

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN VÍAS TERRESTRES**

**TEMA: "MODELO DE MONITOREO DE ASENTAMIENTOS EN LAS EXPLANADAS DE LA VÍA  
TOSAGUA-CHONE, EN LOS HUMEDALES Y ZONAS INUNDABLES PARA  
ESTABILIZAR LA OBRA GEOTÉCNICA DE LA VÍA."**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de  
**MAGÍSTER EN VÍAS TERRESTRES**

Nombre del Autor: Ing. Carlos Guillermo Jerez Salan

Nombre del Director: M.Sc. Ing. Ibán Mariño

Ambato – Ecuador

2009

**Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato**

El Comité de Defensa del Trabajo de Investigación “**MODELO DE MONITOREO DE ASENTAMIENTOS EN LAS EXPLANADAS DE LA VÍA TOSAGUA-CHONE, EN LOS HUMEDALES Y ZONAS INUNDABLES PARA ESTABILIZAR LA OBRA GEOTÉCNICA DE LA VÍA.**”, Presentada por el Señor Maestrante Carlos Guillermo Jerez Salan, y conformado por el Ingeniero M. Sc. Israel Alulema, el Ingeniero M. Sc. Víctor Hugo Fabara, y el Ingeniero M. Sc. Víctor Hugo Paredes, Ingeniero M. Sc. Ibán Mariño, Director de Tesis y presidido por el Ingeniero M. Sc. Luis Velásquez Medina, Director del CEPOS – UTA, una vez escuchada la defensa oral y revisado el Trabajo de Investigación de Grado escrita en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas por el Tribunal de Defensa, remite el presente Trabajo de Investigación para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

-----  
M. Sc. Ing. Víctor Hugo Paredes  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL (E)

-----  
M. Sc. Ing. Luis Velásquez  
DIRECTOR del CEPOS-UTA

-----  
M. Sc. Ing. Ibán Mariño  
Director de Tesis

-----  
M. Sc. Ing. Israel Alulema  
Miembro del Tribunal

-----  
M. Sc. Ing. Víctor Hugo Fabara  
Miembro del Tribunal

-----  
M. Sc. Ing. Víctor Hugo Paredes  
Miembro del Tribunal

## CERTIFICACION

En mi calidad de Director de la Tesis “MODELO DE MONITOREO DE ASENTAMIENTOS EN LAS EXPLANADAS DE LA VIA TOSAGUACHONE, EN LOS HUMEDALES Y ZONAS INUNDABLES PARA ESTABILIZAR LA OBRA GEOTECNICA DE LA VIA.” Trabajo elaborado por el Ing. Carlos Jerez Salan.

### CERTIFICO

- Que la presente Tesis es original.
- Que ha sido revisada en cada uno de los capítulos.

Ing. M.Sc. Ibán Mariño

Director de Tesis

## AUTORIA

El contenido del presente trabajo investigativo así como sus ideas y opiniones son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Ing. Carlos Jeréz Salán

CC. 1802645166

Fecha: Febrero 2009

## DEDICATORIA

A mi familia por el apoyo constante a mi esfuerzo de superación permanente.

A mis abnegados Padres, María y José, quienes con su sacrificio y valores me apoyaron en todo instante.

A mis hijos: Bryan Stalin y Carlos Joel por ser parte de mi vida y mi existencia.

A mis hermanos: Wilson, Milton, Jorge, Eduardo, Susana y José por su apoyo inquebrantable.

A mi esposa: Silvia Morales Gómez compañera de infortunios, sinsabores, penas y alegrías pero sobre todo amor y comprensión constante.

Carlos Guillermo Jeréz Salán

## AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Técnica de Ambato, porque en sus aulas me forme académicamente, y constituyeron mis bases científicas de pregrado y posgrado.
- Al Director de Tesis, Ing. M.sc. Ibán Mariño, por su apoyo desinteresado en el desarrollo de esta investigación.
- A INEXTEC Cía. Ltda, Compañía Consultora, y en la persona del Ing. M.Gc. Sergio Páez Moreno, por permitirme formar parte de este equipo de investigación y ser los pioneros en la instrumentación geotécnica de la construcción vial.
- A la Compañía Constructora Herdoíza Crespo Construcciones S.A. por el apoyo con recursos para la preparación de los suelos previo la instalación de la instrumentación geotécnica.

## INDICE GENERAL

### A. PAGINAS PRELIMINARES

• Portada o carátula.....	I
• Aprobación del tribunal de grado.....	II
• Certificación del Director.....	III
• Autoría del trabajo.....	IV
• Dedicatoria.....	V
• Agradecimiento.....	VI
• Índice General.....	VII
• Índice de tablas, gráficos, planos.....	IX
• Resumen ejecutivo.....	XIII

Página

### B. TEXTO

Introducción.....	1
-------------------	---

#### CAPITULO 1: EL PROBLEMA

1.1 Tema.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.2.1 Contextualización.....	3
1.2.2 Análisis crítico.....	5
1.2.3 Prognosis.....	6
1.2.4 Formulación del problema.....	6
1.2.5 Interrogantes.....	6
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación.....	6
1.3 Justificación.....	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 General.....	8
1.4.2 Específicos.....	8

#### CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes investigativos.....	9
2.2 Categorías fundamentales.....	21
2.3 Hipótesis.....	22
2.4 Señalamiento de variables.....	22

<b>CAPITULO 3: METODOLOGIA</b>	
3.1 Modalidad básica de la investigación.....	23
3.2 Nivel o tipo de investigación.....	23
3.3 Población y muestra.....	23
3.4 Operacionalización de variables.....	24
3.5 Plan de recolección de información.....	24
3.6 Plan de procesamiento de la información.....	25
<b>CAPITULO 4: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>	
4.1 Análisis de los resultados.....	26
4.2 Interpretación de datos.....	28
4.3 Verificación de hipótesis.....	35
<b>CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1 Conclusiones.....	36
5.2 Recomendaciones.....	36
<b>CAPITULO 6: PROPUESTA</b>	
6.1 Introducción.....	38
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	40
6.3 Justificación.....	41
6.4 Objetivos.....	43
6.5 Análisis de factibilidad.....	43
6.6 Fundamentación.....	44
6.6.1.-Inclinómetros.....	44
6.6.1.1.-Descripcion, instalación y funcionamiento.....	44
6.6.1.2.-Proceso Fotográfico de instalación.....	58
6.6.2.-Piezómetros.....	65
6.6.2.1.-Descripcion, instalación y funcionamiento.....	65
6.6.2.2.-Proceso Fotográfico de instalación.....	81
6.6.3.- Asentómetros.....	86
6.6.3.1.-Descripcion, instalación y funcionamiento.....	86
6.7 Modelo operativo.....	91
6.8 Administración.....	93
6.9 Previsión de la evaluación.....	93
<b>C. MATERIAL DE REFERENCIA</b>	



• BIBLIOGRAFIA.....	95
• ANEXOS.....	105

## **INDICE DE ANEXOS.-**

<b>GRAFICOS</b>	<b>Página</b>
Grafico. No 1.- Composición de la masa del suelo	..11
Grafico No 2. Esquema de un consolidómetro. y de la permeabilidad del suelo.	..12
Grafico No 3. Curva de Consolidacion.	..12
Grafico No 4.- Esquema tiempo versus grados de inclinación.	..29
Grafico No 5.- Angulos de Inclinacion Vs tiempo inclinometros.	..30
Grafico No 6.- Asentamientos Vs tiempo inclinometros.	..31
Grafico No 7.- Presion de agua Vs tiempo tomados con los Piezometros.	..32
Gráfico No 8.- Asentamientos vs. Tiempo, tomados con asentómetro ubicado en el Km: 0+600	..33
Gráfico No 9.- Asentamientos vs. Tiempo, tomados con asentómetro ubicado en el Km: 12+860	..34
Grafico No 10.- Ubicación del Proyecto- Provincia de Manabi	..39
Grafico No 11.- Grafico de ubicación de los tres tipos de instrumentos en el proyecto.	..40
Grafico No 12.- Tubería protección, inclinómetros y Disposición Interna de los electrodos	..44
Grafico No 13: Modo de funcionamiento de los electrodos	..45
Grafico No 14: Método de Ensamblaje de inclinometros	..46
Grafico No 15: Orientación de los ejes	..46
Grafico No 16.- Instalación de inclinómetros y simulación deformación	..47
Grafico No 17.- Sección típica de protección de tubería.	..48
Grafico No 18.- barra de herramientas del programa de transferencia de datos y pantalla principal de Logger Net.	..51
Grafico No 19.- Pantalla de recolección de Datos.	..52
Grafico No 20.- Pantalla de monitoreo gráfico de las variables en función del tiempo	..53
Grafico No 21.- Pantalla del Panel numérico	..53

Grafico No 22 Pantalla principal del TBaseII (software de análisis).	..54
Grafico No 23.- Pantalla de configuración geométrica inclinómetros.	..55
Grafico No 24 Analyze Data, pantalla para análisis de datos	..55
Grafico No 25.- Análisis en el tiempo de cada inclinómetro.	..56
Grafico No 26.- Esquema de instalación de inclinómetros y deformada	..57
Grafico No 27.- Esquema sección de instalación de inclinómetros	..57
Grafico No 28.- Piezómetros de Cuerda Vibrante Big Boy 98050	..65
Grafico No 29.- Esquema interno de Piezómetros de Cuerda Vibrante	..66
Grafico No 30.- Piezómetro Slim Jim	..68
Grafico No 31.- Piezómetro Conehead	..68
Grafico No 32.- Piezómetro Big Boy aplicados en este estudio	...69
Grafico No 33.- Visualización y descarga de los datos y seteo de transferencia de información de los piezómetros.	..73
Grafico No 34. Menú para descargar los datos almacenados	..73
Grafico No 35.- Pantalla de config. necesaria para grabar en la memoria	..74
Grafico No 36.- datos descargados se visualiza en pantalla del VW 2106	..74
Grafico No 37.- Pantalla para configurar barrido de datos	..76
Grafico No 38.- Visualización gráfica tiempo real de datos obtenidos	..77
Grafico No 39.- Esquema transversal de instalación de piezómetro	..79
Grafico No 40.- Esquema implantacion de instalación de equipos (piezómetros) con su estructura con procedimientos controlados.	..80
Grafico No 41.- sección Típica de Instalación de los Asentómetros.	..86
Grafico No 42.- Detalle de Instalación de postes de Asentómetros.	..87
Grafico No 43.- Detalle de Instalación de polea en poste fijo y móvil	..87
Grafico No 44.- Detalle de Instalación de tabla de lectura en el poste fijo	..88
Grafico No 45.- Instalación típica de asentómetros en el Km: 0+600	..89
Grafico No 46.- Instalación típica de asentómetros en el Km: 12.860	..89

## FOTOS

Foto No. 1. Vía sobre dique para presas, en Costa Rica.	..19
Foto No 2.- Handi Logger. unidad de almacenamiento de información.	..48
Foto No 3.- Multiplexor 797 unidad de ordenamiento de información previo almacenamiento	..50

Foto No 4.- Cableado al panel con tubería de protección	..51
Foto No 5.- Inspección y obtención de datos.	..51
Foto 6.- Ubicación y replanteo de instalación inclinómetros	..58
Foto 7.- Excavación de la zanja para protección de la tubería.	..58
Foto 8.- Zanja lista para la instalación de los instrumentos.	..59
Foto 9.- Colocación de arena y tubería, controlado con niveles	..59
Foto 10.- Colocación de la pasta de cemento para protección de tubería	..60
Foto 11.- Relleno de terraplén sobre inclinómetros.	..60
Foto 12.- Lubricación de guías de los inclinómetros y tubería.	..61
Foto 13.- Colocación de los inclinómetros dentro de la tuberías.	..61
Foto 14.- Colocación de los inclinómetros dentro de las tuberías.	..62
Foto 15.-Verificación de la posición interna de los inclinómetros y códigos de los equipos.	..62
Foto 16.- Extracción de todo el sistema de inclinómetros verificando que las guías funciones bien.	..63
Foto 17.- Colocación de los Data Logger (Handi Logger). Para los almacenamientos de las lecturas de los inclinómetros.	..63
Foto 18.- Asegurar su funcionamiento y protección ante siniestros	..64
Foto 19.- Transferencia de datos a PC luego de 8 días funcionando	..64
Foto No 20.- El VW 2106 Readout . visor de datos de los piezómetros	..72
Foto No 21.- HANDI LOGGER MINI memoria para almacenar datos	..75
Foto No 22.- sistema conexión de piezómetro, almacenamiento y transferencia de datos	..76
Foto No 23.- DATA LOGGER HANDI LOGGER 798-100ª Analizador de espectros: encargado de recibir la señal análoga y covertidor.	..77
Foto No 24.- ANALIZADOR DE ESPECTROS AVW200 Analizador de espectros: Dispositivo capaz de crear señales eléctricas a frecuencias	..78
Foto No 25.- MULTIPLEXOR 16/32B. Tablero de conexión piezómetros..	79
Foto No 26.- Construcción estructura de protección de los piezómetros	..81
Foto No 27.-Colocacion en la estructura de protección los piezómetros para poder extraerlos luego	..81
Foto No 28.-Preparación del sitio donde se instalara la unidad de almacenamiento de información	..82

Foto No 29.- Armado del sistema de proteccion y colocacion de los piezometros en el extremo de la tuberia.	..82
Foto No 30.- Colocación de cable transmisor de datos entre las tres secciones con un total de 6 piezometros.	..83
Foto No 31.- Instalación de los piezometros en los sitios planificados, dos por cada seccion.	..83
Foto No 32.- Humedal Km 10+930. Notese el nivel de agua permanente en verano del humedal que en invierno este nivel sube considerablemente	..84
Foto No 33.- Instalación de los cables acerados que permitiran extraer los piezometros despues de su funsion	..84
Foto No 34.- Instalación en la segunda sección. Km: 11+080	..85
Foto No 35.- Instalación en la tercera sección Km: 11+230	..85
Foto No 36.- Instalación del sistema de recolección de datos	..86
Foto No 37.- detalle de tabla de medición en los asentómetros	..88
Foto No 38.- Asentómetro instalado en el Km: 0+600	..90
Foto No 39.- Asentómetro instalado en el Km: 12+860	..90

## CUADROS

Cuadro No1.- Resultados de los ensayos fundamentales Vs Las Especificaciones de Ministerio de Transporte y Obras Publicas.	..27
--	------

## ANEXOS

Anexo No. 2.1: Hojas de calibración de piezómetros.	..98
Anexo No. 2.2: Ensayos fundamentales para la identificación de suelo de fundación.	..100
Anexo No. 2.3: Ensayos fundamentales para material de mejoramiento para terraplén de Vía, límites, proctor, CBR.	..102
Anexo No. 2.4: Tabla de clasificación de suelos del SUCS.	..111
Anexo No. 2.5: Datos de lecturas de inclinómetros y piezómetros .	..112
Anexo No. 3.1: Fotografías del proyecto	..114

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo tiene como tema “MODELO DE MONITOREO DE ASENTAMIENTOS EN LAS EXPLANADAS DE LA VIA TOSAGUA-CHONE, EN LOS HUMEDALES Y ZONAS INUNDABLES PARA ESTABILIZAR LA OBRA GEOTECNICA DE LA VIA.”

Es de gran importancia para el proyecto; las aplicaciones que se agrupan dentro de lo que se denomina la "Instrumentación Geotécnica", el problema de las deformaciones, de los terraplenes de carreteras, especialmente del tipo diseñado en la carretera Tosagua - Chone, de importante altura y en zonas de inundación, implica conocer de manera certera los asentamientos que experimenta la fundación de estos terraplenes y por cierto, el efecto del agua durante las oscilaciones estacionales invierno-verano, la medida cuantitativa de los parámetros que influyen en su estabilidad, ha motivado la aplicación de un programa de monitoreo que está permitiendo conocer en forma progresiva la relación deformación - tiempo de los terraplenes, considerando el terreno de apoyo, y las características de la sobrecarga, la idea es que se pueda obtener información relevante sobre dicha estabilidad. Se propuso un protocolo de investigación.

Se han seleccionado 6 secciones para la instalación de los tipos de equipos en su orden: los asentómetros (asentamientos), los inclinómetros (deformaciones internas) y piezómetros (presión de agua), nos dan información que a través del tiempo demuestran que existen variaciones. Con los datos capturados se procesara la información y con la asistencia de software especializado se obtendrán, las medidas requeridas que son deformaciones y asentamientos.

El atributo de la investigación y el valor técnico - científico de este trabajo, es aplicar técnicas de investigación conocidas, pero con tecnología de última generación.

## INTRODUCCION

La investigación es relevante por su valor técnico-científico con la aplicación de la instrumentación geotécnica. La investigación de campo empleada en este estudio permite que los resultados obtenidos sean visualizados en el lugar y durante el desarrollo de la construcción de una vía en reconstrucción y con tramos nuevos sobre zonas bajas inundables y los suelos de fundación de los terraplenes es arcilla altamente expansiva en el tramo de 16.5 Km. de la vía Tosagua-Chone en la provincia de Manabí.

Este trabajo consta de 6 capítulos. El primer capítulo se refiere al problema planteado por cuanto a nivel país en la construcción vial no hay antecedentes en investigaciones de estas características y alcances en el monitoreo de asentamientos de terraplenes. En el capítulo 2 del marco teórico se describe antecedentes investigativos que se han realizado en otros tipos de estructuras como presas, además se añade conceptos básicos de terraplenes, consolidación, además de una descripción de los equipos existentes y utilizados en esta investigación como son los inclinómetros (asentamientos), piezómetros (presión de agua) y asentómetros (asentamientos). En el capítulo 3 la metodología de la investigación, es exploratoria por cuanto una vez instalados los equipos se programa que automáticamente almacenen los datos de acuerdo a intervalos de tiempos definidos, que en el transcurso del tiempo y según las necesidades podrán ser reconfigurados, estos datos son almacenados en chips que luego se transmitirá al Pc. En el capítulo 4 referencia el análisis e interpretación de resultados que al ser procesado evidencian los cambios que los terraplenes experimentan gracias a la gran fidelidad de los equipos, y que para el ojo o percepción humano es difícil darse cuenta de estos cambios importantes de las estructuras viales. En el capítulo 5 se hacen las respectivas conclusiones y recomendaciones que se ha experimentado y que permitirán en un próximo proceso ser mas optimo. El capítulo 6 de la propuesta se desarrolla de manera general para la construcción

vial con la instrumentación geotécnica que nos está permitiendo monitorear en este caso terraplenes en zonas de ampliación y en tramos nuevos, sustentados en suelos arcillosos expansivos que experimentan cambios en tiempo de invierno y verano, en este capítulo se desarrollara una guía para el proceso de instalación y recolección de datos de los inclinómetros, piezómetros y asentómetros.

Adicionalmente se anexa materiales de referencia tanto del fabricante de los equipos y los ensayos fundamentales de laboratorio para clasificar los materiales.

# CAPITULO 1

## EL PROBLEMA

### 1.1. TEMA.

MODELO DE MONITOREO DE ASENTAMIENTOS EN LAS EXPLANADAS DE LA VIA TOSAGUA-CHONE, EN LOS HUMEDALES Y ZONAS INUNDABLES PARA ESTABILIZAR LA OBRA GEOTECNICA DE LA VIA.

### 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

#### 1.2.1 CONTEXTUALIZACION.

Las vías terrestres a nivel de la región costa ecuatoriana siempre han sufrido daños afectados tanto por las políticas gubernamentales que han destinado pocos recursos económicos para reconstrucción y/o reparación de las vías y por los inviernos severos y fenómenos naturales presentados a nivel nacional y mundial. Empleando para esto recursos de declaradas emergencias viales, y como resultado de estas obras hay vías con un bajo nivel de servicio por su estado de deterioro, donde los asentamientos de los rellenos y la acción de expansión de las arcillas han hecho que se formen grandes deformaciones a lo largo de las vías.

El Proyecto Tosagua-Chone Tramo 1 de 16.1 kilómetros de longitud, se encuentra ubicado en la Provincia de Manabí y forma parte de la Red Vial Estatal E38 (Santo Domingo – Y de Charapoto) que se considera como parte de la vía colectora que une los corredores arteriales E20 Transversal Norte y E30 Transversal Central. Une las cabeceras cantonales Tosagua y Chone, en su recorrido enlaza a las poblaciones de Bachillero perteneciente a la jurisdicción de Tosagua y San Antonio que pertenece a la jurisdicción del cantón Chone.

La vía presentaba varios sitios afectados por inundaciones del Río Carrizal, en los primeros 7 Km de la vía, por cuanto se desarrolla en una zona relativamente plana



correspondiente a la planicie de inundación de este río, en este tramo se ubican también lagunas de régimen permanente que han determinado el alineamiento de la vía, un tanto sinuoso para acercarse a unas pequeñas lomas del sector.

A partir del Km. 7 la vía se desarrolla en la planicie de inundación del río Chone, por el lado derecho al pie de unas pequeñas lomas y en el lado izquierdo grandes planicies con inundación permanente en el denominado Humedal de la Segua. En el Km 12 se ubica la población de San Antonio donde la vía se vuelve muy angosta y con limitadas posibilidades de ampliación. Entre el Km. 12 y Km 17 la vía discurre paralela al cauce del río Chone el mismo que ocasiona inundaciones que afecta la vía.

La vía mostraba varios sitios con deterioro prematuro de la calzada por el exceso de humedad originada por los niveles permanentes de inundación, la vía no presentaba una adecuada señalización y un deficiente sistema de drenaje con alcantarillas azolvadas o insuficientes. El puente Bachillero produce remanso aguas arriba del sitio de puente y origina desbordamientos del río e interrupciones de tráfico.

La vía tenía un nivel de servicio “D”, es decir que se aproximaba a flujo inestable con velocidades de operación no satisfactoria, afectadas considerablemente por cambios de operación. Adicionalmente la capacidad de la vía se vió seriamente afectada por los siguientes factores: insuficiente ancho de espaldones, malas condiciones de la capa de rodadura, vehículos pesados, Los vehículos pesados, transformados en vehículos livianos equivalentes, reducen la capacidad vehicular, especialmente en gradientes críticas y falta de señalización.

El ancho promedio de calzada y sus espaldones era de 8.0 metros aproximadamente. La carretera tiene dos carriles de circulación (uno en cada sentido). El Ministerio de Transportes y Obras Públicas MTOP, dentro de su política dirigida al mejoramiento de la Red Vial Estatal, contrató los trabajos de reconstrucción de la carretera Tosagua – Chone, que incluyeron sobre elevar el

nivel de la vía en sitios afectados por inundaciones recurrentes en el sector y colocación de nuevas alcantarillas en estos sitios.

Con este antecedente las explanadas en los humedales y zonas inundables estarán conformadas con rellenos de hasta 3.5 metros hasta alcanzar el nivel de la subrasante mejorada; por lo tanto monitorear los asentamientos en estos sitios para estabilizar la obra geotécnica, es parte fundamental de este estudio.

### 1.2.2. ANALISIS CRÍTICO.

La carencia del control de asentamientos ha hecho que las constructoras viales se vean afectadas por qué no les permite entregar sus obras en los plazos establecidos contractualmente, debido a que han tenido que realizar reparaciones de los rellenos y estructuras de pavimentos completos.

La falta de inversión en tecnología para monitorear los asentamientos hace que la presente investigación satisfaga el valor técnico - científico de este trabajo, aplicando técnicas de investigación conocidas, pero con tecnología de última generación. Tiene relación con las soluciones específicas que se producen a nivel de proyecto, tomando en cuenta que no existen antecedentes en campañas de estas características y alcances en la construcción de terraplenes de carreteras a nivel nacional.

Para el monitoreo de los asentamientos y medida de presiones efectivas en los terraplenes, en este caso, la fiscalización del proyecto instrumentará las estructuras mediante asentómetros, piezómetros e inclinómetros, con los cuales se prevé tener información en verano e invierno, con el fin de analizar los cambios volumétricos en estas dos etapas marcadas a nivel de costa, que luego de este periodo y lograda la estabilidad de los terraplenes se podrá autorizar la colocación definitiva del pavimento semirrígido o rígido.

### 1.2.3. PROGNOSIS.

La inestabilidad de la obra geotécnica vial, afectará al confort, la seguridad vial del conductor o usuario y la economía del constructor por las reparaciones futuras de la vía.

### 1.2.4. FORMULACION DEL PROBLEMA.

¿La tecnología a emplearse será la aplicable para el monitoreo de asentamientos en las explanadas y zonas bajas de la vía Tosagua-Chone para estabilizar la obra geotécnica vial?

### 1.2.5. INTERROGANTES.

¿Cuál será el valor del asentamiento?

¿Cuál será el tipo de suelo de fundación para rellenos de vía Tosagua-Chone?

¿Cuáles serán las propiedades mecánicas del material de relleno?

¿Será la tecnología a utilizar aplicable para el monitoreo de asentamiento?

### 1.2.6. DELIMITACION DEL OBJETO DE INVESTIGACION.

#### 1.2.6.1. Delimitación temporal.

El presente estudio se desarrolló en un periodo que comprende los meses de julio 2008 a Enero de 2009.

#### 1.2.6.2. Delimitación espacial.

Esta investigación tendrá su aplicación en las explanadas de los humedales y zonas inundables con rellenos de vía de hasta 3.50 metros, para alcanzar el nivel de la subrasante mejorada y estabilizar la obra geotécnica, del tramo 1 del proyecto Tosagua-Chone.

### 1.3. JUSTIFICACION.

Uno de los principales problemas relacionados con la deformación de los terraplenes de carreteras, especialmente del tipo diseñado en las carreteras Rocafuerte - Tosagua - Chone, de importante altura y en zonas de inundación, implica conocer de manera certera los asentamientos que experimenta la fundación de estos terraplenes, sus deformaciones y por cierto, el efecto del agua durante las oscilaciones estacionales que originan el incremento de niveles sobre parte de los terraplenes que los denominaremos terraplenes sumergidos.

El comportamiento de estas estructuras, durante el proceso de construcción y la medida cuantitativa de los parámetros que influyen en su estabilidad, ha motivado la aplicación de un programa de monitoreo que permita conocer en forma definitiva la relación deformación - tiempo de los terraplenes, considerando por una parte las características y condición particular del terreno de apoyo, y por otra parte, las características de la sobrecarga, el tipo de materiales utilizados y como ya se dijo, los efectos del agua. La idea es que se pueda obtener información relevante sobre dicha estabilidad y decidir la ejecución de obras definitivas y duraderas en la superestructura de pavimento.

Este estudio de investigación servirá de apoyo a empresas Constructoras, Fiscalizadoras, Ministerio de Transporte y Obras Publicas y para instituciones que realicen obras viales o afines, utilizando como modelo el monitoreo de asentamientos de los rellenos para estabilizar obras geotécnicas, y de esta forma evitar pérdidas económicas para las empresas constructoras y establecer tiempos del proceso constructivo de este tipo de vías con el fin de que los cronogramas de trabajo sean acordes a la realidad constructiva.

#### 1.4. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECIFICOS

##### 1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Elaborar el modelo de monitoreo de los asentamientos de los rellenos de vía, en las explanadas de los humedales y zonas inundables del proyecto de reconstrucción de la vía Tosagua-Chone.

##### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar el valor del asentamiento de los rellenos de vía.
- Estudiar el tipo de suelo de fundación para rellenos de la vía Tosagua-Chone.
- Determinar las propiedades mecánicas del material de relleno de vía para correlacionar con sus asentamientos.
- Establecer el proceso de monitoreo del asentamiento del relleno de vía.

## CAPITULO 2

### MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

La Geotecnia tiene un conjunto de aplicaciones de gran importancia para el proyecto y construcción de obras de tierra. Algunas de esas aplicaciones se agrupan dentro de lo que se denomina la "Instrumentación Geotécnica", cuyo desarrollo tiene más de 50 años, incluyendo los últimos avances en el empleo de las técnicas geofísicas.

Proctor hizo posible muchas de las técnicas de compactación de suelos de uso actual en rellenos; estas investigaciones permitieron que instituciones como el Ministerio de Transporte y Obras Publicas en nuestro país, lo tomara para la especificación y verificación de los trabajos viales.

La compactación en si, es el proceso por medios artificiales, por el cual se pretende obtener mejores características de los suelos, para que la obra resulte duradera y cumpla con el objetivo deseado. Las características que se pretende mejorar con la compactación son: resistencia, compresibilidad, relación esfuerzo-deformación, permeabilidad, flexibilidad y resistencia a la erosión.

Los suelos problemáticos más comunes son los arcillosos expansivos presentes como suelo de fundación de la obra geotécnica del presente estudio, pues muestran un cambio volumétrico importante cuando experimentan variaciones de humedad, que ameritan su perfecta identificación y tratamiento con el fin de minimizar los efectos perjudiciales a la obra geotécnica vial. El grado de

expansibilidad de estos suelos depende de la cantidad de minerales arcillosos activos presentes en el material.

En todo tipo de obras hay que tomar muy en cuenta que todos los suelos de la subrasante o suelo de fundación de la obra geotécnica vial en este caso, cohesivos o no, son susceptibles de consolidarse bajo la acción de las cargas de tránsito y/o propio peso del relleno mejorado, para llegar a la subrasante de la vía. Por eso es que resulta importante estudiar el grado de densificación y/o estabilización del relleno, para asegurar un comportamiento adecuado de la superestructura del pavimento.

La consolidación Primaria, es cuando cargado el suelo, la reducción de volumen se debe a la expulsión del agua, fenómeno en el que se transfiere la carga soportada por el agua, al esqueleto mineral, esta es la consolidación propiamente dicha, (caso emblemático es el de la Torre de Pisa), y con la que nace la Mecánica de Suelos (Terzaghi, 1925). La Secundaria, cuando la consolidación se da por reajuste del esqueleto mineral y luego de que la carga está casi toda soportada por este, y no por el agua.

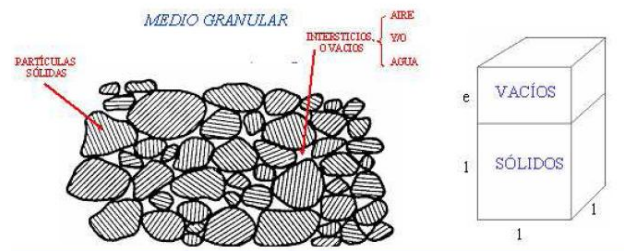
Principio de las tensiones efectivas:

El principio de las tensiones efectivas fue propuesto por Terzaghi en la década de los años veinte y probablemente marca el inicio de la Mecánica de Suelos como una ciencia de ingeniería. Este principio establece el valor de la tensión que “efectivamente” se transmite a través del esqueleto granular; también denominada, tensión intergranular.

En suelos cohesivos saturados, el efecto del aumento de la carga (externa o por peso propio) consiste en expulsar algo de agua en los poros, lo cual implica un cambio de volumen de la masa de suelo, según Grafico No 1.

La reducción gradual del volumen hasta que se alcanza la presión interna de equilibrio se llama “consolidación”. Por el contrario, una reducción de la carga puede causar un proceso de expansión, cuando el suelo permanece saturado.

Grafico. No 1.- Composición de la masa del suelo



Fuente. Mecánica de suelos.

Los suelos más susceptibles a la compresibilidad volumétrica son las arcillas y limos normalmente consolidados. También las turbas pueden ser altamente compresibles.

#### Edómetro o consolidómetro

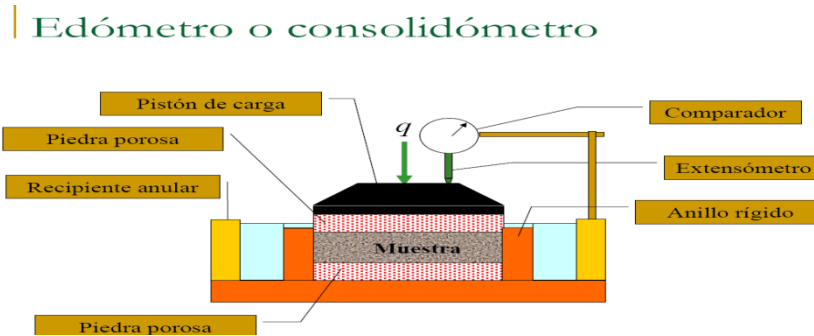
-Es un aparato de laboratorio útil para conocer la compresibilidad de un suelo que va a ser objeto de una consolidación. La muestra es un cilindro aplanado y el ensayo es en condiciones de compresión confinada, según Grafico No 2.

-Al aplicar la carga, el agua se evacua por dos piedras porosas, superior e inferior. La carga es incremental, para registrar las deformaciones (en el extensómetro) contra el tiempo. También carga Vs relación de vacíos.

-Las cargas se van doblando cada vez y los incrementos se hacen cada 24 horas. Finalmente, la descarga se hace gradual.



Grafico No 2. Esquema de un consolidómetro.

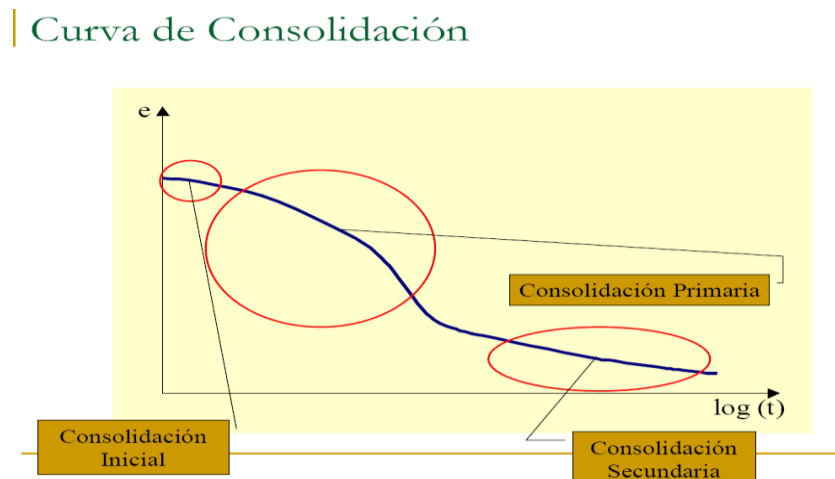


Fuente. Mecánica de suelos.

Características de la Curva de Consolidación:

- Consolidación Inicial: Reducción de vacíos por eliminación del aire
- Consolidación Primaria: Reducción de vacíos por eliminación de agua
- Consolidación Secundaria: Reacomodamiento de las partículas sólidas
- La velocidad de la consolidación del suelo se caracteriza por medio del Coeficiente de Consolidación ( $C_v$ )
- $C_v$  no es constante durante la consolidación y dependerá de la sobrecarga aplicada y de la permeabilidad del suelo.

Grafico No 3. Curva de Consolidacion.



Fuente. Mecánica de suelos.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, ha ido renovando continuamente sus especificaciones técnicas siendo las que rigen al momento las MOP-001-F-2002.

## **PRINCIPALES TIPOS DE TERRAPLENES**

Pueden dividirse en cuatro grandes grupos: Terraplenes de ferrocarril, terraplenes de caminos, malecones y diques de tierra. En cada grupo, los terraplenes son similares no solo por el fin a que están destinados, sino también en cuanto a los factores que deben considerarse cuando se eligen sus taludes laterales.

### **TERRAPLENES DE CAMINO**

El talud normal de los terraplenes de camino varían en Estados Unidos, según las zonas, entre 1.5:1 y 1.75:1. El alabeo de los pavimentos viales suele originar su rotura, o en el mejor de los casos, producir desnivelaciones desagradables. Por ello, los terraplenes modernos para caminos se compactan siempre cuidadosamente, controlando rígidamente al construirlos, su contenido de humedad. El comportamiento de los terraplenes compactados depende principalmente de las propiedades físicas del suelo que los constituyen; de modo que, tomando como base los resultados de ensayos normales de laboratorio sobre muestras representativas del material obtenido del préstamo, se puede saber con seguridad cuál será el comportamiento del suelo en el terraplén.

Los terraplenes modernos para caminos se construyen comúnmente siguiendo especificaciones detalladas con respecto al control de la humedad y a los métodos de compactación.

Cualquiera sea el tipo del terraplén de que se trate, la función principal del ingeniero estriba en decidir cuáles son los materiales que no son adecuados para su construcción.

En caminos, los materiales para terraplenes se rechazan si no se ajustan a especificaciones más o menos rígidas, de modo que, cuando estas se obedecen, el riesgo de roturas o fallas del talud queda, prácticamente eliminados.

## **ESTABILIDAD DE LA BASE DE TERRAPLENES Y DIQUES**

Las roturas por la base pueden producirse de diferentes maneras. El terraplén puede hundirse en masa dentro del suelo que lo sostiene, accidente que se llama falla por hundimiento. Por otra parte, el terraplén, junto con la capa de suelo que lo sostiene, puede extenderse deslizando sobre un estrato inferior de arcilla excepcionalmente blanda o sobre capas de arena o de limo que contiene agua bajo presión, tipo de rotura que se denomina falla por extensión. Cuando el terraplén tapona una vía de agua, puede también fallar por sifonaje, como consecuencia de la erosión retrograda ocasionada por vertientes que emergen del terreno, cerca del pie aguas abajo del terraplén.

El proyecto de un terraplén, a construirse sobre estratos de arcilla blanda, debe ir siempre precedido de una investigación completa del subsuelo. Los resultados de la exploración proveen al proyectista datos referentes al perfil y a las propiedades físicas del subsuelo.

En terraplenes sobre terrenos muy blandos o pantanosos; y terraplenes sobre mantos espesos de arcilla blanda homogénea, las condiciones del subsuelo suelen producir roturas por hundimiento.

Para acelerar la penetración del material del terraplén y acortar el periodo de los asentamientos, el terraplén puede construirse más alto de lo necesario y luego llevarlo a cota retirando el material en exceso.

### **SIFONAJE**

Muchos diques fundados sobre suelos se han roto por la formación aparentemente instantánea, de un túnel o sifón de descarga debajo de la base del dique y dentro del suelo de fundación. La erosión, causada por el torrente del agua que se produce, aumenta rápidamente el ancho y la profundidad del túnel o sifón hasta que, en un momento dado, la estructura, que ha quedado en el aire, rompe en

fragmentos y es arrastrada por el torrente. La forma de rotura se conoce como rotura de sifonaje.

### **INCLINOMETROS.-**

Los inclinómetros se usan para medir los movimientos laterales y su dirección en estribos, fundaciones, terraplenes y la consolidación inducida por el asentamiento de terraplenes y fundaciones. La medición de asentamientos a través del movimiento vertical del revestimiento del inclinómetro tiene en la actualidad mayor aplicación. Así, la misma instalación permite medir simultáneamente asentamientos y movimientos laterales. El revestimiento del inclinómetro debe instalarse con juntas deslizantes, las cuales se acoplan a medida que avanza la construcción, situación que brinda la oportunidad para medir los asentamientos, o debe instalarse en perforaciones con juntas de empalme, en estribos o en terraplenes completos, si no se esperan asentamientos importantes.

Pueden proporcionar información confiable y segura por años si se les proporciona una instalación adecuada, mantenimiento y si se usan procedimientos de monitoreo apropiados.

La única limitante es el requerimiento de algún grado importante de instrucción del personal que realiza las lecturas de los equipos.

El inclinómetro de posición fija, o in situ, es un instrumento compacto usado para medir cambios progresivos en el ángulo de inclinación de un conjunto de lugares localizados a cierta distancia dentro del revestimiento de una perforación, tiene la ventaja, sobre los inclinómetros convencionales, de que puede instalarse en lugares que pueden llegar a ser inaccesibles para el personal encargado de la instrumentación, el sistema puede leerse automáticamente, tiene dos limitantes: solamente pueden medirse en los puntos seleccionados a lo largo del perfil del hueco y su costo de adquisición e instalación.

## **PIEZOMETROS.-**

Los piezómetros son comúnmente utilizados para medir la presión del agua que puede ser inducida durante la construcción de la presa. Se utilizan también para medir la presión del agua y el nivel de la superficie freática causadas por la infiltración del agua a través de porciones relativamente permeables del terraplén y la fundación. Dichas mediciones pueden llegar a ser críticas debido a posible tubificación u otras condiciones de inestabilidad o infiltración inducida, tales como elevaciones excesivas de la presión hidrostática. Los piezómetros pueden ser diseñados para operar como sistemas abiertos o cerrados.

Las celdas de presión total se utilizan para monitorear la presión estática total que actúa sobre una superficie plana y ayudan a definir la magnitud de esfuerzos principales en terraplenes y contra conducciones, estructuras de operación, fundaciones y paredes de retención.

Muchos estilos y tipos de aparatos para medir presiones han sido utilizados a través de los años.

### **Piezómetros hidráulicos.-**

Se utilizan para medir la presión de poros en terraplenes y fundaciones de las presas. Este tipo consiste de uno o dos tubos llenos con fluido y una punta porosa; el piezómetro se conecta a un manómetro en el punto de observación. En el tipo de dos tubos, el segundo tubo sirve como un medio de limpieza para remover gas o sedimento acumulado.

La principal ventaja, un tiempo de lectura menor que con piezómetros de tubo abierto, poseen capacidad (aunque limitada) para medir presiones negativas, menos propensos a daños durante la construcción.

Las desventajas: una significativa rata de falla, la necesidad de una caseta terminal en la pata, dilaciones en los trabajos de construcción durante la instalación y

técnicas de mantenimiento anual algo complicadas que requieren entrenamiento especializado.

La falta de disponibilidad de estos equipos, altos costos de fabricación, los manómetros debe reemplazarse en promedio cada 10 años y algunas veces es difícil de conseguir los reemplazos adecuados.

**Piezómetros Neumáticos.-**

Los piezómetros neumáticos se instalan también en la presa. Se utilizan donde las operaciones de construcción podrían dañar otro tipo de instrumentación. Su uso también minimiza la interferencia con los equipos de construcción.

Tienen fácil mantenimiento, un tiempo de retraso relativamente corto y el nivel del sitio donde se hacen las lecturas es independiente del nivel de la punta del piezómetro. El único mantenimiento requerido es la ocasional calibración de los manómetros de los equipos de lectura y la remoción de agua de las mangueras cuando se necesite.

La única limitación significativa, es que ellos han sido usados por un tiempo relativamente corto y su durabilidad todavía está por probarse totalmente. Requiere de cantidad significativa de tiempo para la realización de las lecturas. Su proceso de lectura crea la necesidad de un entrenamiento de personal especializado.

Ensayos efectuados en piezómetros neumáticos indican que se deben calibrar antes de instalarse, adheridos a las mangueras con su longitud a utilizar para determinar su desviación desde cero.

**Piezómetros de cuerda vibrante.-**

Se instalan en fundaciones y terraplenes para el monitoreo de la presión de agua de poros. Como los otros sistemas de piezómetros cerrados, se emplean en terraplenes donde la utilización de piezómetros de tubo abierto podrían ser dañados si interfieren con el equipo de construcción. En algunas instalaciones se

han utilizado para chequear la precisión de instrumentos adyacentes. También se utilizan donde se requiere el monitoreo de presiones de poros negativas.

Ventajas: se incluyen su facilidad de lectura y mantenimiento, corto tiempo de respuesta en la lectura y la aptitud para suministrar presiones negativas. El único mantenimiento requerido es el cuidadoso mantenimiento de las unidades de lectura y las baterías.

Las limitaciones: inhabilidad para desairear las puntas de los piezómetros. En aplicaciones donde son importantes pequeños cambios de la presión de poros, es necesario hacer correcciones por cambios en la presión barométrica y por temperatura, aunque no es generalmente un problema en la mayoría de las presas.

Se requiere algún entrenamiento especial del personal para calibrar y ensayar el equipo antes de instalarlo.

Aunque no se tiene una amplia experiencia con estos equipos parecen ser rígidos y durables. La facilidad con que se pueden automatizar puede llegar a ser una ventaja importante en el futuro.

Piezómetro de resistencia eléctrica, se utilizan en terraplenes y fundaciones.

Ventajas y limitaciones: El sitio de lectura es independiente de la localización del sensor. Sus limitaciones están relacionadas principalmente a la medición de diminutos cambios de resistencia. Requiere de precauciones extras y técnicas apropiadas durante su instalación y lectura.

### **ASENTOMETROS.-**

Se diseñan para medir el desplazamiento axial de puntos determinados, Estos equipos construidos artesanalmente registran valores de asentamiento en la dirección vertical a la estructura. Las ventajas incluyen la relativa precisión en la determinación de asentamientos de la fundación y el terraplén. y en la facilidad de construir e instalar.

La desventaja de estos equipos está en la vulnerabilidad del equipo a ser manipulado y afectado por personas extrañas.

### **LAS ARCILLAS.-**

Son partículas menores al 0.05 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. químicamente son silicatos de aluminio hidratado, aunque existen también arcillas que contienen silicatos de magnesio o de hierro, pero siempre hidratados.

Suelos cuyo origen sea exclusivamente orgánico, éstos casi siempre se forman en el sitio, esto es común en las zonas pantanosas en las cuales los restos de la vegetación acuática llegan a formar verdaderos depósitos de gran espesor, conocidas con el nombre genérico de turbas.

### **ANTECEDENTES DE TRABAJOS REALIZADOS.**

En Costa Rica, el Instituto Costarricense de Electricidad realizó proyectos de presas que por sobre los diques se estableció vías, la compatibilidad con esta tesis es porque se ha instrumentado para el monitoreo de estos diques asentómetros, inclinómetros y piezómetros.

Foto No. 1. Vía sobre dique para presas, en Costa Rica.



Fuente.- catalogo de presas del Instituto Costarricense de Electricidad



Otros Trabajos efectuados:

- Muros de contención en la carretera A4 Suiza - Flurlingen
- Puente sobre el Río Thur. Autovía A4 - Andelfingen
- Estructura de protección de costados en la Carretera A1- Fuchsberg
- Pared de contención en la vía Baar/Zurich - Holzgrube, Adliswil
- Muchas otras estructuras de gran porte localizadas por toda Suiza

Monitoreo y control de estructuras en áreas con gran riesgo o durante construcciones

- Mediciones de asentamientos con fijación de puntos de control y mediciones con nivel electrónico. El intervalo entre las mediciones es adaptado a las actividades de construcción. Los datos obtenidos pueden ser enviados a la oficina vía modem GSM o a nuestros clientes incluso una hora después de la recogida de datos si es necesario en períodos de mucha actividad en la obra
- Estaciones de Monitoreo Automáticas pueden ser también utilizadas y operadas a distancia. Varias estaciones totales robóticas pueden ser operadas simultáneamente. El intervalo entre mediciones puede ser establecido de acuerdo con la necesidad del proyecto y los resultados enviados para nuestros ingenieros o clientes. En caso de que valores establecidos como excesivos sean constatados, alarmas pueden ser enviadas por mensajes SMS, fax o e-mail automáticamente a las partes involucradas en el proyecto. Los resultados ya procesados pueden ser accedidos por los administradores del proyecto vía servidor FTP on-line.

Ejemplos de monitoreo realizados:

- Construcción del túnel en la carretera Zurich-Thalwil en la sección Brunao-Lochergut, Suiza
- Construcción del túnel en la Terminal A del Aeropuerto Internacional de Zurich, Suiza
- Túnel Opfkon, Zurich, Suiza
- Monitoreo de costados en la Ciudad Sassal, Suiza

## Estaciones de Monitoreo Automático

### Aeropuerto Internacional de Zürich

- Instalación y operación de Estaciones Taquimétricas de Monitoreo Automático
- Monitoreo de deformaciones y asentamientos en la estructura y equipamientos en el área de procesamiento de equipajes durante la construcción del nuevo túnel debajo del material rocoso
- Período de monitoreo: 2 años
- Frecuencia de mediciones: cada 30 minutos con posibilidad de variación en diferentes etapas de la construcción
- Levantamientos suplementarios: mediciones mensuales con niveles electrónicos y sistema adicional de medición de elevación con tubos hidráulicos

## 2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES.



### 2.3. HIPOTESIS.

El monitoreo de los asentamientos de los terraplenes en los humedales y zonas inundables en el proyecto Tosagua-Chone en la provincia de Manabí, será el adecuado para controlar la estabilización de la obra geotécnica vial.?

### 2.4. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.

VARIABLE INDEPENDIENTE.

MODELO DE MONITOREO DE ASENTAMIENTOS EN LAS EXPLANADAS DE LA VIA TOSAGUA-CHONE, EN LOS HUMEDALES Y ZONAS INUNDABLES

VARIABLE DEPENDIENTE.

ESTABILIZAR LA OBRA GEOTECNICA DE LA VIA.

## CAPITULO 3

### METODOLOGIA

#### 3.1. MODALIDAD BASICA DE LA INVESTIGACION.

La investigación es de campo y experimental, porque son estructuras a construir en la “Reconstrucción de la vía Tosagua-Chone”. Y monitoreadas con instrumentos de última generación.

#### 3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACION.

El nivel es exploratorio porque se está utilizando tecnología instrumental y recursos técnicos para su investigación.

#### 3.3. POBLACION Y MUESTRA.

La población, los humedales y los terraplenes sobre él, donde se construyó el relleno y la obra geotécnica vial del proyecto de reconstrucción de la vía Tosagua-Chone.

Las muestras intencionales en referencia son 6 representativas para la aplicación de la investigación, para monitorearlas con asentómetros, piezómetros e inclinómetros.

### 3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

#### VARIABLE INDEPENDIENTE:

Modelo de monitoreo de asentamientos en las explanadas de la via Tosagua-Chone, en los humedales y zonas inundables.

CONCEPTO	CATEGORIA	INDICADOR	INDICE	INSTRUMENTOS
El modelo se conceptúa como un tipo de monitoreo de asentamientos	Asentamientos	Inclinómetros	Diarios y semanal.	Software para transferencia de datos a Pc y Libretas de Campo
		Piezómetros		
		Asentómetros		

#### VARIABLE DEPENDIENTE:

Para estabilizar la obra geotécnica de la vía.

CONCEPTO	CATEGORIA	INDICADOR	INDICE	INSTRUMENTOS
Se conceptua como la estabilización de la obra geotécnica	Cambio de suelos	Ensayos de Laboratorio	Suelo natural al excavar	Formularios
	Rellenos	Ensayos de compactación de campo	cada capa de relleno.	

### 3.5. PLAN DE RECOLECCION DE INFORMACION.

En los formatos y/o software preparados para la recolección de datos se almacenan la información de cada uno de los tipos de monitoreos.

Como se trata de una investigación aplicada, el proyecto tiene las siguientes características:

Se han seleccionado seis secciones transversales de prueba, de las cuales dos serán monitoreadas semanalmente con extensómetros artesanales de fabricación local en las Abs: 0+600 y 12+860, tres secciones adicionales están siendo sometidas a mediciones de presión de agua de poros mediante una combinación de técnicas con piezómetros de nivel de agua y de cuerda vibrante con medidas oculares de operador y captura automática de datos cada tres minutos en las Abs: 10+930, 11+080 y 11+230. La última sección está siendo sometida a mediciones cada hora de asentamientos mediante inclinómetros horizontales, con dispositivos de tubería o carcasa inclinométrica en la Abs. 14+820.

### 3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACION.

Con los datos capturados de campo y laboratorio de manera diaria y durante un período de tiempo en los formatos, y guías de observación, teniendo como antecedente la construcción de la sobrecarga establecida en diseño, se procesará la información aplicando formulas y constantes de corrección de los equipos determinados por el fabricante, se graficará y con la asistencia de software comunes y/o especializado, se obtendrán las medidas requeridas. Y en lo referente a los ensayos fundamentales de laboratorio estos se realizan rigiendo las normas establecidas y presentados en formatos de acuerdo al tipo de ensayo realizado, determinando tipos de suelos de fundación y del relleno de vía.

Se hará una revisión crítica, tabulación de cuadros, representación escrita, tabular y grafica y finalmente el análisis e interpretación de resultados, determinando el asentamiento, además se elaborará el proceso total de monitoreo para determinar el asentamiento.

Con los atributos del estudio, servirá para que se determine en el tiempo el diseño final y construcción de la superestructura de pavimento, tanto como las obras adicionales a que hubiere lugar para la estabilidad de los terraplenes.

## CAPITULO 4

### ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

#### 4.1. ANALISIS DE RESULTADOS.

El suelo de fundación de los terraplenes tiene los siguientes parámetros en la serie fina él % que pasa en tamiz No 200 es un promedio del 41% con un Limite Liquido del 50.50%, Limite Plástico 21.16%, por lo tanto un Índice de Plasticidad del 29.34%, que al relacionar estos datos con la clasificación unificada de suelos SUCS, (sistema que fue propuesto por Arturo Casagrande los suelos se designan por símbolos de grupo de Suelos gruesos gravas, arenas, Suelos finos) dentro de la carta de plasticidad con LP = 50.50% e IP = 21.16% se identifica u n **CH** que es una arcilla de alta compresibilidad. Adicionalmente se realiza un ensayo de compactación con Proctor Modificado, determinando una Densidad Máxima de 1580 Kg/cm<sup>3</sup> con una Humedad Optima del 23.50%. Con estos datos de laboratorio se realizó el control de compactación del suelo de fundación con un densímetro nuclear Troxler.

Para la calificación del material de la mina de Picoaza para ser utilizada como material de mejoramiento, hay que tomar como base fundamental las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP – 001 – F-2002 en su sección 402 indica que deberá ser suelo granular, tendrá una granulometría tal que todas sus partículas pasaran el tamiz de 4” con abertura cuadrada, no más del 20% pasara en tamiz No 200. La parte del material que pase en tamiz No 40 deberá tener un Índice de Plasticidad no mayor que 9 y Limite Liquido hasta 35, siempre que el valor del CBR sea mayor al 20%. Para el control del proceso constructivo la capa compactada deberá ser el 95% de la Densidad Máxima.

El material utilizado en esta ocasión se caracterizo bajo los siguientes valores promedios referentes a las especificaciones.

Cuadro No1.- Resultados de los ensayos fundamentales Vs Las Especificaciones de Ministerio de Transporte y Obras Publicas.

	DATOS DEL ENSAYO	ESPECIFICACIONES
MTOF		
PASA TAMIZ 4"	100 %	100
PASA TAMIZ N° 200	16 %	0 – 20
LIMITE LIQUIDO	33.32 %	< 35
INDICE PLASTICO	7.31 %	< 9
C.B.R.	42 %	> 20

Fuente: Propios ensayos y Especificaciones MOP-001-F-2002

La serie final de este material según la carta de plasticidad del SUCS se define como ML es decir un Limo de Baja compresibilidad que está dentro de las especificaciones del Ministerio.

Además con el ensayo de Proctor modificado del material de mejoramiento se obtiene una densidad máxima de 1984 Kg/cm<sup>3</sup> y Humedad Optima de 13.43%, datos que fueron utilizados para el control en el proceso constructivo de los terraplenes en todo el proyecto

Los equipos en su orden los asentómetros (asentamientos), los inclinómetros (deformaciones internas) y piezómetros (presión de agua), nos dan información que a través del tiempo existen variaciones.

Los asentómetros, uno colocado en la Abs: 0+600 lado izquierdo zona de ampliación de vía, se colocó cuando el terraplén estaba ya conformado con una altura de terraplén de 4.30 metros. Y registraba asentamientos de 5.02 centímetros entre el 23 de octubre de 2008 hasta el 7 de febrero de 2009 y el otro equipo en la Abs: 12+860 lado izquierdo en zona del terraplén en el nuevo paso lateral de San Antonio, colocado cuando el relleno llegaba a 2.0m y el terraplén final es de altura de 3.20m. Es decir este instrumento registró asentamientos durante el proceso de



construcción del relleno y en su etapa de reposo con peso propio, registrando datos hasta los 4.2 centímetros entre el 23 de octubre de 2008 hasta el 7 de febrero de 2009

El inclinómetro abarca ángulos de inclinación que aplicando cálculos simples se obtienen deformaciones, por los cuales se determina el asentamiento lineal transversal a la vía en la abscisa 14+820, con una altura de terraplén nuevo de 3.30m. Este equipo fue colocado en la zona de nueva vía. Y fue calibrado para que registre lecturas cada hora. Con este record de datos se obtiene resultados que determinan asentamientos en este sitio de hasta 7 mm. en la zona del eje vial y en las laterales entre 1.4 a 1.9 mm.

Los 6 piezómetros instalados en tramo de vía de ampliación, dos por cada sección Abs: 10+930, Abs: 11+080 y Abs: 11+230, de los cuales los dos primeros y finales sufrieron el robo de los cables y protección que transmitían datos a la memoria, quedando únicamente funcionando los dos de la Abscisa 11+080, con el record de datos recopilados se procesa y se obtienen resultados de 2.21 y 2.38 Mpa., en el núcleo del terraplén con terraplén de 4.5m. de altura y en el borde de la nueva calzada o cerca de la lateral del terraplén respectivamente que significa que existe más presión de agua del suelo de fundación hacia el terraplén en el borde antes que en el núcleo.

#### 4.2. INTERPRETACION DE DATOS.

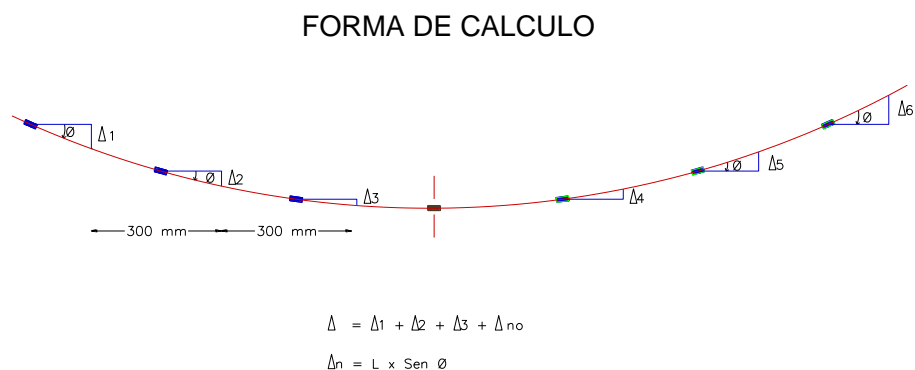
Los datos recopilados de este proceso de investigación nos orientan hacia un seguimiento continuo en las dos etapas de clima bien marcados de verano e invierno en esta zona del proyecto Tosagua-Chone, porque nos permitirán observar los cambios en el comportamiento mecánico de los suelos ya que los inclinómetros y los piezómetros se encuentran instalados en zonas de terraplenes que al producirse un fenómeno invernal fuerte se convertirán en terraplenes sumergidos literalmente.

Por lo tanto esta investigación en la primera fase objetivo de esta investigación concluyó el 06 de Febrero del 2009, el invierno presente está empezando a mediados el mes de febrero y adicionando los meses de transición invierno-verano.

Esta etapa nos permitió obtener una información integral del comportamiento de los terraplenes que además servirá para a futuro la toma de decisiones de cuál será la capa de rodadura apropiada para este proyecto. Porque la construcción de los terraplenes con material de mejoramiento seleccionado, colocación de Base clase 1 y capa de rodadura provisional mientras se consolida los terraplenes es doble tratamiento superficial bituminoso se concluyo totalmente en Diciembre 2008.

Los resultados de los asentamientos, nos permiten ver el comportamiento del suelo de fundación vs los terraplenes; que en este caso fueron mínimos (5.02 y 4.20 cm) y aceptables, porque si en un trimestre superarían los 25 cm. deberíamos pensar en soluciones como drenar longitudinalmente los bordes inferiores de los terraplenes para no permitir que el agua fluya hacia el terreno de fundación del terraplén, entre otras soluciones que dependerían también del presupuesto para el mismo.

Grafico No 4.- Esquema tiempo versus grados de inclinación.



Forma de cálculo del asentamiento máximo

Fuente. Manual del usuario de Appied Geomechanics.

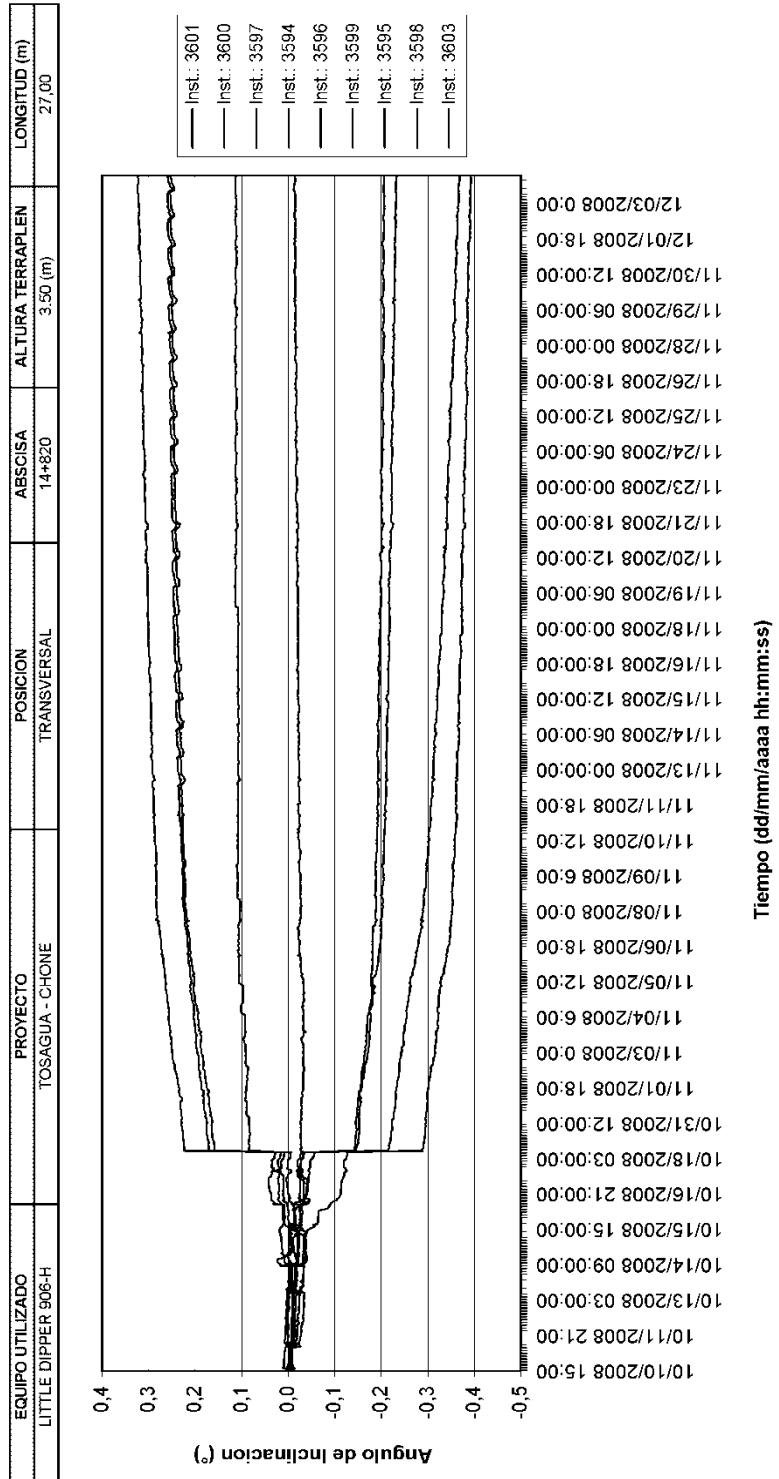
Grafico No 5.- Angulos de Inclinacion Vs tiempo tomados con los inclinómetros.



INEXTEC CIA. LTDA.

PROYECTO  
TOSAGUA - CHONE

GRAFICO TIEMPO - INCLINACION

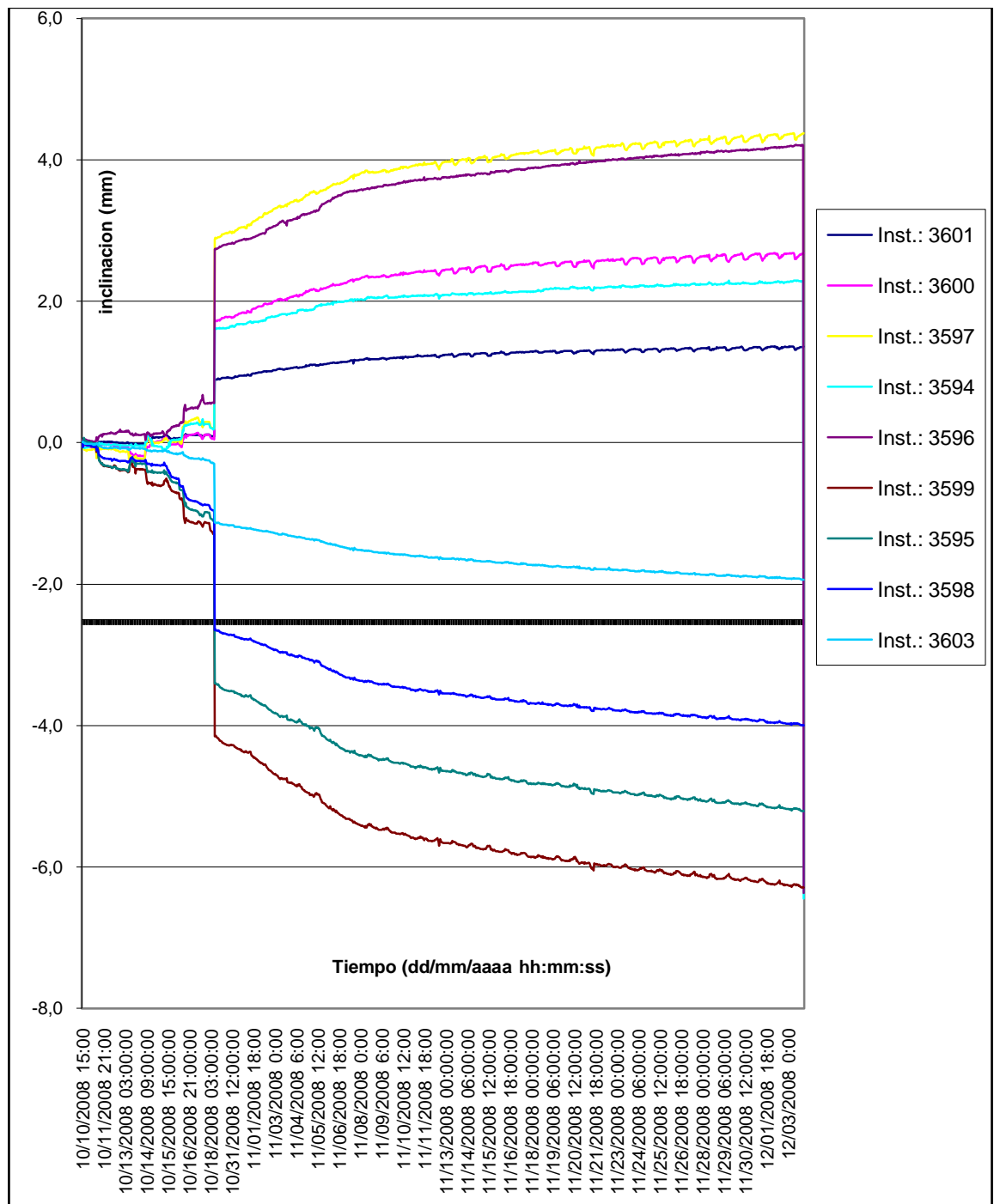


BAJO ESTÁNDARES INTERNACIONALES ISO 9001: 2000  
Consulting Services in Planning, Design, Audit, Inventory and Project Management of Infrastructure and Services  
Av. Eloy Alfaro 266, Torres Doradas, Edif. Beverly Of. 84, Tel.-Fax: (5932) 2509 279 Móvil (5939) 8236 068  
www.inxtec.com.ec inxtec@ec.net.ec info@ec.net.ec



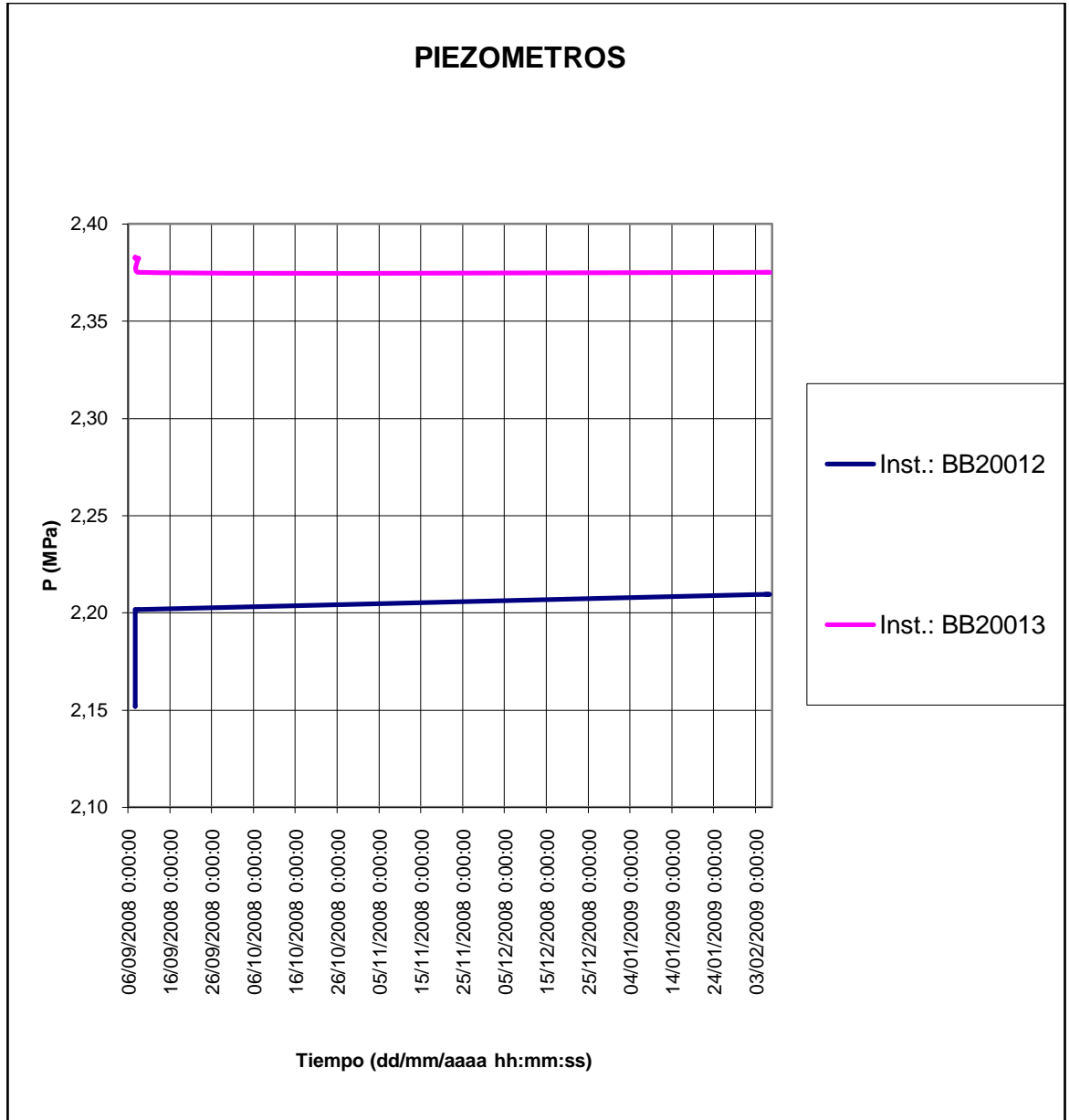
Fuente.- datos tomados de los inclinómetros y procesado en hoja Excel.

Grafico No 6.- Asentamientos Vs tiempo tomados con los inclinómetros.



Fuente.- datos tomados de los inclinómetros y procesado en hoja Excel.

Grafico No 7.- Presion de agua Vs tiempo tomados con los Piezometros.



Fuente.- datos tomados de los Piezómetros y procesado en hoja Excel.

Gráfico No 8.- Asentamientos vs. Tiempo, tomados con asentómetro ubicado en el Km: 0+600

**INEXTEC Cia. Ltda.  
PROYECTO TOSAGUA - CHONE**

ASENTOMETRO KM: 0+600 LADO IZQUIERDO

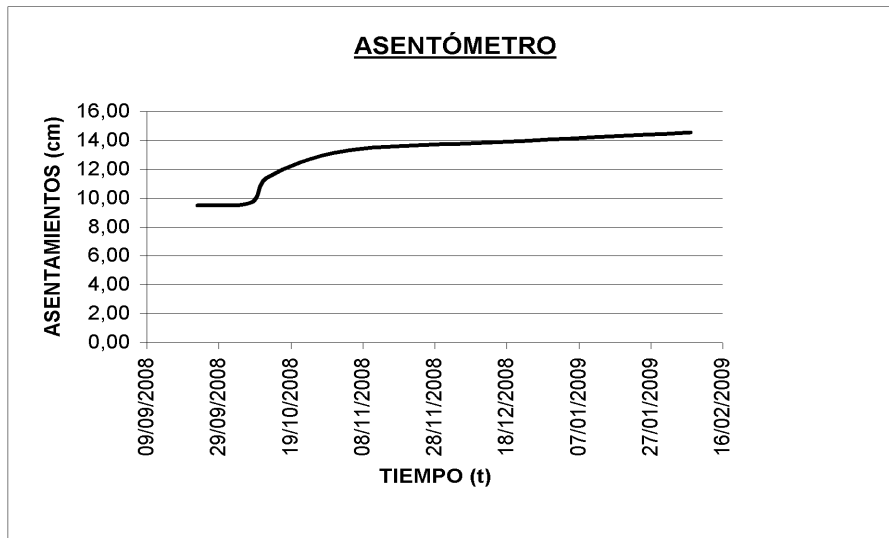
DATOS:

Lectura Inicial : 9,50	cm
Fecha:	23/09/2008

Fecha	Lectura (cm)	Variación (cm)	Observaciones
23/09/2008	9,50		
08/10/2008	9,70	0,20	*
13/10/2008	11,50	1,80	*
22/10/2008	9,70	-1,80	atentado
04/11/2008	11,50	1,80	*
03/12/2008	9,60	-1,90	atentado
17/12/2008	10,20	0,60	*
07/01/2009	8,85	-1,35	atentado
25/01/2008	8,45	-0,40	atentado
07/02/2209	9,10	0,65	*

Asentamiento Acumulado: 5,05 cm

\* Solo estos valores se consideran para el analisis



Fuente.- datos tomados de los Asentómetros y procesado en hoja Excel.

Gráfico No 9.- Asentamientos vs. Tiempo, tomados con asentómetro ubicado en el Km: 12+860

**INEXTEC Cia. Ltda.  
PROYECTO TOSAGUA - CHONE**

ASENTOMETRO KM: 12+860 LADO IZQUIERDO

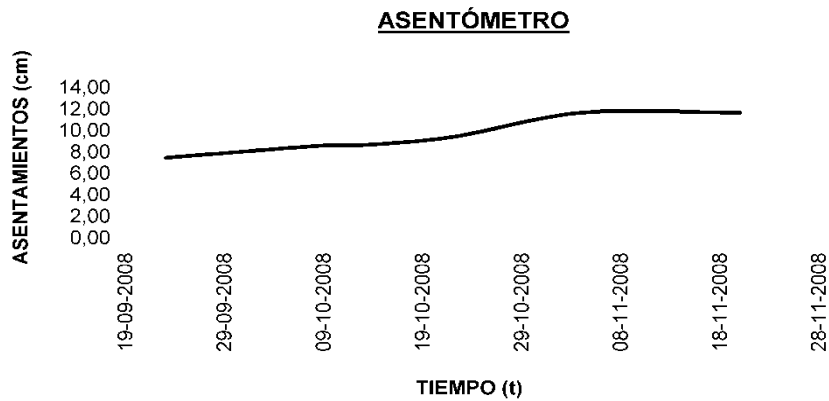
DATOS:

Lectura Inicial :	7,50	cm
Fecha:	23/09/2008	

Fecha	Lectura (cm)	Variación (cm)	Observaciones
23/09/2008	7,50		
08/10/2008	8,60	1,10	*
13/10/2008	8,70	0,10	*
22/10/2008	9,45	0,75	*
04/11/2008	11,70	2,25	*
20/11/2008	11,70	0,00	*
17/12/2009	10,20	-1,50	Equipo Atentado
07/02/2209	10,90	0,70	Equipo Robado

Asentamiento Acumulado: 4,20 cm.

\* Solo estos valores se consideran para el analisis



Fuente.- datos tomados de los Asentómetros y procesado en hoja Excel.

#### 4.3. VERIFICACION DE HIPOTESIS.

La instrumentación geotécnica con tecnología de última generación implementada para esta investigación de monitoreo de los asentamientos nos está permitiendo obtener un record de datos y resultados continuos que al final del proceso con los atributos del estudio y el valor técnico científico se determinará en el tiempo el diseño final y la construcción de la superestructura de pavimento, tanto como las obras adicionales a que hubiera lugar para la estabilidad de los terraplenes, como por ejemplo si el terreno sumergido produce variaciones considerables de asentamientos y/o deformaciones, una alternativa será construir estructuras de drenaje longitudinales de gran magnitud.



## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES.

Los asentómetros de fabricación artesanal y los inclinómetros y piezómetros de fabricación norte-americana ante una empresa con más de 26 años de experiencia en instrumentación para la comunidad científica ingenieril a nivel mundial, garantiza los resultados obtenidos con tecnología de última generación.

La instrumentación geotécnica en la construcción y/o reconstrucción de carreteras nos permitirá tomar decisiones más apropiadas sobre las superestructuras de pavimento y obras adicionales.

Los suelos arcillosos de alta compresibilidad que forman parte del suelo de fundación de los terraplenes nuevos y de ampliación será siempre de gran importancia realizar un seguimiento para determinar su afectación hacia la estructura de una vía.

Las lecturas obtenidas de los equipos nos ha permitido, observar como los terraplenes van asentando con el tiempo; estas lecturas permiten al constructor cuantificar el volumen adicional que se ha colocado en el terraplén para poder alcanzar los niveles de diseño de la vía

#### 5.2. RECOMENDACIONES.

Seguir el modelo propuesto para la instrumentación del monitoreo con asentómetros, piezómetros e inclinómetros, por cuanto es una experiencia de la

compañía Inextec Cía. Ltda. Fiscalizadora del proyecto, por el cual permitirá optimizar recursos humanos y económicos

Se recomienda tomar las lecturas de los asentómetros en las primeras horas de la mañana antes de las 7 am, por que se verán influenciadas por las altas temperaturas del ambiente reinantes en la zona.

La determinación de la ubicación de los instrumentos se realizará en base a la capacidad de los mismos en resistir presiones según el fabricante y además colocar dos tipos de equipos en un mismo sitio para que permita correlacionar información y resultados.

La experiencia con esta investigación permite planificar la mayor seguridad, con más recursos, para los equipos por cuanto sufrimos robos y destrucciones de equipos por individuos que ignorantemente atentaron contra los instrumentos.

Diseñar sistemas de complementación en la instalación de equipos para que estos equipos puedan ser reutilizados en vista de la gran inversión económica al adquirirlos.

## CAPITULO 6

### PROPUESTA

TEMA: “MODELO DE MONITOREO DE ASENTAMIENTOS EN LAS EXPLANADAS DE LA VIA TOSAGUA-CHONE, EN LOS HUMEDALES Y ZONAS INUNDABLES PARA ESTABILIZAR LA OBRA GEOTECNICA DE LA VIA.”

#### 6.1. INTRODUCCION.

La carretera Tosagua – Chone, en la provincia de Manabí contratada en el mes de Julio de 2005 con la Compañía Herdoiza Crespo Construcciones, Fiscalizado por Inextec. Cía. Ltda. ha debido superar y corregir algunos problemas de carácter contractual de condicionamiento técnico, de gestión vial y de perspectiva en cuanto a su conservación a largo plazo.

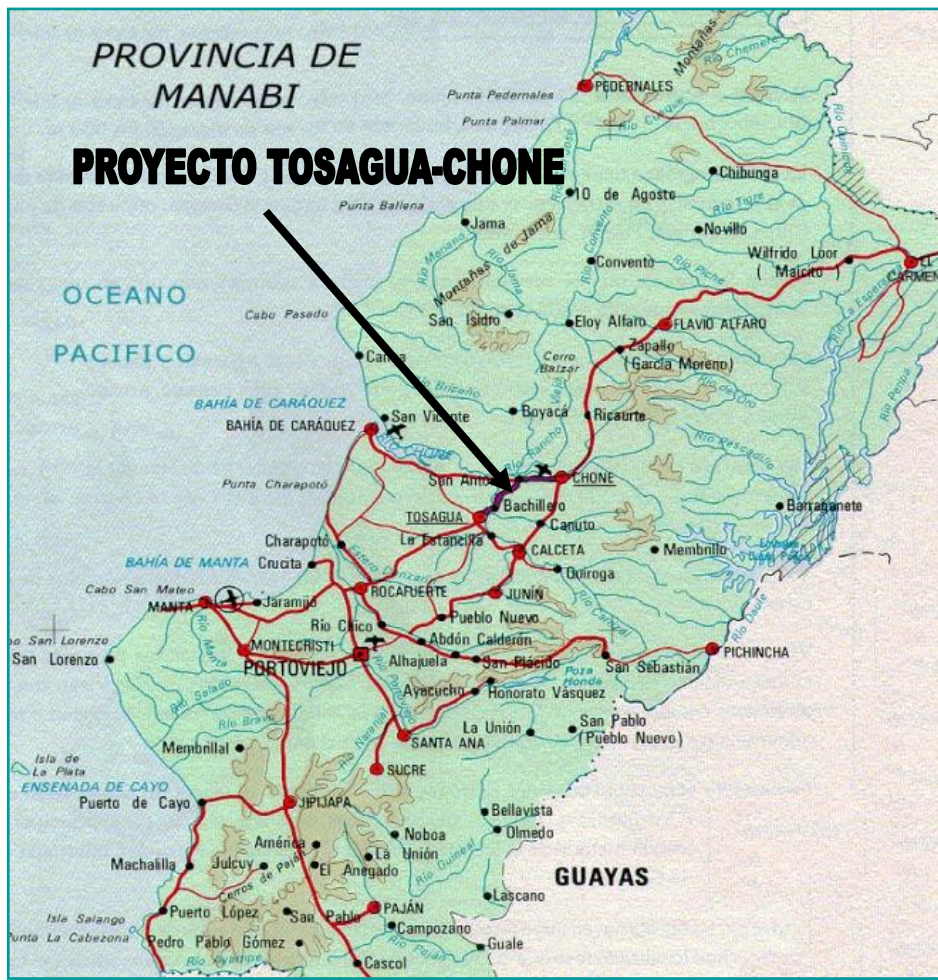
Corregir la construcción de los terraplenes con material de mejoramiento de subrasante con 660000 metros cúbicos y una distancia de acarreo media de 67 Km. a un proyecto de 16.50 Km. de longitud, en lugar de préstamo importado, de acuerdo a lo que establecen los diseños de lo obra contratada, para lo cual fue necesario la suscripción de un Contrato Complementario y Orden de Cambio.

Esta investigación lleva desde octubre de 2008- y tuvo un alcance hasta enero de 2009, porque la variación en el comportamiento de suelo verano e invierno, son parámetros que nos dan una mejor visión de los cambios volumétricos y asentamientos experimentados.

El equipo técnico del cual formo parte es de la compañía Inextec. fiscalizadora del proyecto, que con visión en la instrumentación geotécnica, implementa ésta para obtener de manera certera los asentamientos que experimenta la fundación de los terraplenes de la vía.

Para esta investigación se han invertido grandes recursos, por tanto se ha planificado de tal forma que los equipos después de cumplir su función sean recuperados para ser implantados en otros proyectos y estos permite optimizar recursos empleados.

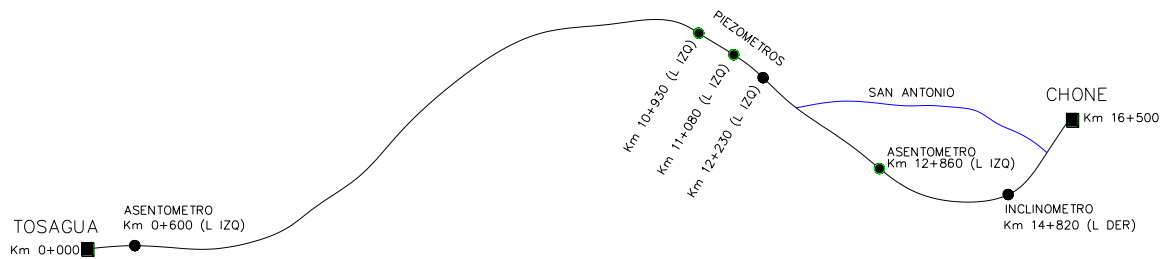
Grafico No 10.- Ubicación del Proyecto- Provincia de Manabí



Fuente.- Estudios de la Vía (CPR).

Grafico No 11.- Grafico de ubicación de los tres tipos de instrumentos en el proyecto.

### GRAFICO DE UBICACION DE INSTRUMENTOS



Fuente.- Innextec Cia. Ltda.

## 6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.

La sociedad consultora INEXTEC CIA. LTDA. Propuso al Ministerio de Transporte y Obras Públicas un protocolo de investigación en esta materia, de manera de que durante el desempeño de sus responsabilidades de Fiscalización, se obtenga la asistencia técnica requerida en los términos planteados. Mi intervención en este proceso, acompañando en la aplicación de este programa, instalación, funcionamiento y reporte de los principales resultados esperados de la investigación para fines estrictamente académicos.

El control de las deformaciones en los terraplenes especialmente en aquellos en los que fueron proyectadas las ampliaciones y donde existen estructuras de servicio; pasa por resolver problemas de transición de materiales y cambios diferenciales en su comportamiento esfuerzo – deformación, con el desarrollo de un proceso de construcción que atienda su densificación y sobre todo el factor de resistencia mecánica, especialmente en las condiciones de inundación que se

prevé, para los cuales deben ser monitoreados durante la fase de construcción mediante una instrumentación de campo, que proporcione información certera de las condiciones de estabilidad, antes de la colocación del firme de pavimento.

Con estos antecedentes se analizaron las especificaciones y alcances de la instrumentación disponible para ser aplicada en esta investigación y se definieron los inclinómetros y piezómetros de fabricación norteamericana con la empresa APPLIED GEOMECHANICS que cuenta con más de 26 años de experiencia en instrumentación para la comunidad científica e ingenieril a nivel mundial, y por tanto garantiza los resultados requeridos con esta tecnología de última generación.

La determinación de la ubicación de los instrumentos se realizó en base a la capacidad de los mismos en resistir presiones del terraplén.

Los asentómetros han sido utilizados para el monitoreo de los deslizamientos de Tumba-San Francisco y Cerro Baizan-Shobol en la Provincia de Chimborazo, a través del Ministerio de Energía y Minas con su Dirección Nacional de Geología, en enero de 2007. Este sistema utilizado en deslizamientos de masas de suelo es adaptado para monitorear asentamientos verticales.

### 6.3. JUSTIFICACION.

Este estudio de investigación servirá de apoyo para instituciones que realicen obras viales o afines, utilizando como modelo de monitoreo de asentamientos de los rellenos para estabilizar obras geotécnicas, en vista que esta tecnología se está aplicando únicamente para presas y es aplicable a vías.

El atributo de la investigación y el valor técnico - científico de este trabajo, aplicando técnicas de investigación conocidas, pero con tecnología de última generación, tiene relación con las soluciones específicas que se producen a nivel de proyecto, tomando en cuenta que no existen antecedentes en campañas de estas

características y alcances, en la construcción de terraplenes de carreteras a nivel nacional.

Uno de los principales problemas relacionados con la deformación de los terraplenes de carreteras, especialmente del tipo diseñado en las carreteras Rocafuerte - Tosagua - Chone, de importante altura y en zonas de inundación, implica conocer de manera certera los asentamientos que experimenta la fundación de estos terraplenes, sus deformaciones y por cierto, el efecto del agua durante las oscilaciones estacionales que originan el incremento de niveles sobre parte de los terraplenes que los denominaremos terraplenes sumergidos.

El comportamiento de estas estructuras, durante el proceso de construcción y la medida cuantitativa de los parámetros que influyen en su estabilidad, ha motivado la aplicación de un programa de monitoreo que permita conocer en forma definitiva la relación deformación - tiempo de los terraplenes, considerando por una parte las características y condición particular del terreno de apoyo, y por otra parte, las características de la sobrecarga, el tipo de materiales utilizados y como ya se dijo, los efectos del agua. La idea es que se pueda obtener información relevante sobre dicha estabilidad y decidir la ejecución de obras definitivas y duraderas en la superestructura de pavimento.

En este orden de ideas, la sociedad consultora INEXTEC CIA. LTDA. Propuso al Ministerio de Transporte y Obras Públicas un protocolo de investigación en esta materia, de manera de que durante el desempeño de sus responsabilidades de Fiscalización, se obtenga la asistencia técnica requerida en los términos planteados. La empresa consultora, ha autorizado al Ing. Carlos Jerez Salan, su intervención en este proceso, en la aplicación de este programa y en el reporte de los principales resultados esperados de la investigación para fines estrictamente académicos.

## 6.4. OBJETIVOS.

### 6.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Elaborar el modelo de monitoreo de los asentamientos de los rellenos de vía en las explanadas de los humedales y zonas inundables del proyecto de reconstrucción de la vía Tosagua-Chone.

### 6.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar los tipos de equipos para emplearse en el monitoreo de acuerdo a las necesidades del estudio.
- Determinar el valor de asentamientos de los rellenos o terraplenes de vía.
- Establecer el proceso de monitoreo del asentamiento del relleno de vía.

## 6.5. ANALISIS DE FACTIBILIDAD.

La viabilidad del estudio se da por que existen empresas dedicadas a la construcción de instrumentos que nos permitirán implantar monitoreos en el campo científico ingenieril. de acuerdo a las necesidades y servicios para puentes, construcciones, túneles, presas, laderas, volcanes, minas y proyectos de construcción.

A pesar que la inversión económica para esta investigación fue alta, satisface por cuanto se materializara las necesidades de información certera para que se pueda tomar las mejores decisiones en la construcción de la superestructura vial salvaguardando las fuertes inversiones que se realizan en el mejoramiento vial constante de esta arteria principal hacia la provincia de Manabí.



## 6.6.- FUNDAMENTACION.

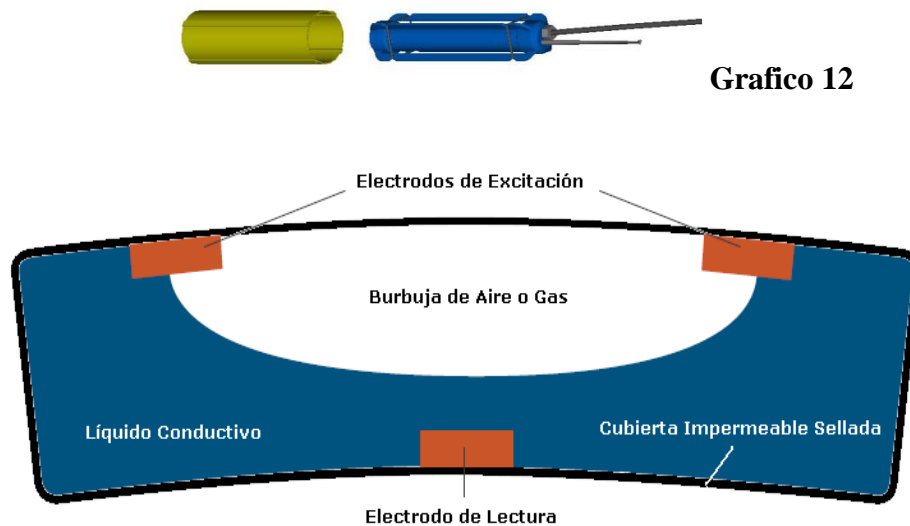
### 6.6.1.- INCLINOMETROS (FUNCIONAMIENTO E INSTALACION)

#### 6.6.1.1.- DESCRIPCION, INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO.

Los inclinómetros biaxiales Grafico No 12 son una manera práctica para medir la deformación del real del suelo, a través de un transductor electromecánico (Dispositivo capaz de transformar la energía mecánica de entrada, en energía eléctrica de salida) conformado por un líquido conductor en su interior que cubre 5 electrodos (Conductor eléctrico, utilizado para hacer contacto con las partes no metálicas de un circuito) que varían su resistencia en función directamente proporcional a la inclinación de líquido.

Grafico No 12.- Tubería protección, inclinómetros y Disposición Interna de los electrodos

Inclinómetros Biaxiales Horizontales Little Dipper Modelo 906-H



Fuente: Manual de instalación.

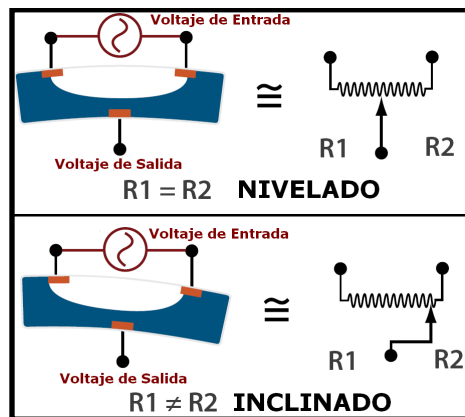
Electrodos de Excitación: por donde se envía voltaje de entrada, generalmente de voltaje alterno (corriente alterna).

Líquido Conductor: líquido conductor eléctrico, que permite el paso de corriente eléctrica entre los electrodos de excitación y el electrodo de lectura.

Electrodo de Lectura: Electrodo por donde se envía el voltaje de salida.

Burbuja de aire o gas, el aire o el gas tiene que ser menos denso que el líquido conductor, así se puede tener una referencia del nivel correcto

Grafico No 13: Modo de funcionamiento de los electrodos



Fuente: Manual de instalación

La conexión que realiza el líquido conductor entre los electrodos se puede modelar como una resistencia eléctrica. Como se muestra en el diagrama eléctrico anterior. Cuando el Inclínómetro está nivelado, la resistencia entre los electrodos de excitación y el electrodo de lectura, son iguales, pero cuando hay un desnivel, esta resistencia cambia haciendo que el voltaje de salida también varíe. La función que relaciona el voltaje de lectura y el ángulo de inclinación es:

$$\theta = k \cdot v$$

Fuente: Applied Geomechanics

Donde **theta** es el ángulo en grados de inclinación medido por el inclinómetro, **k** es la constante de calibración otorgada por los fabricantes en (grados/ Voltios) y **V** son los voltios tomados por el electrodo de lectura.

Especificaciones Generales.

- Resolución de 0.0056° de inclinación en dos ejes.
- Rango angular de +/- 12.5° de inclinación en ambos ejes.
- Tiempo de respuesta 0.15 segundos.

- Rango de temperatura de operación:  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$
- Sensor interno de temperatura: precisión de  $\pm 0.75^{\circ}\text{C}$ .
- Voltaje de operación de  $+8\text{ Vdc}$  a  $+24\text{ Vdc}$  con un consumo de corriente de  $7\text{ mA}$ ; protección contra cortocircuitos y polarización inversa.
- Dimensiones:  $33\text{ mm}$  de radio y  $208\text{ mm}$  de largo.

Grafico No 14: Método de Ensamblaje de inclinómetros

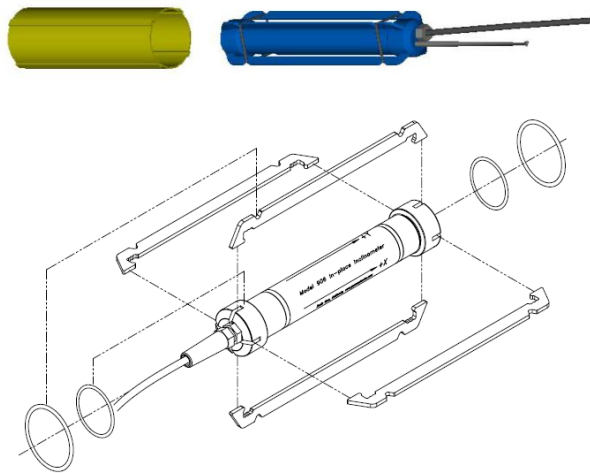


Figure 1 - The Little Dipper sensor module with detachable guide fins

Fuente: Manual de instalación

Los inclinómetros vienen dotados con aletas guías removibles, que permiten el montaje en el tubo guiado, permitiendo así que el sensor se mantenga durante su instalación.

Grafico No 15: Orientación de los ejes

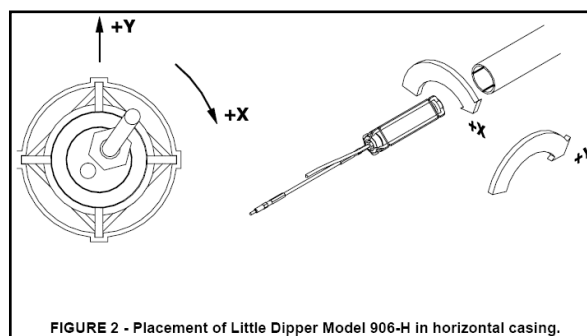
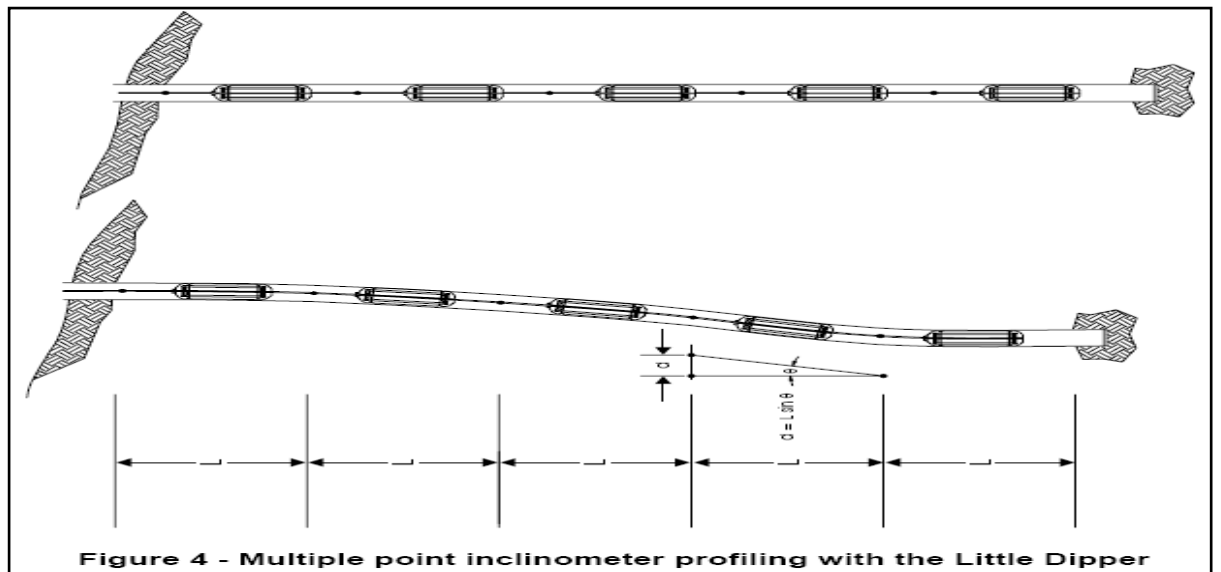


FIGURE 2 - Placement of Little Dipper Model 906-H in horizontal casing.

Fuente: Manual de instalación

En el Grafico No 15 se puede apreciar el tubo con las guías internas que permiten mantener el nivel de los inclinómetros, asimismo se aprecia la orientación de los ejes x e y, un cambio hacia arriba del inclinómetro, produce un ángulo en el eje y positivo, un cambio giratorio hacia la derecha del inclinómetro produce un ángulo positivo en el eje x.

Grafico No 16.- Instalación de inclinómetros y simulación de deformación



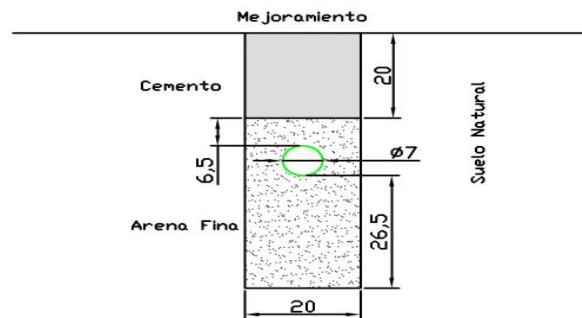
Fuente: Manual de instalación

La instalación se realiza a lo largo de la sección que se desea investigar a través del tubo guiado en el interior.

Para obtener la distancia de deformación a partir del ángulo de deformación, se multiplica en seno del ángulo obtenido por la longitud de separación entre inclinómetros.

Información del Lugar: Variante San Antonio Abcisa: 14+820, relleno nuevo de aprox. 4m. donde realizamos una excavación al nivel del suelo natural.

Grafico No 17.- Sección típica de protección de tubería.



Fuente: Manual de instalación

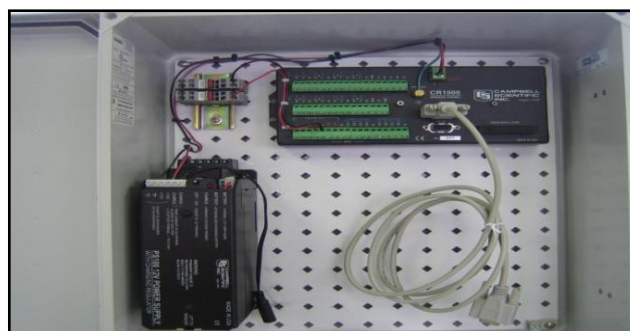
Ubicamos arena y una capa de pasta de cemento a fin de proteger los tubos y los niveles. Con la finalidad que los tubos no se rompan e impidan la extracción y recuperación de los niveles. Para que sean reutilizados. Luego procedemos a la nivelación con topografía para la determinación del nivel de la instalación de los tubos, para asegurar gran precisión de los resultados a obtenerse.

Luego de realizar la excavación se coloca la tubería en forma como lo detalla la figura anterior, posteriormente a rellenar el terraplén.

Colocación de inclinómetros en base a las indicaciones del fabricante, con su respectiva red de cables para transmisión de datos a la unidad de almacenamiento.

El almacenamiento de datos.- Handi Logger 798-1000<sup>a</sup>, denominado así por el fabricante.

Foto No 2.- Handi Logger 798-1000<sup>a</sup> unidad de almacenamiento de información.



Fuente: equipo

Data Logger, con batería interna, cargador de baterías compatible con cargadores de corriente alterna y conexión serial para PC

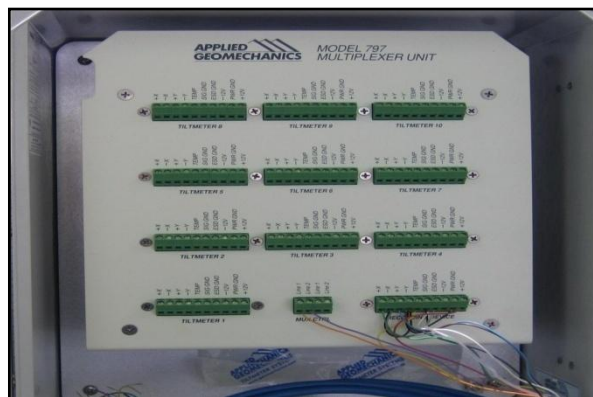
#### Handi Logger 798-1000<sup>a</sup>

- Consta con un CPU de Campbell Scientific CR-1000 con 4 MB de memoria y conexión serial para PC.
- Conversor Análogo-Digital de 13 bits de resolución.( convierte la señal análoga del sensor en información digital (ceros y unos) para que el procesador pueda enviar PC y almacenar en su memoria)
- Batería Interna de 12 Vdc con cargador de CA o panel solar.
- Temperatura de operación de -20°C a +50°C.
- Caja impermeable de fibra de vidrio con dimensiones 383 x 333 x 193 mm
- El Handi Logger para puede obtener lecturas de 20 inclinómetros biaxiales diferentes conectados a la vez gracias a que puede ser conectado a 2 multiplexores externos (Multiplexer 797).
- Cada lectura del Handi Logger se almacena en su memoria interna, de 4 MB, al llenarse la memoria automáticamente sobrescribe los datos que fueron bajados al computador.
- El Handi Logger puede manejar como máximo 20 inclinómetros biaxiales conectados en 2 multiplexores 797.
- A cada multiplexor 797 puede ser conectado 10 inclinómetros de manera simultánea sin afectar a la lectura de los otros.
- Multiplexor: dispositivo electrónico que funciona a manera de interruptor que enciende y apaga por un determinado lapso de tiempo cada inclinómetro de manera ordenada para que el handi logger lo almacene de igual manera.
- Cuando el handi logger se conecta al computador y se descarga los datos en el PC, el Handi Logger registra automáticamente los datos que han sido descargados así al momento de llenar la memoria con las lecturas de los inclinómetros se puedan sobrescribir esos registros.
- Cuando los registros llenan la memoria sin ser descargados al PC el Handi Logger detiene la captura de datos.

- La cantidad de registros que puede almacenar depende de la longitud de los intervalos de muestreo de la señal de los inclinómetros y de la longitud del registro que se desea guardar.
- Cada registro de datos representa la cantidad de 67 bytes en la memoria del Handi Logger, es decir que para poder llenar la memoria de 4 MB del Handi Logger se requieren de aprox. 62408 lecturas de los inclinómetros; divididos entre 9 inclinómetros tenemos por cada inclinómetro 6934 registros. Si cada toma de datos recomendada para un inclinómetro es de cada hora, significa que puedo registrar datos durante 6934 horas, es decir puedo trabajar con los inclinómetros conectados en el campo hasta llenar la memoria en un tiempo de 9 meses.

### Multiplexor 797

Foto No 3.- Multiplexor 797 unidad de ordenamiento de información previo almacenamiento



Fuente: equipo

Panel principal del multiplexor 797, con capacidad de trabajar con 10 inclinómetros conectados simultáneamente

- Voltaje de operación de 10.5 Vdc a 16 Vdc con un consumo de corriente de 5.6 mA en estado pasivo y 140 mA en estado activo.
- Temperatura de Operación: -20°C a +50°C.
- Caja de fibra de vidrio con dimensiones: 356 x 267 x 191 mm.
- Vdc = voltios de corriente continua

- mA = mili Amperios
- Estado pasivo: cuando está conectado al Handi Logger pero no esta multiplexando.
- Estado activo: cuando enciende y apaga cada uno de los inclinómetros.

Foto No 4.- Cableado al panel con tubería de protección



Fuente: equipo y materiales

Foto No 5.- Inspección y obtención de datos.



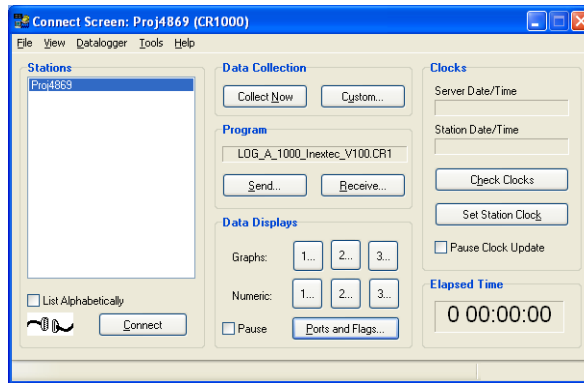
Fuente: equipo y materiales

**Logger Net.** Programa para la transferencia de datos a PC

Grafico No 18.- barra de herramientas del programa de transferencia de datos y pantalla principal de **Logger Net.**







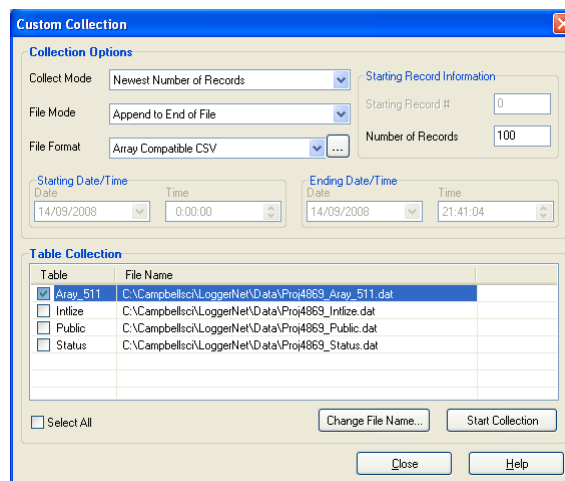
Fuente: Programa

Pantalla principal del LoggerNet y pantalla de conexión con el Handi Logger. También posee sincronización con el reloj del PC para tener una referencia correcta de la lectura de datos.

#### Logger Net

- Software encargado de la conexión al Handi Logger, monitoreo, visualización, configuración y descarga de datos del Logger.
- Visualización de las variables en tiempo real de los datos obtenidos en los inclinómetros.
- Monitoreo y configuración variables internas del Handi Logger, así como modificación del intervalo de recolección de datos e intervalo de muestreo.
- Programación automática de recolección de datos.

Grafico No 19.- Pantalla de recolección de Datos.

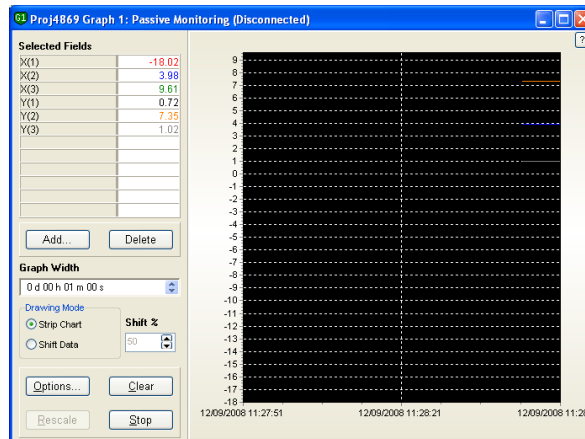


Fuente: Programa

Se puede descargar datos con algunas opciones, tales como registros nuevos, todos los registros, estableciendo el rango determinado de tiempo, asimismo como el formato de descarga. Cuando se descargan los datos del Handi Logger NO se borran los datos del Handi Logger hasta que el mismo los sobrescribe.

- Logger Net permite exportar los datos obtenidos en distintos formatos, así compatibles con procesadores de hojas de cálculo y procesadores de texto.
- Posee un formato predefinido para exportar los datos al programa de análisis TBaseII.

Grafico No 20.- Pantalla de monitoreo gráfico de las variables en función del tiempo



Fuente: Programa

Se pueden añadir hasta 10 variables en cada gráfico. Logger Net puede tener abiertas tres ventanas graficadoras a la vez es decir monitorear en tiempo real de forma gráfica, hasta 30 variables.

Grafico No 21.- Pantalla del Panel numérico

Variable	Value	Unit
IntTemp	28.49	Inst_MUX1
batt_volt	13.12	Inst_MUX2
TM_Avgs	10.00	
Id_T(1)	3.603	00(X1)
Id_T(2)	3.597	00(X2)
Id_T(3)	3.585	00(X3)
Id_T(4)	3.584	00(X4)
Id_T(5)	3.588	00(X5)
Id_T(6)	3.588	00(X6)
Id_T(7)	3.588	00(X7)
Id_T(8)	3.600	00(X8)
Id_T(9)	3.601	00(X9)
Id_T(10)	0.00	00(X10)

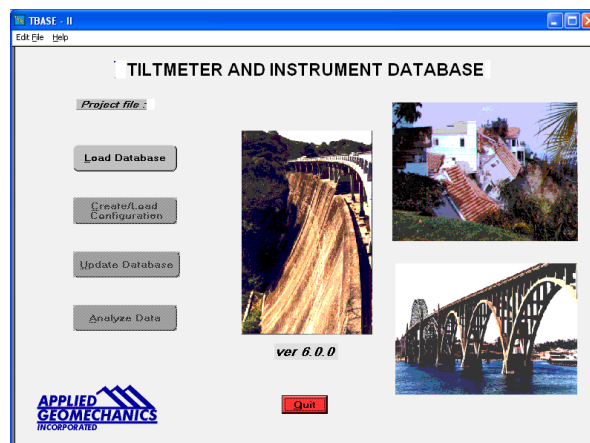
Fuente: Programa

Pantalla del Panel numérico al igual que el panel gráfico, LoggerNet puede tener tres paneles numéricos abiertos a la vez. En los cuales se pueden añadir variables para la visualización y modificación de las mismas.

### **TBaseII software de análisis.-**

- Software que permite el análisis en tiempo, análisis en frecuencia, visualización en 2-D y 3-D, del perfil horizontal, a partir de los datos obtenidos del Handi Logger y de los Inclinómetros Little Dipper.

Grafico No 22 Pantalla principal del TBaseII (**software de análisis**).



Fuente: Programa

Pantalla principal del TBaseII que permite, modificar, crear, almacenar y analizar datos previamente guardados con el LoggerNet.

Project File: Una vez guardados los datos desde Load Database se puede poner un nombre con el cual podemos identificar el análisis de los datos.

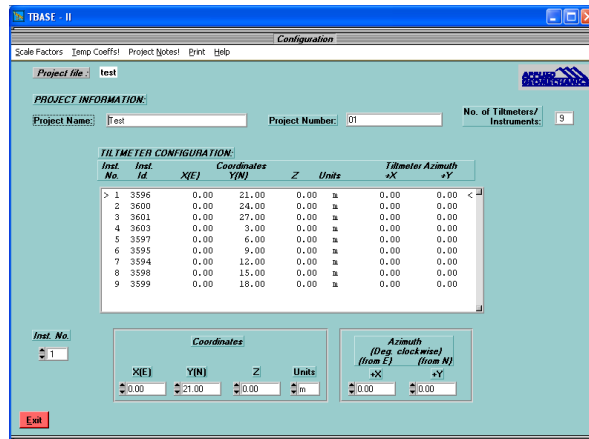
Load Database: permite cargar los datos previamente guardados del LoggerNet.

Create/Load Configuration: Permite ingresar de ser el caso los factores y coeficientes de calibración entregados por los fabricantes de los inclinómetros.

Update Database: permite leer o modificar los datos cargados en el proyecto actual del TBaseII.

Analyze Data: Permite hacer análisis estadístico, en tiempo, en frecuencia, visualización del perfil horizontal en 2D y 3D de los datos.

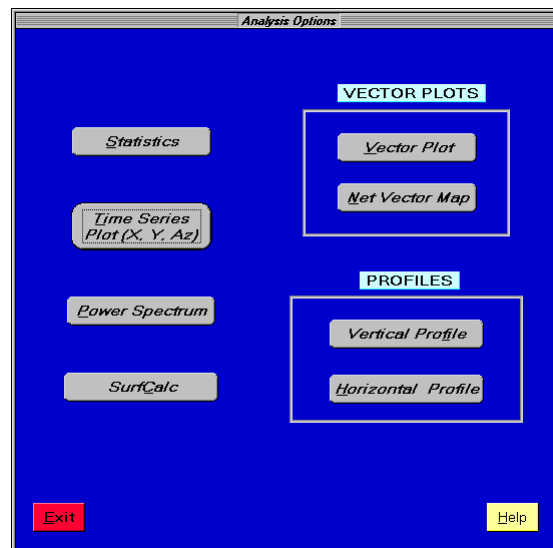
Grafico No 23.- Pantalla de configuración geométrica de los inclinómetros.



Fuente: Programa

Pantalla de configuración geométrica de los inclinómetros. Parámetros como coordenadas N, E y cota son necesarias para que se pueda realizar el análisis correcto de los datos, en esta pantalla del programa, se permite modificar los valores de los coeficientes de calibración, asimismo los coeficientes de la calibración de los sensores de temperatura internos de los inclinómetros.

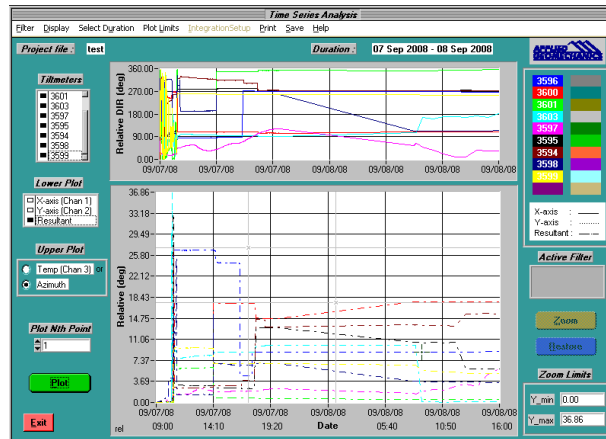
Grafico No 24 Analyze Data, pantalla para análisis de datos



Fuente: Programa

Analyze Data: Opciones de análisis: estadístico, en el tiempo, espectro de frecuencias, gráfico de vectores, perfiles horizontales y verticales y visualización 2D y 3D con SurfCalc

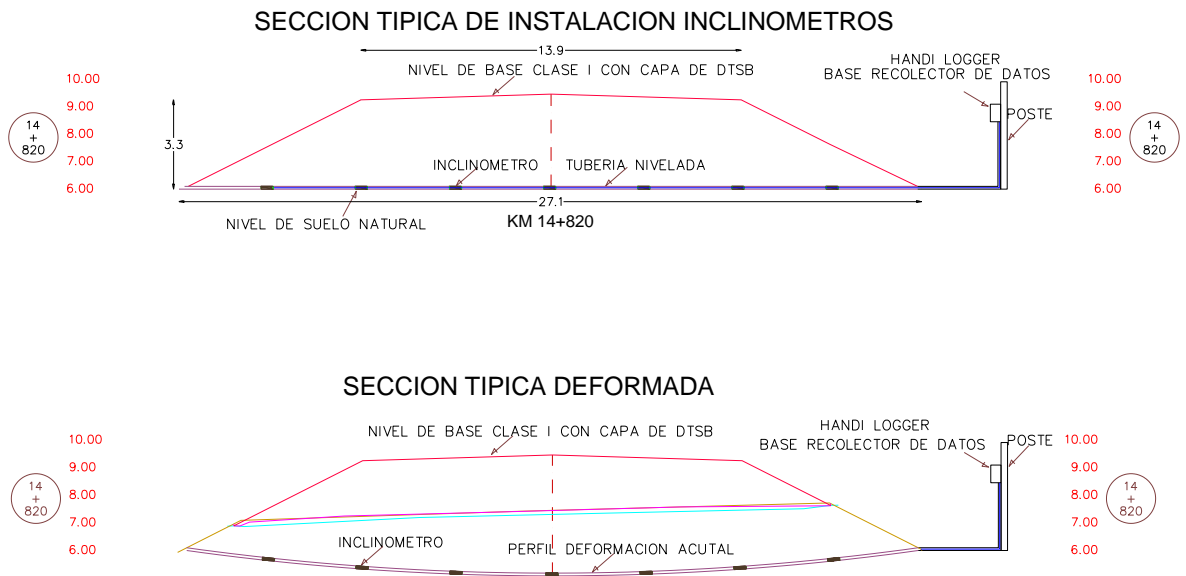
Grafico No 25.- Análisis en el tiempo de cada inclinómetro.



Fuente: Programa

Análisis en el tiempo: se pueden realizar gráficos de los diferentes inclinómetros, uno por uno o en grupo, asimismo se puede elegir graficar solo la inclinación en uno de los ejes, la inclinación resultante de los dos ejes en valores absolutos o relativos, las fluctuaciones de temperatura y la opción exportar los datos compatibles MS Excel.

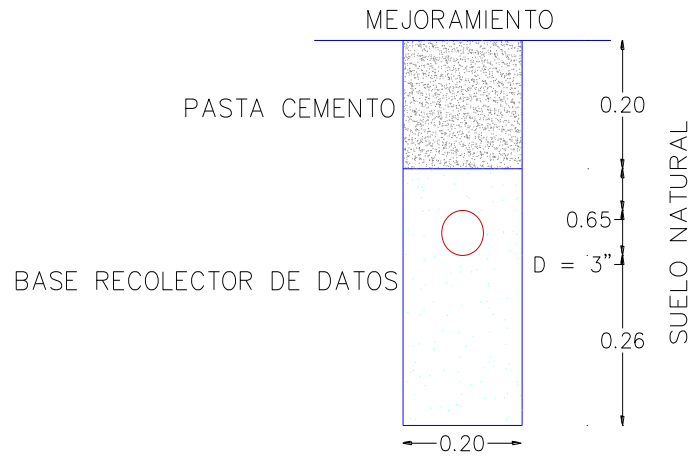
Grafico No 26.- Esquema de instalación de inclinómetros y deformada



Fuente: Propio

Grafico No 27.- Esquema sección de instalación de inclinómetros

## CORTE TIPICO INSTALACION



Fuente: propios

**6.6.1.2.- PROCESO DE INSTALACION DE INCLINOMETROS (REGISTRO FOTOGRAFICO), Fuente propia**

**Foto 6.- Ubicación y replanteo de instalación (control dirección y niveles).**



**Foto 7.- Excavación de la zanja para el sistema de protección de la tubería.**



**Foto 8.- Zanja lista para la instalación de los instrumentos.**



**Foto 9.- Colocación de arena y tubería, controlado con niveles de precisión.**





**Foto 10.- Colocación de la pasta de cemento para la protección de tubería.**



**Foto 11.- Relleno de terraplén sobre inclinómetros.**



**Foto 12.- Lubricación de guías de los inclinómetros y tubería.**



**Foto 13.- Colocación de los inclinómetros dentro de la tuberías.**



**Foto 14.- Colocación de los inclinómetros dentro de las tuberías.**



**Foto 15.- Verificación de la posición interna de los inclinómetros y códigos de los equipos.**



**Foto 16.- Extracción de todo el sistema de inclinómetros verificando que las guías funciones bien.**



**Foto 17.- Colocación de los Data Logger (Handi Logger). Para los almacenamientos de las lecturas de los inclinómetros.**



**Foto 18.- Asegurar su funcionamiento y protección ante siniestros.**



**Foto 19.- Transferencia de datos a PC luego de 8 días de funcionamiento.**



## 6.6.2.- PIEZOMETROS (FUNCIONAMIENTO E INSTALACION)

### 6.6.2.1.- DESCRIPCION, INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO.

Los piezómetros se utilizan para medir la presión (nivel) del agua subterránea así como en tuberías, en vasos comunicantes, etc. en la mayoría de las aplicaciones geotécnicas, los piezómetros se instalan en perforaciones para medir las presiones de agua existentes y también el aumento o disminución de la presión, debido a factores naturales o al avance de la obra. En geotécnica generalmente se usan dos tipos de piezómetros. Primero, existe un piezómetro de tubo abierto en el cual el nivel del agua se mide desde la superficie con un indicador de profundidad.

Para operaciones más exactas y confiables se utilizan piezómetros de cuerda vibrante. El piezómetro de cuerda vibrante mide la presión del agua monitoreando los cambios en la frecuencia de una cuerda vibrante instalada entre el cuerpo del instrumento y una membrana.

La presión del agua o cambios en la presión, es proporcional al cambio en la frecuencia de la cuerda vibrante. Los piezómetros de cuerda vibrante son necesarios si se requiere de un monitoreo con medición y grabación de presión de un tramo específico del instrumento.

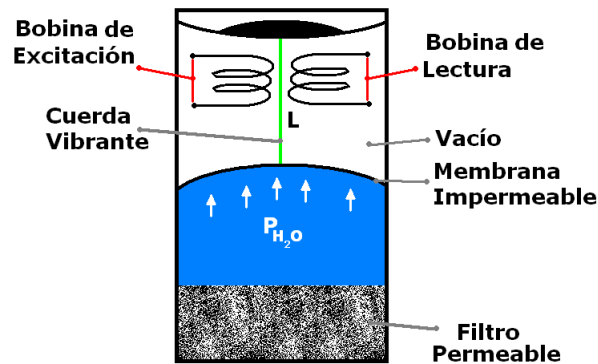
Un piezómetro de cuerda vibrante Grafico 28, es un transductor electromecánico que sirve para medir la presión de agua de poros o elevaciones en niveles de agua presentes en el terreno. Su principio de funcionamiento se basa en cuerda de alta tensión y resistencia, tensionada entre los extremos, en uno de los extremos un sensor de frecuencia.

Grafico No 28.- Piezómetros de Cuerda Vibrante Big Boy 98050



Fuente: manual de usuario

Grafico No 29.- Esquema interno de Piezómetros de Cuerda Vibrante



Fuente: manual de usuario

Filtro Permeable: dejando pasar solo el agua nos aseguramos de que solo mediremos la presión de agua que ingrese a la cámara interna del piezómetro. Membrana Impermeable: Se encarga de retener el agua para que no ingrese a la cámara de vacío donde se encuentra tensionada la cuerda vibrante. La membrana impermeable, está unida a la cuerda vibrante y es flexible al movimiento de la presión de agua. Cuerda Vibrante: Unida a la membrana impermeable, y fija en el otro extremo, es excitada constantemente por voltaje alterno que varía en frecuencia, a esto se denomina barrido en frecuencia.

El barrido en frecuencia consiste en enviar un voltaje alterno a la bobina de excitación y a cierta frecuencia, esta produce un campo magnético directamente proporcional al voltaje aplicado que genera atracción a la cuerda y esta empieza a moverse a los lados, es decir empieza a oscilar a la misma frecuencia del voltaje aplicado a la bobina de excitación. Similar a lo que sería el impulso que le damos con nuestros dedos a una cuerda de guitarra. Así como el sonido que produce la cuerda de guitarra al ser tocada disminuye en intensidad al no tener fuente de energía; la cuerda de guitarra deja de oscilar, de la misma manera se excita a cierta frecuencia la cuerda vibrante del piezómetro si no tiene fuente de energía deja de oscilar, pero la presión de agua dentro de la cámara ofrece energía oscilatoria debido a la presión que ejerce, es decir a cierta presión de agua el sistema de la cuerda vibrante responde a cierta frecuencia, denominada frecuencia de resonancia. Esa frecuencia de resonancia es detectada por la bobina de lectura

que a la inversa de la excitación recibe las oscilaciones de la cuerda y las transforma en voltaje alterno a la misma frecuencia que oscila la cuerda.

Si se excita la cuerda a cierta frecuencia y en la bobina de lectura no se detecta voltaje, se incrementa o disminuye la frecuencia hasta detectar la frecuencia de resonancia de la cuerda provocada por la presión de agua, en la bobina de lectura.

Por ejemplo, comenzamos el barrido de frecuencia a 1500Hz, y no se detecto ningún voltaje en la bobina de lectura, la nueva frecuencia de barrido será de 1501Hz, y así sucesivamente hasta encontrar la frecuencia de resonancia.

La frecuencia de resonancia de la cuerda varía de acuerdo con la presión en función del siguiente modelo:

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{Pg}{d}} \quad P = \frac{4L^2 f^2 d}{g} \quad \text{Fuente: Applied Geomechanics}$$

**Donde P** es la presión (Kg/cm<sup>2</sup>) ejercida para que la cuerda vibre a la frecuencia de resonancia **f** (Hz), **d** es la densidad de la cuerda (Kg/cm<sup>3</sup>) y con longitud **L** (cm) de la cuerda y **g** aceleración de la gravedad de 980 cm/s<sup>2</sup>

La frecuencia de resonancia es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la presión e inversamente proporcional a su longitud.

## TIPOS DE PIEZOMETROS

### Piezómetro Slim Jim.-

- Modelo 98051, ideal para medir elevación de niveles de agua y presión de agua de poros.
- Por sus dimensiones 19 mm dia. x 100 mm óptimo para secciones pequeñas.
- Rango de capacidad de presión: de 0.35 a 2 MPa.
- Capacidad de sobrecarga de hasta el 150% de su rango de capacidad.
- Sensor de temperatura interno.
- Construcción de acero inoxidable.



Grafico No 30.- Piezómetro Slim Jim



Fuente: manual de usuario

### **Piezómetro Conehead.-**

Con la facilidad de poderlo introducir y extraer de casi de cualquier terreno, por su diseño de acero inoxidable

- Modelo 98052, por su diseño de punta de cono es ideal para usar con taladros o a mano en perforaciones de terrenos

Grafico No 31.- Piezómetro Conehead



Fuente: manual de usuario

- Rango de capacidad de presión: de 0.35 a 2 MPa.
- Capacidad de sobrecarga de hasta el 150% de su rango de capacidad.
- Sensor de temperatura interno.

### **Piezómetro Big Boy**

Piezómetro Big Boy aplicada en esta investigación, con el que cuenta la empresa debido a su gran resistencia y durabilidad.

Grafico No 32.- Piezómetro Big Boy aplicados en este estudio



Fuente: manual de usuario

- Modelo 98050 (fig19) rango de presión: hasta 3.5 MPa (500 psi).
- Dimensiones: 42mm de diámetro x 185mm de largo.
- Precisión de +/- 0.25% del rango del barrido de frecuencia.
- Sobrecarga de presión de hasta el 150% del rango (5.25MPa - 750psi).
- Rango de temperatura de operación: -20° C a 70° C.
- Ensamblaje en acero inoxidable.

## CARACTERISTICAS DE LOS PIEZOMETROS

### Termistor Interno

- Todos los modelos de los piezómetros cuentan con un termistor interno.
- Así las ecuaciones de calibración de los termistores internos de los piezómetros Big Boy es:

$$T = \frac{1}{A + B \cdot \ln(R) + C \cdot \ln^3(R)} - 273^\circ C$$

- Donde **A**, **B** y **C** son constantes de calibración de los piezómetros entregados por los fabricantes, **R** es la resistencia que se lee a través de un data logger y **T** es la temperatura en centígrados.
- Termistor: resistencia eléctrica variable que varía su resistencia de acuerdo a la temperatura.

### Convirtiendo frecuencia en Presión

- Conversión Lineal, es un modelo lineal que representa la relación entre la frecuencia de lectura y presión.

$$P = (P_0 - R)G \quad \text{④}$$

$$T = \frac{1}{A + B \cdot \ln(R) + C \cdot \ln^3(R)} - 273^\circ C$$

- Donde **G** es la coeficiente lineal de calibración otorgado por los fabricantes, **P** es la presión en MPa, **P0** es la presión cero del piezómetro calibrada por los fabricantes, y **R** es la frecuencia de lectura elevada al cuadrado y dividida para 1000.

$$P = \frac{4L^2 f^2 d}{g} \quad \text{C}$$

$$R = \frac{f^2}{1000} \quad \text{C}$$

Básicamente es una regresión lineal de la ecuación no lineal (1) que caracteriza el fenómeno físico de los piezómetros de cuerda vibrante. La linealización se logra aplicando una transformación al término no lineal de la ecuación (1); es decir, de la frecuencia ecuación (1). Por eso la variable de la ecuación lineal (1) R es igual al cuadrado de la frecuencia dividido para 1000. El factor G de la ecuación es individual para cada piezómetro que se calibra independientemente de los demás y es único para cada uno de ellos.

### Convirtiendo Frecuencia en Presión

- Al igual que un modelo lineal podemos aplicar un modelo polinomial para obtener mayor aproximación al modelo real.

$$P = A(R)^2 + B(R) + C \quad \text{C}$$

- Donde **A**, **B** y **C** son el coeficiente polinomiales de calibración entregados por los fabricantes, adicionada en los anexos, **P** es la presión en MPa y **P** es la frecuencia de lectura elevada al cuadrado y dividida para 1000.

$$P = \frac{4L^2 f^2 d}{g} \quad \text{C}$$

$$R = \frac{f^2}{1000} \quad \text{C}$$

Al igual que en el caso de linealización, realizamos una regresión con ajuste a un polinomio de segundo grado con el factor no lineal de la ecuación y los coeficientes A, B y C. Para poder ajustarnos un poco más al modelo. Los

coeficientes A, B y C son independientes entre cada piezómetro y calibrados por separado.

### Corrección de Temperatura

- Cada piezómetro es calibrado de tal manera de no tener que realizarse corrección en variaciones de temperatura. Pero sin embargo para algunos piezómetros en los cuales esto no es posible, tenemos la ecuación:

$$P_T = K(T_1 - T_0)$$

- Donde **PT** es la presión de corrección, **K** es la constante de calibración de temperatura entregada por los fabricantes y **T1** es la temperatura medida y **T0** es la temperatura de calibración.
- La presión PT se debe sumar a las ecuaciones de presión tanto lineal como polinomial, donde PT esta en MPa T1 y T0 en centígrados.

### Corrección de Presión Barométrica

- Cada piezómetro es sellado al vacío de 10e-3 Torr, de manera que el piezómetro no reaccionará de manera representativa en las lecturas a los cambios de presión barométrica sin embargo en los casos que se desee, tenemos la ecuación:

$$P_B = (S_1 - S_0)$$

- Donde **PB** es la presión de corrección, **S1** es la presión barométrica medida y **S0** es la presión barométrica de calibración.
- La presión PB se debe restar a las ecuaciones de presión tanto lineal como polinomial, donde PB esta en MPa S1 y S0 en MPa.
- En conclusión los piezómetros están tan finamente calibrados para que los cambios de temperatura y en la presión afecten mínimamente a las mediciones que se realicen.

## ADVISOR READOUT

El VW 2106 Readout tiene la capacidad de mostrar en el sitio de instalación, los datos que se obtienen de los piezómetros, los datos de frecuencia y temperatura. Por su diseño portátil es utilizado como testeador de los piezómetros en el momento mismo de la instalación. Cuenta con conectividad para el PC y conexión simultánea con 6 piezómetros simultáneamente gracias a que cuenta con un multiplexor interno.

Foto No 20.- El VW 2106 Readout . visor de datos de los piezómetros.



Fuente: manual de usuario

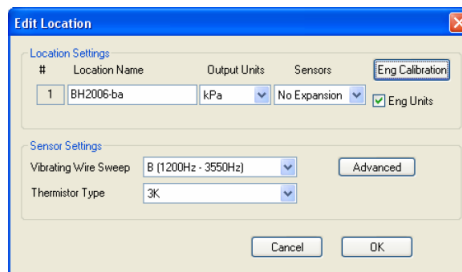
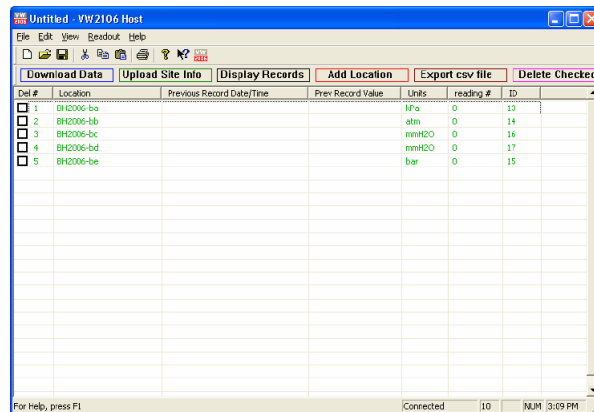
### Características Generales

- Rango de barrido de frecuencias: 400-6000 Hz.
- Tiempo de respuesta: 1 micro segundo.
- Memoria Interna capaz de almacenar 11400 registros de datos recolectados.
- Requiere 3 baterías AA.
- Temperatura de operación: -20°C a +50°C.
- Dimensiones: 220 x 190 x 95 mm.
- Conexión USB al PC.

## ADVISOR HOST SOFTWARE

Software diseñado para la fácil visualización y descarga de los datos VW 2106 VW Readout. Exportación de los datos compatibles con hojas de cálculo y procesadores de texto.

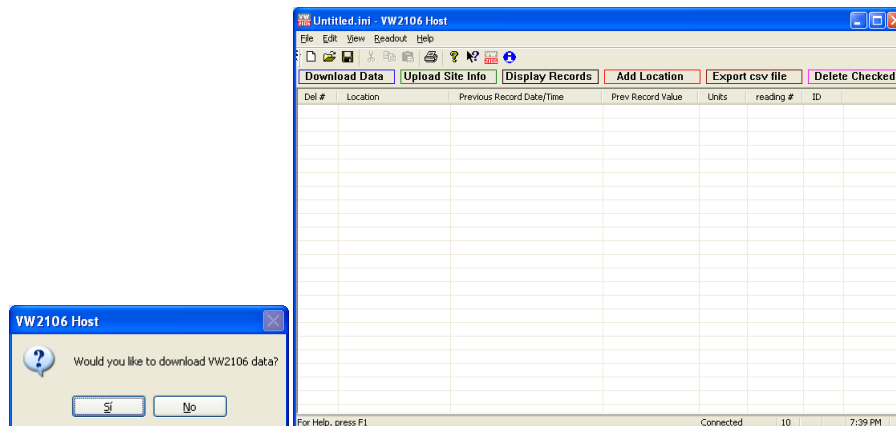
Grafico No 33.- Visualización y descarga de los datos y seteo de transferencia de información de los piezómetros.



Fuente: Programa

Cuando se inicia el programa una vez conectado el VW2106 VW Readout, el programa pregunta si se desea descargar los datos almacenados en la memoria. La memoria se puede borrar directamente desde el Readout o desde el software. Grafico No 34.

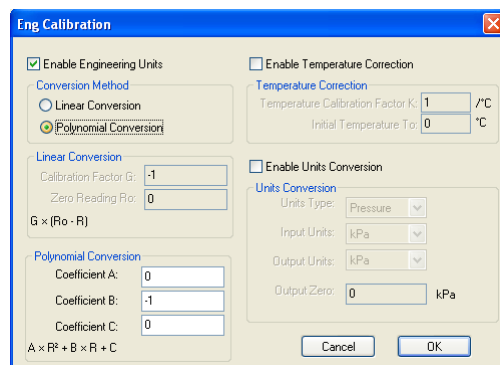
Grafico No 34. Menú para descargar los datos almacenados



Fuente: Programa

Si se desea configurar el Readout, en el espacio de trabajo añadimos nueva Locación y en Calibración de Unidades ingresamos los coeficientes de calibración. Se permite elegir el modelo para la conversión ya sea este lineal o polinomial, así como la corrección de temperatura. Una vez ingresados estos datos podemos elegir la forma como se quiere visualizar los datos ya sean kPa, psi, mmH2O, bares, atm. Una vez configurados estos datos es necesario grabar en la memoria del Readout para después utilizarla.

Grafico No 35.- Pantalla de configuración necesaria para grabar en la memoria



Fuente: Programa

## VW 2106 HOST SOFTWARE.-

Una vez configurado y descargada la información en el Readout, se pueden ir a tomar datos. Una vez tomados los datos y descargados se pueden visualizar en la pantalla del VW 2106 Host, o exportar el archivo con formato compatible con hoja de cálculo.

Grafico No 36.- datos descargados se visualiza en la pantalla del VW 2106

#	Date Time	Avg Eng Val	Units	Temp	#1 B Units	#2 B Units	#3 B Units	#4 B Units	#5 B Units	#6 B Units
1	2008/09/04 15:15:23	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
2	2008/09/04 15:15:25	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
3	2008/09/04 15:15:27	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
4	2008/09/04 15:15:29	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
5	2008/09/04 15:15:31	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
6	2008/09/04 15:15:33	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
7	2008/09/04 15:15:35	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
8	2008/09/04 15:15:37	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
9	2008/09/04 15:15:39	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
10	2008/09/04 15:15:41	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
11	2008/09/04 15:15:43	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
12	2008/09/04 15:15:45	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
13	2008/09/04 15:15:47	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
14	2008/09/04 15:15:49	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
15	2008/09/04 15:15:51	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
16	2008/09/04 15:15:53	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
17	2008/09/04 15:15:55	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
18	2008/09/04 15:15:57	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
19	2008/09/04 15:15:59	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
20	2008/09/04 15:16:01	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
21	2008/09/04 15:16:03	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					
22	2008/09/04 15:16:05	0.00	psi	-78.1 °C	0.0					

Fuente: Programa

## HANDI LOGGER MINI

- Rango de barrido de frecuencias: 400-6000 Hz.
- Tiempo de respuesta: 1 micro segundo.

Foto No 21.- HANDI LOGGER MINI memoria para almacenamiento de datos



Fuente: Equipos

- Memoria Interna capaz de almacenar 30000 registros de datos recolectados.
- Requiere 2 baterías AA.
- Temperatura de operación:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+60^{\circ}\text{C}$ .
- Dimensiones: 150 x 65 x 40 mm.
- Conexión Serial al PC.
- Data Logger de pequeño tamaño que funciona con baterías pequeñas, portátil.

## LOG VIEWER

- Diseñado únicamente para funcionar con el Handi Logger Mini, el Log Viewer, tiene una manera fácil de registrar y descargar los datos al PC.
- Permite visualizar al mismo tiempo, la lectura del piezómetro en unidades de presión, ingresando los coeficientes de calibración.
- Configuración del intervalo de muestro y estado de la memoria.
- Exportación de los datos con formatos compatibles con hojas de cálculo.



Foto No 22.- sistema conexión de piezómetro, almacenamiento y transferencia de datos



Fuente: Equipos

Esquema de Conexión del Handi Logger Mini, con el piezómetro y el PC, mediante el Software Log Viewer.

Permite configurar el intervalo del barrido de frecuencias, asimismo el tiempo de espera para detectar la frecuencia de resonancia de la cuerda.

Grafico No 37.- Pantalla para configurar barrido de datos



Figure 4: Custom Vibrating Wire Settings

Fuente: Programa

Permite la visualización gráfica en tiempo real de los datos obtenidos

Grafico No 38.- Visualización gráfica en tiempo real de los datos obtenidos

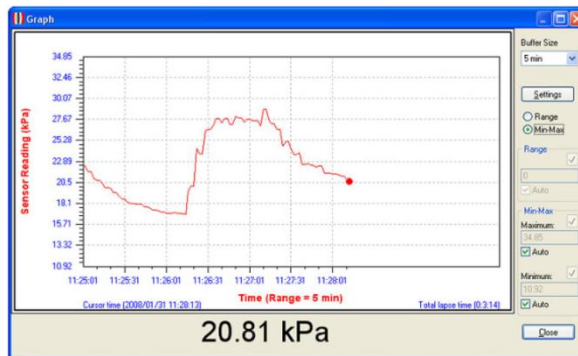


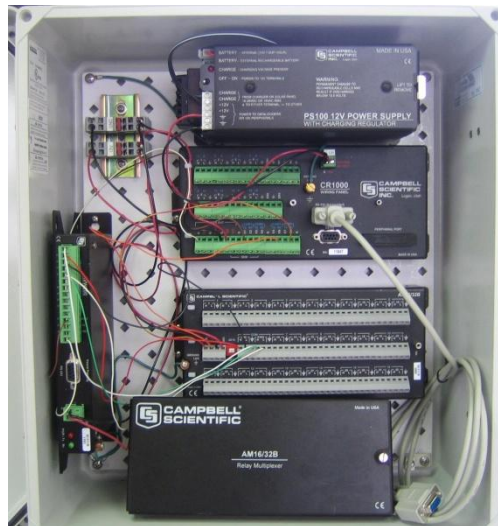
Figure 6: Graphical Monitor

Fuente: Programa.

### DATA LOGGER HANDI LOGGER 798-100<sup>a</sup>

Los piezómetros también son compatibles con el Handi Logger 798-1000A, (fig. 57) solo que requiere de componentes adicionales, tales como un multiplexor AM16/32B y un analizador de espectros AVW-200.

Foto No 23.- DATA LOGGER HANDI LOGGER 798-100<sup>a</sup> Analizador de espectros: encargado de recibir la señal análoga y convertidor.



Fuente: Equipos

Analizador de espectros: encargado de recibir la señal análoga que viene de los piezómetros para encontrar la frecuencia de resonancia y entregar esta frecuencia de resonancia en forma digital al CPU CR-1000 del Handi Logger.

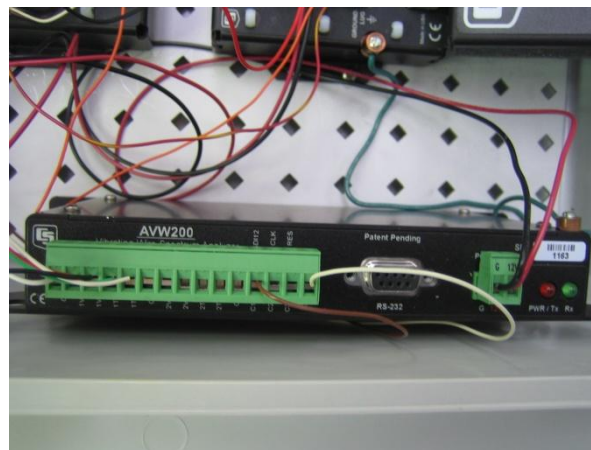
- Consta con un CPU de Campbell Scientific CR-1000 con 4 MB de memoria y conexión serial para PC.

- Analizador de espectros AVW-200.
- Batería Interna de 12 Vdc con cargador de CA o panel solar.
- Temperatura de operación de -20°C a +50°C.
- Caja impermeable de fibra de vidrio con dimensiones 383 x 333 x 193 mm.

### **ANALIZADOR DE ESPECTROS AVW200**

- Analizador de espectros: Dispositivo capaz de crear señales eléctricas a distintas frecuencias y realizar la Transformada Rápida Fourier (FFT) para determinar los componentes frecuenciales de la señal emitida por la cuerda vibrante y determinar de una manera rápida y precisa la frecuencia de resonancia de la cuerda, inclusive en medios con señal débil o ruidosa.
- Resolución en frecuencia de 0.01 Hz a 0.001 Hz.

Foto No 24.- ANALIZADOR DE ESPECTROS AVW200 Analizador de espectros: Dispositivo capaz de crear señales eléctricas a distintas frecuencias.



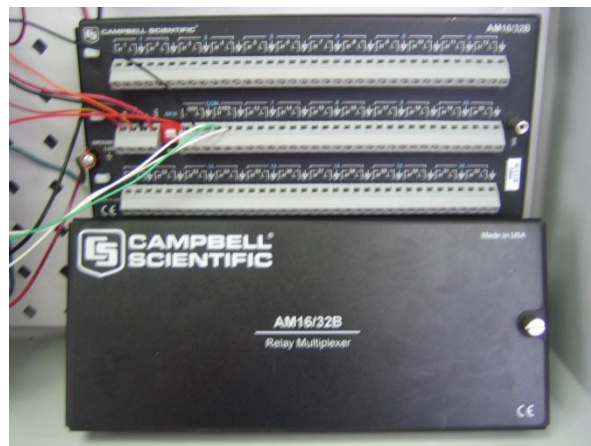
Fuente: Equipo

- Transformada Rápida de Fourier (FFT): transformada que permite cambiar el dominio de una señal en el tiempo al dominio de la frecuencia.
- Resolución: Medida más pequeña que puede detectar el dispositivo.

## MULTIPLEXOR 16/32B

- Voltaje de operación: +10.5 a +16 Vdc con un consumo de corriente de 140 mA.
- Temperatura de operación -20°C a +50°C.
- Dimensiones: 239 x 102 x 46 mm.
- Conexión hasta 16 piezómetros simultáneos

Foto No 25.- MULTIPLEXOR 16/32B. Tablero de conexión de los piezómetros.

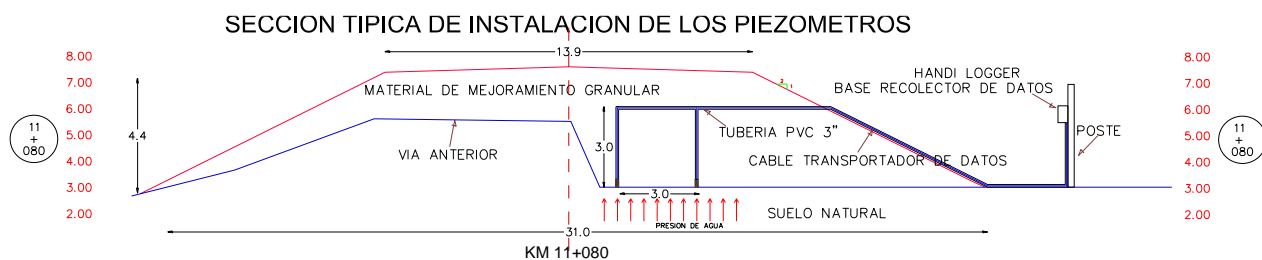


Fuente: Equipo

El Software LoggerNet y el software TBaseII son compatibles con los datos de salida de los piezómetros e inclinómetros.

Grafico No 39.- Esquema transversal de instalación de equipos con su estructura

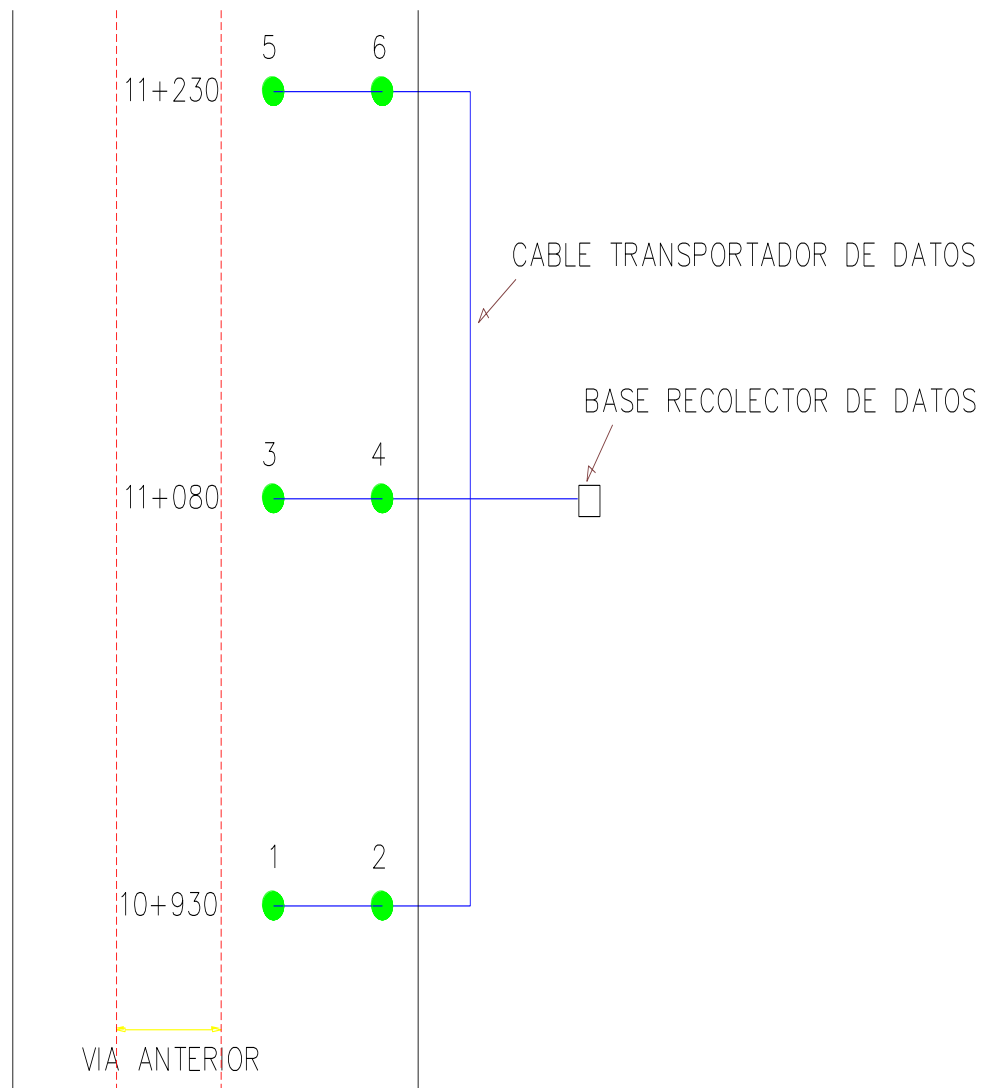
Esquema de instalación



Fuente: Propio

Grafico No 40.- Esquema implantacion de instalaci3n de equipos (piez3metros) con su estructura

## IMPLANTACION INSTALACION



Fuente: Propios

### 6.6.2.2.- PROCESO DE INSTALACION PIEZOMETROS (REGISTRO FOTOGRAFICO)

Foto No 26.- Construcción de estructura de protección de los piezómetros



Foto No 27.-

Colocacion en la estructura de proteccion los piezómetros para poder extraerlos luego



Foto No 28.-Preparación del sitio donde se instalara la unidad de almacenamiento de información



Foto No 29.- Armado del sistema de proteccion y colocacion de los piezometros en el extremo de la tuberia.



Foto No 30.- Colocación de cable transmisor de datos entre las tres secciones con un total de 6 piezómetros.



Foto No 31.- Instalación de los piezómetros en los sitios planificados, dos por cada sección.





Foto No 32.- Humedal Km 10+930. Notese el nivel de agua permanente en verano del humedal que en invierno este nivel sube considerablemente.



Foto No 33.- Instalación de los cables acerados que permitirán extraer los piezómetros después de su función.



Foto No 34.- Instalación en la segunda sección. Km: 11+080



Foto No 35.- Instalación en la tercera sección Km: 11+230 y relleno de la zanjas con procedimientos controlados.



Foto No 36.- Instalación del sistema de recolección de datos.

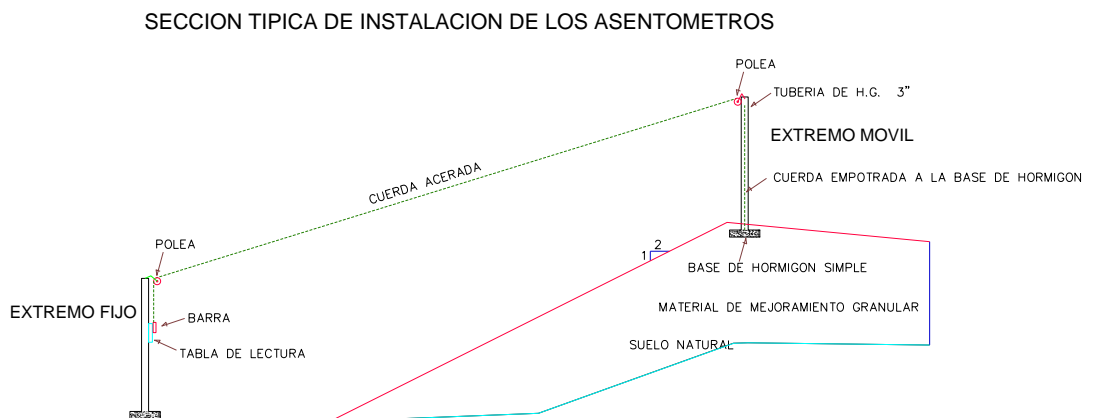


### 6.6.3.- ASENTOMETROS (FUNCIONAMIENTO E INSTALACION)

#### 6.6.3.1.- DESCRIPCION, INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO.

Los asentómetros son de fabricación artesanal como muestra en la Grafico No 41

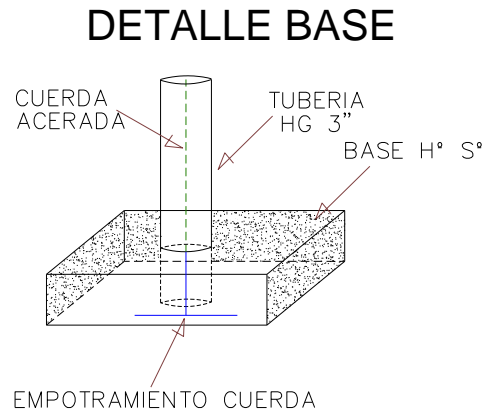
Grafico No 41.- sección Típica de Instalación de los Asentómetros.



Fuente: Propia

Son dos tubos de hierro galvanizado inoxidable de 3 metros de altura empotrados en una base de hormigón cada uno.

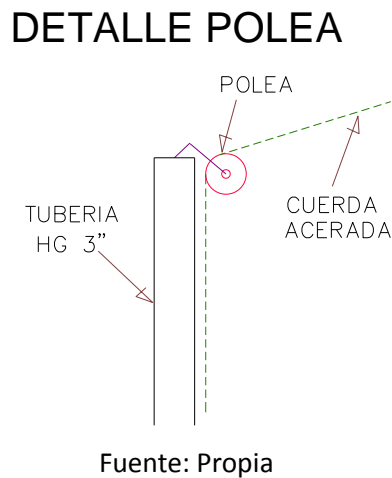
Grafico No 42.- Detalle de Instalación de poste fijo y móvil de Asentometros.



Además en el extremo móvil la cuerda se empotrará en la misma base de hormigón

En los extremos superiores de los tubos para facilitar el desplazamiento de la cuerda, consta de polea normal.

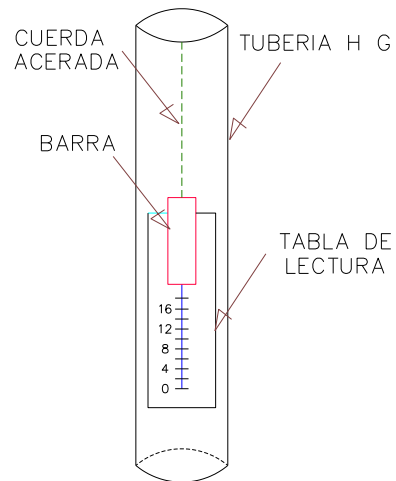
Grafico No 43.- Detalle de Instalación de polea en poste fijo y móvil



Al final de la cuerda pende una pesa con el fin mantener la tensión constante en la misma y que las lecturas sean confiables

Grafico No 44.- Detalle de Instalación de la tabla de lectura en el poste fijo.

### DATALLE TABLA LECTURA



Fuente: Propia

Foto No 37.- detalle de tabla de medición en los asentómetros.



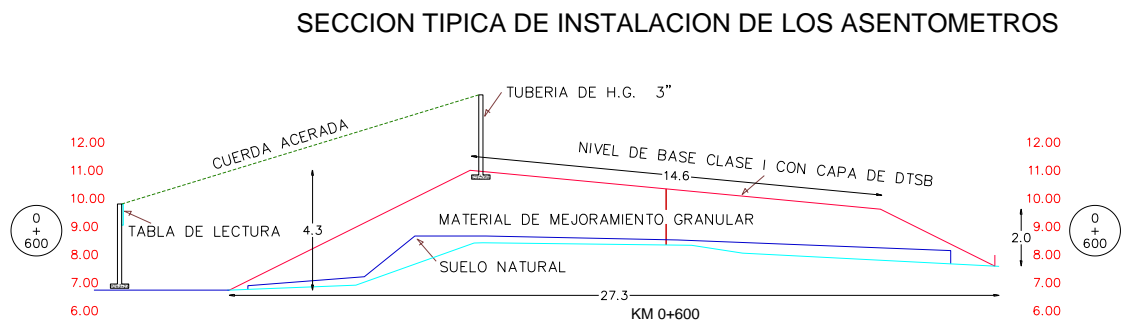
Fuente: Propia: Km: 0+600 y 12+860

Una vez instalados los asentómetros tomamos una medida inicial. Como punto de referencia para las siguientes lecturas.

Estos datos se procesan y grafican tiempo vs. Asentamiento, que nos permitirán evaluar directamente el proceso de asentamiento o levantamiento de los terraplenes

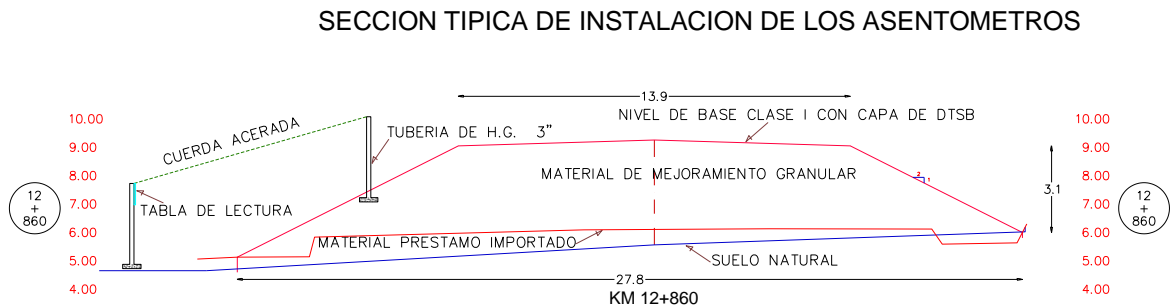
Se recomienda tomar las lecturas en las primeras horas de la mañana antes de las 7 am, por que se verán influenciadas por las altas temperaturas del ambiente reinantes en la zona

Gráfico No 45.- Instalación típica de asentómetros realizada en el Km: 0+600



Fuente: Propia

Gráfico No 46.- Instalación típica de asentómetros realizada en el Km: 12.860.



Fuente: Propia

Foto No 38.- Asentómetro instalado en el Km: 0+600



Fuente: propia

Foto No 39.- Asentómetro instalado en el Km: 12+860

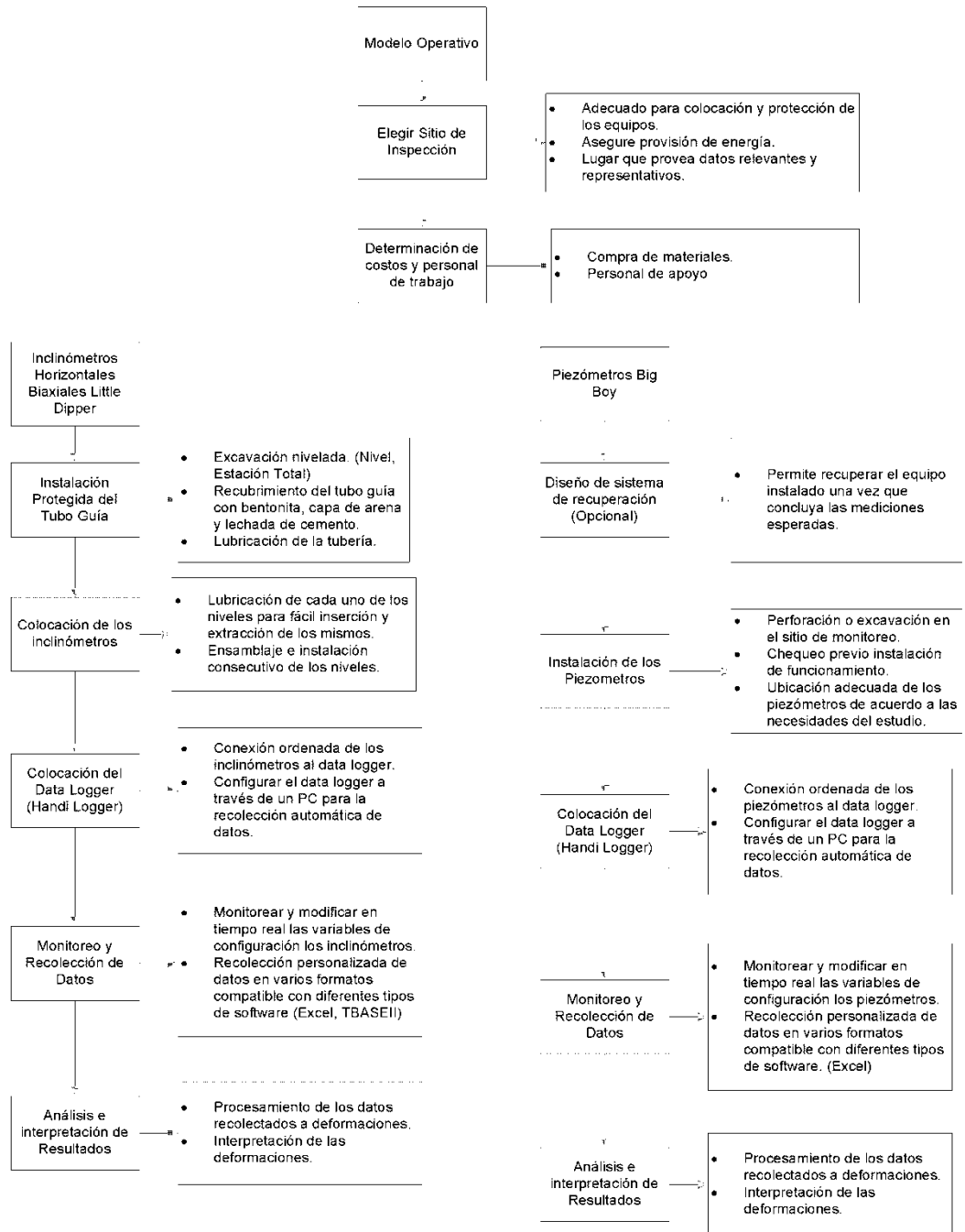


Fuente: propia

## 6.7. MODELO OPERATIVO.

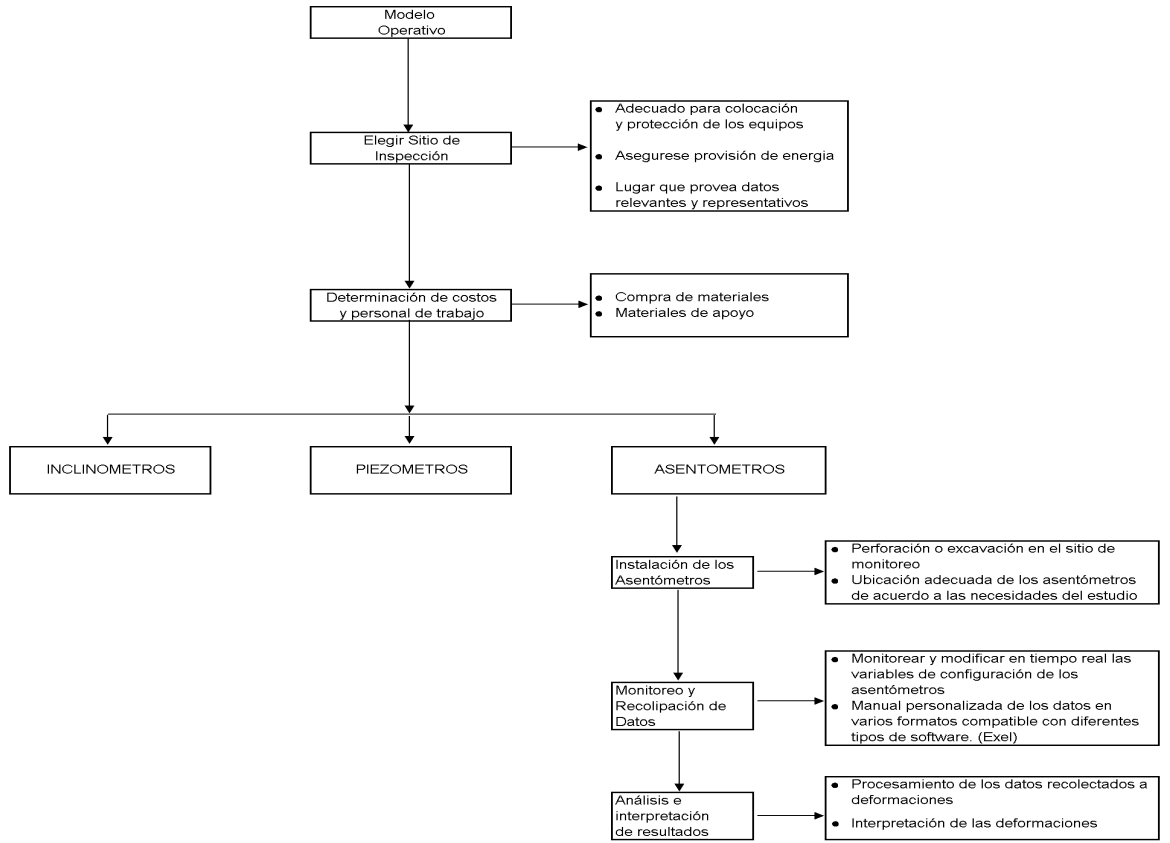
En los dos diagramas siguientes detallamos el modelo operativo para determinación de la ubicación, instalación y proceso para los inclinómetros, piezómetros y asentómetros.

### 6.7.1.- Diagrama de Inclinómetros y Piezómetros.-





### 6.7.1.- Diagrama de Asentómetros.-



## 6.8. ADMINISTRACION.

La unidad operativa de esta propuesta es la Cía. Inxtec. con su estructura física y técnica.

Un sistema integrado de esta instrumentación vial se establecerá a corto plazo en el campus de Ciencia y Tecnología que se está construyendo en la ciudad de Tosagua, esto será parte de un gran proyecto donde se establecerá los diferentes tipos de capas de rodadura con diferentes tipos de estructuras, y ver en tiempo real comportamientos de los suelos y pavimentos.

## 6.9. PREVISION DE LA EVALUACION.

La evaluación es importante para el constructor y fiscalizador por que se establece en los contratos viales parámetros mínimos para la recepción de obras, como por ejemplo el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que por las condiciones de los terrenos de fundación de los terraplenes que es arcilla de alta compresibilidad se espera asentamientos y deformaciones.

Previa la instrumentación para escoger tipos y sitios de ensayo, se revisará las especificaciones de los equipos existentes en el mercado y su compatibilidad con el sitio de instalación. Con la instrumentación geotécnica obtendremos datos relevantes de asentamientos y deformaciones que permitirán conocer el comportamiento de los terraplenes y suelo de fundación de los mismos.

El personal para la instalación técnica de los equipos tiene que ser instruido por los fabricantes, en este caso se realizó con manuales y comunicaciones con técnicos de la empresa proveedora.

La programación de la configuración y recolección de datos se establece de acuerdo a la capacidad de almacenamiento de la memoria y necesidades para la evaluación de los terraplenes.

El proceso de la información está dado por software y hardware que complementan a los equipos, pero también se pueden configurar para que funcione con programas comunes de procesamiento de datos.

Los resultados se procesarán con guías de cálculo emitidas por el constructor de los equipos como por ejemplo constantes de equipos y de transformación de unidades.

## 1. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- MINISTERIO, Transporte y obras públicas, (2002). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP-001-F-2002. Tomo I y II. Quito-Ecuador. 528 y 476 p.
- 2.-MONTEJO FONSECA, Alfonso (2006). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Tomo I y II. Tercera Edición. Bogotá, D.C. Ediciones y Publicaciones Universidad Católica de Colombia. 621 y 495 p.
- 3.-MINISTERIO Transporte y obras públicas. Manual de Mantenimiento vial. Quito-Ecuador.
- 4.-CHOCONTA, Pedro, (2004). Diseño geométrico de vías. Segunda Edición. Bogotá-Colombia. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 250p.
- 5.-CARDENAS, Jama, (2002). Diseño geométrico de carreteras. Bogotá-Colombia, Editorial escuela Colombiana de Ingeniería.
- 6.-ARENAS LEON, Hugo. (2005). Tecnología del cemento asfáltico. Cuarta Edición. Bogotá-Colombia. Editorial Faid. 304p.
- 7.- JIMENES, JUSTO, Salas, Alpanes, (1975). Geotecnia y cimientos I. Segunda Edición. Madrid –España. Editorial Rueda,
- 8.-ARENAS LEON, Hugo. (2004). Manual de asfaltos naturales. Edición 2004. Bogotá-Colombia. Editorial Universidad del Cauca. 72p.
- 9.- MINISTERIO, Transporte y obras públicas, (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP-001-F-2000. Quito-Ecuador. 671p.

- 10.- RICO, CASTILLO Alfonso. (1978). La ingeniería de suelos en la vías terrestres. Volumen 1. México. Editorial Limusa. 545 p.
- 11.- BRAVO, Paulo. (1993). Diseño de carreteras: Técnica y Análisis. Sexta edición. Carvajal S. A. Bogotá.
- 12.- AVILA, Aníbal. (1994). Mecánica de Suelos. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador
- 13.- COLLINS, John – HART C. (1982). Ingeniería de carreteras. Aguilar S.A. de ediciones. Madrid.
- 14.- ESCARIO, José – ESCARIO, Ventura. (1993). Caminos. Tercera Edición. Alameda. Madrid.
- 15.- NICHOLS, Herbert. (1982). Movimiento de tierras – Manual de excavaciones. Cuarta edición. Compañía Editorial Continental S. A. México.
- 16.- TERZAGHI, PECK, Ralph. (1955). Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica. Primera edición. Editorial el Ateneo. Buenos Aires – Argentina
- 17.- SCHLEICHER, Ferdinand. (1990). Manual del ingeniero constructor. Barcelona.
- 18.- WRIGHT, Paul – PAQUETE, R. (1993). Ingeniería de carreteras. Limaza. México. CAÑADAS L. 1983. Mapa Ecológico y Bioclimático del Ecuador. PRONAREG-MAG. Quito, Ecuador
- 19.- IGM. Carta topográfica, escala 1:50.000
- 20.- MOP.1996. Lineamientos para la elaboración de estudios de impactos ambientales. Quito, Ecuador

21.- A. FONSECA, 1995, “Ingeniería de Pavimentos para Carreteras”, Colombia

22.- H. ARENAS, 2000, “Conferencia teórica de los pavimentos”, Universidad del Cauca.

23.-[www.geomechanics.com](http://www.geomechanics.com)

APPLIED GEOMECHANICS.- empresa líder en ventas de sistemas de monitoreo y servicios para puentes construcciones, túneles, presas, laderas, volcanes, minas y proyectos de construcción alrededor del mundo. Tienen un alto espectro de consumidores en mercados tales como monitoreo, experimentación física, radioastronomía y arquitectura naval.

La compañía fue incorporada el 1 de enero de 1983, con el objetivo de proveer instrumentos de clase mundial y servicios de monitoreo, para la comunidad científica ingenieril, con oficinas en San Francisco, Denver, Houston y Boston en Estados Unidos de América.

Anexo 2.1 Datos para calibración de los piezómetros instalados en la Abs: 11+080  
 SERIE BB20012

TEST CERTIFICATE

Customer :  
 P.O.No. :  
 Instrument : Big Boy Date : 10.06.2008  
 Serial number : BB20012 Temperature : 30 °C  
 Capacity : 0.7 MPa Atm. Pressure : 0.099 MPa

Input pressure (MPa)	Up1 (Digit)	Down (Digit)	Up2 (Digit)	Average (Digit)	End Point Fit (MPa)	Poly Fit (MPa)
0.000	6333.2	6334.3	6334.3	6334	0.000	0.000
0.100	6064.8	6067.0	6066.3	6066	0.101	0.100
0.200	5797.4	5800.7	5798.7	5798	0.202	0.200
0.300	5530.4	5533.7	5531.4	5531	0.303	0.300
0.400	5266.0	5268.3	5266.7	5266	0.402	0.400
0.500	5000.9	5002.6	5003.1	5002	0.502	0.500
0.600	4737.4	4739.6	4738.0	4738	0.602	0.600
0.700	4476.3	4476.3	4476.4	4476	0.700	0.700

Error (%FS) 0.37 0.04

Digit :  $f^2 / 1000$   
 Linear gage factor (G) : 3.769E-04 MPa/digit

Thermal factor(K) : 0.000 MPa/°C

Polynomial constants :  
 A= 2.7966E-09 B= -4.0700E-04 C= 2.4657E+00

Pressure "P" is calculated with the following equation:

Linear :  $P(\text{MPa}) = G(R0-R1) + K(T1-T0) - (S1-S0)$

Polynomial :  $P(\text{MPa}) = A(R1)^2 + B(R1) + C + K(T1-T0) - (S1-S0)$

R1 = current reading & R0 is initial reading in digit.

S1 and T1 = current atmospheric pressure(MPa) and temperature (°C)

Readings at the time of shipment Date 19.06.2008  
 f : Hz 2517.2  
 f<sup>2</sup> : Digit 6336.3  
 Temperature : °C 27  
 Thermistor : Ohm 2744  
 Atm.pressure : MPa 0.099  
 Coil resistance : Ohm 123

(Zero conditions in the field must be established by recording the reading R0 (digit) along with temperature T0 (°C) and atmospheric pressure S0 (MPa) at the time of installation.)

Datos para calibración de los piezómetros instalados en la Abs: 11+080, SERIE  
BB20013

TEST CERTIFICATE

Customer :  
P.O.No. :  
Instrument : Big Boy Date : 21.04.2008  
Serial number : BB20013 Temperature : 30 °C  
Capacity : 0.7 MPa Atm. Pressure : 0.099 MPa

Input pressure (MPa)	Up1 (Digit)	Down (Digit)	Up2 (Digit)	Average (Digit)	End Point Fit (MPa)	Poly Fit (MPa)
0.000	6475.5	6478.0	6478.0	6477	0.000	0.000
0.100	6218.1	6223.1	6219.6	6219	0.101	0.100
0.200	5959.4	5967.2	5961.9	5961	0.202	0.200
0.300	5704.1	5712.7	5706.5	5705	0.303	0.300
0.400	5449.0	5456.0	5450.4	5450	0.403	0.400
0.500	5194.4	5199.9	5195.4	5195	0.503	0.500
0.600	4943.5	4945.7	4942.6	4943	0.602	0.600
0.700	4691.5	4691.5	4693.3	4692	0.700	0.700

Error (%FS) 0.42 0.05

Digit :  $f^2/1000$   
Linear gage factor (G) : 3.923E-04 MPa/digit

Thermal factor(K) : 0.000 MPa/°C  
Polynomial constants :

A= 3.7567E-09 B= -4.3406E-04 C= 2.6539E+00

Pressure "P" is calculated with the following equation:

Linear :  $P(\text{MPa}) = G(R0-R1) + K(T1-T0) - (S1-S0)$   
Polynomial :  $P(\text{MPa}) = A(R1)^2 + B(R1) + C + K(T1-T0) - (S1-S0)$

R1 = current reading & R0 is initial reading in digit.

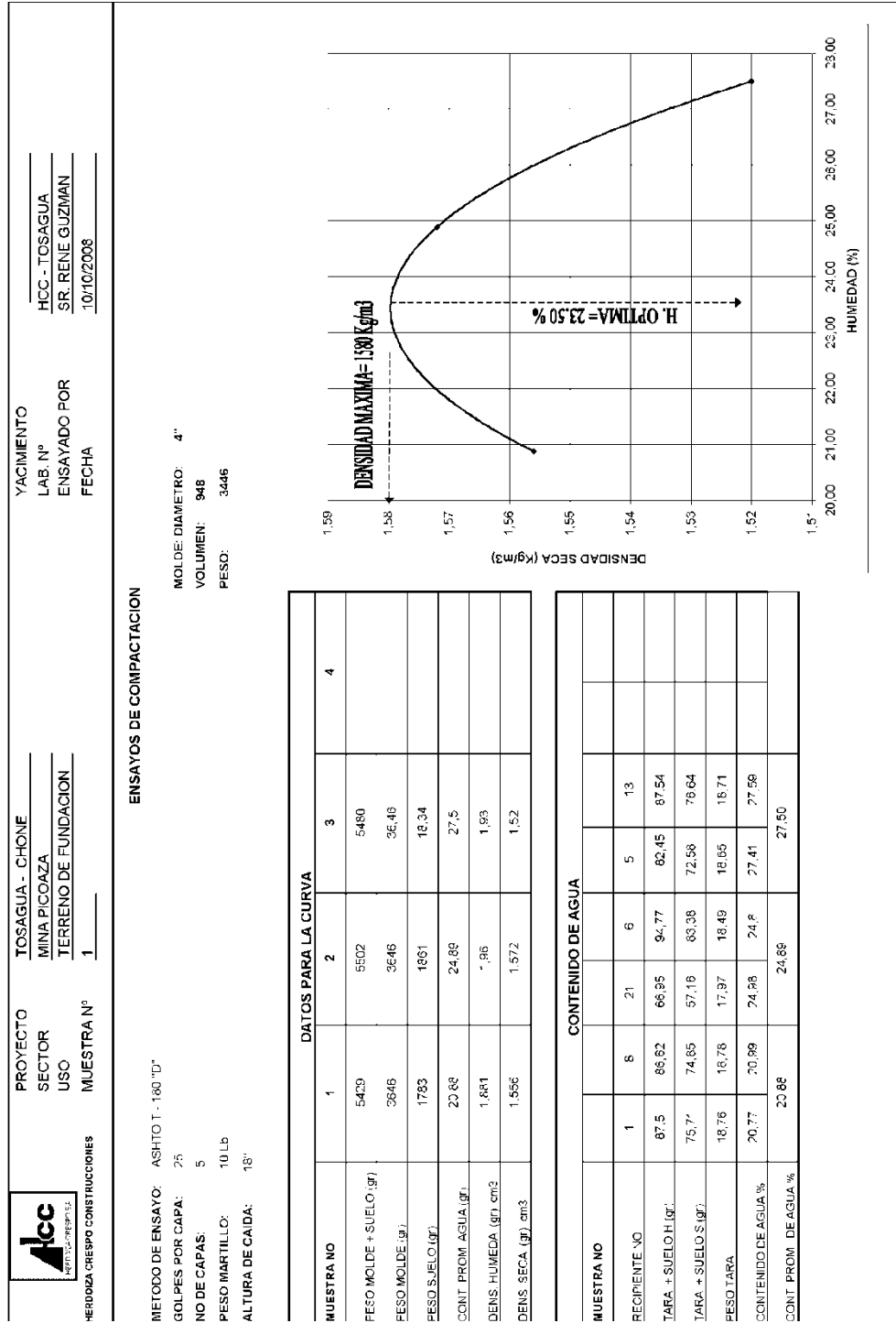
S1 and T1 = current atmospheric pressure(MPa) and temperature (°C)


Readings at the time of shipment Date 29.04.2008  
f Hz 2542.7  
f<sup>2</sup> Digit 6465.3  
Temperature °C 29  
Thermistor Ohm 2578  
Atm.pressure MPa 0.099  
Coil resistance Ohm 122

(Zero conditions in the field must be established by recording the reading R0 (digit) along with temperature T0 (°C) and atmospheric pressure S0 (MPa) at the time of installation.)



## Anexo 2.2 Ensayos fundamentales para suelo fundación o suelo natural



		PROYECTO	TOSAGUA-CHONE		SUELO	HCC - TOSAGUA	
		SECTOR	SUELO FUNDACION TERRALEN		USO	ENSAYADO POR Sr. Rene Guzman	
<b>HERDIZIA CRESPO CONSTRUCCIONES</b>		KILOMETRO	KM 12+600		YACIMIENTO	MINA PICCOAZA	
		MUESTRA N°	1		FECHA DE RECEPCION	10/10/2008	
<b>ACC</b> <small>INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.</small>		LAB. N°			LAB. N°	HCC - TOSAGUA	
		FECHA			FECHA	11/10/2008	

TAMIZ N°	PESO Retenido (par.)	PESO Retenido (Acum.)	% RETENIDO	% PASA	% PASA Especif.
<b>GRANULOMETRIA</b>					
<b>SERIE GRUESA</b>					
4"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
Pasa N°4					
TOTAL					
<b>SERIE FINA</b>					
N°4					
N°8					
N°10					
N°16					
N°20					
N°30					
N°40					
N°50					
N°60					
N°100		295.00	59.00	(41)	
N°200		205	(41)		
Pasa N°200					

CAPSULA N°	N° GOLPES	Peso Cap. + suelo hum.	Peso Cap. + suelo seco	PESO CAPSULA	% HUMEDAD	% PROMEDIO
<b>HUMEDAD NATURAL</b>						
<b>LMITE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
1	36	37.75	30.91	16.11	46.22	
2	30	39.22	31.31	15.20	49.10	
3	18	37.61	29.69	14.80	53.19	
<b>LMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
		9.35	9.11	8.00	21.62	21.16
		11.99	11.18	9.20	20.71	

**ENSAYO DE ABRACION**

Peso Original \_\_\_\_\_

Peso Retenido Tamiz N°12 \_\_\_\_\_

Peso que pasa Tamiz N°12 \_\_\_\_\_

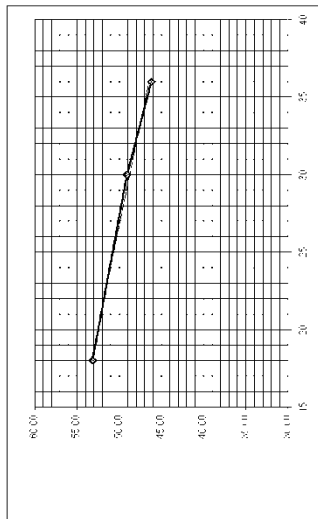
Porcentaje de desgaste \_\_\_\_\_

Número de tolas \_\_\_\_\_

Graduación \_\_\_\_\_

Ensayado por \_\_\_\_\_

Calculado por \_\_\_\_\_



Peso Inicial Humedo	500 gr.
Peso Inicial seco	445 gr.

LL	50.50%
LP	21.16%
IP	29.34%

SUCS= CH
AASHO= A 7.6 (7)

Ensayo de clasificación de clasificación de suelos del suelo de fundación, limites.


Anexo 2.3 Ensayos fundamentales para material de mejoramiento para terraplenes de vía.

**RESUMEN DE VALORES PROMEDIO MINA PICOAZA DE MEJORAMIENTO GRANULAR**

**VIA TOSAGUA – CHONE**

	DATOS DEL ENSAYO	ESPECIFICACIONES
PASA TAMIZ 4"	100 %	100
PASA TAMIZ N° 200	16 %	0 – 20
LIMITE LIQUIDO	33.32 %	< 35
INDICE PLASTICO	7.31 %	< 9
C.B.R.	42 %	> 20



		PROYECTO	TOSAGUA-CHONE	SUELO	LIMOSO - CAFÉ CLARO	LAB. N°	HCC - TOSAGUA
		SECTOR	MINA PICOAZA	USO	MEJORAMIENTO	ENSAYADO POR	Sr. Rene Guzman
<b>HEREDIA CRESCO CONSTRUCCIONES</b>		KILOMETRO	KM. 11+200	YACIMIENTO	MINA - BANCO	CALCULADO POR	Sr. Rene Guzman
		MUESTRA N°	1	FECHA DE RECEPCION	12/10/2008	FECHA	13/10/2008

TAMIZ N°	PESO Retenido (bar.)	PESO Retenido (Acum.)	% RETENIDO	% PASA	% PASA Especif.
<b>SERIE GRUESA</b>					
4"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
Pasa N°4					
TOTAL					
<b>SERIE FINA</b>					
N°4					
N°8					
N°10					
N°16					
N°20					
N°30					
N°40					
N°50					
N°60					
N°100					
N°200		339	42	(20)	0 - 20
Pasa N°200		161	(20)		

Peso Inicial Humedo	500 gr
Peso Inicial seco	339 gr
<b>SUCS= M.L.</b> <b>AASHO= A - 4 ( 0 )</b>	

LL	33.50%
LP	26.91%
IP	7.59%

CAPSULA	N° GOLPES	Peso Cap. + suelo hum.	+	Peso Cap. + suelo seco	PESO CAPSULA	% HUMEDAD	LIMITE LIQUIDO
<b>HUMEDAD NATURAL</b>							
<b>LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>							
8	18	22.68		18.57	8.79	34.68	33.50
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>							
12		10.65		10.27	8.79	25.68	25.91
9		12.55		12.09	10.33	26.14	

LL = 33.50 %

**ENSAYO DE ABRACION**

Peso Original \_\_\_\_\_

Peso Retenido Tamiz N°12 \_\_\_\_\_

Peso que pasa Tamiz N°12 \_\_\_\_\_


Porcentaje de descaaste \_\_\_\_\_

Numero de bolas \_\_\_\_\_

Graduación \_\_\_\_\_

Ensayado por \_\_\_\_\_

Calculado por \_\_\_\_\_

		PROYECTO TOSAGUA-CHONE	SUELO	ARGILLOSO - CAFÉ	LAB. N°	HCC - TOSAGUA
SECTOR MINA PICOAZA	USO	MEJORAMIENTO		ENSAYADO POR	Sr. Rene Guzman	
KILOMETRO KM 11+200	YACIMIENTO	MNA - BANCO		CALCULADO POR	Sr. Rene Guzman	
MUESTRA N° 2	FECHA DE RECEPCION 12/10/2008	FECHA		13/10/2008		
<b>HERDOZA CRESPO CONSTRUCCIONES</b>						

TAMIZ N°	PESO Retenido (par.)	PESO Retenido (Acum.)	% RETENIDO	% PASA	%PASA Especif.
<b>SERIE GRUESA</b>					
4"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4	5576	5576	45	(55)	
Pasa N°4		5576	(55)		
TOTAL	12381				

CAPSULA	N° GOLPES	Peso Cap. + suelo hum.	+	Peso Cap. + suelo seco	% HUMEDAD	LIMITE LIQUIDO
<b>HUMEDAD NATURAL</b>						
<b>LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)</b>						
13	18	22.68		22.14	39.70	38.15
<b>LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)</b>						
25		9.02		8.62	25.16	25.69
49		12.99		12.45	26.31	

TAMIZ N°	PESO Retenido (par.)	PESO Retenido (Acum.)	% RETENIDO	% PASA	%PASA Especif.
<b>SERIE FINA</b>					
N°4					
N°8					
N°10					
N°18					
N°20					
N°30					
N°40					
N°50					
N°60					
N°100					
N°200		291	32	(23)	0 - 20
Pasa N°200		209	(203)		

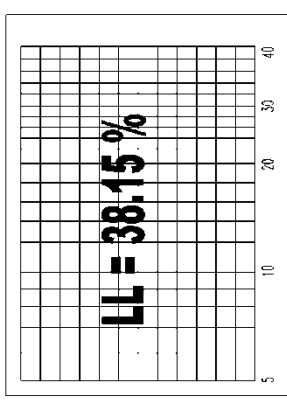
500 gr	500 gr
Peso Inicial Humedo	Peso Inicial Seco
291.9	291.9

LL	38.15%	SUCS= M L
LP	25.69%	AASHO= A-2 - 6 (0.)
IP	12.46%	

LL = 38.15 %



**ENSAYO DE ABRACION**

Peso Original \_\_\_\_\_

Peso Retenido Tamiz N°12 \_\_\_\_\_

Peso que pasa Tamiz N°12 \_\_\_\_\_

Porcentaje de desgaste \_\_\_\_\_

Número de bolas \_\_\_\_\_

Graduación \_\_\_\_\_

Ensayado por \_\_\_\_\_

Calculado por \_\_\_\_\_









PROYECTO: TOSAGUA - CHONE  
 SECTOR: MINA PICOAZA  
 REMOLDEADO: X PIEDRA AZUL  
 INALTERADA: \_\_\_\_\_

LAB. N° HCC-TOSAGUA  
 USO: MEJORAMIENTO  
 ENSAYADO POR: RENE GUZMAN  
 FECHA DE MUESTRA: \_\_\_\_\_

HERDOIZA CRESPO CONSTRUCCIONES

**CALCULO E INFORME DEL VALOS DE SOPORTE DE LOS SUELOS**

**DATOS DEL ENSAYO ESTÁNDAR DE COMPACTACIÓN DE SUELOS**

AASHO T : 180 METODO: "D"  
 HUMEDAD OPTIMA 13,43% DENSIDAD MAXIMA: 1984 Kg/m3

MOLDE N°	1		2		3							
N° DE CAPA	5		5		5							
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		11							
ESTADO DE LA MUESTRA	ANTES DE REMOJAR		DESPUES DE REMOJAR		ANTES DE REMOJAR							
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE (g)	10824		10880		10572							
PESO DEL MOLDE (g)	6048		6088		3076							
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (g)	4776		4588		4496							
VOLUMEN MUESTRAS (cm3)	2120		2120		2120							
PESO UNITARIO HUMEDO g/cm3	2253		2279		2150							
CANTIDAD DE HUMEDAD DE MUESTRA DEL TARRO N°	FONDO	ARRIBA	1" DE ARRIBA		FONDO	ARRIBA	1" DE ARRIBA					
N° DE TARRO	8	29	6	8	11	7	10	13	10	18	27	35
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARRÓ(gr)	85,16	82,06	90,15	95,12	86,58	89,52	93,69	93,45	90,04	88,92	91,11	88,79
PESO DE MUESTRA SECA + TARRÓ(gr)	77,24	74,42	83,53	84,63	78,54	80,89	82,14	82,10	81,80	80,91	80,43	76,82
PESO DEL AGUA (gr)	7,92	7,64	11,32	10,49	8,04	8,63	11,55	11,35	8,24	8,01	11,68	11,97
PESO DEL TARRO (gr)	18,64	18,96	18,52	18,63	18,85	18,80	18,38	18,74	18,48	18,70	18,61	18,88
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	58,60	55,46	65,01	66,00	59,69	62,09	63,76	63,36	63,32	62,21		57,94
HUMEDAD %	13,52	13,78	17,41	15,89	13,47	13,90	18,11	17,91	13,01	12,88	18,89	19,80
HUMEDAD PROMEDIO %	13,65		16,65		13,68		18,01		12,95		19,35	
PESO UNT. SECO Kg/m3	1982		1954		1891		1846		1784		1776	

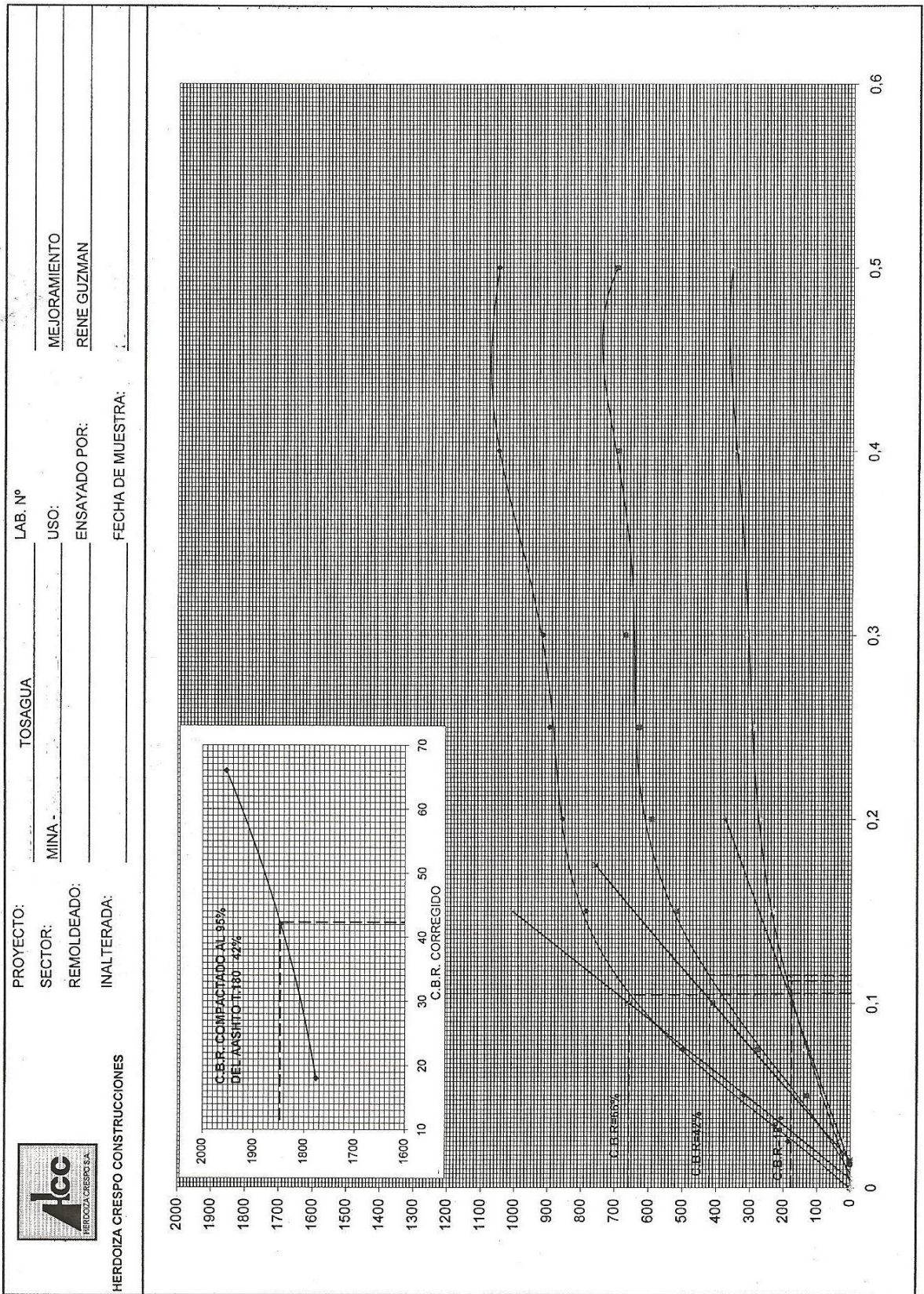
**DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)**

DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN DIAS	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			LECTURA DEL INDICADOR	ESPONJAMIENTO		LECTURA DEL INDICADOR	ESPONJAMIENTO		LECTURA DEL INDICADOR	ESPONJAMIENTO				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			
15/4/08	10 a.m.	1												
16/04/08	10 a.m.	2												
17/04/08	10 a.m.	3												


**DATOS DEL CBR CONSTANTE DE ANILLO 1,03 Kg/m2**

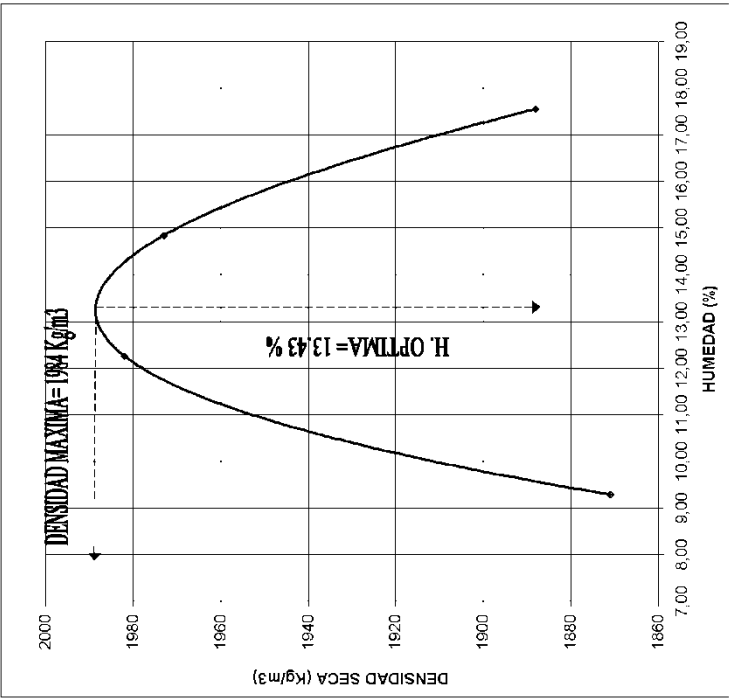
PENETRACION PULGADAS	CARGA STANDARD Lbi pulg2	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA DE ENSAYO		CBR CORREGIDO		CARGA DE ENSAYO		CBR CORREGIDO		CARGA DE ENSAYO		CBR CORREGIDO	
		lb	lb / pulg2	lb / pulg2	%	lb	lb / pulg2	lb / pulg2	%	lb	lb / pulg2	lb / pulg2	%
0,025		182	187			30	31			25	26		
0,050		310	319			128	132			83	85		
0,075		485	500			270	278			132	136		
0,100		640	659	(65,9)	66%	400	412	(41,2)	42%	170	175	(17,5)	18%
0,150		762	785			500	515			230	237		
0,200		832	856,96			576	593			263	271		
0,250		870	896			611	629			288	297		
0,300		890	917			652	672			303	312		
0,400													
0,500													

ENSAYOS CBR.



DETERMINACION DEL VALOR DE CBR DEL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.

	<b>PROYECTO</b> <u>TOSAGUA - CHONE</u> <b>SECTOR</b> <u>MINA PICOAZA</u> <b>USO</b> <u>TERRENO DE FUNDACION</u> <b>MUESTRA N°</b> <u>1</u>	<b>YACIMIENTO</b> <u>STOKC VIA</u> <b>LAB. N°</b> <u>HCC - TOSAGUA</u> <b>ENSAYADO POR</b> <u>SR. RENE GUZMAN</u> <b>FECHA</b> <u>10/10/2008</u>						
<b>HERDOIZA CRESCO CONSTRUCCIONES</b>								
<b>ENSAYOS DE COMPACTACION</b>								
<b>METODO DE ENSAYO:</b> ASHTO T - 180 "D" <b>GOLPES POR CAPA:</b> 25 <b>NO DE CAPAS:</b> 5 <b>PESO MARTILLO:</b> 10 Lb <b>ALTURA DE CAIDA:</b> 18"								
<b>MOLDE: DIAMETRO:</b> 4" <b>VOLUMEN:</b> 2116 <b>PESO:</b> 5866								
<b>DATOS PARA LA CURVA</b>								
MUESTRA NO	1	2	3	4				
PESO MOLDE + SUELO (gr)	10194	10576	16660	10562				
PESO MOLDE (gr)	5866	5866	5866	5866				
PESO SUELO (gr)	4328	4710	4794	4696				
CONT. PROM. AGUA (gr)	9,29	12,33	14,85	17,58				
DENS. HUMEDA (gr) cm <sup>3</sup>	20,45	2226	2266	2219				
DENS. SECA (gr) cm <sup>3</sup>	1871	1962	1973	1888				
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>								
MUESTRA NO	29	11	7	18	25	16	20	8
RECIPIENTE NO	105,69	102,13	86,30	84,37	94,65	88,48	91,84	86,90
TARA + SUELO H (gr)	96,97	95,01	78,93	77,13	84,87	79,42	80,92	76,70
TARA + SUELO S (gr)	18,97	18,85	18,80	18,70	18,89	18,50	18,69	18,65
PESO TARA	9,22	9,35	12,26	12,26	14,82	14,87	17,54	17,57
CONTENIDO DE AGUA %	9,29		12,26		14,85		17,56	



Determinación de la densidad máxima y la humedad óptima del mejoramiento.

Tabla 3.4  
Clasificación unificada de suelos.

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			SIMBO- LOS DEL GRUPO		
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA Nº200 (φ) PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA Nº4 (Usese la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)	GRAVAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA EN LA MALLA Nº4	GW		
		ARENAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA LA MALLA Nº4 (Usese la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)	GRAVAS CON FINOS (POCO O NADA DE PARTÍCULAS FINAS)	GP	
			ARENAS LIMPIAS (CANT. APRECIABLE DE PARTÍCULAS FINAS)	GM	
			ARENAS LIMPIAS (CANT. APRECIABLE DE PARTÍCULAS FINAS)	GC	
			ARENAS LIMPIAS (CANT. APRECIABLE DE PARTÍCULAS FINAS)	SW	
		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº200 (USESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50	ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PARTÍCULAS FINAS)	SP
				ARENAS LIMPIAS (CANT. APRECIABLE DE PARTÍCULAS FINAS)	SM
				ARENAS LIMPIAS (CANT. APRECIABLE DE PARTÍCULAS FINAS)	SC
				LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	ML
		SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50	CL
LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	OL				
LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	MH				
LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	CH				
LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	OH				
LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	P <sub>t</sub>				
LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50	P <sub>t</sub>				

DETERMINENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRA - NULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUIEN MENOS DE 5% : GW, GP, SW, SP MÁS DE 12% : GM, GC, SM, SC

EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS  
G.GRAVA M.LIMO O.SUELOS ORGÁNICOS W.BIEN GRADUADOS L.BAJA COMPRESIBILIDAD  
S.ARENA C.ARCILLA P<sub>t</sub>TURBA P.MAL GRADUADA H.ALTA COMPRESIBILIDAD

COMPARANDO SUELOS A IGUAL LÍMITE LÍQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL ÍNDICE PLÁSTICO

INDICE PLÁSTICO

LÍMITE LÍQUIDO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS EN EL LABORATORIO

-O- TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS US. STANDAR

# Anexo 2.5 datos tipos de lecturas y proceso de informacion de inclinómetros y piezómetros.



INEXTEC CIA. LTDA.

PROYECTO  
TOSAGUA - CHONE

LECTURAS DEL ANGULO DE DEFORMACION



EQUIPO UTILIZADO		PROYECTO				POSICION		ABSCISA		ALTURA TERRAPLEN		LONGITUD (m)		FECHA	
LITTLE DIGGER 306-H		TOSAGUA - CHONE				TRANSVERSAL		14+820		3.50 (m)		27		10/10/2008	
Fecha - Hora	INST. SIN.: 3601	INST. SIN.: 3602	INST. SIN.: 3603	INST. SIN.: 3604	INST. SIN.: 3605	INST. SIN.: 3606	INST. SIN.: 3607	INST. SIN.: 3608	INST. SIN.: 3609	INST. SIN.: 3610	INST. SIN.: 3611	INST. SIN.: 3612	INST. SIN.: 3613	INST. SIN.: 3614	INST. SIN.: 3615
(*)X	(*)Y	(*)X	(*)Y	(*)X	(*)Y	(*)X	(*)Y	(*)X	(*)Y	(*)X	(*)Y	(*)X	(*)Y	(*)X	(*)Y
10/10/2008 15:00:00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10/10/2008 16:00:00	0.0049	0.0001	0.0008	-0.0002	0.0031	-0.0048	0.0102	-0.0058	0.0023	0.0010	0.0029	0.0026	0.0053	0.0008	-0.0046
10/10/2008 17:00:00	0.0063	0.0015	-0.0039	-0.0039	-0.0017	-0.0135	0.0061	0.0000	-0.0066	0.0028	-0.0650	-0.0096	-0.0028	0.0010	0.0020
10/10/2008 18:00:00	-0.0008	-0.0022	-0.0002	-0.0070	-0.0002	-0.0083	0.0005	-0.0050	-0.0022	0.0016	-0.0054	0.0069	0.0005	0.0067	-0.0118
10/10/2008 19:00:00	0.0029	-0.0020	-0.0094	-0.0075	0.0035	-0.0099	0.0099	-0.0032	0.0018	0.0099	0.0004	-0.0090	-0.0022	0.0030	0.0019
10/10/2008 20:00:00	0.0043	-0.0025	0.0036	-0.0076	0.0110	-0.0085	0.0117	-0.0035	0.0066	0.0008	0.0024	-0.0084	0.0045	0.0063	-0.0024
10/10/2008 21:00:00	0.0114	-0.0032	0.0003	-0.0093	0.0081	-0.0081	0.0128	-0.0038	0.0111	-0.0020	0.0027	-0.0084	-0.0002	0.0004	-0.0021
10/10/2008 22:00:00	0.0055	-0.0023	-0.0006	-0.0081	0.0078	-0.0089	0.0123	-0.0035	0.0075	-0.0029	0.0048	-0.0087	0.0024	0.0087	0.0047
10/10/2008 23:00:00	0.0063	-0.0026	0.0006	-0.0075	0.0072	-0.0069	0.0092	-0.0036	0.0067	-0.0026	0.0006	-0.0081	0.0065	0.0084	-0.0007
10/11/2008 00:00:00	0.0116	-0.0037	0.0014	-0.0087	0.0048	-0.0071	0.0115	-0.0043	0.0099	-0.0034	-0.0024	-0.0079	0.0043	0.0084	-0.0054
10/11/2008 01:00:00	0.0053	-0.0022	-0.0069	-0.0085	0.0048	-0.0089	0.0063	-0.0041	0.0081	-0.0038	0.0065	-0.0084	-0.0038	0.0082	-0.0057
10/11/2008 02:00:00	0.0019	-0.0033	0.0001	-0.0088	0.0062	-0.0066	0.0081	-0.0020	0.0091	-0.0039	-0.0036	-0.0082	0.0012	0.0078	0.0007
10/11/2008 03:00:00	0.0072	-0.0033	0.0021	-0.0088	0.0033	-0.0083	0.0082	-0.0038	0.0066	-0.0044	-0.0037	-0.0080	0.0002	0.0062	0.0018
10/11/2008 04:00:00	0.0021	-0.0033	-0.0024	-0.0094	0.0078	-0.0080	0.0053	-0.0030	0.0093	-0.0045	-0.0037	-0.0079	-0.0031	0.0079	-0.0021
10/11/2008 05:00:00	0.0027	-0.0026	-0.0044	-0.0089	-0.0002	-0.0083	0.0062	-0.0042	0.0099	-0.0055	-0.0062	-0.0083	-0.0022	0.0084	-0.0081
10/11/2008 06:00:00	0.0083	-0.0034	0.0017	-0.0089	0.0086	-0.0054	0.0110	-0.0034	0.0060	-0.0059	0.0023	-0.0076	0.0027	0.0078	-0.0082
10/11/2008 07:00:00	0.0037	-0.0032	0.0024	-0.0077	0.0081	-0.0037	0.0102	-0.0077	0.0097	-0.0074	0.0045	-0.0056	0.0045	0.0081	-0.0016
10/11/2008 08:00:00	0.0120	-0.0044	0.0030	-0.0083	0.0078	-0.0089	0.0122	-0.0042	0.0099	-0.0083	-0.0062	-0.0087	0.0042	0.0070	0.0027
10/11/2008 09:00:00	0.0087	-0.0038	0.0015	-0.0078	0.0119	-0.0056	0.0111	-0.0041	0.0067	-0.0080	-0.0031	-0.0078	-0.0005	0.0073	0.0055
10/11/2008 10:00:00	0.0016	-0.0035	0.0038	-0.0078	0.0015	-0.0085	0.0081	-0.0032	0.0094	-0.0089	-0.0049	-0.0081	0.0004	0.0067	-0.0021
10/11/2008 11:00:00	0.0025	-0.0047	-0.0103	-0.0283	0.0084	-0.0089	0.0053	0.0023	0.0059	-0.0012	-0.0069	-0.0094	-0.0007	0.0028	-0.0081
10/11/2008 12:00:00	0.0050	-0.0066	0.0032	-0.0239	0.0072	-0.0069	0.0061	0.0006	0.0074	-0.0032	-0.0041	0.0066	-0.0023	0.0043	0.0012
10/11/2008 13:00:00	0.0055	-0.0053	-0.0094	-0.0231	0.0047	-0.0070	0.0024	0.0017	0.0021	-0.0008	-0.0080	0.0015	-0.0010	0.0038	-0.0090
10/11/2008 14:00:00	0.0065	-0.0007	0.0078	-0.0102	0.0077	-0.0088	0.0063	0.0073	0.0087	-0.0055	-0.0064	0.0037	0.0005	-0.0140	0.0059
10/11/2008 15:00:00	0.0048	-0.0014	-0.0062	-0.0072	-0.0002	-0.0114	0.0092	0.0084	0.0060	-0.0083	-0.0022	-0.0098	-0.0004	0.0043	-0.0019
10/11/2008 16:00:00	0.0023	0.0011	0.0014	-0.0057	0.0028	-0.0165	0.0112	0.0076	0.0084	-0.0063	0.0033	0.0014	-0.0026	-0.0153	0.0041
10/11/2008 17:00:00	0.0053	0.0002	0.0043	-0.0087	0.0073	-0.0185	0.0066	0.0078	0.0110	-0.0080	0.0065	0.0000	0.0055	-0.0177	-0.0020
10/11/2008 18:00:00	0.0043	0.0021	-0.0009	-0.0086	0.0095	-0.0111	0.0131	0.0084	0.0055	-0.0108	0.0039	0.0000	0.0018	0.0018	0.0027
10/11/2008 19:00:00	0.0064	0.0010	0.0030	-0.0052	0.0081	-0.0082	0.0076	0.0067	0.0080	-0.0114	0.0039	0.0000	0.0039	-0.0165	-0.0005
10/11/2008 20:00:00	0.0065	0.0015	0.0018	-0.0086	0.0073	-0.0188	0.0111	0.0087	0.0055	-0.0087	0.0035	-0.0009	-0.0010	-0.0194	-0.0027
10/11/2008 21:00:00	0.0043	0.0021	-0.0009	-0.0086	0.0095	-0.0111	0.0131	0.0084	0.0055	-0.0108	0.0039	0.0000	0.0018	0.0018	0.0027
10/11/2008 22:00:00	0.0120	0.0012	0.0080	-0.0066	0.0136	-0.0111	0.0146	0.0082	0.0086	-0.0103	0.0008	-0.0006	0.0056	-0.0187	0.0083
10/11/2008 23:00:00	0.0048	0.0016	0.0029	-0.0086	0.0057	-0.0114	0.0130	0.0081	0.0119	-0.0102	-0.0024	-0.0006	0.0023	-0.0194	0.0034
10/12/2008 00:00:00	0.0186	0.0015	-0.0027	-0.0089	0.0089	-0.0189	0.0110	0.0082	0.0091	-0.0088	0.0045	-0.0005	0.0001	-0.0194	0.0015
10/12/2008 01:00:00	0.0045	0.0016	0.0027	-0.0089	0.0055	-0.0111	0.0109	0.0084	0.0060	-0.0083	-0.0022	-0.0098	-0.0004	-0.0187	-0.0026
10/12/2008 02:00:00	0.0062	0.0018	0.0048	-0.0086	0.0046	-0.0169	0.0072	0.0054	0.0078	-0.0104	-0.0041	-0.0007	0.0020	-0.0200	-0.0037
10/12/2008 03:00:00	0.0080	0.0019	-0.0012	-0.0082	0.0040	-0.0189	0.0052	0.0057	0.0085	-0.0087	-0.0066	0.0005	0.0021	-0.0203	-0.0093
10/12/2008 04:00:00	0.0078	0.0019	-0.0049	-0.0076	0.0046	-0.0112	0.0035	0.0032	0.0027	-0.0103	0.0005	-0.0009	0.0005	-0.0202	-0.0093
10/12/2008 05:00:00	0.0070	0.0019	0.0007	-0.0087	0.0039	-0.0186	0.0025	0.0055	0.0061	-0.0103	-0.0059	-0.0011	-0.0041	-0.0206	0.0050
10/12/2008 06:00:00	0.0078	0.0019	0.0027	-0.0088	0.0038	-0.0186	0.0030	0.0049	0.0097	-0.0103	0.0042	-0.0002	-0.0025	-0.0212	0.0052
10/12/2008 07:00:00	0.0082	0.0013	-0.0020	-0.0079	0.0073	-0.0115	0.0028	0.0034	0.0030	-0.0089	-0.0059	0.0006	-0.0021	-0.0206	0.0069
10/12/2008 08:00:00	0.0100	0.0001	-0.0022	-0.0080	0.0100	-0.0084	0.0077	0.0036	0.0084	-0.0100	0.0011	0.0000	0.0028	-0.0220	0.0068
10/12/2008 09:00:00	0.0081	0.0018	0.0038	-0.0083	0.0027	-0.0185	0.0096	0.0043	0.0128	-0.0103	-0.0062	0.0009	0.0045	-0.0197	-0.0016
10/12/2008 10:00:00	0.0089	0.0009	0.0005	-0.0071	0.0094	-0.0089	0.0072	0.0050	0.0070	-0.0084	-0.0061	0.0014	0.0023	-0.0206	0.0034
10/12/2008 11:00:00	0.0081	0.0005	-0.0011	-0.0074	0.0035	-0.0186	0.0038	0.0085	0.0055	-0.0098	0.0048	0.0018	-0.0022	-0.0212	0.0049
10/12/2008 12:00:00	0.0041	-0.0001	0.0022	-0.0076	0.0053	-0.0162	0.0028	0.0050	0.0047	-0.0084	-0.0030	0.0032	0.0031	-0.0204	-0.0026
10/12/2008 13:00:00	0.0018	0.0005	0.0011	-0.0089	0.0071	-0.0096	0.0078	0.0044	0.0036	-0.0084	0.0025	0.0034	-0.0029	-0.0208	0.0014
10/12/2008 14:00:00	0.0063	-0.0004	-0.0008	-0.0102	0.0089	-0.0089	0.0068	0.0038	0.0073	0.0148	-0.0019	-0.0012	-0.0004	-0.0192	0.0068
10/12/2008 15:00:00	0.0046	0.0002	0.0022	-0.0103	0.0034	-0.0181	0.0038	0.0035	0.0078	-0.0106	-0.0016	0.0006	-0.0010	-0.0218	0.0065
10/12/2008 16:00:00	0.0045	0.0003	0.0008	-0.0109	0.0037	-0.0085	0.0050	0.0038	0.0093	-0.0108	0.0014	0.0008	0.0032	-0.0228	0.0020
10/12/2008 17:00:00	0.0067	-0.0008	-0.0023	-0.0110	-0.0008	-0.0162	0.0066	0.0035	0.0029	-0.0103	-0.0049	-0.0006	0.0022	-0.0233	-0.0056
10/12/2008 18:00:00	0.0084	-0.0008	0.0071	-0.0116	0.0081	-0.0185	0.0123	0.0035	0.0035	-0.0108	0.0027	-0.0009	-0.0010	-0.0229	0.0058
10/12/2008 19:00:00	0.0069	-0.0023	0.0042	-0.0116	0.0070	-0.0114	0.0046	0.0025	0.0072	-0.0100	0.0044	0.0006	-0.0022	-0.0212	0.0044
10/12/2008 20:00:00	0.0070	-0.0017	0.0052	-0.0114	0.0085	-0.0183	0.0086	0.0037	0.0089	-0.0100	-0.0048	0.0009	0.0017	-0.0235	-0.0038
10/12/2008 21:00:00	0.0017	-0.0011	0.0013	-0.0114	0.0013	-0.0186	0.0100	0.0031	0.0036	-0.0100	-0.0036	-0.0011	0.0028	-0.0232	-0.0029
10/12/2008 22:00:00	0.0056	-0.0017	0.0048	-0.0117	0.0091	-0.0183	0.0097	0.0031	0.0078	-0.0112	-0.0039	-0.0009	0.0017	-0.0232	0.0030
10/12/2008 23:00:00	0.0041	-0.0011	0.0096	-0.0106	0.0056	-0.0195	0.0077	0.0037	0.0104	-0.0108	-0.0022	-0.0009	0.0005	-0.0235	0.0039
10/13/2008 00:00:00	0.0031	-0.0017	0.0036	-0.0129	0.0056	-0.0183	0.0056	0.0028	0.0033	-0.0103	-0.0033	-0.0006	-0.0012	-0.0228	0.0064
10/13/2008 01:00:00	0.0084	-0.0014	0.0001	-0.0109	0.0088	-0.0183	0.0025	0.0031	0.0109	-0.0100	-0.0022	-0.0006	-0.0012	-0.0232	0.0070
10/															



INEXTEC CIA. LTDA.

PROYECTO  
TOSAGUA - CHONE

LECTURAS DE PRESION DE AGUA



RECORD	TIEMPO (dd/mm/aaaa hr R1 (BB20012))	TEMP (mV)	TEMP (°)	P (MPa) polinomio	P (MPa) lineal	B (BB20013)	TEMP (mV)	TEMP (°)	P (MPa) polinomio	P (MPa) lineal	
2	07/09/2008 14:50:00	775.03	176.75	17.69	2.15	2.92	629.03	152.96	15.30	2.39	2.47
15	07/09/2008 14:53:00	775.03	176.61	17.66	2.15	2.92	629.03	152.96	15.30	2.39	2.47
28	07/09/2008 14:56:00	775.03	176.52	17.65	2.15	2.92	629.03	152.96	15.30	2.39	2.47
41	07/09/2008 14:59:00	775.03	176.44	17.64	2.15	2.92	629.03	152.96	15.30	2.39	2.47
54	07/09/2008 15:02:00	775.04	176.37	17.64	2.15	2.92	629.03	152.96	15.30	2.39	2.47
67	07/09/2008 15:05:00	775.08	175.55	17.55	2.15	2.92	629.03	152.96	15.30	2.39	2.47
80	07/09/2008 15:08:00	775.09	175.24	17.52	2.15	2.92	629.03	152.96	15.30	2.39	2.47
93	07/09/2008 15:11:00	775.12	174.73	17.47	2.15	2.92	629.03	152.96	15.30	2.39	2.47
106	07/09/2008 15:14:00	651.49	156.19	15.62	2.20	2.46	629.03	152.96	15.30	2.39	2.47
119	07/09/2008 15:17:00	651.46	156.28	15.63	2.20	2.46	629.02	152.23	15.22	2.39	2.47
132	07/09/2008 15:20:00	651.48	156.36	15.64	2.20	2.46	629.02	151.55	15.15	2.39	2.47
145	07/09/2008 15:23:00	651.46	156.44	15.64	2.20	2.46	629.02	150.82	15.09	2.39	2.47
158	07/09/2008 15:26:00	651.49	156.52	15.65	2.20	2.46	629.03	150.36	15.04	2.39	2.47
171	07/09/2008 15:29:00	651.49	156.59	15.66	2.20	2.46	629.03	149.88	14.89	2.39	2.47
184	07/09/2008 15:32:00	651.46	156.67	15.67	2.20	2.46	629.03	149.36	14.94	2.39	2.47
197	07/09/2008 15:35:00	651.46	156.74	15.67	2.20	2.46	629.03	148.80	14.88	2.39	2.47
210	07/09/2008 15:38:00	651.45	156.81	15.68	2.20	2.46	629.03	148.23	14.82	2.39	2.47
223	07/09/2008 15:41:00	651.48	156.87	15.68	2.20	2.46	629.07	142.89	14.29	2.39	2.47
236	07/09/2008 15:44:00	651.49	156.93	15.69	2.20	2.46	629.01	136.32	13.63	2.39	2.46
249	07/09/2008 15:47:00	651.49	157.03	15.70	2.20	2.46	629.55	135.68	13.57	2.39	2.47
262	07/09/2008 15:50:00	651.46	157.09	15.71	2.20	2.46	629.73	135.55	13.56	2.39	2.47
275	07/09/2008 15:53:00	651.45	157.14	15.71	2.20	2.46	629.84	135.41	13.54	2.39	2.47
288	07/09/2008 15:56:00	651.48	157.41	15.74	2.20	2.46	629.00	135.00	13.50	2.39	2.47
301	07/09/2008 15:59:00	651.49	157.45	15.75	2.20	2.46	629.01	135.05	13.50	2.39	2.47
314	07/09/2008 16:02:00	651.49	157.48	15.75	2.20	2.46	629.02	135.12	13.51	2.39	2.47
327	07/09/2008 16:05:00	651.46	157.53	15.75	2.20	2.46	629.02	135.19	13.52	2.39	2.47
340	07/09/2008 16:08:00	651.48	157.57	15.76	2.20	2.46	629.02	135.26	13.53	2.39	2.47
353	07/09/2008 16:11:00	651.45	157.60	15.76	2.20	2.46	629.02	135.37	13.54	2.39	2.47
366	07/09/2008 16:14:00	651.45	157.64	15.76	2.20	2.46	629.03	135.49	13.55	2.39	2.47
379	07/09/2008 16:17:00	651.45	157.67	15.77	2.20	2.46	629.03	135.66	13.57	2.39	2.47
392	07/09/2008 16:20:00	651.45	157.71	15.77	2.20	2.46	629.03	135.83	13.58	2.39	2.47
405	07/09/2008 16:23:00	651.45	157.74	15.77	2.20	2.46	629.04	136.02	13.60	2.39	2.47
418	07/09/2008 16:26:00	651.45	157.78	15.78	2.20	2.46	629.04	136.22	13.62	2.39	2.47
431	07/09/2008 16:29:00	651.45	157.81	15.78	2.20	2.46	629.04	136.42	13.64	2.39	2.47
444	07/09/2008 16:32:00	651.45	157.84	15.78	2.20	2.46	629.04	136.62	13.66	2.39	2.47
457	07/09/2008 16:35:00	651.45	157.87	15.79	2.20	2.46	629.04	136.83	13.68	2.39	2.47
470	07/09/2008 16:38:00	651.45	157.90	15.79	2.20	2.46	629.04	137.02	13.70	2.39	2.47
483	07/09/2008 16:41:00	651.45	157.93	15.79	2.20	2.46	629.05	137.23	13.72	2.39	2.47
496	07/09/2008 16:44:00	651.45	157.96	15.80	2.20	2.46	629.05	137.46	13.75	2.39	2.47
509	07/09/2008 16:47:00	651.45	157.99	15.80	2.20	2.46	629.05	137.71	13.77	2.39	2.47
522	07/09/2008 16:50:00	651.45	158.01	15.80	2.20	2.46	629.05	137.99	13.80	2.39	2.47
535	07/09/2008 16:53:00	651.46	158.04	15.80	2.20	2.46	629.06	138.31	13.83	2.39	2.47
548	07/09/2008 16:56:00	651.45	158.07	15.81	2.20	2.46	629.07	138.63	13.86	2.39	2.47
561	07/09/2008 16:59:00	651.44	158.10	15.81	2.20	2.46	629.07	138.97	13.90	2.39	2.47
574	07/09/2008 17:02:00	651.44	158.13	15.81	2.20	2.46	629.07	139.32	13.93	2.39	2.47
587	07/09/2008 17:05:00	651.44	158.16	15.82	2.20	2.46	629.08	139.69	13.97	2.39	2.47
600	07/09/2008 17:08:00	651.44	158.19	15.82	2.20	2.46	629.08	140.05	14.00	2.39	2.47
613	07/09/2008 17:11:00	651.44	158.22	15.82	2.20	2.46	629.08	140.37	14.04	2.39	2.47
626	07/09/2008 17:14:00	651.44	158.25	15.82	2.20	2.46	629.08	140.70	14.07	2.39	2.47
639	07/09/2008 17:17:00	651.44	158.28	15.83	2.20	2.46	629.08	141.06	14.11	2.39	2.47
652	07/09/2008 17:20:00	651.44	158.30	15.83	2.20	2.46	629.08	141.37	14.14	2.39	2.47
665	07/09/2008 17:23:00	651.44	158.33	15.83	2.20	2.46	629.08	141.67	14.17	2.39	2.47
678	07/09/2008 17:26:00	651.44	158.35	15.83	2.20	2.46	629.08	141.98	14.20	2.39	2.47
691	07/09/2008 17:29:00	651.44	158.37	15.84	2.20	2.46	629.08	142.28	14.23	2.39	2.47
704	07/09/2008 17:32:00	651.44	158.39	15.84	2.20	2.46	629.08	142.56	14.26	2.39	2.47
717	07/09/2008 17:35:00	651.37	167.86	16.78	2.20	2.46	629.83	144.26	14.43	2.39	2.47
730	08/09/2008 17:38:00	651.37	167.90	16.78	2.20	2.46	629.83	144.51	14.45	2.39	2.47
743	08/09/2008 17:41:00	651.37	167.74	16.77	2.20	2.46	629.83	144.80	14.48	2.39	2.47
756	08/09/2008 17:44:00	651.37	167.67	16.77	2.20	2.46	629.83	145.12	14.51	2.39	2.47
769	08/09/2008 17:47:00	651.37	167.61	16.76	2.20	2.46	629.83	145.46	14.54	2.39	2.47
782	08/09/2008 17:50:00	651.37	167.54	16.75	2.20	2.46	629.83	145.77	14.57	2.39	2.47
795	08/09/2008 17:53:00	651.37	167.47	16.75	2.20	2.46	629.82	146.05	14.60	2.39	2.47
2	08/09/2008 17:56:00	651.39	164.78	16.48	2.20	2.46	629.02	122.50	12.25	2.39	2.47
2	08/09/2008 17:59:00	651.39	164.79	16.48	2.20	2.46	629.99	116.78	11.68	2.39	2.47
15	08/09/2008 18:02:00	651.40	163.53	16.35	2.20	2.46	629.11	115.34	11.53	2.39	2.47
28	08/09/2008 18:05:00	651.41	161.94	16.19	2.20	2.46	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831792	05/02/2008 8:11:00	632.27	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831805	05/02/2008 8:12:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831818	05/02/2008 8:13:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831831	05/02/2008 8:14:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831844	05/02/2008 8:15:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831857	05/02/2008 8:16:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.81	13.38	2.39	2.53
1831870	05/02/2008 8:17:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831883	05/02/2008 8:18:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831896	05/02/2008 8:19:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831909	05/02/2008 8:20:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831922	05/02/2008 8:21:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831935	05/02/2008 8:22:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831948	05/02/2008 8:23:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831961	05/02/2008 8:24:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831974	05/02/2008 8:25:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1831987	05/02/2008 8:26:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1832000	05/02/2008 8:27:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1832013	05/02/2008 8:28:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.70	133.82	13.38	2.39	2.53
1832026	05/02/2008 8:29:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.69	133.82	13.38	2.39	2.53
1832039	05/02/2008 8:30:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.69	133.82	13.38	2.39	2.53
1832052	05/02/2008 8:31:00	632.26	134.56	13.46	2.21	2.38	645.69	133.82	13.38	2.39	2.53
1832065											

Anexo 3.- FOTOGRAFIAS DEL PROYECTO



tomando datos de tráfico para el diseño de la reconstrucción de la vía Km.: 0+000.



desbroce del área de ampliación de la vía



Excavación para mejorar el suelo de soporte y posterior relleno con materiales adecuados.