

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN ISAGEN S.A. E.S.P COMO AUXILIAR DE  
INGENIERÍA CIVIL DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO, ENFOCADA EN REALIZAR UN  
MANUAL DE CONSULTA DE LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA DEL  
PROYECTO.**



**CAROLINA BAQUERO SUÁREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2012**

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN ISAGEN S.A. E.S.P COMO AUXILIAR DE  
INGENIERÍA CIVIL DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO, ENFOCADA EN REALIZAR UN  
MANUAL DE CONSULTA DE LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA DEL  
PROYECTO.**

**CAROLINA BAQUERO SUÁREZ**

**Tesis para optar al título de Ingeniera Civil.  
Modalidad: Práctica Empresarial.**

**Director de Proyecto:  
Ing. ALVARO VIVIESCAS  
Docente Escuela de Ingeniería Civil**

**Tutor Práctica Empresarial  
DANIEL RUIZ OSPINA  
Ing. Civil. Profesional Proyecto Sogamoso**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2012**

## AGRADECIMIENTOS.

A mis padres por su incondicional amor y apoyo,  
por aceptar mis sueños y ayudarme a cumplirlos.

Al equipo de ISAGEN, por permitirme vivir la mejor  
oportunidad que pude haber obtenido durante  
mi proceso como estudiante.

Al personal de INTEGRAL V.Q. por su completa  
colaboración en el proceso formativo.

A Alvaro Viviescas por su apoyo  
incondicional durante todas las etapas del proceso.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.	13
1. OBJETIVOS.	15
1.1 OBJETIVO GENERAL.	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	15
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	17
2.1. MISIÓN	17
2.2. VISIÓN	17
2.3. PROYECTO HIDROELECTRICO SOGAMOSO	18
2.3.1. Localización	18
2.3.3. Cronograma del proyecto	18
3. FUNCIONES EN ISAGEN S.A. E.S.P.	24
4. MANUAL DE CONSULTA DE LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA INSTALADA ACTUALMENTE EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO.	28
4.1. MOJONES DE CONTROL Y DE REFERENCIA	29
4.1.1. Mojones de control	29
4.1.2. Mojón de referencia	30
4.2. SISTEMAS DEX-BRS (REGISTRADOR DE MOVIMIENTO VERTICAL)	32
4.2.1. Aplicación	32
4.2.2. Componentes	32
4.2.3. Procedimiento de instalación	33
4.2.4. Procedimiento de lectura. Las lecturas se realizan mediante la sonda C121 de Sisgeo.	35
4.3. INCLINÓMETROS	35
4.3.1. Aplicación	35

4.3.2. Componentes	36
4.3.3. Procedimiento de instalación	37
4.3.4. Procedimiento de lectura	39
4.4. PIEZOMETRO DE TUBO ABIERTO	40
4.4.1. Aplicación.	40
4.4.2. Componentes.	40
4.4.3. Instalación	41
4.5. PIEZÓMETRO DE HILO VIBRATIL	43
4.5.1. Aplicación	44
4.5.2. Componentes	44
4.5.3. Instalación.	44
4.6. CELDAS DE CARGA	49
4.6.1. Aplicación	49
4.6.3. Instalación de la celda de carga.	50
4.6.4. Procedimiento de lectura	51
4.7. CELDAS DE ASENTAMIENTO	51
4.7.1. Aplicación.	52
4.7.2. Componentes	52
4.7.3. Procedimiento de instalación	52
4.7.4. Procedimiento de lectura	56
4.8. EXTENSÓMETRO DE CINTA.	56
4.8.1. Aplicación	57
4.8.2. Componentes	57
4.8.3. Procedimiento de instalación	57
4.8.4. Procedimiento de lectura	58
4.9. EXTENSÓMETRO DE POSICIÓN MÚLTIPLE	59
4.9.1. Aplicación	59
4.9.2. Componentes	59
4.9.3. Procedimiento de instalación	60
4.9.4. Procedimiento de lectura	61

5. CONCLUSIONES	62
6. BIBLIOGRAFÍA	65
7. ANEXOS.	67

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Visualización del proyecto Sogamoso.	19
Figura 2. Aérea del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	28
Figura 3. Mojón de control ubicado en los llenos de la presa	29
Figura 4. Esquema instalación mojón	31
Figura 5. Sistema Dex-Brs.	32
Figura 6. Esquema instalación sistema Dex-Brs.	33
Figura 7. Torpedo ingresando en la tubería inclinométrica	35
Figura 8. Torpedo inclinométrico con cable de conexión	36
Figura 9. Esquema de instalación del inclinómetro	37
Figura 10. Piezómetro abierto.	40
Figura 11. Esquema de instalación piezómetro de tubo abierto	41
Figura 12. Piezómetro de hilo vibrátil.	43
Figura 13. Secuencia de preparación del piezómetro	45
Figura 14. Esquema instalación para el piezómetro de hilo vibrátil	46
Figura 15. Celda de carga	49
Figura 16. Esquema instalación celda de carga.	50
Figura 17. Celda de asentamiento.	51
Figura 18. Esquema para la instalación de la tubería para la celda de asentamiento	54
Figura 19. Reservorio.	55
Figura 20. Aspecto de Argolla de convergencia instalada.	56
Figura 21. Esquema instalación de argollas de convergencia	57
Figura 22. Ejemplo posicionamiento de argollas para medida de convergencia.	58
Figura 23. Apariencia del extensómetro de posición múltiple antes de su instalación	59
Figura 24. Esquema de instalación Extensómetro de posición múltiple.	60

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Registro fotográfico del procedimiento de instalación de los instrumentos.	67
ANEXO B. Lectura de instrumentos	105
ANEXO C. Instrumentos de medición	126

## RESUMEN.

**TÍTULO:** PRÁCTICA EMPRESARIAL EN ISAGEN S.A. E.S.P COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO, ENFOCADA EN REALIZAR UN MANUAL DE CONSULTA DE LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA DEL PROYECTO.\*

**AUTOR:** CAROLINA BAQUERO SUÁREZ.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** HIDROELÉCTRICA, INSTRUMENTACIÓN, GEOTÉCNIA, INSTALACIÓN, MEDICIÓN.

### DESCRIPCIÓN:

El embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso tiene capacidad de almacenar 4.800Mm3 de agua y una generación de 820MW. El avance en la ejecución del Proyecto al finalizar el mes de noviembre de 2011 es del 44,96%. La entrada en operación comercial de la central está prevista para el mes de diciembre de 2013, mientras que el compromiso de suministro de energía firme es a partir del 1 de diciembre de 2014.

Por lo tanto y dada la magnitud del proyecto se hace necesario realizar un seguimiento detallado a las deformaciones de las excavaciones subterráneas, de las excavaciones a cielo abierto, de los rellenos de la presa y de la cara de concreto de la presa, tanto en la ejecución de la obra como en el tiempo de vida útil de generación de la central. El seguimiento de estas deformaciones se realiza mediante la utilización de equipos de instrumentación geotécnica los cuales son instalados simultáneamente a la ejecución de obra en los diferentes frentes del proyecto. Se identificó la necesidad de elaborar un manual con todas las características técnicas de instalación y de operación de toda la instrumentación del proyecto, el cual va ser una guía útil al personal encargado del monitoreo de la instrumentación durante la operación comercial de la central hidroeléctrica. Este manual contiene la descripción de cada uno de los instrumentos actualmente instalados, una guía referente a los procedimientos de instalación de cada uno de ellos y el procedimiento de medición.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director. Ing. Alvaro Viviescas. Tutor. Ing. Daniel Ruiz.

## **ABSTRACT.**

**TITLE:** BUSINESS PRACTICE ON ISAGEN S.A E.S.P AS A CIVIL ENGINEER AUXILIARY AT THE SOGAMOSO HYDROELECTRIC BUILD UP PROJECT FOCUSED ON THE CONSULTATION HANDBOOK OF GEOTECHNICAL INSTRUMENTATION\*

**AUTHOR:** CAROLINA BAQUERO SUÁREZ. \*\*

**KEYWORDS:** Hydroelectric, instrumentation, geotechnical, installation, measurement.

### **DESCRIPTION:**

The hydroelectric project reservoir located in Sogamoso has a store capacity of 4.800Mm<sup>3</sup> and 820MW water and power generation. By the end of November 2011, 44.96% of the project had been completed. The plant is scheduled to enter commercial operations in December 2013, while the firm energy supply commitment begins on December 1, 2014.

Therefore and taken into accountancy the project magnitude, it is necessary to do a detailed monitoring to the deformations of the underground excavations, the outdoor excavations, the full dam fill-ups and concrete face side fill-ups, either in the execution or the central generation time life of the project. The monitoring of these deformations is performed with the use of geotechnical instrumentation equipment which is simultaneously installed to the execution of works in the different parts of the project. It was identified a need to create a handbook with all the installation and procedure characteristics of every instrumentation in the project, which is going to be a useful guide to the personnel in charge of the instrumentation and monitoring during the commercial operation of the hydroelectric central. This handbook contains the description of each one of the installed instruments at the present time, a handbook about the installation and measurement procedures in each one of them.

---

\* Project of Grade.

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director. Eng. Alvaro Viviescas. Tutor. Eng. Daniel Ruiz.

## INTRODUCCIÓN

ISAGEN S.A. E.S.P una de las empresas generadoras de energía más grandes de Colombia, posee y opera cinco centrales de generación, cuatro de ellas de origen hidráulico y una térmica, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, se encuentra ejecutando el proyecto de generación de energía Sogamoso que consiste en el aprovechamiento del caudal del río Sogamoso mediante la construcción de una presa en el cañón donde el río cruza la serranía de la Paz.

El embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso tiene capacidad de almacenar 4.800Mm<sup>3</sup> de agua y una generación de 820MW; por lo tanto y dada la magnitud del proyecto se hace necesario realizar un seguimiento detallado a las deformaciones de las excavaciones subterráneas, de las excavaciones a cielo abierto, de los rellenos de la presa y de la cara de concreto de la presa, tanto en la ejecución de la obra como en el tiempo de vida útil de generación de la central. El seguimiento de estas deformaciones se realiza mediante la utilización de equipos de instrumentación geotécnica los cuales son instalados simultáneamente a la ejecución de obra en los diferentes frentes del proyecto. Se identificó la necesidad de elaborar un manual con todas las características técnicas de instalación y de operación de toda la instrumentación del proyecto, el cual va ser una guía útil al personal encargado del monitoreo de la instrumentación durante la operación comercial de la central hidroeléctrica.

El lector encontrará en este manual una descripción de cada uno de los instrumentos actualmente instalados, con ilustraciones de los mismos que le permitirán identificarlos de manera certera en los puntos donde se encuentran ubicados. Se ha incluido igualmente una guía referente a los procedimientos de instalación de cada uno de ellos, la misma explica de manera detallada no sólo el procedimiento de instalación a seguir, sino también los prerrequisitos de

instalación cuando haya lugar y las precauciones a tener en cuenta para realizar una instalación segura del instrumento en cuestión según los lineamientos emitidos por el fabricante y las especificaciones técnicas del proyecto. En el manual se incluye la ficha técnica de los instrumentos y los sistemas de adquisición de datos que se utilizan para la lectura de cada instrumento, también se incluye una descripción detallada de los procedimientos a seguir para realizar la toma de datos y las indicaciones del fabricante para tener una lectura fiable de los instrumentos.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Desempeñar las funciones de auxiliar de ingeniería civil durante la ejecución de obra del proyecto hidroeléctrico Sogamoso desarrollando mis funciones asignadas en el frente de obra de la central subterránea (Caverna de Transformadores, Caverna de Casa de Máquinas y Caverna de Oscilación). Creación de un manual de consulta de cada equipo de instrumentación, su instalación, su localización topográfica en obra y la forma de toma de lectura de la instrumentación geotécnica implementada en el proyecto.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar seguimiento a los informes diarios de obra enviados por la Interventoría en la ejecución de los concretos de primera y segunda etapa en la central subterránea. Analizar los rendimientos obtenidos vs los esperados.
- Controlar y organizar la entrega de planos de construcción de la Central subterránea (Caverna de Transformadores, Caverna de Máquinas y Caverna de Oscilación) entregados por la Asesoría.
- Ejecutar recorridos de obra a la central subterránea donde se tomará información para elaborar un informe de recorrido de obra de la central subterránea (Caverna de Transformadores, Caverna de Máquinas y Caverna de Oscilación) para presentárselo al tutor y llevar un registro fotográfico de los recorridos de obra. Este informe adicionalmente será presentado a la Dirección del proyecto de ISAGEN.

- Conocer los diferentes tipos de instrumentación, la adecuada instalación y los procedimientos de lecturas de los mismos, que pueden ser usados en las obras principales del proyecto.
- Elaborar el manual de consulta para el personal de operación comercial de la central subterránea de toda la instrumentación del proyecto.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

ISAGEN es una empresa colombiana de servicios públicos dedicada a la generación y comercialización de energía eléctrica. La infraestructura actualmente instalada está conformada por cuatro centrales hidroeléctricas y una central térmica con una capacidad total de generación de 2132 megavatios.

La orientación estratégica de la empresa se encamina a la expansión de la capacidad instalada para cubrir la creciente demanda energética del país.

Para lograrlo, durante el mes de agosto de 2010 entró en servicio el proyecto Guarinó.

Actualmente se encuentran el proceso de construcción los siguientes proyectos de generación: Sogamoso, Amoyá y Manso.

### **2.1. MISIÓN.**

ISAGEN desarrolla la capacidad de generación, produce y comercializa energía con el propósito de satisfacer las necesidades de sus clientes y crear valor empresarial. La gestión se desarrolla con ética, enfoque al cliente, sentido económico y responsabilidad social y ambiental.

### **2.2. VISIÓN.**

ISAGEN es líder en generación y transacciones de energía en Colombia, es el aliado de la productividad de los clientes y es reconocido por sus negocios de energía en mercados internacionales.

El desarrollo integral de los trabajadores y la responsabilidad empresarial son la base de la creación conjunta de valor para los accionistas y la sociedad.

### **2.3. PROYECTO HIDROELECTRICO SOGAMOSO**

**2.3.1. Localización.** El proyecto Sogamoso se encuentra ubicado en la zona nororiental, colombiana, específicamente el departamento de Santander.

El conjunto de obras que conforman el Proyecto se encuentran ubicadas en el cañón donde el río Sogamoso cruza la serranía de La Paz; 62 km después de la confluencia de los ríos Suárez y Chicamocha y 75 km antes de su desembocadura en el río Magdalena.

**2.3.2. Zona de influencia de las obras.** La zona de influencia de las obras comprende la jurisdicción de los municipios de Betulia, Girón, Zapatoca, San Vicente de Chucurí, Los Santos y Lebrija así como los municipios de Barrancabermeja, Puerto Wilches y Sabana de Torres ubicados aguas abajo del sitio de la presa.

**2.3.3. Cronograma del proyecto.** De acuerdo al cronograma las obras construcción del proyecto estarán concluidas al finalizar el año 2013. En el momento en que la central inicie operación comercial la capacidad instalada de la empresa aumentará en 820 megavatios, y su producción de energía aumentará en 5056 giga vatios hora año, esto representa el 10% del consumo energético del país.

**2.3.4. Descripción del proyecto.** Para la generación de energía eléctrica se utilizarán las aguas del río Sogamoso. Para lograr el aprovechamiento de las mismas se construye una presa de gravas con cara de concreto y se instalaran 3 unidades de generación que serán alojadas en la central subterránea.

A continuación se enuncian las obras que hacen parte del proyecto y la función que cumple cada una de ellas.

**Figura 1. Visualización del proyecto Sogamoso.**



1. Embalse.
2. Presa.
3. Vertedero.
4. Cuenco del vertedero.
5. Túnel de descarga y restitución.
6. Túneles Viales.

Fuente: Registro fotográfico equipo Proyecto Sogamoso ISAGEN.

**-Vías de Acceso:** Proveen acceso a los diferentes frentes de obra, se incluye en estas un puente provisional construido sobre la vía Bucaramanga Barrancabermeja.

**-Sistema de desvío:** Está conformado por dos túneles en concreto revestido de 11 m de diámetro que permiten el desvío del cauce del río para poder disponer de zona de trabajos sobre el mismo; las aguas que ingresan a los túneles de desvío son devueltas al río aguas abajo de la zona donde se realizan los trabajos.

La entrada de cada túnel consiste en una estructura de concreto, que tiene la función de encausar las aguas hacia su interior y permitir el cierre de los mismos cuando se proceda al llenado del embalse, mediante unas compuertas especiales.

**-Presa:** La presa, del tipo de gravas con cara de concreto, tiene 190 metros de altura, 345 metros de ancho en su parte más alta y una longitud de pata, medida en forma paralela al cauce del río, de casi 500 metros. El volumen de los rellenos

de la presa es de 8,5 millones de metros cúbicos. El proceso de construcción de los llenos está previsto en diferentes etapas para poder garantizar un margen de seguridad con respecto a posibles crecientes del río. Adicionalmente, se contará con una ataguía en concreto compactado con rodillo incorporada dentro del cuerpo de la presa que servirá de apoyo a la cara de concreto que se construirá sobre el talud de aguas arriba.

Los materiales utilizados en el proceso de construcción provienen de zonas de explotación de gravas naturales (Hacienda La Flor), de las excavaciones del vertedero así como de otras obras del proyecto.

**-Embalse:** El embalse hasta su nivel normal de operación, ocupará un área aproximada de 7000 hectáreas y tendrá un volumen de agua almacenada de 4800 millones de metros cúbicos.

Para iniciar el proceso de llenado del embalse los túneles de desvío anteriormente mencionados deben ser cerrados mediante las compuertas destinadas para ello. Una vez cerrados se accede a los mismos a través de su portal de salida, en su interior se construirá un tapón de concreto de una longitud de 29 metros que sellará definitivamente los túneles.

Una vez se realice el cierre de los túneles se comienza el proceso de llenado del embalse, este proceso tardará 3 meses tiempo en el cual habrá alcanzado su nivel de operación.

Durante el proceso de llenado estará operando el sistema de descarga de fondo, estructura que se detalla más adelante y que tiene como función garantizar en la zona de aguas abajo de la presa el caudal ecológico que se ha definido en la licencia ambiental.

El embalse contará con una zona de protección ecológica construida alrededor del mismo, esta zona, de 100 metros de ancho estará destinada a la conservación de la flora y la fauna propias de la región y estará conectada al parque nacional de los Yariquies por la quebrada El Ramo.

**-Vertedero:** Consiste en un canal de concreto de 72 metros de ancho y 354 metros de longitud ubicado sobre el estribo izquierdo del río. Su finalidad es evacuar los excesos de agua al cauce natural del río cuando se supere la capacidad de almacenamiento del embalse, debido a las condiciones climáticas. Ésto garantiza la estabilidad y seguridad de la presa, el diseño del vertedero está concebido para amortiguar la caída del agua y evitar que se produzcan daños cuando esta retorne al cauce. La descarga del vertedero es controlada mediante un sistema de compuertas.

**-Cuenco del Vertedero:** El cuenco es la zona que recibe el agua del vertedero cuando este se encuentra en operación. Para garantizar la estabilidad del talud la construcción se realizó construyendo una serie de terrazas en el terreno natural existente.

**-Bocatoma y sistema de carga:** El agua almacenada en el embalse es conducida a los equipos de generación a través del sistema de carga, constituido por una bocatoma, que consiste en una estructura de concreto de 110 metros de longitud por 25 metros de altura que cuenta con una reja a la entrada, esta estructura se encuentra a una altura de 90 metros sobre el lecho del río.

El sistema de carga está conformado por 3 conductos o túneles de carga con un tramo horizontal superior de 130 m, un pozo de 95 metros y un tramo horizontal inferior de 180m.

### **-Central subterránea y túneles de acceso:**

Se compone de las cavernas de transformadores, máquinas y oscilación.

**Caverna de transformadores:** Tiene como finalidad alojar los tres transformadores de potencia de la central, que estarán aislados de los equipos de generación. La energía generada se conduce por medio de unos cables especiales, ubicados en el pozo de cables hacia la superficie, a 120 m de altura.

**Caverna de máquinas:** En esta construcción estarán alojadas las unidades de generación.

Cada unidad de generación está compuesta por:

- Una turbina de tipo Francis, de eje vertical con una potencia nominal de 278.8 MW
- Un generador trifásico síncrono enfriado por aire con una capacidad nominal de 324 MVA. Con un voltaje nominal de 16.5 KV.

**Caverna de Oscilación:** Esta construcción se diseña para recoger las aguas después de han pasado por las turbinas. Su función es disipar las ondas elásticas generadas por el flujo cuando hay un cierre rápido, puesta en marcha de turbinas o presencia de aire. Sus dimensiones son: 100 m de longitud, 20 m de ancho y 43m de alto.

**Túnel de descarga y restitución:** Este túnel es el encargado de devolver toda el agua al río después de que ha cumplido el proceso de generación en un sitio ubicado después de la presa. Las dimensiones del mismo son: 223 m de longitud, 17 metros de alto y 14 metros de ancho.

**Túnel de descarga de fondo:** Consiste en un túnel del 650 m de longitud construido sobre la margen derecha del río, cuenta con una compuerta radial graduable, que permite ejercer control sobre la velocidad de llenado del embalse, la capacidad máxima de la misma es de 486 m<sup>3</sup> .

### 3. FUNCIONES EN ISAGEN S.A. E.S.P.

Me desempeño como auxiliar de ingeniería del equipo de obras civiles de ISAGEN S.A. E.S.P. durante la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, donde realizo las siguientes funciones:

- Elaboración de informes de los recorridos de avance a la central subterránea, verificando recursos disponibles, equipos, personal. Rendimientos reales vs previstos. Mediante la recopilación de información en las visitas a la obra, los planos, las notas de campo, los informes diarios que emite la interventoría y las comunicaciones emitidas por la asesoría, el contratista y la interventoría.
- Revisión y trámite de documentos producidos por el contratista, asesoría e interventoría.
- Revisión de los informes diarios de concretos de primera y segunda etapa en caverna de máquinas y caverna de transformadores, emitidos por la interventoría, verificando las actividades mencionadas con las elaboradas y la relación de las cantidades ejecutadas de concretos y aceros de cada actividad con la cantidad teórica.
- Seguimiento a las notas de campo de la central subterránea y la instrumentación de todo el proyecto.
- Acompañamiento a la instalación de instrumentación, mediante salidas de campo periódicas se registra el proceso de instalación de cada uno de los instrumentos a utilizar en el proyecto.
- **Revisión de planos de construcción.**  
Revisión general de los planos de construcción del proyecto emitidos por el diseñador, específicamente los planos de la central subterránea y los planos de instrumentación geotécnica en todos los frentes de trabajo. Estos planos

dependiendo de diferentes situaciones en el terreno, por ejecución de obra, por plazos en la programación de obra o por solicitud de ISAGEN pueden cambiar, creando nuevas revisiones, por lo tanto el plano anterior queda obsoleto. Esto se tiene en cuenta para organizar los planos ya sean como planos actualizados o revisiones anteriores y si es necesario efectuar su comparación. A cada uno de los planos se le elabora una hoja de vida, donde indica el número del plano, el título, la revisión vigente, el tipo de plano que puede ser geotécnico, estructural, eléctrico, mecánico arquitectónico o hidráulico, el lote, la descripción de cada modificación y la fecha de cada una de las revisiones.

Mediante una comunicación se le entrega a la interventoría dos copias de los planos y las cartillas de despiece, archivos en DWG y PDF de cada uno de los planos, los archivos en Excel y PDF de las cartillas de despiece de acero y las hojas de vida de cada uno de los planos para realizarles seguimiento. Una copia permanece en la interventoría y la restante es entregada por la interventoría al contratista junto a los archivos digitales.

- Verificación del programa de ejecución de actividades en la caverna de máquinas. Los participantes en el proceso de licitación entregan un programa detallado de ejecución de actividades el cual se actualiza y ajusta una vez se imparte la orden de inicio de los trabajos y se constituye en una de las herramientas principales de control del proyecto. Cada frente tiene su programa detallado, en este caso se realiza seguimiento al programa de ejecución de la caverna de máquinas, verificando que las fechas propuestas como inicio y fin de cada actividad sean reales y oportunas para la ejecución de las diferentes actividades de la caverna.
- Asistencia y revisión de las notas de las reuniones de concretos, de instrumentación y de automatización.

## **REUNIÓN CONCRETOS CENTRAL SUBTERRÁNEA.**

### **TEMARIO REUNIÓN.**

- Lectura de las notas – Reunión anterior y revisión de temas pendientes por definir de acuerdo a las notas.
- Inquietudes sobre las notas de campo enviadas por la Asesoría desde la pasada reunión.
- Inquietudes sobre las comunicaciones enviadas desde la pasada reunión por la interventoría.
- Estado actual de las cartillas de despiece de acero de los diferentes frentes de obra.
- Estado actual de los frentes en ejecución.
- Revisión del programa de ejecución de obra entregado por el contratista.
- Revisión planos estructurales que próximamente se van a necesitar de acuerdo a la programación de ejecución entregado por el contratista.
- Temas adicionales a consideración de los participantes.

## **REUNIÓN INSTRUMENTACIÓN.**

### **TEMARIO REUNIÓN.**

- Revisión notas de campo y comunicaciones enviadas desde la pasada reunión.

## **INSTRUMENTACIÓN DE LA PRESA:**

- Revisión del cumplimiento de los compromisos acordados en la reunión anterior.
- Temas adicionales a consideración de los participantes.

## **INSTRUMENTACIÓN EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS Y A CIELO ABIERTO:**

- Revisión del cumplimiento de los compromisos acordados en la reunión anterior.
- Avance de instalación de las estaciones de monitoreo hasta la fecha (obras subterráneas y superficiales).
- Avance de las lecturas de las estaciones de monitoreo hasta la fecha (obras subterráneas y superficiales).
- Estado de la instrumentación instalada por frente de obra.
- Temas adicionales a consideración de los participantes.

## **REUNIÓN AUTOMATIZACIÓN.**

### **TEMARIO REUNIÓN.**

- Seguimiento al cronograma enviado por el contratista “Instrumentación Geotécnica – Automatización del sistema – Cronograma de desarrollo y suministro, software de gestión de datos – última revisión.
- Temas adicionales a consideración de los participantes.

#### **4. MANUAL DE CONSULTA DE LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA INSTALADA ACTUALMENTE EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO.**

Este manual contiene los procesos de instalación de cada uno de los instrumentos instalados actualmente en el proyecto. Estos instrumentos corresponden a mojones para el control de desplazamientos superficiales, inclinómetros para el seguimiento de los desplazamientos horizontales en profundidad, piezómetro de tubo abierto y de hilo vibrátil para la medición de los niveles piezométricos, sistema Dex-Brs y celdas para el control de los asentamientos de los llenos de la presa, extensómetros de cinta y extensómetros de posición múltiple para medir las deformación de las excavaciones subterráneas (túneles y cavernas). Si desea conocer el registro fotográfico del procedimiento de instalación de los instrumentos ver ANEXO A.

**Figura 2. Aérea del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.**



Fuente: Registro fotográfico equipo Proyecto Sogamoso ISAGEN.

## 4.1. MOJONES DE CONTROL Y DE REFERENCIA.

Figura 3. Mojón de control ubicado en los llenos de la presa.



Fuente: El Autor.

**4.1.1. Mojones de control.** Son instrumentos de control que permiten realizar mediciones del desplazamiento tanto horizontal como vertical del terreno donde son instalados; pueden ser prefabricados o fundidos en sitio. Su posición debe ser referenciada respecto a otro mojón que se ha ubicado en un lugar estable y se denomina mojón de referencia.

### 4.1.1.1. Componentes

- Dado de concreto.
- Platina de bronce.

**4.1.1.2. Instalación de un mojón de control:** El proceso de instalación consiste en trazar en el terreno el punto proyectado para hacer el control, luego se realiza pequeña excavación que permita ubicarlo sobre el suelo.

Se funde un dado de concreto en el cual está embebido un pin de bronce, este pin será el apoyo del jalón con el prisma.

En el caso específico de los mojoneros sobre la cara de concreto el dado de hormigón debe instalarse de manera solidaria con la cara de la misma, para garantizar lo anterior deben anclarse varillas de hierro corrugado sobre la cara de la presa en el punto donde se está realizando la instalación del mojón.

El prisma debe contar con un recubrimiento para protección contra agentes externos (intemperie) en el cual se dejará una ventana que permita su observación desde los puntos de control que se hayan determinado.

Se replantea la posición del mojón de control, luego se coloca la formaleta, seguidamente se funde el concreto y antes que el concreto fragüe se ubica dentro de la formaleta en toda la mitad del mojón un cilindro metálico a través de toda la altura del mojón que en la punta inferior tiene un sistema de anclaje con la superficie en la que se apoya y en la punta superior tiene un tornillo que sirve como base de anclaje para el prisma.

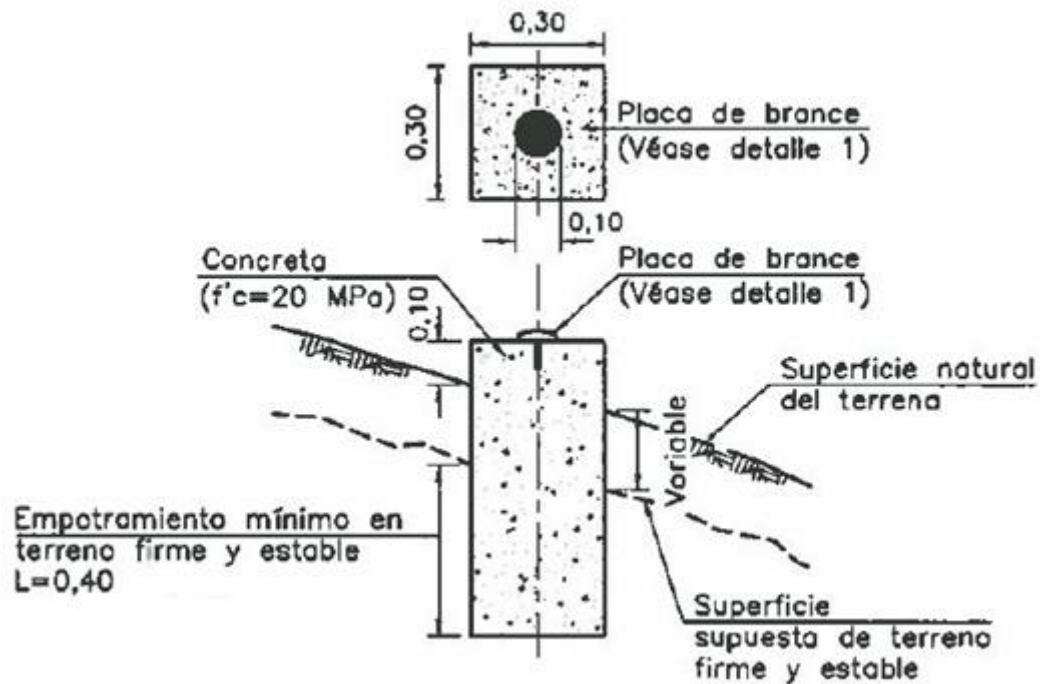
#### **4.1.2. Mojón de referencia**

##### **4.1.2.1. Componentes**

- Dado de concreto
- Cilindro metálico
- Tornillo o base de anclaje del prisma reflectante
- Prisma reflectante

#### 4.1.2.2. Instalación de un mojón de referencia.

Figura 4. Esquema instalación mojón.



Este tipo de mojones, anclados a la roca donde teóricamente no hay movimientos se usan como referencia admitida.

Para su instalación debe buscarse un lugar apartado, sobre roca firme, se replantea en el terreno.

Se realiza una perforación para anclar el mojón a la roca por medio de un cilindro de aproximadamente un metro de altura y 30 cm de diámetro, se funde el dado en concreto y mientras el concreto aún se encuentre fresco, se introduce el cilindro antes mencionado que en la parte superior tiene un tornillo o base metálica para fijar el prisma reflectante.

## 4.2. SISTEMAS DEX-BRS (REGISTRADOR DE MOVIMIENTO VERTICAL)

Figura 5. Sistema Dex-Brs.



Fuente: El Autor.

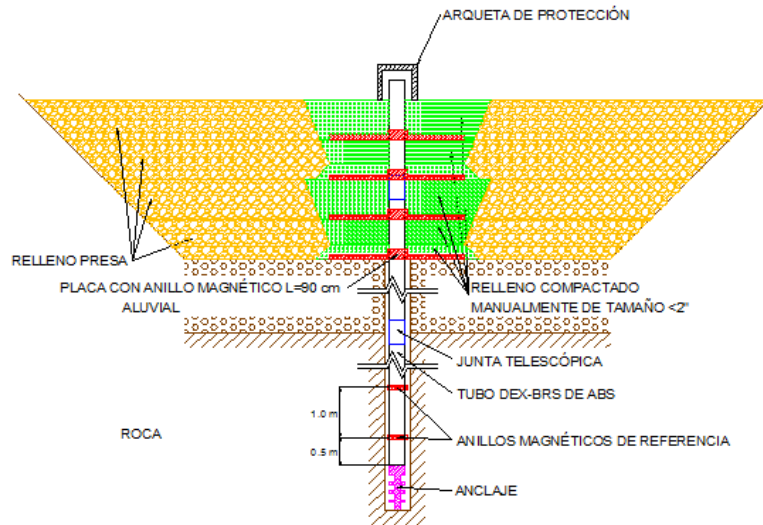
**4.2.1. Aplicación.** Son usados para medir los asentamientos en los llenos de la presa y tener información sobre el comportamiento del terreno natural bajo la presa.

### 4.2.2. Componentes.

- Anillos magnéticos
- Placas de acero
- Tubería ABS
- Juntas telescópicas
- Sonda detectora de campos magnéticos

#### 4.2.3. Procedimiento de instalación.

Figura 6. Esquema instalación sistema Dex-Brs.



Fuente: Memoria técnica general de instrumentación geotécnica..

Conocer la profundidad donde teóricamente no se producen asentamientos para tomar esto como referencia fija en las mediciones, replantear las coordenadas del sondeo, perforar 2 m debajo del punto determinado como estable. En un extremo de una sección de tubería ABS de 38mm (1 1/2") se acopla el anclaje de fondo al sistema y en el otro extremo de la tubería se inserta un anillo magnético hasta que quede a 0.5m del extremo superior del anclaje, luego se inserta otro anillo magnético quedando a 1.5 m del extremo superior del anclaje. En el extremo opuesto del tubo ABS se instala una junta telescópica para anexarle el siguiente tramo de tubería, se inserta la tubería en el orificio y sucesivamente se va anexando tubería hasta que se llegue a los inicios de los llenos de la presa, se procede a inyectar lechada con cemento en el espacio entre la tubería y el agujero de perforación para que el sistema quede funcionando solidariamente con el terreno, en el nivel donde se inician los llenos de la presa se deja libre 1.5 m del extremo superior del tubo en el que se fija la parte inferior de la junta telescópica,

luego se coloca una placa metálica que tiene inserto un anillo magnético de 8,3 cm de diámetro. Esta placa tiene unas dimensiones de 90x30x3.3 cm y en la mitad un orificio donde se introduce el anillo antes mencionado. Después de haber insertado la placa se fija el extremo superior de la junta. Las placas metálicas se instalan cada 3 metros en forma perpendicular la una a la otra, la primera es instalada con una dirección de 45° al eje del río, la que le sigue a 90° de la anterior y así sucesivamente.

**4.2.3.1. Instalación de la placa magnética:** Para la instalación de la placa magnética se debe colocar arena fina y compactar con máquina liviana un metro alrededor del tubo. Luego colocar arena muy fina y nivelar la superficie, verificando por medio de una regla de nivel. Se inserta la placa con anillo magnético en la tubería y se verifica por topografía el nivel de ésta, se fija el anillo magnético a la tubería con tornillos, luego se coloca arena muy fina en la parte superior de la placa, se rodea la tubería con arena fina hasta una altura considerable con relación a el nivel en que están los llenos de la presa y al próximo banqueo a realizar. Luego se coloca un cascarón metálico para que proteja la tubería de los trabajos de llenos de la presa. Se repite el proceso hasta que se finalicen los llenos en la presa, cuando esto ocurre se protege el instrumento con una arqueta en la parte superior del tubo.

**4.2.3.2. Instalación de las juntas telescópicas:** Las juntas telescópicas se instalan en los extremos de la tubería, esta tubería vienen en secciones de 3 m, en el momento del ensamble de la junta se aplica silicona líquida en toda la superficie de contacto. No debe olvidarse realizar el ajuste de los tornillos en las zonas acanaladas de las juntas. La unión debe protegerse con geotextil que es adherido con cinta adhesiva transparente.

**4.2.4. Procedimiento de lectura.** Las lecturas se realizan mediante la sonda C121 de Sisgeo.

Las características del mismo se detallan en el anexo INSTRUMENTOS DE MEDICION. Si desea obtener información detallada sobre el proceso de lectura con los instrumentos consulte el anexo LECTURA DE INSTRUMENTOS.

### 4.3. INCLINÓMETROS

**Figura 7. Torpedo ingresando en la tubería inclinométrica**



Fuente: El Autor.

**4.3.1. Aplicación.** Son instrumentos que permiten realizar la medición de los movimientos que se presentan en el terreno a diferentes profundidades así como realizar monitoreo de la estabilidad del mismo.

En el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso estos instrumentos de medición son fácilmente identificables ya que sus cajas protectoras de concreto se encuentran pintadas de color amarillo.

#### 4.3.2. Componentes.

- Revestimiento guía, que consiste en un tubo ranurado instalado permanentemente para controlar la orientación de la sonda.
- Sonda Inclinométrica: La sonda S242SV30 está equipada con un servo-acelerómetro biaxial de rango  $\pm 30^\circ$  que garantiza resultados de elevada precisión y repetitibilidad de las medidas.
- Cable inclinométrico: Empleado para bajar la sonda inclinométrica en el interior de las tuberías inclinométricas. Resistente a la abrasión y a los agentes químicos. La vaina externa de poliuretano contiene en su interior una trenza metálica que reduce la tensión del cable y el deslizamiento entre el conductor y la vaina. El núcleo está formado por un cable de acero inoxidable que evita el alargamiento del cable inclinométrico. El relleno plástico interior elimina el deslizamiento entre cada conductor y la vaina externa de poliuretano. Sobre la vaina externa se encuentran marcas táctiles cada 50 cm. El cable incluye el conector para la sonda inclinométrica.

##### 4.3.2.1. Torpedo inclinométrico.

Figura 8. Torpedo inclinométrico con cable de conexión



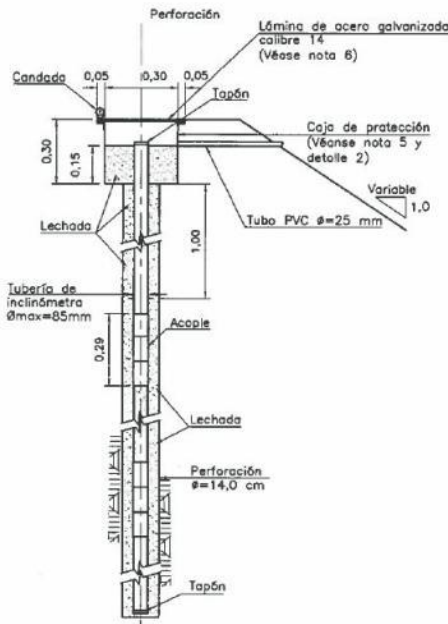
Fuente: Catálogo Sisgeo SPA Rev. 00 04/05.

## Especificaciones Técnicas

Rango de medida	: $\pm 53^\circ$ desde la vertical
Repetitibilidad	: $\pm 0.003^\circ$
Temperatura de utilización	: $-20^\circ\text{C}$ $+50^\circ\text{C}$
Precisión (con central ARCHIMEDE)	: $\pm 0.02$ mm por 500mm
Distancia entre ejes ruedas	: 500 mm
Longitud	: 750 mm (sin conectores)
Diámetro de ruedas	: 32 mm
Longitud de cable	: 30, 50, 60, 100, 150, 200 m
Graduación	: Cada 50 cm
Dimensiones	: 25.4x653mm. Sin cable de control
Peso	: 1.8Kg
Material	: Acero inoxidable

### 4.3.3. Procedimiento de instalación.

Figura 9. Esquema de instalación del inclinómetro.



Fuente: Plano E3-LT4.2-GEO-036. Rev. 1.

Para la instalación de este instrumento deben seguirse el procedimiento que se detalla a continuación:

Ubicación y/o replanteo de la localización del sondeo.

Deben realizarse procedimientos de sondeo que permitan tener un conocimiento del terreno donde va a ser ubicado el inclinómetro, lo anterior para poder determinar una profundidad de instalación en la que teóricamente el terreno es estático y puede ser usado como una referencia fija.

Se realiza la excavación de sondeo hasta la profundidad establecida, dicha perforación tendrá un diámetro mínimo de 10,16 cm (4") y una desviación no mayor del 5% de la longitud de la perforación.

Debe instalarse una tubería de revestimiento de 85mm que permita alojar dentro de sí la tubería inclinométrica y la tubería de inyección de la lechada.

El tubo inclinométrico a instalar debe sellarse con el tapón de fondo teniendo especial cuidado en que se logre un sello que impida la entrada de la lechada u otro material presente en el foso hacia el interior del tubo inclinométrico.

En el extremo libre del tubo se ubica una unión que se fija mecánicamente con tornillos o remaches, la misma debe sellarse con silicona para evitar la entrada de material dentro del tubo (lechada u otro material), esta unión se recubre con cinta para una mayor protección. El tubo inclinométrico así preparado es introducido en la perforación de sondeo junto a la tubería de inyección de lechada.

Este proceso debe repetirse hasta que se pueda verificar que la base del tubo inclinométrico se encuentra totalmente apoyado en el fondo de la perforación.

Se rellena el espacio existente entre la el foso de sondeo y la tubería inclinométrica con lechada de cemento, que se inyecta utilizando la tubería de inyección que se insertó junto con la tubería inclinométrica.

Mientras se realiza la inyección de la lechada se procede a retirar la tubería de revestimiento.

**Nota:** En este proceso debe tenerse especial cuidado de no retirar accidentalmente la tubería inclinométrica junto con el revestimiento que se está extrayendo.

El foso de sondeo se rellena completamente con la lechada de cemento, se debe garantizar la perfecta unión de la tubería de tal manera que al iniciar el llenado, la mezcla no fluya hacia el interior del tubo.

Una vez concluido el llenado se recorta la porción restante del tubo inclinométrico permitiendo que sobresalgan del foso de sondeo aproximadamente unos 20 cm de tubería que se protegen mediante el uso de una caja de concreto que debe contar con una tapa para su chequeo y limpieza.

**4.3.4. Procedimiento de lectura.** Las lecturas se realizan en dos direcciones perpendiculares entre sí, mediante la introducción del torpedo deslizante en la tubería inclinométrica. Este sensor registra inclinaciones que posteriormente se traducen en movimientos horizontales.

Las lecturas se realizan mediante el Datalogger LEONARDO del fabricante Sisgeo.

Si la sonda usada es del fabricante SLOPE INDICATOR la unidad de lectura para la misma es la DIGITILT DATAMATE II.

Las características del mismo se detallan en el anexo INSTRUMENTOS DE MEDICION. Si desea obtener información detallada sobre el proceso de lectura con los instrumentos consulte el anexo LECTURA DE INSTRUMENTOS.

#### **4.4. PIEZOMETRO DE TUBO ABIERTO.**

**Figura 10. Piezómetro abierto.**



Fuente: El Autor.

**4.4.1. Aplicación.** Son instrumentos que se utilizan para obtener mediciones del nivel piezométrico del terreno en donde se encuentran ubicados.

**4.4.2. Componentes.** El instrumento está compuesto por:

- Tramos de tubo PVC de 38mm (1 ½”) de diámetro que serán empalmados mediante accesorios de unión y las mismas se fijaran con pegamento especial para tubería PVC. La cantidad de tramos a usar estará determinada por la longitud de la perforación realizada para la instalación.
- Punta de plástico poroso tipo Casagrande.

- Sonda Indicadora de nivel de agua C112.1.

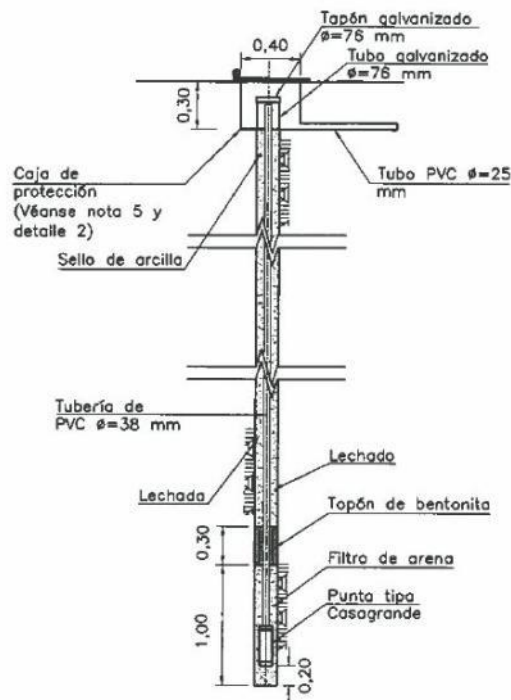
Está compuesta por una cinta milimetrada en cuyo extremo se encuentra la sonda de medición de nivel. En tambor de enrollamiento se encuentra alojada la batería que alimenta los indicadores.

#### 4.4.3. Instalación.

**4.4.3.1. Pasos previos a la instalación:** El elemento de filtro deberá saturarse de agua antes de realizar la instalación, para asegurar la completa saturación del mismo debe sumergirse en agua durante un tiempo no inferior a 24 horas.

#### 4.4.3.2. Procedimiento de instalación.

Figura 11. Esquema de instalación piezómetro de tubo abierto.



Fuente: Plano E3-LT 4.2 –GEO-036. Rev 1.

Debe replantearse en superficie la localización del sondeo.

Se establece la profundidad del sondeo basándose en la localización del nivel freático; para lo anterior el instalador debe valerse de los resultados de sondeos anteriores; si estos no existen el instalador se basará en la detección de la capa acuífera mientras se realiza la perforación del sondeo. El diámetro del sondeo debe ser de 76mm (3”), la profundidad de sondeo debe ser 50 cm mayor que el punto de instalación que se haya determinado para el filtro.

El filtro piezométrico debe ser recubierto con material geotextil para evitar su posible obstrucción debido a la presencia de material fino sobre la superficie del mismo.

Antes de introducir la tubería debe hacerse en el sondeo una cama con arena de 3,2mm (1/8”) de tamaño máximo, cuya altura puede estar entre los 50 y 100 cm.

Se comienza a introducir la tubería en el sondeo que tiene acoplado en el extremo inferior una punta de plástico poroso, este proceso se realizara por tramos de tubería, por seguridad se sujeta el primer tramo; que contiene el elemento filtrante con una cuerda. En el extremo libre se coloca el accesorio de unión (para realizar las uniones de los accesorios debe seguirse el proceso recomendado de limpieza de los mismos con limpiador para tubería PVC y posterior aplicación del pegante para las mismas). Cada una de las uniones es protegida con cinta adhesiva transparente. Se coloca el tramo siguiente de tubería y se desliza el amarre de la cuerda hasta el extremo del mismo. Se continúan agregando tramos de tubería siguiendo el procedimiento anterior hasta alcanzar la superficie del sondeo.

Se deja una longitud de aproximadamente 40 cm sobresaliendo de la superficie del sondeo para la posterior colocación de la placa.

Cuando la tubería se encuentre posicionada, se procede al llenado del sondeo con arena gruesa hasta la altura donde debe ubicarse el sello; la altura de colocación del sello se determina mediante la observación de los núcleos extraídos del sondeo.

**4.4.3.3. Realización del sello y finalización del llenado:** Para realizar el sello se utiliza bentonita en piedra ya que sus propiedades físicas la constituyen en un material ideal para esta aplicación; ya que tiene la particularidad de absorber hasta cinco veces su peso de agua y de hincharse hasta 13 veces su volumen seco.

Esta debe depositarse lentamente en el interior del sondeo, se procede a humedecerla y se espera unos minutos para que hidrate; se continúa el llenado con arena hasta llegar al extremo del sondeo.

Finalmente se coloca el tapón de la tubería y se procede a realizar el fundido de la placa de protección.

#### **4.5. PIEZÓMETRO DE HILO VIBRÁTIL**

**Figura 12. Piezómetro de hilo vibrátil.**



Fuente: Memoria técnica general de instrumentación geotécnica.

**4.5.1. Aplicación.** Estos instrumentos permiten realizar mediciones de la presión del agua al interior del terreno donde son instalados.

**4.5.2. Componentes.** El piezómetro de hilo vibrante está constituido por los siguientes elementos:

- Una cuerda de acero que está sujeta en un extremo a una pared inmóvil y en el otro a una membrana a través de la cual se percibe el cambio en la presión externa.
- Un filtro de cobre o cerámica que está instalado en el extremo o punta del sensor, por donde el agua entra a la membrana. Una o dos bobinas (dependiendo de la versión) que tienen como función excitar el hilo mediante una frecuencia determinada, mientras la otra capta la frecuencia de vibración del hilo convirtiéndola en corriente.

**Nota:** Los piezómetros deben tener capacidad para medir hasta 1,8 MPa (18 kgf/cm<sup>2</sup>) de presión positiva, sensibilidad en la punta de 0,001 MPa (0,01 kgf/cm<sup>2</sup>) y exactitud de 0,1% sobre la amplitud total. Los piezómetros deberán tener un diámetro máximo de 25mm.

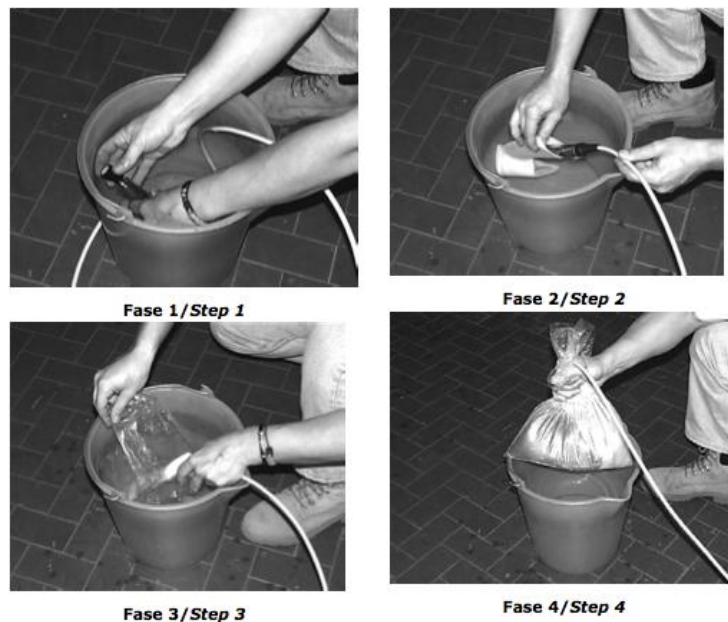
**4.5.3. Instalación.**

**4.5.3.1. Pasos previos a la instalación:** Antes de realizar la instalación de esos instrumentos debe realizarse una lectura manual de los mismos, la lectura obtenida debe compararse con la lectura registrada en la hoja de datos que suministra el fabricante, lo anterior con el fin de verificar el correcto funcionamiento del instrumento.

**Nota:** Los valores pueden diferir ligeramente de los suministrados por el fabricante, sin que esto indique un mal funcionamiento del instrumento; simplemente se debe a la variación de las condiciones de temperatura y presión. Los filtros cerámicos deben ser retirados del instrumento y sumergidos en agua desaireada para saturarlos durante un periodo no menor de 24 horas. Si se cuenta con un saturador, la operación puede realizarse con el mismo de manera casi instantánea.

#### 4.5.3.2. Preparación del piezómetro.

Figura 13. Secuencia de preparación del piezómetro.



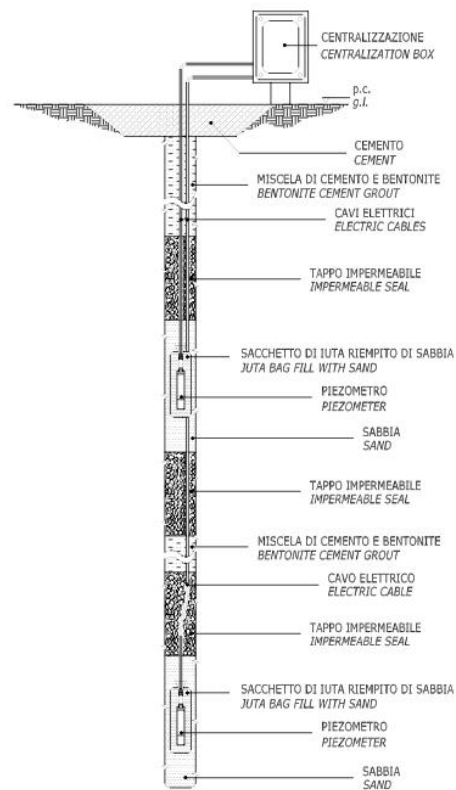
Fuente: Memoria técnica general de instrumentación geotécnica.

En un recipiente lleno de agua se introduce el piezómetro junto con el filtro cerámico que debe ya encontrarse saturado (**Fase1**), debe dejarse que la cámara hidráulica se llene y a continuación se coloca el filtro cerámico en su lugar.

Con el instrumento aún bajo el agua este se introducirá en el saco geotextil (**fase 2**) el espacio existente entre dicho saco y el piezómetro se debe rellenar con arena fina; todo el conjunto se introduce en una bolsa plástica, se fija la bolsa al cable y de esta manera se transporta hasta la boca del sondeo.

#### 4.5.3.3. Procedimiento de instalación.

Figura 14. Esquema instalación para el piezómetro de hilo vibrátil.



Fuente: Memoria técnica general de instrumentación geotécnica.

Para la instalación de este instrumento debe seguirse el procedimiento descrito a continuación:

La localización de del sondeo debe replantearse en superficie.

Se establece el emplazamiento en profundidad del instrumento, para hacerlo se utiliza los resultados de sondeos previos, si están disponibles, de lo contrario se debe prestar especial atención a la detección de capas de acuíferos durante la perforación del sondeo.

Una vez determinado el punto de instalación del piezómetro se realiza la perforación, adicional a la profundidad de perforación, se perforan 50 cm adicionales; la profundidad de toda la perforación se verifica mediante una cinta métrica.

El fondo del sondeo debe lavarse hasta que el agua salga limpia en la superficie. Se toma nuevamente una lectura manual del instrumento para asegurar su correcta operación.

La perforación de 50 cm realizada después del punto de instalación debe llenarse con arena o grava fina ( $\varnothing$  Max 0.5 cm).

Se transporta el piezómetro previamente preparado hasta la boca del sondeo y se introduce por la misma.

**Nota:** Una vez la bolsa de plástico se encuentre sumergida debe romperse para que el piezómetro quede dentro del agua.

Con la ayuda del cable se baja el instrumento hasta alcanzar el lecho de arena. El Sondeo se continua rellenando con arena o grava hasta recubrir el instrumento por lo menos 50 cm (La distancia debe tomarse con cinta métrica).

Tomar una nueva lectura manual del piezómetro para verificar su correcto funcionamiento.

Debe realizarse un tapón de bentonita u otro material de características similares, el mismo debe tener un metro de espesor. Se completa el relleno del sondeo con arena gruesa el cual debe ser compactado con instrumentos livianos.

**4.5.3.4. Instalación de dos piezómetros en un mismo sondeo:** Para iniciar la instalación del segundo piezómetro debe rellenarse con arena o grava gruesa la distancia que resta después del tapón de bentonita puesto en primer procedimiento, hasta que el sondeo se encuentre a 1,5 metros de la posición donde se desea ubicar el segundo piezómetro.

Seguidamente se realiza un nuevo tapón de bentonita de características idénticas al anterior.

Para introducir el segundo piezómetro deben seguirse los mismos pasos de preparación y manejo que con el primer instrumento.

Después de que el segundo instrumento haya sido cubierto 50 cm arena gruesa se realiza un último tapón de bentonita análogo a los anteriores y se completa el relleno del sondeo con arena gruesa, el cual deberá ser compactado con instrumentos livianos.

La instalación se finaliza con la colocación de una arqueta que brinde protección al cable.

**4.5.4. Procedimiento de lectura:** Las lecturas se realizan mediante la unidad de lectura VOLTA de Sisgeo o el Datalogger NEW LEONARDO del mismo fabricante, Las características del mismo se detallan en el anexo INSTRUMENTOS DE MEDICION. Si desea obtener información detallada sobre el proceso de lectura con los instrumentos consulte el anexo LECTURA DE INSTRUMENTOS.

## 4.6. CELDAS DE CARGA.

Figura 15. Celda de carga.



Fuente: Catalogo Sisgeo SPA-REV. 00 04/05.

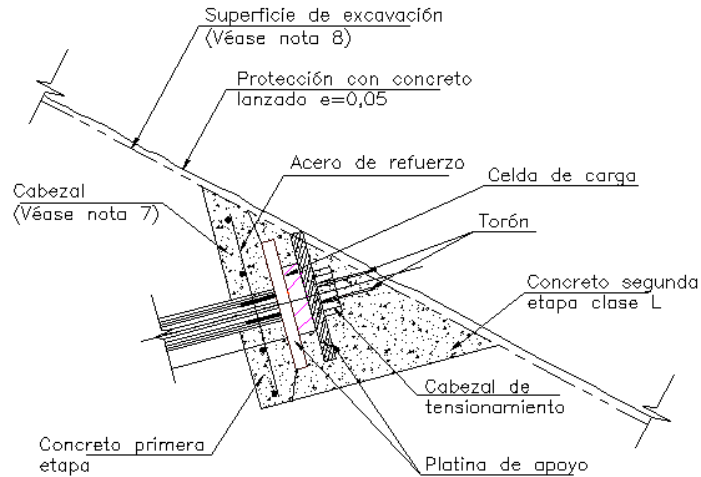
**4.6.1. Aplicación.** Las celdas de carga de tensión están diseñadas para indicar lecturas precisas mediante la transmisión de la carga de tensión aplicada a un indicador. La Celda de Carga de Tensión está disponible en muchos tamaños y se usa en muchas aplicaciones.

Conocidas también con el nombre de transductores de tensión, las celdas de carga de tensión son un tipo de transductor porque pueden convertir la fuerza mecánica registrada en señales eléctricas utilizables para hacer mediciones en varias aplicaciones, entre las que se cuentan pruebas mecánicas, monitoreo continuo de sistema y también pueden ser usadas como componentes de otros dispositivos de medición.

**4.6.2. Componentes.** Las celdas de carga eléctricas están constituidas por un cuerpo de acero inoxidable de forma toroidal, sensibilizado por medio de extensómetros de tipo resistivo instalados en configuración de puente de Wheatstone completo, garantizando así una sensibilidad muy pequeña a las cargas excéntricas. Las celdas de carga deberán tener una amplitud de medición de 0 a 600KN y una baja distorsión con la temperatura.

### 4.6.3. Instalación de la celda de carga.

Figura 16. Esquema instalación celda de carga.



#### DETALLE CELDA DE CARGA EN TENDÓN

(Véase nota 7)  
SIN ESCALA

Fuente: El Autor.

Importante: La instalación de la celda de carga en el tendón a controlar debe realizarse antes de proceso de tensado del mismo.

Para la instalación de este instrumento sobre el tendón que desea monitorearse debe insertarse la placa de reparto del tendón a continuación de la celda de carga si esta es completamente plana.

De lo contrario debe construir una placa de distribución que se adapte a la placa de reparto del tendón en la base del mismo y a la celda de carga en su parte superior, en ese caso se insertara dicha placa e inmediatamente después la celda de carga.

Seguidamente se inserta la placa de distribución superior, la misma debe adaptarse en su cara inferior a la forma de la celda de carga y en su cara superior

a la placa de cuñas. Para finalizar la instalación se debe insertar la placa de cuñas en la parte más exterior del tendón.

Se procede con el tensado del tendón, esta operación se realiza lentamente para poder garantizar que la celda de carga haya quedado ubicada exactamente en la posición deseada; una vez se ha posicionado la celda de carga se continua con el tensado del tendón. Finalmente se conducen los cables de conexión de la celda, hacia el punto donde se realice la lectura, que deben haber sido protegidos correctamente.

**4.6.4. Procedimiento de lectura.** Las lecturas se realizan mediante la unidad de lectura C6003 de Sisgeo o la unidad de lectura VOLTA del mismo fabricante.

Las características del mismo se detallan en el anexo INSTRUMENTOS DE MEDICION. Si desea obtener información detallada sobre el proceso de lectura con los instrumentos consulte el anexo LECTURA DE INSTRUMENTOS.

#### **4.7. CELDAS DE ASENTAMIENTO.**

**Figura 17. Celda de asentamiento.**



Fuente: Memoria técnica general de instrumentación geotécnica.

**4.7.1. Aplicación.** Las celdas de asentamiento se utilizan, junto con los sistemas DEX-BRS para poder tener el registro y control de los asentamientos que ocurran en el relleno de la presa.

**4.7.2. Componentes.**

- Tanque de referencia (Reservorio).
- Tubería de polietileno.
- Ductos hidráulicos.
- Celda de asentamiento.
- Mezcla agua –glicerina.

Nota: El rango de las celdas deberá ser mínimo de 7,0m con respecto al nivel de referencia con sensor de hilo vibrátil de sensibilidad del 0,025% del rango total y 0,25% de precisión sobre el rango total, con circuito para recircular agua desaireada y con sistema manual de desaireación del agua.

**4.7.3. Procedimiento de instalación.** Replantear los puntos de instalación de las celdas de carga así como la situación del tanque de referencia.

Después de definir los puntos de emplazamiento de las celdas se realiza una excavación con medidas aproximadas de 50 x 50 x 80 cm, en ella se inserta una arqueta de protección de medidas similares prefabricada en cemento. La celda se introduce en la arqueta, esta celda queda embebida en material de tamaño máximo de 6,4mm (1/4") y compactada con pisón de mano. Sobre ésta se debe colocar dos capas más de 0,20m de material con tamaño máximo de 5cm, estas dos últimas capas se deben compactar con pisones neumáticos.

Para la ubicación de los tanques de referencia debe construirse un muro que permita ubicar los tanques citados a una altura aproximada de 2 metros sobre el extremo del cual sale el ducto de las celdas.

Las conducciones eléctricas e hidráulicas se llevan desde el punto de ubicación de las celdas hasta los tanques de referencia siguiendo el procedimiento descrito en aparte de adecuación del terreno para conducciones eléctricas e hidráulicas.

**4.7.3.1 Precauciones a tener en cuenta durante la instalación de las celdas de asentamiento:** Se debe procurar que el ducto hidráulico se encuentre totalmente estirado, la formación de dobleces en el mismo puede impedir o dificultar el desplazamiento del fluido, así como la posible formación de burbujas de aire.

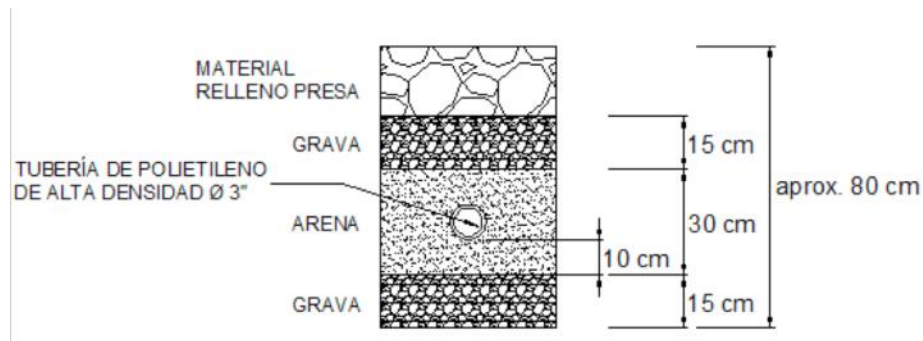
Debe prestarse especial atención al proceso de conexión del ducto hidráulico al emboquillado de la celda ya que pueden formarse burbujas debido al aire presente en la cámara hidráulica de la celda.

Se recomienda no instalar más de 5 celdas por tanque de referencia, ya que una cantidad superior instalada en un mismo tanque puede dificultar bastante los procesos de instalación y generar problemas como la formación de burbujas de aire; de otro lado la rotura de un ducto de alguna de las celdas puede provocar la pérdida de presión perjudicando todo el sistema ya que se tendrían lecturas erróneas de cada una de las celdas.

**4.7.3.2. Adecuación del terreno para conducciones eléctricas e hidráulicas:** Para la conducción de las conexiones eléctricas e hidráulicas desde las celdas hasta los tanques de referencia, se requiere realizar una excavación con dimensiones aproximadas de 50 cm de ancho por 80 cm de profundidad. El fondo de la misma se cubre con una capa de grava de 15 cm de espesor, sobre esta

primera capa se deposita una segunda capa de arena de 10 cm de espesor. Las dos capas deben ser compactadas de forma manual.

**Figura 18. Esquema para la instalación de la tubería para la celda de asentamiento.**



Fuente: Memoria técnica general de instrumentación geotécnica.

Para la protección de los ductos eléctricos e hidráulicos se utiliza tubería de polietileno de alta densidad, el diámetro interior de las mismas debe permitir albergar los ductos de todo el sistema, (Generalmente  $\varnothing 3''$ ); en caso contrario se dispondrá de otra tubería, ya que ninguna de las conexiones debe quedar desprotegida dentro de la excavación. El espacio existente entre la excavación y la tubería de polietileno debe rellenarse con una capa de arena compactada en forma manual de 20 cm, sobre esta capa se deposita una nueva capa de grava de aproximadamente 15 cm de espesor; para el espacio restante se utilizan los mismos materiales del relleno de la presa, esta capa final debe compactarse de forma mecánica.

Se instalan los tanques de referencia sobre muro construido para tal fin, seguidamente se conectan los tubos provenientes de las celdas con su correspondiente emboquille en el tanque. Se procede a llenar el tanque con la mezcla de agua y glicerina para que esta se distribuya por los ductos hidráulicos hacia las celdas.

**Figura 19. Reservorio.**



Fuente: Memoria técnica general de instrumentación geotécnica.

**4.7.3.3. Proceso de purga del sistema hidráulico:** Para eliminar las burbujas de aire presentes en el sistema hidráulico cada una de las celdas debe ser desconectada de su correspondiente ducto hidráulico, se conecta dicho ducto al desaireador y se eliminan todas las burbujas de aire presentes en el tubo permitiendo que el fluido retorne hacia el extremo de la celda.

Cuando la mezcla de agua y glicerina fluya sin presentar burbujas de aire se conecta nuevamente el ducto al emboquille de la celda.

Las celdas serán ubicadas en las excavaciones que fueron construidas para ello, la excavación se rellena con arena hasta cubrir la celda y las conexiones; debe compactarse teniendo cuidado de no dañar las conexiones hidráulicas o eléctricas. Se sigue llenado con arena hasta que la arqueta de protección se encuentre totalmente cubierta, el material de llenado se compacta de forma manual.

EL procedimiento anteriormente descrito debe repetirse por cada una de las celdas que se encuentre instalada.

Las conexiones eléctricas provenientes de las celdas se ubican en una caja de protección en el muro donde está el tanque de referencia. Para finalizar la instalación se alberga tanto el tanque de protección como el muro de referencia, en una caseta que lo proteja de los cambios bruscos de temperatura por factores atmosféricos.

**4.7.4. Procedimiento de lectura.** Las lecturas se realizan mediante la unidad de lectura VOLTA de Sisgeo o el Datalogger NEW LEONARDO del mismo fabricante, Las características del mismo se detallan en el anexo INSTRUMENTOS DE MEDICION. Si desea obtener información detallada sobre el proceso de lectura con los instrumentos consulte el anexo LECTURA DE INSTRUMENTOS.

#### **4.8. EXTENSÓMETRO DE CINTA.**

**Figura 20. Aspecto de Argolla de convergencia instalada.**



Fuente: El Autor.

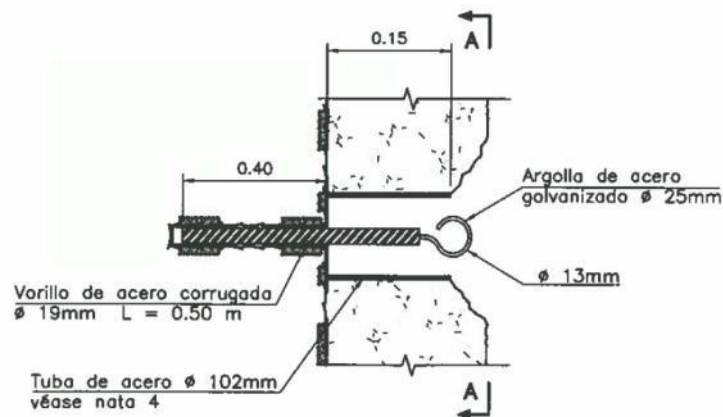
**4.8.1. Aplicación.** En las excavaciones subterráneas es necesario controlar el movimiento que se está generando durante su construcción, las argollas de convergencia son instaladas en puntos de la misma sección para medir movimientos relativos entre las mismas.

#### 4.8.2. Componentes

- Perno simple con una argolla en uno de sus extremos.
- Extensómetro de cinta.

#### 4.8.3. Procedimiento de instalación.

Figura 21. Esquema instalación de argollas de convergencia.



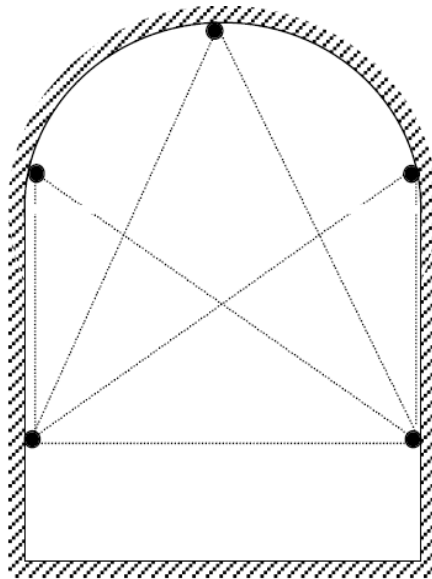
Fuente: Plano E3-LT4.2-GEO-023. Rev. 2.

Las secciones de convergencia están constituidas por un número variable de puntos, esto depende del criterio del diseñador. Usualmente se ubican 2 o 4 puntos en diferentes zonas horarias de la misma sección, ya sea en túneles, cavernas, pozos o galerías; en éstos se hace la perforación de los pernos, luego se introduce el perno, cuando se haya aplicado los dos primeros centímetros de concreto lanzado se deberá colocar la argolla y luego se terminará de aplicar el espesor necesario de concreto lanzado, protegiendo convenientemente las

argollas de forma tal que la argolla quede en la parte exterior del agujero, posteriormente se llena el espacio entre el orificio y el perno con lechada de cemento que contiene un acelerante de fraguado.

**4.8.4. Procedimiento de lectura.** Las argollas se usan para generar cuerdas a las que se les mide la distancia en la misma sección de la excavación. El extensómetro de cinta tiene dos puntas, donde una de ellas se sujeta a una de las argollas y la otra se engancha a la otra argolla y se hace lo mismo con las otras restantes, el extensómetro registra la variación de distancia entre los dos puntos fijos, esto puede indicar convergencia o divergencia de la sección en el análisis de datos.

**Figura 22. Ejemplo posicionamiento de argollas para medida de convergencia.**



Fuente: **Distometro anastro. Manuale d'uso.**

## 4.9. EXTENSÓMETRO DE POSICIÓN MÚLTIPLE.

Figura 23. Apariencia del extensómetro de posición múltiple antes de su instalación.



Fuente: El Autor.

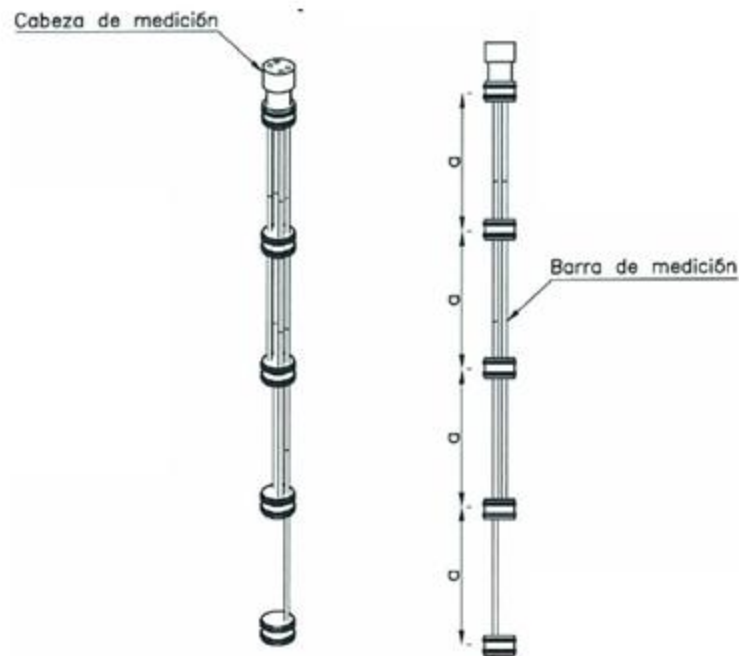
**4.9.1. Aplicación.** Son usados para medir a diferentes profundidades las deformaciones relativas entre el punto de anclaje del extremo de cada extensómetro y el sostenimiento de la perforación. Estas deformaciones ocurren debido a la descompresión por la excavación de los túneles de gran diámetro o las obras en la central subterránea.

### 4.9.2. Componentes.

- Transductores.
- Extensómetro de posición múltiple con las siguientes características:  
Amplitud: 30mm.  
Sensibilidad: 0,025mm.  
Profundidad máxima del aparato: Hasta 100 m.

### 4.9.3. Procedimiento de instalación.

Figura 24. Esquema de instalación Extensómetro de posición múltiple.



Fuente:Plano E3-LT3.2-GEO-041. Rev. 3.

Las perforaciones donde se instalan los extensómetros de posición múltiple deben ser lavadas con agua y aire a presión, antes de colocar el instrumento.

Antes de comenzar la instalación de los extensómetros se debe realizar una lectura manual de prueba de los mismos. Se ubican los puntos donde se planea instalar los extensómetros de posición múltiple, ya sea en los hastiales o en la bóveda del túnel, se hace la perforación para introducir los extensómetros, las perforaciones donde se instalan los extensómetros de posición múltiple deben ser lavadas con agua y aire a presión, antes de colocar el instrumento.

Los extensómetros vienen enrollados, éstos deben desenrollarse para introducirse en la perforación cuidadosamente, la parte del instrumento que apunta hacia el exterior de la perforación se ancla al recubrimiento del túnel por medio de una pieza de madera puesta sobre él que se sujeta con dos puntillas a las paredes del túnel, para que el extensómetro permanezca posicionado dentro del sondeo, se tapa el espacio entre el extensómetro y el borde de la pared del túnel, luego se inyecta lechada por la tubería propia que trae el extensómetro para tal fin hasta rellenar por completo la zona perforada, la lechada deberá fluir en forma continua a presión constante y contener una proporción agua/cemento no mayor de 1:1, se deja fraguar la lechada, se retira la tabla usada para el anclaje y se instalan los transductores de desplazamiento para cada una de las posiciones del extensómetro. Se debe realizar una lectura de cada uno de los transductores para verificar que no se hayan afectado en el proceso de anclaje. Luego se llevan las conducciones eléctricas por medio de tubería tipo conduflex de 50mm (2") de diámetro, que va embebida en el concreto lanzado aplicado como revestimiento del túnel hasta la unidad de adquisición de datos, donde se realizarán las lecturas del instrumento.

**4.9.4. Procedimiento de lectura.** Las lecturas se realizan mediante la unidad de lectura VOLTA de Sisgeo o los Dataloggers LEONARDO o GALILEO del mismo fabricante, Las características de los mismos se detallan en el anexo INSTRUMENTOS DE MEDICION. Si desea obtener información detallada sobre el proceso de lectura con los instrumentos consulte el anexo LECTURA DE INSTRUMENTOS.

## **5. CONCLUSIONES.**

Se logró tener una mejor comprensión del equilibrio que debe existir entre los diferentes entes involucrados en un proyecto, dado que lo planteado de forma teórica en el diseño en ocasiones presenta grandes dificultades para su realización en el sitio. Es en este tipo de eventos donde la participación de ISAGEN, la visión de la interventoría, el conocimiento de la asesoría, en conjunto con la experiencia del contratista se constituyen en un elemento fundamental para el aporte de soluciones que den continuidad a las labores.

Se redactó el manual de instrumentación geotécnica apoyado en la información suministrada por los fabricantes, así como los conocimientos y experiencia compartidos por ISAGEN, la interventoría, el personal del contratista que realiza la labor de instalación en sitio así como del equipo de trabajo de la asesoría que se encarga de la labor de recolección de datos de los instrumentos instalados.

La realización del manual de instrumentación permitió dimensionar la importancia de los procesos de medición y control evidenciados mediante los informes de instrumentación emitidos por la asesoría, así como su aporte a la seguridad de la obra no solamente durante el proceso constructivo sino durante la vida útil de la central hidroeléctrica.

La asistencia a las diferentes reuniones programadas se constituye en una herramienta importante ya que permite no solamente generar y transmitir información de manera aclaratoria para los asistentes, sino también concatenar los diferentes puntos de vista de los participantes en una solución que no solamente sea técnicamente viable sino además favorable en términos de programación de obra e impacto económico.

Fue posible obtener una visión global sobre la importancia del correcto flujo de la información entre los diferentes entes participantes en el proyecto, el impacto que puede generar un procesamiento no eficiente o una categorización incorrecta de la misma.

La participación en el proceso de implementación de los diferentes tipos de instrumentación instalada permite comprender su importancia como factor primordial en la detección temprana de movimientos, que al ser incorporados a modelos geotécnicos y estructurales de la obra y a sistemas de análisis de tendencias, posibilitan en el caso de existir algún desplazamiento no deseado, tomar los correctivos necesarios que permitan su control para evitar daños estructurales que puedan repercutir en la pérdida de vidas humanas, perjuicio a los programas de ejecución de proyectos y producir adicionalmente un impacto económico negativo.

La implementación de la instrumentación requerida para el proyecto hidroeléctrico Sogamoso demanda el trabajo de un equipo interdisciplinario conformado por especialistas en varias ramas de la ingeniería, la diversidad de disciplinas involucradas permite abarcar integralmente las estructuras que componen la obra. Lo anterior se traduce en durabilidad, seguridad y la obtención de información vital durante la operación de la central.

La elección de los dispositivos a instalar es un punto importante a considerar, ya que deben ser útiles durante toda la vida del proyecto, en el caso del proyecto hidroeléctrico Sogamoso se estima una vida útil de 50 años, por este motivo se han elegido los sistemas más modernos disponibles en el mercado. Igualmente la adecuada escogencia y capacitación del recurso humano para la operación y mantenimiento de los instrumentos es requisito para el correcto funcionamiento del sistema.

Se logró evidenciar, gracias a la visita de los diferentes consultores internacionales que han acudido al proyecto, que el monitoreo llevado a cabo tanto en las estructuras construidas a cielo abierto, como en las subterráneas es adecuado y la instrumentación instalada supera los estándares requeridos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

DIGITILT DATAMATE II 50310999. Durham GeoSlope Indicator. USER MANUAL. 2007.

DISTOMETRO A NASTRO TAPE EXTENSOMETER. Manule d'uso/Instruction manual. (03/05, Rev.1, DNP0).

ISAGEN S.A. E.S.P. EJECUCIÓN PROYECTOS DE GENERACIÓN; PROYECTO SOGAMOSO [Citado el 19 de enero de 2012]. Disponible en:  
<http://www.isagen.com.co/nuestra-empresa/gestion-de-proyectos/ejecucion-proyectos-de-generacion/proyecto-sogamoso/>

LA EXPERIENCIA AL SERVICIO DE LA INGENIERÍA. PERFIL DE LA COMPAÑÍA Y CATÁLOGO DE PRODUCTOS. SISGEO. CATALOGO\_SPA-REV.00 04/05.

LICITACIÓN PÚBLICA No. 5/415. PLIEGO DE CONDICIONES – PARTE II – COPIA CONFORMADA – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – CAPÍTULO 17.

NEW LEONARDO – LEONARDO – GALILEO DATALOGGER. SISGEO. PORTABLE DATALOGGER & ACCESORIES. USER MANUAL. Rev.0 – 20.01.2011.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación, Sexta actualización. Bogotá: Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), 2008.

READOUT UNITS & DATALOGGERS. SISGEO. USER MANUAL. Rev.00 – 10/2007.

SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN - INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA - ARQUITECTURA. CÓDIGO MG-GTE-GICTII-02 REVISIÓN 000 FECHA: 10/08/2011. PROPIEDAD GRUPO ICTSAS – USO INTERNO.

VOLTA Readout –GALVANI Readout – TORRICELLI Readout SISGEO. USER MANUAL. Rev. 0. -2008.

## 7. ANEXOS.

### ANEXO A. Registro fotográfico del procedimiento de instalación de los instrumentos.

#### INSTALACION MOJONES DE CONTROL.



Formaleta del mojón de control.



Cilindro metálico del mojón de control.



Nivelación horizontal del cilindro metálico del mojón de control.



Nivelación vertical.



Tornillo o base de anclaje del prisma reflectante del mojón de control.



Fundición del mojón de control.



Punta metálica del mojón de control.



Recubrimiento de la punta metálica del mojón de control.



Estación de topografía para medir los desplazamientos según los mojones.

## INSTALACION DEL SISTEMAS DEX-BRS.



Anclaje en roca sistema Dex-Brs.



Anillos magnéticos de referencia sistema Dex-Brs.



Inyección de lechada en sistema Dex-Brs.



Lechada aplicada en sistema Dex-Brs.



Aplicación silicona líquida a la junta telescópica del sistema Dex-Brs.



Preparación del terreno para instalación de la placa magnética del sistema Dex-Brs.



Nivelación del terreno para instalación de la placa magnética del sistema Dex-Brs.



Introducción de la placa en la tubería del sistema Dex-Brs.



Fijación de la placa a la tubería del sistema Dex-Brs.



Protección de la junta telescópica del sistema Dex-Brs. con cinta Adhesiva.



Cobertura de la placa metálica del sistema Dex-Brs.



Compactación del relleno para el sistema Dex-Brs.



Detalle junta telescópica del sistema Dex-Brs.



Protección provisional al sistema Dex-Brs.

## DETALLES SISTEMA INCLINOMÉTRICO



Torpedo ingresando en la tubería inclinométrica



Detalle tubería ABS



Cable de conexión entre en torpedo y el instrumento de lectura.



Cinta métrica.

## INSTALACION PIEZOMETRO DE TUBO ABIERTO



Punta de plástico poroso tipo Casagrande.



Recubrimiento del filtro piezométrico con geotextil.



Limpieza de los extremos a unir con Limpiador para tubería PVC.



Aplicación de Soldadura PVC en los extremos a unir del tubo



Recubrimiento de la unión con cinta en tubería de PVC.



Prolongación de tubería en el sondeo.



Llenado del espacio entre la tubería y la perforación con arena gruesa.



Bentonita en **pellets** para realizar sello.



Realización del Sello de Bentonita.



Hidratación del sello de bentonita.



Sonda C112.

### **INSTALACION PIEZÓMETRO DE HILO VIBRÁTIL.**



Elementos para la instalación y lectura del piezómetro de hilo vibrátil.



Acople del filtro cerámico al saturador.



Conservación de los filtros cerámicos en agua.



Roscado del filtro cerámico al piezómetro de hilo vibrátil bajo el agua.



Introducción del piezómetro de hilo vibrátil en el saco geotextil.



Base de material granular para ubicar el instrumento.



Introducción del instrumento en la perforación.



Elaboración del Sello de bentonita.



Aspecto final de Perforación cubierta hasta la superficie.



Cableado del piezómetro de hilo vibrátil en la superficie para lectura manual.

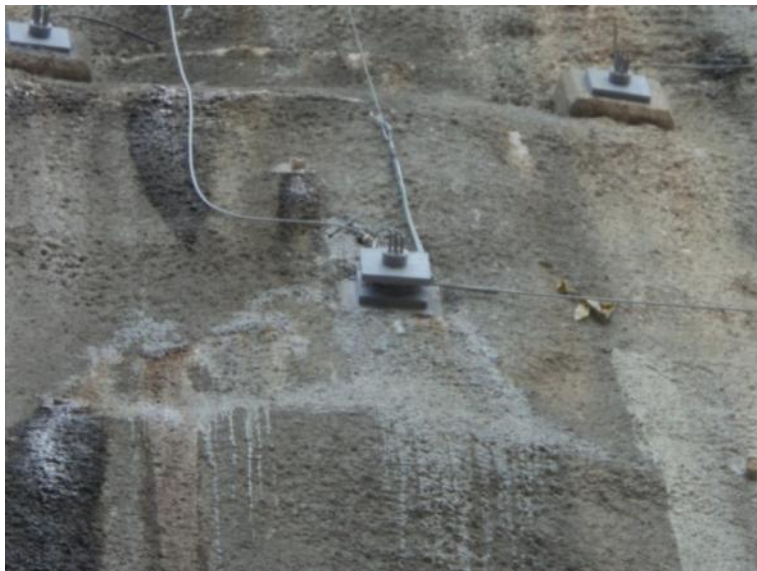
### **DETALLES CELDAS DE CARGA.**



Desembalaje de celda de carga.



Detalle de la celda de carga.



Tendón con celda de carga.

## ADECUACION DEL TERRENO E INSTALACION DE LAS CELDAS DE ASENTAMIENTO.



Zanja para la instalación de la tubería de conducción del cableado y los ductos hidráulicos de las celdas de asentamiento.



Colocación de la primera capa de grava.



Disposición de la capa de arena.



Compactación del terreno con máquina liviana.



Nivelación de la arqueta de protección.



Tubos de polietileno en la arqueta.



Ubicación de la celda de asentamiento dentro de la arqueta.



Introducción de los ductos hidráulicos y los cables eléctricos en la tubería de polietileno.



Cubrimiento de la tubería de polietileno con arena.



Aspecto de la zanja con Segunda capa de grava aplicada.



Finalización del relleno de la zanja con material relleno de la presa.



Ubicación de la celda de asentamiento dentro de la arqueta.



Conexión de las líneas hidráulicas al tanque de referencia (Reservorio).

### **EXTENSÓMETRO DE CINTA.**



Aspecto de una Argolla de convergencia instalada.



Extensómetro de cinta.



Lectura de argollas de convergencia con extensómetro de cinta.

## INSTALACION EXTENSOMETRO DE POSICION MULTIPLE.



Apariencia del extensómetro de posición múltiple antes de su instalación.



Perforación en el túnel para la instalación del extensómetro



Detalle de las salidas a los transductores del extensómetro de posición múltiple.



Ubicación del extensómetro de posición múltiple en la perforación.



Extensómetro anclado a la superficie del túnel.



Transductores de desplazamiento instalados en extensómetro de posición múltiple.



Detalle de transductores de desplazamiento instalados en extensómetro de posición múltiple.



Caja de protección para el extensómetro de posición múltiple.

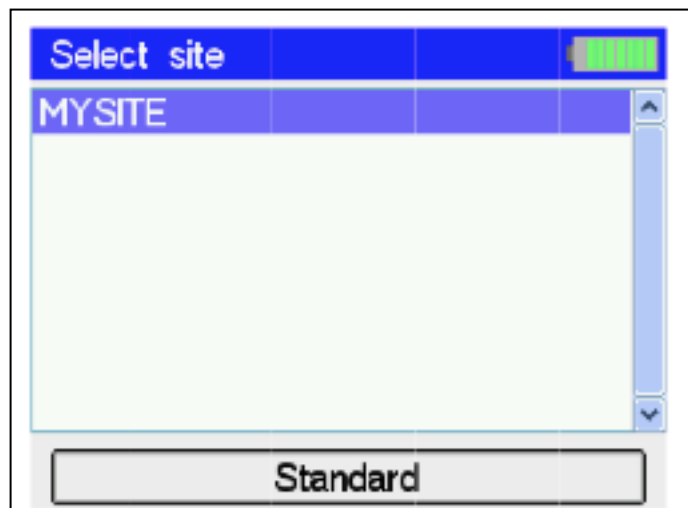


Detalle del interior de la caja de protección.

## ANEXO B. Lectura de instrumentos

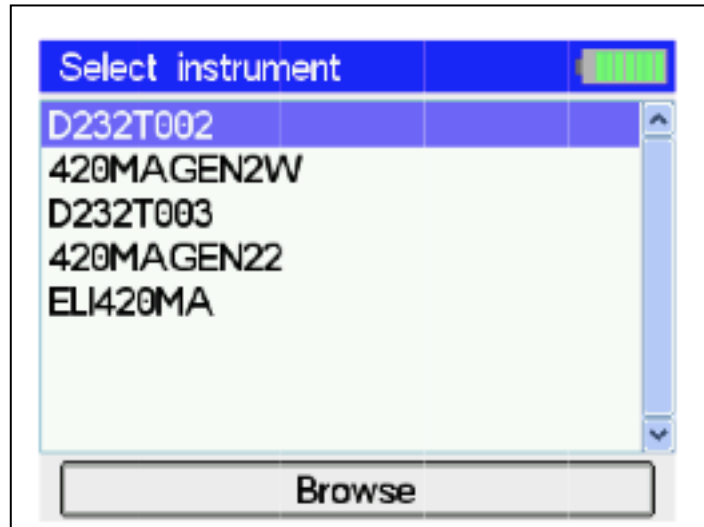
### PROCEDIMIENTO PARA LECTURA DE INSTRUMENTOS CON DATALOGGER LEONARDO, NEW LEONARDO Y GALILEO.

Para realizar la lectura de los instrumentos seleccione **Lectura Manual** en el menú principal. La pantalla mostrará una lista de los sitios; usted puede seleccionar un sitio y presionar la tecla **ENTER** o hacer click con el botón **Standard** como se muestra en la figura:



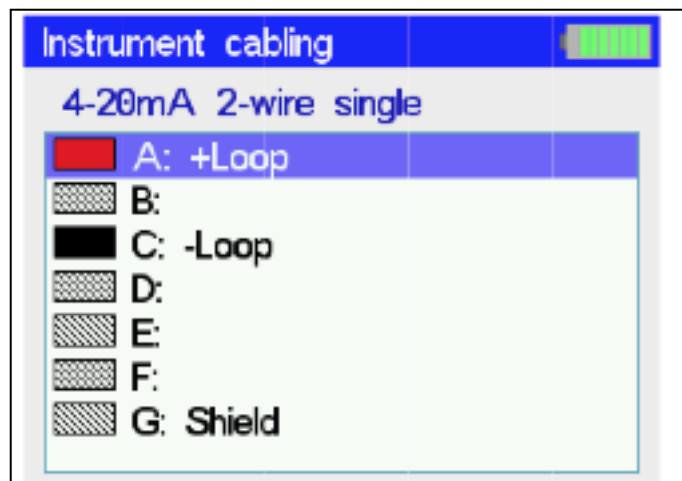
**Fabricante:** Sisgeo

Si hace clic en el botón **Standard** podrá elegir un instrumento predefinido. Al seleccionar un sitio, podrá ver una lista de los instrumentos definidos en el sitio seleccionado.



Seleccione un instrumento y pulse **Enter** para continuar leyendo, haciendo clic en el botón **Browse**, verá un histórico de las medidas.

El datalogger mostrará una descripción de los cables de conexión para los instrumentos seleccionados. Conecte el cable de vuelo (1 conector MIL y pinzas de cocodrilo) al datalogger.



- Nunca introduzca a la fuerza un conector en un puerto. Verifique que no haya una posible obstrucción en el puerto. Si el puerto y el conector no conectan fácilmente posiblemente no se corresponden entre si.

Conecte los cables del instrumento a los caimanes



- Para evitar daños en el datalogger o que el instrumento tenga cuidado de no hacer corto circuito con los clips del cable de conexión.

Compruebe que el cable está correctamente conectado y que el tipo de instrumento coincide con la descripción en la parte superior de la pantalla: una conexión errónea puede dañar el datalogger o el instrumento.

Presione la tecla **Enter** para iniciar la medición del instrumento.



Si presiona **ENTER** mientras se muestra la lectura, el valor actual se guardará en el archivo histórico, un sonido confirmará que el archivo ha sido guardado. El archivo histórico permite consultar las lecturas de cada instrumento seleccionado. Haga clic en el botón **Examinar** en la ventana de selección de instrumentos. Antes de grabar la lectura espere a que el valor mostrado por el instrumento sea estable.

Si el Datalogger encuentra problemas con el instrumento se mostrará la siguiente pantalla.

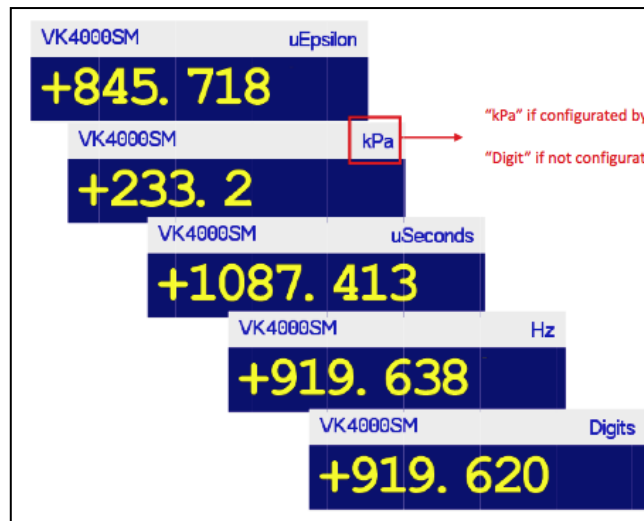


Usted debe solucionar el problema y hacer clic en **Aceptar** para continuar con la lectura o en **Cancelar** para terminar la operación.

## LECTURA DE INSTRUMENTOS DE HILO VIBRATIL

Cuando el datalogger está leyendo un instrumento de hilo vibratil, pulsando la tecla **Derecha** o **Izquierda** es posible desplazarse por las siguientes medidas:

- $\mu$ Epsilon
- Unidades físicas (La unidad almacenada en la memoria del Datalogger)
- $\mu$ s,
- Hz,
- Digits



El valor  $\mu\epsilon$  se mostrará solo si se ha insertado un valor indicador durante la configuración del instrumento.

Si usted inserta un valor indicador igual a cero, se mostrará en la pantalla el valor  $\mu\epsilon$  pero los valores se mantendrán en cero.

**Nota:** Tenga en cuenta que estos son los resultados de cálculos realizados sobre una sola medida física, llamada frecuencia del hilo vibrante.

Solo las lecturas configuradas en la unidad pueden ser almacenadas en la memoria del datalogger; por lo tanto si usted desea almacenar lecturas en  $\mu\epsilon$  debe configurar el coeficiente polinómico para convertir desde Digit a  $\mu\epsilon$ .

## LECTURA DE INSTRUMENTOS ESTÁNDAR

Es posible leer sin tener que configurar los instrumentos, mediante el uso de la opción **instrumentos Standard**, en este caso los instrumentos se leen sin necesidad de utilizar los parámetros de calibración, por lo que estas lecturas se pueden utilizar para probar que un determinado instrumento es funcional o para leer el instrumento en unidades eléctricas.

Las lecturas tomadas mediante la opción **Instrumentos estándar** no pueden ser guardadas.



Para llevar a cabo las lecturas seleccione **Lectura Manual** desde el menú principal y luego haga clic en el botón **Standard**.

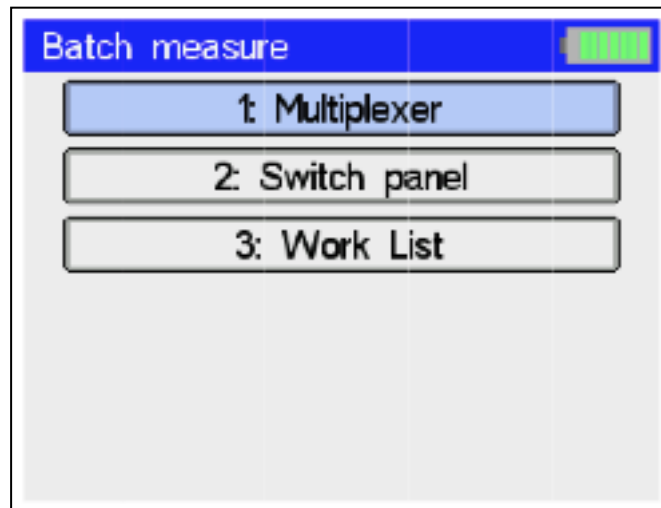
El datalogger mostrara una pantalla para seleccionar la familia de instrumentos a medir.



Primero seleccione la familia de instrumentos (Standart, Dual o hilo vibrante) con las teclas de desplazamiento **NEXT** y **PREVIOUS** y presione **ENTER**; entonces seleccione el tipo de instrumento específico y proceda como si se tratara de un instrumento normal.

## LECTURA DE MULTIPLEXORES, PANELES DE INTERRUPTORES O LISTAS DE TRABAJO

Para la lectura de instrumentos conectados a través de multiplexores o paneles de interruptores seleccione la opción **Batch Read** en el menú principal.



A continuación, haga clic en el botón correspondiente al tipo de selector que desea utilizar. El datalogger le pedirá al sitio en el que el selector se encuentra.



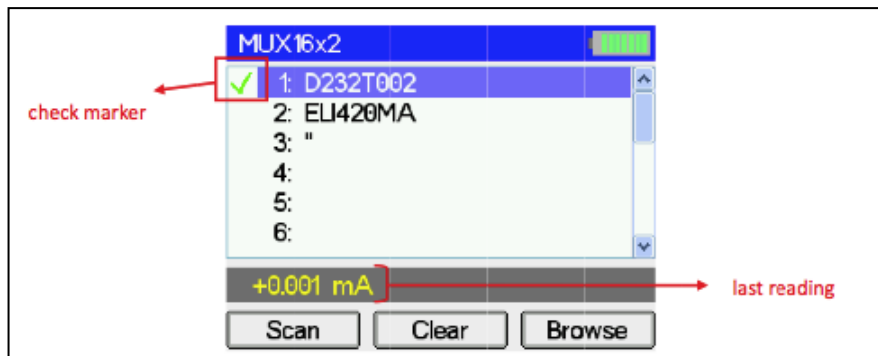
Seleccione el sitio y haga clic en **Enter** para ver una lista de multiplexores del tipo elegido.



A continuación escoja el multiplexor y haga clic en **Enter**. El proceso de lectura es similar para todos los tipos de multiplexores.

Cada uno de los multiplexores mostrara una lista de los instrumentos conectados; el Datalogger seguirá el rastro del último valor de lectura por cada uno de los instrumentos conectados a un multiplexor, este valor aparece en una barra gris en la parte inferior de la lista en cuanto se selecciona el instrumento.

Haga click en el botón **Clear** para borrar el registro de las ultimas lecturas, esta lista se construirá de nuevo cuando usted comience a tomar las lecturas; los instrumentos que tiene una lectura valida se mostraran con una marca verde.



Conecte el cable (0ECAV10MUX0) para la medición de multiplexor al Datalogger, la tarjeta del multiplexor y la batería.

- Chequee cuidadosamente que el multiplexor que usted ha seleccionado coincida con el que se encuentra físicamente conectado al Datalogger; una equivocación puede causar daños a los instrumentos conectados o al Datalogger

Si se desea puede leer solo uno de los instrumentos conectados seleccionándolo en la lista, el Datalogger mostrará el valor de lectura actual del canal que haya sido seleccionado.



El valor actual se grabará presionando la tecla **Enter**.

Pueden leerse todos los instrumentos en el multiplexor seleccionando el primer instrumento que se desea leer y haciendo click en el botón **Scan** con **Netx** y **Previous**; el Datalogger comenzara leyendo en el canal seleccionado, esperando el tiempo de calentamiento requerido por cada instrumento y procederá a leer y grabar el valor de cada instrumento hasta llegar al final del multiplexor. Esta operación puede ser interrumpida pulsando la tecla **Esc**.

## PANELES DE INTERRUPTORES

Cuando se lee un panel de interruptores el Datalogger muestra primero una lista de todos los instrumentos conectados al panel.



Conecte el cable (0ECAV07V200) al Datalogger y al panel de interruptores.

- ❑ Chequee cuidadosamente que el panel de interruptores que usted ha seleccionado coincida con el que se encuentra físicamente conectado al Datalogger; una equivocación puede causar daños a los instrumentos conectados.



Elija el instrumento que desea leer y ponga el selector en la posición deseada como se muestra a la izquierda de cada instrumento y presione la tecla **Enter**



El Datalogger comenzará leyendo el instrumento seleccionado mostrando el valor leído.

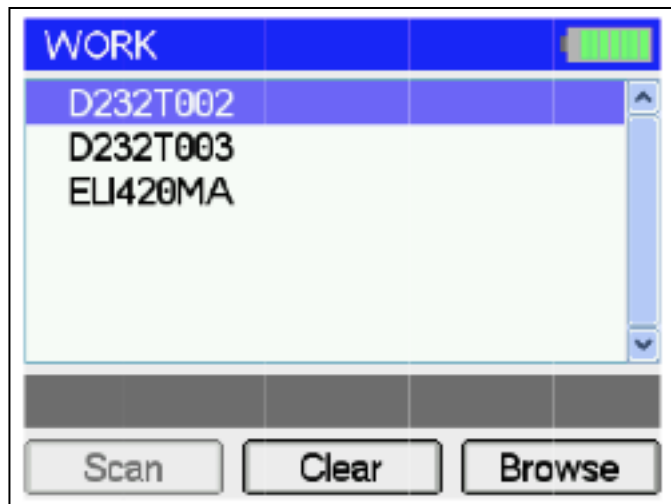
Para grabar el valor presione la tecla **Enter**, el Datalogger regresará a la lista de instrumentos.

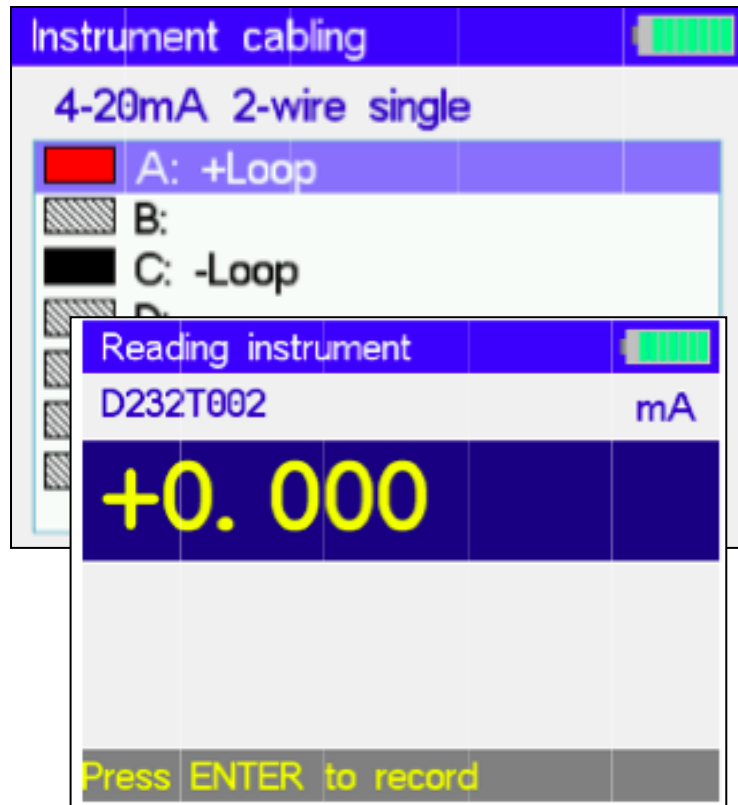
El instrumento es marcado como leído y el siguiente instrumento de la lista es seleccionado, mueva el interruptor a una nueva posición y presione **Enter** para su lectura.

## LISTAS DE TRABAJO

Cuando se lee una lista de trabajo el Datalogger primero muestra una lista de todos los instrumentos presentes en la misma.

Seleccione el instrumento que usted desea leer y presione la tecla **ENTER** el Datalogger mostrará el mapa de cableado del instrumento seleccionado





Presione **ESC** para regresar a la pantalla anterior o **ENTER** para continuar con la lectura del siguiente instrumento seleccionado.

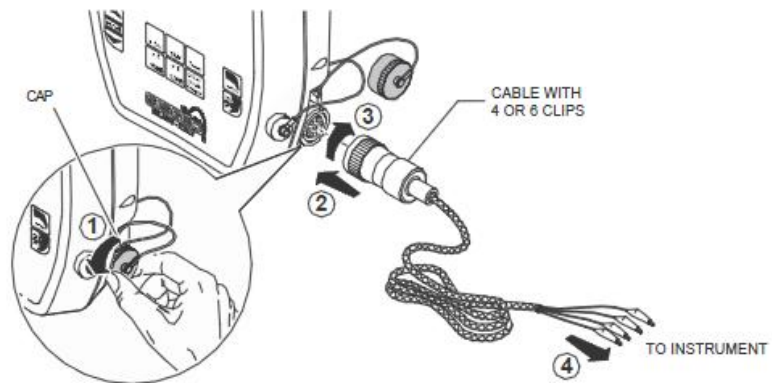
☐ Chequee cuidadosamente el tipo de instrumento y las conexiones: una equivocación puede causar el daño de los instrumentos conectados o el Datalogger.

Usted puede grabar la lectura del instrumento actual presionando la tecla **ENTER**, o retornar a la lista de instrumentos de la lista de trabajo presionando la tecla **ESC**.

## PROCEDIMIENTO PARA LECTURA DE INSTRUMENTOS CON UNIDAD DE LECTURA VOLTA

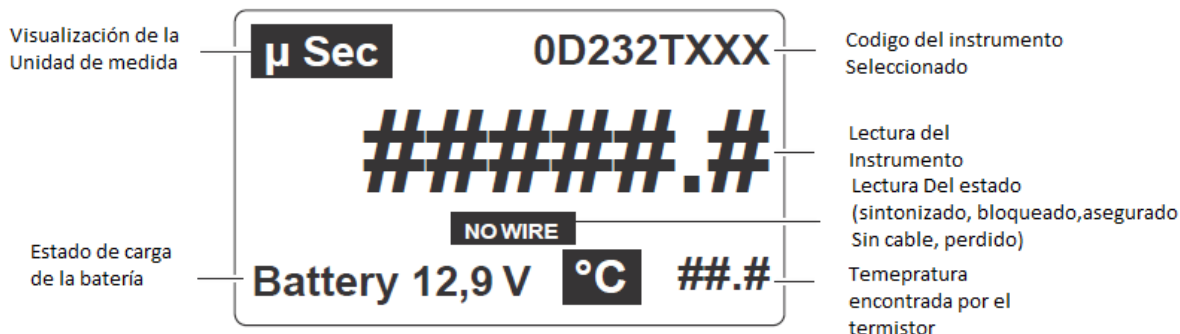
Fabricante: Sisgeo

- ❗ Para evitar cualquier daño a la unidad de lectura durante la conexión del cable de medición a los instrumentos a medir asegúrese que los clips del cable no se encuentran en cortocircuito.
- ❗ La conexión del cable de adquisición de datos se realizara con la lectora apagada



1. Retire la tapa que protege el puerto girándola en el sentido que indica la flecha
2. Conecte el instrumento a la unidad lectora con el cable de 4 o 6 clips y gire el conector en el sentido de la flecha para asegurarlo.
3. Encienda la lectora
4. Después de algunos segundos la medida aparecerá en la pantalla

Se recomienda esperar de 10 a 15 segundos antes de guardar el valor, lo anterior con el fin de que la medida se estabilice. Después de cada serie de mediciones apague la lectora antes de desconectar el instrumento.



## INDICADORES DE LA PANTALLA

### VISUALIZAR LOS DATOS EN UNIDADES DIFERENTES

Para cambiar la unidad en que los datos actuales están siendo mostrados, use las teclas  $\mu\epsilon$  **4000** [4],  $\mu\epsilon$  **4200** [5], **DIGIT** [6],  $\mu$ **SEC** [7].

Si los datos aparecen en la forma #####.## esto significa que el instrumento no se encuentra conectado o la conexión falla.

### VISUALIZACION DE UN DATO DE TEMPERATURA

Presione el botón **TEMP**[8] para visualizar solamente el dato de la temperatura (0T3800GKA).

Para volver a otro modo presione la tecla relativa a la unidad del instrumento.

### PROCEDIMIENTO PARA LECTURA DEL EXTENSOMETRO DE CINTA

1. Leer sobre la cinta, en la línea de referencia la posición del valor en milímetros, centímetros.

2. Tomar la lectura en la pantalla en valor en milímetros y centésimas de milímetro.
3. Restar el valor leído en la pantalla del valor leído sobre la cinta y registrar este valor

### **PROCEDIMIENTO PARA LECTURA DEL SISTEMA DEX-BRS**

Para medir los asentamientos en la presa que arroja el sistema DEX-BRS se necesita una sonda C121 detectora de campos magnéticos que revela la ubicación de los anillos magnéticos mediante una señal audible, esta sonda se introduce en la tubería hasta que llega a los primeros dos anillos instalados para tomarlos como referencia, luego se va subiendo hasta encontrar el siguiente anillo y así sucesivamente se van ubicando todos los anillos hasta llegar a la superficie. Este sistema funciona debido a que los asentamientos producidos en los llenos efectúan cargas sobre las placas metálicas y estas a su vez se desplazan revelando los asentamientos que ocurren en la misma elevación en la que están ubicadas.

Aspecto Sonda C121 fabricante Sisgeo .



Fuente: El Autor.

Lectura sistema Dex-Brs.



Fuente: El Autor.

## PROCEDIMIENTO DE LECTURA DEL PIEZOMETRO ABIERTO (SONDA C112)

**Fabricante:** Sisgeo

El tambor de enrollamiento del cable tiene en su interior la batería que abastece tanto el indicador acústico como el luminoso, ambos colocados en el panel central del tambor. Cuando la sonda alcanza el nivel freático se activan dichos indicadores. Se retira la sonda y se observa en la cinta métrica la profundidad alcanzada.

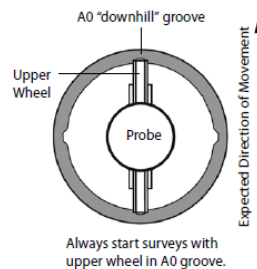
## PROCEDIMIENTO DE LECTURA INCLINOMETRO DIGITILT CON LECTOR DATAMATE II

**Fabricante:** Durham Geo Slope Indicator

Conecte el cable de control de la sonda. No apriete demasiado. Conecte el otro extremo del cable de control en la toma de la sonda en el DataMate.

Conecte el interruptor remoto en la toma USB

Introduzca la sonda en la carcasa con la rueda superior en la dirección A0. Como indica la figura



Baje la sonda ligeramente por debajo de la profundidad de inicio.

Encienda el DataMate y espere a que aparezca el menú principal, luego seleccione la opción **Read** como se indica en la figura.1

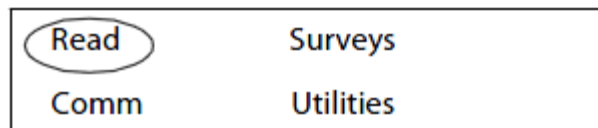


Figura 1

Para guardar los datos leídos seleccione la opción **Record** como se indica en la figura



Figura 2

Elija una instalación de la lista posicionándose sobre el nombre de la misma como se indica en la figura 3



Figura 3

Pulse Enter para omitir los parámetros de instalación sin realizar cambios. Normalmente, no se modificarlos.

Presione Enter o tecla abajo para moverse por cada uno de los parámetros como se indica en la figura 4

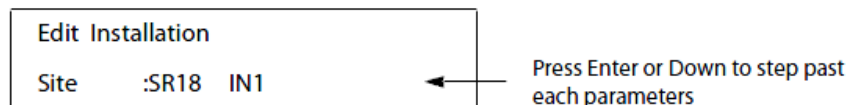


Figura 4

Por último, el DataMate muestra la profundidad de inicio (la profundidad del fondo).

50.0 ♦	204	48
Depth	A0	B0

Figura 5

Espere diez minutos para que la sonda se adapte a la temperatura en la parte inferior. Este paso es importante para lograr lecturas consistentes.

Comience la lectura. Levante la sonda a la profundidad de inicio. Cuando vea 3 diamantes ♦ la lectura será estable, presione **Enter** para grabar la lectura

50.0 ♦	206 ♦	52 ♦
Depth	A0	B0

Figura 6.

El DataMate emite un pitido y se desplaza a la siguiente profundidad, la lectura que acaba de ser grabada esta en la línea inferior. Levante la sonda a la siguiente profundidad (que se muestra en la línea superior de la pantalla) y espere a que la lectura se estabilice. Presione **Enter** para grabar la lectura

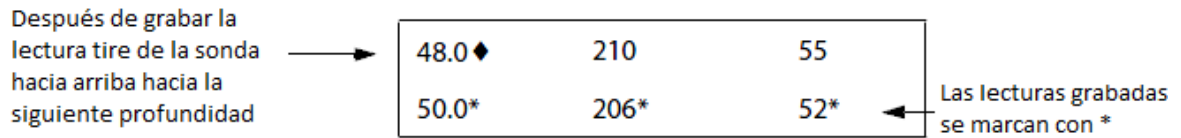


Figura 7.

Repita este proceso hasta que haya registrado la lectura de la profundidad de la parte superior. En el menú que se muestra elija **Continue**

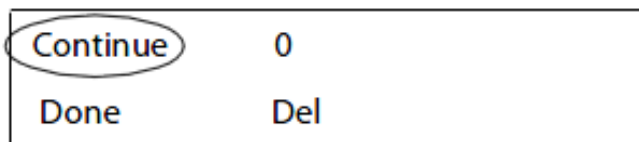


Figura 8.

El DataMate muestra ahora la profundidad de inicio para el segundo paso. Retire la sonda del tubo y gírela 180 grados para que la rueda superior apunte en la dirección A180, inserte la sonda en la parte inferior de la carcasa o ligeramente por debajo de la profundidad de inicio.

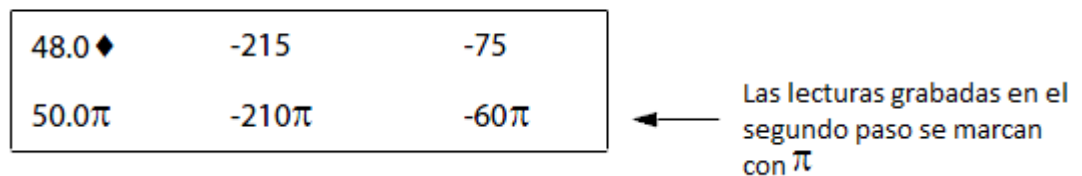


Figura 9.

Repita estos pasos hasta que haya guardado la lectura de la parte superior, en cuanto aparezca el menú seleccione **Done** y retire la sonda.

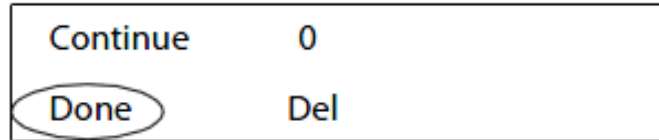


Figura 10.

<sup>1</sup>Las imágenes usadas en este manual fueron obtenidas de las fuentes que se citan.

## ANEXO C. Instrumentos de medición

### DATALOGGER LEONARDO

**Fabricante:** Sisgeo

#### Descripción

El Datalogger Leonardo es capaz de leer todos los tipos de sensores, salvo los modelos con hilo vibrante, y puede visualizar diferentes unidades como KPa, m,KN, microesfuerzos, °C, ángulos y sin de Alfa.

El control del dispositivo se realiza por medio de un teclado de tipo alfanumérico ubicado en el panel frontal.

El instrumento se suministra con: cargador, batería, jumper, cable y cable de puerto de comunicaciones.

---

<sup>1</sup> Manual de usuario Datalogger LEONARDO, NEW LEONARDO y GALILEO rev.0 -20.01.2011  
Manual de Usuario Unidad De Lectura VOLTA CRD 09.2009 ENG - Rev. 00  
Manual de usuario DIGITILT DATAMATE II *Digitilt DataMate II, 2007/8/01*

## Aspecto unidad de adquisición de datos LEONARDO



Fuente: Manual de usuario Datalogger New Leonardo Leonardo y Galileo

Sisgeo Rev.0 – 20.01.2011

### Especificaciones Técnicas

Número de canales	: Dos (2)
Convertidor A/D	: 24 bit con auto calibración
Display digital	: LCD alfanumérico retro-iluminado 240 x 128 pixeles
Tipo de medida	: mA, mV, mV/V, V, °C (con RTD)
Memoria	: 2 MB memoria flash
Resolución	: 100 $\mu$ V con F.S. 25 V 10 $\mu$ V con F.S. 25 V 2 $\mu$ V da F.S. 400 mV
Batería	: 12V 5,5 Ah recargable Ni-MH
Tiempo de operación	: 10 horas
Dimensiones (LxAxE)	: 200 x 280 x 56 mm
Peso	: 250 gr
Condiciones ambientales	: -20°C +60°C, IP67
Puerto de comunicación	: RS232

## DATALOGGER NEW LEONARDO

**Fabricante:** Sisgeo

Aspecto unidad de adquisición de datos NEW LEONARDO

Fuente: Manual de usuario Datalogger New Leonardo Leonardo y Galileo

Sisgeo Rev.0 – 20.01.2011



### Descripción

El Datalogger New Leonardo posibilita la lectura de todos los tipos de instrumentos de Sisgeo, incluidos los de hilo vibrátil y los sensores eléctricos.

### Especificaciones Técnicas

Canales	: Dos (2)
Convertor A/D	: 24 bits con auto calibración (19 bits reales)
Display digital píxeles	: LCD alfanumérico retro-iluminado 240 x 128
Tipo de medida	: mA, mV, V, mV/V, °C, Hz, $\mu$ Sec, dígito, $\mu\epsilon$
Rango de medida termistores	: -4-20 mA, -50°C +150°C para PT100 y

	: ±5 V, ±400 mV, 10 mV, 2 V
	: 2 mV, ±200 mV, ±1 V, 2 mV/V, desde 400 hasta 6000 Hz
Resolución	: 100 µV con FS, desde 15 V, 10 µV con FS a 2.5V
	: 2 µV con FS desde 500 mV, 0.1 µV
	: Con FS a 20 mV
	: 0.1 Hz, 0.1 µSec
	: 0.1 µε 0.1 dígito
Batería Interna	: Ni-HM 12 V 4,5 Ah
Alimentación del sensor	: Selección de alimentación automática para Instrumentos eléctricos, variable dependiendo del nivel de señal de retorno para instrumentos de hilo vibrátil
Corriente máxima de salida del sensor	: 190 mA
Impedancia de entrada	: > 10 Mohm para voltaje <2.5V > 10 Mohm para voltaje <2.5V
Temperatura de operación	: -20°C +60°C
Memoria de almacenamiento	: Memoria Flash 2 MB
Puerto de comunicación	: USB
Material de la carcasa	: ABS IP67
Peso	: 2 kg

## DATALOGGER GALILEO

Fabricante: Sisgeo



Aspecto unidad de adquisición de datos GALILEO

Fuente: Manual de usuario Datalogger New Leonardo Leonardo y Galileo

Sisgeo Rev.0 – 20.01.2011

### **Descripción**

El Datalogger Galileo es una unidad de lectura que ha sido diseñada especialmente para la adquisición de datos provenientes de instrumentos de hilo vibrante. Su software permite el filtrado de de las frecuencias armónicas mediante la transformada de Fourier mejorando la calidad y la estabilidad de las mediciones

### **Especificaciones Técnicas**

Tipo de medida	: Hz, $\mu$ sec, digit, °C, $\mu\epsilon$
Número de canales	: Dos (2)
Display digital pixel	: LCD alfanumérico retro-iluminado 240 x 128
Memoria	: 2 MB Memoria Flash
Resolución	: 0.1 Hz, 0.1 $\mu$ sec, 0.1 $\mu\epsilon$ 1 digit
Batería	: 12V 5,5 Ah recargable Ni-MH
Tiempo de operación	: 10 horas
Temperatura de operación	: -20°C +60°C
Dimensiones	: (LxAxE): 200 x 280 x 56 mm
Peso	: 2 Kg
Puerto de comunicación	: RS-232

### **UNIDAD DE LECTURA C6003**



**Fabricante:** Sisgeo

Aspecto unidad de lectura C6003

Fuente: Catálogo SPA-REV.00 04/05 Sisgeo

### **Descripción**

La unidad de lectura C6003 es una central de medición de bolsillo mono canal provista de display LCD de 3.5 dígitos. Viene programada desde los laboratorios de Sisgeo para poder leer instrumentos con señal de salida en mA, V y mV/V.

### Especificaciones Técnicas

Número de canales : Uno  
Configuración canales : En laboratorio por medio de selector interno  
Unidades visualizadas : mA, mV, mV/V, V, °C, KN  
Display : LCD 3.5 dígitos  
Baterías : Recargables 5 x 1.2V 1Ah Ni-Cd  
Temperatura de utilización: -5 °C +50 °C

### UNIDAD DE LECTURA VOLTA

Fabricante: Sisgeo

Aspecto unidad de lectura VOLTA



Fuente: Hoja de datos VOLTA CRD\_EN - REV. 00 - 10/07 Sisgeo

### Descripción:

El lector de datos VOLTA ha sido desarrollado para obtener lecturas de instrumentos de hilo vibrátil.

La unidad cuenta con un microprocesador que permite medir tanto la fase de excitación del hilo vibrante como la detección de fase. La frecuencia es

determinada por el método de transformada de Fourier, este método de análisis de la señal es usado para eliminar las frecuencias de interferencia.

**Especificaciones Técnicas:**

Tipo de sensor	: Hilo vibrante
	: Termistor tipo NTC
Unidades visualizadas:	: Hz, $\mu$ sec, digit, $\mu\epsilon$ , °C
Pantalla digita pixel	: LCD alfanumérico retro-iluminado, 240 x 128
Resolución	:Frecuencia: 0.1 Hz
	Periodo: 0.1 $\mu$ sec
	Microdeformación 0.1 $\mu\epsilon$
	Digit: 0.1 digit
Precisión	: 0.01 % FS
Suministro eléctrico del sensor	: Excitación automática
Batería	: Interna recargable, 12 V 4.5 Ah, Ni-MH
Condiciones ambientales	: -20°C +60°C
Dimensiones (L x A x E)	: 200 x 280 x 65 mm
Material:	: ABS
Peso	: 2 Kg

## EXTENSOMETRO DE CINTA

Fabricante: Sisgeo

Aspecto extensómetro de cinta



Fuente: Catálogo SPA-REV.00 04/05 Sisgeo

**Descripción:** El extensómetro de cinta se emplea para medir con exactitud las variaciones de distancia entre dos puntos fijos. El medidor de convergencia se compone de un robusto chasis de aluminio sobre el cual se monta una cinta de acero, graduada en centímetros, un medidor digital y un sistema de tensionado neumático de la cinta graduada. Durante la operación de medición, la cinta se mantiene siempre en tensión con la misma fuerza mediante un compresor portátil de 12 V que permite obtener una catenaria constante en el tiempo

### Especificaciones técnicas

Rango de medida	: 1-15 m, 1-30 m
Display	: LCD 5 dígitos, alto 6 mm
Rango del medidor	: 100 mm

Resolución del medidor	: 0.01 mm
Repetibilidad	: $\pm 0.1$ mm
Temperatura de utilización	: 0°C +40°C
Anchura de la cinta	: 13 mm
Graduación cinta	: En centímetros, perforada cada 25 mm
Diámetro instrumento	: 60 mm
Longitud total	: 870 mm
Peso	: 2.8 kg (15 m), 3.1 kg (30 m)

### **SISTEMA DEX-BRS**

**Fabricante:** Sisgeo

Aspecto Sonda C121



Fuente: Catálogo SPA-REV.00 04/05 Sisgeo

**Descripción:**

El sistema consta de un tubo guía interno y un tubo externo corrugado sobre el que se encuentran los anillos magnéticos, los mismos están provistos de soportes para posicionamiento. La columna queda anclada profundamente en el terreno mediante un terminal de fondo que cuenta con un anillo de medición, en la superficie se ubica un cabezal de referencia.

**Especificaciones técnicas (Sonda C121 de Sisgeo)**

Dimensiones puntal	: Ø 12 mm, longitud 100 mm
Graduación cable	: milímetros, clase II ECC
Vaina de protección	: nylon
Exactitud	: ± 1 mm
Temperatura de operación	: -40°C +80°C

**PIEZOMETRO ABIERTO**

Fabricante: Sisgeo

Aspecto del piezómetro abierto



Fuente: Catálogo SPA-REV.00 04/05 Sisgeo

**Descripción:**

La sonda C112 se emplea para realizar medidas del nivel freático en pozos, piezómetros de Casagrande y piezómetros abiertos.

La sonda puede encontrarse en cable métrico o cinta milimetrada.

**Especificaciones Técnicas (Sonda C112 de Sisgeo)**

Diámetro del tambor	: 260mm, 320mm y 420mm
Diámetro del sensor	: 10mm
Alimentación	: Bateria de 9 V Dc
Sonda	: Detector de nivel de agua
Longitud del cable	: 30, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 m

**LECTOR DIGITIL DATAMATE II**

**Fabricante:** Durham GeoSlope Indicator

Aspecto Digitilt Datamate II



Fuente: Hoja de datos Durham Geo Slope Indicator rev. 1 11/14/2011

**Descripción:**

El Digitilt DataMate II es un sistema de lectura y guardado de datos para ser usado con los inclinómetros Digitilt, puede operar con las versiones en sistema métrico tanto en sistema inglés de los sensores mencionados

## Especificaciones Técnicas

Sensores Compatibles	:Inclinómetro vertical u horizontal Digitilt, sensor espiral Digitilt.
Unidades Métricas	:El indicador muestra lecturas como 25.000 x el seno del ángulo de inclinación.  Sistema Ingles: El indicador muestra lecturas de 20000 x el seno del ángulo de inclinación
Capacidad de memoria	:Almacena 160 instalaciones y hasta 320consultas (32.000 profundidades con 4 valores de datos por cada profundidad).
Profundidad máxima de la lectura	:500 metros o 2000 pies
Intervalo de lectura:	:Intervalos fijos, el intervalo mínimo con una sonda métrica es de 0,5 o de un pie con una sonda en sistema.
Batería:	6 voltios, 6 Ah electrolito gelificado de plomo acido. Se recarga al 80% de su capacidad en 16 horas
Duración de la batería	:16 horas a 20 °C con uso continuo La batería de preserva los datos por seis (6) meses.
Dimensiones	:127 x 178 x 178 mm (5 x 7 x 7")

## SONDA INCLINOMETRICA

**Fabricante:** Durham GeoSlope Indicator

Aspecto sonda inclinométrica 50302599



Fuente: El Autor

### **Descripción:**

La sonda se compone de un medidor de inclinación con cuerpo fabricado en acero inoxidable, un conector para el cable de control y dos conjuntos de ruedas pivotantes.

Cada conjunto de ruedas se compone de una horquilla y dos ruedas.

Cuando el cable de control se encuentra correctamente ensamblado la sonda es un conjunto a prueba de agua y puede ser usada en profundidades más allá de los 1000 pies.

### **Especificaciones Técnicas**

Base de acero:	: 500 mm
Rango	: $\pm 53^\circ$ desde la vertical
Resolución	: 0.02 mm por 500 mm
Repetibilidad	: $\pm 0.003^\circ$

Calibración:	:14 puntos de calibración con un dispositivo de calibración NIST.
Temperatura de operación:	: -20 hasta 50 °C.
Dimensiones:	: 25.4x 653 mm sin el conector adicione 92 mm con el mismo.
Peso:	: 1.8 kg

### **ESTACION TOTAL TPS1200**

**Fabricante:** Leica Geosystem

Aspecto Estación Total TPS1200



Fuente: Manual del usuario Leica TPS 1200 Ver 4.0

**Descripción:**

El sistema TPS 1200 permite realizar trabajos tales como levantamientos topográficos, ingeniería o replanteo mediante mediciones de alta precisión de ángulos y grandes distancias. También puede usarse como sistema de monitoreo para la toma de lectura de dispositivos topográficos como: prismas o mini prismas reflectantes, los cuales son utilizados para la medición de convergencias, nivelación de precisión o medida de desplomes.

**Especificaciones Técnicas****Anteojo**

Aumento	: 30 x
Diámetro libre del objetivo	: 40 mm
Enfoque	: 1.7 m/5.6 ft al infinito
Campo visual	: 1°30' / 1.66 gon 2.7 m a 100 m