

Manual de instrucciones

Sonda de espectroscopia

Raman Rxn-41



Índice

1 Observaciones generales..... 3

1.1 Advertencias	3
1.2 Símbolos en el equipo	3
1.3 Cumplimiento de las leyes de exportación de EE. UU.....	3
1.4 Glosario.....	4

2 Instrucciones de seguridad básicas 5

2.1 Requisitos que debe cumplir el personal.....	5
2.2 Uso previsto.....	5
2.3 Seguridad en el puesto de trabajo	5
2.4 Funcionamiento seguro	5
2.5 Seguridad relativa a la presión.....	6
2.6 Seguridad del láser	6
2.7 Seguridad durante las tareas de servicio	7
2.8 Salvaguardas importantes.....	7
2.9 Seguridad del producto	7

3 Fase del ciclo de vida del producto ... 10

3.1 Documentación.....	10
3.2 Recepción de material.....	10
3.3 Ensamblaje.....	11
3.4 Puesta en marcha	13
3.5 Funcionamiento.....	14
3.6 Diagnóstico y localización y resolución de fallos	15
3.7 Mantenimiento.....	16
3.8 Reparación.....	17

4 Funcionamiento y diseño del sistema..... 18

4.1 Descripción del producto	18
4.2 Conexión de la sonda y la fibra óptica.....	19

5 Datos técnicos..... 20

5.1 Especificaciones de temperatura y presión	20
5.2 Especificaciones de composición y temperatura de procesos de gas natural licuado (GNL).....	21
5.3 Especificaciones generales	23
5.4 Exposición máxima permisible	24
5.5 Materiales de construcción	25

1 Observaciones generales

1.1 Advertencias

Estructura de la información	Significado
⚠ ADVERTENCIA Causas (/consecuencias) Consecuencias del incumplimiento (si procede) ▶ Medida correctiva	Este símbolo le alerta de una situación peligrosa. No evitar dicha situación peligrosa puede provocar lesiones muy graves o accidentes mortales.
⚠ ATENCIÓN Causas (/consecuencias) Consecuencias del incumplimiento (si procede) ▶ Medida correctiva	Este símbolo le alerta de una situación peligrosa. Si no se evita dicha situación, se pueden producir lesiones leves o de mayor gravedad.
AVISO Causa/situación Consecuencias del incumplimiento (si procede) ▶ Acción/observación	Este símbolo le alerta ante situaciones que pueden derivar en daños materiales.

1.2 Símbolos en el equipo

Símbolo	Descripción
	El símbolo "Radiación láser" sirve para alertar al usuario del riesgo de exposición a radiación láser visible peligrosa al usar el sistema Raman Rxn.
	El símbolo de alta tensión alerta a las personas de la presencia de un potencial eléctrico suficiente para causar lesiones o daños. En ciertas industrias, "alta tensión" hace referencia a una tensión por encima de un umbral determinado. Los equipos y conductores de alta tensión están certificados según requisitos y procedimientos de seguridad especiales.
	La marca de certificación "CSA" indica que el producto ha sido probado conforme a los requisitos normativos aplicables en Norteamérica y que cumple dichos requisitos.
	El símbolo WEEE indica que el producto no se debe desechar como residuo no clasificado, sino que se debe enviar a unas instalaciones de recogida y separación de residuos para su recuperación y reciclaje.
	El marcado CE indica la conformidad con las normas sanitarias, de seguridad y de protección medioambiental para productos comercializados dentro del Espacio Económico Europeo (EEE).
	El marcado ATEX indica que el producto ha sido certificado conforme a la Directiva ATEX para el uso en Europa, así como en los demás países que acepten los equipos certificados según ATEX.

1.3 Cumplimiento de las leyes de exportación de EE. UU.

La política de Endress+Hauser consiste en el cumplimiento estricto de las leyes de control de exportaciones de EE. UU. que se detallan en el sitio web de la [Oficina de Industria y Seguridad](#) del Departamento de Comercio de EE. UU. El número de clasificación de control de las exportaciones correspondiente al Rxn-41 es EAR99.

1.4 Glosario

Término	Descripción
ANSI	American National Standards Institute
API	principio activo farmacéutico
ATEX	atmósfera explosiva
BPVC	Código de calderas y depósitos a presión
°C	Celsius
CDRH	Center for Devices and Radiological Health
CFR	Código de reglamentos federales (Code of Federal Regulations)
cm	centímetro
CSA	Asociación canadiense de normalización (Canadian Standards Association)
DIN	Deutsches Institut für Normung (instituto alemán de normalización)
EO	electro-óptico
EU	Unión Europea
°F	Fahrenheit
ft	pies
IEC	Comisión electrotécnica internacional
in	pulgadas
IPA	alcohol isopropílico
IS	de seguridad intrínseca
kg	kilogramo
lb	libras
LED	diodo emisor de luz
m	metro
mbar	unidad de presión milibar
mm	milímetro
EMP	exposición máxima permisible
nm	nanómetro
PAT	tecnología analítica de proceso
psi	libras por pulgada cuadrada
QbD	calidad por diseño
RD	rojo
WEEE	Residuos de equipos eléctricos y electrónicos (Waste Electrical and Electronic Equipment)
YE	amarillo

2 Instrucciones de seguridad básicas

2.1 Requisitos que debe cumplir el personal

- Las tareas de instalación, puesta en marcha, configuración y mantenimiento del sistema de medición deben ser ejecutadas exclusivamente por personal técnico que haya recibido formación especial.
- El personal técnico debe ser autorizado por el operador de la planta para llevar a cabo las actividades especificadas.
- Es imprescindible que el personal técnico haya leído y comprendido el presente manual de instrucciones y que cumpla las indicaciones que este contiene.
- La planta debe designar un responsable de seguridad de láser que se asegure de que la plantilla reciba formación sobre todos los procedimientos operativos y de seguridad relativos al láser de Clase 3B.
- Los posibles fallos en el punto de medición deben ser rectificados exclusivamente por personal que cuente con la formación y las autorizaciones apropiadas. Las reparaciones que no estén descritas en el presente documento deben ser ejecutadas de manera exclusiva directamente en las instalaciones del fabricante o por la organización de servicio técnico.

2.2 Uso previsto

La sonda de espectroscopía Raman Rxn-41 está destinada al análisis de muestras por inmersión en líquido en una configuración de planta de proceso.

Algunas de las aplicaciones recomendadas son:

- **Química:** monitorización de reacciones, mezclas, alimentación y monitorización de producto final
- **Polímeros:** monitorización de reacciones de polimerización, mezclas de polímeros
- **Industria farmacéutica:** monitorización de reacciones de ingredientes farmacéuticos activos (IFA), cristalización, polimorfos, manejo de unidades de producción de sustancias activas
- **Petróleo y gas:** cualquier análisis de hidrocarburos

La utilización del equipo para cualquier otro fin distinto del descrito supone una amenaza para la seguridad de las personas y del sistema de medición en su totalidad y anula toda garantía.

2.3 Seguridad en el puesto de trabajo

En su calidad de usuario, usted es el responsable de que se cumplan las condiciones de seguridad siguientes:

- Guías de instalación
- Normas y disposiciones locales relativas a la compatibilidad electromagnética

El producto se ha sometido a pruebas de compatibilidad electromagnética de conformidad con las normas internacionales aplicables para aplicaciones industriales. No obstante, la compatibilidad electromagnética indicada solo es válida si el producto se encuentra conectado correctamente al analizador.

2.4 Funcionamiento seguro

Antes de la puesta en marcha del punto de medición completo:

- Verifique que todas las conexiones sean correctas.
- Asegúrese de que los cables electro-ópticos no estén dañados.
- Asegúrese de que el nivel de fluido sea suficiente para la inmersión de la sonda (si es aplicable).
- No haga funcionar productos que estén dañados.
- Protéjalo de forma que no se puedan poner en funcionamiento inadvertidamente.
- Etiquete los productos dañados como defectuosos.

Durante el funcionamiento:

- Si no resulta posible rectificar los fallos, es imprescindible poner fuera de servicio los productos afectados y protegerlos de forma que no puedan funcionar inadvertidamente.

- Cuando trabaje con equipos láser, siga siempre todos los protocolos locales de seguridad, que pueden incluir el uso de equipos de protección individual y la limitación del acceso al equipo únicamente a usuarios autorizados.

2.5 Seguridad relativa a la presión

Las presiones nominales están basadas en las especificaciones a las que se hace referencia para la sonda. Los racores y las bridas pueden estar incluidos o no en los valores nominales, según la configuración de la sonda. Además, los valores nominales del producto pueden verse afectados por los materiales y procedimientos de fijación con pernos y de sellado.

Cuando se planifica la instalación de una sonda de Endress+Hauser en el sistema de tuberías o en el sistema de muestreo del usuario, la responsabilidad de entender las limitaciones de los valores nominales y de seleccionar racores, pernos y juntas que sean apropiados, así como los procedimientos de alineación y ensamblaje de las juntas selladas, recae en el usuario.

El usuario es el único responsable de los eventuales resultados adversos que se deriven del uso de estos valores nominales para juntas selladas, del incumplimiento de las limitaciones especificadas o de hacer caso omiso de las buenas prácticas aceptadas en operaciones con pernos y de sellado.

2.6 Seguridad del láser

Los analizadores Raman Rxn usan láseres de Clase 3B de conformidad con las especificaciones siguientes:

- American National Standards Institute (ANSI) Z136.1, norma nacional de EE. UU. para el uso seguro de láseres
- Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) 60825-1, Seguridad de los productos láser, parte 1

⚠ ADVERTENCIA

Radiación láser

- ▶ Evite la exposición al haz
- ▶ Producto láser de Clase 3B

⚠ ATENCIÓN

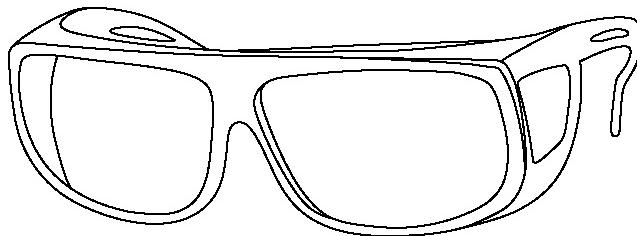
Los haces de láser pueden provocar la ignición de ciertas sustancias, como los compuestos orgánicos volátiles.

Los dos mecanismos posibles de ignición son el calentamiento directo de la muestra hasta un punto que provoque su ignición y el calentamiento de un contaminante (como polvos) hasta un punto crítico que derive en la ignición de la muestra.

La configuración del láser plantea otros problemas de seguridad porque su radiación es prácticamente invisible. Tenga siempre presente la dirección inicial y las posibles trayectorias de dispersión del láser.

Para longitudes de onda de excitación de 532 nm y de 785 nm, use gafas de seguridad para láser que sean OD3 o superiores.

Para longitudes de onda de excitación de 993 nm, use gafas de seguridad para láser que sean OD4 o superiores.



A0048421

Figura 1. Gafas de seguridad para láser

Para conocer más detalles sobre la adopción de precauciones apropiadas y el establecimiento de los debidos controles siempre que se trabaje con láseres y sus peligros asociados, consulte la versión más reciente de las especificaciones ANSI Z136.1 o IEC 60825-14. Los parámetros relevantes para el cálculo de la exposición máxima permisible (EMP) y de la distancia nominal de riesgo ocular (DNRO) se pueden consultar en *Datos técnicos* → ☰.

Para obtener información adicional sobre los cálculos de seguridad del láser, consulte las *instrucciones de seguridad de la sonda de espectroscopia Raman Rxn-41 (XA02784C)*.

2.7 Seguridad durante las tareas de servicio

Siempre que retire una sonda de proceso de la interfaz del proceso para llevar a cabo trabajos de servicio, siga las instrucciones de seguridad de su empresa. Use equipos de protección adecuados siempre que lleve a cabo trabajos de servicio en los equipos.

2.8 Salvaguardas importantes

- No use la sonda Rxn-41 para nada que difiera de su uso previsto.
- No mire directamente hacia el haz láser.
- No apunte el láser hacia superficies especulares o brillantes ni hacia superficies que provoquen reflexiones difusas. El haz reflejado es tan dañino como el haz directo.
- No deje sondas conectadas sin usar que no estén cubiertas o bloqueadas.
- Use siempre un sistema de bloqueo del haz láser para evitar que la radiación láser se pueda dispersar inadvertidamente.

2.9 Seguridad del producto

Este producto se ha diseñado para cumplir todos los requisitos de seguridad actuales, se ha sometido a pruebas y se ha enviado de fábrica en el estado adecuado para funcionar de manera segura. Se cumplen todos los reglamentos pertinentes y normas internacionales. Los equipos conectados a un analizador también deben cumplir las especificaciones aplicables de seguridad del analizador.

Los sistemas de espectroscopía Raman de Endress+Hauser cuentan con las características de seguridad recogidas a continuación a fin de cumplir los requisitos gubernamentales de Estados Unidos que figuran en el Título 21 del [Código de Reglamentos Federales](#) (CFR 21), capítulo 21, subcapítulo J, administrado por el [Centro de Dispositivos y Salud Radiológica](#) (CDRH) y la norma IEC 60825-1 administrada por la [Comisión Electrotécnica Internacional](#).

2.9.1 Cumplimiento de requisitos del CDRH y la CEI

Endress+Hauser certifica que los analizadores Raman de Endress+Hauser satisfacen los requisitos de diseño y fabricación estipulados por el CDRH y por la especificación IEC 60825-1.

Los analizadores Raman de Endress+Hauser están incluidos en el registro del CDRH. Cualquier modificación no autorizada de un analizador Raman Rxn existente o de uno de sus accesorios puede dar lugar a exposiciones peligrosas a la radiación. Tales modificaciones pueden provocar que el sistema ya no cumpla los requisitos federales certificados por Endress+Hauser.

2.9.2 Indicador de emisión del láser

Tal como está instalada, la sonda Rxn-41 forma parte del circuito de interbloqueo. Si se rompe el cable de fibra, el láser se desactiva unos milisegundos después de la rotura.

AVISO

Los cables pueden sufrir daños permanentes si su tendido no se lleva a cabo de manera apropiada.

- ▶ Maneje las sondas y los cables con cuidado para que no se retuerzan.
- ▶ Instale los cables de fibra con un radio de curvatura mínimo conforme a la *información técnica de los cables de fibra óptica Raman KFOC1 y KFOC1B (TI01641C)*.

El circuito de interbloqueo es un lazo eléctrico de baja corriente. Si el uso de la sonda Rxn-41 tiene lugar en una zona clasificada como área de peligro, el circuito de interbloqueo debe pasar a través de una barrera de seguridad intrínseca (SI).

El indicador de emisión láser está situado en el portasondas de la sonda. Cuando hay potencial para energizar el láser, la luz indicadora se ilumina.

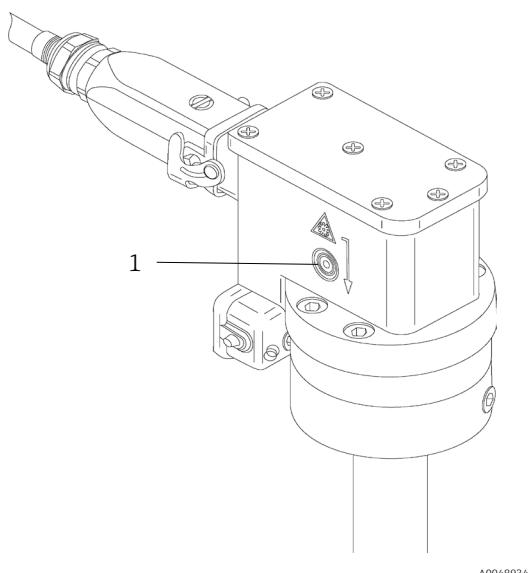


Figura 2. Ubicación de la luz indicadora de emisión del láser (1)

2.9.3 Homologaciones para áreas de peligro

La sonda Rxn-41 ha sido homologada por un tercero para el uso en áreas de peligro de conformidad con el artículo 17 de la Directiva 2014/34/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014. Solo la sonda Rxn-41 con el distintivo ATEX ha sido certificada conforme a la Directiva ATEX para el uso en Europa, así como en otros países que aceptan equipos certificados conforme a ATEX.



Figura 3. Etiqueta ATEX para uso en áreas de peligro

La sonda Rxn-41 también ha sido homologada para el uso en áreas de peligro en Estados Unidos (EE. UU.) y Canadá por la [Asociación Canadiense de Normalización](#) siempre que se instale de conformidad con el plano de instalación en áreas de peligro (4002396).

Los productos pueden llevar la marca CSA junto con los indicadores "C" y "US" para Canadá y EE. UU., el indicador "US" solo para EE. UU. o ningún indicador solo para Canadá.



Figura 4. Etiqueta CSA para uso en áreas de peligro en EE. UU y Canadá

La sonda Rxn-41 también puede llevar el marcado de los sistemas de certificación para atmósferas explosivas (IECEx) de la [Comisión Electrotécnica Internacional](#) si se instala de conformidad con el plano de instalación en áreas de peligro (4002396).

La sonda Rxn-41 con distintivo JPEx es la única que cuenta con certificación conforme a los requisitos a prueba de explosiones de Japón.



Figura 5. Etiqueta de certificación JPEx del producto

La Rxn-41 ha sido evaluada según el Reglamento 42 de la norma UKSI 2016:1107 de 2016 relativa a los equipos y sistemas de protección destinados al uso en atmósferas potencialmente explosivas y se ha determinado su cumplimiento cuando se instala de conformidad con el plano de instalación en áreas de peligro (4002396).



Figura 6. Etiqueta de certificación del producto para el RU

Para obtener más información sobre el estado de uso y los marcados apropiados necesarios para su aplicación, consulte las *instrucciones de seguridad de la sonda de espectroscopía Raman Rxn-41 (XA02784C)*.

3 Fase del ciclo de vida del producto

3.1 Documentación

Toda la documentación está disponible en:

- En la aplicación móvil de Endress+Hauser: www.endress.com/supporting-tools
- En la sección de descargas del sitio web de Endress+Hauser: www.endress.com/downloads

El presente documento forma parte integral del paquete de documentos, que incluye los elementos siguientes:

Número de pieza	Tipo de documento	Título del documento
KA01560C	Manual de instrucciones abreviado	Manual de instrucciones abreviado de la sonda de espectroscopia Raman Rxn-41
XA02784C	Instrucciones de seguridad	Sonda de espectroscopia Raman Rxn-41 Instrucciones de seguridad
TI01673C	Información técnica	Información técnica de la sonda de espectroscopia Raman Rxn-41
BA02173C	Manual de instrucciones	Manual de instrucciones del accesorio de calibración Raman

3.2 Recepción de material

3.2.1 Notas sobre la recepción de material

1. Compruebe que el embalaje no esté dañado. Si el embalaje presenta algún daño, notifíquese al proveedor. Conserve el embalaje dañado hasta que el problema se haya resuelto.
2. Compruebe que el contenido no esté dañado. Si el contenido de la entrega presenta algún daño, notifíquese al proveedor. Conserve los bienes dañados hasta que el problema se haya resuelto.
3. Compruebe que el suministro esté completo y que no falte nada. Compare los documentos de la entrega con su pedido.
4. Para almacenar y transportar el producto, embálelo de forma que quede protegido contra posibles impactos y contra la humedad. El embalaje original es el que ofrece la mejor protección. Asegúrese de que se cumplan las condiciones ambientales admisibles. Véanse las especificaciones que se recogen en *Datos técnicos* → .

Si tiene preguntas, póngase en contacto con su proveedor o con su centro de ventas local.

AVISO

Si el embalaje de la sonda no es el adecuado, esta se puede dañar durante el transporte.

3.2.2 Identificación del producto

3.2.2.1 Etiqueta

La sonda está etiquetada con la información siguiente:

- Marca Endress+Hauser
- Identificación del producto (p. ej., Rxn-41)
- Número de serie

Las etiquetas (TAG) están fijadas de forma permanente y también incluyen:

- Código de pedido ampliado
- Información del fabricante
- Principales aspectos funcionales de la sonda (p. ej., material, longitud de onda, profundidad focal)
- Advertencias de seguridad e información sobre la certificación, según sea aplicable

Compare la información que figura en la sonda y en la etiqueta (TAG) con la del pedido.

3.2.2.2 Dirección del fabricante

Endress+Hauser

371 Parkland Plaza

Ann Arbor, MI 48103 (EE. UU.)

3.2.3 Alcance del suministro

El alcance del suministro incluye:

- Sonda Rxn-41 con la configuración solicitada en el pedido
- *Manual de instrucciones de la sonda de espectroscopía Raman Rxn-41*
- Certificado de prestaciones del producto de la sonda Rxn-41
- Declaraciones de conformidad locales, si es aplicable
- Certificados para el uso en áreas de peligro, si es aplicable
- Certificados de material, si es aplicable
- Accesorios opcionales de la sonda Rxn-41, si es aplicable

Si tiene alguna pregunta, póngase en contacto con su proveedor o con su centro de ventas local.

3.2.4 Certificados y homologaciones

Para obtener información detallada sobre la certificación y homologación, consulte las *instrucciones de seguridad de la sonda de espectroscopía Raman Rxn-41 (XA02784C)*.

3.3 Ensamblaje

3.3.1 Instalación

Antes de efectuar la instalación en el proceso, compruebe que la cantidad máxima de potencia de láser emitida por cada sonda no supere la cantidad especificada en la evaluación de equipos para áreas de peligro (4002266) o equivalente. Consulte la clasificación para área de peligro marcada en cada sonda y el documento de seguridad del tipo de sonda para confirmar la máxima potencia del láser permitida para la instalación.

Se deben tener en cuenta las precauciones estándar de seguridad que se describen a continuación para proteger los ojos y la piel correspondientes a los productos láser de Clase 3B (según EN-60825/IEC 60825-14).

⚠ ADVERTENCIA	<p>Las sondas están diseñadas con límites de sellado específicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Las especificaciones de presión de la sonda solo son válidas si el sellado se consigue en la característica de sellado prevista (eje, brida, etc.). ▶ Las clasificaciones de servicio pueden incluir limitaciones para los racores, las bridales, los pernos y las juntas. El instalador debe entender estas limitaciones y usar materiales, herramientas y procedimientos de ensamblaje que sean apropiados para conseguir una unión estanca a la presión y segura. <p>Se deben tener en cuenta las precauciones estándar relativas a los productos láser.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Las sondas que no se instalen en una cámara de muestras, se deben tapar siempre con un capuchón y apuntarse hacia un objetivo difuso alejado de las personas.
⚠ ATENCIÓN	<p>Si entra luz parásita en una sonda en desuso, se producirán interferencias con los datos recogidos por una sonda que se encuentre en uso y, en consecuencia, se pueden causar fallos de calibración o errores de medición.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Las sondas en desuso SIEMPRE se deben tapar con un capuchón para impedir la entrada de luz parásita en la sonda.
AVISO	<p>Instale la sonda con cuidado de forma que mida la muestra o la región de la muestra en circulación que sea de interés.</p>

3.3.1.1 Guías de instalación

La sonda Rxn-41 está diseñada para la instalación directa en productos circulantes de proceso y depósitos de reactores conforme a las directrices de instalación siguientes:

- Cuando se instala una sonda equipada con el conjunto de conector de fibra en ángulo recto no desmontable (estilo EO), se recomienda desconectar el conjunto de cable de fibra de la sonda durante la instalación.

- Asegúrese de que el interbloqueo del láser esté conectado a la luz indicadora de seguridad y demás sistemas de seguridad posibles, como los sensores de nivel de líquido o las purgas apropiadas para la instalación.
- Las sondas Rxn-41 no cuentan con equipos eléctricos activos que requieran conexión a tierra. El usuario debe determinar si es preciso conectar la sonda a tierra por otros motivos relacionados con la instalación.
- Durante la instalación, siga las buenas prácticas y elija pernos y juntas que sean apropiados para la instalación y para la clasificación de servicio.

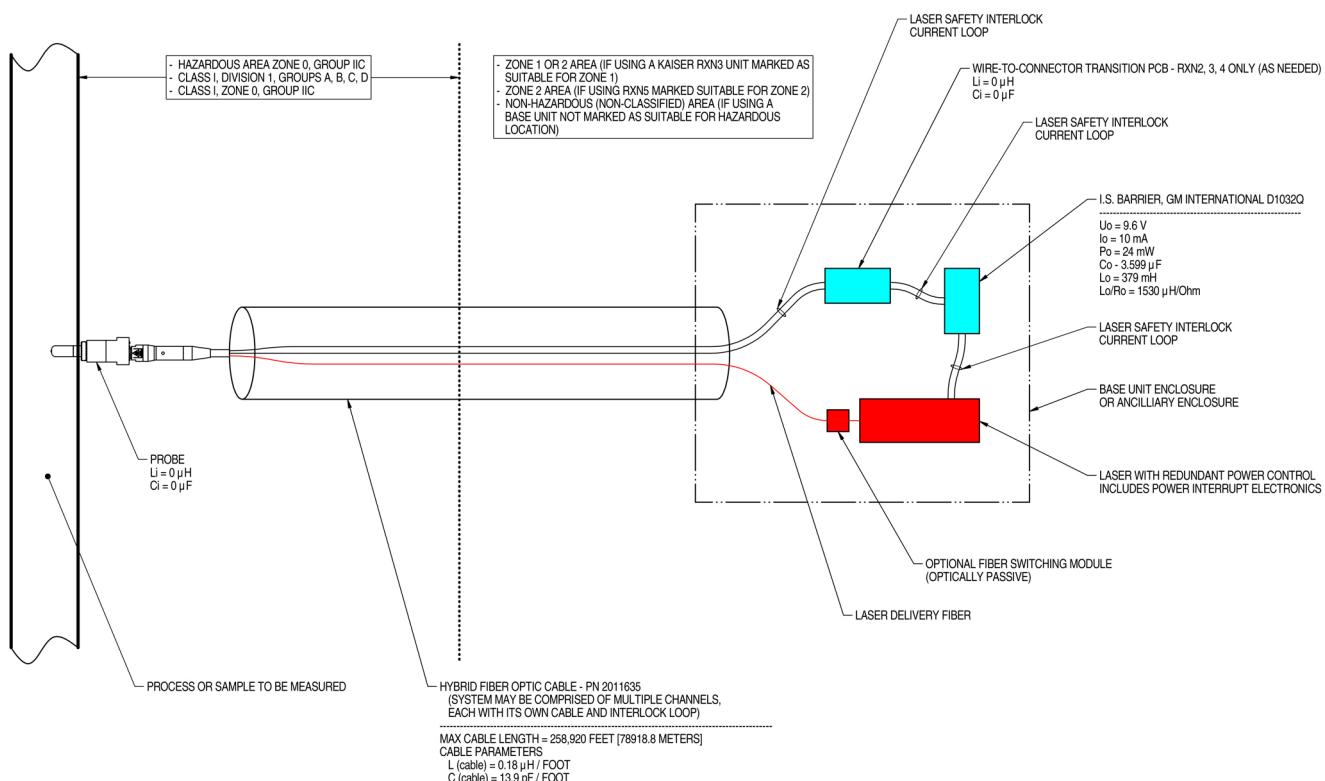
3.3.1.2 Instalación en áreas de peligro

En las áreas de peligro, la sonda se debe instalar de conformidad con el plano de instalación en áreas de peligro (4002396).

Antes de llevar a cabo la instalación, compruebe que el marcado de la sonda para áreas de peligro sea apropiado para el grupo de gas, la clase T, la Zona o la División en los que se va a instalar. Para obtener más información sobre la responsabilidad del usuario relativa al uso o instalación de productos en atmósferas potencialmente explosivas, consulte la norma IEC 60079-14.

AVISO

Si se instala el cabezal de la sonda *in situ*, el usuario debe asegurarse de que el lugar de instalación disponga de un sistema de alivio de esfuerzos mecánicos que cumpla las especificaciones de radio de curvatura de la fibra.



NOTES:

1. CONTROL EQUIPMENT CONNECTED TO THE ASSOCIATED APPARATUS MUST NOT USE OR GENERATE MORE THAN 250 VRMS OR VDC.
2. INSTALLATION IN THE U.S. SHOULD BE IN ACCORDANCE WITH ANSI/ISA RP12.6 "INSTALLATION OF INTRINSICALLY SAFE SYSTEMS FOR HAZARDOUS (CLASSIFIED) LOCATIONS" AND THE NATIONAL ELECTRICAL CODE® (ANSI/NFPA 70) SECTIONS 504 AND 505.
3. INSTALLATION IN CANADA SHOULD BE IN ACCORDANCE WITH THE CANADIAN ELECTRICAL CODE, CSA C22.1, PART 18, APPENDIX J18.
4. ASSOCIATED APPARATUS MANUFACTURER'S INSTALLATION DRAWING MUST BE FOLLOWED WHEN INSTALLING THIS EQUIPMENT.
5. FOR U.S. INSTALLATIONS, THE PROBE MODELS RXN-30 (AIRHEAD), RXN-40 (WETHEAD) AND RXN-41 (PILOT) ARE APPROVED FOR CLASS I, ZONE 0 APPLICATIONS.
6. NO REVISION TO DRAWING WITHOUT PRIOR CSA APPROVAL.
7. WARNING: SUBSTITUTION OF COMPONENTS MAY IMPAIR INTRINSIC SAFETY.

A0049010

Figura 7. Plano de instalación en áreas de peligro (4002396 versión X6)

3.3.1.3 Compatibilidad del proceso y la sonda

Antes de efectuar la instalación, el usuario debe asegurarse de que la presión nominal y la temperatura nominal de la sonda, así como los materiales de los que está hecha, sean compatibles con el proceso en el que se va a insertar.

Las sondas se deben instalar usando técnicas de sellado (p. ej., bridas o racores de compresión) que sean apropiadas y típicas para el depósito o las tuberías y de conformidad con los códigos locales de construcción aplicables.

⚠ ADVERTENCIA

Si la sonda se va a instalar en un proceso en el que reinen temperaturas o presiones elevadas, se deben adoptar precauciones de seguridad adicionales con el fin de evitar daños en los equipos o riesgos para la seguridad.

Se recomienda encarecidamente instalar un dispositivo de protección contra estallidos conforme a las normas de seguridad locales.

- ▶ Es responsabilidad del usuario determinar si se necesitan dispositivos de protección contra estallidos y asegurarse de que estos se acoplen a las sondas durante la instalación.

⚠ ADVERTENCIA

Si la sonda que se está instalando está hecha de titanio, el usuario debe tener presente que los impactos o una fricción excesiva del proceso podrían causar una chispa o provocar de otro modo una ignición.

- ▶ Para evitar que esto ocurra, el usuario se debe asegurar de que se adopten precauciones durante la instalación y el uso de una sonda de titanio.

3.4 Puesta en marcha

La sonda Rxn-41 se entrega lista para conectar a un analizador Raman Rxn. No es necesario efectuar ningún alineamiento o ajuste adicional en la sonda en sí. Siga las instrucciones que se indican a continuación para poner en marcha la sonda para el uso.

AVISO

La instalación de la sonda y los parámetros de uso pueden presentar requisitos específicos dependientes de la aplicación asociada.

- ▶ Dichos requisitos específicos se pueden consultar en el correspondiente certificado ATEX, CSA, IECEx, JPEx o UKCA.

3.4.1 Recepción de la sonda

Lleve a cabo los pasos de recepción del producto que se describen en *Recepción de material* → .

Además, tras la recepción, retire la cubierta del contenedor de envío e inspeccione la ventana de zafiro para detectar posibles daños antes de efectuar la instalación en el proceso. Si la ventana presenta grietas visibles, póngase en contacto con el proveedor.

3.4.2 Calibración y verificación de la sonda

La sonda y el analizador se deben calibrar antes de su uso. Para obtener más información sobre la calibración interna del instrumento, consulte el manual de instrucciones del analizador Raman Rxn2 o Raman Rxn4 que corresponda.

Antes de recoger mediciones y después de cambiar la óptica se debe llevar a cabo una calibración de intensidad. Use el accesorio de calibración Raman (HCA) con un adaptador de óptica apropiado para efectuar la calibración de la sonda. Toda la información sobre los accesorios y las instrucciones de calibración se pueden encontrar en el *manual de instrucciones del accesorio de calibración Raman (BA02173C)*.

El software Raman RunTime no permite capturar espectros sin superar las calibraciones internas del sistema.

Después de la calibración, lleve a cabo la verificación del canal de Raman RunTime usando un calibre de desplazamiento de Raman. Se recomienda verificar los resultados de la calibración, pero no es obligatorio. Las instrucciones relativas a la verificación con calibres de desplazamiento de Raman también se pueden encontrar en el manual de instrucciones del accesorio de calibración.

El orden recomendado de calibración y cualificación es el siguiente:

1. Calibración interna del analizador para el espectrógrafo y la longitud de onda del láser
2. Calibración de intensidad del sistema usando accesorios de calibración apropiados
3. Verificación del funcionamiento del sistema usando el material estándar apropiado

Si tiene preguntas específicas relacionadas con su sonda, con la óptica o con el sistema de muestreo, diríjase a su persona de contacto del departamento de ventas.

3.5 Funcionamiento

La sonda Raman Rxn-41 de Endress+Hauser es una sonda sellada de inmersión para llevar a cabo *in situ* la espectroscopía Raman de muestras en fase líquida en una configuración de planta piloto o planta de proceso. La línea de sondas Rxn-41 está diseñada para ser compatible con los analizadores Raman Rxn de Endress+Hauser equipados con un láser de funcionamiento a 532 nm, 785 nm o 993 nm.

Para obtener información adicional sobre el uso, consulte el manual de instrucciones del correspondiente analizador Raman Rxn. Los manuales de instrucciones de los analizadores Raman Rxn están disponibles en el área de descargas del sitio web de Endress+Hauser: <https://endress.com/downloads>.

3.6 Diagnóstico y localización y resolución de fallos

Consulte la tabla siguiente para llevar a cabo la localización y resolución de fallos de la sonda Rxn-41. Si la sonda está dañada, áíslela del producto circulante del proceso y apague el láser antes de evaluar su estado. Si necesita asistencia, póngase en contacto con su representante de servicio.

Síntoma	Causa posible	Acción
1 Reducción sustancial de la señal o de la relación señal/ruido	Suciedad en la ventana	<ol style="list-style-type: none"> Retire la sonda del proceso con cuidado, descontamínela e inspeccione la ventana óptica en la punta de la sonda. En caso necesario, límpie la ventana antes de volver a ponerla en funcionamiento. Véase <i>Inspección de la sonda</i> →
	Fibra agrietada pero intacta	Verifique el estado de la fibra y póngase en contacto con su representante de servicio para solicitar su sustitución.
2 Pérdida completa de señal mientras el láser recibe alimentación y el indicador LED del láser está encendido	Fibra rota sin rotura del cable de interbloqueo	Compruebe que todas las conexiones de fibra sean seguras.
	Material de proceso adherido a la ventana de la sonda	Retire la sonda y límpie la ventana
3 El indicador LED del láser situado en la sonda no está encendido	Conjunto de fibra dañado o interbloqueo de la sonda Rxn-41 dañado	<ol style="list-style-type: none"> Busque indicios de rotura en la fibra. Asegúrese de que la sonda esté conectada correctamente a la fibra. Póngase en contacto con su representante de servicio para su sustitución.
	El conector EO del cable de fibra no está asegurado/enclavado	Asegúrese de que el conector EO esté bien conectado y asegurado en la sonda (en caso aplicable) y en el analizador.
	Conector de interbloqueo remoto desconectado	Asegúrese de que el conector de interbloqueo remoto de bloqueo por giro situado en la parte posterior del analizador (junto al conector EO de la fibra) esté conectado.
4 Señal inestable y suciedad visible tras la ventana	Fallo en la junta de la ventana	<ol style="list-style-type: none"> Desconecte la sonda y revise la zona del interior de la ventana en busca de humedad o condensaciones. Revise la zona del interior de la ventana en busca de humedad o condensaciones. Compruebe si hay algún síntoma de desviación espectral. Si se da alguna de las circunstancias anteriores, póngase en contacto con su representante de servicio para devolver la sonda al fabricante.
5 Disminución de la potencia del láser o de la eficiencia de captura	Suciedad en la conexión de fibra (partículas de suciedad, polvo, etc.) entre el analizador y la sonda	Limpie cuidadosamente los extremos de la fibra en la sonda. Consulte las instrucciones de limpieza y los pasos de puesta en marcha de una sonda nueva en el manual de instrucciones del analizador Raman Rxn y de la sonda correspondientes.
6 El interbloqueo del láser en el analizador provoca que el láser se apague	Interbloqueo del láser activado	Revise todos los canales de los cables de fibra óptica conectados para detectar posibles roturas de fibra y asegúrese de que los conectores de interbloqueo remoto estén en posición en cada canal.
7 Bandas o patrones desconocidos en los espectros	Fibra agrietada pero intacta	Verifique las causas posibles y póngase en contacto con su representante de servicio para devolver el producto dañado.
	Punta de la sonda contaminada	
	Óptica interna de la sonda contaminada debido a fugas	
8 Otros comportamientos anómalos sin explicación de la sonda	Daños físicos en la sonda	Póngase en contacto con su representante de servicio para devolver el producto dañado.

3.7 Mantenimiento

3.7.1 Inspección de la sonda

1. Es responsabilidad del cliente determinar la velocidad de corrosión de las posibles sondas de proceso y establecer unos intervalos de inspección apropiados para verificar la integridad de las sondas.

AVISO

Para la verificación óptica se debe usar exclusivamente alcohol isopropílico al 70 %.

- Solo funciona el 70 por ciento en volumen (% v/v). Endress+Hauser recomienda el uso de CiDehol 70, de Decon Laboratories.
- El uso de cualquier otro líquido para la verificación provoca que esta resulte fallida y puede causar daños tanto en la célula de verificación como en la sonda Raman.

3.7.2 Limpieza de la ventana de la sonda

Si la ventana de la sonda Rxn-41 ha entrado en contacto con una muestra, polvo, huellas dactilares, etc., puede resultar necesario limpiarla. Se debe actuar con máximo cuidado para asegurarse de que la superficie de la ventana no se ensucie más durante el proceso de limpieza.

Para todas las demás operaciones de mantenimiento, se recomienda efectuar el servicio de la sonda Rxn-41 en las instalaciones del fabricante.

Para limpiar la ventana de la sonda Rxn-41:

2. Asegúrese de que el láser esté **apagado** o de que la sonda esté desconectada del analizador.
3. Use aire comprimido limpio para soplar la superficie y retirar así posibles partículas sueltas.
4. Frote la superficie usando un hisopo **ligeramente** humedecido con un disolvente apropiado para la sustancia que se desee limpiar.

AVISO

- El disolvente puede ser acetona de grado reactivo, alcohol isopropílico al 100 % (IPA) o agua desionizada, entre otros. Póngase en contacto con su representante de servicio para consultar otros disolventes posibles.
- No deje que el disolvente gotee tras los componentes de retención.
- 5. Seque la superficie frotándola con un hisopo nuevo y limpio.
- 6. Repita los pasos 3 y 4 con un disolvente adicional, si es necesario.
- 7. Use aire comprimido limpio para soplar la superficie y retirar así posibles restos del hisopo.
- 8. Inspeccione la superficie para verificar la efectividad de la limpieza. Repita los pasos anteriores según sea necesario.

Se recomienda encarecidamente usar un microscopio de inspección para verificar el proceso de limpieza y buscar manchas de suciedad, restos del hisopo, etc., que puedan provocar un aumento del fondo del espectro.

3.7.3 Inspección y limpieza de las fibras ópticas

Para conseguir las máximas prestaciones, los conectores de fibra óptica deben estar limpios y no presentar restos de suciedad ni aceite. Si es preciso limpiarlos, consulte los *manuales de instrucciones de los cables de fibra óptica Raman KFOC1 y KFOC1B (BA02177C)*.

3.7.4 Purga y presurización de volúmenes interiores

Todas las sondas que hayan estado situadas en áreas de peligro se deben someter aproximadamente cada 5 años a una nueva purga y represurización de sus volúmenes interiores.

3.8 Reparación

Las reparaciones que no estén descritas en el presente documento deben ser ejecutadas de manera exclusiva directamente en las instalaciones del fabricante o por la organización de servicio técnico. Para ponerse en contacto con el servicio técnico, consulte en nuestro sitio web (<https://endress.com/contact>) la lista de canales de ventas de su zona.

Si se debe devolver un producto para su reparación o sustitución, siga todos los procedimientos de descontaminación que le indique su proveedor de servicio.

ADVERTENCIA

No descontaminar adecuadamente las piezas en contacto con el producto antes de la devolución puede dar lugar a lesiones graves y hasta mortales.

Para asegurar que las devoluciones de los productos tengan lugar de manera ágil, segura y profesional, póngase en contacto con su organización de servicio.

Para obtener información adicional sobre la devolución del producto, consulte el sitio web siguiente y seleccione el mercado/la región que sea aplicable:

<https://www.endress.com/en/instrumentation-services/instrumentation-repair>.

4 Funcionamiento y diseño del sistema

4.1 Descripción del producto

4.1.1 Sonda Rxn-41

La sonda de espectroscopía Raman Rxn-41, con tecnología Kaiser Raman, está destinada a la inserción directa en un entorno piloto o de proceso. La sonda es compatible con analizadores Endress+Hauser Raman Rxn que funcionen a 532 nm, 785 nm o 993 nm y está certificada para el uso en áreas de peligro.

La sonda Rxn-41 resulta ideal para el uso en plantas químicas y refinerías para medir la producción por lotes o en flujo continuo. También es muy eficaz para el uso en instalaciones de fabricación farmacéutica para reactores con recubrimiento de vidrio, formando parte de una solución de "calidad por diseño" (QbD) que utilice analizadores de tecnología analítica de proceso (PAT).

Para mediciones directas en fluidos criogénicos se dispone de una versión criogénica optimizada de la sonda Rxn-41.

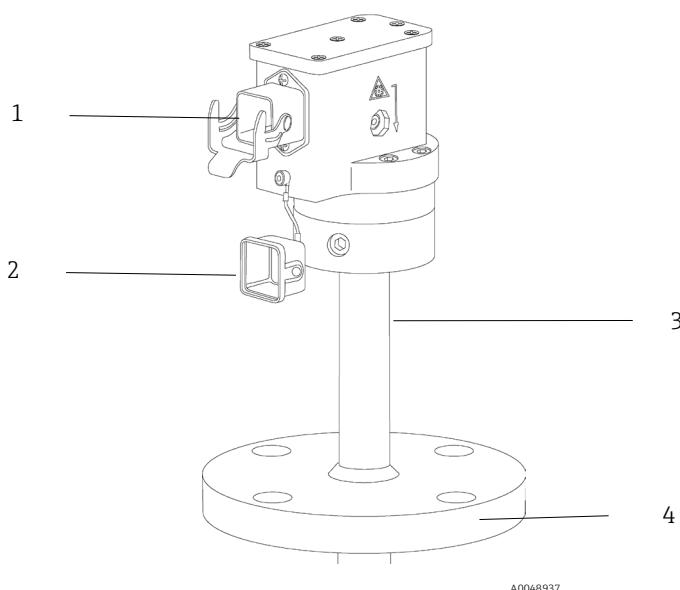


Figura 8. Sonda Rxn-41

#	Descripción
1	Conector del cable electro-óptico
2	Cubierta antipolvo del conector electro-óptico
3	Cuerpo de la sonda
4	Brida (opcional)

4.1.2 Ventajas del diseño de la sonda

En comparación con las sondas tradicionales, la sonda Rxn-41 ofrece las ventajas siguientes:

- Diseño de la sonda y de las ópticas de tipo sellado compatible con la inserción directa en líquido
- Diseño de óptica fija que ofrece estabilidad de la medición a largo plazo y un nivel superior de la relación señal/fondo en las mediciones
- Indicador integrado de "láser encendido"
- Resistente a entornos extremos por motivos químicos, de temperatura y presión
- Diseñado y clasificado según la norma ASME B31.3 para tuberías de proceso
- Dispone de muchas opciones para satisfacer los requisitos concretos de la planta
- Certificado para el uso en áreas de peligro
- Cuenta con el número de registro canadiense (CRN) para la instalación en 13 provincias y territorios.

4.2 Conexión de la sonda y la fibra óptica

La sonda Rxn-41 se conecta con el analizador Raman Rxn mediante el uso de un cable de fibra óptica. El cable de fibra óptica EO cuenta con un único conector de gran robustez que contiene los sistemas ópticos de las fibras de excitación y captura, así como un interbloqueo eléctrico del láser. El cable de fibra óptica se vende por separado.

Los cables de fibra óptica están disponibles en incrementos de 5 m (16,4 ft) hasta 200 m (656,2 ft), con la longitud limitada por la aplicación.

Endress+Hauser recomienda usar el cable de fibra óptica Raman KFOC1B con los analizadores y sondas Raman Rxn. Consulte el manual de instrucciones del correspondiente analizador Raman Rxn para obtener más información sobre la conexión del analizador.

AVISO

La conexión de la sonda con el cable de fibra óptica debe ser llevada a cabo por un ingeniero cualificado de Endress+Hauser o por personal técnico que cuente con formación específica para ello.

- ▶ A no ser que haya recibido formación por parte de personal cualificado, los intentos del cliente de conectar la sonda con el cable de fibra óptica pueden causar daños y anular la garantía.
- ▶ Para obtener ayuda adicional con la conexión de la sonda y el cable de fibra, póngase en contacto con el representante del servicio técnico de Endress+Hauser de su zona.

La conexión de fibra de la sonda Rxn-41 es una conexión directa de fibra en ángulo recto.

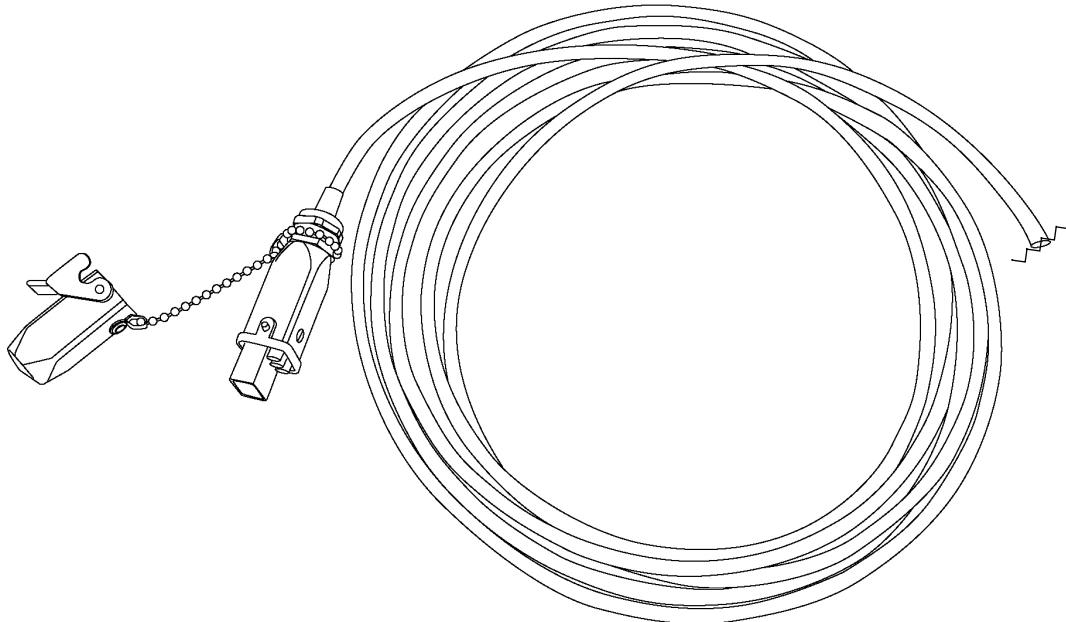


Figura 9. Cable de fibra EO que muestra el conector para el analizador

5 Datos técnicos

5.1 Especificaciones de temperatura y presión

Las especificaciones de temperatura y presión de la sonda Rxn-41 varían según el tamaño de la sonda y los materiales de construcción. Previa solicitud, se dispone de una versión criogénica compatible para la sonda Rxn-41 de 1". Entre las especificaciones adicionales se incluyen las siguientes:

- La presión máxima se calcula según lo especificado en ASME B31.3 para el material y la geometría de la sonda a la temperatura nominal máxima.
- Las presiones nominales de servicio máximas no incluyen las clasificaciones de los accesorios o de las bridas que se puedan usar para montar la sonda en el sistema del proceso. Es necesario evaluar estos elementos de manera independiente; pueden reducir la presión máxima de servicio de la sonda.
- Presión nominal mínima: Todas las sondas tienen una presión nominal mínima de 0 bara (vacío absoluto). Sin embargo, a no ser que se especifique lo contrario, no están clasificadas para presentar una baja liberación de gases durante el funcionamiento en alto vacío.
- La sonda resiste impactos de agua de 0 a 100 °C (de 32 a 212 °F).
- La rampa de temperatura es ≤ 30 °C/min (≤ 54 °F/min).

Componente	Materiales de construcción	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Presión de servicio máx.
Sonda Rxn-41 de 1"	Acero inoxidable 316L	-30 °C (-22 °F)	120 °C (248 °F)	141,5 barg (2053 psig)
	Aleación C276	-30 °C (-22 °F)	150 °C (302 °F)	186,6 barg (2707 psig)
	Titanio de grado 2	-30 °C (-22 °F)	150 °C (302 °F)	144,1 barg (2090 psig)
Sonda Rxn-41 de 2" (nominal)	Acero inoxidable 316L	-30 °C (-22 °F)	120 °C (248 °F)	49,7 barg (721 psig)
	Aleación C276	-30 °C (-22 °F)	150 °C (302 °F)	68,8 barg (998 psig)
	Titanio de grado 2	-30 °C (-22 °F)	150 °C (302 °F)	51,5 barg (747 psig)
Sonda Rxn-41 criogénica de 1"	Aleación C276	-196 °C (-320,8 °F)	70 °C (158 °F)	213,7 barg (3100 psig)
	Combinación de metal híbrida (punta de C276/316L)	-196 °C (-320,8 °F)	70 °C (158 °F)	158,6 barg (2300 psig)
Cable y conector	Cable: Estructura patentada con envoltura de PVC Conexiones: electro-óptica patentada	-40 °C (-40 °F)	70 °C (158 °F)	no aplicable

5.2 Especificaciones de composición y temperatura de procesos de gas natural licuado (GNL)

Se ha identificado una configuración de la sonda Rxn-41 que resulta óptima para la medición y las operaciones de custody transfer del gas natural licuado (GNL) en buques de repostaje de GNL:

- Combinación de metal híbrida (punta de C276/cuerpo de 316L)
- Brida de cara con resalte ASME B16.5 de 2", Clase 150
- 220 mm (8,67 in) de longitud sin soporte para un diámetro interno de tubería de 254,0 mm (10,0 in) o menos
- 240 mm (9,45 in) de longitud sin soporte para un diámetro interno de tubería de 254,0 mm (10,0 in) o más
- Funcionamiento criogénico desde -180 °C (93 K) hasta -156 °C (117 K)
- 25,4 mm (1,0 in) de longitud expuesta recomendada para un diámetro interno de tubería de 152,4 mm (6,0 in) o menos
- 76,2 mm (3,0 in) de longitud expuesta recomendada para un diámetro interno de tubería de 152,4 mm (6,0 in) o más

Con esta configuración de la sonda, los cálculos de fatiga basados en la frecuencia de la estela indican que, si las condiciones de flujo son turbulentas, la sonda de 220 mm (8,67 in) de longitud sin soporte satisface los requisitos de resistencia e idoneidad para el servicio establecidos en ASME PTC 19.3 TW-2016. Se aplica a un producto circulante de GNL típico con una densidad < 500 kg/m³ (31,21 lb/ft³) para caudales de hasta los niveles especificados a continuación.

La tabla proporciona los caudales máximos para la sonda de 220 mm (8,67 in) con diámetro interno de la tubería de 50,88 a 250,0 mm (de 2 a 10 in) y para la sonda de 240 mm (9,45 in) con diámetro interno de la tubería de 304,8 a 355,6 mm (de 12 a 14 in).

Diámetro interno de la tubería	Longitud de inserción de la sonda recomendada	Caudal lineal máximo	Caudal volumétrico máximo
220 mm (8,67 in) de longitud sin soporte			
50,8 mm (2,0 in)	25,4 mm (1,0 in)	14 m/s (46 ft/s)	100 m ³ /h (26 430 gal/h)
101,6 mm (4,0 in)	25,4 mm (1,0 in)	14 m/s (46 ft/s)	400 m ³ /h (105 600 gal/h)
152,4 mm (6,0 in)	76,2 mm (3,0 in)	14 m/s (46 ft/s)	900 m ³ /h (237 750 gal/h)
203,2 mm (8,0 in)	76,2 mm (3,0 in)	14 m/s (46 ft/s)	1600 m ³ /h (422 670 gal/h)
254,0 mm (10,0 in)	76,2 mm (3,0 in)	14 m/s (46 ft/s)	2500 m ³ /h (660 420 gal/h)
240 mm (9,45 in) de longitud sin soporte			
304,8 mm (12,0)	76,2 mm (3,0 in)	12,5 m/s (40,8 ft/s)	3293,3 m ³ /h (870 000 gal/h)
355,6 mm (14,0 in)	76,2 mm (3,0 in)	12,5 m/s (40,8 ft/s)	4474,4 m ³ /h (1 182 000 gal/h)

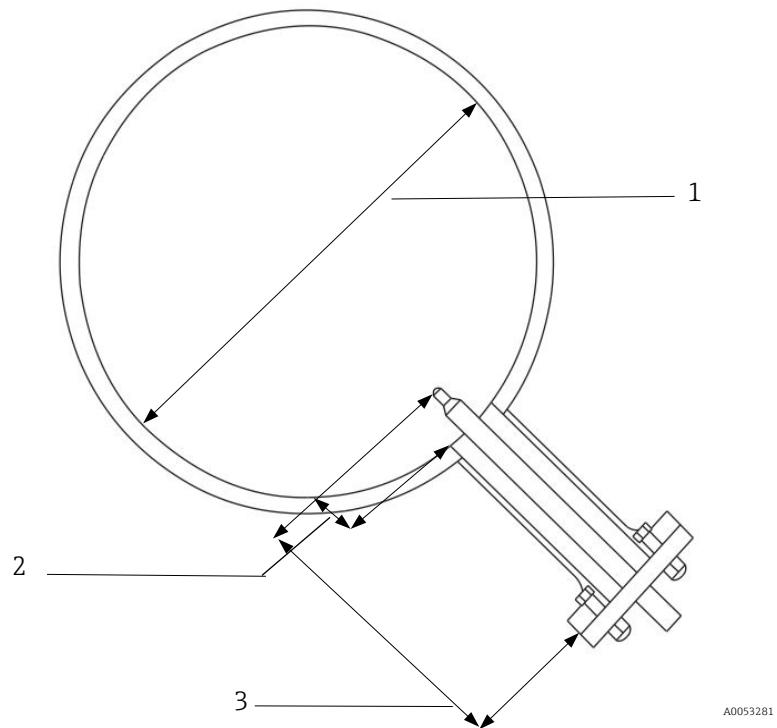


Figura 10. Parámetros de instalación de la sonda Rxn-41 para el repostaje de GNL

#	Descripción
1	Diámetro interno de la tubería
2	Expuesta
3	Sin soporte

5.3 Especificaciones generales

Elemento	Descripción	
Longitud de onda láser	532 nm, 785 nm o 993 nm	
Cobertura espectral	La cobertura espectral de la sonda está limitada por la cobertura del analizador que se utilice	
Temperatura ambiente	Entornos sin peligro de explosión: De -30 a 150 °C/de -22 a 302 °F Entornos con peligro de explosión: T4: De -20 a 70 °C/de -4 a 158 °F T6: De -20 a 65 °C/de -4 a 149 °F Limitado a temperatura ambiente normal IEC 60079-0 para Corea	
Potencia máxima de láser de entrada a la sonda	< 499 mW	
Distancia de trabajo desde la salida de la sonda	corta: 0 mm (0 in) larga: 3 mm (0,12 in)	
IEC 60529 para conector (EO) en ángulo recto	IP65	
IEC 60529 para conector (EO) recto de acero inoxidable	IP65	
Clasificación de TIPO de Norteamérica para conector (EO) en ángulo recto	TIPO 13 ¹	
Materiales de construcción:	cuerpo de la sonda	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aleación C276 o acero inoxidable 316L ■ Titanio de grado 2 disponible previa solicitud ■ Combinación de metal híbrida (acero inoxidable 316L, aleación C276) disponible previa solicitud
Materiales de las partes en contacto con el producto	Ventana	zafiro de alta pureza
Longitud sumergible de la sonda	Aleación C276	<ul style="list-style-type: none"> ■ Rxn-41 de 1": Hasta 3040 mm (120 in) ■ Rxn-41 de 2": Hasta 4550 mm (179,1 in)
	Acero inoxidable 316L	<ul style="list-style-type: none"> ■ Rxn-41 de 1": Hasta 3040 mm (120 in) ■ Rxn-41 de 2": Hasta 4550 mm (179,1 in)
	Titanio de grado 2	Rxn-41 de 1": Hasta 350 mm (13,78 in)
Diámetro sumergible de la sonda	Aleación C276	<ul style="list-style-type: none"> ■ 25,4 mm (1 in) ■ 60,3 mm (2 pulgadas nominal; diámetro externo real 2,38 in)
	Acero inoxidable 316L	<ul style="list-style-type: none"> ■ 25,4 mm (1 in) ■ 60,3 mm (2 pulgadas nominal; diámetro externo real 2,38 in)
	Titanio de grado 2	25,4 mm (1 in)
Resistencia química		Limitada por los materiales de construcción
Bridas	tipo	<ul style="list-style-type: none"> ■ ASME B16.5 ■ Bridas DIN EN1092 de tipo B disponibles previa solicitud
	diámetro	De 38,1 mm (1,5 in) como mínimo a 305 mm (12 in) como máximo

¹ La presente es una autodeclaración de conformidad con los requisitos UL 50E TIPO 13. No constituye una certificación UL ni una autorización para usar la marca UL.

Todas las especificaciones del cable de fibra óptica se pueden encontrar en la *información técnica de los cables de fibra óptica Raman KFOC1 y KFOC1B (TI01641C)*.

5.4 Exposición máxima permisible

La exposición máxima permisible (EMP) es el nivel más alto de exposición a la radiación láser que se puede alcanzar sin causar daños oculares o cutáneos. La EMP se calcula usando la longitud de onda del láser (λ) en nanómetros, la duración de la exposición en segundos (t) y la energía implicada ($J \text{ cm}^{-2}$ o $W \text{ cm}^{-2}$).

5.4.1 EMP para la exposición ocular

La norma ANSI Z136.1 proporciona los medios para realizar el EMP para la exposición ocular. Consulte la especificación para calcular los niveles relevantes de EMP para el caso de la exposición al láser debida a la sonda Rxn-41 y a la poco probable ocurrencia de una exposición al láser debida a la rotura de una fibra óptica.

EMP para la exposición ocular a un haz láser en caso de fuente puntual			
Longitud de onda λ (nm)	Duración de la exposición t (s)	Cálculo de la EMP	
		(J·cm ⁻²)	(W·cm ⁻²)
532	De 10^{-13} a 10^{-11}	$1,0 \times 10^{-7}$	-
	De 10^{-11} a 5×10^{-6}	$2,0 \times 10^{-7}$	-
	De 5×10^{-6} a 10	$1,8 t^{0,75} \times 10^{-3}$	-
	De 10 a 30 000	-	1×10^{-3}

EMP para la exposición ocular a un haz láser en caso de fuente puntual				
Longitud de onda λ (nm)	Duración de la exposición t (s)	Cálculo de la EMP		C_A
		(J·cm ⁻²)	(W·cm ⁻²)	
785 y 993	De 10^{-13} a 10^{-11}	$1,5 C_A \times 10^{-8}$	-	785: $C_A = 1,479$ 993: $C_A = 3,855$
	De 10^{-11} a 10^{-9}	$2,7 C_A t^{0,75}$	-	
	De 10^{-9} a 18×10^{-6}	$5,0 C_A \times 10^{-7}$	-	
	De 18×10^{-6} a 10	$1,8 C_A t^{0,75} \times 10^{-3}$	-	
	De 10 a 3×10^4	-	$C_A \times 10^{-3}$	

5.4.2 EMP para la exposición de la piel

La norma ANSI Z136.1 proporciona los medios para realizar el EMP para la exposición de la piel. Consulte la especificación para calcular los niveles relevantes de EMP para el caso de la exposición al láser debida a la sonda Rxn-41 y a la poco probable ocurrencia de una exposición al láser debida a la rotura de una fibra óptica.

EMP para la exposición de la piel a un haz láser				
Longitud de onda λ (nm)	Duración de la exposición t (s)	Cálculo de la EMP		C_A
		(J·cm ⁻²)	(W·cm ⁻²)	
532, 785 y 993	De 10^{-9} a 10^{-7}	$2 C_A \times 10^{-2}$	-	532: $C_A = 1,000$ 785: $C_A = 1,479$ 993: $C_A = 3,855$
	De 10^{-7} a 10	$1,1 C_A t^{0,25}$	-	
	De 10 a 3×10^4	-	$0,2 C_A$	

5.5 Materiales de construcción

Material	Versión			
	Aleación C276 [UNS N10276; Hastelloy C276]	316L [UNS S31603]	Híbrido C276/316L	Titanio [UNS R50400]
En contacto con el producto	Aleación C276	Acero inoxidable 316L	Aleación C276/acero inoxidable 316L	Titanio de grado 2
	zafiro de alta pureza	zafiro de alta pureza	zafiro de alta pureza	zafiro de alta pureza
Sin contacto con el producto	Aleación C276	Acero inoxidable 316L	Acero inoxidable 316L	Titanio de grado 2
	Acero inoxidable 316/316L	Acero inoxidable 316/316L	Acero inoxidable 316/316L	Acero inoxidable 316/316L
	Acero inoxidable 303/304	Acero inoxidable 303/304	Acero inoxidable 303/304	Acero inoxidable 303/304
	cobre sin oxígeno	cobre sin oxígeno	cobre sin oxígeno	cobre sin oxígeno
	epoxi para alta temperatura	epoxi para alta temperatura	epoxi para alta temperatura	epoxi para alta temperatura

www.addresses.endress.com
