

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE,  
Y DE VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO**

**VICEMINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO VIAL**

**MONITOREO INCLINOMETRICO DE TALUDES**

**Elaborado por:** Fidel Antonio Blanco Urrutia\*, Ing. Civil.  
Depto. Investigación y Desarrollo.

Edwin Ricardo Alvarenga, Ing. Civil  
Gerente, Depto. Investigación y Desarrollo.

**Colaborador:** Javier Fernando Rivera, Téc. Ingeniería Civil  
Depto. Investigación y Desarrollo.

**Coordinador:** Daniel Antonio Hernández Flores, Ing. Civil  
Director  
Unidad de Investigación y Desarrollo Vial.

REPUBLICA DE EL SALVADOR, AGOSTO DE 2003.

\* Laboró en la Unidad Técnica de Investigación y Desarrollo de la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial (UIDV) hasta el mes de Julio de 2007

## **OBSERVACION**

**El contenido de este documento refleja opiniones de los autores, quienes son responsables de los hechos y de la exactitud de los datos presentados. El contenido no refleja necesariamente las opiniones y políticas oficiales del Ministerio de Obras Públicas de El Salvador. Este documento no constituye una norma, especificación ni regulación.**

## INDICE

<b>1.0 INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>3</b>
<b>2.0 GENERALIDADES.</b> .....	<b>4</b>
<b>3.0 INCLINÓMETRO PORTATIL UTILIZADO EN EL MONITOREO DE LOS TALUDES UBICADOS EN LA CARRETERA CA-1, EN LA ZONA DE LA CURVA LA LEONA Y LOS CHORROS.</b> .....	<b>8</b>
3.1. Características del Equipo. ....	8
3.2. Procedimiento de instalación.....	13
3.3. Procedimiento de medición .....	15
3.4. Presentación de Resultados. ....	18
<b>4.0 REFERENCIAS.</b> .....	<b>25</b>

## MONITOREO INCLINOMÉTRICO DE TALUDES.

### RESUMEN

*El presente informe técnico tiene por objeto dar a conocer la técnica de monitoreo inclinométrico, la cual es utilizada para el estudio geotécnico de estabilidad de taludes y laderas naturales. Particularmente se abordan aspectos relacionados con el funcionamiento del equipo inclinométrico, procesos de instalación, procesos de medición y presentación de resultados.*

### 1.0 INTRODUCCIÓN.

Durante la fase de ejecución de una infraestructura civil o durante su período de operación, puede surgir la necesidad de monitoreos geotécnicos de los materiales que interactúan con dicha estructura, sean estos materiales de soporte, como suelos de fundación; o materiales que forman parte de su entorno, como el caso de taludes o laderas naturales que según su grado de estabilidad pueden representar una amenaza a poblaciones o estructuras cercanas. La puesta en marcha de un monitoreo en particular, depende del grado de seguridad que se requiera para la inversión realizada y para sus usuarios, así como de los parámetros geotécnicos que se deseen evaluar, sean éstos deformaciones, presión de poros, esfuerzos totales, entre otros.

Dentro de estos monitoreos geotécnicos se puede mencionar el ***Inclinométrico***, el cual consiste en la determinación de los desplazamientos laterales de taludes y laderas naturales a diferentes profundidades, así como asentamientos de los materiales de soporte de estructuras civiles, como terraplenes, edificaciones, presas y otros. Dichos desplazamientos, son de gran utilidad para evaluar el grado de estabilidad de las estructuras o laderas monitoreadas.

Los monitoreos inclinométricos, son basados en las deformaciones que puedan sufrir los materiales ante las cargas laterales o gravitacionales, las cuales son determinadas por medio de observaciones en el comportamiento deformacional de tuberías inclinométricas que son introducidas en los estratos de suelo o roca. (Ver figura 1.1).

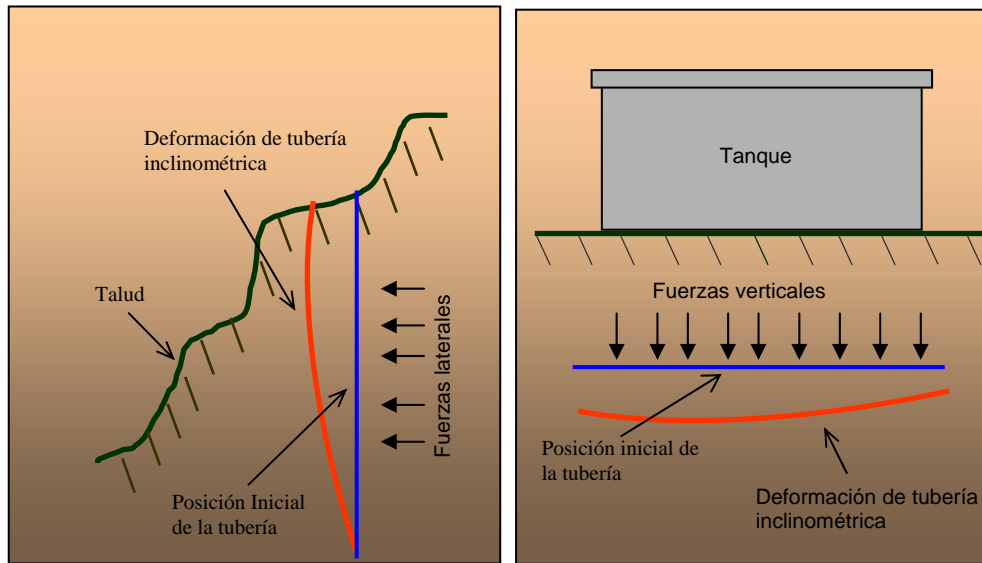


Figura 1.1 Esquema de mediciones de desplazamientos de los inclinómetros.

La medición de los desplazamientos de la tubería inclinométrica puede ser realizada de manera periódica o continua, según el tipo de inclinómetro utilizado, portátil o fijo respectivamente. Generalidades de dichos inclinómetros son presentadas en el capítulo 2.

En nuestro país, el Ministerio de Obras Públicas utiliza inclinómetros portátiles para el monitoreo de desplazamientos de algunos taludes críticos ubicados en la carretera CA-1, específicamente en la zona de la Curva La Leona, San Vicente y Los Chorros, La Libertad. En el capítulo 3.0 del presente documento se profundizan aspectos relacionados a dichos equipos, tales como: funcionamiento de sus componentes, procedimientos de instalación de la tubería inclinométrica, procedimientos de medición, verificación de datos in-situ y presentación de resultados finales

## 2.0 GENERALIDADES.

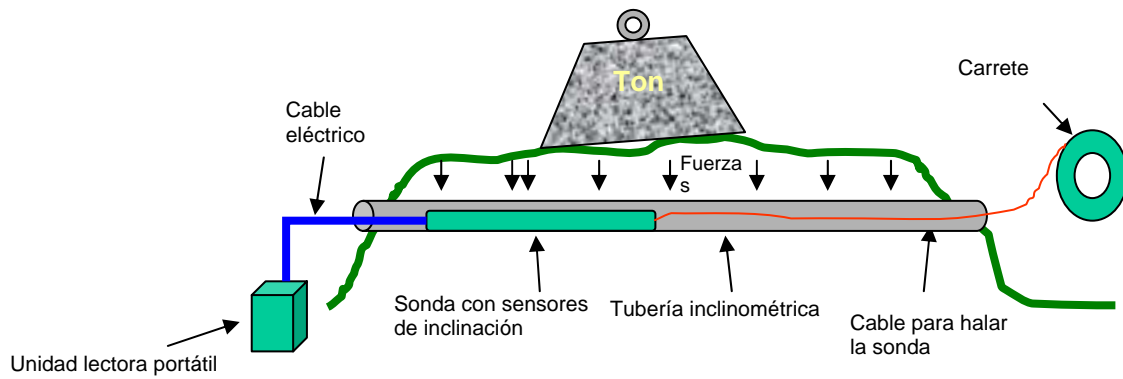
Los inclinómetros son equipos que miden la inclinación de una tubería inclinométrica introducida en estratos de suelos y/o rocas, respecto a una línea vertical u horizontal, según la posición de la misma, y mediante operaciones trigonométricas determinan los desplazamientos horizontales o verticales correspondientes a dichos puntos de medición.

Para la medición de la inclinación de la tubería y transferencia de información, los inclinómetros cuenta con diversos dispositivos como, sensores electrónicos de inclinación o servo acelerómetros, cables eléctricos, unidad de almacenamiento y programas (software) de apoyo. Los sensores electrónicos se encargan de medir la inclinación de la tubería, respecto al eje vertical u horizontal; los cables, transfieren mediante impulsos eléctricos la información de los sensores a una unidad lectora o de almacenamiento de información y los programas de apoyo sirven para transferir la información a computadoras personales y para realizar presentaciones diversas de los resultados.

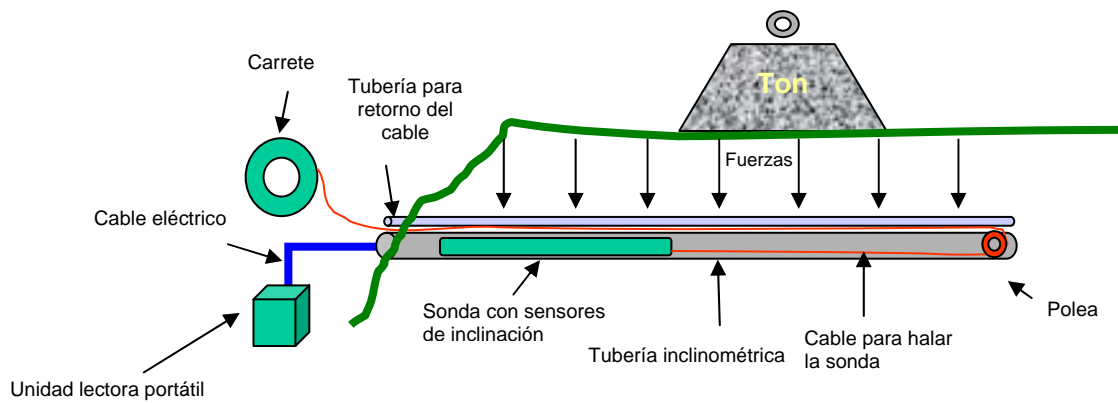
Por otra parte, según las necesidades del proyecto, puede requerirse de una mayor o menor continuidad de los ensayos inclinométricos, por lo cual se puede optar entre “*inclinómetros portátiles o fijos*”, siendo los primeros los utilizados en aquellos casos en que los riesgos involucrados son menores y es factible la realización de ensayos con sondas inclinométricas de forma periódica (diarias, semanales, mensuales, etc).

A diferencia de los inclinómetros portátiles, los inclinómetros fijos son recomendados para estructuras o laderas que involucran un alto riesgo, por lo que es necesario un monitoreo automático y continuo, mediante la instalación permanente de inclinómetros dentro de la tubería. Por lo general, en dicho monitoreo los sensores inclinométricos se colocan en la zona donde se sospecha exista movimiento y los resultados son transferidos vía Modem a centrales de procesamiento de información de manera automática.

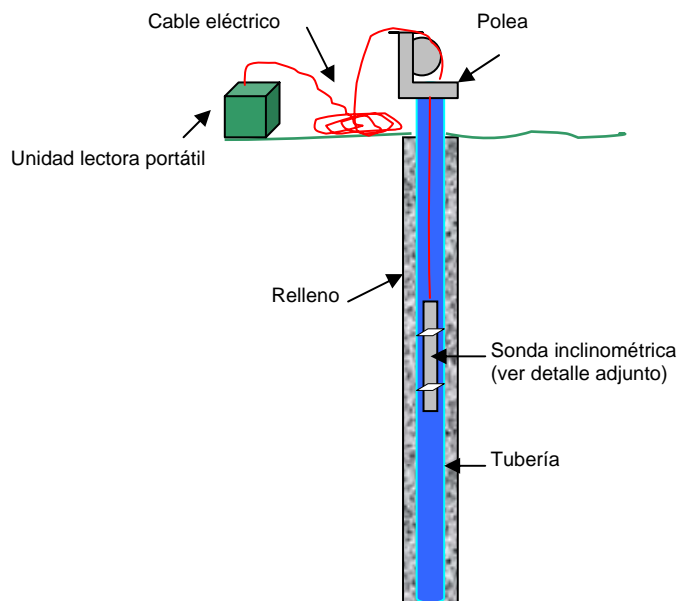
Cabe mencionar, que ambas clases de inclinómetros (portátiles o fijos), pueden ser instalados *horizontal o verticalmente* dependiendo del tipo de obra que se vaya a monitorear (ver figuras 2.1, 2.2 respectivamente).



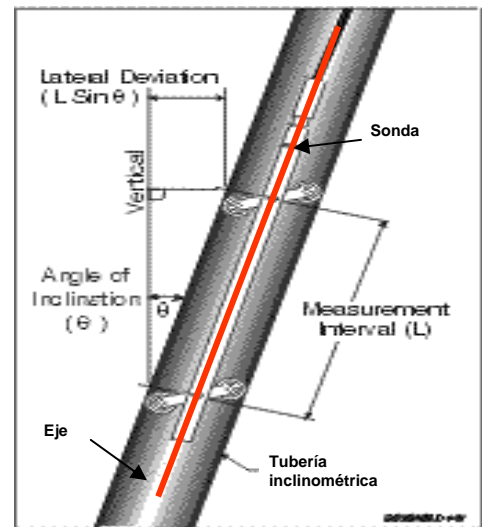
A) Inclinómetro horizontal con tubería accesible en ambos extremos



B) Inclinómetro horizontal con tubería accesible en un extremo



C) Inclinómetro Vertical



Detalle de sonda inclinométrica

Figura 2.1. "Inclinómetros Portátiles", horizontal y vertical

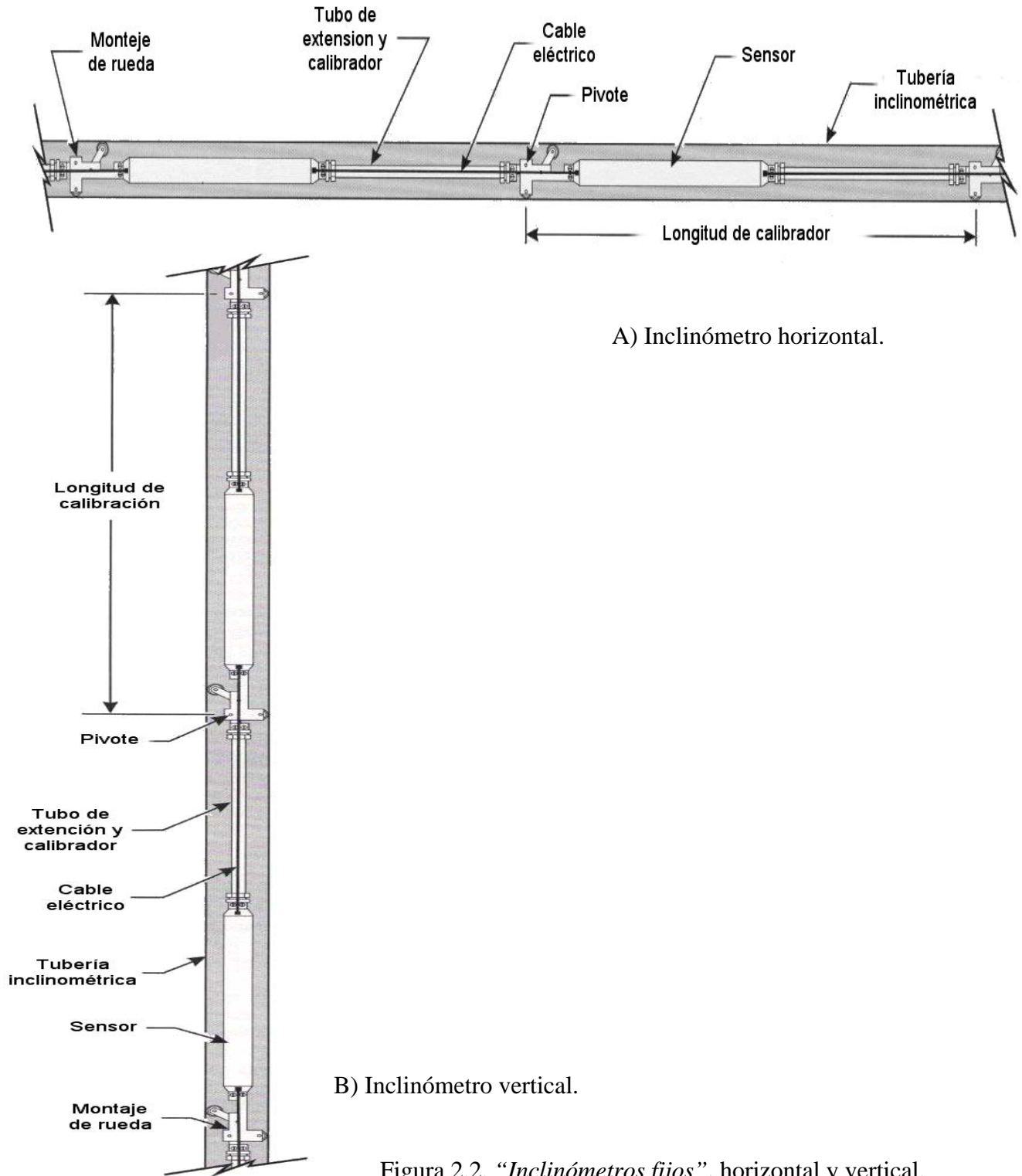


Figura 2.2. "Inclinómetros fijos", horizontal y vertical.



### **3.0 INCLINÓMETRO PORTÁTIL UTILIZADO EN EL MONITOREO DE LOS TALUDES UBICADOS EN LA CARRETERA CA-1, EN LA ZONA DE LA CURVA LA LEONA Y LOS CHORROS.**

En las siguientes secciones se describe de manera general el funcionamiento del inclinómetro utilizado en el monitoreo de los taludes ubicados en las zonas de la Curva La Leona, Departamento de San Vicente y en Los Chorros, en La Libertad; el cual consiste en un inclinómetro portátil de la marca Slope Indicator. Igualmente se presentan los criterios para la correcta instalación y adquisición de datos de la tubería inclinométrica, que son realizados de acuerdo a la normativa ASTM D 6230-98, “Standard Test Method for Monitoring Ground Movement Using Probe Type Inclinometers”. Finalmente se presenta algunos resultados que se pueden obtener con estos equipos.

#### **3.1. Características del Equipo.**

Como se mencionó anteriormente, los equipos para monitoreo inclinométrico están conformados por tuberías inclinométricas y diversos dispositivos para la medición y procesamiento de información recolectada en campo. En el caso de los inclinómetros portátiles, dichos dispositivos consisten en una sonda inclinométrica, unidad lectora portátil, polea / freno, cable eléctrico y los software de apoyo. Las características y funciones particulares de cada uno de estos componentes y los cuidados que hay que tener al momento de manipularlos se describen a continuación.

##### **▪ Tuberías inclinométrica.**

Estas son fabricadas de plástico, aleaciones de aluminio o fibra de vidrio, la selección de la misma depende del entorno en que serán instaladas y de su facilidad de manipulación, por ejemplo, las altas temperaturas pueden dañar las tuberías de plástico, altos o bajo contenido de PH pueden dañar la tubería de aluminio y las de fibra de vidrio pueden astillarse o romperse al ser manipuladas bruscamente.

Estas tuberías, son fabricadas en diámetros de 85, 70 y 48 milímetros, en piezas de 1.5 o 3.0 metros de largo (ver figura 3.1a), las de mayor diámetro son las más recomendables para monitoreos prolongados por su mayor durabilidad, debido a que resisten grandes deformaciones. Sin embargo, usualmente el diámetro de la perforación es el que determina

el diámetro de la tubería a instalar. Para la unión de estas piezas se utilizan acoples especiales, los cuales son recomendados por el fabricante.

Para el caso de los taludes ubicados en la Curva La Leona y Los Chorros, se han realizado pozos inclinométricos de diversas profundidades, con piezas de tuberías plásticas de 3.0 metros de longitud y 70 milímetros de diámetro, de las marcas Slope indicator y Roctest, respectivamente.

Las tuberías inclinométricas contienen en su interior cuatro ranuras en todo su largo, orientadas a cada  $90^\circ$ , las cuales son utilizadas como guías para las ruedas de la sonda inclinométrica que es introducida al momento de realizar las mediciones. (Ver figura 3.1b)

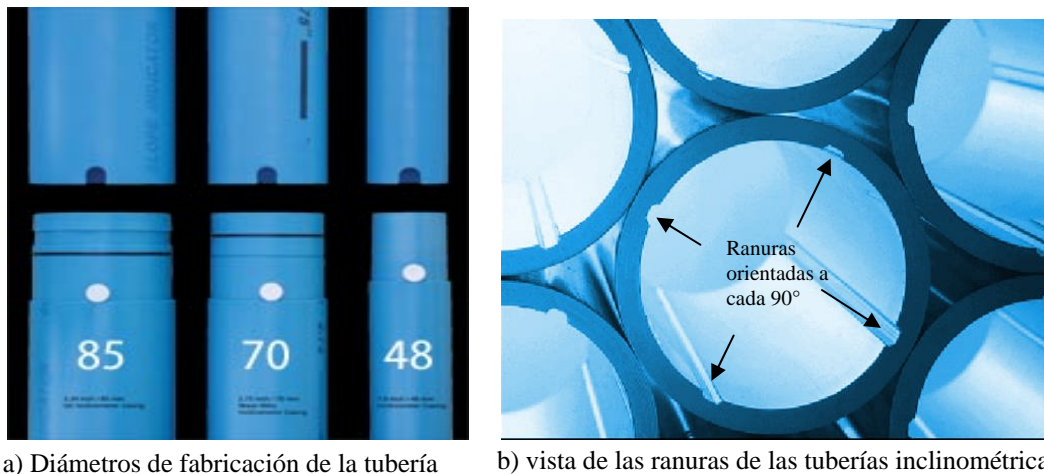


Figura 3.1 Tuberías inclinométricas. [[www.slopeindicator.com](http://www.slopeindicator.com)]

#### ▪ Sonda inclinométrica.

Para la adquisición de datos de las tuberías existen dos tipos de sondas inclinométricas, las Uniaxiales y las Biaxiales. Ambas constan de sensores de inclinación o *Servo-acelerómetros*, que consisten en dispositivos electro-mecánicos, formados básicamente por un péndulo simple colocado dentro de un campo electromagnético de una bobina, el cual genera fuerzas de inercia en el péndulo, cuando éste último cambia de su posición original, dichas fuerzas son transformadas en inclinaciones y transferidas a la unidad lectora mediante impulsos eléctricos.

Las sondas uniaxiales contienen un servo-acelerómetro, que registra las inclinaciones en la dirección del plano de las ruedas que le sirven de guía, en cambio las biaxiales contienen

dos sensores orientados a 90° grados uno del otro, con el cual en una misma medición se realizan lecturas ortogonales, proporcionando un análisis mas completo de una forma más eficiente y rápida.

Respecto a los ejes de las ruedas de dichas sondas, éstos se encuentran a 0.5 metros de separación en el caso sondas diseñadas para unidades métricas, y a 24 pulgadas, para las diseñadas en unidades inglesas. Generalmente estas distancias de separación representan el intervalo de profundidad al cual se deben tomar las lecturas al realizar los sondeos, no obstante estos intervalos de toma de datos podrían variar según el criterio del investigador. (Ver figura 3.2)

También, es importante mencionar que la “rueda alta” del “eje superior” es la que indica la dirección en que se efectuará la medición.

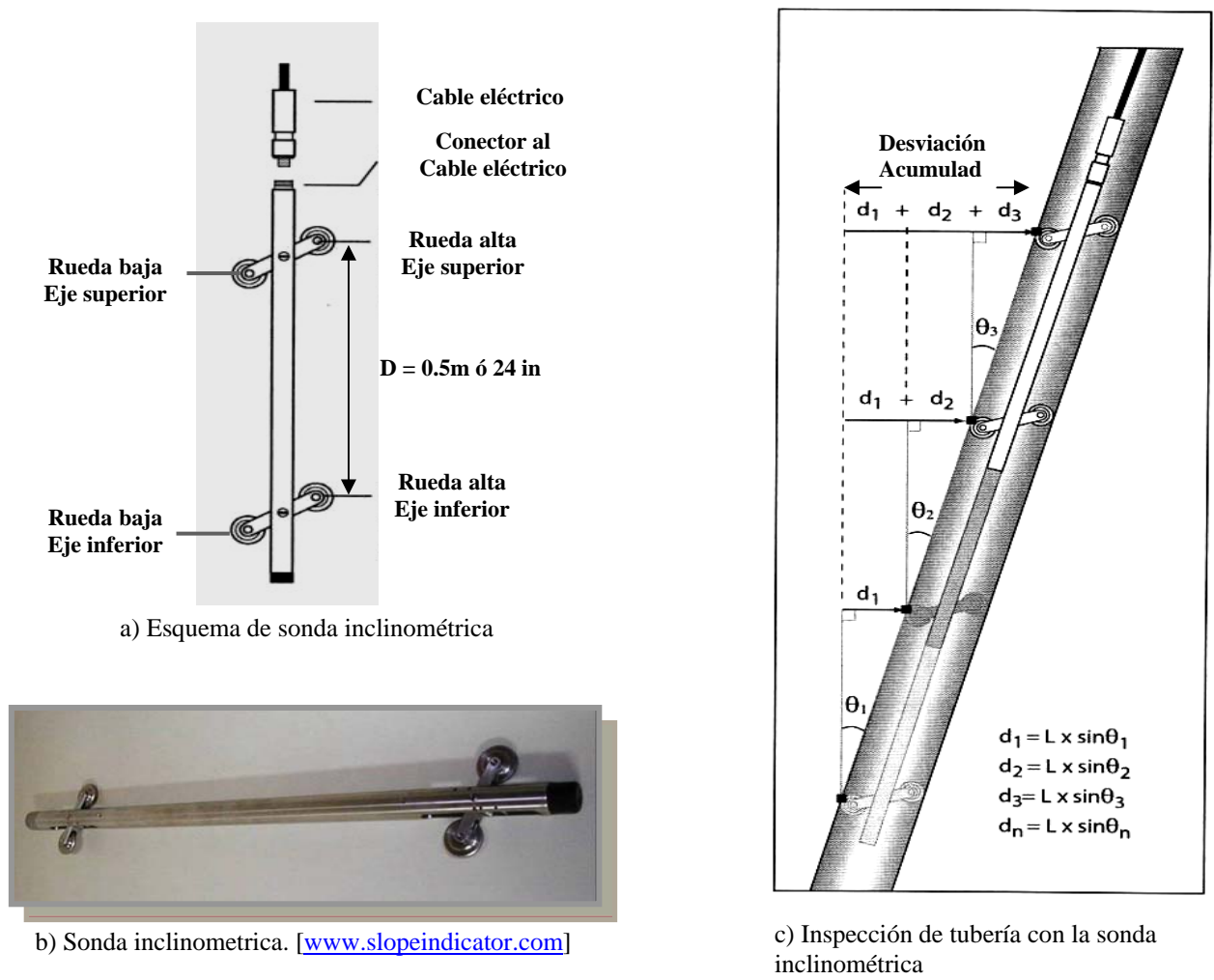


Figura 3.2 Sonda inclinométrica utilizada en el sondeo de tuberías verticales

Particularmente, la sonda inclinométrica utilizada en los taludes monitoreados por el MOP, consiste en una sonda biaxial diseñada para unidades métricas y el rango de separación adoptado para la toma de lecturas consecutivas, coincide con la separación de las ruedas de la sonda (0.5 m).

Cabe mencionar que este equipo tiene un rango de medición de  $\pm 53^\circ$  respecto a la vertical, una precisión de  $\pm 6.0$  mm por cada 25m de medición y un rango de temperaturas de operación de -20 a 50 °C.

▪ **Unidad lectora portátil.**

Es el dispositivo que registra las lecturas que nos proporciona la sonda en el momento de la adquisición de datos en campo, también nos permite la comunicación con una computadora para poder almacenar y analizar las lecturas obtenidas. El Ministerio de Obras Públicas, en sus actividades de monitoreo de taludes utiliza una unidad lectora denominada Digitilt DataMate, de la marca Slope Indicator. (Ver figura 3.3)



Figura 3.3. Unidad lectora portátil, utilizada para la recolección de las desviaciones de los pozos inclinométricos. [Propiedad del Ministerio de Obras Públicas]

- **Programas de Apoyo**

En el caso de la sonda inclinométrica y la unidad lectora, propiedad del Ministerio de Obras Públicas, se cuenta con programas de apoyo denominados, Digital DataMate Manager y Digipro, los cuales se encargan respectivamente, de transferir la información del colector de datos a la computadora y de facilitar la presentación de resultados.

- **Sistema Polea / freno.**

Estos dispositivos mecánicos sirven para un mejor manejo del cable eléctrico en el momento de la toma de datos, ya que la polea nos permite centrar el cable en la tubería y las quijadas o freno nos proporcionan una manera de referenciar la profundidad de cada uno de los puntos registrados en la unidad lectora y a la vez estabilizar la sonda. (Ver figura 3.4)



a) Esquema de colocación del sistema polea\freno en la tubería inclinométrica.

b) vista frontal y lateral del sistema polea\freno

Figura 3.4. Sistema Polea \ Freno para el manejo del cable eléctrico y sonda inclinométrica. [Propiedad del Ministerio de Obras Públicas]

- **Cable eléctrico.**

El cable cumple tres funciones básicas, las cuales consisten en proveer de energía eléctrica a los servo-acelerómetros de la sonda inclinométrica, transmitir la información hasta la unidad lectora portátil y establecer un control de los intervalos de lecturas, gracias a los

puntos de control colocados en forma equidistante en toda su longitud y al uso de las quijadas o freno.

Las distancias entre cada marca depende del sistema de unidades del equipo utilizado, en nuestro caso, por tratarse de un inclinómetro en unidades métricas, dichas marcas están separadas a cada 50 cm, en cambio los equipos diseñados en sistema inglés, se encuentra separadas cada 2 pies = 24 pulgadas. (Ver figura 3.5)



b) Carrete para el almacenaje del cable eléctrico



a) Esquemas de las marcas en los cables eléctricos.  
(En inclinómetros de sistema métrico, las marcas rojas distan cada 0.5m y las amarillas cada 5m)

Figura 3.5. Cable eléctrico utilizado en las sondas inclinométricas.  
[Propiedad del Ministerio de Obras Públicas]

### 3.2. Procedimiento de instalación.

A continuación se presentan algunos aspectos a considerar para la correcta instalación de la tubería inclinométrica, los cuales han sido tomados de la normativa: “Standard Test Method for Monitoring Ground Movement Using Probe Type Inclinometers”, ASTM D-6230-98.

- Se debe de seleccionar el material de la tubería, considerando las condiciones a las que estará expuesta, ya que las altas temperaturas y contenidos de PH pueden afectar su durabilidad; por lo cual, es recomendable solicitar asesoraría al fabricante en cuanto a las propiedades físicas de los materiales que la conforman.

- Las piezas de tubería, conectores, tapadera, no deben estar deteriorados ya que pueden ocasionar problemas con las lecturas, dificultando la interpretación de los resultados.
- El equipo de perforación utilizado debe de tener los mecanismos apropiados de tal manera que el alineamiento del agujero respecto a la vertical, este dentro del rango de medición del inclinómetro a utilizar.
- Se recomienda el uso de un sellador o cintas adhesivas para los acoples, con el objeto de prevenir que partículas de suelo entren a la tubería durante su instalación.
- El espacio anular entre la perforación y la tubería, debe ser rellenado con mezcla de mortero (grout), arena o gravilla.
- La tubería no debe ser forzada durante la instalación, puesto que las ranuras pueden sufrir torceduras que generen errores al tomar las mediciones. De haberla forzado accidentalmente, es necesario realizar una inspección inicial con sondas especiales que miden las deformaciones angulares (sondas de espiral)
- La tubería debe extenderse 5m más allá de la posible zona o superficie de falla del estrato de suelo. (ver figura siguiente)

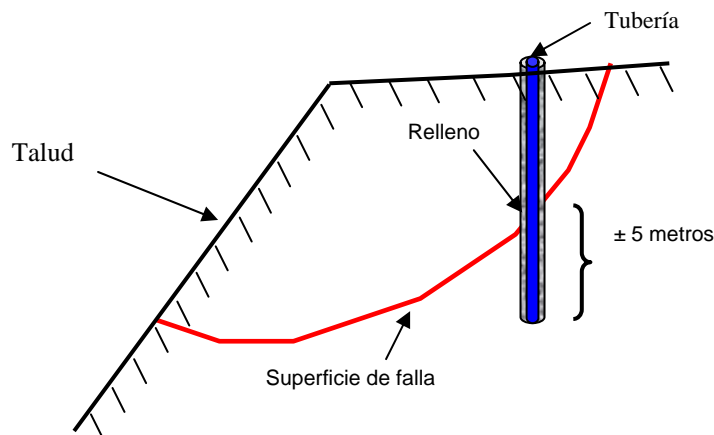


Figura 3.6. Esquema de la ubicación de la tubería a través de la supuesta superficie de falla.

- Un set de ranuras de la tubería debe de coincidir con la misma orientación de los mayores movimientos esperados en la zona. No obstante, por las dificultades del manejo de la tubería al momento de la instalación dichas direcciones no siempre

coinciden, por lo que es necesario realizar una corrección a las lecturas tomadas, pues no corresponden a la dirección de los mayores movimientos esperados. Tal situación se resuelve haciendo uso de una opción automática de los programas de apoyo, en las que se considera el error angular en la colocación de la tubería y funciones trigonométricas para poder corregir dichas lecturas. (ver figura 3.7)

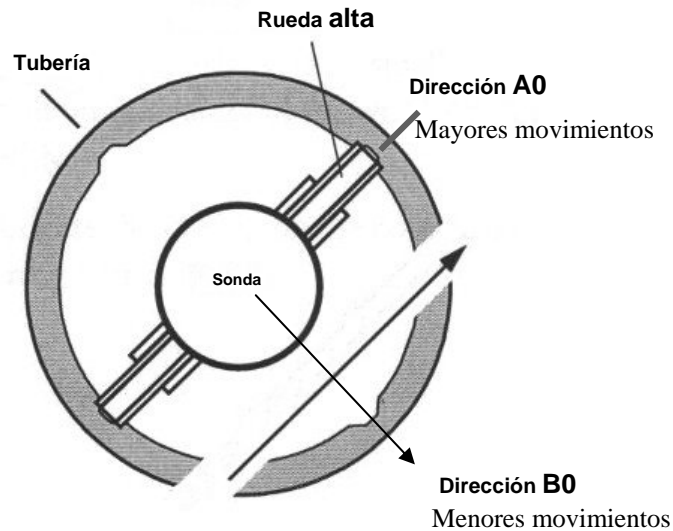


Figura 3.7. Vista en planta de la orientación de las ranuras de la tubería, respecto a la dirección de los movimientos esperados en el talud

### 3.3. Procedimiento de medición

Según la normativa ASTM D 6230-98, la medición de los desplazamientos de los pozos inclinométricos consiste básicamente en una *medición inicial* de las desviaciones de la tubería con la vertical, la cual representa su perfil original o de instalación y sirve de base para el cálculo de desplazamientos en posteriores mediciones. Además, de una validación in-situ de los set de lecturas realizados en cada medición (inicial o subsecuentes), es decir el chequeo de los errores cometidos, mejor conocido como CHEKSUM.

En términos generales, el proceso correcto de cada medición se puede describir como sigue:



- Se introduce la sonda inclinométrica hasta el fondo de la tubería, orientando su “rueda alta” del “eje superior” en la dirección de los mayores movimientos esperados. (Dirección A0°)
- Se deja reposar la sonda en la posición anterior por un período de 10 minutos de tal manera que se ambiente a la temperatura de su entorno.
- Se inicia la toma de lecturas de desplazamientos para diversas profundidades, según el intervalo de medición establecido, partiendo desde el fondo de la tubería hasta la parte superior de la misma.
- Se repite el proceso anterior para una orientación de la sonda igual 180° respecto a la dirección de la primera medición (Dirección A 180°).
- En sondas Biaxiales el proceso descrito anteriormente basta para obtener un set de lecturas completo, es decir, desplazamientos en las direcciones A0°, A180° B0° y B180°.
- Finalizada las lecturas en las direcciones A0°, A180° B0° y B180°. se realiza in-situ una verificación del error o CHEKSUM de los set de lecturas tomadas. Los límites permisibles de estos errores son definidos por los fabricantes de las sondas inclinométricas.

En relación a los criterios a considerar para que la medición inicial y las subsecuentes mediciones sean válidas, la normativa especifica lo siguiente:

- **Medición inicial**

La medición inicial deberá realizarse cuando el material de relleno de la tubería este seco y completamente estabilizado, de tal manera que al momento de analizar los resultados estos movimientos no se confundan con posteriores movimientos relacionados a la estabilidad del estrato.

También es importante tener un sistema de lecturas iniciales representativo, ya que servirá de base para posteriores cálculos y análisis de resultados. Por tanto, se recomienda la realización de al menos dos mediciones diarias, hasta observar una estabilización de los desplazamientos y que los Cheksum estén dentro de los límites de precisión del equipo.

**▪ Mediciones subsecuentes**

La frecuencia de realización de estas mediciones depende en gran parte de la velocidad de los movimientos registrados y de los desplazamientos máximos permisibles en el estrato de suelo, por lo cual puede requerirse de inspecciones diarias, mensuales o anuales. Así también tras la ocurrencia de fenómenos naturales que pueda desestabilizar los suelos (sismos o intensas precipitaciones) puede ser necesario la realización de inspecciones adicionales.

En los estudios que nos competen, se ha observado que no existen mayores movimientos en los taludes de La Leona y Los Chorros, por lo cual se realiza, en ambos casos, una visita al mes en época seca y dos visitas en época lluviosa, las cuales pueden ser incrementadas dependiendo de la actividad sísmica, meteorológica y en definitiva por la magnitud de los movimientos registrados en el talud.

Por otra parte es recomendable realizar las inspecciones a un pozo determinado con el mismo equipo y personal técnico, de tal manera de no incurrir en errores sistemáticos al llevar a cabo las mediciones, en este sentido, la UIDV tiene un equipo de técnicos especializados en la toma y análisis de los datos inclinométricos.

**▪ Validación de las lecturas. (Checksum)**

Consiste en corroborar la fiabilidad de las lecturas, mediante una comparación algebraica o “Checksum” de los pares de lecturas (A0 + A180) y (B0 + B180), cuyos resultados son teóricamente igual a cero, ya que las desviaciones correspondientes a A0 y B0 deben ser igual en magnitud a A180 y B180 respectivamente, pero de signo contrario. También, dichos resultado suelen ser especificados como valores permisibles según el proveedor el equipo. Para el caso de la sonda inclinometrica que posee el Ministerio de Obras Publicas, los proveedores recomiendan que cada “Checksum particular” debe estar dentro de  $\pm 10$  y  $\pm 20$  unidades del “Checksum promedio”, para las direcciones A y B respectivamente, caso contrario, se debe repetir la medición en aquellos puntos donde no se cumplan con estos criterios.

Cabe mencionar que valores excesivos de Cheksum pueden deberse a diversidad de factores, entre los cuales se encuentran, deformaciones de la tubería, descalibración de la sonda inclinométrica, falta de precisión en la colocación de la probeta en la profundidad en que se tomaron las mediciones, entre otros.

Otra manera de verificar la fiabilidad de la medición, es mediante la desviación estándar de los *Cheksum*, para lo cual se debe comparar la desviación estándar de dichas lecturas con la obtenida en la *medición inicial* de desplazamientos. (Considerada como desviación estándar representativa del sistema sonda y tubería inclinométrica). En nuestro caso, los proveedores especifican que una medición es aceptable cuando su desviación estándar está dentro de 3 a 5 unidades de la desviación estándar inicial.

### **3.4. Presentación de Resultados.**

Generalmente los programas de apoyo de los equipos inclinométricos presentan diversidad de resultados en forma gráfica, con el objeto de facilitar la comprensión de los mismos al momento de evaluar el comportamiento de un talud. En lo que respecta al software propiedad del Ministerio de Obras Públicas (Digipro for Windows), los resultados que pueden representarse gráficamente son los siguientes:

- Desplazamientos Acumulados
- Desplazamientos Incrementales
- Desviaciones Acumuladas
- Desviaciones Incrementales
- Cheksum
- Diferencia de Cheksum y
- Desplazamientos con el tiempo.

El significado de estos gráficos, al igual que ejemplos típicos de los mismos, se presentan a continuación, y corresponden a los registros del pozo inclinométrico N°2, instalado en Talud 3 de La Curva La Leona, San Vicente.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> INFORME TÉCNICO “MONITOREO DE TALUDES DE LA CARRETERA CA-1, EN LA ZONA DE LA CURVA LA LEONA, SAN VICENTE.”. VMOP-2003.

**Desplazamientos Acumulados**

Representa los desplazamientos o cambios en la posición inicial de la tubería, los cuales se determinan mediante la acumulación de los desplazamientos incrementales, desde el extremo inferior hasta el superior de la tubería, tomando como referencia el punto inferior de la misma, el cual se considera inmóvil. (Ver Figura 3.8)

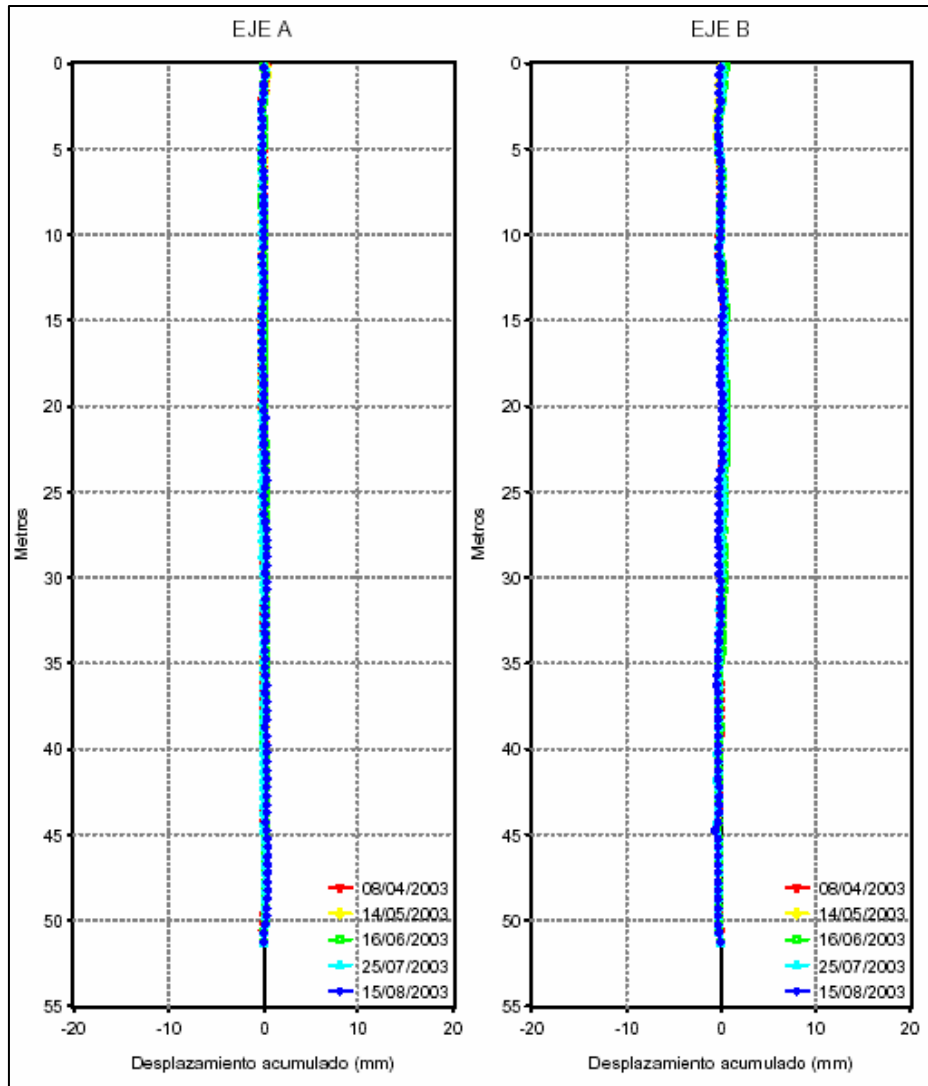


Figura 3.8. Gráfico de Desplazamientos Acumulados.  
[Pozo Inclinométrico N°2, Talud 3 de la curva la Leona]

**Desplazamiento incrementales**

Estos corresponden a los desplazamientos para cada punto de medición, sin considerar la acumulación de los desplazamientos. (Ver figura 3.9)

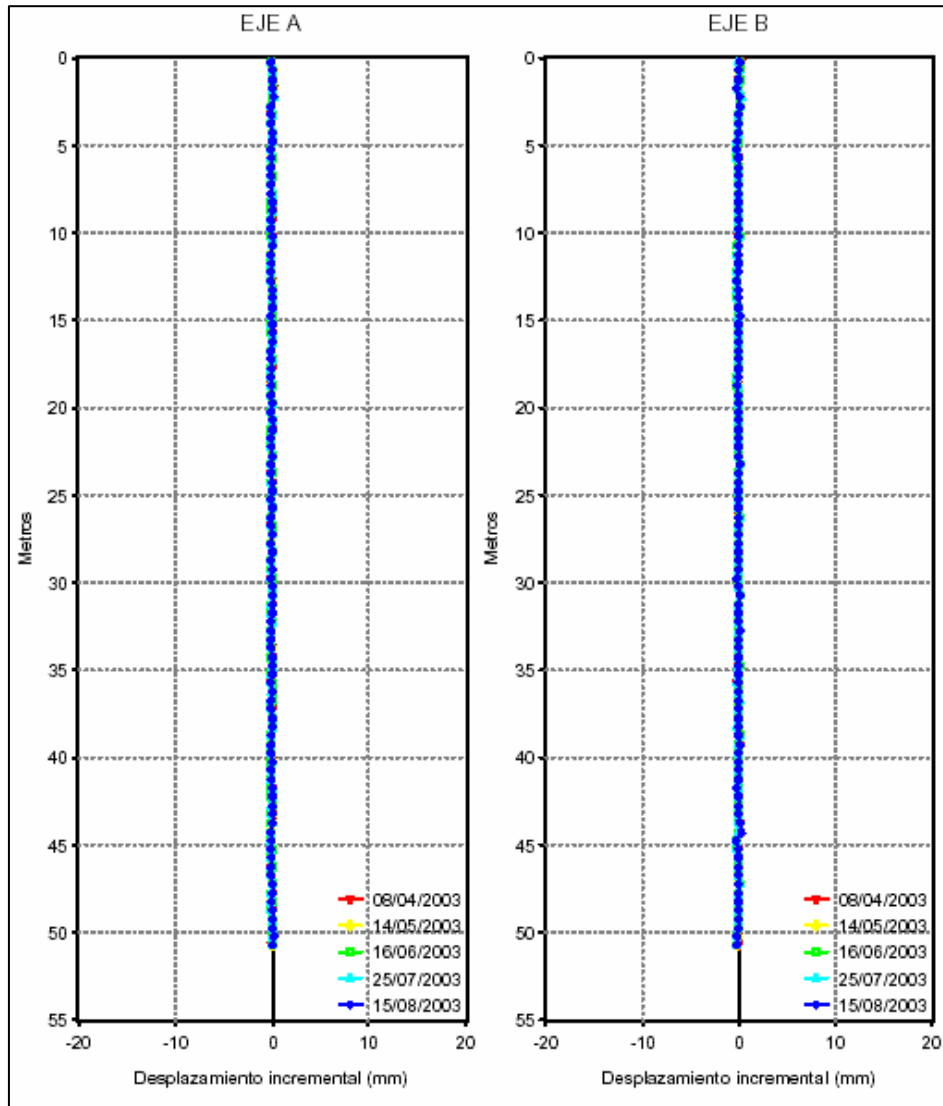


Figura 3.9. Gráfico de Desplazamientos Incrementales.  
[Pozo Inclínométrico N°2, Talud 3 de la curva la Leona]

▪ **Desviaciones Acumuladas**

Representan la posición de la tubería respecto a la vertical, es decir su perfil original o la variación del mismo. (Ver figura 3.10)

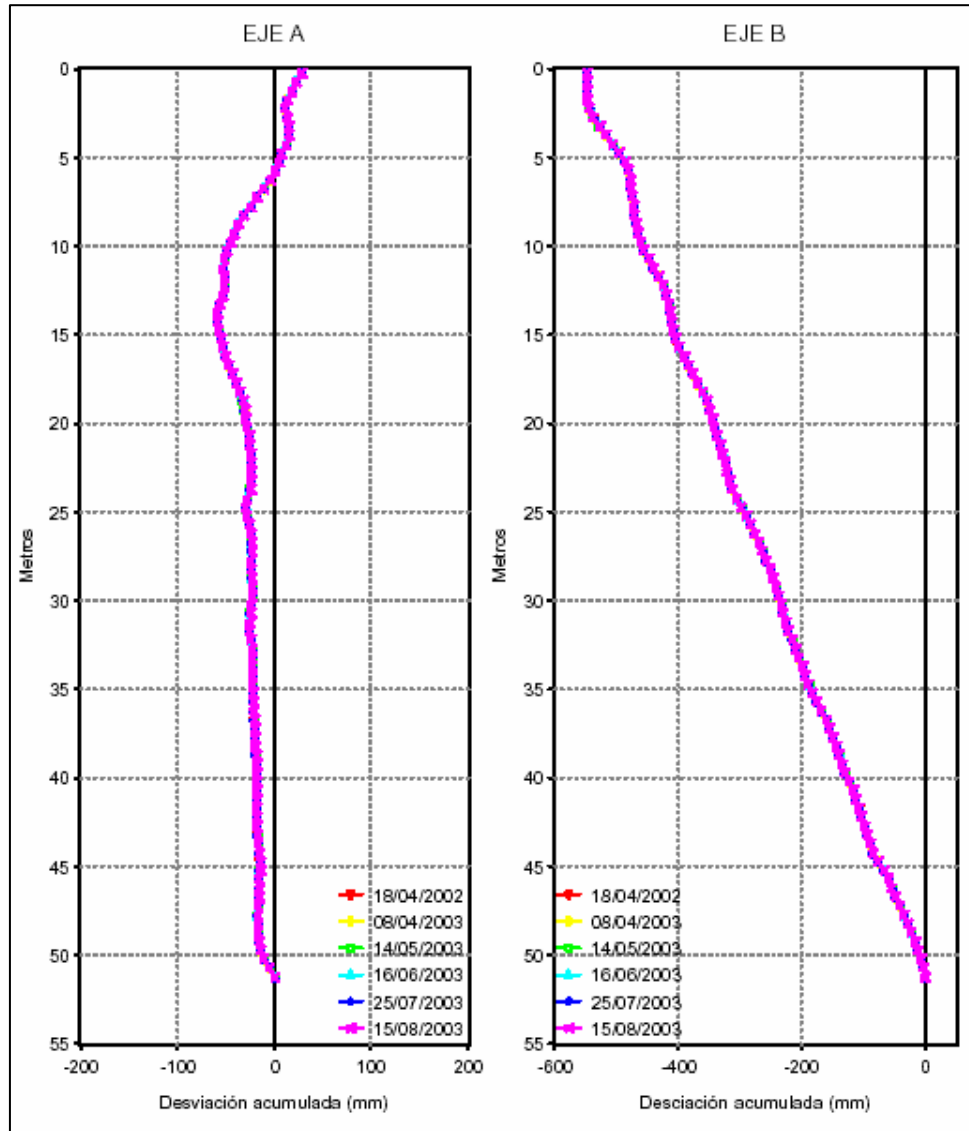


Figura 3.10. Gráfico de Desviaciones Acumuladas.  
[Pozo Inclinométrico N°2, Talud 3 de la curva la Leona]

▪ **Desviaciones incrementales**

Representan las desviaciones de la tubería en cada punto de medición, las cuales son determinadas respecto a la vertical y no consideran la acumulación de desviaciones. (Ver figura 3.11)

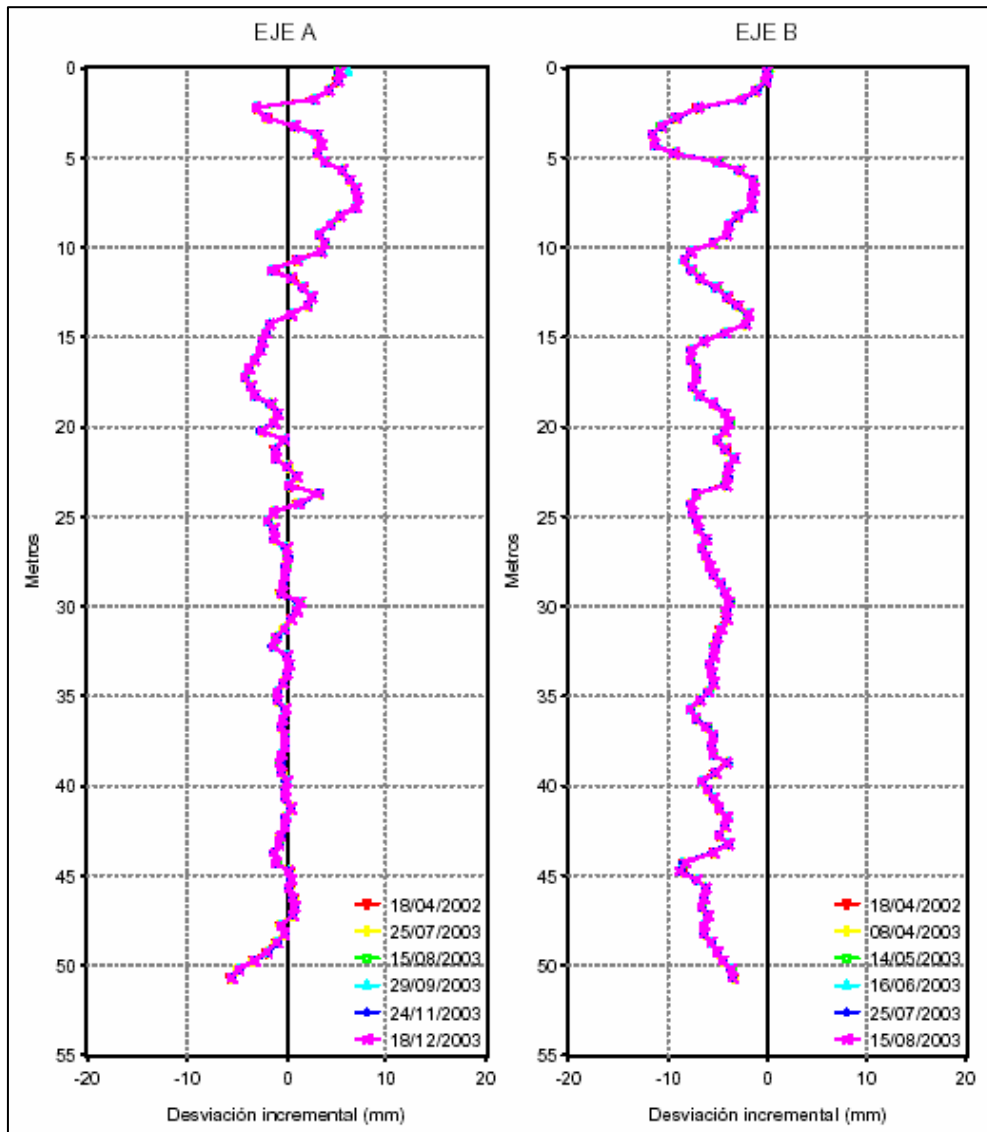


Figura 3.11. Gráfico de Desviaciones Incrementales.  
[Pozo Inclínométrico N°2, Talud 3 de la curva la Leona]

▪ **Los Cheksum.**

Representan los errores cometidos en cada punto de medición y es utilizado para la validación de los datos. (Ver Figura 3.12)

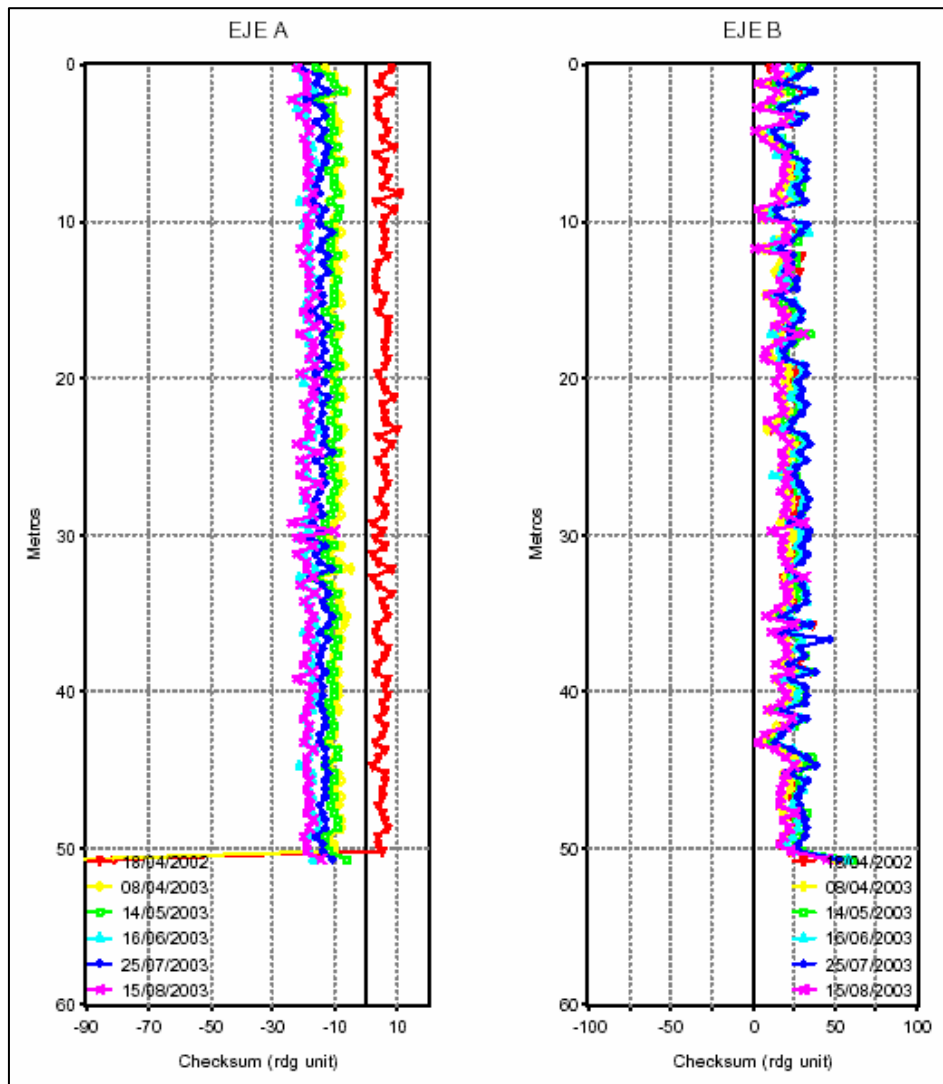


Figura 3.12. Gráfico de Cheksums.  
[Pozo Inclínométrico N°2, Talud 3 de la curva la Leona]



▪ **Diferencias de *Cheksum***

Representan la diferencia de errores cometidos, entre un set de lecturas en particular y los correspondientes a la primera inspección de la tubería. (Ver figura 3.13)

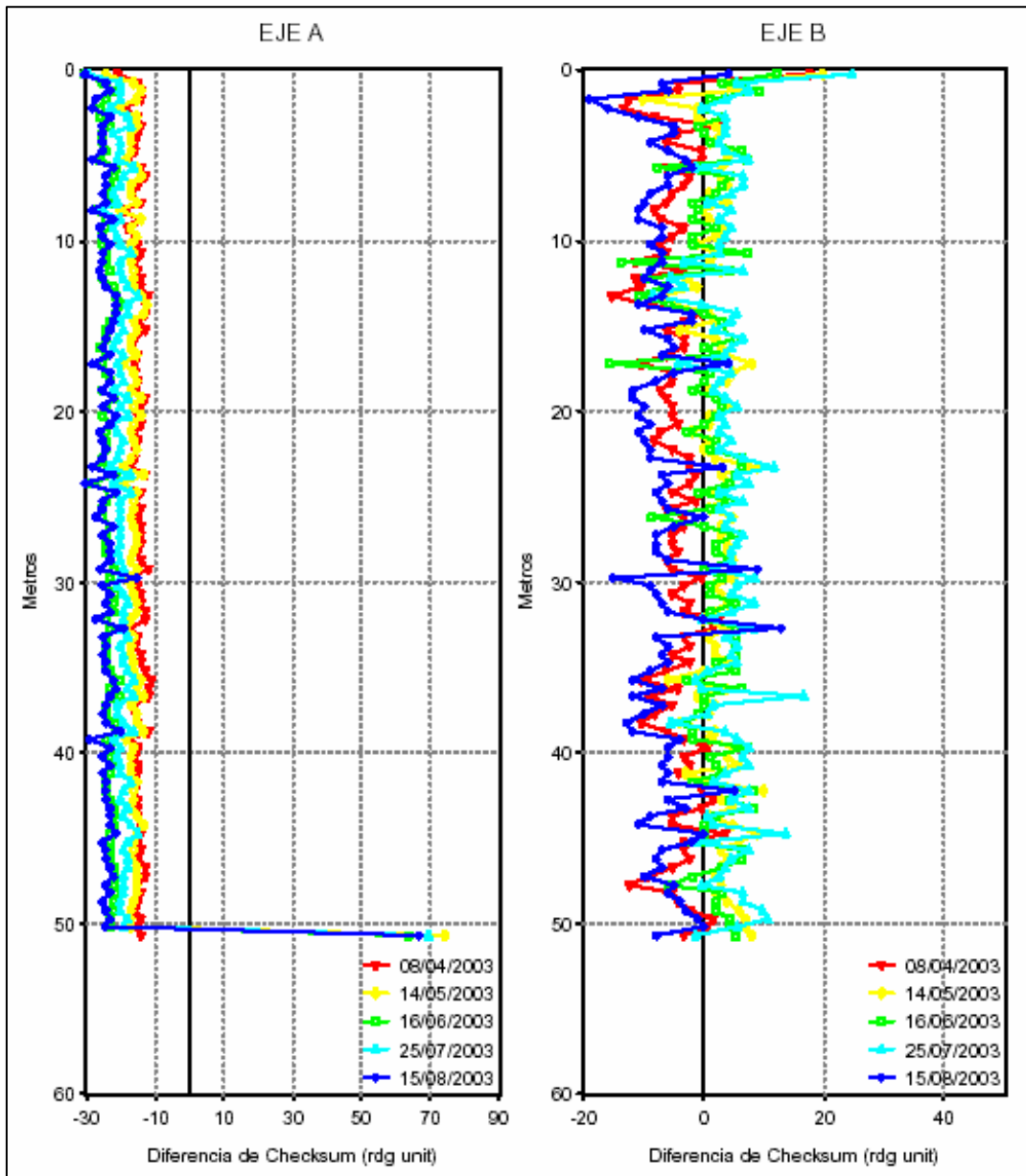


Figura 3.13. Gráfico de Diferencia Cheksums.  
[Pozo Inclínométrico N°2, Talud 3 de la curva la Leona]

**▪ Desplazamientos con el Tiempo.**

Este gráfico permite observar la variación de los desplazamientos con el tiempo, los cuales son calculados a partir de la diferencia entre los desplazamientos correspondientes a dos profundidades elegidas por el usuario. Para el caso que se presenta a continuación, se han calculado la diferencia de desplazamientos entre las profundidades de 0.25 y 50.75 metros, para cada fecha en que se ha realizó el ensayo inclinométrico.

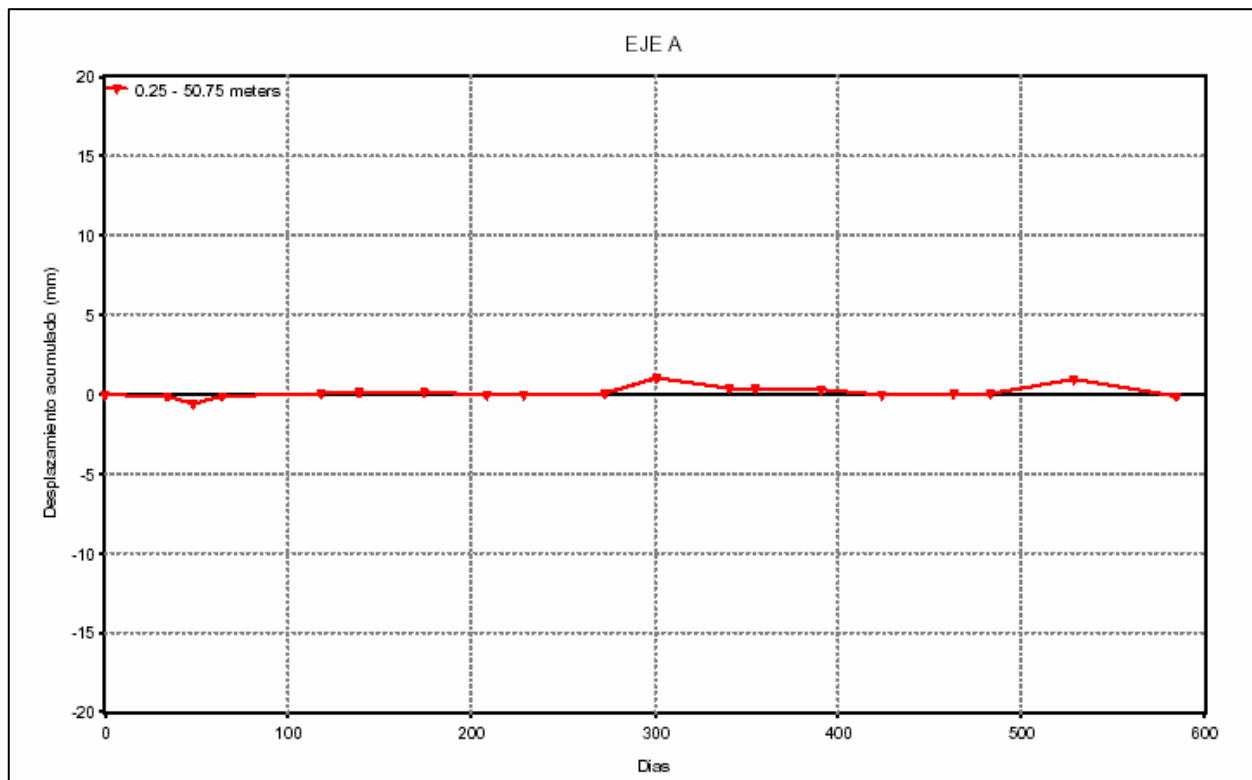


Figura 3.14. Gráfico de Diferencia Cheksums.  
[Pozo Inclinométrico N°2, Talud 3 de la curva la Leona]

#### 4.0 REFERENCIAS.

- Geotechnical Instrumentation for monitoring field performance. John Dunnycliff, Gordon E Green.
- Geotechnical, Geophysical, Groundwater and Structural Instrumentation, Slope Indicator Brochures.
- Manual Digitilt Data mate, Slope Indicator 2000
- Manual Digitilt Inclinator Probe 50302599, Slope indicator 2000
- “Standard Test Method for Monitoring Ground Movement Using Probe Type Inclinator”. ASTM-6230-98. American Society of Testing Material.
- Página Web del distribuidor del equipo de inclinometría, [www.slopeindicator.com](http://www.slopeindicator.com)

[Página Principal](#)

E-mail: [uidv.contacto@mop.gob.sv](mailto:uidv.contacto@mop.gob.sv)