

---

# Modelo 4450

Transductor de desplazamiento  
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.



# **TABLA DE CONTENIDO**

---

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INSTALACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 PRUEBAS PRELIMINARES .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 INSTALACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>2.3 INSTRUCCIONES DE MONTAJE DEL TUBO SWAGELOK .....</b>	<b>3</b>
2.3.1 INSTALACIÓN.....	3
2.3.2 INSTRUCCIONES PARA VOLVER A MONTAR .....	4
<b>2.4 INSTALACIÓN Y EMPALME DEL CABLE.....</b>	<b>6</b>
<b>2.5 RUIDO ELÉCTRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.6 PROTECCIÓN CONTRA RAYOS .....</b>	<b>6</b>
<b>3. REALIZANDO LAS LECTURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 GK-404 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE .....</b>	<b>8</b>
3.1.1 OPERACIÓN DE LA GK-404 .....	8
<b>3.2 GK-405 CONSOLA DE LECTURA DE CUERDA VIBRANTE .....</b>	<b>9</b>
3.2.1 CONECTAR SENSORES CON CONECTORES DE PASO ADJUNTOS DE 10 PUNTOS....	9
3.2.2 CONECTAR SENSORES CON CONDUCTORES DESCUBIERTOS .....	9
3.2.3 OPERACIÓN DE LA GK-405 .....	9
<b>3.3 MEDICIÓN DE TEMPERATURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>4. REDUCCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1 CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO.....</b>	<b>11</b>
<b>4.2 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA.....</b>	<b>11</b>
<b>4.3 FACTORES AMBIENTALES.....</b>	<b>12</b>
<b>5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS .....</b>	<b>14</b>
<b>APPENDIX A. ESPECIFICACIONES .....</b>	<b>17</b>
<b>A.1 TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO MODELO 4450.....</b>	<b>17</b>
<b>A.2 DIMENSIONES PARA RANGOS DE 50 MM (2 PULGADAS) E         INFERIORES .....</b>	<b>17</b>
<b>A.3 DIMENSIONES PARA RANGOS DE 100 MM (4 PULGADAS) Y         SUPERIORES .....</b>	<b>17</b>
<b>APPENDIX B. DERIVACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL         TERMISTOR.....</b>	<b>18</b>
<b>B.1 RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3KΩ.....</b>	<b>18</b>
<b>B.2 RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 10KΩ.....</b>	<b>19</b>

## **FIGURAS**

---

<b>FIGURA 1: TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO MODELO 4450</b> .....	1
<b>FIGURA 2: INSERCIÓN DEL TUBO</b> .....	3
<b>FIGURA 3: HAGA UNA MARCA EN EL LADO QUE APUNTA HACIA ABAJO (EN LA POSICIÓN QUE OCUPA EL 6 EN UN RELOJ)</b> .....	3
<b>FIGURA 4: APRIETE UNA Y UN CUARTO DE VUELTAS</b> .....	4
<b>FIGURA 5: MARCAS PARA VOLVER A MONTAR</b> .....	4
<b>FIGURA 6: CASQUILLOS ENCAJADOS EN EL ACCESORIO</b> .....	5
<b>FIGURA 7: APRIETE LA TUERCA LIGERAMENTE</b> .....	5
<b>FIGURA 8: ESQUEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS</b> .....	7
<b>FIGURA 9: CONSOLA DE LECTURA GK-404</b> .....	8
<b>FIGURA 10: CONECTOR LEMO A GK-404</b> .....	8
<b>FIGURA 11: CONSOLA DE LECTURA GK-405</b> .....	9
<b>FIGURA 12: HOJA DE CALIBRACIÓN TÍPICA</b> .....	13
<b>FIGURA 13: DIMENSIONES: RANGOS DE 50 MM (2 PULGADAS) E INFERIORES</b> .....	17
<b>FIGURA 14: DIMENSIONES: RANGOS DE 100 MM (4 PULGADAS) Y SUPERIORES</b> .....	17

## **TABLAS**

---

<b>TABLA 1:</b> LECTURA DEL MODELO 4450 VERSUS SU POSICIÓN DENTRO DEL RANGO .....	3
<b>TABLA 2:</b> MULTIPLICADORES PARA LA CONVERSIÓN DE UNIDADES DE INGENIERÍA....	11
<b>TABLA 3:</b> CONSTANTES DEL CÁLCULO DEL COEFICIENTE TÉRMICO.....	12
<b>TABLA 4:</b> ESPECIFICACIONES DEL TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO	
MODELO 4450.....	17
<b>TABLA 5:</b> RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3K $\Omega$ .....	18
<b>TABLA 6:</b> RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 10K $\Omega$ .....	19

## **ECUACIONES**

---

<b>ECUACIÓN 1: CÁLCULO DE DÍGITOS</b> .....	11
<b>ECUACIÓN 2: CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO</b> .....	11
<b>ECUACIÓN 3: CAMBIO EN EL DESPLAZAMIENTO</b> .....	11
<b>ECUACIÓN 4: CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO CON CORRECCIÓN TÉRMICA</b> .....	11
<b>ECUACIÓN 5: CONSTANTES DEL CÁLCULO DEL COEFICIENTE TÉRMICO</b> .....	12
<b>ECUACIÓN 6: RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 3K<math>\Omega</math></b> .....	18
<b>ECUACIÓN 7: RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 10K<math>\Omega</math></b> .....	19



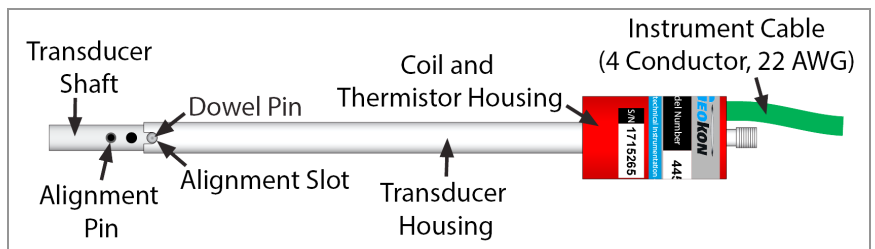
# 1. INTRODUCCIÓN

---

## TEORÍA DE FUNCIONAMIENTO

Los transductores de desplazamiento de cuerda vibrante Modelo 4450 de GEOKON consisten en un elemento sensible de cuerda vibrante con un resorte con tratado térmico y libre de tensión. Un extremo del resorte está conectado a la cuerda vibrante y el otro extremo al eje del transductor. Conforme el eje del transductor sale del cuerpo del medidor, el resorte se alarga, provocando un incremento en la tensión de la cuerda vibrante. El aumento en la tensión (deformación) de la cuerda es directamente proporcional a la extensión del eje. Este cambio en la tensión le permite al Modelo 4450 medir el desplazamiento con mucha precisión.

Los transductores de desplazamiento Modelo 4450 están completamente sellados y pueden operar a presiones de hasta 250 psi. Están diseñados para ser leídos por una de las muchas consolas de lectura de GEOKON disponibles.



**FIGURA 1:** Transductor de desplazamiento Modelo 4450

## 2. INSTALACIÓN

---

### 2.1 PRUEBAS PRELIMINARES

**¡PRECAUCIÓN!** No gire el eje del transductor de desplazamiento más de 180 grados. Esto podría causar daños irreparables en el instrumento. El pin de alineación en el eje y la ranura en el cuerpo sirven como guía de alineación. **Nunca extienda el transductor de desplazamiento más allá de su alcance de operación.**

Antes de instalar los medidores en el campo, lleve a cabo las pruebas preliminares haciendo lo siguiente:

1. Conecte el medidor a una consola de lectura. (Vea la información sobre el uso de las consolas de lectura en la Sección 3.)
2. Tome una lectura. Esta lectura deberá ser estable y estar dentro de un rango de 3700 a 5700 dígitos.
3. Para evitar daños durante el envío, el transductor llega con una funda ranurada de PVC unida al cuerpo con cinta adhesiva, o con un pasador de metal dentro del eje. Retire la funda ranurada de PVC o el pasador.
4. Puede verificar la continuidad de la corriente eléctrica usando un ohmímetro. La resistencia entre los dos cables conductores (usualmente rojo y negro) debería de encontrarse cerca de los 180 ohms. Recuerde añadir la resistencia del cable a  $48.5\Omega$  por km ( $14.7\Omega$  por 1000') a 20 °C. Multiplique este factor por dos para considerar ambas direcciones.
5. Usando un ohmímetro, verifique la resistencia entre los dos cables del termistor (normalmente blanco y verde). Use el Appendix B para convertir la resistencia en temperatura. Compare los resultados con la temperatura ambiente actual.
6. La resistencia entre cualquier conductor y la coraza no deberá exceder los dos megaohmios.

### 2.2 INSTALACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO

1. Asegúrese de colocar el pin de alineación del eje del transductor en la ranura de alineación durante la instalación. Esto evitará que se tuerza la cuerda interna.
2. Con la rosca #10-32 del eje del transductor presionada contra el dispositivo de montaje del eje, gire el transductor 16 vueltas aproximadamente para apretar el eje del transductor en el dispositivo de montaje.
3. Conecte los conectores rojo y negro a la consola de lectura. Seleccione la posición B. (Vea las instrucciones de lectura en la Sección 3.)
4. Jale cuidadosamente la carcasa del transductor hasta obtener la lectura deseada, vea la Tabla 1. **Nunca extienda el eje más allá del rango del medidor.** El transductor también puede dañarse si se deja caer durante su recorrido.
5. Conserve la lectura deseada y asegure el cable lateral del medidor en o dentro del dispositivo de montaje. Puede asegurar el transductor usando un conector macho Swagelok con casquillos de nylon en la parte frontal y posterior. Apriete el conector Swagelok siguiendo las instrucciones en la Sección 2.3. **No gire el tubo del medidor en relación con el eje mientras lo asegura.**

- En el momento de la instalación, debe tomar y registrar lecturas cuidadosamente, junto con la temperatura. Estas lecturas servirán como referencia para cálculos de deformación posteriores.

Transductor	Cambio de dígito	Lectura mínima	Lectura máxima	Rango medio	Compresión de 1/3 Extensión de 1/3	Extensión de 1/3 Compresión de 1/3
Estándar 12, 25 y 50 mm	5000	2000	7000	5000	6500	4000
Estándar 100 y 150 mm	5000	2000	7000	5000	6500	4000
Delgado 12, 25 y 50 mm	10000	3000	13000	8000	6000	9000

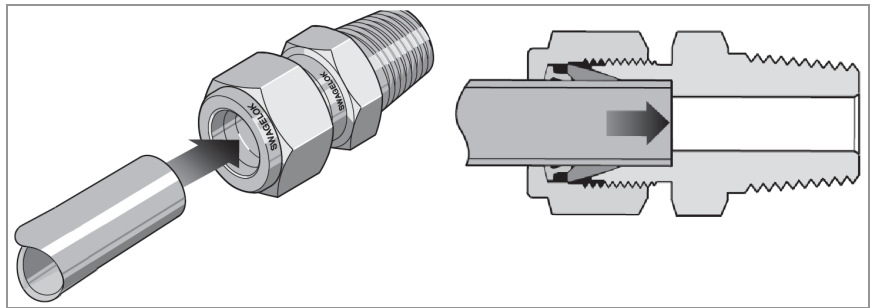
**TABLA 1:** Lectura del Modelo 4450 versus su posición dentro del rango

### 2.3 INSTRUCCIONES DE MONTAJE DEL TUBO SWAGELOK

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

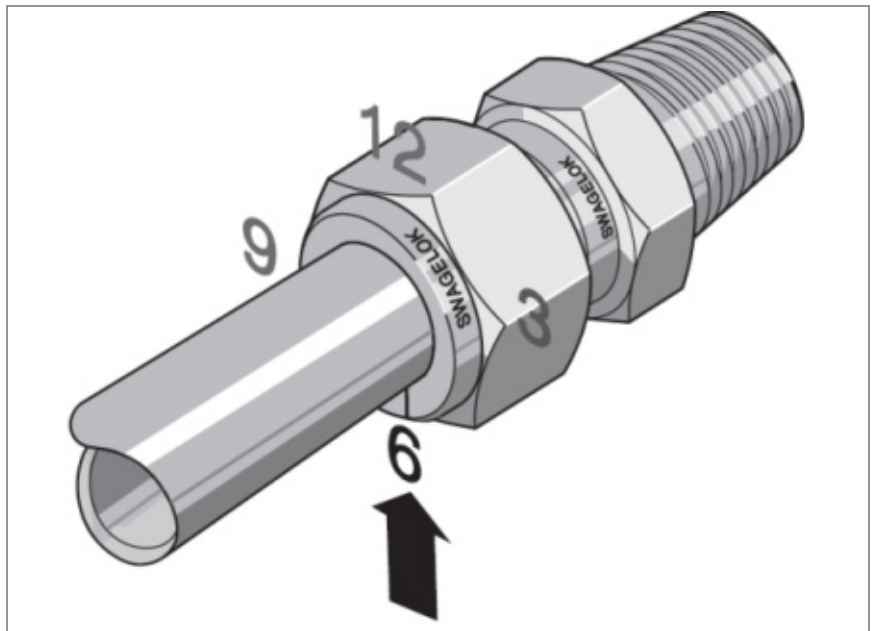
#### 2.3.1 INSTALACIÓN

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



**FIGURA 2:** Inserción del tubo

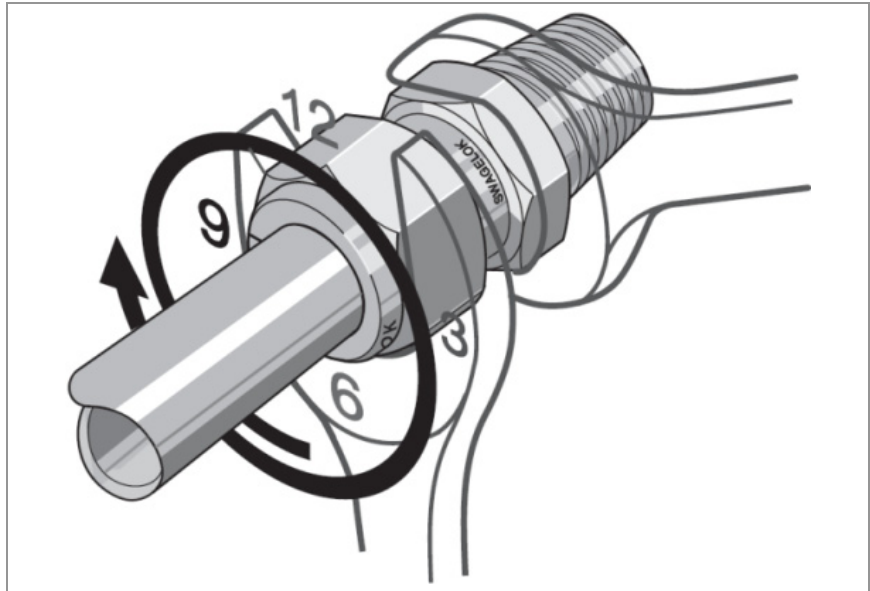
- Gire la tuerca hasta que quede apretada a mano. (Para aplicaciones de alta presión y sistemas de factor de alta seguridad, apriete aun más la tuerca hasta que el tubo no gire a mano o se mueva axialmente en el accesorio).
- Haga una marca en la tuerca en el lado que apunta hacia abajo (en la posición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



**FIGURA 3:** Haga una marca en el lado 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 pulg.,  $\frac{1}{8}$  de pulg.,  $\frac{3}{16}$  de pulg., y de 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).



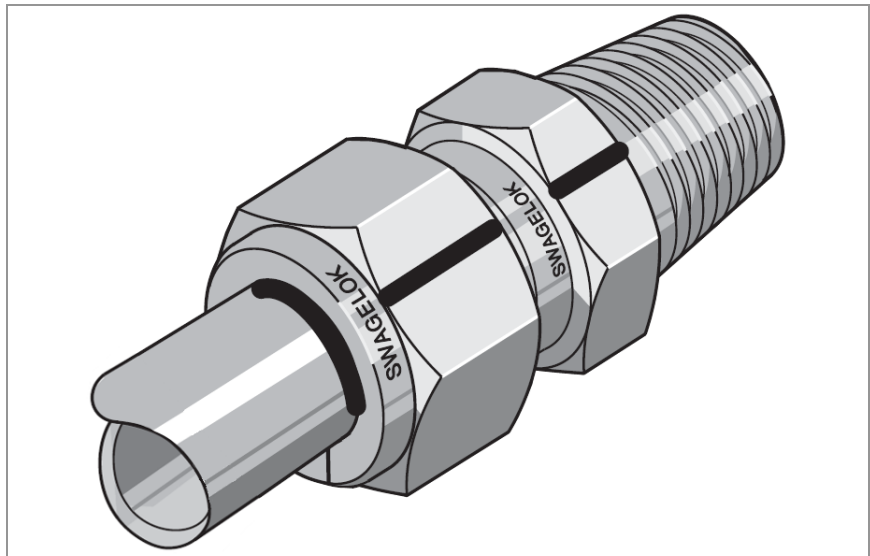
**FIGURA 4:** Apriete una y un cuarto de vueltas

### 2.3.2 INSTRUCCIONES PARA VOLVER A MONTAR

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

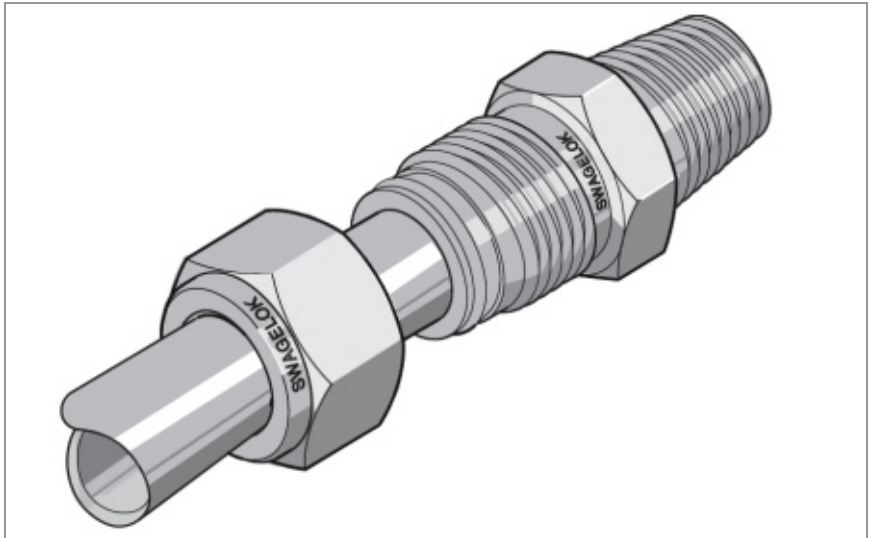
**Advertencia:** Despresurice siempre el sistema antes de desmontar un accesorio para tubos Swagelok.

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.



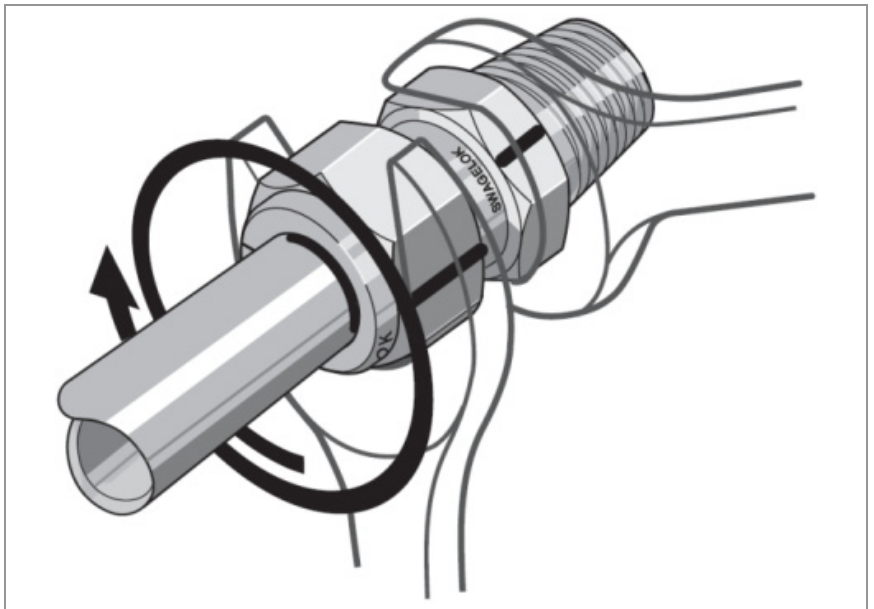
**FIGURA 5:** Marcas para volver a montar

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 las instrucciones de instalación en la sección anterior.
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 6:** 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 7:** Apriete la tuerca ligeramente

## 2.4 INSTALACIÓN Y EMPALME DEL CABLE

Deberá crearse un canal para el cable para minimizar los posibles daños por equipo en movimiento, escombros u otras causas. Puede protegerse el cable usando un conducto flexible, que puede ser proporcionado por GEOKON.

Las cajas de bornes con entradas de cable selladas están disponibles en GEOKON para todo tipo de aplicaciones. Estas permiten que varios deformímetros terminen en una sola ubicación con protección total de los cables conductores. El panel interior de la caja de bornes puede tener conectores incorporados o una sola conexión con un interruptor giratorio para selección de la posición. Contacte a GEOKON para obtener información específica sobre las aplicaciones.

Debido a que la señal de salida de la cuerda vibrante es una frecuencia y no una corriente o voltaje, las variaciones en la resistencia del cable tienen muy poco efecto sobre las lecturas del deformímetro, por lo tanto, empalmar los cables no tiene efectos adversos, y, en ciertos casos, de hecho puede ser conveniente. El cable usado para empalmes debe ser del tipo de cable de par trenzado de alta calidad, con blindaje del 100% y un hilo de drenaje reforzado integral. **Al hacer empalmes, es muy importante que los cables de drenaje blindados se empalmen juntos.** Siempre conserve la polaridad conectando por colores.

Los kits de empalme recomendados por GEOKON incorporan moldes, los cuales se posicionan alrededor del empalme y luego se rellenan con epoxi para impermeabilizar las conexiones. Cuando están bien hechos, este tipo de empalmes equivalen o son mejores que los mismos cables en fuerza y propiedades eléctricas. Contacte a GEOKON para obtener materiales para empalmes e instrucciones adicionales para el empalme de cables.

Pueden terminarse los cables decapando y estañando los conductores individuales y luego conectándolos a un cable de conexión de la consola de lectura. En forma alternativa, puede usar un conector que se enchufará directamente a la consola de lectura o a un receptáculo en un cable de conexión especial.

## 2.5 RUIDO ELÉCTRICO

Debe tener cuidado al instalar los cables del instrumento para mantenerlos tan lejos como sea posible de fuentes de interferencia eléctrica como líneas eléctricas, generadores, motores, transformadores, soldadoras de arco, etc. Los cables nunca deben enterrarse o correr junto a líneas de corriente alterna; recibirán el ruido del cable de corriente, lo que probablemente provocará lecturas inestables. Contacte a la fábrica para saber más sobre opciones de filtrado disponibles para usar con los registradores de datos y lectores GEOKON.

## 2.6 PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

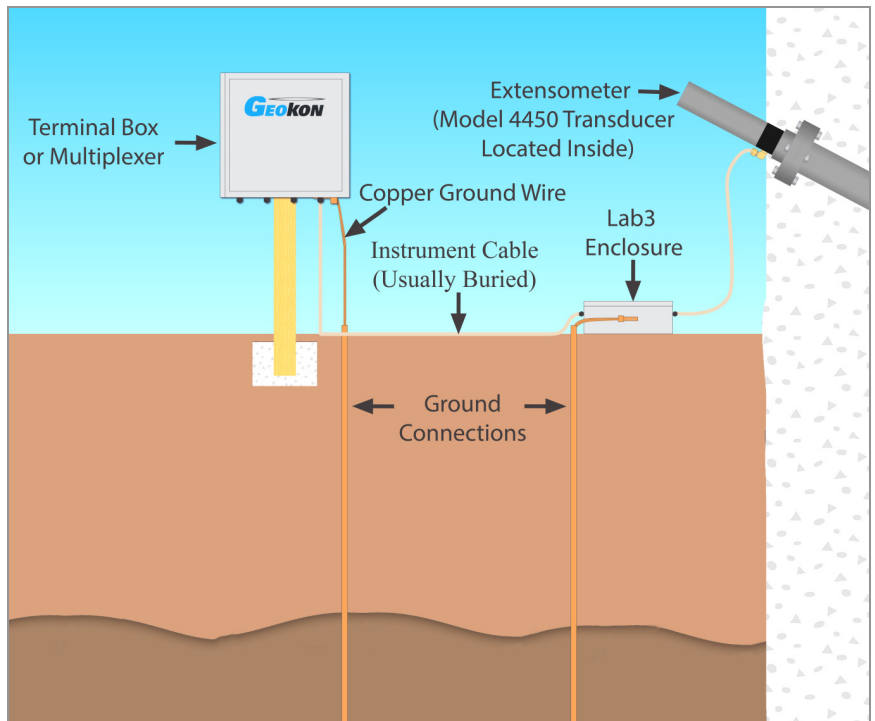
A diferencia de muchos otros tipos de instrumentos de GEOKON disponibles, los transductores de desplazamiento no cuentan con componentes integrados para protección contra rayos, tales como transorbs o protectores de sobretensión de plasma. Normalmente esto no es un problema, sin embargo, si el cable del instrumento está expuesto, podría ser adecuado instalar componentes para protección contra rayos, ya que el transiente podría bajar por el cable hasta llegar al medidor y destruirlo.

### ***OPCIONES SUGERIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS:***

- Si el instrumento está conectado a una caja de bornes o multiplexer, pueden instalarse componentes como protectores de sobretensión de plasma (espacios de chispa) en la caja de bornes/multiplexer como medida de protección contra el transiente. Las cajas de bornes y multiplexers disponibles en GEOKON proporcionan lugares adecuados para la instalación de estos componentes.

- Los tableros pararrayos y las carcasas también están disponibles en GEOKON. Estas unidades se instalan en donde los cables del instrumento salen hacia la estructura bajo monitoreo. La carcasa cuenta con una parte superior que se puede retirar para permitir al cliente dar servicio a los componentes o reemplazar el tablero en caso de que la unidad fuera dañada por un rayo. Se hace una conexión entre la carcasa y la conexión a tierra para facilitar el paso de los transientes lejos del transductor de desplazamiento. Vea la Figura 8.
- Los protectores de sobretensión de plasma pueden fijarse con epóxidos en el cable del instrumento, cerca del transductor. Una correa de conexión a tierra conecta el protector de sobretensión a una conexión a tierra, tal como una estaca de conexión a tierra, o la misma varilla.

Consulte con el fabricante para obtener más información acerca de las protecciones contra rayos disponibles.



**FIGURA 8:** Esquema de protección contra rayos

### 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 ( $\mu$ e). La GK-404 también muestra la temperatura del transductor (incorporado en el termistor) con una resolución de 0.1 °C.



FIGURA 9: Consola de lectura GK-404



FIGURA 10: 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 10). 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 11: 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 VVRA siguiendo los pasos siguientes:

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

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 DEL DESPLAZAMIENTO

Las unidades básicas que utiliza GEOKON para las mediciones y reducciones de datos de los transductores de desplazamiento son dígitos. El cálculo de dígitos se basa en la siguiente ecuación:

$$\text{digits} = \left( \frac{1}{\text{Period}} \right)^2 \times 10^{-3} \text{ or } \text{digits} = \frac{\text{Hz}^2}{1000}$$

**ECUACIÓN 1:** Cálculo de dígitos

Para convertir dígitos en desplazamiento, aplica la siguiente ecuación:

$$D_{\text{no corregido}} = (R_1 - R_0) \times G \times F$$

**ECUACIÓN 2:** Cálculo del desplazamiento

Donde:

$R_1$  es la lectura actual.

$R_0$  es la lectura inicial, usualmente obtenida durante la instalación.

G es el factor de medición, usualmente milímetros o pulgadas por dígito.

F es un factor opcional de unidades de ingeniería (vea la tabla siguiente).

A	De	Pulgadas	Pies	Milímetros	Centímetros	Metros
Pulgadas	1		12	0.03937	0.3937	39.37
Pies	0.0833		1	0.003281	0.03281	3.281
Milímetros	25.4		304.8	1	10	1000
Centímetros	2.54		30.48	0.10	1	100
Metros	0.0254		0.3048	0.001	0.01	1

**TABLA 2:** Multiplicadores para la conversión de unidades de ingeniería

Por ejemplo, si la lectura inicial  $R_0$  es de 6783 dígitos, la lectura actual,  $R_1$ , es de 7228. El factor de calibración, G, es de 0.011906 mm/dígito. El cambio en el desplazamiento es:

$$+5.3 \text{ mm} = (7228 - 6783) \times 0.011906$$

**ECUACIÓN 3:** Cambio en el desplazamiento

Tenga en cuenta que un incremento en las lecturas (dígitos) indican un incremento en la extensión.

### 4.2 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA

Los transductores de desplazamiento de cuerda vibrante de GEOKON tienen un coeficiente de expansión térmica bajo. Una corrección no será necesaria en la mayoría de los casos. Sin embargo, para alcanzar la máxima precisión, existen correcciones que puede aplicar.

Use la siguiente ecuación para determinar la corrección térmica del instrumento:

$$D_{\text{corregido}} = G(R_1 - R_0) + K(T_1 - T_0)$$

**ECUACIÓN 4:** Cálculo del desplazamiento con corrección térmica

Donde:

$R_1$  es la lectura actual

$R_0$  es la lectura inicial

G es el factor de medición lineal

$T_1$  es la temperatura actual

$T_0$  es la temperatura inicial

K es el coeficiente térmico (vea la Ecuación 5)

Las pruebas han determinado que el coeficiente térmico, K, cambia con la posición del eje del transductor. El primer paso en el proceso de corrección de la temperatura es determinar el coeficiente térmico adecuado con base en la siguiente ecuación:

$$K = ((R_1 \times M) + B) \times G$$

**ECUACIÓN 5:** Cálculo del coeficiente térmico

Donde:  
 R<sub>1</sub> es la lectura actual  
 M es el multiplicador  
 B es la constante  
 G es el factor de medición lineal de la hoja de calibración proporcionada.

Modelo:	Multiplicador(M):	Constante(B):
4450-3 mm (0.125 pulgadas)	0.000520	3.567
4450-12 mm (0.5 pulgadas)	0.000375	1.08
4450-25 mm (1 pulgada)	0.000369	0.572
4450-50 mm (2 pulgadas)	0.000376	0.328
4450-100 mm (4 pulgadas)	0.000398	0.0864
4450-150 mm (6 pulgadas)	0.000384	-0.3482
4450-200 mm (8 pulgadas)	0.000396	-0.4428
4450-230 mm (9 pulgadas)	0.000403	-0.5016
4450-300 mm (12 pulgadas)	0.000424	-0.6778

**TABLA 3:** Constantes del cálculo del coeficiente térmico

Considere el ejemplo siguiente usando un transductor de desplazamiento Modelo 4450-200 mm:

$$R_0 = 4250 \text{ dígitos}$$

$$R_1 = 5875 \text{ dígitos}$$

$$T_0 = 10 \text{ °C}$$

$$T_1 = 20 \text{ °C}$$

$$G = 0.06152 \text{ mm/dígito}$$

$$K = (((5875 \times 0.000369) - 0.572) \times 0.06152) = 0.0168$$

$$D_{\text{corregido}} = ((R_1 - R_0) \times G) + ((T_1 - T_0) \times K)$$

$$D_{\text{corregido}} = ((5875 - 4250) \times 0.006152) + ((20 - 10) \times 0.0168)$$

$$D_{\text{corregido}} = -9.997 + 0.168$$

$$D_{\text{corregido}} = +10.165 \text{ mm}$$

También debería considerarse el coeficiente de temperatura de la masa o parte a la que se fije el transductor de desplazamiento. Use el coeficiente de temperatura de la masa o parte, combinado con los cambios en la temperatura de las lecturas inicial a actual para determinar los efectos térmicos de la masa o parte.

**4.3 FACTORES AMBIENTALES**

Debido a que el propósito de usar un transductor de desplazamiento es monitorear las condiciones de la obra, siempre deberían observarse y registrarse los factores que podrían afectar estas condiciones. Algunos efectos aparentemente menores pueden tener una gran influencia en el comportamiento de la estructura bajo monitoreo y podrían ser indicaciones tempranas de problemas potenciales. Algunos de estos factores incluyen, entre otros: detonaciones, lluvias, niveles de las mareas, excavaciones o llenados, el tráfico, cambios barométricos y de temperatura, cambios en el personal, actividades de construcción cercanas, cambios estacionales, etc.

**Vibrating Wire Displacement Transducer Calibration Report**

Range: 25 mm Calibration Date: June 15, 2017  
 Serial Number: 1720191 This calibration has been verified/validated as of 07/17/2017  
 Calibration Instruction: CI-4400 Temperature: 22.7 °C  
 Cable Length: 11.6 meters Technician: *Kathy Rogers*

GK-401 Reading Position B

Actual Displacement (mm)	Gage Reading 1st Cycle	Gage Reading 2nd Cycle	Average Gage Reading	Calculated Displacement (Linear)	Error Linear (%FS)	Calculated Displacement (Polynomial)	Error Polynomial (%FS)
0.0	2672	2672	2672	-0.04	-0.15	0.00	0.00
5.0	3492	3491	3492	5.00	0.02	5.00	0.00
10.0	4308	4308	4308	10.03	0.11	10.00	0.01
15.0	5120	5120	5120	15.02	0.10	15.00	0.00
20.0	5929	5929	5929	20.00	0.00	20.00	-0.01
25.0	6736	6736	6736	24.97	-0.14	25.00	0.01

(mm) Linear Gage Factor (G): 0.006152 (mm/ digit) Regression Zero: 2678

Polynomial Gage Factors: A: 1.5386E-08 B: 0.006008 C: \_\_\_\_\_

Calculate C by setting D = 0 and R<sub>1</sub> = initial field zero reading into the polynomial equation

(inches) Linear Gage Factor (G): 0.0002422 (inches/digit)

Polynomial Gage Factors: A: 6.0574E-10 B: 0.0002365 C: \_\_\_\_\_

Calculate C by setting D = 0 and R<sub>1</sub> = initial field zero reading into the polynomial equation

Calculated Displacement: Linear,  $D = G (R_1 - R_0)$

Polynomial,  $D = AR_1^2 + BR_1 + C$

Refer to manual for temperature correction information.

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 12:** Hoja de calibración típica

## 5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

---

El mantenimiento y la resolución de problemas está restringido a revisiones periódicas de las conexiones del cable y el mantenimiento de las terminales. Una vez instalados, estos instrumentos son generalmente inaccesibles y las soluciones son limitadas. En caso de que surjan dificultades, consulte la siguiente lista de problemas y posibles soluciones. Devuelva cualquier deformímetro defectuoso a la fábrica. **Los instrumentos no deberán abrirse en el campo.** Para obtener información de resolución de problemas y soporte adicional, contacte a GEOKON.

### ***SÍNTOMA: LA RESISTENCIA DEL TERMISTOR ES DEMASIADO ALTA***

- Verifique si existe un circuito abierto. Revise todas las conexiones, terminales y enchufes. Si encuentra algún corte en el cable, únalo siguiendo las instrucciones en la Sección 2.4.

### ***SÍNTOMA: LA RESISTENCIA DEL TERMISTOR ES DEMASIADO BAJA***

- Verifique si existe un corto circuito. Revise todas las conexiones, terminales y enchufes. Si encuentra algún corto en el cable, únalo siguiendo las instrucciones de la Sección 2.4.
- Puede que el agua haya penetrado en el instrumento. No hay solución.

### ***SÍNTOMA: LAS LECTURAS DEL INSTRUMENTO SON INESTABLES***

- ¿La consola de lectura está posicionada correctamente? Si está utilizando un registrador de datos para registrar las lecturas automáticamente, ¿las configuraciones de excitación de la frecuencia de barrido son correctas?
- ¿El eje del instrumento se encuentra fuera del rango especificado (ya sea de extensión o retracción) del instrumento? Cuando el eje se encuentra completamente retraído con el pin de alineación dentro de la ranura de alineación, es probable que las lecturas sean inestables porque la cuerda vibrante se encuentra bajo tensión. ¿Hay una fuente de interferencia eléctrica cerca? Los posibles candidatos son generadores, motores, equipo de soldadura por arco, líneas de alto voltaje, etc. De ser posible, mueva el cable del instrumento lejos de líneas de corriente y equipo eléctrico o instale un filtro electrónico.
- Asegúrese de que el cable blindado de drenaje esté conectado a tierra. Conecte el cable blindado de drenaje a la consola de lectura usando la pinza azul.
- ¿La consola de lectura o el registrador de datos funcionan con otro instrumento? De no ser así, puede ser que la batería esté baja o posiblemente tenga alguna falla.

### ***SÍNTOMA: EL INSTRUMENTO NO MUESTRA UNA LECTURA***

- ¿La consola de lectura o el registrador de datos funcionan con otro instrumento? De no ser así, puede ser que la batería esté baja o posiblemente tenga alguna falla.
- ¿El cable está cortado o aplastado? Revise la resistencia del cable conectando un ohmímetro en las cabezas del sensor, la resistencia es de aproximadamente  $48.5\Omega$  por km ( $14.7\Omega$  por cada 1000 pies) de cable de 22 AWG.

Si la resistencia es demasiado alta o infinita, el cable probablemente está roto. Si la resistencia es demasiado baja, los conductores pueden tener un corto. Si existe algún corte o corto, únalo siguiendo las instrucciones en Sección 2.4.

Refiérase a la resistencia esperada para varias combinaciones de cables a continuación.

**Niveles de cabezas del sensor de cuerda vibrante**

Rojo/Negro  $\cong 180\Omega$

Verde/Blanco  $3000\Omega$  a 25 °C

Cualquier otra combinación de cables tendrá como resultado una medición de resistencia infinita.





# APÉNDICE A. ESPECIFICACIONES

## A.1 TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO MODELO 4450

Rango:	12 mm 0.5 pulgadas	25 mm 1 pulgada	50 mm 2 pulgadas	100 mm 4 pulgadas	150 mm 6 pulgadas	200 mm 8 pulgadas
Resolución: <sup>1</sup>	0.025% FSR					
Linealidad:	0.25% FSR					
Cambio térmico cero: <sup>2</sup>	<0.05% FSR/°C					
Estabilidad:	<0.2% / año (en condiciones estáticas)					
Rango excesivo:	115% FSR					
Rango de temperatura:	-40 a +80 °C (-40 a +176 °F)					
Rango de frecuencia (modelo estándar):	1400-3500 Hz					
Rango de frecuencia (modelo de varilla delgada):	1700-3600 Hz					
Resistencia de la bobina:	180Ω, +10Ω					
Tipo de cable: <sup>3</sup>	Dos pares trenzados (cuatro conductores) 22 AWG Protección de papel aluminio, cubierta de PVC, diámetro total nominal=6.3 mm (0.250 pulgadas)					
Dimensiones:	Consulte las dimensiones en las Secciones A.2 y A.3 a continuación					

TABLA 4: Especificaciones del transductor de desplazamiento Modelo 4450

### Notas:

- <sup>1</sup> Mínimo, una mayor resolución es posible dependiendo del dispositivo de lectura.
- <sup>2</sup> Depende de la aplicación.
- <sup>3</sup> Cubierta del cable de poliuretano disponible.

## A.2 DIMENSIONES PARA RANGOS DE 50 MM (2 PULGADAS) E INFERIORES

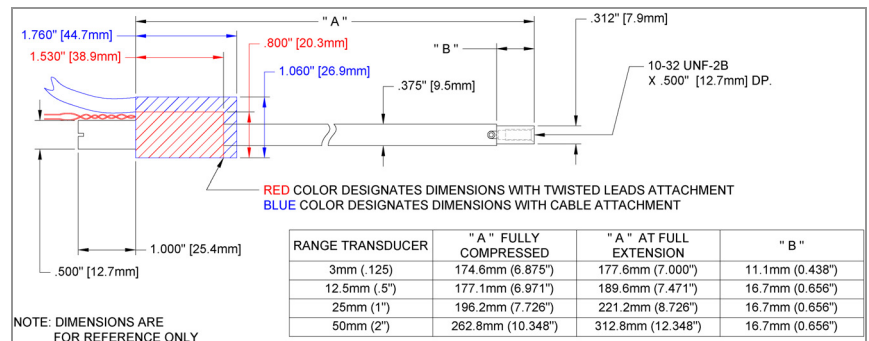


FIGURA 13: Dimensiones: Rangos de 50 mm (2 pulgadas) e inferiores

## A.3 DIMENSIONES PARARANGOS DE 100 MM (4 PULGADAS) Y SUPERIORES

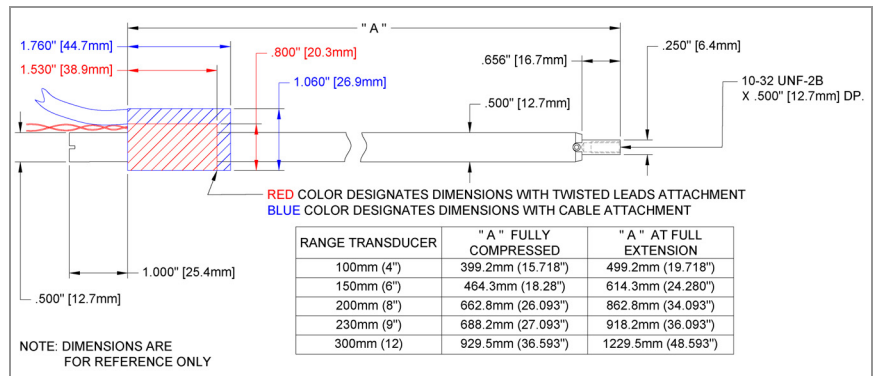


FIGURA 14: Dimensiones: Rangos de 100 mm (4 pulgadas) y superiores

## 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 6:** 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 5:** Resistencia de termistor de 3KΩ

## B.2 RESISTENCIA DE TERMISTOR DE 10KΩ

Tipo de termistor: Sensor US 103JL1A

Ecuación para obtener la resistencia a la temperatura:

$$T = \frac{1}{A+B(\ln R)+C(\ln R)^3+D(\ln R)^5} - 273.15$$

**ECUACIÓN 7:** Resistencia de termistor de 10kΩ

Donde:

T = Temperatura en °C

LnR = Registro natural de la resistencia del termistor

A = 1.127670 × 10<sup>-3</sup>

B = 2.344442 × 10<sup>-4</sup>

C = 8.476921 × 10<sup>-8</sup>

D = 1.175122 × 10<sup>-11</sup>

**Nota:** Los coeficientes optimizados para un termistor curva **J** entre las temperaturas de 0 °C y +250 °C.

Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.	Ohmios	Temp.
32650	0	7402	32	2157	64	763.5	96	316.6	128	148.4	160	76.5	192
31029	1	7098	33	2083	65	741.2	97	308.7	129	145.1	161	75.0	193
29498	2	6808	34	2011	66	719.6	98	301.0	130	142.0	162	73.6	194
28052	3	6531	35	1942	67	698.7	99	293.5	131	138.9	163	72.2	195
26685	4	6267	36	1876	68	678.6	100	286.3	132	135.9	164	70.8	196
25392	5	6015	37	1813	69	659.1	101	279.2	133	133.0	165	69.5	197
24170	6	5775	38	1752	70	640.3	102	272.4	134	130.1	166	68.2	198
23013	7	5545	39	1693	71	622.2	103	265.8	135	127.3	167	66.9	199
21918	8	5326	40	1637	72	604.6	104	259.3	136	124.6	168	65.7	200
20882	9	5117	41	1582	73	587.6	105	253.1	137	122.0	169	64.4	201
19901	10	4917	42	1530	74	571.2	106	247.0	138	119.4	170	63.3	202
18971	11	4725	43	1480	75	555.3	107	241.1	139	116.9	171	62.1	203
18090	12	4543	44	1432	76	539.9	108	235.3	140	114.5	172	61.0	204
17255	13	4368	45	1385	77	525.0	109	229.7	141	112.1	173	59.9	205
16463	14	4201	46	1340	78	510.6	110	224.3	142	109.8	174	58.8	206
15712	15	4041	47	1297	79	496.7	111	219.0	143	107.5	175	57.7	207
14999	16	3888	48	1255	80	483.2	112	213.9	144	105.3	176	56.7	208
14323	17	3742	49	1215	81	470.1	113	208.9	145	103.2	177	55.7	209
13681	18	3602	50	1177	82	457.5	114	204.1	146	101.1	178	54.7	210
13072	19	3468	51	1140	83	445.3	115	199.4	147	99.0	179	53.7	211
12493	20	3340	52	1104	84	433.4	116	194.8	148	97.0	180	52.7	212
11942	21	3217	53	1070	85	421.9	117	190.3	149	95.1	181	51.8	213
11419	22	3099	54	1037	86	410.8	118	186.1	150	93.2	182	50.9	214
10922	23	2986	55	1005	87	400.0	119	181.9	151	91.3	183	50.0	215
10450	24	2878	56	973.8	88	389.6	120	177.7	152	89.5	184	49.1	216
<b>10000</b>	<b>25</b>	2774	57	944.1	89	379.4	121	173.7	153	87.7	185	48.3	217
9572	26	2675	58	915.5	90	369.6	122	169.8	154	86.0	186	47.4	218
9165	27	2579	59	887.8	91	360.1	123	166.0	155	84.3	187	46.6	219
8777	28	2488	60	861.2	92	350.9	124	162.3	156	82.7	188	45.8	220
8408	29	2400	61	835.4	93	341.9	125	158.6	157	81.1	189	45.0	221
8057	30	2316	62	810.6	94	333.2	126	155.1	158	79.5	190	44.3	222
7722	31	2235	63	786.6	95	324.8	127	151.7	159	78.0	191	43.5	223

**TABLA 6:** Resistencia de termistor de 10kΩ