa de trabajos de diversos autores*

Autor	Fluido a medir	Sensor usado
Venugopal A.	Vapor	Sensor de flujo tipo Vórtex
Reizner J.	Productos químicos	Sensor de flujo tipo Coriolis
Alanya S.	Agua	Sensor de flujo Electromagnético
Meng Z.	Agua - vapor	Tubo Venturi con ERT
Galán J.	Vapor	Sensor de temperatura
Toscano E.	Agua	Sensor de presión
Velasco J.	Agua de río	Sensor de flujo Ultrasónico
	Agua tratada	Sensor de flujo Electromagnético

Después de los estudios revisados, se puede concluir que existe una amplia gama de sensores para realizar la medición de flujo en diferentes fluidos. Se nota que existe una clara afinidad en el uso de sensores Electromagnéticos para la medición del flujo de agua. Además, según los autores, el sensor tipo Vórtex es muy eficiente para realizar medidas de flujo de vapor. Finalmente, el sensor tipo Coriolis es bueno para medir casi cualquier tipo de fluidos, entre los cuales está el combustible.

### **1.2. Proceso investigativo metodológico**

En el presente trabajo se utiliza una investigación aplicada o de desarrollo, pues mediante la realización de este trabajo se busca diseñar e implementar una solución específica, en este caso, un sistema de medición de medidas de flujo en los subprocesos de la central térmica TermoEsmeraldas.

Los métodos teóricos utilizados en este trabajo contemplan la revisión y estudio de literatura correspondiente a mediciones de flujo para diferentes tipos de fluidos. Posteriormente, en base al estudio teórico realizado, se identificará el tipo sensor de sensor de flujo adecuado para cada caso propuesto en este trabajo.

Las técnicas de recolección que se proponen para la validación de resultados del presente trabajo se basan en la observación directa de los resultados de las mediciones de flujo tras la implementación de los sensores elegidos. Adicionalmente, tras la finalización de este trabajo se debe contar con la validación de resultados por parte de personal técnico de la central térmica TermoEsmeraldas.

La metodología utilizada para el desarrollo del trabajo “Implementación de sistema de medida de flujo para líneas de agua, vapor y combustible de la Central Esmeraldas I Seica” sigue un proceso secuencial que incluye las siguientes etapas:

- **Paso 1. Análisis de las necesidades y requerimientos**
  - Realizar una visita, previa al inicio del trabajo, para realizar un análisis de los requerimientos del personal de la central térmica TermoEsmeraldas.
  - Analizar cada caso propuesto para el posterior estudio bibliográfico.
- **Paso 2. Estudio y revisión bibliográfica**
  - Revisar literatura de distintos autores sobre la medición de flujo en diferentes fluidos.
  - Estudiar casos de éxito en la implementación de sensores de flujo similares a los casos propuestos.
- **Paso 3. Diseño de la solución**
  - Investigar los sensores de flujo que pueden proveer los diferentes fabricantes de instrumentación.
  - Seleccionar los sensores adecuados para los casos propuestos en este trabajo.
  - Realizar planos de la implementación propuesta.
- **Paso 4. Validación de la propuesta**
  - Validar la viabilidad de la propuesta de implementación con profesionales especialistas en el campo de la instrumentación.
- **Paso 5. Implementación de la propuesta**
  - Realizar la implementación mecánica de los sensores de flujo en cada punto de instalación.
  - Realizar la instalación eléctrica de cada uno de los sensores y el conexionado hacia los dispositivos de control de la central térmica.
  - Realizar la configuración de todos los sensores implementados en base a los requerimientos del proceso.
- **Paso 6. Pruebas y ajustes**
  - Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los sensores instalados.
  - Corregir los parámetros de operación en caso de que se requiera realizar algún ajuste.
- **Paso 7. Evaluación de funcionamiento**

- Corroborar que las medidas obtenidas sean correctas en base a instrumentos de medición puntuales o los datos históricos de la planta.
- Validar el funcionamiento de los sensores con el personal de la central térmica.
- **Paso 8. Documentación**
  - Realizar informes de trabajo sobre el desarrollo del proyecto, una vez que este haya terminado.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA

### 2.1. Fundamentos teóricos aplicados

En esta sección del trabajo se va a explicar los fundamentos teóricos que se van a utilizar para el planteamiento de la propuesta.

#### 2.1.1. Introducción

En los procesos industriales, los sensores son los encargados de captar una variable física (presión, temperatura, flujo, etc.) para después representarla de una manera en que los operadores puedan entender, lo que permite realizar el control y/o supervisión del proceso. Los sensores más simples son capaces de representar la variable medida mediante algún tipo de visualizador que el operador debe interpretar, sin embargo, con el avance de la tecnología en el campo de la automatización, la mayoría de los sensores hoy en día convierten una variable física en una variable eléctrica (voltaje, corriente o resistencia) que, al ser recibida por un controlador puede usarse para realizar control automático o la visualización y análisis del estado del proceso en una sala de control (Creus, 2005).

Los sensores de flujo aprovechan distintos fenómenos físicos, relacionados con el movimiento de los fluidos, con el fin de medir la cantidad de producto por unidad de tiempo que pasa por una línea de proceso. En la actualidad, si se toma en cuenta la subclasificación de cada uno de los tipos de sensores desarrollados, se tiene más de 50 variantes de estos instrumentos, lo cual proporciona una amplia gama para realizar la selección del sensor de acuerdo con las necesidades del proceso. La selección del sensor adecuado se debe realizar en 2 pasos. Primero, se debe discriminar el tipo del sensor en base a las características del fluido del cual se requiere medir el flujo. En segundo lugar, con base a los requerimientos específicos de la medida, como rango de medida o temperatura del producto, se debe analizar las especificaciones individuales de los sensores que ofrecen los diferentes fabricantes. Adicionalmente, también es importante tomar en cuenta las características del lugar donde se va a instalar el instrumento a la hora de elegirlo, pues las condiciones ambientales y el espacio disponible en el punto de instalación pueden ser determinantes a la hora de evaluar si la implementación del sensor es viable o no. En la Figura 1 se presenta una tabla que indica el tipo de sensor adecuado para diferentes tipos de fluidos, lo cual servirá de base para la selección de los sensores en la siguiente sección (Lipták, 1993).

**Figura 1**

*Tipo de sensor de flujo vs Características del fluido*

	Clean Liquids	Dirty Liquids	Corrosive Liquids	Viscous Liquids	Abrasive Slurries	Fibrous Slurries	Low Velocity Flows	Vapor or Gas	Hi Temp. Service	Cryogenic Service	Semi-Filled Pipes	Non-Newtonians	Open Channel
Differential Pressure													
Orifice	✓	??	?	?	X	X	✓	✓	✓	✓	X	??	X
Venturi	✓	?	??	??	??	??	??	✓	??	??	X	??	X
Flow Nozzles and Tubes	✓	??	??	??	??	??	??	✓	??	??	X	??	X
Pitot Tubes	✓	??	?	??	X	X	??	✓	??	??	X	X	X
Elbow	✓	?	?	??	?	??	X	✓	??	??	X	??	X
Magnetic	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	X	??	X	??	?	??
Mass													
Coriolis	✓	✓	?	✓	✓	?	?	??	??	??	X	✓	X
Thermal	??	??	??	??	??	??	?	✓	??	X	X	??	X
Oscillatory													
Vortex Shedding	✓	?	?	??	X	X	X	✓	??	??	X	X	X
Fluidic	✓	??	?	??	X	X	X	X	??	??	X	X	X
Vortex Precession	✓	X	??	??	X	X	X	✓	??	X	X	X	X
Positive Displacement	✓	X	??	✓	X	X	✓	✓	??	??	X	X	X
Target	✓	?	?	?	??	X	??	✓	??	??	X	??	X
Turbine	✓	??	??	?	X	X	??	✓	??	??	X	X	?
Ultrasonic													
Transit Time	✓	??	??	??	X	X	??	??	X	??	X	X	?
Doppler	X	✓	??	??	??	??	??	X	X	X	X	??	X
Variable Area	✓	?	?	?	X	X	??	✓	?	X	X	X	X
Weirs and Flumes	✓	?	??	X	??	??	?	X	X	X	✓	X	✓

✓ Designed for this service  
 ?? Applicable for this service under certain conditions, consult manufacturer  
 ? Normally applicable for this service  
 X Not applicable for this service  
 \*Courtesy of Fischer & Porter.

Nota: Imagen tomada de "Flow Measurement" (Lipták, 1993).

### 2.1.2. Descripción de los puntos de instalación

En esta sección del trabajo se va a describir los puntos donde se requiere realizar la instalación de sensores de flujo, con el objetivo de posteriormente seleccionar el sensor en base a estas características.

#### 2.1.2.1. Línea de vapor

El fluido que pasa por esta línea es vapor saturado que se suministra desde la CTE I a la CTE II. El vapor pasa por una tubería de diámetro DN100 y se dispone de un tramo de tubería de aproximadamente 2m de largo para realizar la instalación. Se dispone de una línea alternativa de flujo, por lo que no es necesario parar el proceso para realizar trabajos en la línea principal. El sitio donde se requiere instalar el instrumento es al aire libre, por lo que el sensor debe tener protección contra lluvia, sol y polvo. Adicionalmente, se pide un sensor que envíe el valor de flujo mediante una señal de 4-20mA pasiva y también tenga un indicador visual. En la Figura 2 se muestra el sitio de instalación.



## Figura 2

*Punto de instalación de sensor para línea de vapor*



Nota: Imagen propia.

### 2.1.2.2. Línea de combustible

El fluido que pasa por esta línea es combustible que se envía a la caldera del proceso. El combustible pasa por una tubería de diámetro DN50 y se dispone de un tramo de aproximadamente 2m de largo para realizar la instalación. El sitio donde se requiere instalar el instrumento está techado por lo que solo se requiere protección contra polvo. Adicionalmente, se pide un sensor que envíe el valor de flujo mediante una señal de 4-20mA pasiva y también tenga un indicador visual. En la Figura 3 se muestra el sitio de instalación (tubería amarilla).

### Figura 3

*Punto de instalación de sensor para línea de combustible*



Nota: Imagen propia.

#### **2.1.2.3. Línea de agua potable**

El fluido que pasa por esta línea es agua potable que se distribuye a toda la CTE I. El agua pasa por una tubería de diámetro DN80 y se dispone de un tramo de aproximadamente 1m de largo para realizar la instalación. El sitio donde se requiere instalar el instrumento es al aire libre, por lo que el sensor debe tener protección contra lluvia, sol y polvo. Adicionalmente, se pide un sensor que envíe el valor de flujo mediante una señal de 4-20mA pasiva y también tenga un indicador visual. En la Figura 4 se muestra el sitio de instalación.

#### **Figura 4**

*Punto de instalación de sensor para línea de agua potable*



Nota: Imagen propia.

#### **2.1.2.4. Línea de agua de río**

El fluido que pasa por esta línea agua de río que va hacia un clarificador de la planta de tratamiento de agua. El agua pasa por una tubería de diámetro DN200 y se dispone de un tramo de tubería de aproximadamente 1.5m de largo para realizar la instalación. Se dispone de una línea alternativa de flujo, por lo que no es necesario parar el proceso para realizar trabajos en la línea principal. El sitio donde se requiere instalar el instrumento está techado por lo que solo se requiere protección contra polvo. Adicionalmente, se pide un sensor que envíe el valor de flujo mediante una señal de 4-20mA pasiva y también tenga un indicador visual. En la Figura 5 se muestra el sitio de instalación.

## Figura 5

*Punto de instalación de sensor para línea de agua de río*



Nota: Imagen propia.

### **2.1.3. Sensores propuestos para la implementación**

En esta sección se va a detallar las características de los sensores seleccionados para cada punto de instalación.

#### **2.1.3.1. OPTISWIRL 4200 - Línea de vapor**

Para la línea de vapor se ha seleccionado el sensor OPTISWIRL 4200, el cual es un caudalímetro Vortex para medida de flujo másico o volumétrico. Las características del instrumento a implementar son las siguientes:

- Principio de medida: Karman calle vortex
- Aplicación: Medida de caudal de líquidos, gases y vapor.
- Versión: Remota con cubierta.

- Temperatura del fluido: -40 a 240°C.
- Presión del fluido: Máximo 100bar.
- Presión ambiente: Altitud hasta 4000m.
- Uso: Interiores y exteriores.
- Tubería: DN100.
- Tramo de entrada:  $\geq 15\text{DN}$ .
- Tramo de entrada con perfilador de caudal:  $\geq 2\text{DN}$  antes del perfilador de caudal y  $\geq 8\text{DN}$  después del perfilador de caudal.
- Tramo de salida:  $\geq 5\text{DN}$ .
- Salida de corriente: 4 a 20mA (pasiva).
- Protección: IP 66/67.

Se elige un sensor tipo Vortex, debido a que su principio de funcionamiento es perfecto para realizar medidas de caudal en vapor saturado. Para la selección del instrumento específico se analizaron los diferentes requerimientos que se detallaron en la sección anterior. En primer lugar, el instrumento elegido puede trabajar en exteriores como es requerido y se ha seleccionado la versión remota, pues el punto de medida se encuentra en un lugar elevado, por lo que con esta versión el visualizador se encontrará en un lugar más accesible para los operadores. En adición, el sensor tiene una salida de corriente 4 a 20mA pasiva para el envío de la señal de flujo, como es solicitado. Finalmente, para la instalación se usará un perfilador de caudal, con el cual se podrá realizar la instalación en los 2m de tubería disponible sin que se vea afectada la medición por las perturbaciones causadas por las válvulas. En la Figura 6 se presenta una imagen del sensor elegido (KROHNE, 2024).

## Figura 6

Sensor OPTISWIRL 4200



Nota: Imagen tomada de “MANUAL – OPTISWIRL 4200” (KROHNE, 2024).

### 2.1.3.2. OPTIMASS 1400 - Línea de combustible

Para la línea de combustible se ha seleccionado el sensor OPTIMASS 1400, el cual es un caudalímetro Coriolis para medida de flujo másico. Las características del instrumento a implementar son las siguientes:

- Principio de medida: Caudal másico Coriolis.
- Aplicación: Medida de caudal másico y de la densidad de fluidos, gases y sólidos.
- Versión: Remota.
- Temperatura del fluido: -40 a 130°C.
- Presión del fluido: -1 a 100barg.
- Temperatura ambiente: -40 a 65 °C.
- Presión ambiente: Altitud hasta 2000m.
- Uso: Interiores y exteriores.
- Tubería: DN50.
- Tramo de entrada: No requiere tramos de entrada.
- Tramo de salida: No requiere tramos de salida.
- Alimentación: 24VDC.
- Salida de corriente: 4 a 20mA (activa/pasiva).
- Protección: IP 66/67.

Se elige un sensor tipo Coriolis, debido a que por su principio de funcionamiento son ampliamente usados para la medida de flujo de aceites y combustibles. Para la selección del instrumento específico se analizaron los diferentes requerimientos que se detallaron en la sección anterior. En primer lugar, el instrumento elegido puede trabajar en exteriores como es requerido y se ha seleccionado la versión remota, pues el punto de medida se encuentra en un lugar elevado, por lo que con esta versión el visualizador se encontrará en un lugar más accesible para los operadores. En adición, el sensor tiene una salida de corriente 4 a 20mA pasiva para el envío de la señal de flujo, como es solicitado. Finalmente, este tipo específico de sensor Coriolis es una variación que no usa tubos ondulados, por lo que es menos pesado que los otros sensores de su tipo, lo cual es importante para esta aplicación, pues debe instalarse en una tubería pequeña y elevada; además, gracias a esta variación, no requiere tramos de entrada ni de salida, por lo que puede ser instalada sin problema alguno en el tramo de tubería disponible. En la Figura 7 se presenta una imagen del sensor elegido (KROHNE, 2023).

**Figura 7**

*Sensor OPTIMASS 1400*



Nota: Imagen tomada de "MANUAL - OPTIMASS 1400" (KROHNE, 2023).

### **2.1.3.3. WATERFLUX 3050 - Línea de agua potable**

Para la línea de agua potable se ha seleccionado el sensor WATERFLUX 3050, el cual es un caudalímetro sensor de caudal electromagnético para medida de flujo volumétrico. Las características del instrumento a implementar son las siguientes:

- Principio de medida: Ley de Faraday de la inducción.

- Aplicación: Caudal volumétrico de líquidos eléctricamente conductivos.
- Versión: Compacta.
- Temperatura del fluido: -5 a 70°C.
- Presión del fluido: Hasta 16bar.
- Temperatura ambiente: -40 a 65 °C.
- Presión ambiente: Altitud hasta 2000m.
- Uso: Interiores y exteriores.
- Tubería: DN80.
- Tramo de entrada: No requiere tramos de entrada.
- Tramo de salida: No requiere tramos de salida.
- Alimentación: 24VDC.
- Salida de corriente: 4 a 20mA (activa/pasiva).
- Protección: IP 66/67.

Se elige un sensor electromagnético, debido a que por su principio de funcionamiento son regularmente usados para la medida de flujo de agua. Para la selección del instrumento específico se analizaron los diferentes requerimientos que se detallaron en la sección anterior. En primer lugar, el instrumento elegido puede trabajar en exteriores como es requerido y se ha seleccionado la versión compacta, pues el punto de medida es fácilmente accesible para los operadores. En adición, el sensor tiene una salida de corriente 4 a 20mA pasiva para el envío de la señal de flujo, como es solicitado. Finalmente, este tipo de sensor electromagnético no requiere de tramos de entrada ni de salida, por lo que puede ser instalado sin inconvenientes en el tramo de tubería disponible. En la Figura 8 se presenta una imagen del sensor elegido (KROHNE, 2022).



## Figura 8

Sensor WATERFLUX 3050



Nota: Imagen tomada de “Manual - WATERFLUX 3000” (KROHNE, 2022).

### 2.1.3.4. WATERFLUX 3300 - Línea de agua de río

Para la línea de agua potable se ha seleccionado el sensor WATERFLUX 3300, el cual es un caudalímetro sensor de caudal electromagnético para medida de flujo volumétrico. Las características del instrumento a implementar son las siguientes:

- Principio de medida: Ley de Faraday de la inducción.
- Aplicación: Caudal volumétrico de líquidos eléctricamente conductivos.
- Versión: Remota - Alojamiento de pared.
- Temperatura del fluido: -5 a 70°C.
- Presión del fluido: Hasta 16bar.
- Temperatura ambiente: -40 a 65 °C.
- Presión ambiente: Altitud hasta 2000m.
- Uso: Interiores y exteriores.
- Tubería: DN200.
- Tramo de entrada: No requiere tramos de entrada.
- Tramo de salida: No requiere tramos de salida.
- Alimentación: 24VDC.
- Salida de corriente: 4 a 20mA (activa/pasiva).
- Protección: IP 66/67.

Se elige un sensor electromagnético, debido a que por su principio de funcionamiento son regularmente usados para la medida de flujo de agua. Para la selección del instrumento específico se analizaron los diferentes requerimientos que se detallaron en la sección anterior. En primer lugar, el instrumento elegido puede trabajar en exteriores como es requerido y se ha seleccionado la versión remota - alojamiento de pared, pues el punto de medida es dentro de un pequeño pozo y se requiere instalar el visualizador en un tablero montado en el exterior. En adición, el sensor tiene una salida de corriente 4 a 20mA pasiva para el envío de la señal de flujo, como es solicitado. Finalmente, este tipo de sensor electromagnético no requiere de tramos de entrada ni de salida, por lo que puede ser instalado sin inconvenientes en el tramo de tubería disponible. En la Figura 9 se presenta una imagen del sensor elegido (KROHNE, 2022).

### **Figura 9**

*Sensor WATERFLUX 3300*



Nota: Imagen tomada de “Manual - WATERFLUX 3000” (KROHNE, 2022).

## **2.2. Descripción de la propuesta**

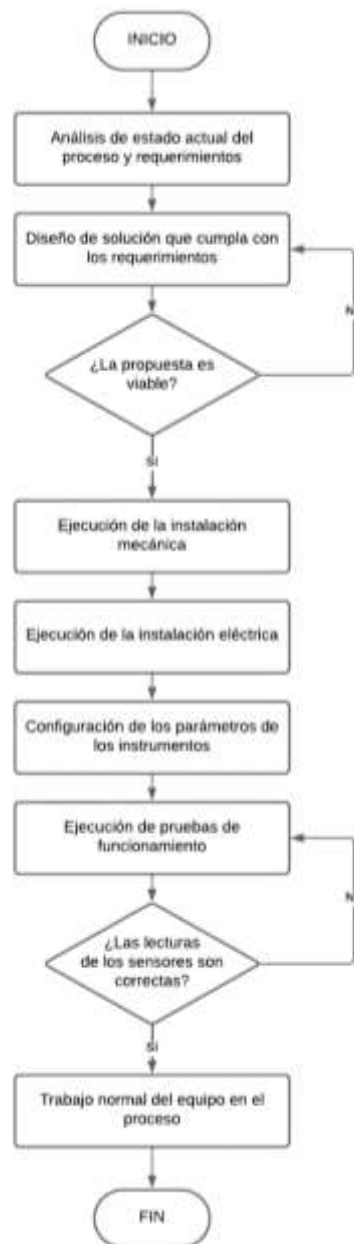
En esta sección se va a presentar la estructura de desarrollo de la propuesta realizada en este trabajo.

### **a. Estructura general**

En la Figura 10 se detalla, por medio de un diagrama de flujo, el proceso de implementación del sistema de medida de flujo que se plantea en este proyecto.

**Figura 10**

*Diagrama de flujo de la implementación del proyecto*



Nota: Imagen propia.

**b. Explicación del aporte**

Una vez que se haya instalado los sensores en los puntos necesarios del proceso y se encuentren completamente funcionales, los valores medidos se mostrarán en dos maneras diferentes para realizar el control y supervisión del proceso. En primer lugar, todos los sensores instalados cuentan con un display en el cual se puede visualizar la medida requerida, con lo cual los operados podrán tomar los datos de una manera manual y revisar el estado actual del

proceso. La segunda manera para visualizar los datos se realiza enviando la señal de 4-20mA a un controlador (PLC) para poder visualizar el dato enviado por el sensor en una HMI en la sala de control. Además, con esta forma se puede visualizar los valores históricos para hacer análisis más complejos del estado del proceso.

Adicionalmente, cuando la propuesta del proyecto se encuentre implementada, se realizará una capacitación del uso e interpretación correcta de los sensores. Además, se incluye una revisión breve sobre la configuración mediante el software PACTware donde se puede cambiar los valores de los parámetros de medida en caso de que se quiera realizar cualquier ajuste adicional.

Finalmente, cuando se completen todas las etapas de implementación de los sensores, se comparará las medidas obtenidas con las obtenidas con sensores de punto o con los valores comunes de flujo que se tienen en las líneas donde se los instaló.

### **c. Estrategias y/o técnicas**

La estrategia de implementación implica un enfoque secuencial que va desde una etapa de diseño del proyecto hasta las pruebas de funcionamiento de los equipos. Las etapas del proyecto son las siguientes:

- **Etapas 1 – Diseño de la propuesta de implementación:** Posterior al análisis previo realizado en CTE I, se realiza una revisión sobre los tipos de sensores disponibles y se selecciona los más adecuados para cada punto de medida. Se realiza la búsqueda de sensores en el Download Center de KRONNE, que es uno de los principales fabricantes de instrumentación a nivel global. En la Figura 11 se muestra el entorno de la página mencionada.

**Figura 11**

*Download Center de KHRONE*

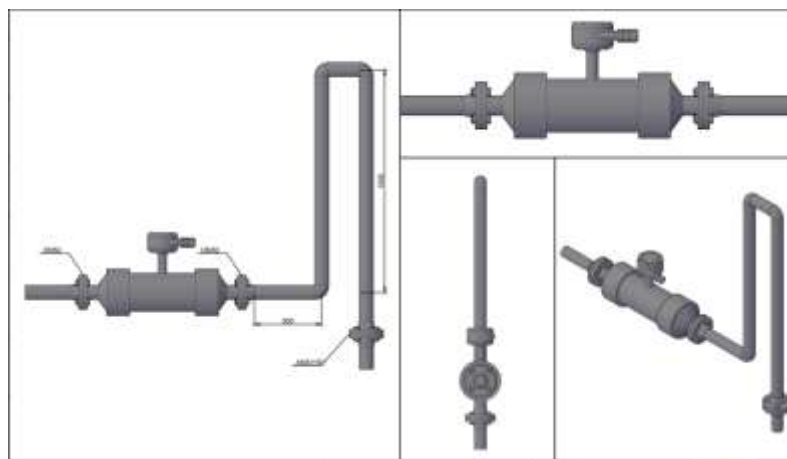


Nota: Imagen tomada de la página de KHRONE.

Una vez seleccionados los sensores para la implementación, se realiza un boceto en el software AutoCAD donde se muestra cómo quedarán los instrumentos tras realizar la instalación. En la Figura 12 se muestra como ejemplo el diseño de la instalación del sensor para la línea de combustible.

**Figura 12**

*Boceto de implementación del sensor para la línea de combustible*



Nota: Imagen propia.

- **Etap 2 – Instalación mecánica de los sensores:** Para empezar con la instalación de los sensores, se realiza primero la instalación mecánica. En inicio se pide al personal de CTE I que pare las líneas de flujo correspondientes. Posteriormente, el personal mecánico procede con el corte de las tuberías en los puntos correspondientes, para después soldar bridas que se conectarán con el nuevo sensor. Finalmente, se insertan los sensores en el proceso a través de conexión bridada y se realiza pruebas

de fugas. En la Figura 13 se muestra un compilado de la instalación mecánica de los 4 sensores.

**Figura 13**

*Instalación mecánica de los instrumentos*



Nota: Imagen propia.

- **Etapa 3 – Instalación eléctrica de los sensores:** Una vez los sensores ya se encuentren ubicados en las líneas de flujo, se procede a realizar la instalación eléctrica que permitirá alimentar los sensores y llevar la señal de corriente a los tableros de control. El personal eléctrico encargado, se encarga de realizar la tendida del cable desde el sensor hasta el tablero donde se realizará las conexiones. Se utiliza funda sellada para proteger al cable y se pone las prensaestopas adecuadas en las salidas para cables de los sensores. De igual manera, el personal se encarga de realizar la conexión entre los sensores y los convertidores remotos (para los sensores en su versión remota). En la figura 14 se muestra un compilado de la instalación eléctrica de los 4 sensores.

**Figura 14**

*Instalación eléctrica de los sensores*



Nota: Imagen propia.

- **Etapas 4 – Configuración de parámetros de los equipos:** Una vez que los sensores se encuentren alimentados, se realiza la parametrización del sensor en base a los datos del proceso. Para realizar esta configuración se usa el software PACTware 6.1, el cual permite, mediante comunicación HART, acceder a los parámetros del sensor para visualizarlos y/o configurarlos. Una vez que se configuran todos los parámetros correspondientes, se descarga la configuración en el instrumento y el sensor procede a medir normalmente. En la Figura 15 se muestra la interfaz de configuración del software utilizado. Como método adicional, el sensor puede ser configurado desde las teclas que se encuentran abajo del display.

**Figura 15**

*Interfaz de configuración de PACTware 6.1*



Nota: Imagen propia.

En la figura 16 se muestra un compilado del proceso de configuración de los 4 sensores.

**Figura 16**

*Configuración de sensores*



Nota: Imagen propia

- **Etapas 5 – Pruebas de funcionamiento:** Finalmente, cuando todos los sensores se encuentren completamente instalados, se procede a comprobar que las medidas obtenidas son las correctas. Se compara con datos históricos de la medida de flujo en ese punto de medición o con un medidor de punto. Si la medida varía del valor esperado, se debe hacer corrección en los parámetros para corregir la medida.

### 2.3. Validación de la propuesta

En la Tabla 2 se procede a indicar los profesionales que validarán la propuesta. En la Tabla 3, 4 y 5 se presentan las tablas de validación de los profesionales.

**Tabla 2**

*Datos de validadores*

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académico	Cargo
Juan Carlos Silva Acosta	24 años	Ingeniero en Electrónica y Control. Magister en Ingeniería Industrial	Gerente General de Innovatrónica S.A.



Carlos Jomar Sarabia Herrera	12 años	Ingeniero en Electrónica y Control. Magister en Gestión de Proyectos.	Ingeniero de Proyectos Senior de Innovatrónica S.A.
Pablo Ricardo Benavides Ramos	12 años	Bachiller Técnico Industrial, especialidad Mecánica Industrial. Ingeniero Electromecánico. Magister en Electrónica y Automatización.	Gerente Técnico de Prodigytrading S.A. Gerente general de Prodigyindustrial S.A.

**Tabla 3**

*Escala de evaluación. Elaborado por Juan Carlos Silva Acosta*

Evaluación según importancia y representatividad					
Criterios	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

**Tabla 4**

*Escala de evaluación. Elaborado por Carlos Jomar Sarabia Herrera*

Evaluación según importancia y representatividad					
Criterios	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

**Tabla 5**

*Escala de evaluación. Elaborado por Pablo Ricardo Benavides Ramos*

Criterios	Evaluación según importancia y representatividad				
	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

#### 2.4. Matriz de articulación de la propuesta

En la Tabla 6 se resume la implementación del sistema de medida de flujo con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

**Tabla 6**

*Matriz de articulación*

	Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnologías que se emplearon
1	Definición del proyecto	Planteamiento de objetivos, fundamentos teóricos y antecedentes del proyecto	Principios de medida de flujo Fundamentos de sensores de flujo Conocimiento en instrumentación industrial	Análisis de requisitos para el desarrollo del proyecto con base al pedido por parte de CELEC TermoEsmeraldas y a visitas para el análisis en campo.
2	Diseño de la propuesta de implementación de sistema de medida	Selección de instrumentos y creación de diseño de implementación del sistema de medida	Catálogo de instrumentos de flujo Manuales de instrumentos Principios de instalación de sensores de flujo	Download Center de KROHNE AutoCAD

3	Implementación de sistema de medida	Instalación y configuración de instrumentos de medida de flujo	Implementación de los sensores basado en los principios de instalación y guías de los manuales	Instalación por parte de equipos especializados PACTware 6.1
---	-------------------------------------	--	--	--

### 2.5. Análisis de resultados. Presentación y discusión

Tras la instalación mecánica, los sensores de medida de flujo se encuentran correctamente instalados sin problemas de fugas de fluido en las uniones al sensor. Posteriormente, tras realizar la instalación eléctrica, los sensores quedan alimentados correctamente, hecho que se comprueba con el encendido de las pantallas de cada uno de los medidores, en los cuales se muestra la medida de flujo. Además, tras realizar la conexión de las señales de corriente que salen de los sensores, las medidas se pueden visualizar en la sala de control correspondiente. En la Figura 17 se muestra una compilación de los sensores encendidos indicando las medidas de flujo.

**Figura 17**

*Sensores en funcionamiento*



Nota: Imagen propia.

Tras realizar la configuración de los parámetros de los sensores, se realiza una comparación entre las medidas obtenidas con sensores de punto o los valores de flujo normal en esos puntos de medida. Tras realizar la comparación de las medidas, se encuentran los resultados favorables

pues se obtienen medidas similares a las medidas normales. En la Tabla 7 se muestra una comparación entre ambas medidas.

**Tabla 7**

*Validación de medidas de los instrumentos instalados*

Punto de medida	Medida del sensor instalado	Medida normal de flujo
Línea de vapor [t/h]	0.8086	0.810
Línea de combustible [kg/h]	-	6157.4
Línea de agua potable [m3/h]	16.7	16.65
Línea de agua de río [m3/h]	-	48.1

Finalmente, el proyecto es validado por el personal de CTE I que, tras indicar los resultados obtenidos, dan por terminado el proyecto.

## CONCLUSIONES

- A partir del análisis del estado actual del proceso y los requerimientos pedidos por CTE I, se consigue identificar las características específicas del fluido y el sitio de instalación en cada uno de los puntos de medida.
- Tras un estudio de los diferentes tipos de sensores y sus aplicaciones, se logra identificar el tipo de sensor específico adecuado para la toma de la medida de flujo en cada uno de los puntos de instalación.
- Utilizando los datos de los manuales de los sensores seleccionados, se realizan diseños mecánicos que sirven como guía para realizar la instalación, así como para presentar la propuesta al personal de CTE I.
- Se concluye la instalación mecánica y eléctrica de los 4 sensores seleccionados en cada uno de los puntos indicados, además de su integración al sistema de control de la planta, lo cual permite realizar un monitoreo continuo del flujo en las líneas con los sensores para una mejora en la eficiencia de toda la central.
- Tras la instalación correspondiente de los sensores, se realiza la configuración adecuada de los parámetros relevantes de los 4 sensores, en base a los requerimientos pedidos y a las condiciones del proceso, con lo cual se consigue la medida adecuada de flujo de cada uno de los sensores.
- Se compara las medidas obtenidas por los sensores instalados con los valores de flujo normales en dichas líneas y se obtienen resultados favorables, con lo que se concluye que las medidas registradas por los nuevos instrumentos son correctas y se da por terminado el proyecto.

## RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de una propuesta de proyecto a esta escala, es recomendable siempre tener muy en cuenta las recomendaciones y pedidos por parte del personal de la planta, pues es en base a su experiencia que se puede elaborar propuestas que cumplan con todos los requerimientos del proceso.
- A la hora de realizar la selección de instrumentos, es buena idea mantener contacto con los fabricantes, pues estos pueden dar una orientación más personalizada para la adquisición de los equipos.
- Para trabajos futuros, se puede realizar también un plano de conexiones eléctricas/electrónicas basadas en las instalaciones de la planta y los diagramas de conexionado que se facilitan en los manuales de los instrumentos.
- Para la instalación de equipos en procesos industriales, es necesario tener un equipo multidisciplinario que pueda realizar los trabajos de las distintas áreas que se requieren a la hora de hacer una instalación.
- Los sensores instalados, tienen la posibilidad de entregar más de una señal de salida, por lo que podría explorarse en un futuro la idea de utilizar dichas señales para enviar diferentes variables que me permitan realizar un análisis y control más completo sobre el flujo del proceso.
- Para la validación de los resultados, siempre es importante realizarla junto con personal de la planta, pues con los datos que ellos presentan se pueden comprobar que los datos obtenidos por los nuevos equipos son realmente correctos.

## BIBLIOGRAFÍA

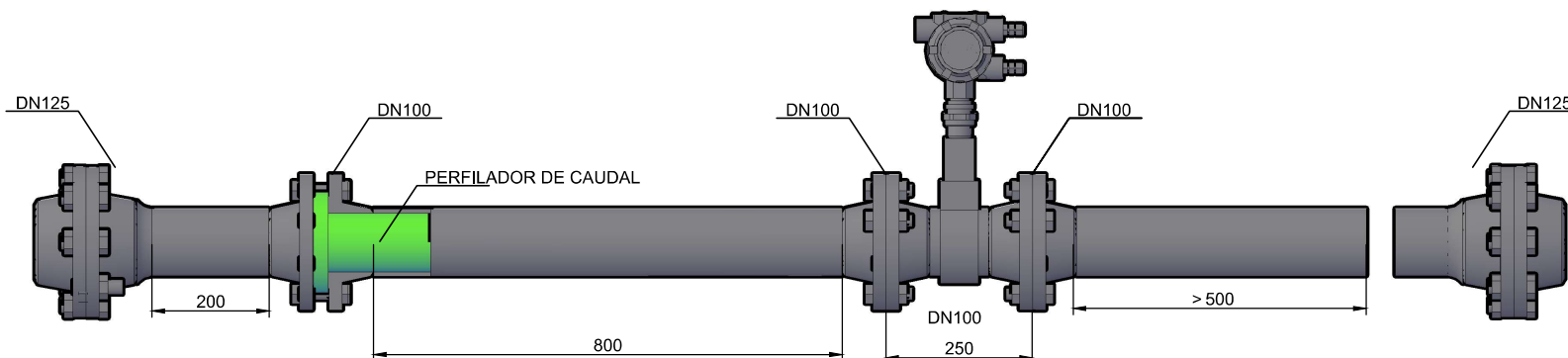
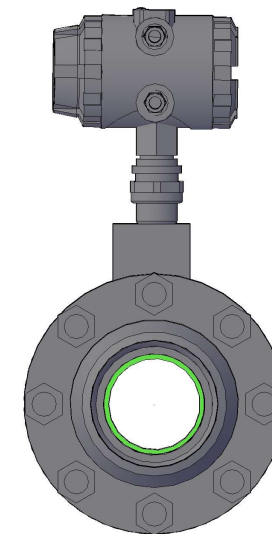
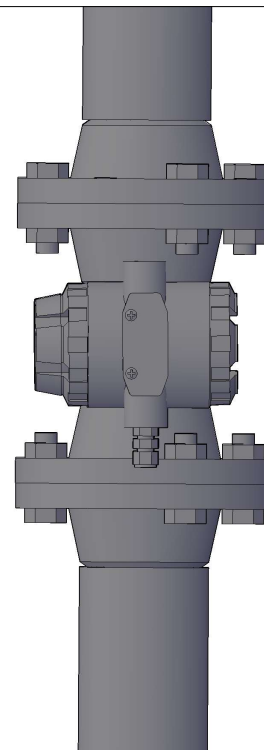
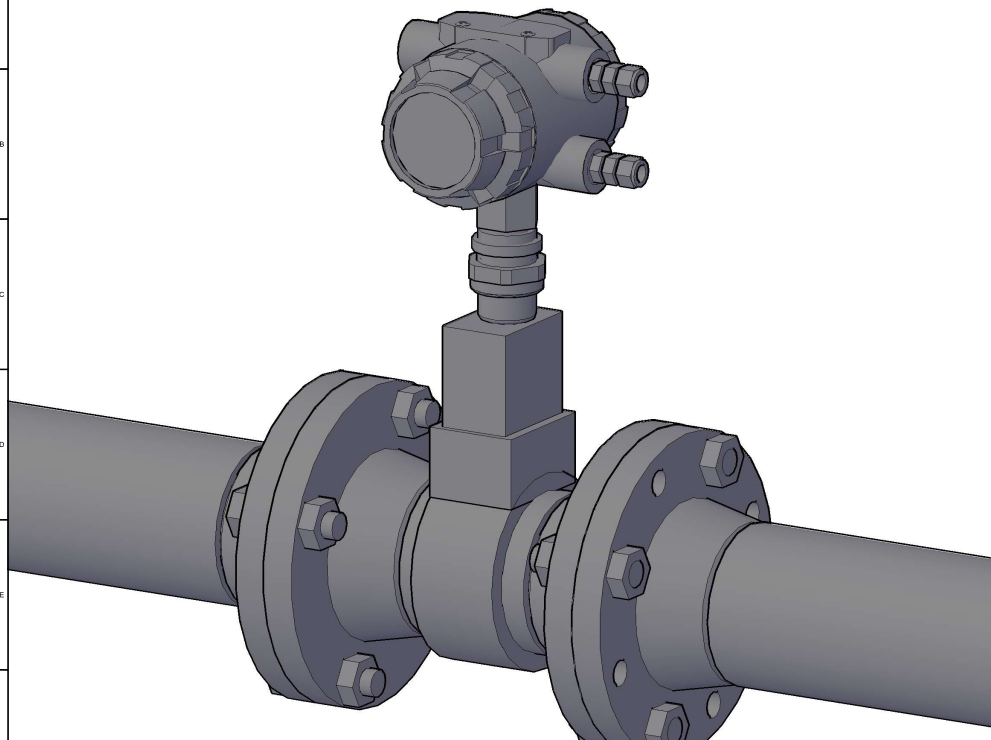
- Alanya, S. (2011). *Diseño y construcción de un sistema digital autónomo y portátil para la medición de la velocidad lineal de un fluido*. Lima: Escuela Profesional de Ingeniería Física.
- Calderón, J., & Sánchez, Y. (2004). *MEDICIONES E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL*.
- CELEC EP. (2019). *La Empresa*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/transelectric/la-empresa/#:~:text=CELEC%20EP%20TRANSELECTRIC,energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20en%20el%20Ecuador>
- CELEC EP. (3 de agosto de 2023). *Las centrales térmicas Esmeraldas I y Esmeraldas II impulsan el desarrollo de Esmeraldas y el país*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/noticias/las-centrales-termicas-esmeraldas-i-y-esmeraldas-ii-impulsan-el-desarrollo-de-esmeraldas-y-el-pais/>
- Creus, A. (2005). *Instrumentación Industrial*. España: MARCOMBO S.A.
- Galán, J. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL PI PARA UN BOMBO DE LAQUEADO*. Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.
- KROHNE. (2022). *MANUAL - WATERFLUX 3000*. Duisburg: KROHNE Messtechnik GmbH.
- KROHNE. (2023). *MANUAL - OPTIMASS 1400*. Duisburg: KROHNE Messtechnik GmbH.
- KROHNE. (2024). *MANUAL - OPTISWIRL 4200*. Duisburg: KROHNE Messtechnik GmbH.
- Lipták, B. (1993). *Flow Measurement*. Pennsylvania: Chilton Book Company.
- Meng, Z., Huag, Z., Wang, B., Ji, H., Li, H., & Yan, Y. (2010). Flow Measurement and Instrumentation. *ELSEVIER*, 268-276.
- Pérez, A., & Cifuentes, J. (s.f.). *MEDIDORES DE FLUJO*.
- QAD. (2023). *La evolución de la manufactura*. Obtenido de <https://www.qad.com/es-MX/blog.mx/-/blogs/la-evolucion-de-la-manufactu-1>
- Reizner, J. (2003). Coriolis - the almost perfect flowmeter. *Issue 4*, 28-33.
- Toscano, E. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN*. Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.
- Velasco, J. (2020). *SISTEMA SCADA PARA EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CONOCOTO*. Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.
- Venugopal, A., Agrawal, A., & Prabhu, S. (2011). Review on vortex flowmeter—Designer perspective. *ELSEVIER*, 8-23.

**ANEXO 1**

**PLANOS DE INSTALACIÓN**



TÍPICO DE MONTAJE TUBERÍA DE VAPOR  
MEDIDOR DE FLUJO TIPO VORTEX



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

NOTA: EL MEDIDOR DE FLUJO SE UBICARÁ DE FORMA VERTICAL

PLANOS REFERENCIALES

EMPRESA CONTRATISTA:  
CONTRACTOR COMPANY



REV	FECHA	DESCRIPCION	ELAB	REVISOR	AUTORIZADO
1	2019-03-01	PARA REVISIÓN	CS	JCS	

DEBLUJO EMITIDO  
DRAWING ISSUED

- PARA REVISIÓN
- PARA REVISIÓN
- PARA DISEÑO
- PARA CONSTRUCCIÓN
- PARA APROBACION
- AS BUILT
- DISEÑADO

FIRMA  
SIGNATURE

DISEÑADO POR:  
DISEÑADO BY:  
CARLOS SARRABIA

REVISADO POR:  
REVISADO BY:  
JUAN CARLOS SILVA

APROBADO POR:  
APROBADO BY:

APROBACION FINAL:  
FINAL APPROVAL:

EMPRESA CLIENTE:  
ENTERPRISE CLIENT



PROYECTO:  
PROJECT:  
TES ADQUISICION DE MEDIDORES DE FLUJO PARA LINEAS DE AGUA, VAPOR Y COMBUSTIBLE DE LA CENTRAL ESMERALDAS I SECA. INCLUYE INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO

CONTIENE:  
CONTAINS:  
P00, TÍPICO DE MONTAJE DE TRANSMISOR DE FLUJO VORTEX

ARCHIVO:  
FILE

TAMAÑO:  
SIZE: A3

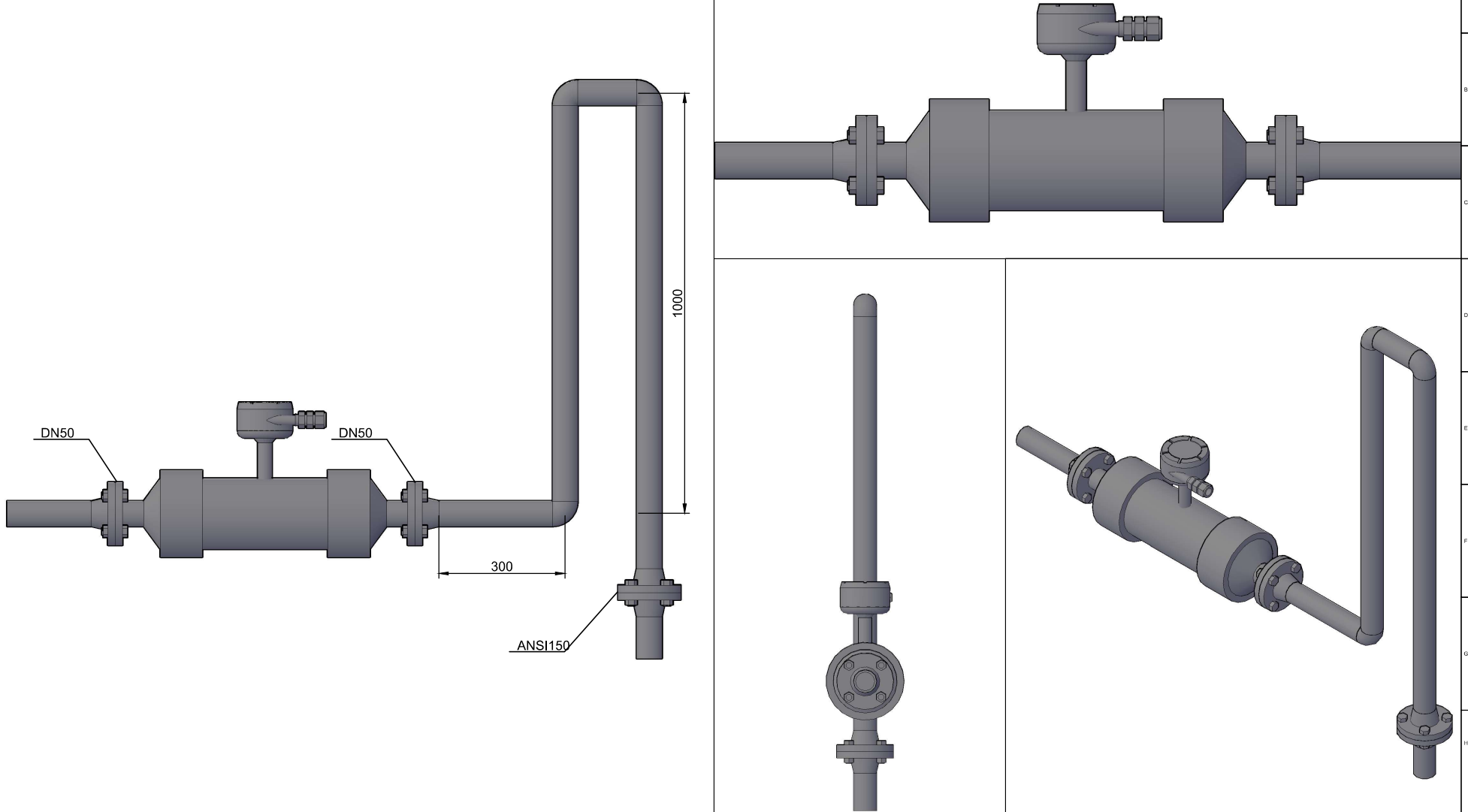
ESCALA:  
SCALE: N/A

HOJA:  
SHEET: 10 / 12

REV:  
0

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL. PROPIEDAD DE INNOVATRONICA. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU PUBLICACION. COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA EMITIDA POR INNOVATRONICA  
THIS PLANE CONTAINS CONFIDENTIAL INFORMATION PROPERTY OF INNOVATRONICA. IS EXPRESSLY PROHIBITED THEIR PUBLICATION. COPY OR USE WITHOUT WRITTEN PERMISSION ISSUED BY INNOVATRONICA

TÍPICO DE MONTAJE EN TUBERÍA MEDIDOR TIPO CORIOLIS



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

EMPRESA CONTRATISTA:  
CONTRACTOR COMPANY



FIRMA  
SIGNATURE

DISEÑADO POR:  
DESIGNED BY:  
CARLOS SARRABIA

REVISADO POR:  
REVIEWED BY:  
JUAN CARLOS SILVA

APROBADO POR:  
APPROVED BY:

APROBACIÓN FINAL:  
FINAL APPROVAL:

EMPRESA CLIENTE:  
ENTERPRISE CLIENT



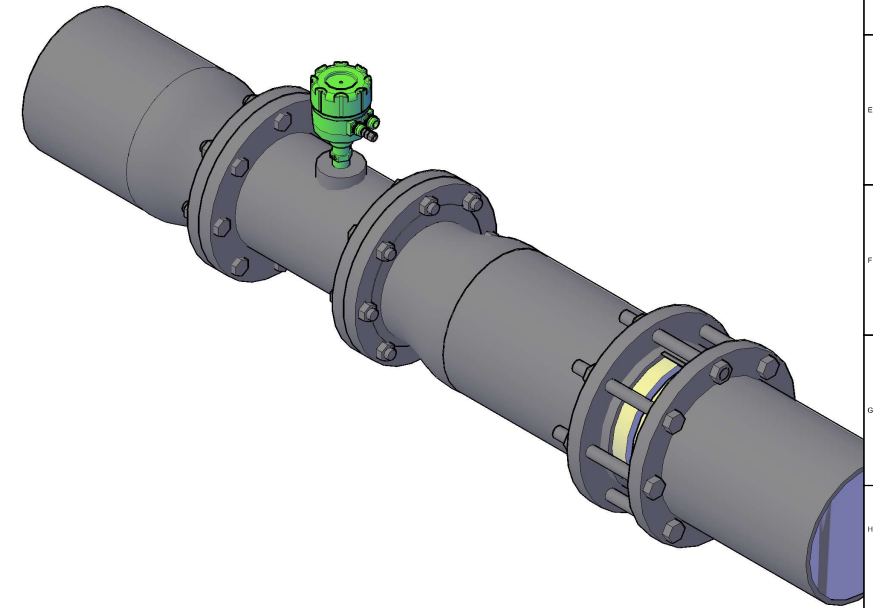
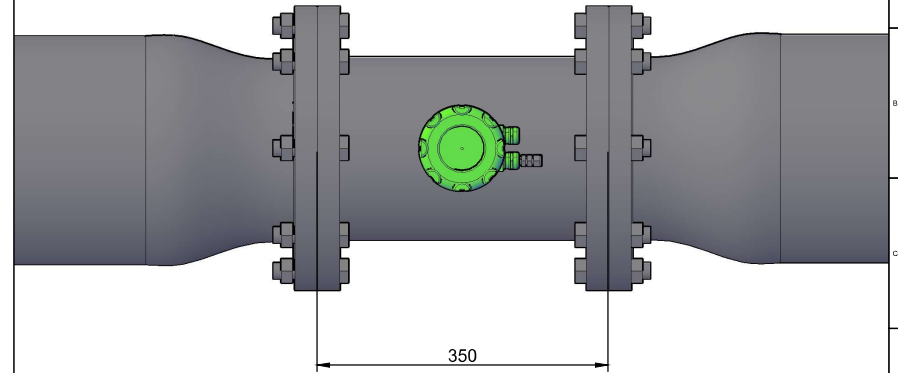
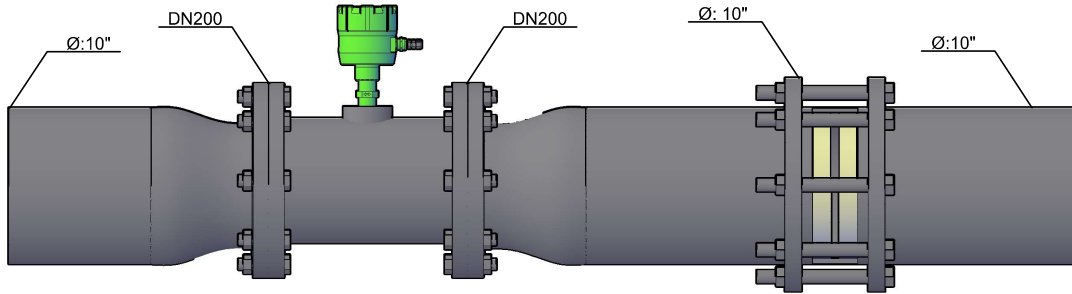
PROYECTO: TES ADQUISICION DE MEDIDORES DE FLUJO PARA LINEAS DE AGUA, VAPOR Y COMBUSTIBLE DE LA CENTRAL ESMERALDAS I SEBA. INCLUDE INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO

CONTIENE:  
CONTAINS:  
P00, TÍPICO DE MONTAJE DE TRANSMISORES DE FLUJO TIPO CORIOLIS

ARCHIVO:  
FILE

TAMAÑO:  
SIZE: A3  
ESCALA:  
SCALE: NA  
HOJA:  
SHEET: 10 / 12  
REV.:  
REV.: 0

TÍPICO DE MONTAJE EN TUBERÍA MEDIDOR TIPO ELECTROMAGNETICO DN 200



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

EMPRESA CONTRATISTA:  
CONTRACTOR COMPANY



DELLUJO EMITIDO  
DRAWING ISSUED

- PARA PUBLICAR
- PARA REVISIÓN
- PARA DISEÑO
- PARA CONSTRUCCIÓN
- PARA APROBACIÓN
- AS SUBIT
- IMPRESO

FIRMA  
SIGNATURE

DISEÑADO POR:  
DISEÑADO BY:  
CARLOS SARRABIA

REVISADO POR:  
REVISADO BY:  
JUAN CARLOS SILVA

APROBADO POR:  
APROBADO BY:

APROBACIÓN FINAL:  
FINAL APPROVAL:

EMPRESA CLIENTE:  
ENTERPRISE CLIENT



PROYECTO:  
PROJECT:  
TES ADQUISICIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO PARA LINEAS DE AGUA, VAPOR Y COMBUSTIBLE DE LA CENTRAL EMERALDAS I SECA. INCLUYE INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

CONTIENE:  
CONTAINS:  
P00. TÍPICO DE MONTAJE DE TRANSDUCORES DE FLUJO TIPO ELECTROMAGNÉTICO PARA AGUA DE RÍO DN200

ARCHIVO:  
FILE

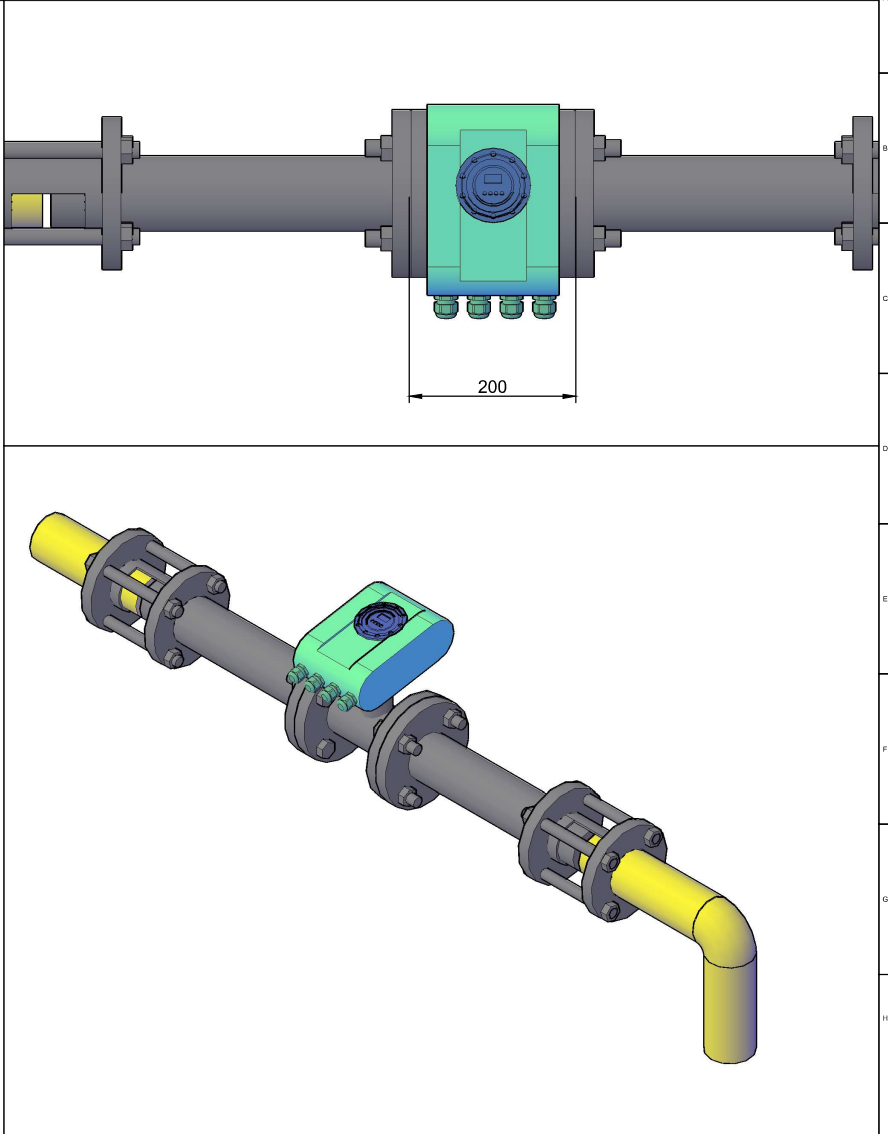
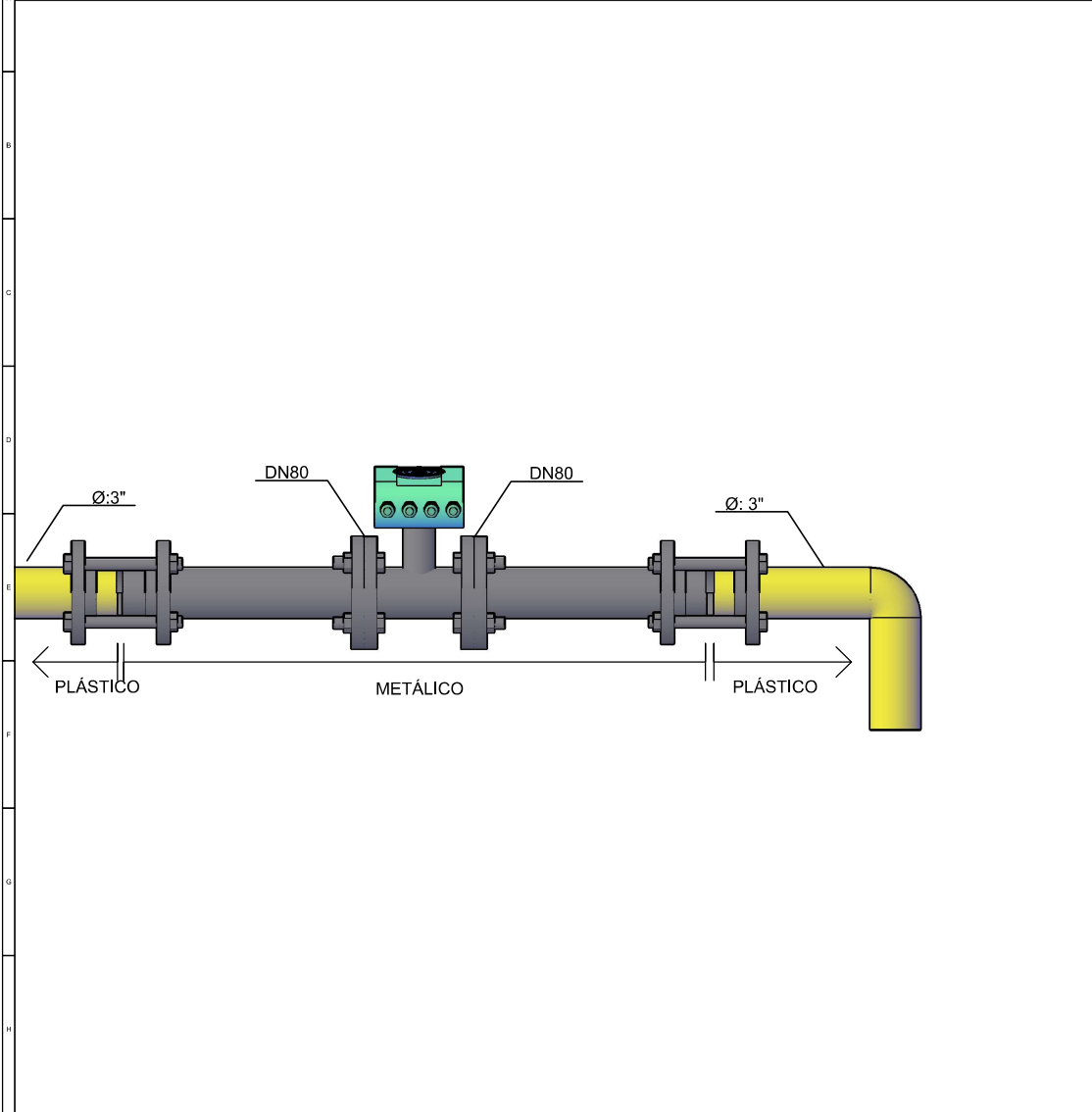
TAMAÑO:  
SIZE: A3

ESCALA:  
SCALE: NA

HOJA:  
SHEET: 10 / 12

REV.:

TÍPICO DE MONTAJE EN TUBERÍA MEDIDOR TIPO ELECTROMAGNETICO DN80



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

EMPRESA CONTRATISTA:  
CONTRACTOR COMPANY



DELAJO EMITIDO  
DRAWING ISSUED

- PARA PUBLICAR
- PARA REVISIÓN
- PARA DISEÑO
- PARA CONSTRUCCIÓN
- PARA APROBACIÓN
- AS SUBIÓ
- IMPRESO

FIRMA  
SIGNATURE

DISEÑADO POR:  
DISTRIBUIDOR:  
REVISADO POR:  
PROYECTISTA:  
APROBADO POR:  
INGENIERO EN JEFE:  
APROBACIÓN FINAL:  
FIRMA APROBADA:

EMPRESA CLIENTE:  
ENTERPRISE CLIENT



PROYECTO:  
PROYECTO

CONTIENE:  
CONTIENE

ARCHIVO:  
FILE

TAMAÑO:  
SIZE: A3

ESCALA:  
SCALE: NA

HOJA:  
SHEET: 10/12








REV:  
0

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL. PROPIEDAD DE INNOVATRONICA. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU PUBLICACIÓN. COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA EMITIDA POR INNOVATRONICA.  
THIS PLANE CONTAINS CONFIDENTIAL INFORMATION PROPERTY OF INNOVATRONICA. IS EXPRESSLY PROHIBITED THEIR PUBLICATION. COPY OR USE WITHOUT WRITTEN PERMISSION ISSUED BY INNOVATRONICA.


**ANEXO 2**

**HOJAS DE DATOS DE LOS INSTRUMENTOS USADOS**

**OPTISWIRL 4200**  
**Caudalímetro Vortex**

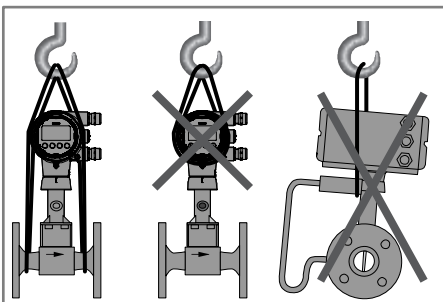
-  La instalación, ensamblaje, puesta en marcha y mantenimiento sólo pueden ser realizados por personal entrenado.
-  Compruebe la placa de identificación para conocer las condiciones de funcionamiento correctas.
-  Para el uso en áreas peligrosas se aplican leyes y normativas especiales. No conecte los equipos a la alimentación antes de leer las instrucciones descritas en el manual adicional.
-  Este equipo cumple los requisitos de la Directiva de Equipos a Presión. Consulte la placa de identificación para conocer los límites de las condiciones de funcionamiento. No presurice los equipos antes de leer las instrucciones descritas en el manual adicional.
-  Este equipo cumple los requisitos de la Directiva de Baja Tensión. No conecte los equipos a la alimentación antes de leer las instrucciones descritas en el manual.
-  Para equipos utilizados en aplicaciones SIL se aplican notas de seguridad adicionales. Para más información consulte el "Manual de seguridad".
-  El operador es el único responsable del uso de este equipo por lo que concierne a la idoneidad, el uso previsto y la resistencia a la corrosión de los materiales utilizados con los líquidos medidos.

**1 Instalación**

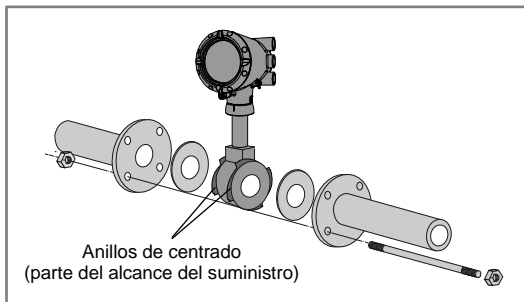
-  **Condiciones de uso especiales que deben observarse:**
- Las juntas ignífugas no pueden repararse (sólo para Ex d).
  - Para el grupo de gas IIC la descarga electrostática del alojamiento pintado y del sensor de caudal debe prevenirse tomando las medidas adecuadas.
  - Para los datos térmicos y eléctricos, es necesario atenerse estrictamente a las instrucciones proporcionadas en el manual adicional.

**Nota para el manual adicional:**  
Observe el tipo de protección (consulte la placa de identificación) del equipo.

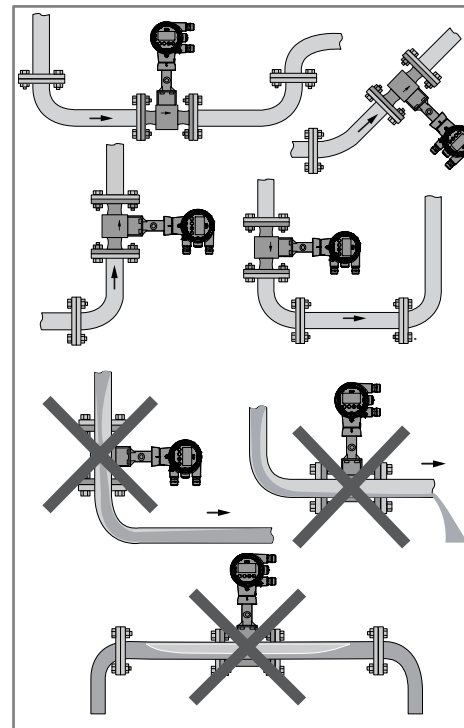
**Transporte**



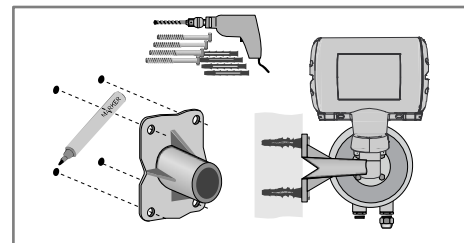
**Versión "sándwich" - anillos de centrado**



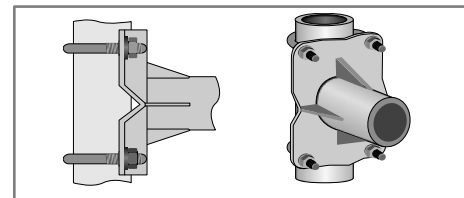
**Líquidos**



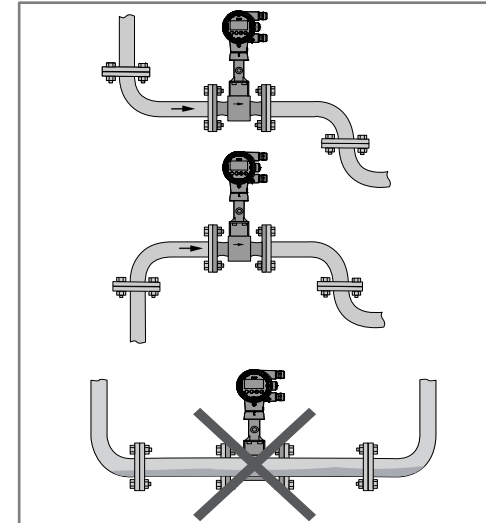
**Versión remota: montaje en pared del alojamiento de campo**



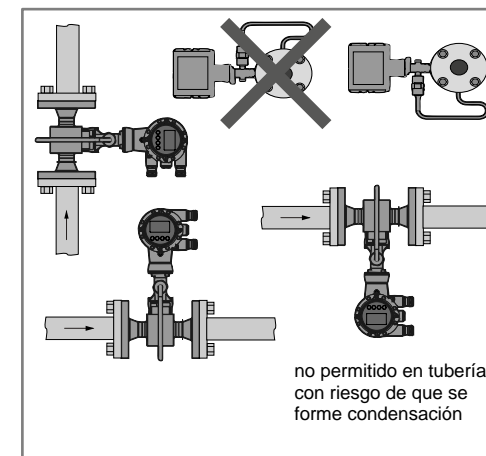
**Versión remota: montaje de tubería del alojamiento de campo**



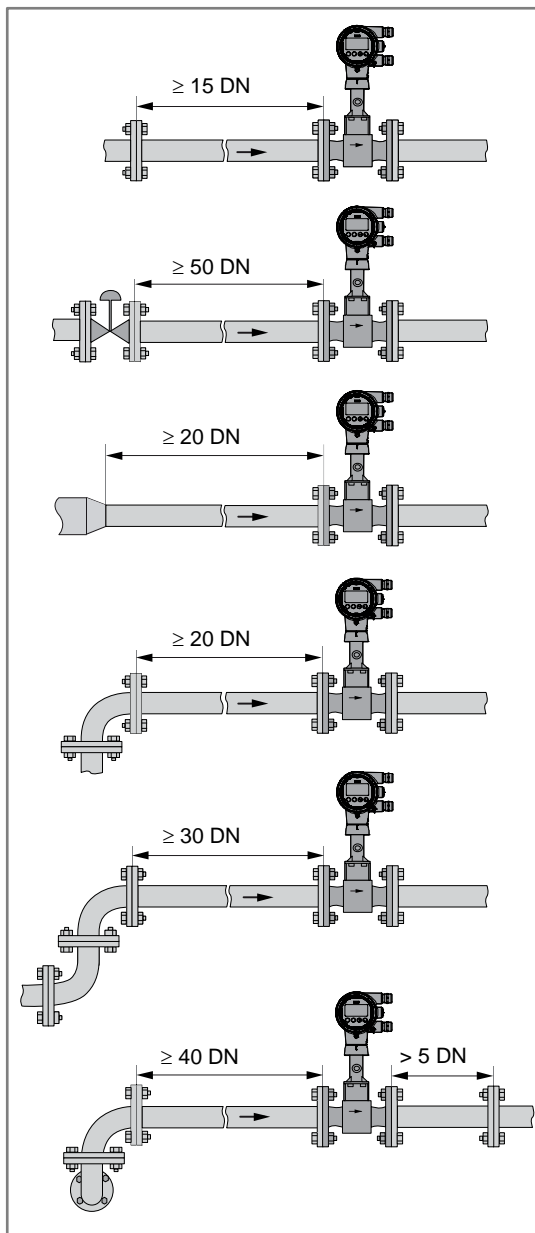
**Vapor & gases**



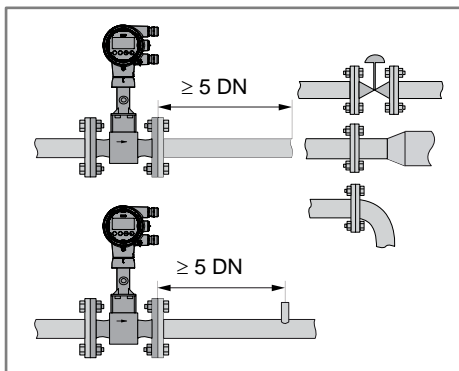
**Posición de montaje**



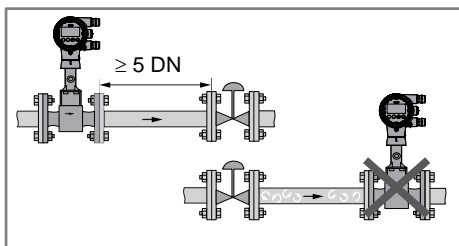
## Tramo de entrada mínimo



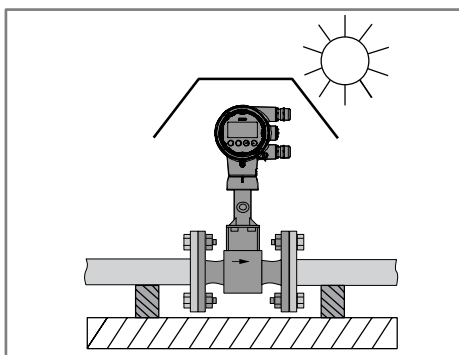
## Tramo de salida mínimo



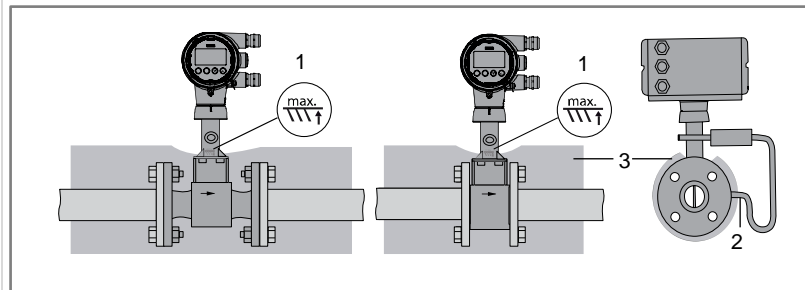
## Tuberías con válvula de control



## Protección solar



## Aislamiento térmico para $T_{\text{producto}} > +160^{\circ}\text{C} / +320^{\circ}\text{F}$



- 1 Marcado de altura máxima del aislamiento
- 2 Máximo espesor de aislamiento hasta la curva de la tubería de presión.
- 3 Aislamiento

## 2 Conexión eléctrica



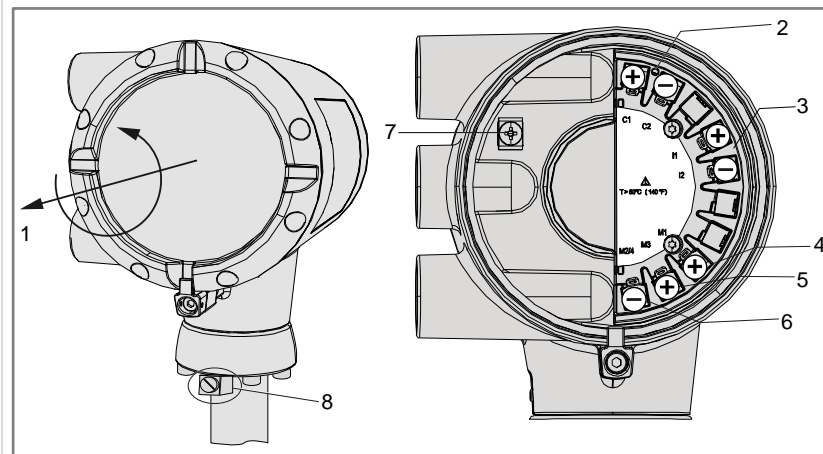
### Peligro:

Todo el trabajo relacionado con las conexiones eléctricas sólo se puede llevar a cabo con la alimentación desconectada.

Tome nota de los datos de voltaje en la placa de identificación.

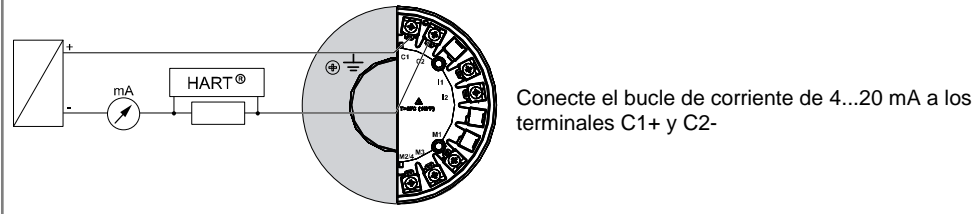
Siga las regulaciones nacionales para las instalaciones eléctricas.

## Conectando el convertidor de señal

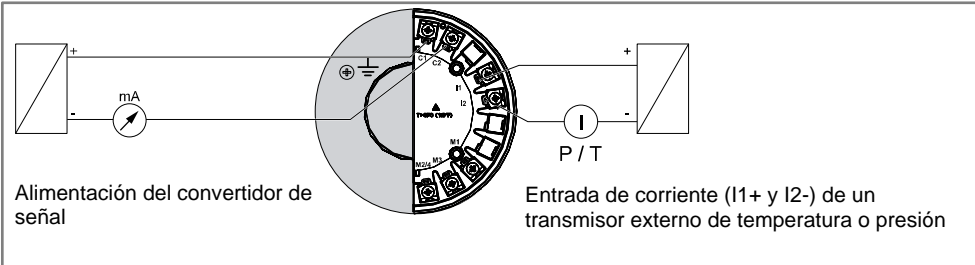


- 1 Abra la cubierta del alojamiento del compartimento de terminales eléctricos con la llave
- 2 Alimentación del convertidor de señal y bucle de 4...20 mA
- 3 Entrada de corriente de 4...20 mA, transmisor externo, opcional
- 4 Terminal salida binaria M1 (alta corriente)
- 5 Terminal salida binaria M3 (NAMUR)
- 6 Terminal salida binaria M2/4, conexión común menor
- 7 Terminal de tierra en el alojamiento
- 8 Terminal de tierra en la pieza de conexión entre el sensor de caudal y el convertidor de señal

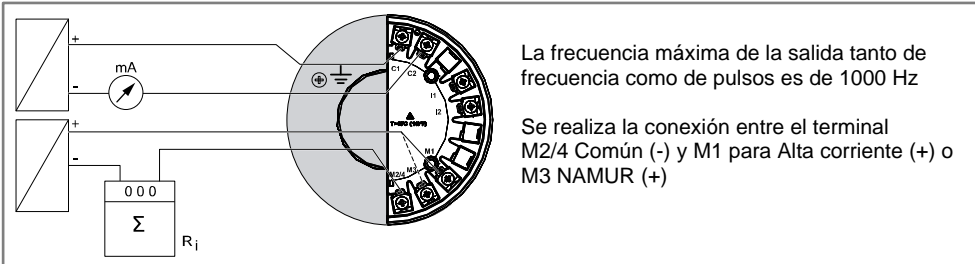
## Salida de corriente



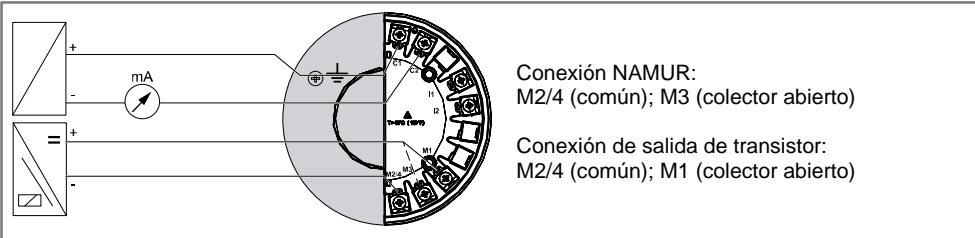
## Entrada de corriente



## Salida de pulsos / salida de frecuencia



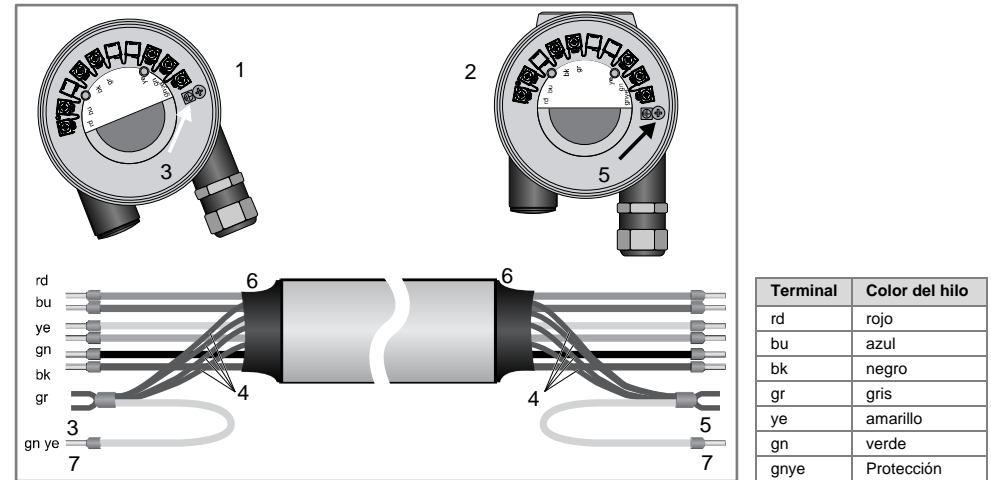
## Salida de alarma



## Salida de estado

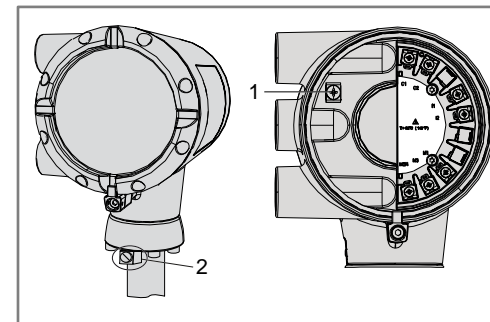
Se realiza la conexión entre el terminal M2/4 Común (-) y M1 para Alta corriente (+) o M3 NAMUR (+)

## Conexión de la versión remota



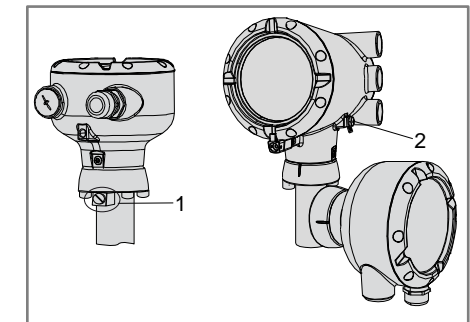
- 1 Terminal de conexión del sensor de caudal
- 2 Terminal de conexión del convertidor de señal
- 3 Protección de la conexión del sensor de caudal
- 4 Protección (hilo trenzado y protección general)
- 5 Protección de la conexión del convertidor de señal
- 6 Tubo termorretráctil
- 7 Protección

## Puesta a tierra de la versión compacta



- 1 Terminal de tierra en el alojamiento
- 2 Terminal de tierra en pieza de conexión entre el sensor de caudal y el convertidor de señal

## Puesta a tierra de la versión remota



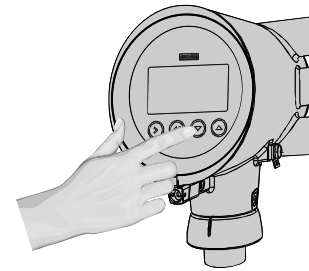
- 1 Terminal de tierra en el sensor de caudal
- 2 Terminal de tierra en el alojamiento del convertidor de señal



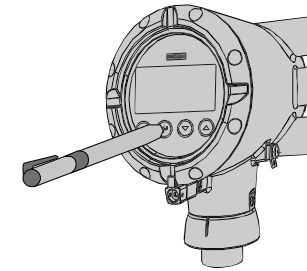
## 3 Selección rápida

Med.	Menú A	Submenús
>	↑↓	> ↑↓
└	A Config. rápida	└
		A1 Lenguaje
		A2 Contraste
		A3 Login
		A4 Tag
		A5 Tag Largo
		A6 Vista Mensaje
		A7 Fluído
		A8 Medio
		A9 Unidades
		A9.1 Caudal Volumétrico
		A9.2 Caud. Vol. Pers.
		A9.3 Caudal Norm Vol
		A9.4 Caud. Nor. Vol. Pers.
		A9.5 Caudal Másico
		A9.6 Caud. Más. Vol. Pers.
		A9.7 Rendimiento
		A9.8 Rendimiento. Pers.
		A9.9 Volumen
		A9.10 Vol. Personal
		A9.11 Vol. Norm.
		A9.12 Vol. Norm. Personal
		A9.13 Masa
		A9.14 Masa Personal
		A9.15 Energía
		A9.16 Energía Personal
		A9.17 Presión
		A9.18 Presión Person.
		A9.19 Temperatura
		A9.20 Temp. Personal
		A9.21 Densidad
		A9.22 Densidad Personal
		A10 Tipo Medidor
		A11 Asist. Aplicación
		A11.1 Líquidos
		A11.2 Vapor Saturado
		A11.3 Vapor Sobrecal.
		A11.4 Med. Ener. Térmica
		A11.5 Gas
		A11.6 FAD
		A12 Check Grupo
		Grupo 1...12

Funcionamiento con cubierta frontal abierta



Funcionamiento con cubierta frontal cerrada (con pin magnético)



Nivel de acceso	Contraseña por defecto	Permisos
Usuario	0000 (cualquier contraseña que no esté ya asignada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ver información sobre el equipo</li> <li>Configurar la pantalla (C5), lo cual incluye cambiar el idioma de la misma y el contenido de las páginas de medida</li> </ul>
Operador	0009	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todos los derechos del nivel de acceso "Usuario"</li> <li>Configurar la salida binaria (C2.2)</li> <li>Configurar todas las opciones de comunicación HART® (C3) excepto la opción "C3.1.1 Modo Lazo Corr."</li> <li>Cambiar la contraseña de "Operador" (C6.2.2): recuerde que la nueva contraseña debe tener tres ceros iniciales ("000")</li> <li>Activar otro tipo de caudalímetro</li> </ul>
Experto	0058	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todos los derechos de configuración, especialmente los de configuración del proceso (C1) y salida de corriente (C2.1)</li> <li>Cambiar la contraseña de "Experto" (C6.2.2): recuerde que la nueva contraseña debe tener dos ceros iniciales ("00")</li> </ul>

### Descargar documentos y software

Escanee el código de la placa de identificación o escanee el siguiente código e introduzca el número de serie.



Ver los videos de ICV  
Desembalaje  
Instalación  
Puesta en servicio  
Verificación

### Contacto


En el selector de región/idioma, seleccione su país para ver los detalles de contacto de su representante local de KROHNE en:


[www.krohne.com](http://www.krohne.com)





# OPTIMASS 1400


## Medidor másico de doble tubo recto


 La instalación, ensamblaje, puesta en marcha y mantenimiento sólo pueden ser realizados por personal entrenado. Compruebe la placa de identificación para conocer las condiciones de funcionamiento correctas.

 Para el uso en áreas peligrosas se aplican leyes y normativas especiales. No conecte los equipos a la alimentación antes de leer las instrucciones descritas en el manual adicional.


 Este equipo cumple los requisitos de la Directiva de Equipos a Presión. Consulte la placa de identificación para conocer los límites de las condiciones de funcionamiento. No presurice los equipos antes de leer las instrucciones descritas en el manual adicional.

 Este equipo cumple los requisitos de la Directiva de Baja Tensión. No conecte los equipos a la alimentación antes de leer las instrucciones descritas en el manual.

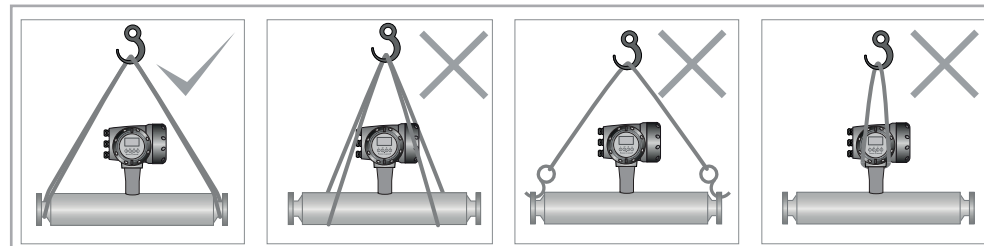
 Para equipos utilizados en aplicaciones SIL se aplican notas de seguridad adicionales. Para más información consulte el "Manual de seguridad".

 El operador es el único responsable del uso de este equipo por lo que concierne a la idoneidad, el uso previsto y la resistencia a la corrosión de los materiales utilizados con los líquidos medidos.

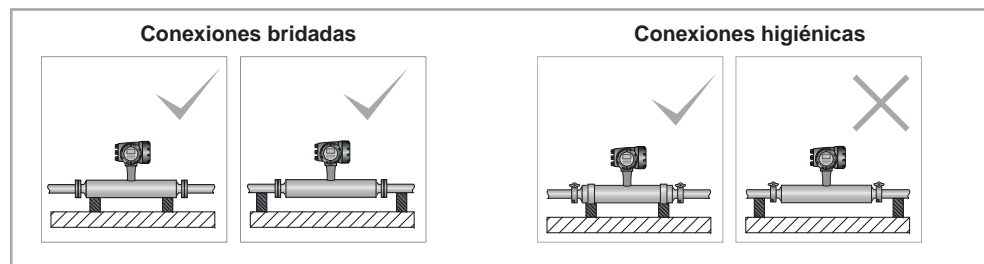
## 1 Instalación

-  Condiciones de uso especiales que deben observarse
- El sistema de medida OPTIMASS y el convertidor de señal MFC deben incluirse en el sistema de conexión equipotencial de la instalación en cualquier área peligrosa.
  - Deje que la electrónica se desactive antes de abrir el compartimento de la electrónica en un área peligrosa. El tiempo necesario para que se desactive es de 35 minutos para la clase de temperatura T6 y 10 minutos para la clase de temperatura T5. No es necesario ningún tiempo de espera para la clase de temperatura T1
  - Utilice prensaestopas certificados en las entradas de cable. Utilice un tapón certificado para sellar las entradas de cable no utilizadas.
  - Los cables de conexión deben instalarse como cableado fijo de modo que estén suficientemente protegidos contra los daños. Los cables de conexión no deben exceder los parámetros especificados en las Instrucciones Adicionales para áreas peligrosas.
  - Para más información sobre la relación entre la temperatura ambiente máxima admitida, la temperatura máxima del producto, la temperatura máxima de la superficie y la clase de temperatura correspondiente para cada caudalímetro, se remite a las tablas en el Manual y/o las Instrucciones Adicionales para áreas peligrosas de cada equipo.

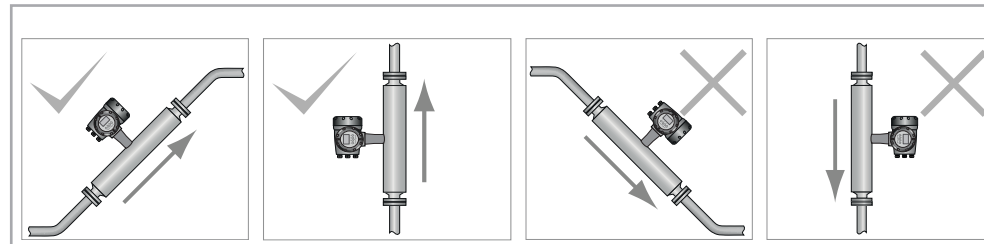
### Manejo del caudalímetro



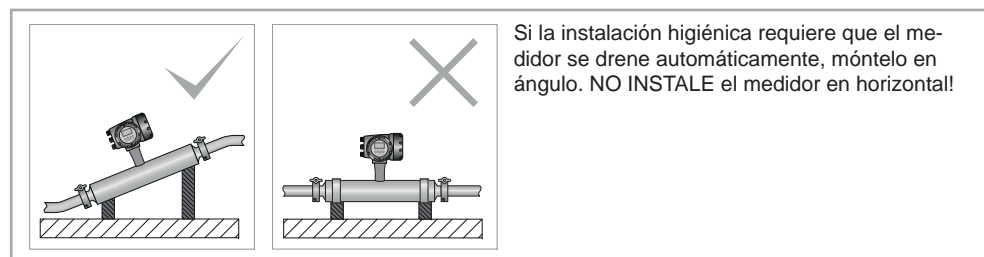
### Apoyo del caudalímetro



### Posiciones de montaje



### Drenaje automático (higiénico)



## Vibración excesiva

La vibración de las bombas y otros equipos en la línea de proceso puede tener un efecto en el medidor que, en algunas situaciones, puede causar daños. Es más probable que se produzcan daños si el medidor tiene conexiones higiénicas y el nivel de vibración es excesivo.

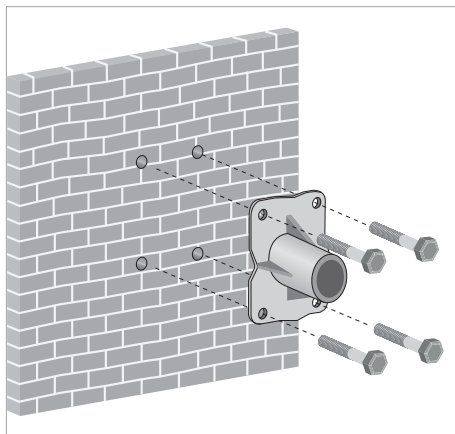


### ¡PRECAUCIÓN!

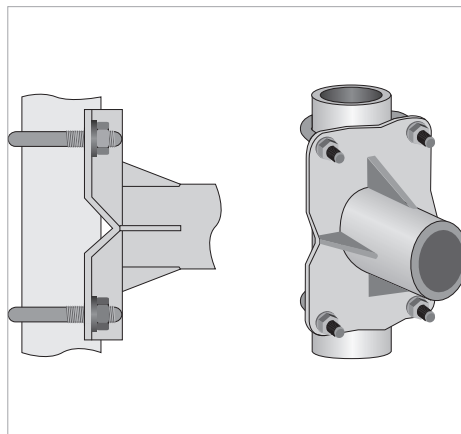
Si hay una vibración excesiva en las tuberías de proceso, debe aislar el caudalímetro de su lugar de apoyo. Se recomienda insertar una pieza de goma (u otro material similar) entre el cuerpo del caudalímetro, o la tubería, y la abrazadera de montaje o el punto de fijación. Para más información, póngase en contacto con el fabricante.

## MFC 400 Remoto

### Montaje en pared



### Montaje de campo



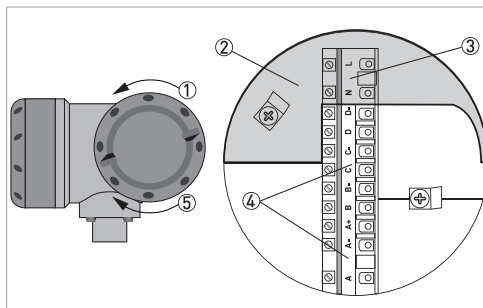
## 2 Conexiones eléctricas



### Peligro:

- Apague la alimentación antes de trabajar en las conexiones eléctricas.
- Compruebe los datos de tensión en la placa de identificación.
- Siga las regulaciones nacionales para las instalaciones eléctricas.
- El equipo DEBE estar conectado a tierra según las regulaciones para proteger al personal de descargas eléctricas.

## Versión compacta



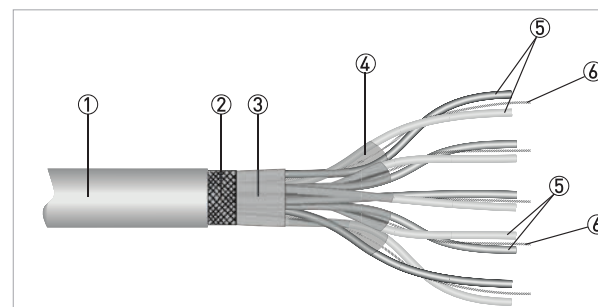
### Procedimiento

1. Desenrosque la cubierta del alojamiento ①
2. Abra la protección táctil ②
3. Inserte el cable eléctrico por el prensaestopas correspondiente
4. Conecte los hilos eléctricos ③
5. Cierre la protección táctil ②
6. Inserte el cable (o los cables) de señal por el prensaestopas correspondiente
7. Conecte los cables de señal ④
8. Sustituya la cubierta del alojamiento y apriétela a mano ⑤.

### Versión remota

#### Preparación del cable de señal

El cable de señal está formado por cinco pares (trenzados) de cables. Cada par tiene también un hilo de drenaje y los tres hilos están recubiertos por una envoltura de aluminio. Los cinco pares de cables están recubiertos por una envoltura de aluminio y una pantalla trenzada. El cable entero está protegido por una funda de PVC externa.



- ① Funda exterior
- ② Pantalla trenzada
- ③ Envoltura de aluminio externa
- ④ Envoltura de aluminio
- ⑤ Pares de cable
- ⑥ Hilos de drenaje

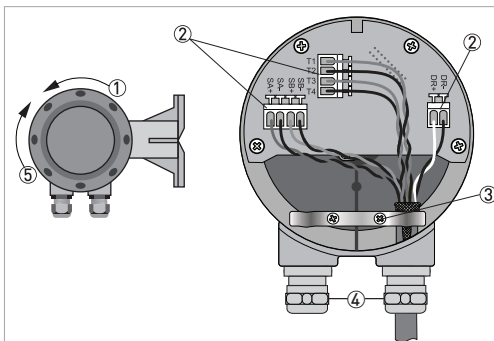
Pele todas las envolturas de aluminio y descártelas. Desenvuelva la pantalla trenzada de modo que pueda doblarse para crear una conexión debajo de la toma de masa. Doble los cinco hilos de drenaje hacia atrás y tuérzalos juntos con los pantalla trenzada.

Es importante que LOS CINCO hilos de drenaje Y la pantalla trenzada formen parte de la protección.

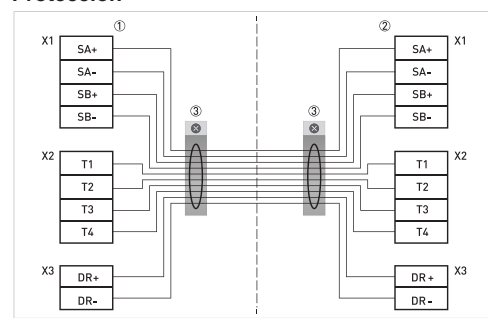
		PE (FE)	S/N: G190000001405041	<b>KROHNE</b>
		L(L+) / N(L-)	CG: CG33081100	
POWER			A = Active P = Passive NC = Not connected	
INPUT / OUTPUT	D -	P	PULSE OUT / STATUS OUT	
	D	P	I <sub>max</sub> = 100 mA @ f <sub>c</sub> ≤ 10 Hz; = 20 mA @ f <sub>c</sub> ≤ 12 kHz	
			V <sub>o</sub> = 1.5 V @ 10 mA; U <sub>max</sub> = 32 VDC	
	C -	P	STATUS OUT	
	C	P	I <sub>max</sub> = 100 mA; V <sub>max</sub> = 32 VDC	
	B -	P	STATUS OUT / CONTROL IN	
B	P	I <sub>max</sub> = 100 mA		
		V <sub>on</sub> > 19 VDC; V <sub>off</sub> < 2.5 VDC; V <sub>max</sub> = 32 VDC		
A +	A	CURRENT OUT ( HART )		
A -	or	Active ( Terminals A & A+ ); R <sub>Lmax</sub> = 1 kohm		
A	P	Passive ( Terminals A & A- ); V <sub>max</sub> = 32 VDC		

**La etiqueta (mostrada arriba) dentro de la tapa del compartimento de terminales proporciona indicación sobre las conexiones de salida.**

## Conexiones de los cables (sensor y convertidor)



### Protección



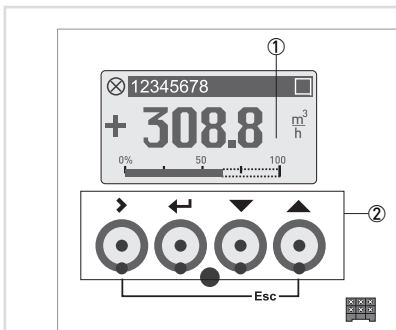
### Procedimiento

- 1 Desenrosque la cubierta del alojamiento ①
- 2 Inserte el cable (o los cables) eléctrico por el prensaestopas correspondiente ④
- 3 Conecte los conductores ②
- 4 Pase los hilos de drenaje y la pantalla trenzada por debajo de la toma de tierra ③
- 5 Coloque la toma en su posición mediante los dos tornillos
- 6 Apriete el prensaestopas ④
- 7 Sustituya la cubierta del alojamiento y apriétela a mano ⑤

- ① Convertidor de señal
- ② Sensor de caudal
- ③ Protección del cable

## 3 Selección rápida

### Pantalla



- ① Pantalla (ER1.0.x en la figura)
- ② Teclas de funcionamiento ópticas

### Procedimiento:

Toque el vidrio directamente enfrente de las teclas de funcionamiento ópticas para acceder a los menús.

Si las teclas ópticas no se utilizan durante 5 minutos, la pantalla vuelve al modo de medida.

## Teclas del convertidor de señal

Tecla	Modo medida	Modo menú	Submenú o modo función	Parámetro y modo datos
➤	Cambio del modo de medida al modo menú Presione la tecla óptica por 2,5 s, la pantalla muestra "A0.0.0.0 Quick Setup"	Acceso al menú mostrado en pantalla, después el submenú 1 se muestra en pantalla.	Acceso al submenú o función mostrada en pantalla	Para valores numéricos, mueva el cursor (resaltado en azul) una posición a la derecha
⬅	Restablecimiento de la pantalla función "Acceso Rápido"	Regresa al modo medida	Presione de 1 a 3 veces, regreso al modo menú, datos guardados	Regreso al submenú o función, datos guardados
▲ o ▼	Alterna entre la visualización de las páginas valor medido 1 + 2, página de tendencia y página de estado	Selecc. del menú	Selección del submenú o de la función	Utilice el cursor para cambiar el número, la unidad, la propiedad y para desplazar el punto decimal
Esc [➤+▲]	—	—	Regreso al modo menú sin aceptar los datos	Regreso al submenú o a la función sin aceptar los datos

Los menús mostrados abajo sirven sólo para la configuración rápida del caudalímetro. Para la lista de menús completa se remite al Manual del convertidor de señal.

Los menús de configuración rápida mostrados aquí se aplican a la revisión electrónica (ER)1.x y la revisión electrónica (ER) 2.x.x. Si ignora qué revisión electrónica está instalada en su convertidor de señal, consulte la placa de identificación.

Para más información sobre los menús HART se remite al Manual del convertidor de señal. Para información sobre la estructura de los menús para los protocolos de comunicación adicionales, se remite a las Instrucciones Adicionales correspondientes.

## Calibración cero

### ER 1.0.x

Tecla	Pantalla	Descripción y ajuste
	A	Selección rápida Presione y mantenga durante 2,5 s, después suelte la tecla.
2 x	C	Selección
3 x	C1.1.1	Calibración cero
		¿Calibrar Cero? Automático
		Por favor espere cuenta atrás de 40 s
		Calibración cero Aceptado
		Calibración cero +XX.XXX%
		Muestra en pantalla de la calibración del cero medida en %.
5 x		¿Salvar configurac.? sí
		Página en pantalla

### ER 2.x.x

Tecla	Pantalla	Descripción y ajuste
	A0.0.0	Selección rápida Presione y mantenga durante 2,5 s, después suelte la tecla.
2 x	C0.0.0	Selección
3 x	C1.1.1	Calibración cero
		¿Calibrar Cero? Automático
		Por favor espere cuenta atrás de 40 s
		Calibración cero Aceptado
		Calibración cero +XX.XXX%
		Muestra en pantalla de la calibración del cero medida en %.
5 x		¿Salvar configurac.? sí
		Página en pantalla

## Menú Config. rápida

### ER 1.0.x

Modo de medida	Selecc. del menú	Selección del menú y/o submenú	Selección de la función y ajuste de datos						
Presione > 2,5 s									
A Config. rápida	←	A1 Lenguaje	>						
		A2 Tag	←						
		A3 Reseteo	<table border="1"> <tr><td>A3.1 Reset errores</td></tr> <tr><td>A3.2 Todos Totalizadores</td></tr> <tr><td>A3.3 Totalizador 1</td></tr> <tr><td>A3.4 Totalizador 2</td></tr> <tr><td>A3.5 Totalizador 3</td></tr> </table>	A3.1 Reset errores	A3.2 Todos Totalizadores	A3.3 Totalizador 1	A3.4 Totalizador 2	A3.5 Totalizador 3	
		A3.1 Reset errores							
		A3.2 Todos Totalizadores							
		A3.3 Totalizador 1							
		A3.4 Totalizador 2							
		A3.5 Totalizador 3							
		A4 Salida analógica	<table border="1"> <tr><td>A4.1 Medida</td></tr> <tr><td>A4.2 Unidad</td></tr> <tr><td>A4.3 Rango</td></tr> <tr><td>A4.4 Corte caudal bajo</td></tr> <tr><td>A4.5 Constante tiempo</td></tr> </table>	A4.1 Medida	A4.2 Unidad	A4.3 Rango	A4.4 Corte caudal bajo	A4.5 Constante tiempo	
		A4.1 Medida							
A4.2 Unidad									
A4.3 Rango									
A4.4 Corte caudal bajo									
A4.5 Constante tiempo									
A5 Salidas digitales	<table border="1"> <tr><td>A5.1 Medida</td></tr> <tr><td>A5.2 Unidad valor pulso</td></tr> <tr><td>A5.3 Valor por pulso</td></tr> <tr><td>A5.4 Corte caudal bajo</td></tr> </table>	A5.1 Medida	A5.2 Unidad valor pulso	A5.3 Valor por pulso	A5.4 Corte caudal bajo				
A5.1 Medida									
A5.2 Unidad valor pulso									
A5.3 Valor por pulso									
A5.4 Corte caudal bajo									
A6 GDC IR Interface									
A7 Dirección de caudal									
A8 Calibración cero									
A9 Modo operación									

### ER 2.x.x

Modo de medida	Selecc. del menú	Selección del menú y/o submenú	Selección de la función y ajuste de datos									
Presione > 2,5 s												
A Config. rápida	←	A1.0.0 Lenguaje	>									
		A2 Reseteo	<table border="1"> <tr><td>A2.1.0 Reset errores</td></tr> <tr><td>A2.2.0 Stop todas simulac.</td></tr> <tr><td>A2.3.0 Todos Totalizadores</td></tr> <tr><td>A2.4.0 Totalizador 1</td></tr> <tr><td>A2.5.0 Totalizador 2</td></tr> <tr><td>A2.6.0 Totalizador 3</td></tr> </table>	A2.1.0 Reset errores	A2.2.0 Stop todas simulac.	A2.3.0 Todos Totalizadores	A2.4.0 Totalizador 1	A2.5.0 Totalizador 2	A2.6.0 Totalizador 3	←		
		A2.1.0 Reset errores										
		A2.2.0 Stop todas simulac.										
		A2.3.0 Todos Totalizadores										
		A2.4.0 Totalizador 1										
		A2.5.0 Totalizador 2										
		A2.6.0 Totalizador 3										
		A3 Configuración	<table border="1"> <tr><td>A3.1.0 Tag</td></tr> <tr><td>A3.2.0 Medida</td></tr> <tr><td>A3.3.0 Rango</td></tr> <tr><td>A3.4.0 Código de alarma</td></tr> <tr><td>A3.5.0 Corte caudal bajo</td></tr> <tr><td>A3.6.0 Amortiguación</td></tr> <tr><td>A3.7.0 Terminal tipo C</td></tr> <tr><td>A3.8.0 Dirección de caudal</td></tr> </table>	A3.1.0 Tag	A3.2.0 Medida	A3.3.0 Rango	A3.4.0 Código de alarma	A3.5.0 Corte caudal bajo	A3.6.0 Amortiguación	A3.7.0 Terminal tipo C	A3.8.0 Dirección de caudal	
		A3.1.0 Tag										
A3.2.0 Medida												
A3.3.0 Rango												
A3.4.0 Código de alarma												
A3.5.0 Corte caudal bajo												
A3.6.0 Amortiguación												
A3.7.0 Terminal tipo C												
A3.8.0 Dirección de caudal												
A4.0.0 Modo seguro												
A5.0.0 SIL Verificación												
A6.0.0 Desbloquear aparato												
A7.0.0 Calibración cero												
A8.0.0 Modo operación												

### Descargar documentos y software

Escanee el código de la placa de identificación o escanee el siguiente código e introduzca el número de serie.



## Contacto

En el selector de región/idioma, seleccione su país para ver los detalles de contacto de su representante local de KROHNE en:

[www.krohne.com](http://www.krohne.com)

Para la configuración inicial, le recomendamos encarecidamente consultar también los manuales correspondientes.

### IFC 050

#### Convertidor de señal para caudalímetros electromagnéticos



La instalación, ensamblaje, puesta en marcha y mantenimiento sólo pueden ser realizados por personal entrenado.



Este equipo cumple los requisitos de la Directiva de Baja Tensión, No conecte los equipos a la alimentación antes de leer las instrucciones descritas en el manual.



El operador es el único responsable del uso de este equipo por lo que concierne a la idoneidad, el uso previsto y la resistencia a la corrosión de los materiales utilizados con los líquidos medidos.

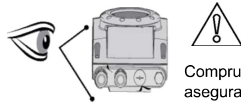


No se permite el uso de este equipo en lugares peligrosos ni en atmósferas con gases explosivos.

#### General

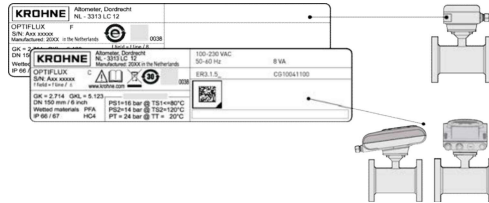


Las temperaturas máximas ambiente y de proceso dependen de la versión (por ej., el material del recubrimiento, el tamaño), la clase de temperatura y de protección y la temperatura máxima de la superficie del sensor.

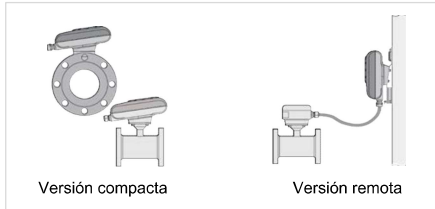


Compruebe la placa de identificación del equipo para asegurarse de que el equipo entregado es el que indicó en su pedido.

#### Placa de identificación del equipo (ejemplo)



#### Versión (versiones) del equipo

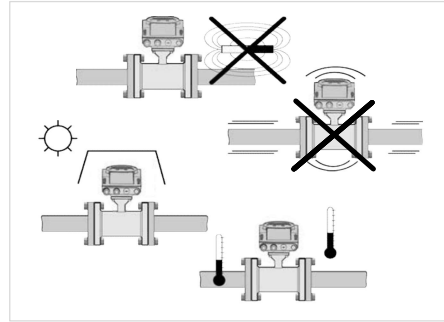


#### Transporte

- Sin requisitos especiales
- Utilice el embalaje original del equipo para transportarlo al lugar de instalación.

## 1 Instalación

### Requisitos generales de instalación generales

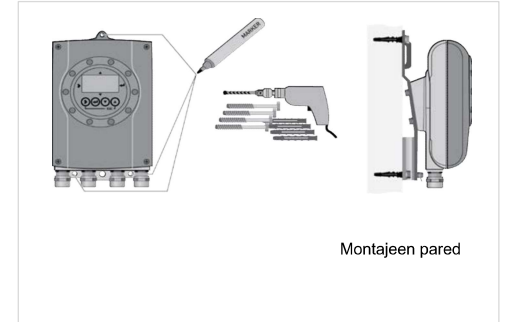


Evite las vibraciones / los campos magnéticos

Utilice protección solar /

Compruebe las especificaciones de temperatura ambiente y del producto

Consulte en la documentación del sensor de caudal las condiciones de instalación específicas.



Montaje del alojamiento de campo, versión remota

## 2 Conexión eléctrica

Todo el trabajo relacionado con las conexiones eléctricas sólo se puede llevar a cabo con la alimentación desconectada. ¡Tome nota de los datos de voltaje en la placa de identificación! ¡Siga las regulaciones nacionales para las instalaciones eléctricas!



El equipo debe estar conectado a tierra según la regulación para proteger al personal de descargas eléctricas.



No debe existir ninguna diferencia de potencial entre el sensor de caudal y el alojamiento o la toma de tierra de protección del convertidor de señal.

Se deben seguir sin excepción alguna las regulaciones de seguridad y salud ocupacional regionales. Cualquier trabajo hecho en los componentes eléctricos del equipo de medida debe ser llevado a cabo únicamente por especialistas entrenados adecuadamente.



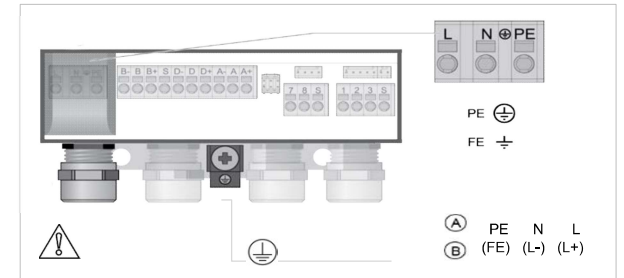
Consulte el manual para más información sobre las opciones de conexión y preparación del cable de señal y de corriente de campo

### Conexiones eléctricas del convertidor de señal

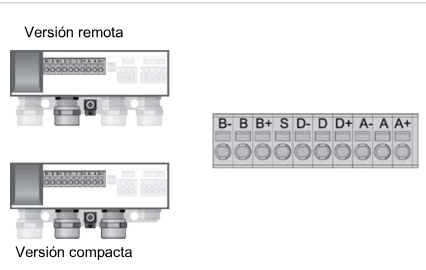
### Alimentación - puesta a tierra



- A 100...230 VAC (-15% / +10%), 15 VA
- B 24 VDC (-30% / +30%), 5,6 W



## Conexiones I/O



S	Terminal de conexión de protección
A, B, D	Terminal positivo I/O (+)
A+, B+, D+	Terminal I/O negativo (-)

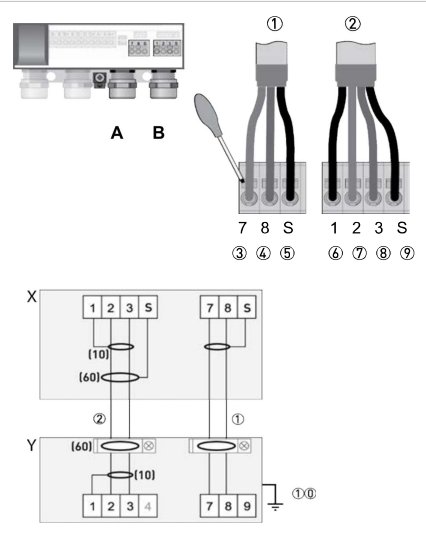
A	Corriente salida
D	Salida de pulsos / frecuencia
B	Modbus I/O (opción)
D	Salida Estado

Observe la polaridad de conexión.



Consulte el manual para más información sobre las opciones de conexión / Diagrama de conexión

## Conexión del cable del sensor



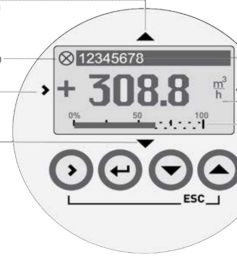
① / A	Cable de corriente de campo
② / B	Cable de señal A (DS 300)
③	Conductor eléctrico (7)
④	Conductor eléctrico (8)
⑤	Terminal de conexión de protección (S)
⑥	Protección interna del cable de señal (1)
⑦	Conductor eléctrico (2)
⑧	Conductor eléctrico (3)
⑨	Terminal de conexión de protección (S)
⑩	Tierra funcional (FE)

X	Compartimento de terminales para el convertidor de señal
Y	Caja de conexión del sensor de caudal

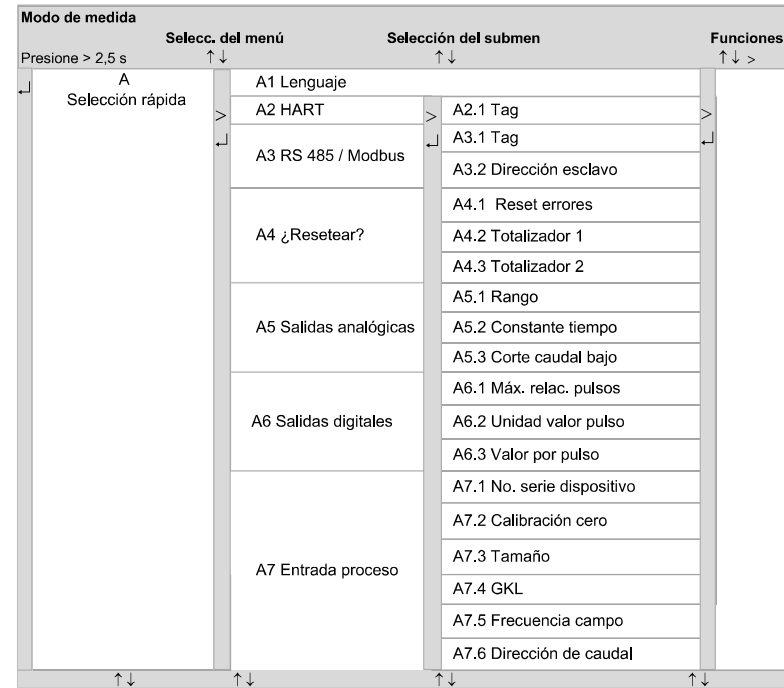
## 3 Quick setup (Selección rápida)



Mensaje de estado  
Teclas magnéticas (funcionamiento con el alojamiento cerrado)



Número de tag  
Teclas magnéticas  
Variable medida  
Indicación de barra gráfica  
Teclas de funcionamiento



## Descargar documentos y software

Escanee el código de la placa de identificación o escanee el siguiente código e introduzca el número de serie.



## Contacto

En el selector de región/idioma, seleccione su país para ver los detalles de contacto de su representante local de KROHNE en:

[www.krohne.com](http://www.krohne.com)

### IFC 300

#### Convertidor de señal para caudalímetros electromagnéticos



La instalación, ensamblaje, puesta en marcha y mantenimiento sólo pueden ser realizados por personal entrenado.



Este equipo cumple los requisitos de la Directiva de Baja Tensión. No conecte los equipos a la alimentación antes de leer las instrucciones descritas en el manual.



El operador es el único responsable del uso de este equipo por lo que concierne a la idoneidad, el uso previsto y la resistencia a la corrosión de los materiales utilizados con los líquidos medidos.



Para el uso en áreas peligrosas se aplican leyes y normativas especiales. No conecte los equipos a la alimentación antes de leer las instrucciones descritas en el manual adicional.

#### Condiciones de uso especiales que deben observarse

- Para las temperaturas ambiente y de proceso, los datos específicos del producto y eléctricos, consulte el manual o el certificado Ex.
- Para las dimensiones y los detalles de las juntas ignífugas, póngase en contacto con el fabricante.
- La resistencia a la rotura de los cierres de presión especiales es de al menos 700 N/mm<sup>2</sup> (clase de resistencia A2-70 / A4-70).

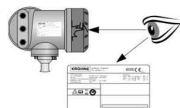
Ex ► Certificado de examen de tipo: FTZU\_12 ATEX 0198 X / IECEx FTZU 12.0023 X

#### General



Compruebe la placa de identificación del equipo para asegurarse de que el equipo entregado es el que indicó en su pedido.

Versión compacta : las temperaturas máximas ambiente y de proceso dependen de la versión (por ej., el material del recubrimiento, el tamaño), la clase de temperatura y de protección y la temperatura máxima de la superficie del sensor.



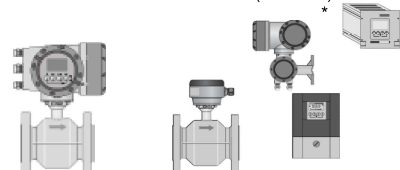
Compruebe los datos Ex en la placa de identificación en caso de una versión Ex (si procede)

#### Placa de identificación del equipo (ejemplo)

<b>KROHNE</b>	
Altimeter, Dordrecht NL - 3313 LC 12	
OPTIFLUX 2300 C	CG30011100
S/N: A20324999	
Mfg.: 2021 in The Netherlands	
www.krohne.com	
GK: 3.8494	f field = f line /6
GKL: 7.7657	DN 200 mm/ 8 inch
ER3.4.1_	
12-24 VDC	
12 W	
Wetted materials: HR(0) 316Ti	
IP66/67	
PED/G1/B:	
PS1=10 bar @ TS1<=20 °C	
PS2=9.4 bar @ TS2= 80 °C	
PT =15 bar @ TT= 20 °C	

#### Versión (versiones) del equipo

Consulte el manual para la versión específica de IFC 300 Rack (21/28 TE) \*



Versión compacta

Versión remota

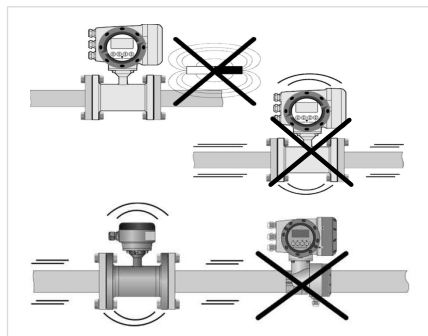
#### Transporte

- Sin requisitos especiales

- Utilice el embalaje original del equipo para transportarlo al lugar de instalación.

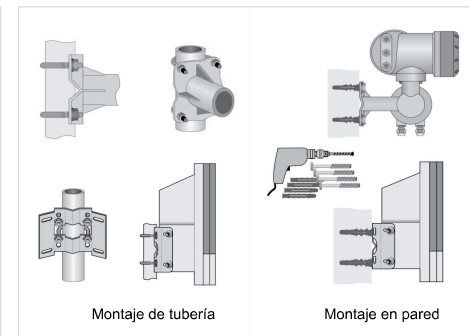
## 1 Instalación

### Requisitos generales de instalación generales



Evite las vibraciones / los campos magnéticos

Consulte en la documentación del sensor de caudal las condiciones de instalación específicas.



Montaje de tubería

Montaje en pared

Montaje del alojamiento de campo, versión remota



Prevenga el riesgo de ignición como resultado de una carga electrostática. No utilice el dispositivo en áreas, con procesos que generen altas cargas, con fricción mecánica y proceso de corte, cerca de sistemas de pintura electrostática (pulverización de electrones), con exposición de partículas de polvo en el aire (sistemas presurizados).

## 2 Conexión eléctrica



Todo el trabajo relacionado con las conexiones eléctricas sólo se puede llevar a cabo con la alimentación desconectada. ¡Tome nota de los datos de voltaje en la placa de identificación! ¡Siga las regulaciones nacionales para las instalaciones eléctricas!

El equipo debe estar conectado a tierra según la regulación para proteger al personal de descargas eléctricas.



Se deben seguir sin excepción alguna las regulaciones de seguridad y salud ocupacional regionales. Cualquier trabajo hecho en los componentes eléctricos del equipo de medida debe ser llevado a cabo únicamente por especialistas entrenados adecuadamente.

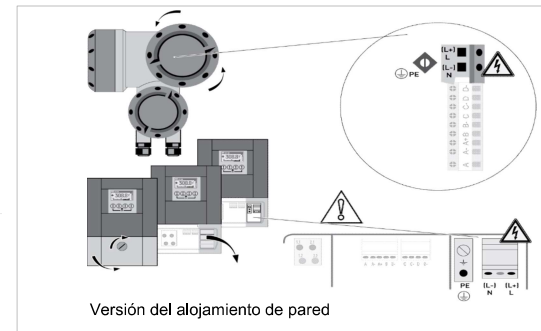
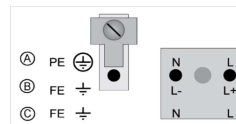


Consulte el manual para más información sobre las opciones de conexión y preparación del cable de señal y de corriente de campo

### Conexiones eléctricas del convertidor de señal

### Alimentación - puesta a tierra

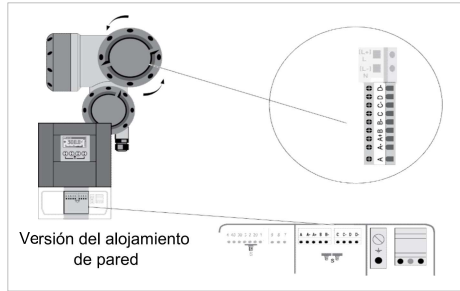
- (A) 100...230 VAC (-15% / +10%), 22 VA
- (B) 12...24 VDC (-55% / +30%) 12 W
- (C) 24 VAC/DC (AC: -15% / +10%; DC: -25% / +30%) 22 VA o 12 W



Versión del alojamiento de pared



## Conexiones I/O

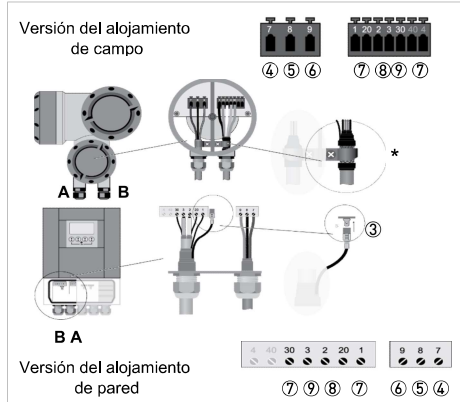


Versión del alojamiento de pared



Consulte el manual para más información sobre las opciones de conexión

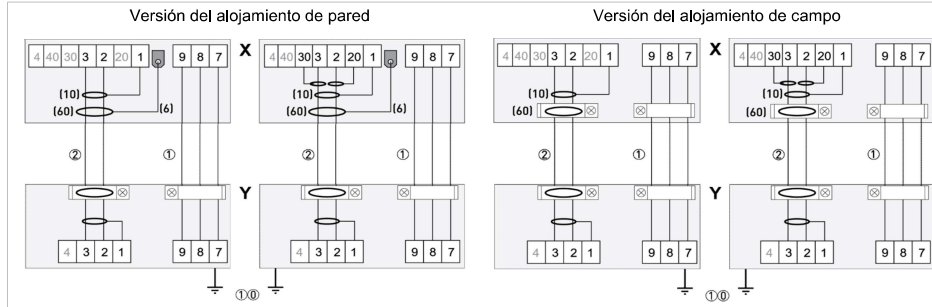
## Conexión del cable del sensor



Versión del alojamiento de campo

Versión del alojamiento de pared

## Diagrama de conexión



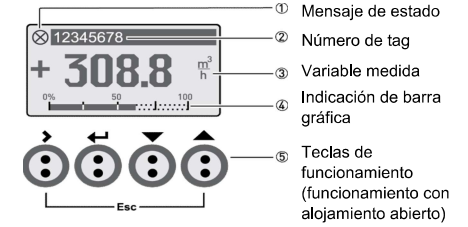
S	Terminal de conexión de protección
A, B, C, D	Terminal positivo I/O (+)
A+, B+	Terminal positivo I/O (+)
A-, B-, C-, D-	Terminal I/O negativo (-)

POWER		CG 3x:xxxxxx	S/N: XXXxxxxx	<b>KROHNE</b>
PE (FE)		A = Active P = Passive NC = Not connected		
INPUT OUTPUT				
D-	P	PULSE OUT / STATUS OUT I <sub>max</sub> = 100 mA@f<= 10 Hz; = 20 mA@f<=12 kHz V <sub>o</sub> = 1.5 V @ 10 mA; U <sub>max</sub> = 32 VDC		
C-	P	STATUS OUT		
C	P	I <sub>max</sub> = 100 mA; V <sub>max</sub> = 32 VDC		
B-	P	STATUS OUT / CONTROL IN I <sub>max</sub> = 100 mA		
B	P	V <sub>on</sub> > 19 VDC, V <sub>off</sub> < 2.5 VDC; V <sub>max</sub> = 32 VDC		
A+	A	CURRENT OUT (HART) Active (Terminals A & A+); R <sub>Lmax</sub> = 1 kohm		
A-	A	Passive (Terminals A & A-); V <sub>max</sub> = 32 VDC		

① / A	Cable de corriente de campo
② / B	Cable de señal A (DS 300) / Cable de señal B (BTS 300)
③	Terminal de conexión de protección (S)
④	Conductor eléctrico (7)
⑤	Conductor eléctrico (8)
⑥	Conductor eléctrico (9)
⑦	Los hilos trenzados (1 - 20 - 30)
⑧	Conductor eléctrico (2)
⑨	Conductor eléctrico (3)
⑩	Tierra funcional (FE)
X	Compartimento de terminales para el convertidor de señal
Y	Caja de conexión del sensor de caudal
*	Conexión de abrazadera de la protección externa al alojamiento

¡No conecte la protección externa del cable de corriente de campo!

## 3 Quick setup (Selección rápida)



Modo de medida	Selecc. del menú	Selección del submenú	Funciones
Presione > 2,5	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓ >
A	A1 Lenguaje		
Selección rápida	A2 Tag		
	A3 Reseteo	A3.1 Reset errores A3.2 Totalizador 1 A3.2 Totalizador 2 A3.4 Totalizador 3	
	A4 Salidas analógicas	A4.1 Medida A4.2 Unidad A4.3 Rango A4.4 Corte caudal bajo A4.5 Constante tiempo	
	A5 Salidas digitales	A5.1 Medida A5.2 Unidad valor pulso A5.3 Valor pulso A5.4 Corte caudal bajo	
	A6 Interface GDC IR		
	A7 Entrada proceso	A7.1 No. serie dispositivo A7.2 Calibración cero A7.3 Tamaño A7.4 GK A7.5 GKL A7.6 Res. bobina Rsp A7.7 Calib temp. bobina A7.8 Conduct. de ref. A7.9 Factor electrodos EF A7.10 Frecuencia campo A7.11 Dirección de caudal	

## Descargar documentos y software

Escanee el código de la placa de identificación o escanee el siguiente código e introduzca el número de serie.



## Contacto

En el selector de región/idioma, seleccione su país para ver los detalles de contacto de su representante local de KROHNE en:

[www.krohne.com](http://www.krohne.com)

**ANEXO 3**

**DOCUMENTOS DE VALIDACIÓN DE ESPECIALISTAS**



Yo, **Juan Carlos Silva Acosta**, con C.I **1710527787**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Implementación de sistema de medida de flujo para líneas de agua, vapor y combustible de la Central Esmeraldas I Seica**.

Elaborado por el Ing. **David Fabrizio Mena Avilés**, con C.I **1721203964**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 20 de marzo de 2024

**Juan Carlos Silva Acosta**

**C.I 1710527787**

**Registro SENESCYT: 1001-2016-1665696, 1001-05-581705**



Yo, **Carlos Jomar Sarabia Herrera**, con C.I **1713460523**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Implementación de sistema de medida de flujo para líneas de agua, vapor y combustible de la Central Esmeraldas I Seica**.

Elaborado por el Ing. **David Fabrizio Mena Avilés**, con C.I **1721203964**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 20 de marzo de 2024

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Carlos Jomar Sarabia Herrera', is positioned above the printed name.

**Carlos Jomar Sarabia Herrera**

**C.I 1713460523**

**Registro SENESCYT: 1001-12-1140362, MDT-4102-CCL-292789**



Yo, **Pablo Ricardo Benavides Ramos**, con C.I **1714291265**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Implementación de sistema de medida de flujo para líneas de agua, vapor y combustible de la Central Esmeraldas I Seica.**

Elaborado por el Ing. **David Fabrizio Mena Avilés**, con C.I **1721203964**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 20 de marzo de 2024



**PABLO  
RICARDO  
BENAVIDE  
S RAMOS**

Digitally signed by PABLO  
RICARDO BENAVIDES  
RAMOS  
DN: cn=PABLO RICARDO  
BENAVIDES RAMOS c=EC  
o=SECURITY DATA S.A. 1  
ou=ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE  
INFORMACION  
Reason: I am approving this  
document  
Location:  
Date: 2024-03-21 05:57-05:00

**Pablo Ricardo Benavides Ramos**

**C.I 1714291265**

**Registro SENESCYT: 1004-11-1036004, 1051-2023-2770564, MDT-261-CCL-265790**