BA02160C/23/ES/05.25
70230023

Manual de instrucciones

Sonda de espectroscopia Raman Rxn-10

Endress+Hauser
People for Process Automation

Índice

1 Observaciones generales 4

1.1 Advertencias 4

1.2 Símbolos en el equipo 4

1.3 Cumplimiento de las leyes de exportación de EE. UU. 4

1.4 Glosario 5

2 Instrucciones de seguridad básicas 6

2.1 Requisitos que debe cumplir el personal 6

2.2 Uso previsto 6

2.3 Seguridad en el puesto de trabajo 6

2.4 Funcionamiento seguro 6

2.5 Seguridad del producto 7

2.6 Seguridad del láser 9

2.7 Seguridad durante las tareas de servicio 9

2.8 Medidas de protección importantes 9

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

3.1 Compra 10

3.2 Recepción de material 10

3.3 Ensamblado 11

3.4 Puesta en marcha 18

3.5 Funcionamiento 20

3.6 Diagnóstico y localización y resolución de fallos 21

3.7 Mantenimiento 23

3.8 Reparación 23

4 Funcionamiento y diseño del sistema 24

4.1 Descripción del producto 24

5 Datos técnicos 26

5.1 Especificaciones de la sonda 26

5.2 Especificaciones del cable de fibra óptica 27

5.3 Exposición máxima permisible 28

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.
NOTA **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 "Laser Radiation" sirve para alertar al usuario del riesgo de exposición a radiación láser visible peligrosa al usar el sistema.
	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.
	El símbolo WEEE indica que el producto no debe desecharse como residuo sin clasificar, sino que debe llevarse a un centro de recogida y separación de residuos para recuperar y reciclar sus componentes.
CE	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).

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.

1.4 Glosario

Término	Descripción
°C	Celsius
°F	Fahrenheit
ANSI	American National Standards Institute
CDRH	Center for Devices and Radiological Health
CFR	Code of Federal Regulations
cm	centímetro
CSA	Canadian Standards Association
EMP	exposición máxima permisible
EO	electro-óptico
FC	canal de fibra
ft	pies
HCA	Accesorio de calibración Raman
IEC	Comisión electrotécnica internacional
in	pulgadas
kg	kilogramo
lb	libra
LED	diodo emisor de luz
m	metro
mm	milímetro
mW	milivatio
nm	nanómetro
RD	rojo
WEEE	Residuos de equipos eléctricos y electrónicos
YE	amarillo
µm	micrómetro

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 contar con la autorización del 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 debe cumplir las instrucciones 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 autorizado que cuente con formación apropiada. Las reparaciones que no estén descritas en este documento deben ser efectuadas exclusivamente en la planta del fabricante o por la organización de servicio técnico.

2.2 Uso previsto

La sonda de espectroscopia Raman Rxn-10 se ha diseñado para llevar a cabo mediciones de muestras en un entorno de laboratorio, de desarrollo de procesos o de fabricación (cuando forma parte de un sistema de sonda de un solo uso). El cabezal de la sonda es compatible con una amplia gama de ópticas intercambiables (de inmersión y sin contacto) disponibles en el mercado para satisfacer los requisitos de diferentes aplicaciones. Algunas de las aplicaciones recomendadas son:

- **Química:** monitorización de reacciones, blending, monitorización de catalizadores, especiación de hidrocarburos, optimización de la unidad de proceso
- **Polímeros:** monitorización de reacciones de polimerización, monitorización de extrusión, mezclas de polímeros
- **Industria farmacéutica:** monitorización de reacciones de ingredientes farmacéuticos activos, cristalización
- **Biofarmacia:** monitorización de cultivos celulares y de fermentación, optimización, control
- **Alimentación y bebidas:** mapeado de heterogeneidad zonal de carnes y pescados

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 e invalida toda garantía.

2.3 Seguridad en el puesto de trabajo

El usuario 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/óptica (si es aplicable).
- Si un producto está dañado, no lo haga funcionar y protéjalo de forma que no se pueda poner en funcionamiento inadvertidamente.
- Etiquete los productos dañados como defectuosos.

Durante el funcionamiento:

- Si no es posible corregir los fallos, resulta imprescindible poner fuera de servicio los productos 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 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 espectroscopia Raman de Endress+Hauser cuentan con las funciones 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.

2.5.1 Cumplimiento de requisitos del CDRH y la CEI

Endress+Hauser certifica que los analizadores Raman de Endress+Hauser satisfacen los requisitos estipulados por el CDRH, así como las normas de seguridad detalladas en la especificación IEC 60825-1 para el uso internacional.

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 una exposición peligrosa a la radiación. Tales modificaciones pueden provocar que el sistema deje de cumplir los requisitos federales certificados por Endress+Hauser.

2.5.2 Interbloqueo de seguridad del láser

Tal como está instalada, la sonda Rxn-10 forma parte del circuito de interbloqueo. Si el cable de fibra óptica se rompe, el láser se desactiva unos milisegundos después de la rotura.

NOTA

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 y asegúrese de que no se retuerzan.
- ▶ Instale los cables de fibra óptica con un radio de curvatura mínimo conforme a la *información técnica del cable de fibra óptica Raman (TI01641C)*.

2.5.3 Indicador de emisión de radiación láser y obturador del haz láser

Además de los indicadores que cumplen los requisitos del CDRH situados en la unidad de base del analizador Raman Rxn, la sonda Rxn-10 también cuenta con un indicador de emisión del láser con alimentación eléctrica que satisface las exigencias del CRDH.

La sonda Rxn-10 tiene integrado un obturador del haz láser que se puede cerrar para impedir la emisión del láser. La posición "I" indica la posibilidad de emisión. El desplazamiento de la palanca más allá de la posición "O" indica que la emisión está obturada.

⚠ ADVERTENCIA

La palanca del obturador se debe mover más allá de la posición "O" hasta el enclavamiento para obturar por completo la emisión.

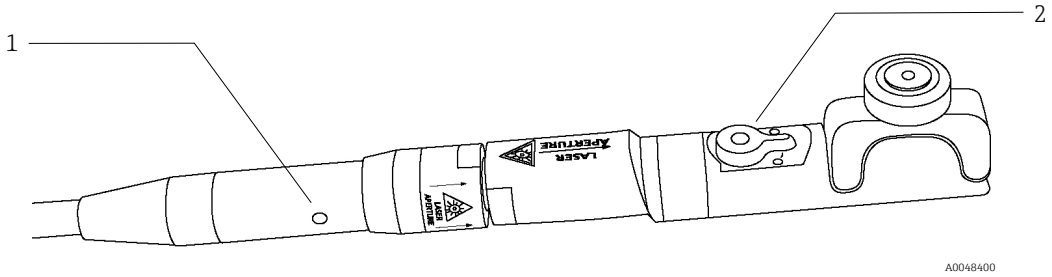


Figura 1. Ubicación del indicador de emisión del láser y del obturador del haz láser

#	Descripción
1	Indicador de emisión del láser
2	Obturador del haz láser

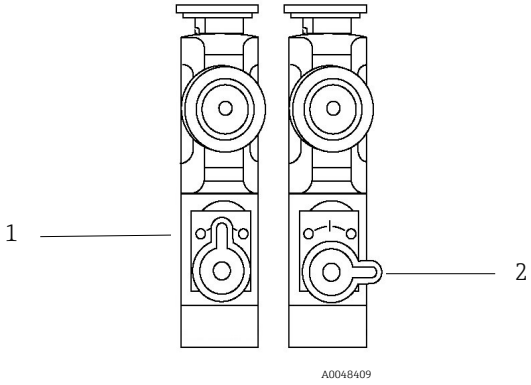


Figura 2. Posiciones ON y OFF del obturador del haz láser

#	Descripción
1	ON
2	OFF

2.6 Seguridad del láser

La sonda Rxn-10 se conecta a un analizador Raman Rxn. 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, IEC) 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 a menudo su radiación es invisible o apenas visible. Tenga siempre presente la dirección inicial y las posibles trayectorias de dispersión del láser. Se recomienda encarecidamente el uso de gafas de seguridad de protección contra el láser de nivel OD3 o superior para longitudes de onda de excitación de 532 nm y 785 nm y de nivel OD4 o superior para una longitud de onda de excitación de 1000 nm.

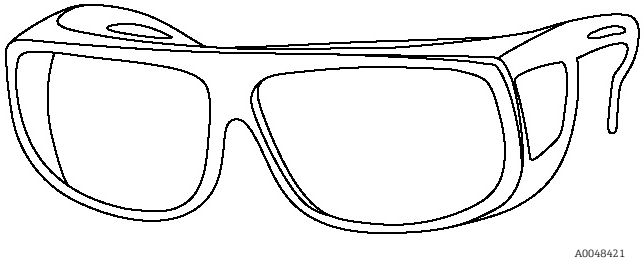


Figura 3. Gafas de seguridad para láser

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. Véase la sección *Datos* → 🖹 para consultar los parámetros relevantes para el cálculo de la exposición máxima permisible (EMP) y de la distancia nominal de riesgo ocular (DNRO).

2.7 Seguridad durante las tareas de servicio

Siempre que retire una sonda 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 Medidas de protección importantes

- No use la sonda Rxn-10 para ningún fin que difiera de su uso previsto.
- No mire directamente hacia el haz láser.
- No apunte el láser hacia superficies especulares/brillantes ni hacia superficies que provoquen reflexiones difusas. El haz reflejado es tan dañino como el haz directo.
- Cuando no se encuentre en uso, cierre el obturador de la sonda Rxn-10. Si dispone de un capuchón para la óptica, póngalo en la óptica cuando no esté en uso.
- Use siempre un sistema de bloqueo del haz láser para evitar que la radiación láser se pueda dispersar inadvertidamente.
- Asegure siempre el cabezal de la sonda de forma que apunte lo más lejos posible de cualquier persona. Cuando el cabezal de la sonda se encuentre en funcionamiento, no lo manipule en ningún caso de manera descuidada.

3 Fase del ciclo de vida del producto

3.1 Compra

3.1.1 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
KA01546C	Manual de instrucciones abreviado	Sonda de espectroscopia Raman Rxn-10
TI01629C	Información técnica	Sonda de espectroscopia Raman Rxn-10
BA02173C	Manual de instrucciones	accesorio de calibración Raman
BA02294C	Manual de instrucciones	Kit de calibración y verificación para ópticas multi
BA02295C	Manual de instrucciones	Kit de calibración y verificación de la cámara de flujo Raman
BA02171C	Manual de instrucciones	Ópticas accesorias para la sonda Rxn-10
TI01635C	Información técnica	Ópticas accesorias para la sonda Rxn-10

3.1.2 Alcance del suministro

El alcance del suministro incluye:

- Sonda Rxn-10
- *Manual de instrucciones de la sonda de espectroscopia Raman Rxn-10*
- Certificado de prestaciones del producto de la Rxn-10
- Declaraciones de conformidad locales, si son aplicables
- Accesorios opcionales de la sonda Rxn-10, si es aplicable
- Certificados de materiales, si es aplicable

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

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, notifíqueselo 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, notifíqueselo 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.

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

NOTA

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 y la etiqueta (TAG) están etiquetadas al menos con la información siguiente:

- Marca Endress+Hauser
- Identificación del producto (p. ej., Rxn-10)
- Número de serie

Si el tamaño lo permite, también se incluye la información siguiente:

- 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 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.)

3.3 Ensamblado

3.3.1 Instalación

Durante la instalación se deben tener en cuenta las precauciones estándar de seguridad para proteger los ojos y la piel correspondientes a los productos láser de Clase 3B (según EN 60825/IEC 60825-14 o ANSI Z136.1). Además, tenga en cuenta lo siguiente:

⚠ ADVERTENCIA	**Se deben tener en cuenta las precauciones estándar relativas a los productos láser.** ▶ Si no se instalan en una cámara de muestras, las sondas se deben tapar siempre con un obturador o apuntarse hacia un objetivo difuso alejado de las personas.
⚠ ATENCIÓN	**La entrada del láser a la sonda Rxn-10 no debe superar una potencia de 499 mW.** **Si se permite la entrada de luz parásita en una sonda en desuso, se producirán interferencias con los datos recopilados procedentes de una sonda en uso y pueden aparecer fallos de calibración o errores de medición.** ▶ Las sondas en desuso SIEMPRE se deben obturar para impedir la entrada de luz parásita en la sonda. Si dispone de un capuchón para la óptica, póngalo en la óptica cuando no esté en uso.
NOTA	**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.**

3.3.1.1 Conexión de la sonda y la fibra óptica

La sonda Rxn-10 es compatible con toda la gama de analizadores Endress+Hauser Raman Rxn.

La sonda Rxn-10 se conectar con el analizador Raman Rxn a través del cable de fibra óptica de tipo electro-óptico (EO) destinado al uso con los analizadores Raman Rxn y fabricado en o después de septiembre de 2019

El cable de fibra no se puede desmontar del cuerpo de la sonda Rxn-10. Se dispone de cables de fibra óptica de prolongación opcionales.

Consulte el manual de instrucciones del correspondiente analizador Raman Rxn para conocer los detalles relativos a la conexión del analizador.

NOTA

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.
- A fin de obtener ayuda adicional para la conexión del cable de fibra óptica y la sonda, póngase en contacto con el representante del servicio técnico de Endress+Hauser de su zona.

3.3.1.1.1 Cable de fibra óptica EO

El cable de fibra óptica EO conecta la sonda Rxn-10 al analizador con un solo conector robusto que contiene las fibras ópticas de excitación y captura, así como un interbloqueo eléctrico del láser.

Se dispone de un cable de prolongación EO para tendidos de cable de mayor longitud o instalaciones en conducto.

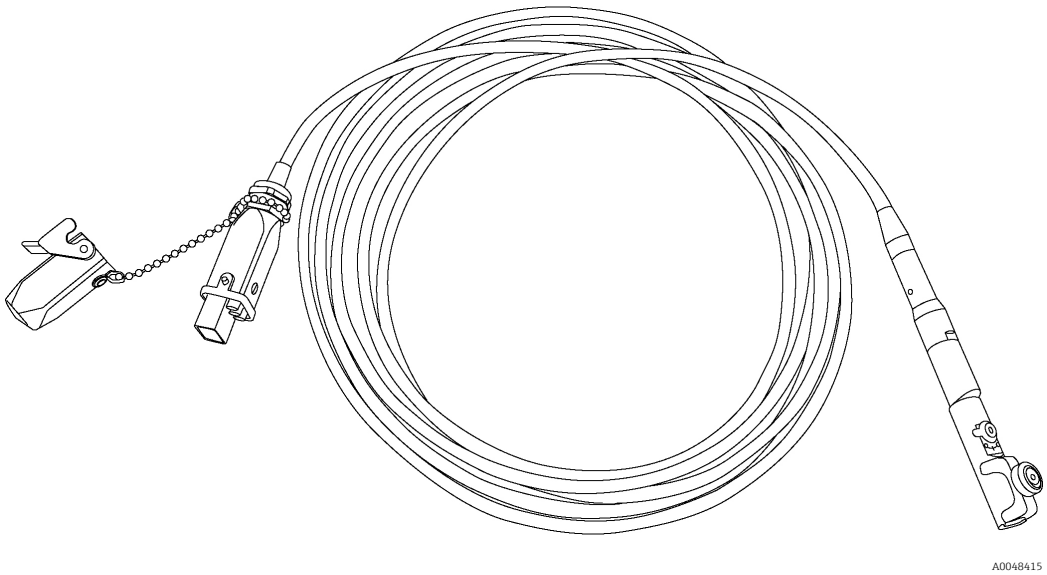


Figura 4. Cable de fibra óptica EO que muestra el conector para el analizador

3.3.1.2 Instalación de las ópticas

La sonda Rxn-10 es compatible con una amplia variedad de ópticas de inmersión, ópticas sin contacto y bancos de flujo micro con célula de flujo micro. El cabezal de la sonda tiene una abrazadera de compresión que sujeta las ópticas de inmersión o el banco de flujo micro. La abrazadera también retiene el adaptador de las ópticas sin contacto.

Antes de la instalación, asegúrese de que se hayan retirado de las ópticas todas las cubiertas protectoras posibles.

Cuando sustituya una óptica en un cabezal de sonda, consulte *Calibración y verificación de la sonda* → 🖹 para llevar a cabo una calibración de intensidad de dicho cabezal de sonda con la óptica nueva.

3.3.1.2.1 Instalación de ópticas de inmersión y bIO-Optic

Las ópticas de inmersión y bIO-Optic de Endress+Hauser se introducen en la sonda Rxn-10 y se aseguran con una abrazadera con limitación de par basada en un tornillo moleteado. El tornillo moleteado de la sonda Rxn-10 no se debe retirar por completo en ningún caso.

⚠ ADVERTENCIA

Siempre que instale o retire una óptica de inmersión, asegúrese de que el láser y el obturador de emisión se encuentren en la posición cerrada.

Para instalar una óptica de inmersión:

1. Si es necesario, afloje el tornillo moleteado limitador de par de la sonda Rxn-10; para ello, gire el tornillo aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj (sin retirarlo). A continuación, localice el extremo de la óptica correspondiente a la sonda, que es el que tiene las marcas del producto.
2. Inserte el extremo de la óptica correspondiente a la sonda a través de la abrazadera para la óptica situada en el extremo.
3. Empuje la óptica hacia atrás hasta que se detenga.
4. Gire suavemente el tornillo moleteado en el sentido de las agujas del reloj para apretarlo hasta que se oiga un "clic". Esto indica que el tornillo moleteado ha alcanzado el par deseado. No apretar el tornillo provoca como resultado el desprendimiento de la óptica y daños potenciales en esta.
5. Tras instalar una óptica en un cabezal de sonda, use el accesorio de calibración Raman para llevar a cabo una calibración de intensidad del cabezal de sonda con la óptica nueva antes de utilizarla.

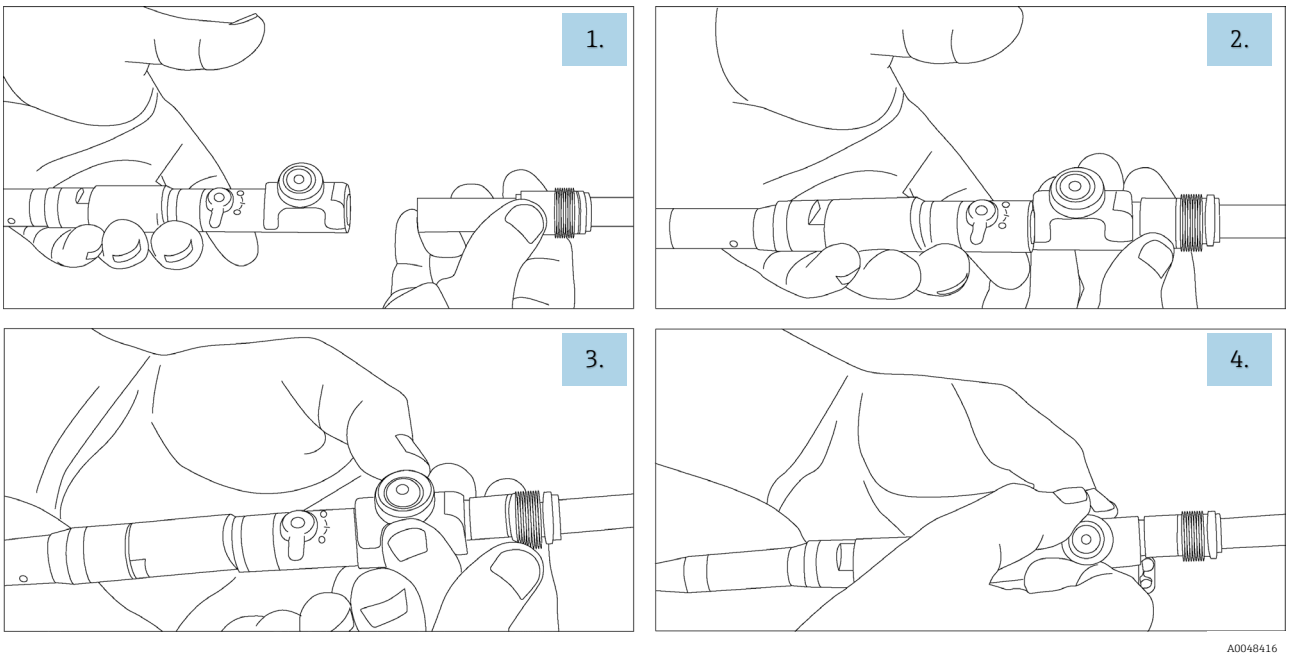


Figura 5. Instalación de una óptica de inmersión (OI) o bIO-Optic en la sonda Rxn-10

Para retirar una óptica de inmersión:

Afloje el tornillo moleteado limitador de par haciéndolo girar aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj, con lo que la óptica de inmersión queda liberada de su abrazadera. No retire el tornillo. A continuación, deslice la óptica de inmersión para sacarla.

3.3.1.2.2 Instalación de la óptica bio multi

La óptica bio multi de Endress+Hauser se introduce en la sonda Rxn-10 y se asegura con una abrazadera con limitación de par basada en un tornillo moleteado. El tornillo moleteado de la sonda Rxn-10 no se debe retirar por completo en ningún caso.

⚠ ADVERTENCIA

Siempre que instale o retire una óptica, asegúrese de que el láser y el obturador de emisión se encuentren en la posición cerrada.

Para instalar la óptica en la sonda:

1. Si es necesario, afloje el tornillo moleteado de metal de la sonda Rxn-10; para ello, gire el tornillo aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj (sin retirarlo).
2. Inserte la óptica a través de la abrazadera para la óptica situada en el extremo.

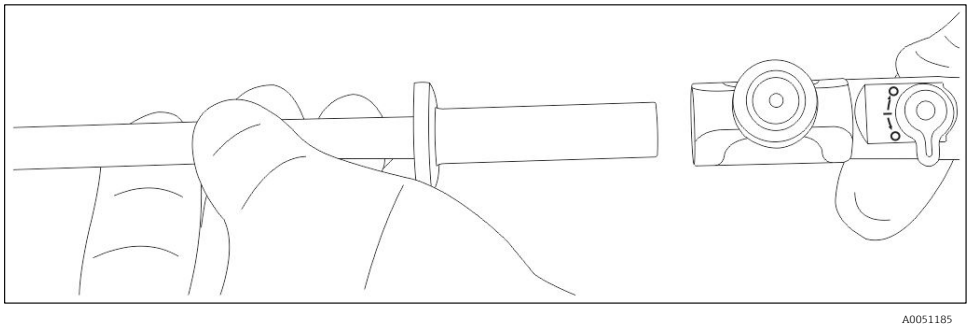


Figura 6. Inserción de la óptica bio multi en la sonda Rxn-10

3. Empuje la óptica hacia atrás hasta que se detenga.

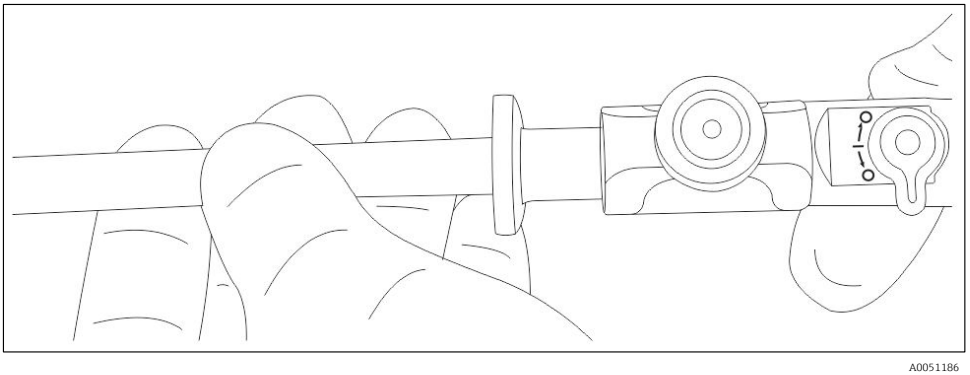


Figura 7. Posición final de la óptica bio multi en la sonda Rxn-10

4. Gire suavemente el tornillo moleteado en el sentido de las agujas del reloj para apretarlo hasta que se oiga un "clic". Esto indica que el tornillo moleteado ha alcanzado el par deseado. No apretar el tornillo provoca como resultado el desprendimiento de la óptica y daños potenciales en esta.

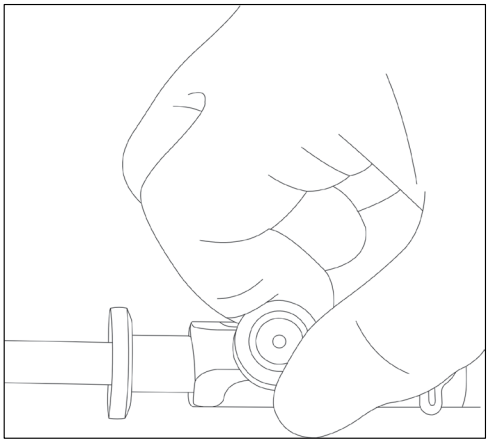


Figura 8. Apriete del tornillo moleteado de la sonda Rxn-10

5. Tras instalar una óptica en una sonda, use el accesorio de calibración para ópticas multi para llevar a cabo una calibración de intensidad de la sonda con la óptica nueva. De manera alternativa se puede usar un accesorio de calibración Raman (HCA), pero se necesita un casquillo bio.

Para retirar la óptica bio multi de la sonda Rxn-10:

Afloje el tornillo moleteado limitador de par haciéndolo girar aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj, con lo que la óptica queda liberada de su abrazadera. No retire el tornillo. A continuación, deslice la óptica para sacarla.

3.3.1.2.3 Instalación del sistema de óptica Raman de un solo uso

El sistema de óptica Raman de un solo uso de Endress+Hauser se introduce en la sonda Rxn-10 y se asegura con una abrazadera con limitación de par basada en un tornillo moleteado. El tornillo moleteado de la sonda Rxn-10 no se debe retirar por completo en ningún caso.

⚠ ADVERTENCIA

Siempre que instale o retire una óptica, asegúrese de que el láser y el obturador de emisión se encuentren en la posición cerrada.

Para instalar el sistema de óptica Raman de un solo uso:

1. Afloje el tornillo moleteado de metal de la sonda Rxn-10; para ello, gire el tornillo aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj (sin retirarlo). Seguidamente, inserte la óptica a través de la abrazadera para la óptica situada en el extremo.
2. Empuje la óptica hacia atrás hasta que se detenga.
3. Gire suavemente el tornillo moleteado en el sentido de las agujas del reloj para apretarlo hasta que se oiga un "clic". Esto indica que el tornillo moleteado ha alcanzado el par deseado. No apretar el tornillo provoca como resultado el desprendimiento de la óptica y daños potenciales en esta.

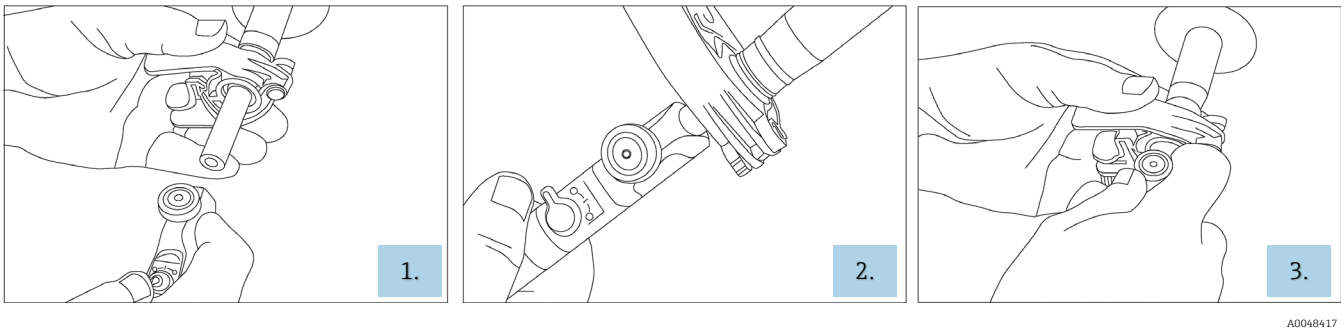


Figura 9. Instalación del sistema de óptica Raman de un solo uso en la sonda Rxn-10

4. Tras instalar una óptica en una sonda, y antes de conectarla al accesorio, use el accesorio de calibración para ópticas multi para llevar a cabo una calibración de intensidad de la sonda con la óptica nueva. De manera alternativa se puede usar un accesorio de calibración Raman (HCA) y un adaptador de calibración de un solo uso.

Para retirar el sistema de óptica Raman de un solo uso:

Afloje el tornillo moleteado limitador de par haciéndolo girar aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj, con lo que la óptica queda liberada de su abrazadera. No retire el tornillo. A continuación, deslice la óptica para sacarla.

3.3.1.2.4 Instalación de ópticas sin contacto

Las ópticas sin contacto ofrecidas con la sonda Rxn-10 están roscadas, por lo que se requiere un adaptador roscado para acoplar la óptica a la sonda Rxn-10.

⚠ ADVERTENCIA

Siempre que instale o retire una óptica sin contacto, asegúrese de que el láser y el obturador de emisión se encuentren en la posición cerrada.

Para instalar una óptica sin contacto:

1. Afloje el tornillo moleteado de metal de la sonda Rxn-10; para ello, gire el tornillo aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj (sin retirarlo). A continuación, localice el extremo del adaptador que es estrecho y no tiene rosca.
2. Inserte el extremo estrecho del adaptador a través de la abrazadera. Empuje el adaptador hacia atrás hasta que se detenga.
3. Gire suavemente el tornillo moleteado en el sentido de las agujas del reloj para apretarlo hasta que se oiga un "clic". Esto indica que el tornillo moleteado ha alcanzado el par deseado. No apretar el tornillo provoca como resultado el desprendimiento del adaptador.
4. Localice el extremo de la óptica sin contacto que presenta una rosca externa.
5. Enrosque una óptica sin contacto en el extremo roscado del adaptador.
6. Tras instalar una óptica en un cabezal de sonda, use el accesorio de calibración Raman para efectuar una calibración de intensidad del cabezal de sonda con la óptica nueva antes de utilizarla.

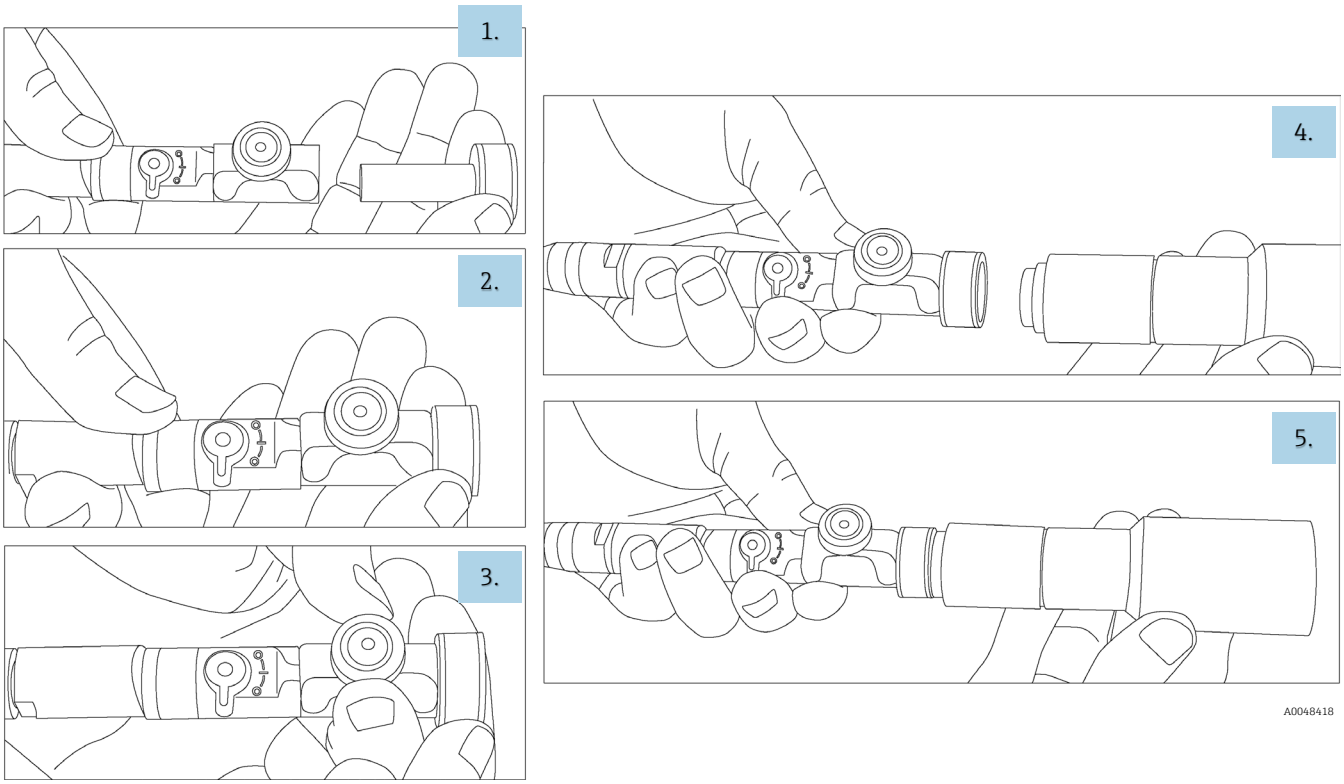


Figura 10. Instalación de un adaptador y una óptica sin contacto en la sonda Rxn-10

Para retirar una óptica sin contacto:

Desenrosque la óptica sin contacto del adaptador. Si se va a usar una óptica de inmersión, retire el adaptador; para ello, gire el tornillo moleteado limitador de par aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj hasta que el adaptador quede liberado de la abrazadera. A continuación, deslice el adaptador para sacarlo.

3.3.1.2.5 Instalación del banco de flujo micro

El banco de flujo micro de Endress+Hauser se introduce en la sonda Rxn-10 y se asegura con una abrazadera con limitación de par basada en un tornillo moleteado. El tornillo moleteado de la sonda Rxn-10 no se debe retirar por completo en ningún caso.

⚠ ADVERTENCIA

Siempre que instale o retire una óptica, asegúrese de que el láser y el obturador de emisión se encuentren en la posición cerrada.

Para instalar el banco de flujo micro en la sonda:

1. Si es necesario, afloje el tornillo moleteado de metal de la sonda Rxn-10; para ello, gire el tornillo aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj (sin retirarlo).
2. Inserte la abrazadera para la óptica situada en el extremo de la sonda en el adaptador para Rxn-10 del banco de flujo micro.

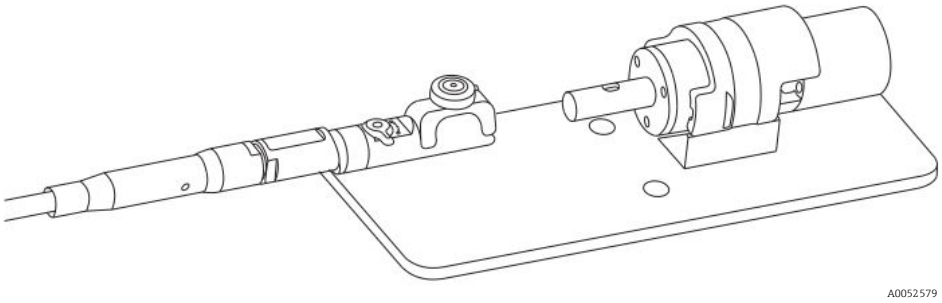


Figura 11. Inserción de la sonda Rxn-10 en el adaptador para Rxn-10 del banco de flujo micro

3. Deslice la sonda por el adaptador para Rxn-10 del banco de flujo micro hasta que se detenga.

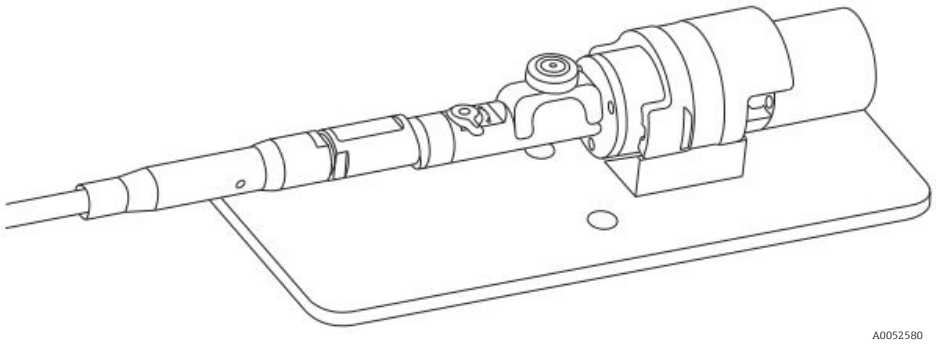


Figura 12. Posición final de la sonda Rxn-10 con el banco de flujo micro

4. Gire suavemente el tornillo moleteado en el sentido de las agujas del reloj para apretarlo hasta que se oiga un "clic". Esto indica que el tornillo moleteado ha alcanzado el par deseado. No apretar el tornillo provoca como resultado el desprendimiento de la óptica y daños potenciales en esta.
5. Tras instalar el banco de flujo micro, use el kit de calibración del banco de flujo micro para llevar a cabo una calibración de intensidad de la sonda con la óptica nueva.

Para retirar la sonda Rxn-10 del banco de flujo micro:

Afloje el tornillo moleteado limitador de par haciéndolo girar aprox. 1 vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj, con lo que el adaptador para Rxn-10 se libera de la abrazadera. No retire el tornillo. Seguidamente, deslice la sonda y sáquela del adaptador.

3.4 Puesta en marcha

La sonda Rxn-10 se entrega lista para conectar a un analizador Raman Rxn. No es necesario efectuar ningún alineamiento o ajuste adicional en la sonda. Siga las instrucciones que se indican a continuación para poner en marcha la sonda.

3.4.1 Recepción de la sonda

Ejecute los pasos de recepción del producto que se describen en *Notas sobre* la recepción *de material* → 🖹.

3.4.2 Calibración y verificación de la sonda

La sonda y el analizador se deben calibrar antes de su uso.

3.4.2.1 Accesorios de calibración y verificación para ópticas multi

Para obtener información adicional sobre los accesorios de calibración y verificación para ópticas multi, consulte el *Manual de instrucciones del kit de calibración y verificación para ópticas multi (BA02173C)*.

3.4.2.1.1 Accesorio de calibración para ópticas multi

Tras instalar la óptica bio multi o el sistema de óptica Raman de un solo uso en la sonda Rxn-10, use el accesorio de calibración para ópticas multi para llevar a cabo una calibración de intensidad del cabezal de la sonda con la óptica nueva.

Si el accesorio de calibración para ópticas multi no está disponible, puede usar para la calibración un accesorio de calibración Raman (HCA) de la manera siguiente:

- Óptica bio multi: con casquillo bio y adaptador HCA de 12 mm
- Sistema de óptica Raman de un solo uso: con el adaptador de calibración de un solo uso y adaptador HCA de 12 mm

3.4.2.1.2 Accesorio de verificación para ópticas multi

El accesorio de verificación de óptica multi se debe usar para verificar la óptica bio multi o el sistema de óptica Raman de un solo uso.

NOTA

NO sumerja la óptica bio multi ni la óptica de un solo uso directamente en una muestra.

Si el accesorio de verificación para ópticas multi no está disponible, la verificación de la óptica bio multi o del sistema de óptica Raman de un solo uso se puede llevar a cabo usando una cámara de muestra bIO y un casquillo bio adicional (para óptica bio multi) o un adaptador de calibración de un solo uso (para óptica de un solo uso). Para obtener información sobre el uso de la cámara de muestra bIO, consulte el manual de instrucciones del analizador Raman Rxn aplicable.

3.4.2.2 accesorio de calibración Raman

Tras instalar una óptica de inmersión, una óptica sin contacto o una bIO-Optic en el cabezal de la sonda, use el accesorio de calibración Raman (HCA) para llevar a cabo una calibración de intensidad del cabezal de la sonda con la óptica nueva.

Si el HCA se usa con el sistema de óptica Raman de un solo uso, es preciso instalar en la óptica un adaptador adicional de calibración de un solo uso. La combinación de óptica/adaptador de calibración se inserta a continuación en un adaptador HCA acoplado al cabezal HCA.

Para obtener información adicional sobre el HCA y los adaptadores, consulte el *manual de instrucciones del accesorio de calibración Raman (BA02173C)*.

3.4.2.3 Células de calibración y verificación del banco de flujo micro

Las células de calibración y verificación del banco de flujo micro están destinadas a calibrar y verificar el banco de flujo micro. No hay otras opciones compatibles.

Para obtener información adicional sobre las células de calibración y verificación del banco de flujo micro, consulte el *manual de instrucciones del kit de calibración del banco de flujo micro Raman (BA02295C)*.

NOTA

NO haga circular la muestra directamente por las células de calibración o verificación del banco de flujo micro, NO sumerja estas en la muestra y NO las contamine con la muestra.

3.4.2.3.1 Célula de calibración del banco de flujo micro

Tras instalar el banco de flujo micro, use la célula de calibración del banco de flujo micro para llevar a cabo una calibración de intensidad del cabezal de la sonda y el banco de flujo micro.

3.4.2.3.2 Célula de verificación del banco de flujo micro

La célula de verificación del banco de flujo micro se usa para verificar la sonda con el banco de flujo micro.

3.4.2.4 Ejecución de la calibración y de la verificación

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 aplicable.

La sonda Raman Rxn-10 se debe someter a una calibración de intensidad antes de recoger mediciones o de cambiar las ópticas. Use el accesorio de calibración Raman (HCA) con un adaptador de óptica apropiado, o bien el kit de calibración y verificación Raman apropiado para la óptica bio multi o la célula de flujo, para llevar a cabo la calibración de la sonda. Toda la información sobre los accesorios y las instrucciones de calibración se pueden encontrar en los manuales de operaciones respectivos de estos productos.

Óptica	**Referencia**
Accesorio de calibración Raman con adaptador apropiado	*Manual de instrucciones del accesorio de calibración Raman (BA02173C)*
Óptica bio multi Raman	*Manual de instrucciones del kit de calibración y verificación de la óptica multi (BA02294C)*
Célula de flujo Raman	*Manual de instrucciones del kit de calibración y verificación de la cámara de flujo Raman (BA02295C)*

El software Raman RunTime no permite capturar espectros sin superar las calibraciones internas del analizador y de la sonda.

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 un accesorio de calibración apropiado
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 Rxn-10 de Endress+Hauser es muy versátil y se ha diseñado para el desarrollo de productos y de procesos. Las variantes de la sonda se han diseñado para ser compatibles con analizadores Endress+Hauser Raman Rxn que funcionen a 532 nm, 785 nm o 1000 nm. La sonda Rxn-10 admite una gran variedad de ópticas intercambiables.

Se pueden consultar instrucciones de uso adicionales en los manuales de instrucciones de los analizadores Raman Rxn y de las ópticas correspondientes.

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-10. Si una sonda está acoplada pero no se encuentra en uso, asegúrese de que el obturador del haz láser situado en la sonda esté en la posición OFF (O) para impedir la entrada de luz parásita en el sistema.

Si la sonda está dañada, aíslela 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.

Los detalles de las acciones relacionadas con las ópticas accesorias (p. ej., limpieza) se pueden consultar en el manual de instrucciones correspondiente.

Síntoma		**Causa posible**	**Acción**
1	Disminución sustancial de la señal o de la relación señal/ruido	Suciedad en la ventana de la óptica acoplada	1. Retire con cuidado la óptica acoplada a la sonda del entorno de muestreo, descontamínela e inspeccione la ventana de la óptica. 2. Si es necesario, limpie la ventana antes de volver a poner la óptica en servicio.
		Fibra agrietada pero intacta	Verifique el estado de la fibra y póngase en contacto con su representante del servicio técnico para solicitar su sustitución.
2	Pérdida completa de señal mientras el láser recibe alimentación y el indicador de emisión del láser está encendido	Fibra rota sin rotura del cable de interbloqueo	Compruebe que todas las conexiones de fibra estén aseguradas.
		El obturador del haz láser está en la posición cerrada (O)	Asegúrese de que el obturador del haz láser esté en la posición abierta (I).
3	El indicador de emisión del láser situado en la sonda no está encendido	Conjunto de fibra dañado	Busque indicios de rotura en la fibra. Póngase en contacto con su representante de servicio para su sustitución.
		El conector EO del cable de fibra óptica no está asegurado/enclavado	Asegúrese de que el conector EO esté conectado y asegurado, tanto en la sonda (en caso aplicable) como 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) esté conectado para el canal específico.
4	Señal inestable y suciedad visible tras la ventana de la óptica	Fallo de la junta de la ventana de la óptica acoplada	1. Revise si hay humedad o condensaciones en el interior de la ventana de la óptica acoplada. 2. Compruebe si han entrado fluidos en la óptica acoplada o si esta muestra indicios de presencia de fluido de muestra en el cuerpo de la óptica (p. ej., corrosión o residuos). 3. Compruebe si hay algún síntoma de desviación espectral. 4. Si se da alguna de estas circunstancias, póngase en contacto con su representante del servicio técnico para devolver la sonda al fabricante.
5	Disminución de la potencia del láser o de la eficiencia de captura	Conexión de fibra contaminada	Limpie cuidadosamente los extremos de fibra de 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 correspondiente.
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 del servicio técnico para devolver el producto dañado.
		Contaminación en la punta de la óptica acoplada	
		Contaminación en las ópticas internas de la sonda	

8	Otros comportamientos anómalos sin explicación de la sonda	La óptica no está bien asentada	Vuelva a asentar la óptica y lleve a cabo una calibración de la sonda. Consulte los pasos de calibración de la sonda en el manual de instrucciones del analizador Raman Rxn correspondiente.
		El tornillo moleteado no está asegurado de manera apropiada en la sonda	Apriete la tuerca central del tornillo moleteado usando una llave hexagonal.
		Daños físicos en el cabezal de la sonda o en las ópticas	Póngase en contacto con su representante del servicio técnico para devolver el producto dañado.

3.7 Mantenimiento

3.7.1 Inspección y limpieza de las fibras ópticas

Para conseguir unas prestaciones óptimas, los conectores ópticos (EO) de los cables de fibra óptica deben estar limpios, sin residuos ni aceite. Si es preciso limpiarlos, consulte los manuales de instrucciones del analizador Raman Rxn o de los cables de fibra óptica correspondientes.

NOTA

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.

3.8 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 la lista de canales de ventas locales de su zona en nuestro sitio web (https://endress.com/contact).

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-10

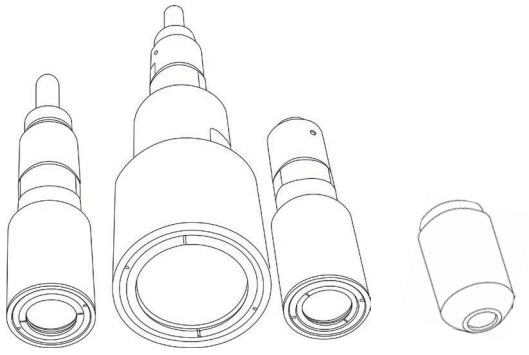
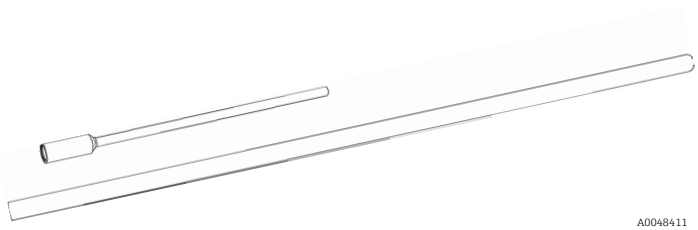
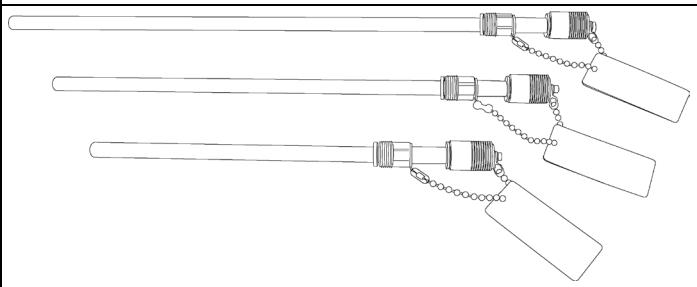
La sonda de espectroscopia Raman Rxn-10, con tecnología Kaiser Raman, es compatible tanto con el análisis de líquidos como de sólidos en entornos de laboratorio. Está diseñada para ser compatible con analizadores Endress+Hauser Raman Rxn que funcionen a 532 nm, 785 nm o 1000 nm. Cada sonda Rxn-10 está diseñada de manera específica para una sola longitud de onda de excitación del láser.

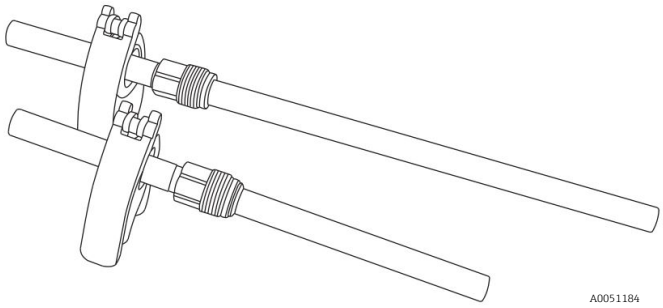
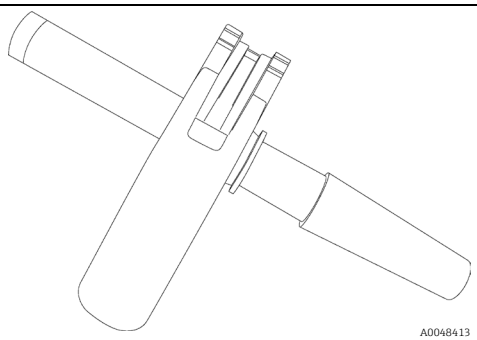
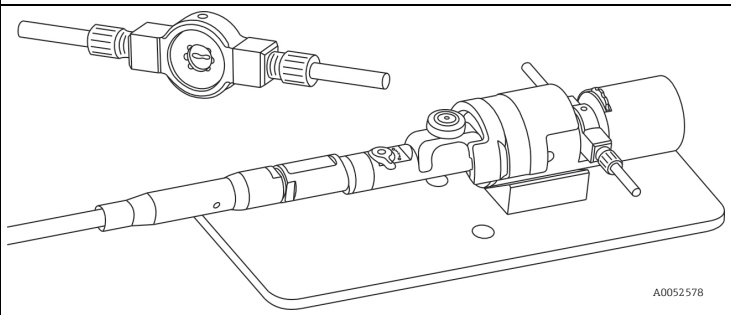
El cable de fibra no se puede desmontar del cuerpo de la sonda Rxn-10.

4.1.2 Sonda Rxn-10 y ópticas accesorias

El cabezal de la sonda es compatible con las ópticas accesorias siguientes, lo que permite satisfacer los requisitos de diferentes aplicaciones. Para conocer detalles adicionales, consulte los documentos siguientes:

- *Manual de instrucciones de las ópticas accesorias para la sonda Rxn-10 (BA02171C)*
- *Manual de instrucciones del kit de calibración y verificación de la cámara de flujo Raman (BA02295C)*

Ópticas		Aplicaciones
Ópticas sin contacto	 A0048410 A0048676	Para usar con productos sólidos o turbios. También son adecuadas para líquidos delicados o corrosivos cuando provocar ensuciamiento o daños en los componentes ópticos es un problema.
Ópticas de inmersión (IO)	 A0048411	Para usar en depósitos de reacción, reactores de laboratorio o productos circulantes de proceso.
bIO-Optic	 A0048412	Para usar con medición en línea continua en aplicaciones de biorreactores/fermentadores de sobremesa que requieran entrada de placa de cabezal.

Ópticas		Aplicaciones
Óptica bio multi y casquillo bio	 A0051184	Para usar con medición en línea continua en aplicaciones de biorreactores/fermentadores de sobremesa que requieran entrada de placa de cabezal.
Sistema de óptica Raman de un solo uso	 A0048413	Para usar con accesorios desechables en aplicaciones de un solo uso.
Cámara de flujo Raman (incluye banco de flujo micro y célula de flujo micro)	 A0052578	Para usar con líquidos de menor caudal en los que la monitorización de un producto circulante dinámico de proceso proporciona información valiosa y la velocidad o el límite de detección son particularmente importantes.

5 Datos técnicos

5.1 Especificaciones de la sonda

Elemento		Descripción
Longitud de onda láser	con óptica sin contacto u óptica de inmersión	532 nm, 785 nm o 1000 nm
	con bIO-Optic o sistema de óptica Raman de un solo uso	785 nm o 1000 nm
	con óptica bio multi y casquillo bio o banco de flujo micro y célula de flujo micro	785 nm
Potencia máxima del láser hacia el cabezal de la sonda		< 499 mW
Distancia de trabajo		Consulte la *información técnica de las ópticas accesorias para la sonda Rxn-10 (TI01635C)*
Interfaz de muestra		Consulte la *información técnica de las ópticas accesorias para la sonda Rxn-10 (TI01635C)*
Polarización en la muestra		Sin polarizar
Temperatura ambiente		De −10 a 70 °C (de 14 a 158 °F)
Rampa de temperatura		≤ 30 °C/min (≤ 54 °F/min)
Humedad relativa		De 20 a 60 %, sin condensación
Cobertura espectral		La cobertura espectral de la sonda está limitada por la cobertura del analizador que se utilice
Potencia del láser en la muestra	532 nm (con láser estándar de 120 mW)	> 45 mW
	785 nm (con láser estándar de 400 mW)	> 150 mW
	1000 nm (con láser estándar de 400 mW)	> 150 mW
Materiales de construcción	cuerpo de la sonda	Aluminio 6061, acero inoxidable 316L y acero inoxidable 303
	cable de fibra óptica	Diseño: Estructura patentada con envoltura de PVC Conexiones: convertidor(es) patentado(s) de electro-óptica o FC a EO para sistemas no integrados
Sonda	longitud (sin incluir el radio de curvatura del cable de fibra óptica)	203 mm (8 in)
	longitud (incluido el radio de curvatura del cable de fibra óptica)	356 mm (14,02 in)
	diámetro (sin incluir el cable)	19 mm (0,75 in)
	peso (incluido el cable)	0,5 kg (aprox. 1 lb)

5.2 Especificaciones del cable de fibra óptica

Cable de fibra óptica Raman KFOC1	
Elemento	**Descripción**
Características generales	Integrado hilo conductor de cobre para capacidad de interbloqueo Refuerzos internos de aramida (Kevlar) Retardador de llama Resistente a hongos
Clasificación del cable (solo cable)	Temperatura de funcionamiento: De −40 °C a 70 °C (de −40 °F a 158 °F) Temperatura de almacenamiento: De −55 °C a 70 °C (de −67 °F a 158 °F) Certificados: CSA-C/US AWM I/II, A/B, 80C, 30V, FTI, FT2, VW-1, FT4 Clasificación: AWM I/II A/B 80C 30V FT4
Radio de curvatura	152,4 mm (6 in)
Terminación	Electro-óptico con conectores

El cable de fibra óptica Raman KFOC1B cuenta con una clasificación mejorada y certificación CMR, por lo que garantiza un cumplimiento más sencillo de las leyes y reglamentos locales. Esta certificación es compatible con una implementación más fácil en entornos de proceso. Estos cables, sometidos a ensayos de forma independiente y certificados por un tercero, ofrecen protección mejorada contra la propagación del fuego.

Con la clasificación CMR, el cable de fibra óptica Raman KFOC1B está preparado para instalarse de inmediato en bandejas de cables, elevadores y todo tipo de conductos sin necesidad de estudios adicionales.

Cable de fibra óptica Raman KFOC1B	
Elemento	**Descripción**
Características generales	Integrado hilo conductor de cobre para capacidad de interbloqueo Refuerzos de plástico reforzado con fibra (PRF) Retardador de llama Resistente a hongos
Clasificación del cable (solo cable)	Temperatura de funcionamiento: De −40 °C a 70 °C (de −40 °F a 158 °F) Temperatura de almacenamiento: De −55 °C a 70 °C (de −67 °F a 158 °F) Certificados: cULus AWM I/II, A/B, 80C, 30V, FTI, FT2, VW-1, FT4 Clasificación: CMR-FO, AWM I/II A/B 80C 30V FT4
Radio de curvatura	152,4 mm (6 in)
Terminación	Conectores electro-ópticos

5.3 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 cm^{-2} o W cm^{-2}).

También puede resultar necesario aplicar un factor de corrección (C_A), cuya determinación se explica más adelante.

Longitud de onda λ (nm)	**Factor de corrección C_A**
De 400 a 700	1
De 700 a 1050	$10^{0,002(\lambda-700)}$
De 1050 a 1400	5

5.3.1 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-10 y a la poco probable posibilidad de una exposición al láser debida a la rotura de una fibra óptica.

Exposición máxima permisible (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}

Exposición máxima permisible (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**		**EMP, donde C_A = 1,4791**
		(J·cm⁻²)	***(W·cm⁻²)***	
785 y 993	De 10^{-13} a 10^{-11}	$1,5\ C_A \times 10^{-8}$	-	$2,2 \times 10^{-8}$ (J·cm^{-2})
	De 10^{-11} a 10^{-9}	$2,7\ C_A\ t^{0,75}$	-	Introduzca el tiempo (*t*) y haga el cálculo
	De 10^{-9} a 18×10^{-6}	$5,0\ C_A \times 10^{-7}$	-	$7,40 \times 10^{-7}$ (J·cm^{-2})
	De 18×10^{-6} a 10	$1,8\ C_A\ t^{0,75} \times 10^{-3}$	-	Introduzca el tiempo (*t*) y haga el cálculo
	De 10 a 3×10^{4}	-	$C_A \times 10^{-3}$	$1,4971 \times 10^{-3}$ (W·cm^{-2})

5.3.2 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-10 y a la poco probable posibilidad de una exposición al láser debida a la rotura de una fibra óptica.

Exposición máxima permisible (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**		**EMP, donde** C_A **= 1,4791**
		(J·cm^{-2})	**(W·cm^{-2})**	
532, 785 y 993	De 10^{-9} a 10^{-7}	$2\ C_A \times 10^{-2}$	-	$2{,}9582 \times 10^{-2}$ (J·cm^{-2})
	De 10^{-7} a 10	$1{,}1\ C_A\ t^{0{,}25}$	-	Introduzca el tiempo (t) y haga el cálculo
	De 10 a 3×10^{4}	-	$0{,}2\ C_A$	$2{,}9582 \times 10^{-1}$ (W·cm^{-2})

www.addresses.endress.com

Endress+Hauser
People for Process Automation