
Modelo 6180

Sistema de inclinómetro vertical fijo

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

1. INTRODUCCIÓN	1
2. INSTALACIÓN	2
2.1 PRUEBAS PRELIMINARES	2
2.2 CABLES DE SEGURIDAD	2
2.3 ORIENTACIÓN DEL SENSOR	3
2.4 INSTALACIÓN DE SENSORES	3
2.4.1 SUSPENDA EL PRIMER SENSOR	3
2.4.2 CONEXIÓN DEL SEGUNDO SENSOR AL PRIMER SENSOR	4
2.5 CONEXIÓN DEL SOPORTE DE SUSPENSIÓN	6
2.5.1 CONECTE EL CONJUNTO DE CABLES AL SOPORTE	6
2.5.2 CONECTE EL CONJUNTO DE CABLES AL CONJUNTO DE SENSORES	7
2.5.3 BAJE EL SENSOR MÁS SUPERIOR	8
2.6 CONVERTIDOR DE RS-485 A TTL/USB MODELO 8020-38.	8
2.7 CONECTOR DE CUATRO PINES RESISTENTE AL AGUA	9
3. PROTOCOLO RTU DE MODBUS	10
3.1 INTRODUCCIÓN A MODBUS	10
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOCOLO RTU DE MODBUS	10
3.3 TABLAS DE MODBUS	10
4. REDUCCIÓN DE DATOS	12
4.1 CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN	12
4.2 CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN	12
4.3 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA	12
4.4 FACTORES AMBIENTALES	12
5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	13
APPENDIX A. ESPECIFICACIONES	15
A.1 LISTA DE PIEZAS	15
APPENDIX B. MUESTRA DE HOJA DE CALIBRACIÓN	18
APPENDIX C. SISTEMA DIRECCIONABLE MODBUS	20
C.1 PARÁMETROS DE COMUNICACIONES DE MODBUS	20
C.2 CÓDIGOS DE ERROR	20
APPENDIX D. PROGRAMACIÓN EN CRBASIC	21
D.1 MUESTRA DEL PROGRAMA CR1000	21
D.2 MUESTRA DE PROGRAMA CR6	21

FIGURAS

FIGURA 1: DETALLE DE LA CONEXIÓN DE LOS CABLES	2
FIGURA 2: CABLES CONECTADOS	2
FIGURA 3: CONEXIÓN DE CABLE DE SEGURIDAD	3
FIGURA 4: DIRECCIONES A Y B	3
FIGURA 5: DIRECCIONES A Y B	3
FIGURA 6: ORIFICIOS PARA PERNOS DE ARGOLLA DEL CABLE DE SEGURIDAD VS ORIFICIOS DE SOPORTE	4
FIGURA 7: SOPORTE SENSOR CON VARILLA	4
FIGURA 8: PASADOR DE BLOQUEO PREINSERTADO	4
FIGURA 9: RETIRE EL PASADOR DE BLOQUEO	4
FIGURA 10: RETRAIGA LA CUBIERTA DEL RESORTE	5
FIGURA 11: CAPTURE EL PERNO DE BOLA	5
FIGURA 12: CONEXIÓN COMPLETA	5
FIGURA 13: DETALLE DE LA CONEXIÓN DE LOS CABLES	6
FIGURA 14: AMARRE DE CABLE	6
FIGURA 15: COLOQUE LA PRIMERA ABRAZADERA DE CABLE	7
FIGURA 16: COLOQUE LA SEGUNDA ABRAZADERA DE CABLE	7
FIGURA 17: CABLE DE SUSPENSIÓN ENSAMBLADO (EJEMPLO)	7
FIGURA 18: CONVERTIDOR DE RS-485 A TTL/USB MODELO 8020-38	8
FIGURA 19: CABLEADO DE REGISTRADOR DE DATOS SIN CONVERSIÓN RS-485 INCORPORADA	8
FIGURA 20: CABLEADO DE REGISTRADOR DE DATOS CON CONVERSIÓN RS-485 INCORPORADA	9
FIGURA 21: CONECTOR MACHO RESISTENTE AL AGUA	9
FIGURA 22: CONECTOR HEMBRA RESISTENTE AL AGUA	9
FIGURA 23: EJEMPLO DE INSTALACIÓN	12
FIGURA 24: MODELO 6180-0.5 M, -1 M, -2 M, -3 M, -2 PIES, -5 PIES, -10 PIES	16
FIGURA 25: MODELO 6180T-0.5 M, -1 M, -2 M, -3 M, -2 PIES, -5 PIES, -10 PIES	16
FIGURA 26: MODELO 6180-1, ENSAMBLADO DE CABLE DE SUSPENSIÓN	16
FIGURA 27: MODELO 6180-2, SOPORTE DE SUSPENSIÓN	17
FIGURA 28: MODELO 6180-3-1, CABLE DE LECTURA EN LA PARTE SUPERIOR / CONDUCTORES SIN AISLAMIENTO -3-2, < 50 PIES	17
FIGURA 29: MODELO 6180-3V, CABLE DE LECTURA EN LA PARTE SUPERIOR / CONDUCTORES SIN AISLAMIENTO, > 100 PIES	17
FIGURA 30: MODELO 6180-6, ENSAMBLADO DE CABLES DE SEGURIDAD	17
FIGURA 31: MUESTRA DE HOJA DE CALIBRACIÓN MODELO 6180, SENSOR A	18
FIGURA 32: MUESTRA DE HOJA DE CALIBRACIÓN MODELO 6180, SENSOR B	19

TABLAS

TABLA 1: TABLA DE CABLEADO DE CUATRO PINES.....	9
TABLA 2: DIRECCIONES DE REGISTRO Y FORMATOS.....	11
TABLA 3: DIRECCIONES DE CONTROL DE LOS DISPOSITIVOS.....	11
TABLA 4: MEMORIANO VOLÁTIL.....	11
TABLA 5: ESPECIFICACIONES DEL INCLINÓMETRO MODELO 6180.....	15
TABLA 6: LISTA DE PARTES DEL INCLINÓMETRO MODELO 6180.....	15
TABLA 7: PARÁMETROS DE COMUNICACIONES DE MODBUS.....	20
TABLA 8: CÓDIGOS DE ERROR.....	20

ECUACIONES

ECUACIÓN 1: DESPLAZAMIENTO LATERAL DEL SENSOR 12

ECUACIÓN 2: DESPLAZAMIENTO LATERAL TOTAL 12

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de inclinómetro vertical fijo (IPI) modelo 6180 de GEOKON permite el monitoreo a largo plazo de deformaciones en estructuras tales como represas, diques, muros de contención y aplicaciones similares. El principio básico de funcionamiento utiliza acelerómetros MEMS para medir la inclinación estática a profundidades específicas en una carcasa instalada en la estructura en estudio. El instrumento está diseñado para que pueda instalarse en una carcasa estándar para inclinómetros, la cual se instala en el barreno. El monitoreo que realiza el instrumento permite la medición precisa de los cambios en el perfil del barreno.

Cada sensor de inclinación está compuesto por un dispositivo direccionable de sistemas microelectromecánicos (MEMS) dentro de una carcasa sellada de acero inoxidable. El dispositivo mide los ejes "A" y "B" del barreno. Cada sensor contiene también un sensor de temperatura digital para leer la temperatura.

Los sensores están unidos mecánicamente con rótulas de conexión rápida, que permiten un movimiento relativo sin obstáculos entre los sensores y se adaptan a cualquier espiral de la carcasa. Eléctricamente, los sensores están conectados entre sí con un cable de bus de cuatro hilos y conectores moldeados resistentes al agua.

Cada sensor puede serializarse y calibrarse por separado. Se proporciona una hoja de calibración para cada sensor en la que se muestra la relación entre la salida del sensor y la inclinación.

Los datos se recopilan conectando la serie IPI a un dispositivo de lectura (PC, registrador de datos, sistema SCADA, etc.) a través de un cable de lectura especificado por el cliente.

2. INSTALACIÓN

2.1 PRUEBAS PRELIMINARES

Antes de iniciar la instalación, verifique el funcionamiento correcto de los sensores. Complete los siguientes pasos:

1. Coloque los sensores en el orden correcto revisando las etiquetas en los sensores y los documentos incluidos.
2. Comenzando con el primer sensor, conecte los sensores enchufando el conector macho del segundo sensor en el conector hembra del primer sensor. Proceda de esta manera hasta que el conjunto completo esté conectado.

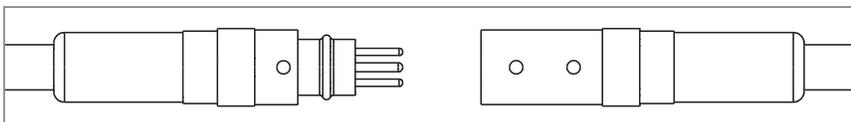


FIGURA 1: Detalle de la conexión de los cables

¡Precaución! Cuando conecte los sensores, asegúrese de alinear el punto de orientación en el lado exterior del conector macho con los dos puntos de orientación en el lado exterior del conector hembra. Esto garantizará que los pines y los receptáculos en el interior de los conectores se alineen correctamente. Empuje los conectores el uno hacia el otro hasta que se hayan acoplado completamente.

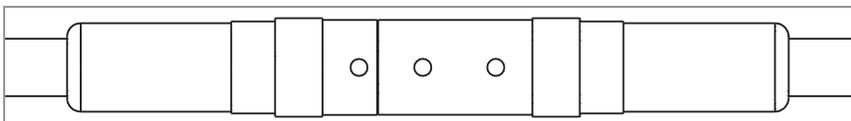


FIGURA 2: Cables conectados

3. Conecte el conjunto completo a un convertidor modelo 8020-38, PC o registrador de datos (consulte Sección 2.6).
4. Sostenga el sensor en posición vertical y observe la lectura. El sensor de inclinación debe mantenerse estable mientras se toma la lectura. La lectura observada debería estar cerca de la lectura vertical de fábrica. La inclinación del sensor en dirección positiva (A+ o B+, como se marca en el sensor) debería resultar en lecturas crecientes. La inclinación del sensor en dirección negativa (A- o B-) debería resultar en lecturas decrecientes. La temperatura indicada en el dispositivo de lectura debería ser cercana a la temperatura ambiente. Repita el proceso con los sensores restantes.
5. Una vez completadas las pruebas preliminares, desconecte el conjunto del dispositivo de lectura y desconecte los sensores entre sí.

En caso de que cualquiera de estas pruebas preliminares falle, vea Sección 5 para identificar y solucionar el problema.

2.2 CABLES DE SEGURIDAD

GEOKON recomienda ampliamente conectar un cable de seguridad al sensor (terminal) situado más abajo, modelo 6180T. Esto se puede utilizar para recuperar el conjunto en caso de accidente, y también puede ser útil cuando se baja el conjunto a la carcasa.

Los conjuntos de cables de seguridad modelo 6180-6 comprados en GEOKON consisten en un cable de avión de una longitud especificada por el cliente (07-125SS316-E/M) con perno de argolla y tuercas hexagonales preinstaladas para facilitar la instalación, junto con todo el equipo necesario para anclar la cuerda.

Para conectar el cable de seguridad al sensor terminal, complete los pasos siguientes:

1. Sujete el extremo superior del cable de seguridad a un objeto fijo o algo demasiado grande para entrar en la carcasa, para evitar que todo el cable caiga accidentalmente dentro de la carcasa.
2. Retire las dos tuercas hexagonales del perno de argolla.
3. Inserte el perno de argolla a través de ambos orificios de conexión en el sensor terminal.
4. Vuelva a enroscar las dos tuercas en el perno y apriete una contra la otra usando dos llaves españolas de 5/16"; esto asegurará el cable de seguridad al sensor terminal.

La figura a continuación muestra un cable de seguridad conectado adecuadamente.

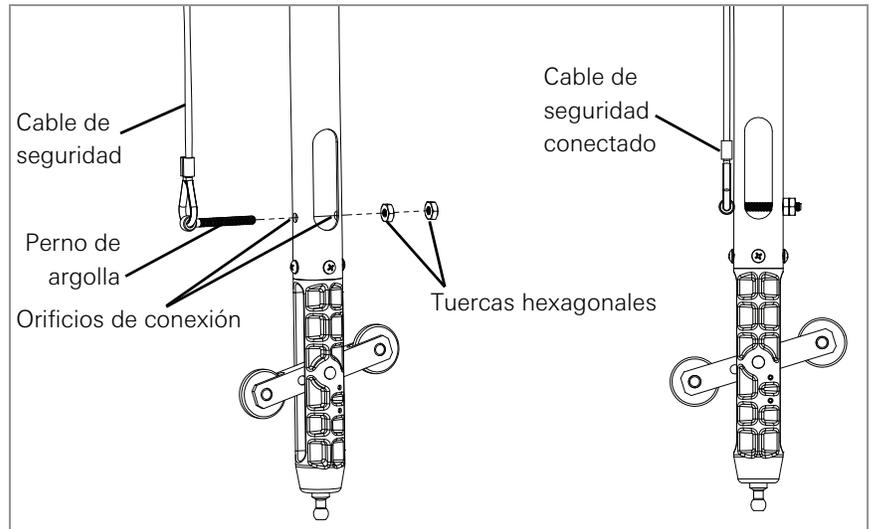


FIGURA 3: Conexión de cable de seguridad

5. Amarre el extremo superior del cable de seguridad sujetándolo a un punto de anclaje apropiado. Siga el procedimiento de Sección 2.5.1 para la instalación adecuada de las abrazaderas de cable.

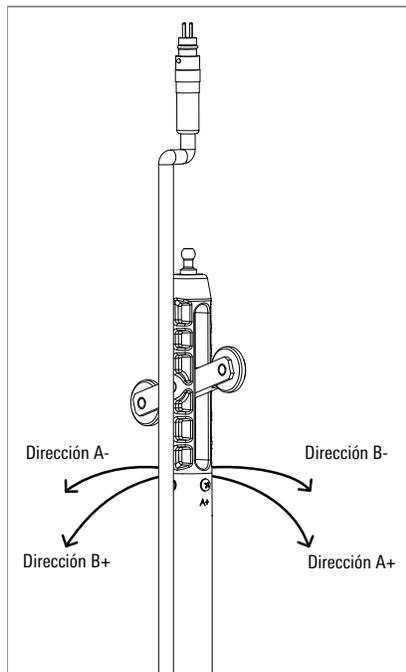


FIGURA 5: Direcciones A y B

2.3 ORIENTACIÓN DEL SENSOR

Todos los ensamblajes de las ruedas deben orientarse en la misma dirección cuando se instalan en la carcasa. Los ensamblajes de las ruedas se colocan en la fábrica de forma que la rueda superior esté viendo en la dirección A+ del sensor (como se muestra en la figura a la izquierda). Las direcciones de los ejes también están etiquetadas físicamente en cada sensor.

Apunte la dirección A+ en la misma dirección del movimiento anticipado, es decir, hacia la excavación que se monitorea o pendiente abajo para aplicaciones de evaluación de pendientes.

El dispositivo MEMS monitorea las direcciones A y B. La dirección B+ es de 90 grados en el sentido de las agujas del reloj desde la dirección A+, visto desde arriba.

2.4 INSTALACIÓN DE SENSORES

El primer sensor que se instala es el sensor terminal modelo 6180T, que incluye dos juegos de ruedas.

2.4.1 SUSPENDA EL PRIMER SENSOR

1. Inserte el sensor 6180T en la carcasa, asegurándose de orientar las ruedas correctamente para la orientación correcta del eje (consulte Sección 2.3) y con el conector del cable macho hacia la parte superior de la carcasa.



FIGURA 7: Soporte sensor con varilla

2. Con el cable de seguridad conectado, baje el primer sensor en el orificio de la carcasa, hasta que los orificios de soporte de 1/4" estén adyacentes a la parte superior de la carcasa.
3. Suspenda el sensor en su lugar en la parte superior de la carcasa insertando un destornillador o varilla de 1/4" de diámetro a través del orificio de soporte en el costado del sensor. Como referencia, vea las figuras a continuación y de la izquierda.

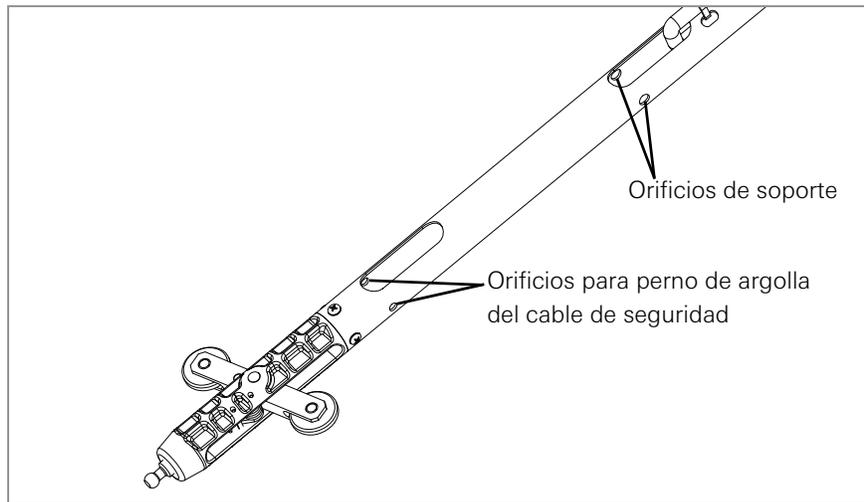


FIGURA 6: Orificios para pernos de argolla del cable de seguridad vs Orificios de soporte

2.4.2 CONEXIÓN DEL SEGUNDO SENSOR AL PRIMER SENSOR

1. Cada segmento del 6180 se suministra con un pasador de bloqueo con lengüeta preinstalado.

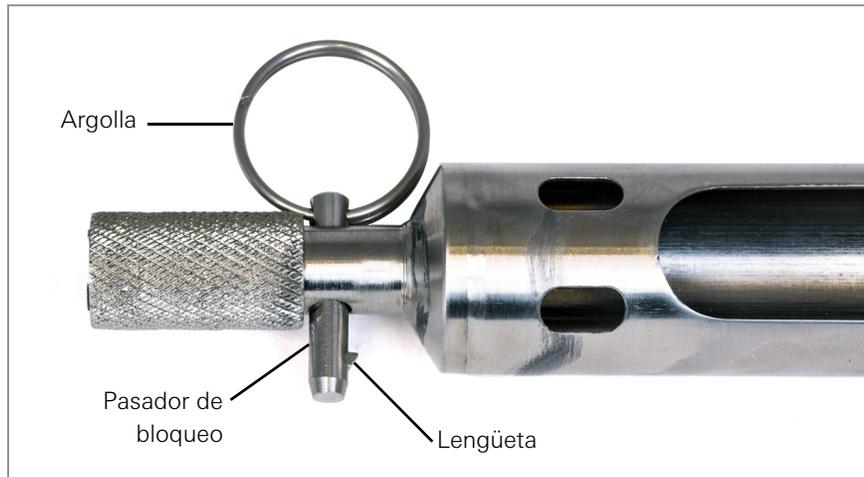


FIGURA 8: Pasador de bloqueo preinsertado

2. Retire el pasador de bloqueo presionando la lengüeta y tirando de la argolla al mismo tiempo.



FIGURA 9: Retire el pasador de bloqueo

3. Retraiga la cubierta del resorte en el segundo sensor y acople el perno de bola del primer sensor al receptor del segundo sensor conectándolos con un movimiento lateral.

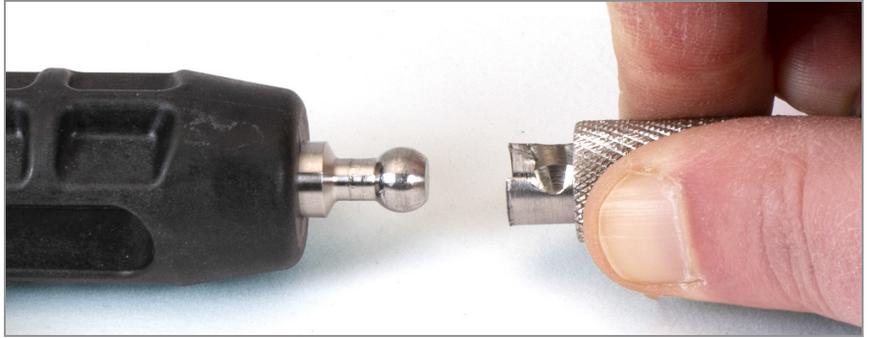


FIGURA 10: Retraiga la cubierta del resorte

4. Capture el perno de bola liberando la cubierta del resorte (asegúrese que la cubierta regrese a su posición inicial).

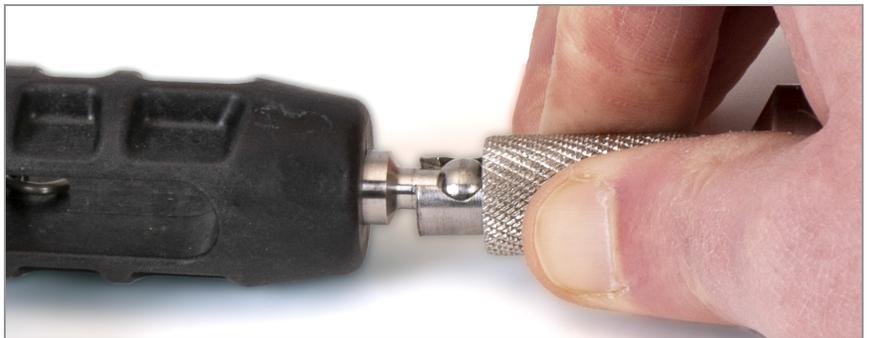


FIGURA 11: Capture el perno de bola

5. Reinserte el pasador de bloqueo para prevenir que la funda se retraiga mientras está en uso.



FIGURA 12: Conexión completa

6. Enchufe el conector macho del cable de señal del primer sensor al conector hembra del cable de señal del segundo sensor.

¡Precaución! Cuando conecte los sensores, asegúrese de alinear los dos puntos de orientación en el exterior del conector hembra con el punto de orientación en el exterior del conector macho. Esto garantizará que los pines y los receptáculos en el interior de los conectores se alineen correctamente. Empuje los conectores macho y hembra el uno hacia el otro hasta que se hayan acoplado completamente.

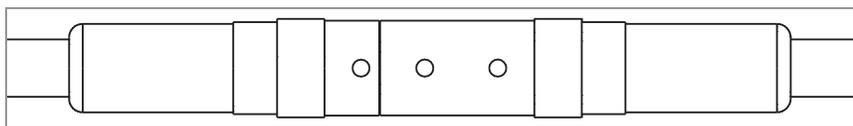


FIGURA 13: Detalle de la conexión de los cables

Nota: Para seguridad adicional, pegue los conectores con cinta adhesiva.

- Utilizando el amarre suministrado, asegure el cable del conector macho al tubo del segundo sensor introduciendo el amarre a través de las ranuras paralelas, alrededor del cable y de regreso a sí mismo; esto ayudará a aliviar la tensión de los conectores. Recorte el trozo sobrante del amarre. Vea la figura a continuación.

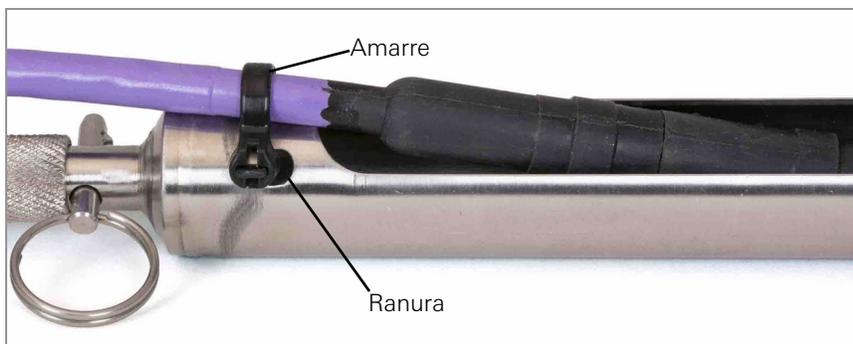


FIGURA 14: Amarre de cable

- Retire el destornillador/varilla del primer sensor y, con el cable de seguridad conectado, baje el segundo sensor en el orificio de la carcasa, hasta que los orificios de soporte de $\frac{1}{4}$ " estén adyacentes a la parte superior de la carcasa. Asegúrese de orientar correctamente la dirección A+ de cada sensor al insertarlo en la carcasa.
- Suspenda el segundo sensor en su lugar en la parte superior de la carcasa insertando un destornillador o varilla de $\frac{1}{4}$ " de diámetro a través del orificio de soporte en el costado del sensor.
- Repita los pasos 2 a 9 anteriores para cada sensor subsiguiente.
- Enchufe el conector macho del sensor más superior al conector hembra del cable de lectura (6180-3-1, 6180-3-2 o 6180-3V). Conecte el otro extremo del cable de lectura al dispositivo de lectura o registrador de datos.

2.5 CONEXIÓN DEL SOPORTE DE SUSPENSIÓN

Para asegurar que la cuerda esté instalada a la profundidad correcta, sume las longitudes de los sensores y reste este valor de la profundidad deseada de la cuerda (medida desde la parte superior de la carcasa hasta la parte inferior del conjunto de la cuerda); el valor resultante es la longitud del cable de suspensión.

Nota: GEOKON sugiere suspender el conjunto de sensores al menos 150 mm (seis pulgadas) por encima de la parte inferior de la carcasa, para tener en cuenta los escombros y sedimentos.

2.5.1 CONECTE EL CONJUNTO DE CABLES AL SOPORTE

- Enganche el dedal suministrado a través del ojal del lado inferior del soporte de suspensión (6180-2).
- Pase el extremo del cable sin aislamiento del conjunto de cables de suspensión (6180-1) a través del ojal del lado inferior del soporte de suspensión.

- Pase el cable a través del ojal hasta que la distancia desde el borde de soporte del brazo de suspensión hasta el extremo del receptor de suspensión sea igual a la longitud del cable de suspensión calculada previamente.
- Doble el "extremo sin salida" del cable hacia el "extremo vivo", luego asegure una de las abrazaderas de cable suministradas al cable a una distancia de aproximadamente 3.5 pulgadas del ojal del lado inferior del soporte de suspensión. (Instale las tuercas de la abrazadera del cable firmemente, pero no las apriete todavía).
- Oriente la abrazadera del cable con los dos extremos del perno en U mirando hacia el "extremo vivo" del cable como se muestra a continuación.

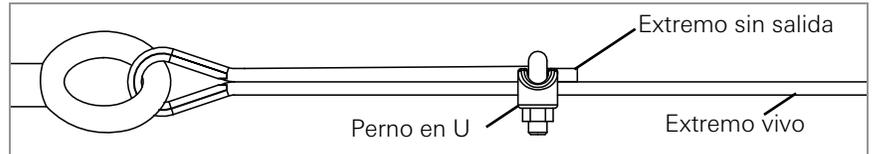


FIGURA 15: Coloque la primera abrazadera de cable

- Asiente el lazo formado por el cable en el canal del dedal.
- Instale una segunda abrazadera en el cable en la base del dedal (vea la imagen a continuación).

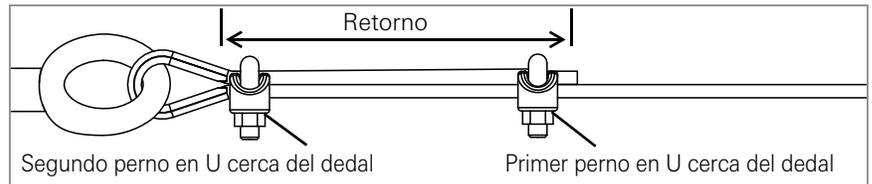


FIGURA 16: Coloque la segunda abrazadera de cable

- Ajuste la primera abrazadera de cable de modo que la "longitud de retorno" mida aproximadamente 3.25 pulgadas.
- Aplique una ligera tensión al cable para eliminar toda la holgura. Apriete las cuatro tuercas de la abrazadera de cable a una especificación de torque de aproximadamente 4.5 pies-libra.
- Si lo desea, la tercera abrazadera de cable suministrada se puede instalar entre la primera y la segunda abrazaderas de cable (asegúrese de apretar las tuercas al torque especificado anteriormente).
- Recorte el cable sobrante del "extremo sin salida", dejando al menos 3/8 de pulgada de largo desde la primera abrazadera de cable. Alternativamente, envuelva el extremo del cable con cinta adhesiva y luego péguelo con cinta adhesiva a la longitud principal del cable de suspensión.

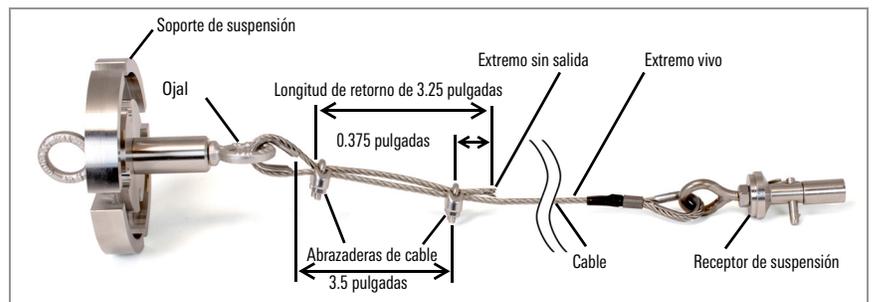


FIGURA 17: Cable de suspensión ensamblado (ejemplo)

2.5.2 CONECTE EL CONJUNTO DE CABLES AL CONJUNTO DE SENSORES

El conjunto del cable de suspensión se conecta a la serie de sensores de manera similar a como los sensores se conectan entre sí. Para pasos ilustrados, consulte Sección 2.4.2.

1. Retire el pasador de bloqueo del receptor de suspensión presionando la lengüeta y tirando de la argolla al mismo tiempo.
2. Retraiga la cubierta del resorte en el receptor de suspensión y acople el perno de bola del sensor más superior al receptor de suspensión conectándolos con un movimiento lateral.
3. Suelte la cubierta del resorte para asegurar el perno de bola dentro de la cubierta.
4. Reinserte el pasador de bloqueo para prevenir que la funda se retraiga mientras está en uso.

2.5.3 BAJE EL SENSOR MÁS SUPERIOR

Baje el sensor más superior a la carcasa y ubique el soporte de suspensión en la parte superior de la carcasa.

¡Importante! Asegúrese que el borde superior de la carcasa esté relativamente centrado para asentar correctamente el soporte de suspensión.

Las lecturas se pueden tomar inmediatamente después de la instalación; sin embargo, GEOKON recomienda evaluar los datos durante un período de tiempo para determinar cuándo el conjunto se ha estabilizado lo suficiente y cuándo deben establecerse las lecturas en cero.

2.6 CONVERTIDOR DE RS-485 A TTL/USB MODELO 8020-38.

GEOKON fabrica el Convertidor de bus direccionable modelo 8020-38 para conectar conjuntos de sensores direccionables a computadoras personales, dispositivos de lectura, registradores de datos y controladores lógicos programables. El convertidor actúa como un puente usando los protocolos TTL o USB entre los lectores y los conjuntos de sensores habilitados para RS-485 de GEOKON.

Para obtener más información, consulte el Manual de instrucciones del modelo 8020-38.

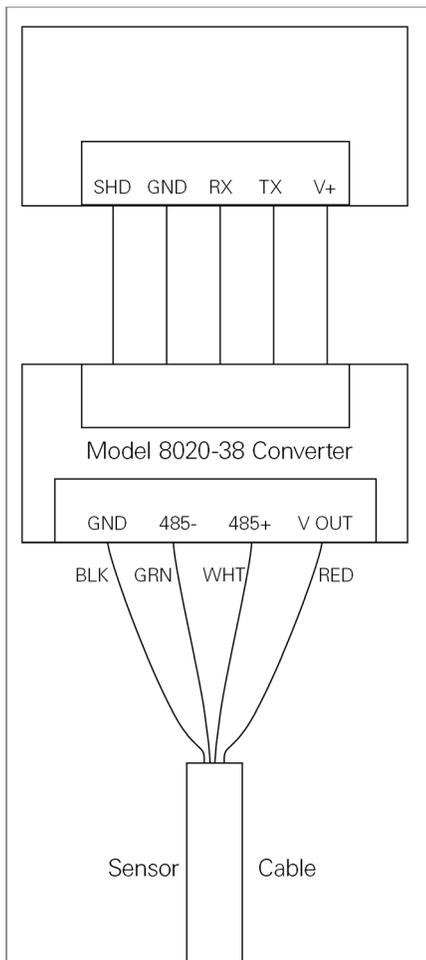


FIGURA 19: Cableado de registrador de datos sin conversión RS-485 incorporada



FIGURA 18: Convertidor de RS-485 a TTL/USB modelo 8020-38.

Nota: El registrador de datos que utilice debe contar con el puerto apropiado disponible.

- Si su registrador de datos no cuenta con comunicación RS-485 incorporada, conecte el cableado usando el diagrama a la izquierda.
- Si su registrador de datos si cuenta con comunicación RS-485 incorporada, conecte el cableado usando el diagrama en la figura a continuación.

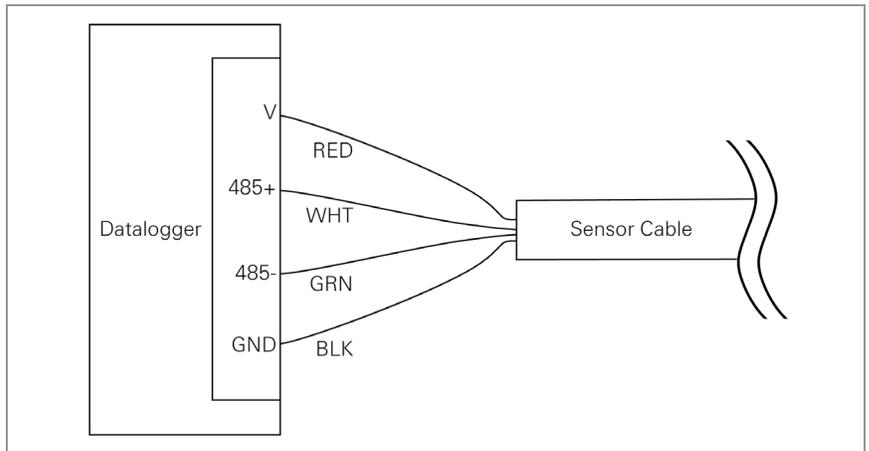


FIGURA 20: Cableado de registrador de datos con conversión RS-485 incorporada

2.7 CONECTOR DE CUATRO PINES RESISTENTE AL AGUA

Los pines de los conectores macho y hembra de cuatro pines se muestran a continuación; la función de cada cable se detalla en Tabla 1 a continuación.

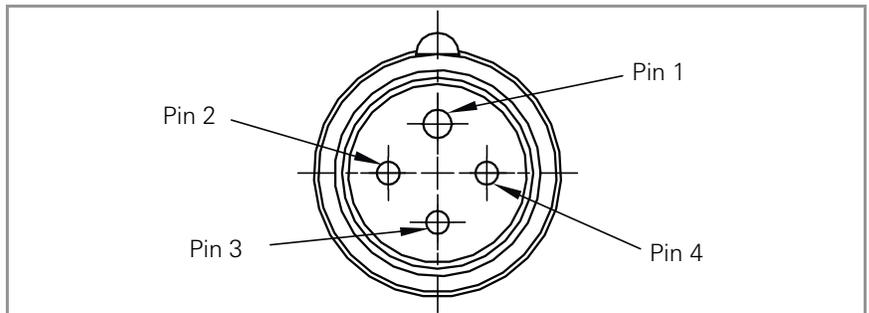


FIGURA 21: Conector macho resistente al agua

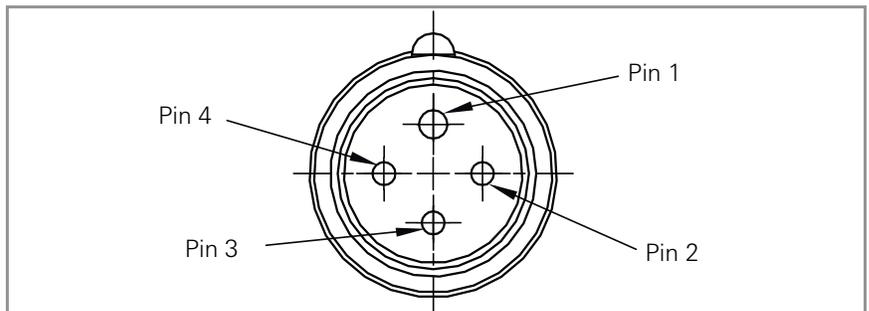


FIGURA 22: Conector hembra resistente al agua

Pin	Color del cable	Función
1	Rojo	Alimentación
2	Negro	Conexión a tierra
3	Blanco	RS-485+ Datos Alto
4	Verde	RS-485- Datos Bajo

TABLA 1: Tabla de cableado de cuatro pines

3. PROTOCOLO RTU DE MODBUS

3.1 INTRODUCCIÓN A MODBUS

Los inclinómetros modelo 6180 utilizan el protocolo de Unidad Terminal Remota (RTU, por sus siglas en inglés), un estándar del sector, para comunicarse con el método de lectura seleccionado. Como su nombre lo sugiere, Modbus se diseñó para trabajar en lo que se conoce como una **red bus**, lo que significa que todos los dispositivos reciben todos los mensajes que pasan por la red. Los inclinómetros modelo 6180 usan la interfaz eléctrica RS-485 por su prevalencia, simplicidad y éxito como capa física robusta e industrial.

Puede encontrar más información acerca de Modbus en la siguiente página de Internet:

<http://www.modbus.org/specs.php>

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOCOLO RTU DE MODBUS

El Protocolo RTU de Modbus utiliza paquetes (mensajes conformados por múltiples secciones) para comunicar y transferir datos entre dispositivos dentro de la red. El formato general de estos paquetes es el siguiente:

1. Dirección Modbus (un byte) – la dirección del dispositivo específico en el bus. (Etiquetado en el sensor como #1, #2, #3, etc.)
2. Código de función (un byte) – la acción a ser realizada por el dispositivo esclavo.
3. Datos (múltiples bytes) – la carga útil del código de función que se envía.
4. Verificación de redundancia cíclica o CRC (dos bytes): Una verificación de integridad de los datos de 16 bits calculada respecto a los otros bytes en el paquete.

3.3 TABLAS DE MODBUS

Las lecturas más recientes de los sensores se almacenan en registros en memoria y se leen usando un comando de Modbus. Las lecturas de ángulo y temperatura están disponibles en formatos procesados o previos. Las direcciones de registro y los formatos se describen en Tabla 2.

Nota: GEOKON almacena el factor de calibre y las compensaciones en el sensor durante el proceso de calibración de fábrica. Por lo tanto, las salidas de los ejes A- y B- son valores corregidos.

Tabla 3 muestra las direcciones de control de los dispositivos. Cualquier valor distinto a cero escrito a la dirección disparadora inicia un ciclo de medición, el cual actualiza los registros de las mediciones de ángulo y temperatura. Toda anomalía detectada durante el ciclo de medición más reciente produce un código de error de "no cero". Consulte Apéndice C para acceder a una explicación de estos códigos.

La contraseña flash previene escrituras no deseadas a la memoria no volátil en la Tabla 4. Contacte a GEOKON para recibir instrucciones.

Dirección del registro	Byte	Palabra	Parámetro	Unidades	Tipo	Acceso
0x100	0	LSW	Eje A-	grados	flotante	RO
	1					
0x101	2	MSW	Eje B-	grados	flotante	
	3					
0x102	4	LSW	Temperatura	°C	flotante	
	5					
0x103	6	MSW	No corregido	grados	flotante	
	7					
0x106	12	LSW	Eje A-	grados	flotante	
	13					
0x107	14	MSW	No corregido	grados	flotante	
	15					
0x108	16	LSW	Eje B-	grados	flotante	
	17					
0x109	18	MSW	Termistor ADC	N/A	uint16	
	19					
0x10A	20	LSW	Código de error	N/A	uint16	
	21					
0x10B	22	MSW				
	23					
0x10E	28	LSW				
	29					
0x117	46					
	47					

TABLA 2: Direcciones de registro y formatos

Dirección de registro	Byte	Palabra	Parámetro	Unidades	Tipo	Acceso
0x118	48		Disparador	N/A	uint16	RW
	49					
0x119	50	LSW	Contraseña	N/A	uint32	
	51					
0x11A	52	MSW	Ciclo de medición	N/A	uint16	
	53					
0x11B	54					
	55					

TABLA 3: Direcciones de control de los dispositivos

Dirección de registro	Byte	Palabra	Parámetro	Unidades	Tipo	Acceso	
0x200	0		Dirección de caída	N/A	uint16	RO	
	1						
0x201	2			Tipo de sensor	N/A		cable
	3						
0x202	4						
	5						
0x203	6						
	7						
0x204	8						
	9						
0x205	10						
	11						
0x206	12						
	13						
0x207	14						
	15						
0x208	16						
	17						
0x209	18	LSW	Número de serie	N/A	uint32		
	19						
0x20A	20	MSW	Versión del software	N/A	uint16		
	21						
0x20B	22		Versión del hardware	N/A	uint16		
	23						
0x20C	24						
	25						

TABLA 4: Memoria no volátil



4. REDUCCIÓN DE DATOS

4.1 CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN

La lectura de salida del sensor del inclinómetro 6180 es un ángulo corregido de inclinación. El sensor estándar tiene un rango total de $\pm 90^\circ$ y un rango calibrado de $\pm 15^\circ$. Los valores de registro para el Factor de medición y la Compensación se escriben de fábrica en los registros Modbus para cada sensor utilizando los datos de calibración.

4.2 CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN

El desplazamiento lateral (D) de la parte superior de cualquier segmento en relación con la línea vertical que va hasta la parte inferior del segmento es igual a:

$$D = L \sin \theta$$

ECUACIÓN 1: Desplazamiento lateral del sensor

Donde:

L = longitud del segmento

θ = ángulo de inclinación del sensor, como se describe anteriormente

El perfil del barreno se construye utilizando la suma acumulativa de estos desplazamientos laterales, comenzando por el segmento inferior. Por ejemplo, vea la figura de la izquierda.

Los desplazamientos laterales totales de la parte superior del segmento superior a partir de la línea vertical que va hasta la parte inferior del segmento inferior es:

$$D_{\text{total}} = L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 + L_3 \sin \theta_3$$

ECUACIÓN 2: Desplazamiento lateral total

4.3 CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA

En una instalación determinada, los efectos de la temperatura pueden causar cambios reales en la inclinación; en consecuencia, cada sensor cuenta con un dispositivo para leer la temperatura del sensor. Esto permite que se diferencien los cambios en la inclinación inducidos por la temperatura de los debidos a otras causas.

Es importante destacar que los cambios en la temperatura causarán que tanto la estructura como el sensor experimenten cambios físicos transitorios, los cuales aparecen en las lecturas. La temperatura del sensor debe registrarse siempre y deben hacerse esfuerzos para obtener lecturas cuando el instrumento y la estructura estén en equilibrio térmico. El mejor momento para hacer esto suele ser en horas de la noche o temprano en la mañana.

4.4 FACTORES AMBIENTALES

Debido a que el propósito de la instalación del inclinómetro es monitorear las condiciones en la obra, deberían observarse y registrarse los factores que afectan estas condiciones. Algunos efectos aparentemente menores pueden tener gran influencia en el comportamiento de la estructura objeto del monitoreo y podrían dar indicaciones tempranas de problemas potenciales. Algunos de estos factores incluyen, entre otros, detonaciones, lluvias, niveles de las mareas o reservas de agua, niveles y consecuencias de excavaciones o llenados, el tráfico, cambios barométricos y de temperatura, cambios en el personal, actividades de construcción cercanas, cambios estacionales, etc.

FIGURA 23: Ejemplo de instalación

5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

El mantenimiento y la resolución de problemas del inclinómetro fijo modelo 6180 están restringidos a revisiones periódicas de las conexiones de los cables. Los sensores están sellados y no hay partes que los usuarios puedan revisar o reparar.

En caso de que surjan dificultades, consulte la siguiente lista de posibles soluciones. Consulte Apéndice C para acceder a los códigos de error de Modbus. Consulte con la fábrica para obtener ayuda para solucionar problemas.

SÍNTOMA: LAS LECTURAS DEL SENSOR DE INCLINACIÓN SON INESTABLES O NO HAY LECTURAS

- ¿Hay una fuente de interferencia eléctrica cerca? Las fuentes de interferencia eléctrica más probables son motores, generadores y antenas.
- Revise todas las conexiones, los terminales y los enchufes.
- Es posible que el agua haya penetrado al interior del sensor de inclinación o los conectores. No hay solución.

APÉNDICE A. ESPECIFICACIONES

Rango ¹	±90°
Resolución ²	±0.00025° (±0.004 mm/m)
Precisión ³	±0.0075° (±0.13 mm/m)
No linealidad	±0.005° a lo ancho ±30° rango (±0.09 mm/m)
Incertidumbre dependiente de la temperatura	±0.019°/°C (±0.33 mm/m/°C)
Temperatura de funcionamiento	-40 a 80 °C (-40 a 176 °F)
Voltaje de suministro de alimentación	12 VDC ±20%
Corriente de funcionamiento ⁴	12 mA ±1 mA
Corriente en espera ⁴	2 mA ±0.1 mA
Máxima corriente de alimentación ⁵	500 mA
Diámetro del sensor	25.4 mm (1 pulgada)
Longitud estándar del sensor ⁶	0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m, 2 pies, 5 pies, 10 pies
Peso del sensor	0.5 m: 0.55 kg (1.22 lb), 1 m: 0.97 kg (2.14 lb), 2 m: 1.80 kg (3.98 lb), 3 m: 2.64 kg (5.82 lb), 2 pies: 0.64 kg (1.42 lb), 5 pies: 1.40 kg (3.10 lb), 10 pies: 2.67 kg (5.90 lb)
Materiales	Acero inoxidable 316, polímeros de ingeniería superior
Cable eléctrico	Cuatro conductores, protección de papel de aluminio, recubrimiento de poliuretano, diámetro total nominal = 7.9 mm
Espacio mínimo entre sensores	0.5 m
Interfaz	RS-485
Protocolo	Modbus
Tasa de baudios	115,200 bps
Exactitud de temperatura	±0.5 °C
Protección de ingreso	IP68 a 3 MPa (300 m/1000 pies de cabezal)
Peso máximo permitido de la serie	113 kg (250 lb)
Rango de diámetro de la carcasa	58 mm a 90 mm

TABLA 5: Especificaciones del inclinómetro modelo 6180

Notas:

- ¹ Rango calibrado: +/- 30°
- ² Intervalo de confianza del 99% (es decir, 99 de cada 100 lecturas individuales caen dentro de esta tolerancia)
- ³ Incluye el movimiento aleatorio (cambios entre lecturas consecutivas que no tienen causa discernible) y ruido sísmico durante las pruebas
- ⁴ Las corrientes de funcionamiento y en espera son para la caída de cada sensor individual en un conjunto de sensores
- ⁵ Para todo el conjunto
- ⁶ Espaciado personalizado disponible a pedido

A.1 LISTA DE PIEZAS

6180-0.5M	IPI MEMS vertical direccionable	Biaxial, longitud del segmento = 0.5 m
6180-1M	IPI MEMS vertical direccionable	Biaxial, longitud del segmento = 1 m
6180-2M	IPI MEMS vertical direccionable	Biaxial, longitud del segmento = 2 m
6180-3M	IPI MEMS vertical direccionable	Biaxial, longitud del segmento = 3 m
6180-2FT	IPI MEMS vertical direccionable	Biaxial, longitud del segmento = 2 pies
6180-5FT	IPI MEMS vertical direccionable	Biaxial, longitud del segmento = 5 pies
6180-10FT	IPI MEMS vertical direccionable	Biaxial, longitud del segmento = 10 pies
6180T-0.5M	IPI MEMS vertical direccionable, terminal	Biaxial, longitud del segmento = 0.5 m
6180T-1M	IPI MEMS vertical direccionable, terminal	Biaxial, longitud del segmento = 1 m
6180T-2M	IPI MEMS vertical direccionable, terminal	Biaxial, longitud del segmento = 2 m
6180T-3M	IPI MEMS vertical direccionable, terminal	Biaxial, longitud del segmento = 3 m
6180T-2FT	IPI MEMS vertical direccionable, terminal	Biaxial, longitud del segmento = 2 pies
6180T-5FT	IPI MEMS vertical direccionable, terminal	Biaxial, longitud del segmento = 5 pies
6180T-10FT	IPI MEMS vertical direccionable, terminal	Biaxial, longitud del segmento = 10 pies
6180-1	Ensamblado de cable de suspensión	Especificar longitud del cable aeronáutico 07-125SS316 requerido
6180-2	Soporte de suspensión	
6180-6	Ensamblado de cables de seguridad	Especificar longitud del cable aeronáutico 07-125SS316 requerido
6180-3-1	Cable de lectura en la parte superior/conductores sin aislamiento, < 50 pies	Especificar longitud del cable de señal 02-313P9LTD requerido
6180-3-2	Cable de lectura en la parte superior/conductores sin aislamiento, 50 pies a 100 pies	Especificar longitud del cable de señal 02-313P9LTD requerido

6180-3V	Cable de lectura en la parte superior/conductores sin aislamiento, > 100 pies	Especificar longitud del cable de señal 02-313P9LTD requerido
07-125SS316-E	Cable aeronáutico, 1/8", inglés	
07-125SS316-M	Cable aeronáutico, 1/8", métrico	
02-313P9LTD-M	Baja temperatura, cable de poliuretano, 0.313", violeta	

TABLA 6: Lista de partes del inclinómetro modelo 6180

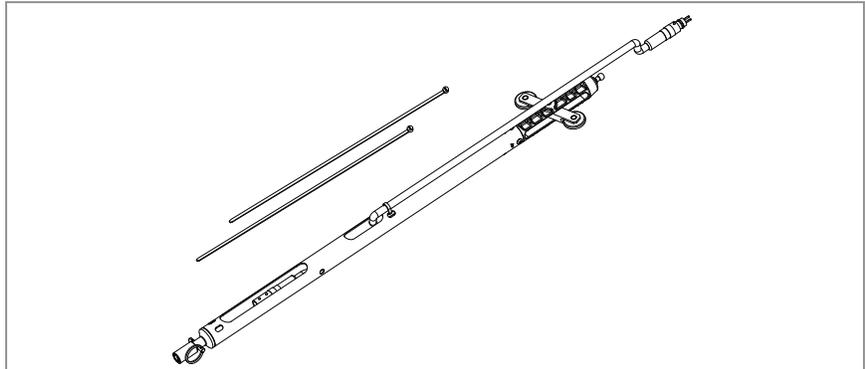


FIGURA 24: Modelo 6180-0.5 m, -1 m, -2 m, -3 m, -2 pies, -5 pies, -10 pies

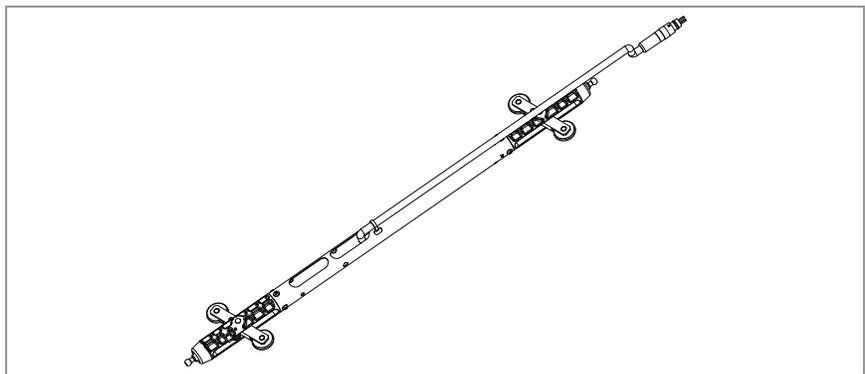


FIGURA 25: Modelo 6180T-0.5 m, -1 m, -2 m, -3 m, -2 pies, -5 pies, -10 pies

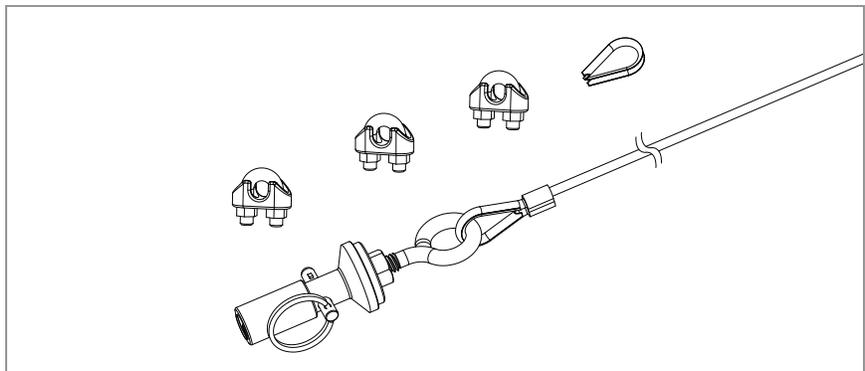


FIGURA 26: Modelo 6180-1, ensamblado de cable de suspensión

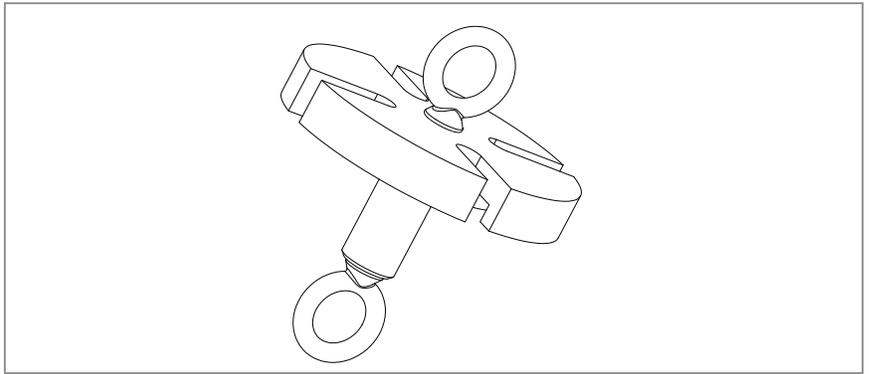


FIGURA 27: Modelo 6180-2, soporte de suspensión

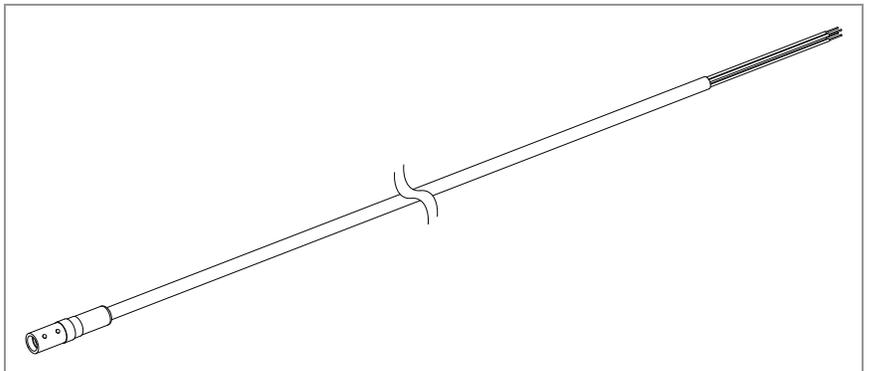


FIGURA 28: Modelo 6180-3-1, cable de lectura en la parte superior/conductores sin aislamiento -3-2, < 50 pies

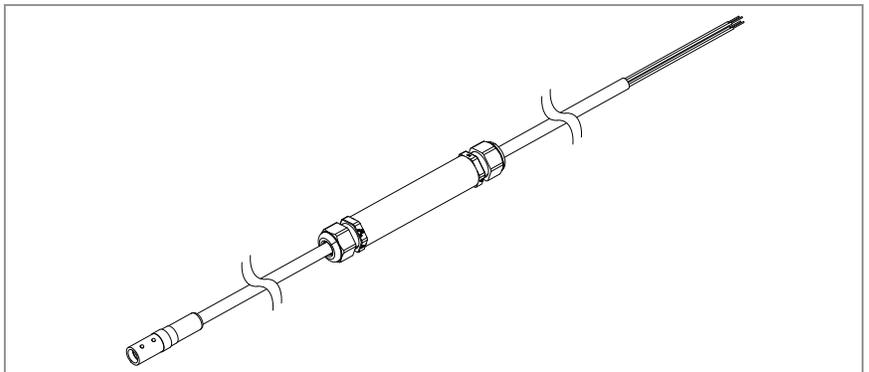


FIGURA 29: Modelo 6180-3V, cable de lectura en la parte superior/conductores sin aislamiento, > 100 pies

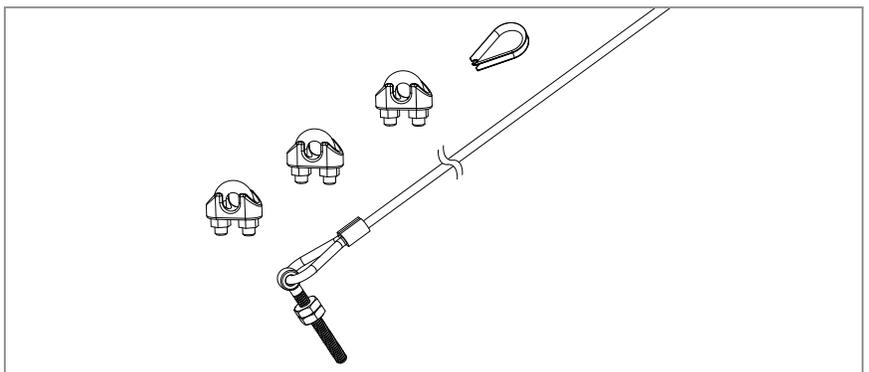


FIGURA 30: Modelo 6180-6, ensamblado de cables de seguridad

APÉNDICE B. MUESTRA DE HOJA DE CALIBRACIÓN

GEOKON®

MEMS Tilt Sensor Calibration

Model Number: 6180 Calibration Date: July 27, 2020
This calibration has been verified/validated as of 07/06/2021

Serial Number: 2935603 Axis A Temperature: 23.3

Calibration Instruction: CI-Tiltmeter MEMS Sensor Technician: _____

Inclination Angle (degrees)	Sensor Output Angle (degrees)	Error (degrees)
-20.0006	-19.9994	0.0012
-15.0003	-15.0024	-0.0021
-8.0003	-8.0000	0.0002
-4.0006	-4.0000	0.0006
-2.0002	-1.9990	0.0012
-0.0005	-0.0022	-0.0017
1.9999	2.0016	0.0017
3.9997	3.9985	-0.0012
7.9998	8.0004	0.0006
14.9998	14.9983	-0.0015
19.9998	20.0006	0.0008

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.

FIGURA 31: Muestra de hoja de calibración modelo 6180, sensor A

MEMS Tilt Sensor CalibrationModel Number: 6180Calibration Date: July 27, 2020

This calibration has been verified/validated as of 07/06/2021

Serial Number: 2935603 Axis BTemperature: 23.2Calibration Instruction: CI-Tiltmeter MEMS Sensor

Technician:

Inclination Angle (degrees)	Sensor Output Angle (degrees)	Error (degrees)
-20.0004	-19.9997	0.0008
-15.0003	-15.0019	-0.0016
-8.0003	-7.9996	0.0007
-4.0004	-3.9995	0.0009
-2.0002	-2.0001	0.0001
-0.0003	-0.0023	-0.0019
1.9995	2.0008	0.0013
3.9997	3.9989	-0.0009
7.9998	8.0007	0.0009
14.9994	14.9989	-0.0006
19.9998	20.0001	0.0004

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.

FIGURA 32: Muestra de hoja de calibración modelo 6180, sensor B

APÉNDICE C. SISTEMA DIRECCIONABLE MODBUS

C.1 PARÁMETROS DE COMUNICACIONES DE MODBUS

Configuración de puertos	Valores requeridos
Bits por segundo	115,200
Bits de datos	8
Paridad	Ninguna
Bits de detención	1
Control de flujo	Ninguno

TABLA 7: Parámetros de comunicaciones de Modbus

C.2 CÓDIGOS DE ERROR

Número	Nombre	Causa	Solución
2	Rango del sensor de temperatura	Temperatura medida fuera del rango. El termistor pudiera estar demasiado caliente o demasiado frío, o podría estar dañado.	Utilice sensores adyacentes para validar o estimar la temperatura.
4	Verificación del sensor de temperatura	El sensor de temperatura secundario difirió demasiado del sensor primario de alta precisión.	Utilice sensores adyacentes para validar o estimar la temperatura.
8	Reinicio del sistema	Interrupción inesperada en el ciclo de medición previo.	Asegúrese de que el voltaje de suministro de alimentación sea suficiente.

TABLA 8: Códigos de error

Nota: El sensor almacena y transmite errores en código binario para compactar la información. Aunque es poco probable, es posible que ocurran dos errores en un ciclo de medición. En este caso, el código resultante sería la suma de los números de los errores, por ejemplo, un error 4 más un error 8 aparecería con el número 12.

APÉNDICE D. PROGRAMACIÓN EN CRBASIC

D.1 MUESTRA DEL PROGRAMA CR1000

El siguiente programa de muestra lee una serie de sensores 6180 con tres sensores biaxiales. El conjunto en este ejemplo se comunica con el CR1000 a través de los puertos de control C1 y C2, los cuales están configurados como COM1. Se necesita de un convertidor RS-485 a TTL.

```
Public ErrorCode           'Error Code sent back from ModBus Command
Public A_Axis_Degrees(3)  'A Axis Degree Output
Public B_Axis_Degrees(3)  'B Axis Degree Output
Public Celsius(3)         'Temperature Celsius
Public Count               'Counter to increment through sensors

'Define Data Tables

DataTable(Test,1,-1)
  Sample (3,A_Axis_Degrees(),IEEE4) 'Store Degree Reading for A Axis
  Sample (3,B_Axis_Degrees(),IEEE4) 'Store Degree Reading for B Axis
  Sample (3,Celsius(),IEEE4)        'Store Thermistor C Reading
EndTable

'Main Program

BeginProg
  'Open COMport with TTL communications at 115200 baud rate
  SerialOpen (Com1,115200,16,0,50)
  'Read 3 sensors in MEMS String every 10 seconds
  Scan (10,Sec,0,0)
  'Loop through addresses of connected String
  For Count = 1 To 3
    'Reset temporary storage for both Degrees and Temp so not to retain
    'previous reading
    A_Axis_Degrees(Count) = 0
    B_Axis_Degrees(Count) = 0
    Celsius(Count) = 0

    'Flush Serial between readings
    SerialFlush (Com1)

    'Write to register to begin reading MEMS String
    NOTE: ModbusMaster won't send 0x118 unless "6H119" is 'entered

    ModbusMaster (ErrorCode,Com1,115200,Count,6,1,6H119,1,1,50,0)
    'Delay after write register
    Delay (1,1,Sec)

    'Use Modbus command to retrieve A Axis and B Axis Degree Readings
    ModbusMaster (ErrorCode,Com1,115200,Count,3,A_Axis_Degrees(Count),6H101,1,1,50,0)
    ModbusMaster (ErrorCode,Com1,115200,Count,3,B_Axis_Degrees(Count),6H103,1,1,50,0)

    'Use Modbus command to retrieve Thermistor Celsius from string
    ModbusMaster (ErrorCode,Com1,115200,Count,3,Celsius(Count),6H107,1,1,550,0)

    'Delay before proceeding to next reading
    Delay (1,1,Sec)
  Next
  'Call Table to store Data
  CallTable Test
NextScan
EndProg
```

D.2 MUESTRA DE PROGRAMA CR6

El siguiente programa de muestra lee una serie de sensores 6180 con tres sensores direccionables. El conjunto en este ejemplo se comunica con el CR6 a través de los puertos de control C1 y C2, los cuales están configurados como ComC1. El CR6 tiene capacidad RS 485 incorporada, por lo que no necesita de un convertidor RS-485 a TTL.

```
Public ErrorCode           'Error Code sent back from ModBus Command
Public A_Axis_Degrees(3)  'A Axis Degree Output
Public B_Axis_Degrees(3)  'B Axis Degree Output
Public Celsius(3)         'Temperature Celsius
Public Count               'Counter to increment through sensors

'Define Data Tables

DataTable(Test,1,-1)
  Sample (3,A_Axis_Degrees(),IEEE4) 'Store Degree Reading for A Axis
  Sample (3,B_Axis_Degrees(),IEEE4) 'Store Degree Reading for B Axis
  Sample (3,Celsius(),IEEE4)        'Store Thermistor C Reading
EndTable
```

'Main Program

```
BeginProg
'Open COMport with RS-485 communications at 115200 baud rate
SerialOpen (ComC1,115200,16,0,50,3)
'Read 3 sensors in MEMS String every 10 seconds
Scan (10,Sec,0,0)
'Loop through addresses of connected String
For Count = 1 To 3
'Reset temporary storage for both Degrees and Temp so not to retain
'previous reading
A_Axis_Degrees(Count) = 0
B_Axis_Degrees(Count) = 0
Celsius(Count) = 0

'Flush Serial between readings
SerialFlush (ComC1)

'Write to register 0x118 to trigger string
NOTE: ModbusMaster won't send 0x118 unless "&H119" is entered

ModbusMaster (ErrorCode,ComC1,115200,Count,6,1,&H119,1,1,10,0)
'Delay after write register
Delay (1,1,Sec)

'Use Modbus command to retrieve A Axis and B Axis Degree Readings
ModbusMaster (ErrorCode,ComC1,115200,Count,3,A_Axis_Degrees(Count),&H101,1,1,10,0)
ModbusMaster (ErrorCode,ComC1,115200,Count,3,B_Axis_Degrees(Count),&H103,1,1,10,0)

'Use Modbus command to retrieve Thermistor Celsius from string
ModbusMaster (ErrorCode,ComC1,115200,Count,3,Celsius(Count),&H107,1,1,10,0)

'Delay before proceeding to next reading
Delay (1,1,Sec)
Next
'Call Table to store Data
CallTable Test
NextScan
EndProg
```