

# **Modelo 4660**

## **Sistema de asentamiento de cuerda vibrante**

### Manual de instrucciones





## **DECLARACIÓN DE GARANTÍA**

---

GEOKON garantiza que sus productos estarán libres de defectos en sus materiales y su mano de obra, bajo uso y funcionamiento normal, durante un período de 13 meses a partir de la fecha de compra. Si la unidad no funciona correctamente, debe ser devuelta a la fábrica para su evaluación, con el flete pagado. Una vez que sea examinada por GEOKON, si se determina que la unidad está defectuosa, se reparará o reemplazará sin cargos. Sin embargo, la **GARANTÍA SE INVALIDA** si la unidad muestra evidencias de haber sido manipulada o de haber sido dañada como resultado de corrosión o corriente, calor, humedad o vibración excesivos, especificaciones incorrectas, mala aplicación, mal uso u otras condiciones de funcionamiento fuera del control de GEOKON. Los componentes que se desgastan o dañan por el uso incorrecto no tienen garantía. Esto incluye los fusibles y las baterías.

GEOKON fabrica instrumentos científicos cuyo uso indebido es potencialmente peligroso. Los instrumentos están diseñados para ser instalados y utilizados solo por personal calificado. No hay garantías, excepto las que se indican en este documento. No existe ninguna otra garantía, expresa o implícita, incluyendo, sin limitación a, las garantías de comercialización implicadas o de adecuación para un propósito en particular. GEOKON no se hace responsable por cualquier daño o pérdida causada a otros equipos, ya sea directo, indirecto, incidental, especial o consecuente que el comprador pueda experimentar como resultado de la instalación o uso del producto. La única compensación para el comprador ante cualquier incumplimiento de este acuerdo por parte de GEOKON o cualquier incumplimiento de cualquier garantía por parte de GEOKON no excederá el precio de compra pagado por el comprador a GEOKON por la unidad o las unidades, o el equipo directamente afectado por tal incumplimiento. Bajo ninguna circunstancia, GEOKON reembolsará al reclamante por pérdidas incurridas al retirar y/o volver a instalar el equipo.

Se tomaron todas las precauciones para garantizar la exactitud en la preparación de los manuales y/o el software; sin embargo, GEOKON no asume responsabilidad alguna por omisiones o errores que puedan surgir ni asume responsabilidad por daños o pérdidas que resulten del uso de los productos de acuerdo con la información contenida en el manual o software.

No se puede reproducir ninguna porción de este manual de instrucciones, por ningún medio, sin el consentimiento por escrito de geokon. La información contenida en este documento se considera precisa y confiable. Sin embargo, GEOKON no asume responsabilidad alguna por errores, omisiones o malas interpretaciones. La información en este documento está sujeta a cambios sin aviso previo.

El logotipo y el nombre comercial GEOKON® son marcas comerciales registradas en la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos.



# ÍNDICE

---

<b>1. DESCRIPCIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>2. PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN</b> .....	3
<b>2.1 INSTALACIÓN DEL SENSOR</b> .....	3
<b>2.2 INSTALACIÓN DE LOS CABLES Y TUBOS LLENOS DE LÍQUIDO</b> .....	3
<b>2.3 INSTALACIÓN DEL DEPÓSITO, CONEXIÓN DE LOS TUBOS DEL SENSOR Y TUBO DE VENTILACIÓN</b> .....	3
<b>2.4 CONEXIÓN DEL SENSOR</b> .....	5
2.4.1 DEPÓSITOS DE UNO Y DOS CANALES (MODELOS 4650-4A Y 4650-4B) .....	5
2.4.2 DEPÓSITOS DE TRES CANALES (MODELO 4650-4C) .....	5
<b>2.5 LECTURAS INICIALES</b> .....	6
<b>3. REALIZANDO LAS LECTURAS</b> .....	7
<b>3.1 GK-404 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE</b> .....	7
3.1.1 OPERACIÓN DE LA GK-404 .....	7
<b>3.2 GK-405 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE</b> .....	8
3.2.1 CONECTAR SENSORES CON CONECTORES DE PASO ADJUNTOS DE 10 PUNTOS .....	8
3.2.2 CONECTAR SENSORES CON CONDUCTORES DESCUBIERTOS .....	8
3.2.3 OPERACIÓN DE LA GK-405 .....	8
<b>3.3 MEDICIÓN DE TEMPERATURAS</b> .....	8
<b>4. REDUCCIÓN DE DATOS</b> .....	10
<b>4.1 CÁLCULO DE LA ELEVACIÓN DEL SENSOR</b> .....	10
<b>4.2 CORRECCIÓN PARA ASENTAMIENTO O LEVANTAMIENTO DE LA TERMINAL DEL DEPÓSITO</b> .....	10
<b>4.3 CORRECCIONES DE TEMPERATURA</b> .....	10
<b>5. HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTOS</b> .....	13
<b>5.1 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ESPECIALES NECESARIOS PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA</b> .....	13
<b>5.2 PROCEDIMIENTOS DE PURGA</b> .....	13
<b>5.3 PURGA DE LAS LÍNEAS DE VENTILACIÓN</b> .....	14
<b>6. CALIBRACIÓN IN SITU</b> .....	15
<b>6.1 COMPROBACIÓN CERO IN SITU</b> .....	15
<b>7. MANTENIMIENTO Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS</b> .....	17
<b>7.1 MANTENIMIENTO</b> .....	17
<b>7.2 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS</b> .....	17
7.2.1 LECTURAS INESTABLES .....	17
7.2.2 LECTURA DE 9999 .....	17

7.2.3 CAMBIOS REPENTINOS O IMPORTANTES EN LAS LECTURAS.....	17
<b>APÉNDICE A. ESPECIFICACIONES</b> .....	19
<b>A.1 SENSOR DE ASENTAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE MODELO 4660</b> .....	19
<b>A.2 TERMISTOR</b> .....	19
<b>APÉNDICE B. DERIVACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL TERMISTOR</b> .....	20
<b>B.1 RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3KΩ</b> .....	20
<b>APÉNDICE C. EMPALME DE LA TUBERÍA Y EL CABLE DEL SENSOR DE ASENTAMIENTO 4660</b> .....	21
<b>C.1 REEMPLAZO DE UN TRANSDUCTOR</b> .....	21
<b>C.2 LÍNEA DE LÍQUIDO</b> .....	21
C.2.1 EMPALME DEL CABLE.....	21
<b>C.3 AGREGAR UNA EXTENSIÓN A UN ENSAMBLAJE DEL SENSOR</b> .....	22
<b>APÉNDICE D. MONTAJE DEL TUBO SWAGELOK</b> .....	23
<b>D.1 INSTALACIÓN</b> .....	23
<b>D.2 INSTRUCCIONES PARA VOLVER A MONTAR</b> .....	24

## **FIGURAS**

---

<b>FIGURA 1: DETALLE DEL SENSOR VISTA SUPERIOR</b> .....	1
<b>FIGURA 2: DETALLE DEL SENSOR VISTA FRONTAL</b> .....	1
<b>FIGURA 3: INSTALACIÓN TÍPICA DE UN SISTEMA DE ASENTAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE</b> .....	2
<b>FIGURA 4: DETALLES DEL DEPÓSITO</b> .....	2
<b>FIGURA 5: CONEXIONES DE LA TERMINALES</b> .....	5
<b>FIGURA 6: CABLEADO DEL CUADRO DE MANDOS</b> .....	6
<b>FIGURA 7: CONSOLA DE LECTURA GK-404</b> .....	7
<b>FIGURA 8: CONECTOR LEMO A GK-404</b> .....	7
<b>FIGURA 9: CONSOLA DE LECTURA GK-405</b> .....	8
<b>FIGURA 10: REPORTE DE CALIBRACIÓN TÍPICO</b> .....	12
<b>FIGURA 11: PURGA DEL EQUIPO</b> .....	13
<b>FIGURA 12: CALIBRACIÓN DEL EQUIPO IN SITU</b> .....	15
<b>FIGURA 13: INSERCIÓN DEL TUBO</b> .....	23
<b>FIGURA 14: HAGA UNA MARCA EN LA PARTE QUE APUNTA HACIA ABAJO (EN LA POSICIÓN QUE OCUPA EL 6 EN UN RELOJ)</b> .....	23
<b>FIGURA 15: APRIETE UNA Y UN CUARTO DE VUELTAS</b> .....	23
<b>FIGURA 16: MARCAS PARA VOLVER A MONTAR</b> .....	24
<b>FIGURA 17: CASQUILLOS ENCAJADOS EN EL ACCESORIO</b> .....	24
<b>FIGURA 18: APRIETE LA TUERCA LIGERAMENTE</b> .....	25

## **TABLAS**

---

<b>TABLA 1: CONEXIÓN DE SENSORES DE UNO Y DOS CANALES.....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 2: CABLEADO DE SENSOR DE TRES Y CUATRO CANALES.....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA 3: ESPECIFICACIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>TABLA 4: RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3KΩ.....</b>	<b>20</b>

## **ECUACIONES**

---

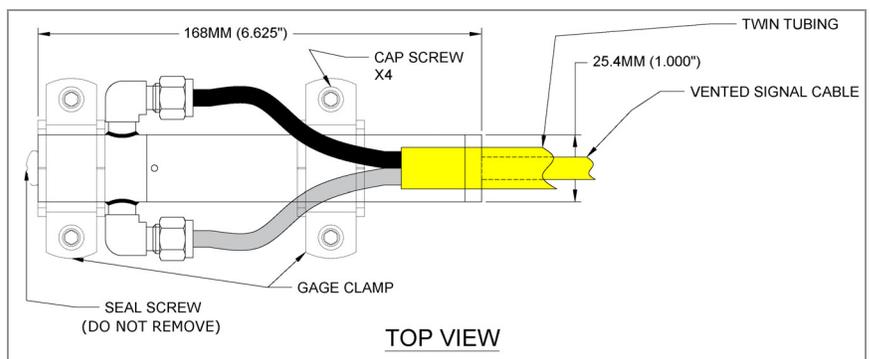
<i>ECUACIÓN 1: ELEVACIÓN.....</i>	<i>10</i>
<i>ECUACIÓN 2: ELEVACIÓN CORREGIDA POR TEMPERATURA .....</i>	<i>11</i>
<i>ECUACIÓN 3: RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3K<math>\Omega</math> .....</i>	<i>20</i>



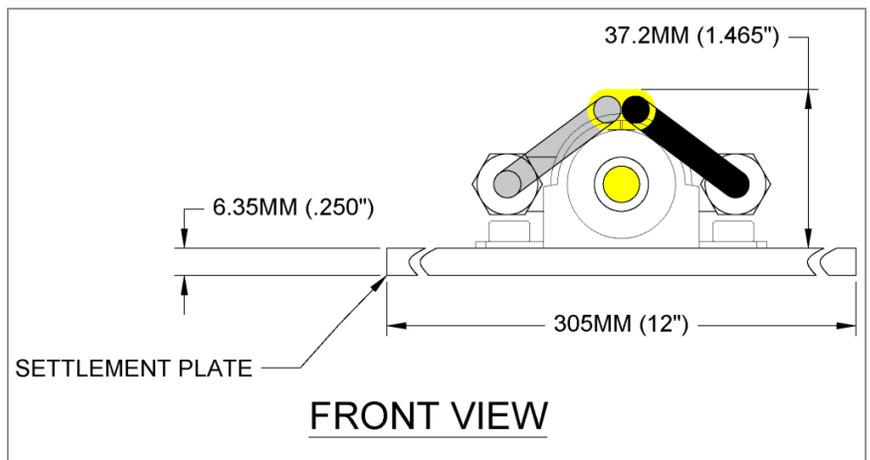
## 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema de asentamiento de cuerda vibrante Modelo 4660 está diseñado para medir el asentamiento diferencial entre dos puntos. Un depósito está ubicado en un punto de referencia estable y se conecta a un sensor ubicado en un punto de asentamiento a través de dos tubos llenos de líquido. El sensor detecta la presión del líquido en el interior del tubo. Esto proporciona una lectura de la altura de la columna de líquido, que a su vez proporciona una medida de la diferencia de elevación entre el depósito y el sensor.

El sensor contiene un termistor para medir la temperatura, así como tubos de descarga de gas para ofrecer protección contra rayos. El cable contiene un tubo de ventilación que conecta el aire dentro del sensor con el espacio sobre el depósito. Esto garantiza que las lecturas del sensor no se vean afectadas por ningún cambio en la presión barométrica. Una cámara desecante ubicada en la línea de ventilación en el extremo del depósito evita que la humedad entre en la línea. Las figuras de abajo muestran los detalles del ensamblaje del sensor con el cable de señal ventilado unido. Tenga en cuenta que no debe retirar el tornillo obturador mostrado en la Figura 1.



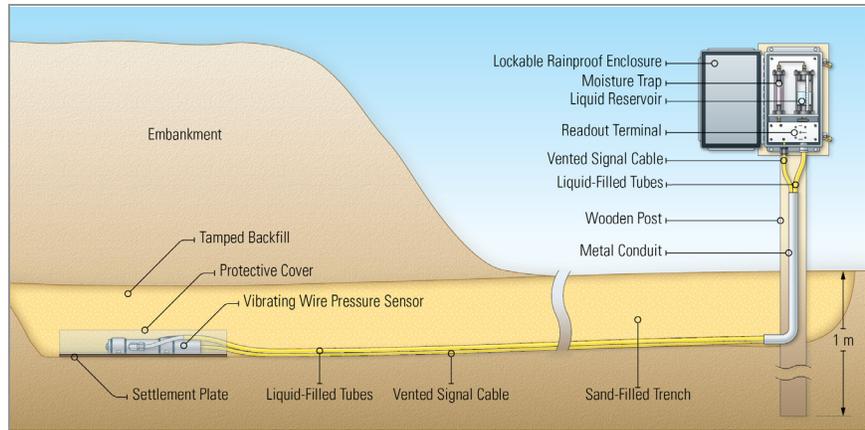
**FIGURA 1:** Detalle del sensor vista superior



**FIGURA 2:** Detalle del sensor vista frontal

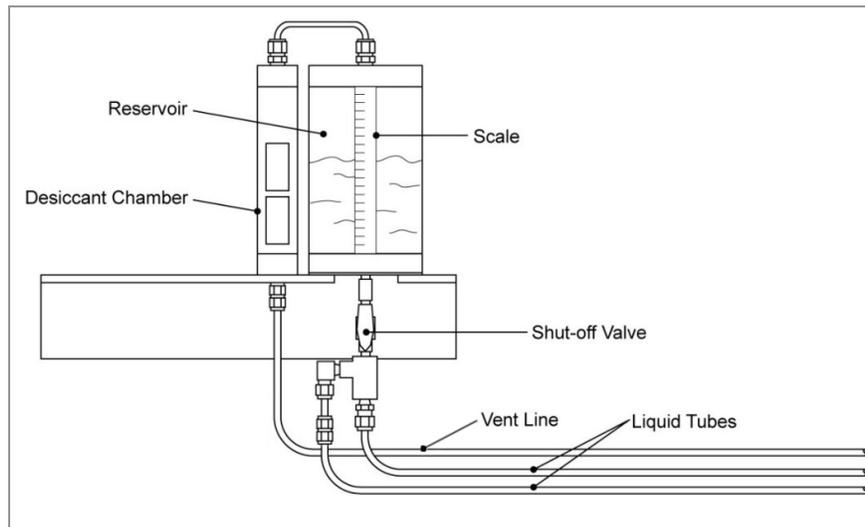
La Figura 3 de abajo muestra una instalación típica usada para medir el asentamiento dentro de un dique. El sensor se lee a través de un cable eléctrico que se extiende hasta el lugar en el que se encuentra el dispositivo de lectura. El dispositivo de lectura puede ser GK-404, GK-405 o el registrador de datos CR-6. El sensor contiene un termistor para medir la temperatura y cuenta con tubos de descarga de gas para ofrecer protección contra rayos. El cable contiene también un tubo de ventilación que conecta el aire dentro del sensor con el espacio sobre el depósito. Esto garantiza que las lecturas del sensor no se vean afectadas por ningún cambio en la presión barométrica. Una cámara desecante ubicada en la línea de ventilación en el extremo del depósito evita que la humedad entre en la línea. Los depósitos de uno y dos canales (Modelos 4650-4A y 4650-4B) tienen un

termistor montado en la parte posterior de la PCB dentro del depósito para registrar los cambios de temperatura en la terminal del dispositivo de lectura.



**FIGURA 3:** Instalación típica de un sistema de asentamiento de cuerda vibrante

La figura a continuación muestra los detalles de un sistema de depósito típico. Cada sensor cuenta con dos tubos llenos de líquido y puede conectarse más de un sensor a un solo depósito. El uso de dos tubos llenos de líquido permite purgar la tubería regularmente para eliminar cualquier acumulación de burbujas de aire. Con este tipo de sensor de asentamiento, es importante que no haya burbujas de aire en la línea de líquido. El líquido que se utiliza normalmente es una mezcla de anticongelante al que se le ha retirado el aire, esta mezcla evita el crecimiento de algas y no es susceptible a congelarse.



**FIGURA 4:** Detalles del depósito

## **2. PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN**

---

La mayoría de las instalaciones se realizan en rellenos y diques en donde el sensor y los cables se entierran. En otras, los cables y sensores pueden fijarse directamente a las estructuras que experimentan un asentamiento de desplazamiento. La ubicación del depósito siempre debe tener una elevación mayor que el sensor y mayor que cualquier parte del tubo conector lleno de líquido.

Los sistemas prellenados se entregan normalmente con una solución de anticongelante al que se le ha retirado el aire en las líneas de líquido. Una parte adicional de tubería de diámetro pequeño se conecta a los extremos externos de las líneas de líquido para permitir que el sistema respire durante la transportación y al mismo tiempo protege al sensor de sobrecargarse por la temperatura o cambios en la presión y evita la entrada de burbujas de aire a las líneas principales de líquido.

En forma alternativa, los sistemas pueden entregarse con la tubería vacía para llenarse en el campo.

### **2.1 INSTALACIÓN DEL SENSOR**

Normalmente el sensor se fija a una placa de asentamiento usando el/los soporte(s) provisto(s).

La placa de asentamiento puede fijarse directamente a una estructura usando pernos. En el caso de la instalación en rellenos, debe hacerse una excavación lisa y con el fondo plano de 300 a 600 mm (12 a 24") de profundidad. La placa del sensor se coloca en esta superficie plana y se cubre con material fino, similar al relleno, habiendo retirado todas las partículas de más de 10 mm (0.4").

Debe compactarse este material alrededor de la célula hasta que la excavación alcance el nivel original de la superficie del suelo. La elevación de la placa de asentamiento debe medirse durante la instalación usando técnicas convencionales de medición de nivel. También asegúrese de que el sensor sigue funcionando después de compactar el terreno.

### **2.2 INSTALACIÓN DE LOS CABLES Y TUBOS LLENOS DE LÍQUIDO**

Los cables y la tubería debe colocarse en una zanja de aproximadamente 300 a 600 mm (12 a 24") de profundidad. La zanja no debe ondularse y los cables y tubos individuales deben colocarse uno al lado del otro sin tocarse ni cruzarse. En ningún caso debe colocarse la tubería en un lugar más alto que la ubicación del depósito. Antes de rellenar la zanja, examine la tubería en busca de burbujas de aire. Si nota alguna, la tubería debe ser purgada antes de tomar las lecturas iniciales.

Compacte el material en la zanja alrededor de los cables. No permita que grandes pedazos de roca con ángulos descansan directamente sobre el cable. Para evitar la migración de agua a lo largo de la zanja, puede construir tapones de bentonita en intervalos.

Las zanjas en los terraplenes de presas de tierra nunca deben penetrar completamente a través del núcleo de arcilla. La compactación del relleno sobre los cables puede hacerse de forma normal cuando la cobertura sobrepase los 600 mm (24") de profundidad. Si los cables no están enterrados, deben apoyarse adecuadamente a lo largo de su longitud para evitar ondulaciones. También deben protegerse de la luz solar directa y aislarse de las fluctuaciones rápidas de temperatura colocándolos en poliestireno extruido o espuma de uretano, etc.

### **2.3 INSTALACIÓN DEL DEPÓSITO, CONEXIÓN DE LOS TUBOS DEL SENSOR Y TUBO DE VENTILACIÓN**

El depósito debe instalarse en un terreno estable o en una ubicación en la que pueda medirse el nivel. La carcasa de la terminal debe fijarse a postes colocados firmemente

con cemento en el suelo o de preferencia en una plataforma de concreto vaciada en la ubicación. La elevación de la plataforma del depósito debe medirse y registrarse en el momento de la instalación. El depósito nunca debe ubicarse en un lugar en exposición directa a la luz del sol.

Para rellenar el depósito, primero asegúrese de que la válvula de la parte inferior esté cerrada, luego retire el acople Swagelok de la línea de ventilación en la parte superior y llene el depósito hasta la mitad con solución anticongelante (proporcionada) usando la jeringa proporcionada. Para evitar la formación de espuma, coloque el tubo de la jeringa en el fondo del depósito y manténgalo por debajo de la superficie del líquido mientras rellena.

Los tubos del sensor se entregan llenos de solución anticongelante a la que se le ha retirado el aire. Un tubo tiene tapa y el otro tubo está unido a un tubo de purga largo de diámetro pequeño, que también está lleno de solución anticongelante. El propósito del tubo de purga es evitar que el aire entre al tubo del sensor durante el envío y al mismo tiempo permitir que la presión barométrica sea igual dentro y fuera del sensor. El tubo garantiza que cuando se retiren la tapa y el tubo de purga de los extremos de la tubería del sensor, no haya una presión negativa acumulada en la tubería que succione aire. Al conectar los tubos del sensor al depósito, no permita que quede aire atrapado dentro de la tubería.

***LA INSTALACIÓN SE REALIZA COMO SE INDICA A CONTINUACIÓN:***

1. Con la válvula del depósito cerrada, retire una de las tapas del acople de la base del depósito, así como la tapa que no tiene el tubo de purga en el extremo del tubo del sensor.
2. Asegúrese de que salga agua del tubo. Si es necesario, eleve el tubo de purga.
3. Abra ligeramente la válvula del depósito para que fluya el agua.
4. Conecte el acople del tubo al acople del depósito correspondiente y apriételo dándole solo una vuelta.
5. Retire el tubo de purga del extremo del otro tubo del sensor. Asegúrese de que salga agua del tubo.
6. Retire la segunda tapa del otro acople en la base del depósito.
7. Abra ligeramente la válvula del depósito.
8. Mientras fluye el agua, conecte el acople del segundo tubo del sensor y apriételo.
9. Retire la tapa del extremo de la línea de ventilación.
10. Asegúrese de que la línea de ventilación hacia el sensor no esté bloqueada. Esto puede revisarse usando una perilla aspiradora, (o simplemente succionando), para crear un vacío en la línea de ventilación mientras observa que cambia la lectura del sensor en la consola de lectura GK-404 o GK-405.
11. Una la línea de ventilación con la línea de ventilación del colector usando acoples Swagelok.

**¡Siga las instrucciones en el Apéndice D para asegurarse de apretar los acoples Swagelok adecuadamente!**

12. Agregue desecante fresco a la cámara desecante (o a la línea de ventilación del colector).
13. Agregue más líquido al depósito para llenarlo hasta la mitad. Agregar unas gotas de aceite suave en la parte superior del depósito evitará la evaporación de la superficie líquida.
14. Vuelva a conectar el acople de la línea de ventilación a la parte superior del depósito.

## 2.4 CONEXIÓN DEL SENSOR

### 2.4.1 DEPÓSITOS DE UNO Y DOS CANALES (MODELOS 4650-4A Y 4650-4B)

1. Deslice el/los cable(s) del sensor dentro del depósito a través de la entrada en la parte inferior de la carcasa.
2. Retire la PCB del depósito desatornillando los cuatro tornillos de cabeza Phillips que la mantienen en su lugar.
3. Conecte los conductores del cable en el bloque de bornes del "Medidor 1" presionando una pestaña anaranjada, introduzca el extremo descubierto del conductor en el bloque de bornes y luego suelte la pestaña. Para los modelos de dos canales, repita este proceso con el segundo sensor en el bloque de bornes del "Medidor 2". Consulte la Figura 5 y la Tabla 1.

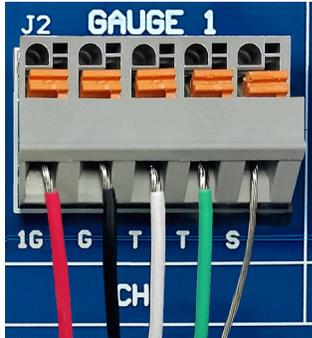


FIGURA 5: Conexiones de la terminal

Posición	Color	Descripción
1G	ROJO	Cuerda vibrante +
G	NEGRO	Cuerda vibrante -
T	BLANCO	Termistor +
T	VERDE	Termistor -
S	DESCUBIERTO	Tierra analógica (blindado)

TABLA 1: Conexión de sensores de uno y dos canales

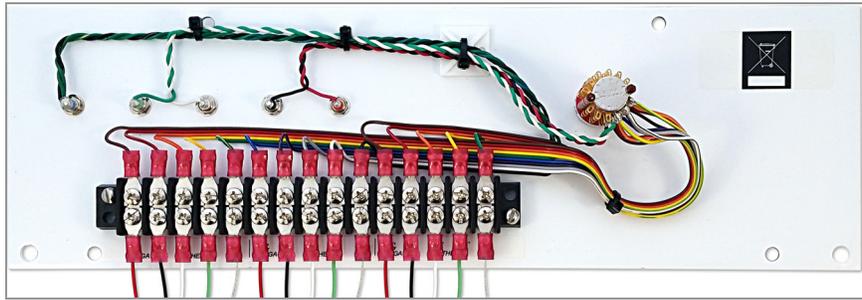
4. Jale suavemente cada conductor para garantizar que esté seguro.
5. Si está usando un registrador de datos, conecte el/los bloque(s) de bornes del "Registrador" y la caja de bornes del "Termistor local" a los canales deseados en el registrador de datos.
6. Vuelva a colocar la PCB en el depósito.

### 2.4.2 DEPÓSITOS DE TRES CANALES (MODELO 4650-4C)

1. Deslice los cables del sensor dentro del depósito a través de la entrada en la parte inferior de la carcasa.
2. Retire la placa de interruptor del depósito desatornillando los cuatro tornillos de cabeza Philips que la mantienen en su lugar.
3. Retire la bolsa de plástico de terminales de pala de la parte posterior de la placa de interruptor. Coloque una terminal de pala en cada extremo de cada conductor en los tres sensores.
4. Conecte cada conductor de los sensores a la regleta de bornes aflojando un tornillo de cabeza Philips, insertando la terminal de pala del conductor por debajo de la cabeza del tornillo y luego apretando el tornillo. El cableado de la regleta de bornes se muestra en la Tabla 2 y en la Figura 6.
5. Vuelva a colocar la PCB en el depósito.

Medidor #	Posición	Color	Descripción
1	1G	ROJO	Cuerda vibrante +
1	G	NEGRO	Cuerda vibrante -
1	T	BLANCO	Termistor +
1	T	VERDE	Termistor -
1	S	DESCUBIERTO	Tierra analógica (blindado)
2	2G	ROJO	Cuerda vibrante +
2	G	NEGRO	Cuerda vibrante -
2	T	BLANCO	Termistor +
2	T	VERDE	Termistor -
2	S	DESCUBIERTO	Tierra analógica (blindado)
3	3G	ROJO	Cuerda vibrante +
3	G	NEGRO	Cuerda vibrante -
3	T	BLANCO	Termistor +
3	T	VERDE	Termistor -
3	S	DESCUBIERTO	Tierra analógica (blindado)

TABLA 2: Cableado de sensor de tres y cuatro canales



**FIGURA 6:** Cableado del cuadro de mandos

## 2.5 LECTURAS INICIALES

Las lecturas iniciales deben tomarse con mucho cuidado; estas lecturas son el punto de partida con las que se comparan todas las lecturas posteriores. Para una precisión óptima, permita que el sistema se estabilice por 2 a 3 semanas (para permitir que el suelo subyacente se adapte al propio peso del sensor y tubería, y para que el poste que soporta el depósito alcance la fijación) antes de tomar la lectura inicial  $R_0$ .

También es importante permitir que el sistema alcance un equilibrio térmico, y que el líquido que llena los tubos llegue a una temperatura constante. Si los tubos no están completamente enterrados, las lecturas deben tomarse cuando la temperatura sea relativamente constante (a primera hora por la mañana, antes de que salga el sol). Las lecturas nunca deben tomarse cuando los tubos están expuestos a la luz directa del sol. Además, no debe haber burbujas de aire en los tubos con líquido. Si detecta burbujas de aire, debe purgar primero los tubos antes de tomar las lecturas iniciales. Si tiene alguna duda, tome lecturas, purgue la tubería y vuelva a tomar lecturas. Repita si es necesario, hasta que las lecturas sean estables. (Vea las instrucciones del dispositivo de lectura en la Sección 3). Siempre registre la temperatura ambiental al momento de tomar lecturas.

Mida cuidadosamente la elevación del nivel del líquido dentro del visor del tubo del depósito. Haga una marca en el tubo del lado contrario del nivel del líquido. Esto le servirá como una referencia visual rápida sobre cualquier cambio y es una forma rápida de medir la magnitud del cambio. Para la corrección de los cálculos posteriores de asentamiento, vea la Sección 4. (Cambios en el nivel del depósito pueden deberse a cambios en la temperatura o en la presión, o a fugas).

### 3. REALIZANDO LAS LECTURAS

#### 3.1 GK-404 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE

La consola de lectura de cuerda vibrante Modelo GK-404 es una unidad portátil, de bajo uso de energía, que es capaz de operar durante 20 horas continuas con dos baterías AA. Está diseñada para las lecturas de todos los instrumentos de cuerda vibrante GEOKON, y tiene la capacidad de mostrar las lecturas como dígitos, frecuencia (Hz), períodos ( $\mu$ s), o microdeformaciones ( $\mu$ ε). La GK-404 también muestra la temperatura del transductor (incorporado en el termistor) con una resolución de 0.1 °C.



**FIGURA 7:** Consola de lectura GK-404



**FIGURA 8:** Conector Lemo a GK-404

##### 3.1.1 OPERACIÓN DE LA GK-404

1. Fije los conductores sueltos alineando el círculo rojo del conector Lemo plata con la línea roja de la parte superior de la GK-404 (vea Figura 8). Inserte el conector Lemo en la GK-404 hasta que quede fijo en su posición.
2. Conecte cada uno de los broches a los conductores del sensor según su color, considerando que el azul representa la protección (descubierto).
3. Para encender la GK-404, presione el botón **Encendido/Apagado** en el panel frontal de la unidad. Se mostrará la pantalla inicial de configuración.
4. Después de un momento, la GK-404 comenzará a tomar lecturas y las mostrará con base en las configuraciones de los botones **Pos** y **Modo**.

La pantalla de la unidad mostrará lo siguiente (de izquierda a derecha):

- La posición actual: configurada por el botón **Pos**, mostrado de la A a la F.
- La lectura actual: configurada por el botón **Modo**, mostrada como un valor numérico seguido por la unidad de medición.
- La lectura de la temperatura del instrumento fijado en grados Centígrados.

Use los botones **Pos** y **Modo** para seleccionar la posición correcta y las unidades a mostrar para el modelo de equipo que adquirió.

La GK-404 continuará tomando mediciones y mostrando las lecturas hasta que la unidad se apague, ya sea en forma manual o por el temporizador de apagado automatizado (en caso de contar con uno).

Para obtener más información, consulte el manual de la GK-404.

### 3.2 GK-405 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE

La consola de lectura GK-405 cuenta con dos componentes:

- La unidad de consola de lectura, que consiste en una computadora personal portátil Windows con la aplicación para la consola de lectura de cuerda vibrante GK-405.
- El módulo remoto de la GK-405, está alojado en una carcasa resistente a la intemperie.

El módulo remoto puede conectarse con cables al sensor a través de:

- Conductores sueltos con caimanes, en caso de que el cable sensor termine en cables descubiertos.
- Un conector de 10 pines.

Las dos unidades se comunican de forma inalámbrica a través de Bluetooth®, un protocolo de comunicaciones digitales confiable. Usando Bluetooth, la unidad puede operar desde el receptáculo de un módulo remoto, o, si le es más conveniente, puede retirarse y operarse a hasta 20 metros del módulo remoto.

La GK-405 muestra la temperatura del termistor en grados Celsius.

Para obtener más información, consulte el Manual de Instrucciones de la GK-405.



FIGURA 9: Consola de lectura GK-405

#### 3.2.1 CONECTAR SENSORES CON CONECTORES DE PASO ADJUNTOS DE 10 PUNTOS

Alinee las ranuras del conector del sensor (macho), con el conector adecuado en la consola (conector hembra, sensor etiquetado o célula de carga). Empuje el conector hasta que quede en su posición, luego gire el anillo exterior del conector macho hasta que quede fijo en su posición.

#### 3.2.2 CONECTAR SENSORES CON CONDUCTORES DESCUBIERTOS

Fije los conductores sueltos a los conductores descubiertos del sensor de cuerda vibrante GEOKON conectando cada uno de los broches a los conductores del sensor según su color, considerando que el azul representa la protección (descubierto).

#### 3.2.3 OPERACIÓN DE LA GK-405

Presione el botón de encendido en la unidad de lectura. Una vez que la configuración se termine, se encenderá una luz azul intermitente indicando que los dos componentes están listos para conectarse en forma inalámbrica. Arranque el programa GK-405 VWRA siguiendo los pasos siguientes:

1. Pulse "Iniciar" en la ventana principal de su PC portátil.
2. Seleccione "Programas".
3. Pulse el icono GK-405 VWRA.

Después de unos segundos, la luz azul deberá dejar de parpadear y permanecerá encendida. La ventana de Lecturas en vivo se desplegará en su PC portátil.

Configure el modo Mostrar en la letra correcta requerida para su equipo. Para obtener más información, consulte el Manual de instrucciones de la GK-405.

### 3.3 MEDICIÓN DE TEMPERATURAS

Todos los instrumentos de cuerda vibrante GEOKON están equipados con un termistor para leer la temperatura. El termistor ofrece una salida de resistencia variable según cambia la temperatura. Los conductores blanco y verde del cable del instrumento generalmente se conectan con el termistor interno.

Las consolas de lectura GK-404 y GK-405 leerán el termistor y mostrarán la temperatura en grados Centígrados.

**PARA LEER LAS TEMPERATURAS USANDO UN OHMÍMETRO:**

1. Conecte un ohmímetro a los conductores verde y blanco del termistor que provienen del instrumento. Debido a que los cambios en la resistencia por temperatura son muy grandes, el efecto de la resistencia de los cables generalmente es insignificante. En el caso de los cables más largos, se puede aplicar una corrección, equivalente aproximadamente a  $48.5\Omega$  por km ( $14.7\Omega$  por cada 1000 pies) a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Multiplique estos factores por dos para contabilizar ambas direcciones.
2. Busque las temperaturas de las resistencias medidas en Apéndice B.

## 4. REDUCCIÓN DE DATOS

---

### 4.1 CÁLCULO DE LA ELEVACIÓN DEL SENSOR

Las lecturas se pueden usar para calcular la elevación del sensor y para trazarla en una gráfica en función del tiempo. La gráfica debe mostrar también la elevación del relleno sobre el sensor al momento de cada lectura. También se puede incluir un gráfico de temperatura. Para el sistema de asentamiento 4660 estándar, usando transductores tipo 4500SV o 4500ALV, las lecturas se reducirán a medida que los sensores se asienten en relación con el depósito.

Para estos sensores, la elevación (E) del sensor se obtiene con la fórmula:

$$E = E_0 - (R_1 - R_0) G + \Delta E_{RES}$$

#### **ECUACIÓN 1: Elevación**

Donde:

$E_0$  es la elevación del sensor al momento de la instalación

$\Delta E_{RES}$  es cualquier cambio en el nivel del fluido dentro del visor de nivel del depósito.

(Si desciende el nivel del fluido,  $\Delta E_{RES}$  es negativo. Si el nivel del fluido asciende,  $\Delta E_{RES}$  es positivo).

$R_0$  es la lectura inicial del sensor.

$R_1$  es la lectura posterior del sensor.

G es el factor de calibración suministrado con el sensor. (Un reporte de calibración típico, suministrado por la fábrica, se muestra en la Figura 10.)

**Tenga en cuenta:** El reporte de calibración que se muestra en la Figura 10 se desarrolló usando un simple manómetro y solo es útil dentro de un rango de diferencia de tres metros (diez pies) de altura entre el depósito y el sensor. Si la instalación inicial o una gran cantidad de asentamiento excede este rango, existen dos opciones:

1. Seguir usando el reporte de calibración que se muestra en la Figura 10.
2. Usar el segundo reporte de calibración, proporcionado con el equipo, que fue desarrollado calibrando el sensor de presión con un rango mayor.

Por ejemplo:

Si:

$E_0 = 541.62$  metros

$R_0 = 9030$  dígitos

$R_1 = 8800$  dígitos

$G = -0.001765$  metros/dígito

$\Delta E_{RES} = 10$  mm (es decir, el nivel del agua en el visor de nivel del depósito está 10 mm por debajo del nivel medido en el momento de la lectura inicial).

Por lo tanto, la nueva elevación del sensor es:

$$E = 541.62 [(8800 - 9030) \times (-0.001765)] + (-0.010)$$

$$E = 541.204 \text{ metros}$$

En otras palabras, hubo un asentamiento de 0.416 metros.

### 4.2 CORRECCIÓN PARA ASENTAMIENTO O LEVANTAMIENTO DE LA TERMINAL DEL DEPÓSITO

Deben hacerse mediciones periódicas del nivel de la plataforma de concreto en el que se ubica la terminal del depósito. Cualquier medida del asentamiento del depósito debe sustraerse de las elevaciones del sensor calculadas.

### 4.3 CORRECCIONES DE TEMPERATURA

Los efectos de la temperatura sobre el volumen del líquido (densidad del líquido) y sobre la expansión y contracción de líquido confinado pueden ser bastante complejos y, en algunos casos, auto-cancelables. Las sondas llenas de líquido generalmente están bien aisladas, por lo que los efectos de la temperatura tienden a ser insignificantes. Los

sistemas expuestos a la atmósfera y a la luz del sol pueden sufrir rápidos cambios de temperaturas en diferentes partes del sistema, causando fluctuaciones significativas en las lecturas. En tales casos, puede que sea necesario tomar precauciones para obtener lecturas en momentos de máxima estabilidad de la temperatura, y/o aplicar “correcciones de temperatura del sistema”, como se describe a continuación.

Los efectos de la temperatura en el sensor pueden corregirse, pero generalmente son bastante insignificantes, especialmente si el sensor está enterrado y en la mayoría de los casos pueden ser ignorados.

La elevación ( $E_T$ ) corregida por los cambios en la temperatura del sensor se obtiene con la ecuación:

$$E_T = E_0 - [(R_1 - R_0) G + (T_1 - T_0) K] + \Delta E_{RES}$$

**ECUACIÓN 2:** *Elevación corregida por temperatura*

Donde:

$T_0$  es la temperatura inicial.

$T_1$  es la temperatura actual.

$K$  es el factor de corrección de la temperatura que se incluye en el reporte de calibración.

Un factor térmico solo para el sensor se encuentra en el reporte de calibración. Un factor térmico para el sistema completo puede determinarse de forma empírica al medir la temperatura y los resultados del sensor cuando no está ocurriendo ningún asentamiento y luego calculando el factor  $K$  desde la inclinación de la línea de un trazo de la temperatura contra los dígitos de la lectura, por el factor de medición.

En la práctica, las correcciones en la temperatura del sistema tienen más efectividad para minimizar los efectos de los cambios de temperatura. Un factor de corrección de la temperatura del sistema se determina empíricamente midiendo la temperatura del depósito (usando el termistor provisto para ese fin) en 2 o 3 momentos (o más) con diferentes temperaturas ambientales, junto con las lecturas del sensor correspondientes, en momentos en los que no existan asentamientos. Luego entonces, el factor de corrección de la temperatura del sistema es determinado por la pendiente de la línea desde el trazo de una temperatura, contra la lectura del sensor x el factor de calibración (provisto en la hoja de calibración).

Cuando los sistemas están conectados a registradores de datos, aplique los factores de corrección del sistema en lugar de los factores de corrección de temperatura del sistema. Hágalo conectando el termistor del depósito al registrador de datos a través de un cable separado, usando un cable de 3 pares desde el depósito hasta el registrador de datos, o ignorando al termistor del sensor (desconectando sus conductores verde y blanco), y conectando el depósito en su lugar (vea la Sección 2.4).



48 Spencer St. Lebanon, N.H. 03766 USA

### Settlement System Calibration Report

This Calibration has been Verified/ Validated as of: August 25, 2017

Model Number: 4660-1-70 kPa

Calibration Date: August 24, 2017

Serial Number: 1727453

Temperature: 21.4 °C

Transducer Range: 70 kPa

Calibration Instruction: CI-4600-4650

Tubing: 100 ft.

Technician: *K. Rogers*

Cable: 100 ft.

\*tubing filled and gage calibrated with 50 / 50 mix water/anti-freeze, specific gravity 1.0446

Height of Water Column m	Reading GK 401-404 Readout Pos. B	Difference
0.5	9446.0	
1.0	9164.0	282.0
1.5	8880.5	283.5
2.0	8597.5	283.0
2.5	8315.0	282.5
3.0	8029.0	286.0

Calibration Factor G: -0.001765 m / digit

Calibration Factor G: -0.00579 ft. / digit

Thermal Factor K: 0.00455 m / °C

Thermal Factor K: 0.01494 ft. / °C

**DO NOT EXCEED 7 m ( 23 feet) BETWEEN RESERVOIR & TRANSDUCER**

Wiring Code: Red and Black: Gage White and Green: Thermistor

The above instrument was found to be In Tolerance in all operating ranges.

The above named instrument has been calibrated by comparison with standards traceable to the NIST, in compliance with ANSI Z540-1.

This report shall not be reproduced except in full without written permission of Geokon Inc.

**FIGURA 10: Reporte de calibración típico**

## 5. HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTOS

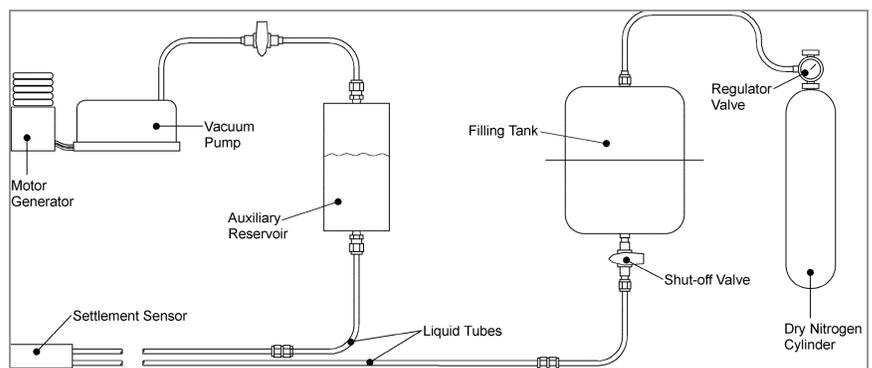
### 5.1 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ESPECIALES NECESARIOS PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

- Consola de lectura GK-404 o GK-405
- Una variedad de llaves
- Cilindro de suministro de nitrógeno con válvula reguladora
- Tanques de presión con líquido al que se le ha retirado el aire (50% de solución anticongelante hecha con agua destilada y con un pigmento)
- Bomba de vacío y mangueras de conexión de caucho con abrazaderas de pellizco
- Generador de gasolina
- Depósito auxiliar
- Tubos de conexión y accesorios de varios tipos

### 5.2 PROCEDIMIENTOS DE PURGA

Para eliminar las burbujas de aire, podría ser necesario purgar regularmente de los tubos llenos de líquido. Una tubería de 300 metros (1,000 pies) de largo, requiere de 2.5 litros (0.67 galones) de líquido. Los tubos siempre deben llenarse con líquido al que se le ha retirado el aire. El pigmento, como el colorante rojo para alimentos, añadido el nuevo líquido de purga puede indicar cuándo se ha completado la purga.

La mejor forma de retirar el aire de un líquido es usando un Nold DeAerator (pida más detalles a Geokon). También hay líquido al que se le ha retirado el aire disponible en Geokon, en tanques de presión de dos o cinco galones diseñados para evitar que el aire llegue al fluido. El líquido debe evitar el crecimiento de algas y no ser susceptible a congelarse en climas fríos. El crecimiento de algas se puede evitar al disolver un cristal de sulfato de cobre en el líquido o usando soluciones de propilenglicol de calidad comercial, las cuales también evitan el congelamiento. Se recomienda el uso de agua destilada, en lugar de agua del grifo. La figura a continuación muestra el equipo recomendado para purgar los tubos.



**FIGURA 11:** Purga del equipo

**Nota:** Puede usarse una bomba manual en lugar de un cilindro de nitrógeno.

1. Cierre la válvula en la parte inferior del depósito.
2. Desconecte uno de los tubos y luego vuelva a conectarlo a la base de un tanque de llenado lleno con líquido al que se le ha retirado el aire.

3. El segundo tubo se desconecta y conecta a la base de un depósito auxiliar. (Para tubos de más de 200 metros [650 pies], conecte una bomba de vacío a la parte superior del depósito auxiliar para agilizar el proceso de purga).
4. Conecte el cilindro de nitrógeno con regulador a la parte superior del tanque de llenado.
5. Encienda la bomba de vacío y luego abra la válvula de la parte inferior del tanque de presión.
6. Ajuste la presión del nitrógeno hasta que el sensor de asentamiento muestre una lectura en la consola de lectura a su valor de rango máximo. (Vea las instrucciones del dispositivo de lectura en la Sección 3). Tenga cuidado de no sobrecargar el sensor en más del 20%.

**¡PRECAUCIÓN! No permita que la presión del nitrógeno exceda el nivel de presión marcado en la parte externa del tanque de llenado (generalmente 100 psi [700 kPa]). No tener esta precaución podría provocar lesiones.**

7. Siga purgando hasta eliminar el líquido anterior. (Conforme se realice la purga, podría ser necesario vaciar con frecuencia el depósito auxiliar).
8. Almacene el líquido purgado en un contenedor para desecharlo después. No permita la entrada de ningún líquido a la bomba de vacío, ya que esto podría echarla a perder.
9. Cuando la purga esté completa, vuelva a conectar las líneas de fluido a la base del depósito. **Tenga cuidado de no introducir burbujas de aire durante este procedimiento.**

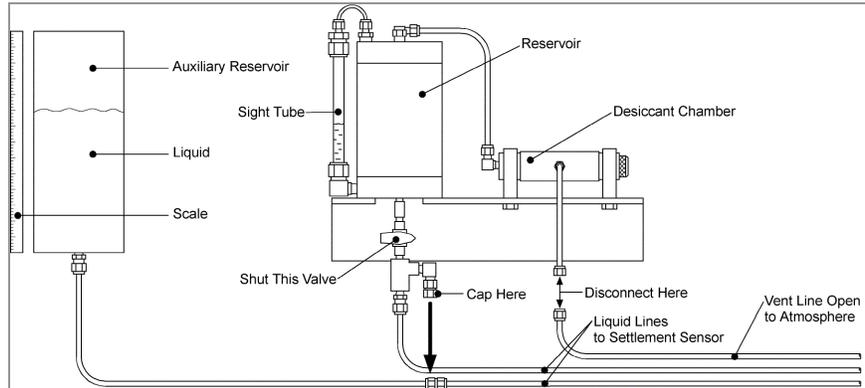
### **5.3 PURGA DE LAS LÍNEAS DE VENTILACIÓN**

La línea de ventilación debe permanecer siempre abierta, ya que conecta al interior del sensor con el espacio sobre el depósito. Cualquier bloqueo en la línea de ventilación provocado por una torcedura, suciedad o humedad, provocará lecturas falsas cambiantes y/o sensibles a las temperaturas.

Los bloqueos por tubos torcidos pueden confirmarse aplicando un vacío a la línea de ventilación y observando la lectura en el sensor. Si el sensor no responde, el tubo está bloqueado por suciedad o torceduras, y esto podría corregirse si se puede acceder al bloqueo. Los bloqueos provocados por humedad y condensación pueden purgarse usando una bomba de vacío para evacuar la línea de ventilación. Conforme se aplique el vacío, busque señales de agua en la línea de ventilación. Cuando se haya estabilizado el vacío, apague la bomba, desconecte la línea de ventilación y vuelva a conectar rápidamente una cámara desecante con desecante fresco o un cilindro de nitrógeno seco. Esto garantiza que el gas que entre a la línea de ventilación se encuentre seco. Asegúrese de que la conexión de la línea de ventilación entre la cámara desecante (o la línea de ventilación del colector) y la parte superior del depósito esté abierta.

## 6. CALIBRACIÓN IN SITU

Una característica valiosa del sistema de asentamiento Modelo 4660 es la capacidad de realizar calibraciones in situ. Hágalo conectando el depósito auxiliar a una de las líneas de fluido, como se muestra en la figura a continuación.



**FIGURA 12:** Calibración del equipo in situ

Primero, cierre la válvula en la parte inferior del depósito, llene el depósito auxiliar hasta la mitad con el mismo líquido usado en el depósito y conéctelo a través de una parte corta de tubería a una de las líneas de fluido; tenga cuidado de no introducir aire a las líneas. Destape el acople de la conexión del depósito y desconecte la línea de ventilación de la ventilación del colector. Aumente y disminuya el depósito auxiliar en cantidades medidas usando una escala para medir la elevación del nivel del agua.

Lea el sensor usando una consola de lectura GK-404 o GK-405. (Vea las instrucciones del dispositivo de lectura en la Sección 3). Registre las lecturas tras permitir el tiempo suficiente para que se establezcan (normalmente requiere entre uno y cinco minutos, aunque notará que el sensor responde instantáneamente al cambio en la elevación del agua aunque los tubos de líquido sean muy largos). Registre las lecturas del sensor a cinco o más elevaciones diferentes, luego, a partir de la información, calcule el factor de calibración y compárelo con el valor generado de fábrica que se encuentra en el reporte de calibración.

Retire el depósito auxiliar y vuelva a conectar la línea de fluido a la base del depósito y la línea de ventilación a la cámara desecante o a la línea de ventilación del colector. Vuelva a abrir la válvula en la base del depósito.

### 6.1 COMPROBACIÓN CERO IN SITU

Este procedimiento no se recomienda como un procedimiento normal, sino uno que debe efectuarse si hay dudas importantes con respecto a la estabilidad cero del sensor o para confirmar un cambio repentino o importante en la cantidad de asentamiento que sea motivo de preocupación.

Desconecte la línea de ventilación de la cámara desecante. Cierre la válvula en la parte inferior del depósito. Desconecte las líneas de líquido de la parte inferior del depósito, conecte una de ellas a un cilindro de nitrógeno. Abra el nitrógeno y ajuste la presión para que la lectura del sensor esté en su valor máximo. (No exceda este rango máximo en más del 20%). El otro tubo puede dejarse abierto (con tubos largos >200 m), el proceso puede acelerarse conectando una bomba de vacío al extremo de la otra línea de fluido). Una vez que todo el líquido haya sido purgado de las líneas, permita que el nitrógeno fluya por otros 30 minutos. Esto secará el interior de la tubería. Apague el nitrógeno y desconecte los extremos de la tubería para que ambos estén abiertos a la atmósfera.

junto con la línea de ventilación abierta. Espere hasta que la lectura del sensor se estabilice y luego registre esta lectura cero. Compare esta lectura con la lectura cero de fábrica que se encuentra en la tabla de calibración.

Vuelva a llenar las líneas de líquido siguiendo los procedimientos de purga descritos en la Sección 5.2 con la diferencia siguiente: Si usa una bomba de vacío, permita que funcione por 30 minutos (o hasta que la lectura del sensor se estabilice), antes de abrir la válvula en la parte inferior del tanque de llenado para que el líquido entre a las líneas. Esto reducirá en gran medida las probabilidades de que quede aire atrapado en el interior de la tubería y en las cavidades del sensor.

## **7. MANTENIMIENTO Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

---

### **7.1 MANTENIMIENTO**

#### **CADA 3 MESES:**

- Realice una revisión visual de la carcasa de la terminal del depósito. Busque fugas observando el nivel del agua en el tubo de observación del depósito. Si es necesario, agregue fluido quitando el conector superior del tubo de observación Tygon. En forma alternativa, si el nivel del agua en el depósito comienza a elevarse, esto puede deberse a la presión del suelo sobre la tubería. Es importante no permitir que el fluido se desborde del depósito hacia la línea de ventilación; esto podría tener un efecto negativo sobre las lecturas. Drene cualquier exceso de fluido antes de que alcance la parte superior del depósito. Si no puede realizarse un mantenimiento regular, entonces se recomienda desconectar la tubería que conecta la parte superior del depósito con la cámara desecante y dejar ambas abiertas a la atmósfera.
- Reemplace las cápsulas desecantes en la línea de ventilación del colector o la cámara desecante. Las cápsulas desecantes son azul oscuro cuando están activas y rosas cuando están inactivas.

#### **CADA 12 MESES:**

- Purgue los tubos de líquido con nuevo líquido al que se le ha eliminado el aire.
- Revise la calibración in situ descrita en la Sección 6.

### **7.2 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

Las lecturas incorrectas pueden mostrarse como inestables, cambiantes, cambios repentinos o importantes en las lecturas, o lecturas de 9999 en registradores de datos, sin relación con fenómenos físicos. La primera tarea debería ser ver si la falla se encuentra en el dispositivo de lectura. Si está usando un dispositivo de lectura, intente leer los sensores con una consola de lectura portátil GK-404 o GK-405.

#### **7.2.1 LECTURAS INESTABLES**

Las lecturas inestables en los dispositivos de lectura pueden ser causadas por ruido eléctrico de líneas eléctricas cercanas o equipos eléctricos. Si es posible, retire esos equipos, o lea el sensor cuando estén apagados.

Las lecturas cambiantes podrían ser el resultado de burbujas de aire en las líneas de líquido o de líneas de ventilación obstruidas. Siga los procedimientos descritos en la Sección 5.2 y en la Sección 5.3.

#### **7.2.2 LECTURA DE 9999**

Esto se mostrará en los registradores de datos si la lectura tiene un rango excesivo. Esto puede ocurrir si los conductores eléctricos tienen un corto circuito o están abiertos. Verifique la resistencia entre los conductores negro y rojo. La resistencia debe ser de 180 ohms  $\pm$ 10 ohms, más cinco ohms por cada 100 metros (328 pies) de cable conductor. Si la resistencia es considerablemente diferente de estos valores, busque conexiones sueltas en la caja de bornes y signos visibles de daños en los cables.

#### **7.2.3 CAMBIOS REPENTINOS O IMPORTANTES EN LAS LECTURAS**

Los cambios repentinos o importantes en las lecturas pueden ser provocados por fugas en las líneas e líquido. Verifique el tubo de observación del depósito. Si detecta una fuga y hay más de un sensor conectado al depósito, apague cada válvula del sensor en la base del depósito una por una hasta encontrar el sensor con fuga. Si lo prefiere, este sensor puede quedar aislado del sistema para que no afecte a otros.



## APÉNDICE A. ESPECIFICACIONES

### A.1 SENSOR DE ASENTAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE MODELO 4660

Rangos estándar <sup>1</sup>	7, 17 m
Resolución	0.025% F.S.
Exactitud del sensor <sup>2</sup>	± 0.1% F.S.
Rango de temperatura <sup>1</sup>	-20 °C a +80 °C (-4 °F a +176 °F)
Largo x Diámetro	Depósito: 152 x 51 mm (6 x 2 pulgadas) Sensor: 168 x 25 mm (6.6 x 1 pulgadas)
Largo x Ancho x Altura	Placa: 305 x 305 x 6 mm (12 x 12 x 0.24") Cubierta: 305 x 127 x 45 mm (12 x 5 x 1.8")
Rango de frecuencia	1400-3500 Hz
Cable eléctrico	Modelo 02-335VT8, dos pares blindados 22 medidor con conexión a tierra y tubo de ventilación integral de polietileno de 3.175 mm (1/8") de diámetro. Cubierta de poliuretano de 9.525 mm (3/8") de diámetro. Resistencia de 5.25 ohm/100 m (14.7 ohms/1000 pies).
Tubos de líquido	11 tubos gemelos de nylon de 6.35 mm (1/4") de diámetro exterior con cubierta de polietileno de un milímetro.
Líquido	Una solución de agua destilada a la que se le ha eliminado el aire mezclada con propilenglicol de calidad comercial al 55/45. Gravedad específica = 1.041. Punto de congelamiento de -30 °C (-22 °F).
Cápsulas desecantes	GEOKON Modelo 4500-8

**TABLA 3:** Especificaciones

<sup>1</sup> Otros rangos disponibles bajo pedido.

<sup>2</sup> Exactitud de laboratorio. La precisión total del sistema está sujeta a variables específicas del sitio.

### A.2 TERMISTOR

Rango: -80 to +150° C (-112 to +302 °F)

Exactitud: ±0.5° C (0.9 °F)

## APÉNDICE B. DERIVACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL TERMISTOR

### B.1 RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3KΩ

Tipos de termistor:

- YSI 44005, Dale #1C3001-B3, Alpha #13A3001-B3
- Honeywell 192-302LET-A01

Ecuación para obtener la resistencia a la temperatura:

$$T = \frac{1}{A+B(\text{Ln}R)+C(\text{Ln}R)^3} - 273.15$$

**ECUACIÓN 3:** Resistencia de termistor de 3kΩ

Donde:

T = Temperatura en °C

LnR = Registro natural de la resistencia del termistor

A =  $1.4051 \times 10^{-3}$

B =  $2.369 \times 10^{-4}$

C =  $1.019 \times 10^{-7}$

**Nota:** Coeficientes calculados entre los -50 y los +150 °C.

Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.
201.1 K	-50	15.72 K	-9	2221	32	474.7	73	137.2	114
187.3 K	-49	14.90 K	-8	2130	33	459.0	74	133.6	115
174.5 K	-48	14.12 K	-7	2042	34	444.0	75	130.0	116
162.7 K	-47	13.39 K	-6	1959	35	429.5	76	126.5	117
151.7 K	-46	12.70 K	-5	1880	36	415.6	77	123.2	118
141.6 K	-45	12.05 K	-4	1805	37	402.2	78	119.9	119
132.2 K	-44	11.44 K	-3	1733	38	389.3	79	116.8	120
123.5 K	-43	10.86 K	-2	1664	39	376.9	80	113.8	121
115.4 K	-42	10.31 K	-1	1598	40	364.9	81	110.8	122
107.9 K	-41	9796	0	1535	41	353.4	82	107.9	123
101.0 K	-40	9310	1	1475	42	342.2	83	105.2	124
94.48 K	-39	8851	2	1418	43	331.5	84	102.5	125
88.46 K	-38	8417	3	1363	44	321.2	85	99.9	126
82.87 K	-37	8006	4	1310	45	311.3	86	97.3	127
77.66 K	-36	7618	5	1260	46	301.7	87	94.9	128
72.81 K	-35	7252	6	1212	47	292.4	88	92.5	129
68.30 K	-34	6905	7	1167	48	283.5	89	90.2	130
64.09 K	-33	6576	8	1123	49	274.9	90	87.9	131
60.17 K	-32	6265	9	1081	50	266.6	91	85.7	132
56.51 K	-31	5971	10	1040	51	258.6	92	83.6	133
53.10 K	-30	5692	11	1002	52	250.9	93	81.6	134
49.91 K	-29	5427	12	965.0	53	243.4	94	79.6	135
46.94 K	-28	5177	13	929.6	54	236.2	95	77.6	136
44.16 K	-27	4939	14	895.8	55	229.3	96	75.8	137
41.56 K	-26	4714	15	863.3	56	222.6	97	73.9	138
39.13 K	-25	4500	16	832.2	57	216.1	98	72.2	139
36.86 K	-24	4297	17	802.3	58	209.8	99	70.4	140
34.73 K	-23	4105	18	773.7	59	203.8	100	68.8	141
32.74 K	-22	3922	19	746.3	60	197.9	101	67.1	142
30.87 K	-21	3748	20	719.9	61	192.2	102	65.5	143
29.13 K	-20	3583	21	694.7	62	186.8	103	64.0	144
27.49 K	-19	3426	22	670.4	63	181.5	104	62.5	145
25.95 K	-18	3277	23	647.1	64	176.4	105	61.1	146
24.51 K	-17	3135	24	624.7	65	171.4	106	59.6	147
23.16 K	-16	<b>3000</b>	<b>25</b>	603.3	66	166.7	107	58.3	148
21.89 K	-15	2872	26	582.6	67	162.0	108	56.8	149
20.70 K	-14	2750	27	562.8	68	157.6	109	55.6	150
19.58 K	-13	2633	28	543.7	69	153.2	110		
18.52 K	-12	2523	29	525.4	70	149.0	111		
17.53 K	-11	2417	30	507.8	71	145.0	112		
16.60 K	-10	2317	31	490.9	72	141.1	113		

**TABLA 4:** Resistencia de termistor de 3KΩ

## **APÉNDICE C. EMPALME DE LA TUBERÍA Y EL CABLE DEL SENSOR DE ASENTAMIENTO 4660**

---

### **C.1 REEMPLAZO DE UN TRANSDUCTOR**

El aspecto más importante de esta operación es asegurarse de que no entre aire en las líneas de líquido.

El primer paso es retirar el sensor defectuoso cortando la línea de líquido y el cable del sensor defectuoso siguiendo el procedimiento siguiente.

### **C.2 LÍNEA DE LÍQUIDO**

Debe tener mucho cuidado durante esta operación. El primer paso es quitar una parte de la cubierta exterior (amarilla) del grupo de tubería en preparación para el empalme del nuevo sensor. Esta es una operación algo delicada, ya que la cubierta está bien adherida a los tubos interiores. Practique primero la operación en un sobrante del grupo de tubería.

El nuevo sensor debe tener la unión ya conectada y lista para recibir la tubería. Revise que las partes de tubería expuesta (incluyendo la parte que debe prepararse para la conexión) sean lo suficientemente cortas para encajar en el kit de empalme, y la cubierta exterior estará en el epoxi cuando esté terminado.

Asegúrese de que el nivel del depósito se mantenga igual durante la operación de empalme y que el tubo de balance esté desconectado de la parte superior del depósito.

1. Corte uno de los tubos a una distancia de unos 50 mm (2") de la cubierta amarilla y bloquee de inmediato el extremo para que no fluya ningún líquido.
2. Coloque la tuerca y el paquete del casquillo correctos sobre el extremo de este tubo y luego bloquee el flujo.
3. Luego retire la tapa de una de las líneas del sensor de repuesto y asegúrese de que el fluido llega hasta la parte superior del tubo expuesto. Si el fluido no alcanza, agregue más con la jeringa pequeña provista con los sensores.
4. Conecte el tubo cortado previamente con la tuerca y casquillo a la unión Swagelok con fluido saliendo del depósito para evitar que quede aire atrapado en la unión. (Consulte el Apéndice D para ver las instrucciones de Swagelok).
5. La siguiente operación consiste en repetir los pasos uno a cuatro con el otro tubo – con excepción de uno– antes de hacer la conexión con el tubo y la unión; mantenga el tubo con la tuerca y el casquillo bloqueados mientras retira la tapa de la unión y permita que fluya una pequeña cantidad de líquido de la unión. Después bloquee el flujo y permita que fluya un poco del tubo que conectará. Conecte el tubo, permitiendo que fluya una pequeña cantidad de líquido mientras hace la conexión. Apriete el conector Swagelok siguiendo las instrucciones en la Apéndice D.

#### **C.2.1 EMPALME DEL CABLE**

1. Corte el cable del sensor defectuoso y retire la cubierta unos 50 a 75 milímetros (dos o tres pulgadas).
2. El cable tiene cuatro conductores y un cable de drenaje (descubierto), así como un tubo de compensación del barómetro. El aislamiento del cable debe retirarse unos 13 mm (½") en preparación para unirlo con los cables del sensor nuevo.
3. Descubra también los cables negros del nuevo sensor.
4. Una los cables usando una crimpadora especial y asegure la resistencia de cada conexión.
5. Usando la unión proporcionada, empalme el tubo de ventilación. **¡Siga las instrucciones en el Apéndice D para asegurarse de apretar los acoples Swagelok adecuadamente!**

6. Tome lecturas en la estación del dispositivo de lectura para asegurarse de que el sensor y su termistor están leyendo adecuadamente.
7. Coloque el cable en su juego de empalme epoxi y haga el acople.
8. Luego haga lo mismo para el ensamblaje de la tubería.

### **C.3 AGREGAR UNA EXTENSIÓN A UN ENSAMBLAJE DEL SENSOR**

El primer paso de esta operación es conectar la sección proporcionada de tubería al depósito. Esto debe realizarse con el líquido fluyendo del depósito igual que como se realiza la operación al conectar un sensor.

Después de conectar la extensión al depósito, el empalme al grupo de tubería y cable existentes debe hacerse como en la conexión para un sensor de repuesto. Asegúrese de retirar la línea de compensación del depósito durante esta operación y conserve líquido en el depósito en todo momento.

Recuerde que para ambas operaciones la preocupación principal es evitar que entre aire en las líneas de líquido y asegurarse de que las conexiones eléctricas sean buenas antes de terminar los acoples.

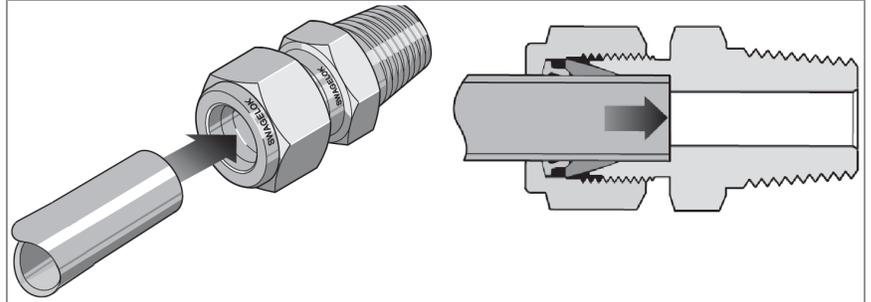
Debe permitir que pasen un par de horas para que se curen los empalmes antes de llenar y compactar sobre ellos.

## APÉNDICE D. MONTAJE DEL TUBO SWAGELOK

Estas instrucciones aplican para los accesorios de 25 mm (1 pulgada) y más pequeños.

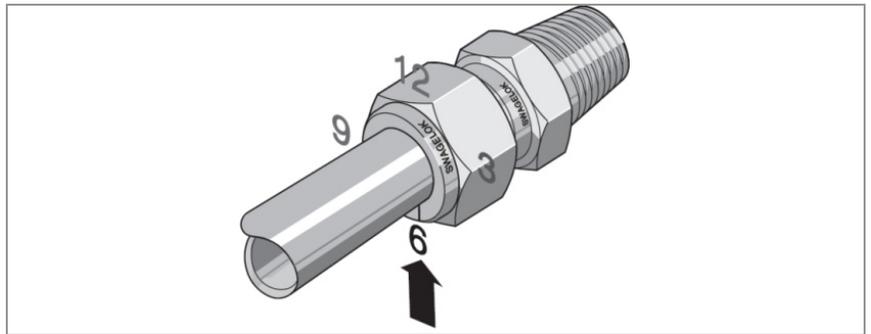
### D.1 INSTALACIÓN

1. Inserte completamente el tubo en el accesorio hasta que choque contra el fondo.



**FIGURA 13:** Inserción del tubo

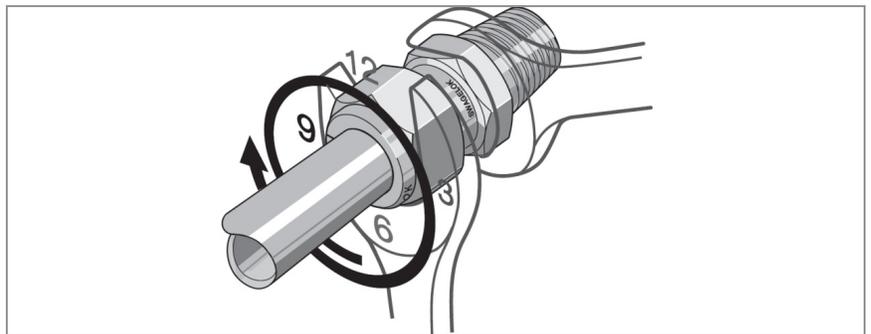
2. Gire la tuerca hasta que quede apretada a mano. (Para aplicaciones de alta presión y sistemas de factor de alta seguridad, apriete aún más la tuerca hasta que el tubo no gire a mano o se mueva axialmente en el accesorio).
3. Haga una marca en la tuerca en el lado que apunta hacia abajo (en la posición que ocupa el 6 en un reloj).



**FIGURA 14:** Haga una marca en la parte que apunta hacia abajo (en la posición que ocupa el 6 en un reloj)

4. Mientras sujeta firmemente el accesorio, apriete la tuerca una y un cuarto de vueltas, hasta que la marca esté en la posición que ocupa el 9 en un reloj.

**Nota:** Para accesorios de  $\frac{1}{16}$  de pulgada,  $\frac{1}{8}$  de pulgada,  $\frac{3}{16}$  de pulgada, y 2, 3, y 4 mm, apriete la tuerca tres cuartos de vuelta hasta que la marca esté en la posición que ocupa el 3 en un reloj.



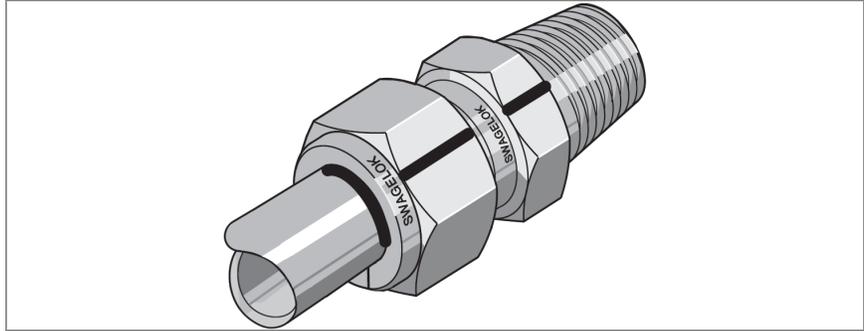
**FIGURA 15:** Apriete una y un cuarto de vueltas

## D.2 INSTRUCCIONES PARA VOLVER A MONTAR

Los accesorios para tubos Swagelok se pueden desmontar y volver a montar muchas veces.

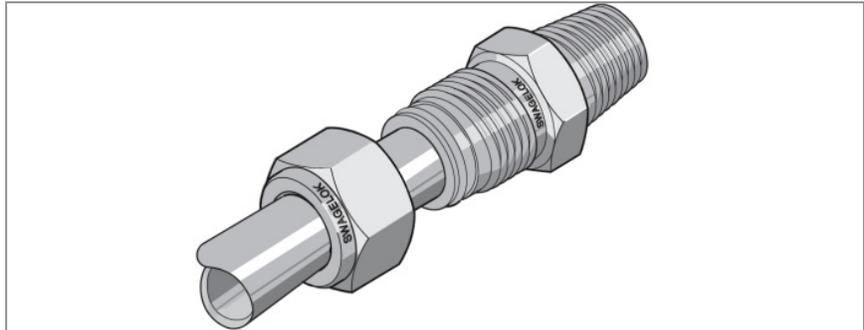
**¡Advertencia!** Despresurice siempre el sistema antes de desmontar un accesorio para tubos Swagelok.

1. Antes del desmontaje, marque el tubo en la parte posterior de la tuerca, luego haga una línea a lo largo de la tuerca y las partes planas del accesorio. **Estas marcas se usarán durante el montaje para garantizar que la tuerca vuelva a su posición actual.**



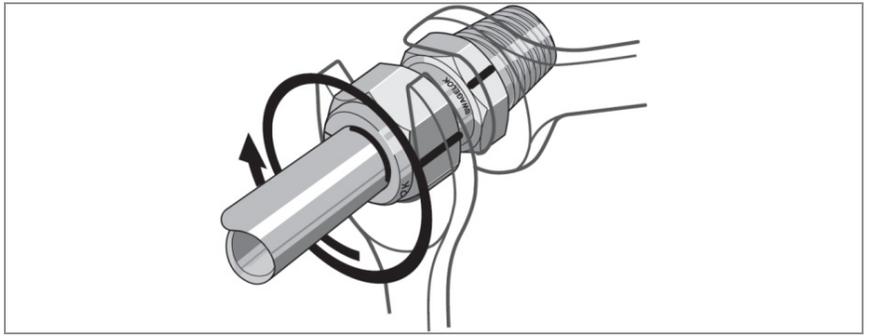
**FIGURA 16:** Marcas para volver a montar

2. Desmontar el accesorio.
3. Inspeccione los casquillos para ver si están dañados y reemplácelos si es necesario. **Si reemplaza los casquillos, el conector debe tratarse como un nuevo ensamblaje. Consulte la sección anterior para ver las instrucciones de instalación.**
4. Vuelva a montar el accesorio insertando el tubo con los casquillos prehumedecidos en el accesorio hasta que el casquillo delantero encaje en el accesorio.



**FIGURA 17:** Casquillos encajados en el accesorio

5. Mientras sujeta firmemente el accesorio, gire la tuerca con una llave hasta la posición anterior, tal como lo indican las marcas en el tubo y el conector. En este punto, habrá un aumento significativo en la resistencia.
6. Apriete la tuerca ligeramente.



**FIGURA 18:** Apriete la tuerca ligeramente









**GEOKON®**

GEOKON  
48 Spencer Street  
Lebanon, New Hampshire  
03766, USA

Teléfono: +1 (603) 448-1562  
Email: [info@geokon.com](mailto:info@geokon.com)  
Sitio web: [www.geokon.com](http://www.geokon.com)

GEOKON  
es una empresa **ISO**  
**9001:2015**  
certificada