



**CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO – SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.**

**INFORME FINAL DE INSTRUMENTACION**

**PROYECTO: DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL  
MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE  
LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA.**

**BOGOTA, SEPTIEMBRE 29 DE 2000**

# INDICE

<b>1. PRELIMINARES</b> .....	<b>4</b>
<b>2. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO MANILA - GRAN COLOMBIA.</b> .....	<b>5</b>
<u>2.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA</u> .....	5
<u>2.2 CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA E HIDROLÓGICA</u> .....	6
<u>2.2.1 Precipitación</u> .....	6
<u>2.2.2 Temperatura</u> .....	6
<u>2.2.3 Humedad relativa</u> .....	6
<u>2.2.4 Vientos</u> .....	6
<b>3. CARACTERISTICAS Y LOCALIZACION DE LOS INSTRUMENTOS</b> .....	<b>7</b>
<b>4. PARTICULARIDADES DE LA ZONA DE TRABAJO.</b> .....	<b>8</b>
<b>5. CONCLUSIONES A CERCA DEL PROYECTO</b> .....	<b>8</b>
<u>5.1 JUSTIFICACIÓN Y OPORTUNIDAD DEL PROYECTO</u> .....	9
<u>5.2 CONSIDERACIONES ACERCA DE LA ZONA DE TRABAJO.</u> .....	9
<u>5.3 CONSIDERACIONES RELATIVAS AL PERÍODO DE CONTROL</u> .....	10
<u>5.4 OTRAS CONSIDERACIONES</u> .....	11
<b>6. CONSIDERACIONES ACERCA DE LA INSTRUMENTACIÓN INSTALADA.</b> .....	<b>12</b>
<u>6.1 CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA RETROALIMENTACIÓN TEÓRICO PRÁCTICA DE LA INSTRUMENTACIÓN.</u> .....	12
<u>6.2 CONSIDERACIONES RELATIVAS A LOS EVENTOS CONTROLADOS EN EL PROYECTO MANILA GRAN COLOMBIA.</u> .....	13
<u>6.2.1 Movimientos horizontales superficiales (tanto cambios en las coordenadas Norte y Este, como cambios en los asentamientos). Control Topográfico.</u> .....	13
<u>6.2.2 Cambio en la inclinación de la masa de suelo. Control con inclinómetro electrónico bidireccional.</u> .....	15
<u>6.2.3 Cambio en el régimen de presión de poros Medición con piezómetros de Tipo Casagrande.</u> .....	16
<u>6.2.4 Control visual de las casas afectadas.</u> .....	17
<u>6.2.5 Control fotográfico de la zona.</u> .....	18
<b>7. ANÁLISIS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS</b> .....	<b>18</b>
<u>7.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE LOS ANÁLISIS REALIZADOS</u> .....	18
<u>7.2 RESULTADOS FINALES DE LOS TRABAJOS DE LA PRESENTE ETAPA DE LOS ESTUDIOS.</u> ....	18

<u>7.2.1 Revisión de los resultados de estudios anteriores</u> .....	19
<u>7.2.2 Instalación de la mira en el sector del estudio</u> .....	21
<u>7.2.3 Recopilación y análisis de la información de la mira instalada y de la estación El Delirio</u> .....	21
<u>7.2.4 Conclusiones finales de los estudios hidrológicos e hidráulicos</u> .....	22
<b>8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD</b> .....	<b>24</b>
<b>9. SISTEMA DE ALERTAS</b> .....	<b>25</b>
<u>9.1 TOPOGRAFÍA</u> .....	25
<u>9.2 PIEZÓMETROS</u> .....	26
<b>10. RECOMENDACIONES FINALES</b> .....	<b>27</b>

# **CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO – SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.**

## **PROYECTO: DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA.**

### **INFORME FINAL DE INSTRUMENTACION**

#### **1. PRELIMINARES**

El Fopae le confió al Consorcio Luis Fernando Orozco y Cia - Salazar Ferro Ingenieros S.A., (LFO-SFISA), la instalación y el control de la instrumentación de una zona inestable vecina al Río San Cristóbal, en los Barrios Manila y Gran Colombia.

A continuación se presenta el informe final del Proyecto **“Diseño e Instalación de la instrumentación para el monitoreo y seguimiento de fenómenos de remoción en masa de los barrios Manila y Gran Colombia”**.

En este informe final, de fácil lectura para un lector no conocedor del tema, se recopilan los aspectos más importantes de todo el proyecto y se incluyen las conclusiones y recomendaciones finales respecto de:

- El proyecto en general
- La Instrumentación
- Los análisis hidráulicos e hidrológicos
- Los análisis de Estabilidad
- Niveles de Alerta

Por último se hacen las conclusiones y recomendaciones finales con las cuales el Fopae podrá establecer los lineamientos para mejorar, completar y continuar el control de la zona.

## **2. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO MANILA - GRAN COLOMBIA.**

La zona de estudio de los barrios Manila-Gran Colombia consiste en un talud inestable habitado, con viviendas sobre o vecinas a él, pertenecientes a estratos de la población de escasos recursos. Se detectó, en el transcurso de las visitas iniciales, una zona de falla activa en el sector occidental de la zona. Además, entre la zona de viviendas y el río, existe un talud de alta pendiente. Se detectó además presencia de aguas infiltradas provenientes posiblemente de la zona de viviendas y de precipitación.

A continuación se describen las características geotécnicas, hidrológicas e hidráulicas de la zona de estudio.

### **2.1 Caracterización Geotécnica**

Con base en los sondeos realizados en las perforaciones de los inclinómetros y los piezómetros, el perfil estratigráfico del talud en estudio (ver anexo No.1) se puede describir como sigue:

- Superficialmente aparecen rellenos gravo arcillosos, arenosos y en tierra que llegan a profundidades que varían entre 1.6 y 4.9 m bajo la superficie.
- Bajo los rellenos aparecen bloques de piedra arenisca con gravas en matriz arcilloarenosa de colores gris oscuro y habano, que llegan a profundidades que varían entre 5.2 y 9.8 m bajo la superficie.
- A este nivel aparecen arcillas y limos arcillosos de color gris oscuro con gravas que llegan a profundidades entre 7 y 11.5 m bajo la superficie.
- Aparecen luego gravas y piedras en matriz limoarcillosa hasta profundidades que varían entre 11.2 y 12.8 m bajo la superficie.
- Finalmente aparecen lutitas descompuestas y arcillolita de color gris hasta la profundidad de exploración.

En conclusión, el anterior perfil muestra una gran masa de coluvión con intercalaciones de arcillas y apoyado en la arcillolita o formación Guaduas a profundidades mayores a 12 m.

## **2.2 Caracterización Hidráulica e Hidrológica**

Desde el punto de vista hidrológico (Ver anexo No 2), puede decirse que en la zona de estudio predomina el régimen de la cuenca del río San Cristóbal, es decir, el régimen de las estaciones de la parte alta, el cual se caracteriza por ser del tipo monomodal.

Las características climatológicas básicas se resumen a continuación.

### **2.2.1 Precipitación**

En la parte alta del río, la precipitación total promedio es de alrededor de 1500 mm/año, en tanto que para la parte baja, su valor se reduce considerablemente hasta cerca de los 1000 mm/año.

### **2.2.2 Temperatura**

De acuerdo con la información de las estaciones analizadas en el estudio, la temperatura media de la cuenca se encuentra entre los 7.5°C y los 10.0°C, con máximos próximos a los 22.0°C y mínimos alrededor de los -2.5°C.

### **2.2.3 Humedad relativa**

La humedad relativa en la cuenca del río San Cristóbal varía con la altitud de la misma; de acuerdo con los registros disponibles se pudo establecer que para la parte alta la humedad relativa media es del orden de 87% y de 83% para las zonas media y baja. Sin embargo se registran en la casi toda la cuenca máximos del 99% y 100% y mínimos en la parte baja hasta de 26%. Estos cambios tan considerables, solamente permiten advertir la gran variabilidad de las condiciones climáticas de la zona.

### **2.2.4 Vientos**

En los estudios se indica que la dirección predominante es Sureste, sin embargo es probable que existan fenómenos locales que afecten esta condición ya que por el régimen pluviométrico de la parte alta de cuenca, parece que aparecieran con mucha frecuencia corrientes que arrastran masas importantes de agua en la dirección oeste, Sin embargo, este no resulta un aspecto relevante respecto al objetivo de los presentes estudios, razón por la cual no se entrará en mas detalle al respecto.

Las velocidades medias cerca de la superficie tienen un valor promedio de 5.2 km/h, con máximos medios e hasta 15 km/h.

### 3. CARACTERISTICAS Y LOCALIZACION DE LOS INSTRUMENTOS

Las cantidades y características de los instrumentos instalados fueron definidas de acuerdo con los pliegos de condiciones del contrato. La localización fue definida de común acuerdo con la interventoría y el Fopae, teniendo como criterio principal la medición de los diferentes fenómenos en zonas consideradas clave, pero de manera que se pudiera obtener información general sobre el comportamiento general. En el siguiente cuadro se presenta una relación de los instrumentos instalados por el consorcio Luis Fernando Orozco- Salazar Ferro Ingenieros S.A. para el control de estabilidad del proyecto en cuestión.

<b>INSTRUMENTO (Nomenclatura)</b>	<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>FECHA LECTURA INICIAL</b>
<b>INCLINOMETROS</b>			
Inclinómetro 1 (IF1)	8 de febrero del 2000	Longitud: 15 metros	17 de febrero del 2000
Inclinómetro 2 (IF2)	14 de febrero del 2000	Longitud: 16 metros	17 de febrero del 2000
<b>PIEZOMETROS CASA GRANDE</b>			
Piezómetro 1 (P1)	24 de enero del 2000	Profundidad: 11 metros	17 de febrero del 2000
Piezómetro 2 (P2)	16 de enero del 2000	Profundidad: 8 metros	28 de febrero del 2000
<b>MONITOREO TOPOGRAFICO</b>			
Alineamiento horizontal (mojones M1 a M4)	22 de enero del 2000	Mojones con control de coordenadas y cotas.	22 de enero del 2000
Zona Movimiento activo (mojones M5 a M10 y estacas E11 a E13)	22 de enero del 2000	Mojones y estacas con control de coordenadas y cotas.	22 de enero del 2000
Niveletas	17 de enero del 2000	Niveletas en viviendas, postes, etc con control de cotas.	17 de enero del 2000

<b>CONTROL VISUAL DE MOVIMIENTOS SUPERFICIALES</b>			
Zanjas de mortero	16 de febrero del 2000	Control visual de grietas de movimiento superficial	17 de febrero del 2000
<b>MONITOREO DE VIVIENDAS</b>			
Niveletas para control topográfico		Control planimétrico y altimétrico e inspección visual de viviendas seleccionadas	17 de enero del 2000
<b>CONTROL DE NIVELES DEL RIO</b>			
Mira	16 de febrero del 2000	Control milimétrico de niveles históricos máximos	17 de enero del 2000

Ver localización general en el plano anexo al final del presente informe

#### **4. Particularidades de la Zona de Trabajo.**

En Bogotá, tal como se ilustró en el Seminario de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa, éste no es el único talud inestable habitado. Lo anterior resulta importante, en el sentido que las inquietudes que surgieron a lo largo del proyecto (inquietudes que se insiste, no necesariamente significan soluciones) pueden servir como punto de partida (no directamente transferibles) para otros casos similares.

No obstante lo anterior, hay que advertir que el caso Manila - Gran Colombia incluye particularidades menos comunes en otras zonas inestables de la ciudad.

Tal vez la particularidad más importante radica en el hecho que la zona de estudio, incluya el lecho de un río como el San Cristóbal. En efecto, al incluir este elemento adicional, la zona de trabajo, además de tener los problemas propios de un río de este tipo (a saber socavación de la pata del talud), el río crea una relación del fenómeno con otras zonas aguas arriba y aguas abajo, lo cual hace necesario una reflexión acerca de la zona de trabajo.



## **5. CONCLUSIONES A CERCA DEL PROYECTO**

### **5.1 Justificación y oportunidad del proyecto**

El proyecto “Diseño e Instalación de la instrumentación para el monitoreo y seguimiento de fenómenos de remoción en masa de los barrios Manila y Gran Colombia”. está justificado en los informes de geología, geotecnia e hidrología que antecedieron el proyecto de instrumentación y que figuran en la lista de documentos preliminares entregados por el Fopae.

En concepto de LFO-SFISA, la justificación y la oportunidad del proyecto y de la instrumentación están dados también por:

- Los resultados de la instrumentación instalada permiten calificar, en parte (por las limitaciones más adelante explicadas), el proceso de reubicación de viviendas desarrollado por el Distrito en este sitio.
- Los resultados de la instrumentación instalada permiten, parcialmente, calificar la oportunidad de realizar una serie de obras de estabilización del talud sugeridas en alguno de los informes que antecedieron el proyecto de instrumentación.
- Los resultados de la instrumentación permiten, como se indica en párrafos posteriores, zonificar el área de estudio, lo que para efectos de prevención de desastres puede resultar en una cierta ayuda.

### **5.2 Consideraciones acerca de la zona de trabajo.**

Como se afirma en la descripción hidrológica del estudio de IF CAYA en la zona de estudio predomina el régimen de la cuenca del río San Cristóbal. Esto hace que la instrumentación instalada tenga limitaciones con respecto a la zona de trabajo ya que:

- Aguas arriba y como consecuencia de un aguacero copioso, el río San Cristóbal puede crecer y arrastrar en la curva existente en la zona de estudio parte de la pata del talud, lo cual puede contribuir a la desestabilización del mismo. Aguas abajo, un deslizamiento del talud en estudio podría ocasionar un represamiento del río San Cristóbal, y aún una avalancha posterior, lo cual puede resultar grave desde el punto de vista de la atención de desastres. Es por esto que, en concepto del consorcio, no solo se debe referir el fenómeno en términos de riesgo relativo a los habitantes de las casas vecinas al talud, sino también, tal como se ilustra en párrafos posteriores, para el FOPAE pueda referir los resultados de instrumentación obtenidos, al riesgo relativo para los rivereños aguas arriba y aguas abajo de la zona de control.
- Saliéndose del eje del río, es muy posible que las condiciones de inestabilidad del talud de estudio, especialmente en lo que tiene que ver régimen de presión

poros, tal como se ilustra en párrafos posteriores, estén relacionadas con las aguas naturales provenientes de quebradas en la parte alta del talud, o de aguas servidas, provenientes de urbanizaciones loma arriba.

- Dentro de este mismo orden de ideas, una falla del talud puede, con el tiempo, tener efectos retrogresivos (aunque en la actualidad no se aprecian indicios que permitan calificar el fenómeno como retrogresivo), es decir que la inestabilidad puede desplazarse y/o extenderse loma arriba donde si hay viviendas.
- Por otro lado, como se podrá ver más adelante, al analizar la información arrojada por la instrumentación, ni siquiera la zona instrumentada, que constituye solo una parte del área de trabajo, resulta homogénea, por lo menos en cuanto se refiere a las lecturas de instrumentos.

Las consideraciones anteriores obligan a concluir que, aunque la zona de estudio corresponda a una parte del talud, el área cobijada por el fenómeno de inestabilidad resulta muchísimo más amplia y, obviamente lo realizado por LFO-SFISA, puede resultar demasiado parcial para explicar el fenómeno y/o anticiparse a su agravamiento.

El Consorcio sugiere, si es que se desea continuar estudiando el fenómeno, que el área de trabajo no se limite exclusivamente a los dos trozos de los Barrios Manila y Gran Colombia vecinos al río.

El Consorcio sugiere también una inspección geotécnica más profunda que permita evaluar objetivamente la retrogresividad del fenómeno.

### **5.3 Consideraciones relativas al Período de Control**

En este punto específico conviene indicar una serie de consideraciones pertinentes a saber:

- El proyecto del Fopae se empezó a mediados de febrero y a la fecha, ya se realizó el último control. Aunque incluyó el mes de Abril, generalmente de lluvias, el invierno en esta zona no fué tan severo como en otros años. Esto indica que, el período de instrumentación no fue lo suficientemente amplio como para poder observar los efectos de los ciclos climáticos normales y más aún de períodos de invierno y verano fuertes. El lapso de estudio resulta aún más insignificante si se compara con el ciclo de fenómenos climáticos importantes, por ejemplo el fenómeno de la Niña, que afectan el comportamiento climático de amplias zonas del globo.

- A estas variaciones climáticas, se suman los problemas ocasionados por eventuales fugas de los sistemas de suministro de agua potable, el sistema de recolección de aguas servidas y la variabilidad de la densidad demográfica de este tipo de zonas habitadas por población de escasos recursos, obligan a que el control de zonas inestables del Distrito deba ser un proceso constante.

Estas consideraciones corroboran lo indicado en la propuesta presentada por el consorcio: el período de control es limitado si se desean observar los efectos de los ciclos climáticos anuales o de fenómenos hidrológicos como el de la Niña.

Por lo anterior el consorcio recomienda continuar todos los controles en el largo plazo, en lugar de interrumpirlos después de un periodo seco en el cual el fenómeno aparentemente se estabiliza o y desaparecen las quejas de la comunidad. Teniendo en cuenta esto, el Fopae debería mantener lo que se tiene (y en lo posible complementar la instrumentación en el futuro tal como se recomienda a continuación), máxime cuando esta información puede contribuir a prevenir un posible desastre tal como se indicó en párrafos anteriores.

#### **5.4 Otras consideraciones**

Además de las condiciones anteriores, vale la pena mencionar otras que han generado, generan y eventualmente generarán condiciones de inestabilidad y que hacen que del caso de Manila - Gran Colombia, un caso especial.

- De acuerdo con la información de la comunidad, la zona de estudio incluye una antigua vía paralela al río (en la actualidad cubierta de hierba) transitada hasta hace algunos años, cuyo corte muy posiblemente contribuyó a la inestabilidad de la zona.

Al respecto, aunque por ahora se trata de informaciones no verificadas de parte de algunos residentes de Manila, el Fopae debe tomar las medidas necesarias para impedir que esta antigua calzada vuelva a ser transitada por vehículos debido a que, posiblemente, si la información se confirma, se lleve a cabo la construcción de una nueva vía que conectaría con esta antigua calzada en un punto localizado a unos 50 metros de los mojones instalados en Manila.

- La presión intersticial en el material puede degradar en alto grado la estabilidad del talud. En efecto para una misma geometría, las características de un mismo material pueden degradarse por efectos de presión de poros, lo que puede hacer que el talud adquiera una condición inestable. Es importante indicar que la presión de poros está íntimamente ligada con los regímenes de lluvias e infiltraciones. Esto último puede agravarse en caso de grietas en el talud y/o vertimientos en la parte superior del mismo, por tubos rotos de acueducto o descargas inadecuadas de aguas residuales (lo cual es evidente en el caso del talud que nos ocupa).

Por lo anterior, LFO-SFISA recomienda al Fopae tapar las grietas actuales con suelo (agregando en lo posible cal o cemento) y solicitar a la EAAB, si así lo estima conveniente, la implementación de una solución urgente para evitar los flujos de aguas lluvias y servidas que actualmente llegan al talud.

- Finalmente, en la estabilidad de un talud, se debe analizar el efecto de un eventual sismo.

Para el caso específico del talud Manila Gran Colombia se debe incluir la aceleración correspondiente a lo indicado en la microzonificación sísmica de la ciudad. Sin embargo, hay que advertir que en la norma NSR98, se utilizaron factores de seguridad para cimentaciones, muros y otros, pero no para estabilidad de taludes, porque no hubo consenso entre los redactores.

Para terminar con estas consideraciones generales, hay que indicar que, aunque la inestabilidad como ya se indicó puede trasladarse aguas arriba por el efecto retrogresivo, también es importante indicar que al presentarse movimientos en un talud, la posición que adopta un talud después de un deslizamiento, en general es más estable. Sin embargo, la resistencia del material puede degradarse por efectos del movimiento mismo (en un proceso que se conoce como “remoldeo”).

En un capítulo posterior se presentan una serie de chequeos numéricos correspondientes a un corte representativo de la zona.

## **6. Consideraciones acerca de la instrumentación instalada.**

### **6.1 Consideraciones relativas a la retroalimentación teórico práctica de la instrumentación.**

Un talud natural puede presentar movimientos y aún fallar, sin actividad humana relacionada. Simplemente, la gravedad introduce una condición que hace que lo que está arriba tienda a bajar, pueden presentarse fenómenos de ablandamiento de los materiales por efecto de desplazamientos muy lentos, generalmente desapercibidos, que reducen la resistencia al corte o pueden variar las condiciones de filtración de manera que se generan presiones de poros que reducen los esfuerzos efectivos y, en últimas, reducen también la resistencia al corte. En un talud, lo importante es el balance de fuerzas, o lo que se conoce en la literatura como factor de seguridad.

Sin embargo, es importante indicar que hay una diferencia entre el balance real de cargas y el balance de cargas calculado, establecido éste último a partir de las metodologías aceptadas de la geotecnia, entre las cuales las más conocidas son las de Bishop y de Yanbu. Es claro que al utilizar estos modelos, los perfiles utilizados no son exactamente los perfiles reales. De la misma manera, los parámetros de resistencia obtenidos en laboratorio aunque, indicativos de las condiciones geotécnicas, no coinciden exactamente con la realidad y los modelos hacen simplificaciones importantes que los alejan de la condición real.

Es necesario tener presentes estas condiciones al momento de utilizar los modelos ya que como su nombre lo dice, deben aplicarse prudentemente con el conocimiento de que no reflejan totalmente el comportamiento del talud en la realidad.

Sin embargo, estas condiciones han cambiado, ya que hoy en día, la instrumentación geotécnica genera información de gran valor para diseñar, alimentar, calibrar y retroalimentar estos modelos matemáticos aplicados a la geotecnia.

Esta última consideración y la experiencia de la utilización de modelos en otros proyectos de condiciones parecidas, justifican la necesidad de corroborar lo obtenido teóricamente con medidas empíricas realizadas en el sitio a través de la instrumentación geotécnica. Esto permitirá retroalimentar constantemente los modelos y posteriormente diseñar instrumentaciones más precisas y eficaces para controlar movimientos en masa y eventualmente poder dar recomendaciones más precisas sobre las acciones a tomar en cada caso. La cantidad y duración de las mediciones realizadas en este proyecto, obviamente no permiten llegar a este nivel de conocimiento del problema.

## **6.2 Consideraciones relativas a los eventos controlados en el proyecto Manila Gran Colombia.**

Es importante indicar que en un talud se pueden controlar diversos eventos cada uno con un tipo de instrumento. Sin embargo, los que se instalaron en Manila Gran Colombia corresponden a los aparatos mínimos usuales en un talud inestables, a saber:

### **6.2.1 Movimientos horizontales superficiales (tanto cambios en las coordenadas Norte y Este, como cambios en los asentamientos). Control Topográfico.**

Es importante controlar puntos colocados superficialmente sobre el talud. En efecto, estos puntos pueden indicar la dirección del movimiento. Hay que insistir en que no siempre el movimiento es loma abajo, sino que, a veces puede tener otras componentes por efecto de buzamiento de los estratos.

### **Resultado del Control Topográfico en la zona de Manila**

Como resultado de la instrumentación en el Barrio Manila (ver anexo No 3), sector que presentó los mayores movimientos con tendencia a la estabilidad al final del período de observación (lo cual no significa que no vuelvan a acelerarse en un período de lluvias), se puede observar claramente los vectores de movimiento en dirección de la pendiente, registrados por los mojones instalados en la parte inferior del Barrio. Los desplazamientos registrados en esta zona baja, son considerables y coinciden con las observaciones preliminares de una zona con falla activa. Debe realizarse un seguimiento adicional en esta zona que claramente podría, eventualmente, tener un comportamiento retrogresivo y afectar las viviendas que se encuentran a una corta distancia.

## **Resultado del Control topográfico en la zona de Gran Colombia**

En términos de valores de movimientos horizontales superficiales (ver anexo No3) después de la zona baja (contra el río) del sector de Manila, le sigue en orden de magnitud de movimientos horizontales la zona baja (contra el río) de Gran Colombia. Las zonas altas de ambos barrios (donde hay casas), un poco más alejadas del río presentaron estabilidad durante el período de control. De la misma manera, se insiste, no se descartan en un gran invierno, efectos retrogresivos en la inestabilidad del talud.

A veces es importante instalar puntos fuera de la zona que se ve afectada. En efecto, al dibujar los vectores de movimiento horizontal se pueden establecer zonas de alto y medio movimiento y se puede en algunos casos delimitar la zona comprometida (definida uniendo los puntos que no se mueven).

Dada la consideración anterior, se recomienda materializar otros puntos de control topográfico en zonas más alejadas del talud (ver plano anexo, sugerencia de mojones en malla)

En cuanto a asentamientos, a veces resultan claves para determinar fallas circulares (se bajan unos puntos y se suben otros puntos de más abajo, lo cual no fue el caso).

Todo lo anterior puede corroborarse con planos de grietas y escarpes. Sin embargo, LFO-SFISA advierte que medir grietas, a veces no siempre resulta pertinente .

Con respecto a estos controles topográficos con los cuales se chequearon los movimientos horizontales, conviene subrayar cuatro aspectos:

- El primero, que la calidad de la información depende de las referencias (bases) que se utilicen.

En este caso particular, en el cual los movimientos en el talud son considerables, el problema de inmovilidad de las placas de referencia (localizadas en la base militar) resulta menos significativo, indicando una buena calidad de los resultados.

- El segundo tiene que ver con la materialización de los puntos. . Los puntos topográficos superficiales pueden ser alterados por tránsito de personas, zorras y animales. Las estacas no son siempre lo mejor aunque, si se ponen puntos sofisticados, en general, se corre el riesgo que sean robados.

Es importante indicar, que la comunidad de ambos barrios desde el inicio del proyecto fue muy receptiva y colaboradora para con el personal de campo y es posible que esto haya contribuido a que ni una sola estaca se haya perdido (aunque al final se perdió la caja de protección de un piezómetro la cual debe ser reemplazada a la mayor brevedad si se desea conservar este aparato).

- El tercero tiene que ver con los aparatos de topografía. Es importante indicar que, por más sofisticada que sea la estación electrónica, el nivel de precisión tradicional da mejor precisión en cuanto a asentamientos diferenciales. En cuestión de planimetría, nunca se obtendrá la precisión de 1 mm que da el inclinómetro el cual se ilustra a continuación. Es por esto que, en este caso en particular, se utilizó el nivel de precisión para el control de altimetría de los puntos topográficos instalados.
- Finalmente en cuanto a los movimientos superficiales es importante chequear tanto valores absolutos como variaciones (velocidad y aceleración en el tiempo). Un movimiento que se acelera puede ser indicativo de una falla inminente. Sin embargo, un movimiento que se desacelera no significa estabilidad garantizada en el futuro.

Por esta razón y para instrumentar el control futuro de estos puntos, se diseñó un protocolo de alarmas cuyo resultado se presenta en capítulos posteriores y con base en el cual se pueden referenciar los movimientos y sus aceleraciones para la toma de decisiones.

### **6.2.2 Cambio en la inclinación de la masa de suelo. Control con inclinómetro electrónico bidireccional.**

En toda instrumentación de un talud, cuando hay grandes movimientos superficiales, es conveniente establecer cual es el espesor de la capa de suelo que se está moviendo. Este tipo de fenómenos pueden ser medidos con inclinómetros.

Existen casos, como el de los inclinómetros instalados en el Barrio Gran Colombia, en el cual el movimiento puede considerarse como superficial (aunque con 3 metros se puede discutir el carácter de superficial). Al respecto, se justifica el calificativo de superficial si se compara con la masa de suelo que se está deslizando en el barrio los Alpes (un espesor de 16 metros de terreno).

#### **Resultados del Inclinómetro I1**

Como se puede observar en el anexo No.4 de deflexión del inclinómetro denominado I1 se nota claramente la masa o capa de suelo que presenta movimientos. Esto es bueno en el sentido en que se confirma que el movimiento es superficial en este sitio, y justifica plenamente el uso del instrumento. No obstante, debe tenerse en cuenta que, la magnitud de estas deformaciones en profundidad puede estrangular la tubería del inclinómetro en el mediano plazo impidiendo el paso del torpedo de lectura. En todo caso, si esto llegare a suceder, se consideraría que el instrumento cumplió su función a cabalidad y deberá ser remplazado.

Con respecto a la medición con inclinómetro es importante señalar que es relativa. En el caso en que el espesor de la masa en movimiento supere la longitud del inclinómetro, este presentaría un movimiento en bloque y no detectaría, obviamente, la profundidad del deslizamiento.

Por esto siempre se trata de profundizar los inclinómetros hasta un punto que pueda considerarse como inmóvil (esta hipótesis de cálculo debe utilizarse con prudencia), aunque puede en algunos casos resultar costoso.

Finalmente vale la pena resaltar que a veces no se justifica instalar inclinómetros que se sabe que durarán muy poco, dado que a simple vista se aprecian movimientos horizontales demasiado grandes que terminan por estrangular la tubería.

Tal es el caso del sector bajo de Manila, donde, dados los grandes movimientos que se observaron desde un principio, se decidió de común acuerdo con la interventoría, no instalar un inclinómetro. Por lo anterior, se ignora la magnitud de la capa de suelo involucrada en los movimientos en la zona aledaña al río en las zonas de Manila y Gran Colombia. Para determinar la magnitud de las capas en movimiento en estas zonas cercanas al río, se recomienda instalar "inclinómetros mexicanos" (ver plano de localización anexo) que consisten en la introducción en una perforación una tubería plástica ordinaria, la cual se obstruirá con el movimiento generado por la superficie de falla o deslizamiento. Luego con una sonda elemental, se determinará en que sitio ocurrió tal obstrucción, obteniendo así algunos puntos de la superficie de falla, lo cual permitirá por análisis retrospectivo determinar la superficie de falla, si es que la hay, y estimar los parámetros de resistencia del suelo.

## **Resultados del Inclinómetro I2**

El inclinómetro instalado denominado I2 (Ver anexo No 5), presentó fluctuaciones en cuanto a deflexión se refiere, sin tendencia definida, lo cual es satisfactorio desde el punto de vista de estabilidad. Esta fluctuación puede deberse a cambio en el régimen de presión de poros.

Ambos aparatos, se insiste, indican movimiento superficial en el sector de Gran Colombia, movimiento que puede deberse a las aguas servidas y aguas lluvias provenientes de las casas loma arriba de la zona de estudio.

### **6.2.3 Cambio en el régimen de presión de poros Medición con piezómetros de Tipo Casagrande.**

Tal como se indicó anteriormente, una variable clave en la estabilidad de un talud es la presión de poros. La falla de un talud puede ser inducida por el aumento de la misma. Al aumentar la presión de poros, los esfuerzos efectivos (esfuerzo total menos presión de poros) pueden reducirse, reduciendo simultáneamente la resistencia al corte, la cual puede resultar insuficiente para contrarrestar el desbalance gravitacional. Por ese



motivo hay que tratar, cuando se tiene un talud inestable de controlar o bajar la presión de poros hasta niveles tolerables.

En taludes inestables donde se presentan grietas de tracción, conviene en general, tapar (con arcilla y cal y/o cemento) estas grietas, dado que, entre más se mueva el talud más se abren grietas, permitiendo la entrada de agua de escorrentía a la masa de suelo, provocando en general aumento de presión de poros, y, en algunos casos, ablandamiento de los materiales, todo lo cual se convierte en un fenómeno progresivo.

Como se indicó anteriormente, la distribución de presiones de poros en taludes como el que nos ocupa puede ser bastante errática con la profundidad. Por esta razón, se instalaron varios sensores a distintas profundidades aislando uno de otro por sellos bentónicos. En general, los sensores más superficiales se ven más afectados por los fenómenos atmosféricos que los más profundos. Cuando el más profundo varía muy poco, éste es un indicio favorable del estado del suelo. Si por el contrario los sensores de una misma batería varían de manera sincronizada, puede ser que, en el caso de un talud inestable, la roca inferior se haya fisurado.

En general conviene relacionar los movimientos del talud (topografía e inclinómetros) y con las variaciones de los piezómetros. Sin embargo, estas gráficas pueden desfasarse en piezómetros Casagrande (como los que están instalados) lo que no ocurriría con otro tipo de piezómetros p.e., de hilo vibrátil.

Nótese en la gráfica correspondiente, que la variación que presenta el piezómetro superficial, guarda relación estrecha con el registro de la mira que se colocó en el Río en el sector de Gran Colombia, la cual registró un aumento de 1 metro, el cual es significativo pero no corresponde a un invierno severo.

### **Resultado de los Piezómetros de Casagrande Instalados en la Zona alta del Barrio Gran Colombia.**

Los Piezómetros de Casagrande instalados en la zona alta del Barrio Gran Colombia (ver anexo No 6) indican que en la zona hay estabilidad desde el punto de vista de las presiones.

#### **6.2.4 Control visual de las casas afectadas.**

El consorcio LFO SFISA considera que este tipo de visitas y las fotografías constituyen una información cualitativa interesante pero difícil de incorporar en una base de datos numérica como la que se utilizó en este proyecto.

#### **Resultados del control**

Las platinas instaladas en las casas seleccionadas así como la inspección visual y las fotografías indican que durante el período de control no existieron movimientos apreciables en este sector. A título de ejemplo la casa # 5 que se encuentra próxima a la zona fallada del sector bajo del barrio Manila, no presentó ningún movimiento

durante el período de control. Este comportamiento sugiere que el movimiento no ha alcanzado la parte alta del barrio pero no se descarta esta posibilidad en caso de que la falla retroceda hacia la montaña por efectos del invierno, de la socavación del río o por intervenciones humanas en obras de infraestructura.

### **6.2.5 Control fotográfico de la zona.**

En cuanto a las fotografías (ver anexo No7) , en este caso de Manila Gran Colombia, y dado el periodo restringido de control, no resultaron útiles.

## **7. Análisis hidráulicos e hidrológicos**

### **7.1 Conclusiones y recomendaciones sobre los Análisis Realizados**

Las principales conclusiones y recomendaciones que pueden presentarse luego de analizar la información hasta ahora disponible de los estudios hidrológicos e hidráulicos realizados en el área de interés durante los años de 1988 y 1998 por las firmas Ifcaya Ltda. e Ingeocim Ltda. Respectivamente son las siguientes:

- En general toda la información procesada y obtenida en desarrollo de los estudios analizados resulta de interés y en consecuencia debe ser conservada.
- Del estudio de Ifcaya Ltda. Lo más relevante es la demostración de que en la quebrada Aguas Claras (La Pichosa), se producen infiltraciones hacia la cuenca del río San Cristóbal, en el sector de los barrios Manila y Gran Colombia, con lo cual seguramente se están afectando las condiciones de estabilidad en algunos puntos de la zona. Así mismo, el análisis cualitativo realizado sobre el pobre sistema de drenaje de aguas lluvias y servidas del sector, también permitió evidenciar su relación con las zonas inestables.
- Del informe de Ingeocim Ltda., resulta importante la obtención de caudales de diseño que aunque pueden ser nuevamente evaluados, sus órdenes de magnitud permiten concluir la suficiente capacidad del cauce y al mismo tiempo el riesgo en los puntos inestables por las altas velocidades del flujo.

### **7.2 Resultados Finales de los Trabajos de la presente etapa de los estudios**

Como parte de los trabajos realizados en la presente etapa de los estudios sobre la cuenca del río San Cristóbal y en particular en la zona de los barrios Manila y Gran Colombia se realizaron la siguientes actividades principalmente:

- Se revisaron los resultados obtenidos en estudios anteriores (para la zona de interés) y se trato de explotar dicha información en torno las repercusiones que puedan tener sobre los barrios objeto del presente trabajo.

- Se instaló la mira, de acuerdo con lo previsto en el alcance del proyecto y se tomó la información según las recomendaciones del FOPAE.
- Se recopiló y analizó la información proveniente de la mira instalada y de la estación El Delirio, localizada aguas arriba del sitio de interés, con el fin de establecer una relación que permita disponer de series extensas en el sitio de la mira, con el objeto de que con base en ésta información se puedan realizar análisis de frecuencia de caudales y de disponer de algunos elementos que en el futuro permitan modelar las condiciones locales en los aspectos relacionados con el riesgo hidrológico.
- Se sacaron las conclusiones pertinentes, de acuerdo con toda la información disponible y de elaboraron recomendaciones referentes a tanto a la seguridad del sitio de proyecto como a las actividades que se considera importante realizar en el futuro.

### **7.2.1 Revisión de los resultados de estudios anteriores.**

De acuerdo con lo establecido durante el análisis de la información disponible de otros estudios adelantados en la zona de proyecto o sobre la cuenca del río San Cristóbal, se adelantaron básicamente cuatro actividades: revisión de las características físicas de las cuencas (hasta El Delirio y hasta el sitio de proyecto); revisión del análisis de lluvias; de las metodologías para el cálculo de caudales y finalmente, de los resultados obtenidos a través de dichas metodologías.

En lo que tiene que ver con los parámetros físicos de las cuencas, éstos fueron revisados o medidos nuevamente y se encontró que la información consignada en los informes anteriores es enteramente confiable, por lo menos al nivel en el que se trabajó en cada uno de ellos.

Respecto al análisis de lluvias muy importante en el proceso de cálculo de caudales de creciente, dado que se emplearon métodos o modelos lluvia – escorrentía, se encontró que el análisis estadístico adelantado para el cálculo de las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno es correcto, por lo menos para la serie disponible y presentada para cada una de las estaciones analizadas.

Por otra parte, existe una aparente inconsecuencia entre dicho análisis y las curvas IDF utilizadas para la zona de proyecto y que fueron entonces adoptadas del estudio de IRH para la EAAB: en la selección del aguacero de diseño se dice que se toma una lluvia de alrededor de una hora ( $t_c$ ) y que ésta no supera, de acuerdo con la experiencia, el 20 o 30% de la lluvia total en 24 horas. Esto quiere decir que para la estación representativa de la cuenca (El Verjón), en donde la  $P_{\text{máx } 24\text{h}}$  con un período de retorno  $T_r$  de 100 años es de 91 mm, la precipitación máxima para una hora y el mismo  $T_r$  será de 27 mm. Cuando se revisa la IDF que se tomó como representativa de la cuenca, se puede apreciar que la intensidad máxima para  $T_r = 100$  años y 60 minutos de duración es de 61.53 mm/hr, es decir que en esa hora precipita hasta el 67% de la  $P_{\text{máx } 24\text{h}}$ .

La anterior situación puede llevar a la estimación de caudales por debajo del lado de la seguridad. Sin embargo, aunque deberían reevaluarse los caudales de diseño, es probable que los órdenes de magnitud se mantengan, dado que la metodología alterna empleada no utiliza la serie de precipitaciones sino la de caudales medios máximos y arrojó unos resultados por debajo de los del método lluvia – caudal, a causa de los valores disponibles para dicha serie, más bajos que los reales, como se verá más adelante.

En consecuencia, se considera que sería recomendable realizar estudios para la estimación de lluvias de diseño (y caudales) con el fin de definir con certeza sus valores más probables y sus posibles consecuencias respecto al sitio particular en estudio.

La revisión metodológica para la estimación de los caudales de diseño se propuso por la diferencia que había (ver numeral 3.5) entre los caudales de diseño calculados por cada una de los métodos empleados. Esto llevó a realizar análisis no solo sobre los algoritmos de cálculo sino sobre la información utilizadas para alimentarlos. Dichos análisis permitieron encontrar diferencias importantes entre la serie de caudales medios máximos utilizada durante el proyecto y la actualmente disponible en la EAAB. Cabe anotar que en todos los casos, las diferencias consisten en que los caudales entonces utilizados son en algunos casos considerablemente menores que los registrados en la documentación recientemente obtenida. Esto conlleva a la obtención de parámetros estadísticos menores que a su vez inducen a la subestimación de los caudales para bajas frecuencias (Tr altos).

Una revisión superficial de la metodología empleada, recalculando algunos valores, permite prever que los caudales obtenidos con las series reales o actuales, hubiera arrojado caudales de diseño (Tr = 100 años), del orden de 110 m<sup>3</sup>/s, es decir muy similares a los obtenidos por el modelo lluvia – escorrentía antes tratado.

De acuerdo con todo lo anterior, aunque queda alguna duda sobre los caudales de diseño, se reconfirma que probablemente al calcular dichos valores por métodos alternos, es posible obtener caudales del mismo orden de magnitud para el período de diseño, lo cual hizo parte del cuarto aspecto adelantado como parte de los estudios. Cabe aclarar en este punto que no se repitió todo el proceso de cálculo ni se trataron metodologías alternas, ya que los procesos son largos, requieren información de campo adicional y no era parte de los trabajos del presente proyecto.

De la revisión de los resultados de estudios anteriores se puede entonces concluir que:

- O no es clara la información presentada en los informes o existen algunas inconsistencias en el análisis de precipitaciones de la zona.
- Se considera que dichas inconsistencias pueden alterar los caudales de diseño estimados, pero no en forma substancial. Es decir, no se cree que cambien las conclusiones obtenidas en los estudios por la modificación de estos valores.

- Estudios detallados del río San Cristóbal y de su cuenca sí deberían incluir un nuevo análisis de lluvias y de caudales.

### **7.2.2 Instalación de la mira en el sector del estudio.**

Tal como se propuso y estaba previsto (ver anexo No 8), se instaló la mira en el mes de Febrero, en desarrollo de los presentes trabajos, y tanto sobre su diseño como sobre su instalación, se informó oportunamente al FOPAE, a través de los informes de avance.

Es importante anotar que el sistema de operación de la mira incluye un elemento que permite conocer lecturas máximas, las cuales son de gran importancia en estudios de riesgo y que por el tipo de instrumento y por la frecuencia de lectura, no es posible obtener en las miras convencionales. Dicha información bien registrada y explotada, permitirá en un futuro disponer de registros extremos cuyo análisis proporcionará parte de las herramientas necesarias para el planteamiento de soluciones a los problemas de inestabilidad identificados en los barrios objeto del presente trabajo.

### **7.2.3 Recopilación y análisis de la información de la mira instalada y de la estación El Delirio.**

Tal como se aclaró en reuniones con la Interventoría, la instalación y lectura semanal de una mira en el sitio de proyecto, durante un período de 4 meses, no permite obtener información suficiente para modelar procesos morfológicos y mucho menos a nivel local. En consecuencia, y con el fin de explotar al máximo la información obtenida durante este período los esfuerzos se orientaron a tratar de establecer o verificar la relación que debe existir entre los registros de la mira del sitio de proyecto con los de la estación El delirio.

En el sitio de proyecto se tomaron durante los estudios un total de 19 registros, tal como se presenta en el cuadro anexo, entre los meses de febrero y julio. Estos valores fueron comparados con los de la estación El delirio, para las mismas fechas, tratando de tomar el registro disponible, entre las 9 y las 10 a. m., dado que en el sitio de proyecto las lecturas se realizaron alrededor de una hora más tarde.

Con los pares de observaciones se estableció una relación (ver figura adjunta), eliminando algunos registros definitivamente desviados y se encontró una correlación entre los valores del orden de  $r = 0.85$  ( $r^2 = 0.729$ ). Así mismo, las gráficas de los registros en forma reducida permitió establecer, al menos cualitativamente, la similitud del régimen hidrológico en los dos puntos, aspecto también previsible dada la cercanía y la pertenencia a la misma cuenca. Lo importante de estos resultados es que las mediciones realizadas son puntuales en el tiempo (y en el espacio) y por tratarse de medidas no sistemáticas en una cuenca pequeña, susceptible a variaciones importantes en muy cortos tiempos, hubieran podido arrojar resultados completamente diferentes.

Lo anterior no significa que ya es posible establecer relaciones definitivas pero, esto quiere decir, tal como se preveía, que dicha relación existe y a través de su determinación se puede, en forma aproximada, obtener una serie “transportada” de caudales medios diarios y máximos para el sitio de interés. Disponer de esta serie permitiría calcular caudales de diseño para obras de prevención o protección directamente de análisis estadísticos, sin tener que utilizar modelos, que como ya se vio pueden arrojar resultados considerablemente dispersos.

De otro lado, aunque no se disponga de la serie de caudales, a través de la lectura sistemática de la nueva mira, se podrá contar con series de niveles medios y máximos diarios, importantes en la modelación y estimación de cotas de alerta. Las figuras de relación entre niveles y regímenes de los dos puntos analizados, se presentan adjuntas al presente documento. Consideraciones adicionales sobre la explotación de los registros de la mira instalada se presentan en las conclusiones y recomendaciones finales de esta parte de los estudios.

#### **7.2.4 Conclusiones finales de los estudios hidrológicos e hidráulicos.**

A continuación se presentan las conclusiones finales obtenidas, como parte de los estudios hidrológicos e hidráulicos adelantados en el proyecto, con base en el análisis de la información disponible de otros proyectos adelantados en el área de interés y de la información recopilada o producida en desarrollo de estos trabajos:

- Del estudio de Ifcaya Ltda. Resulta evidente que en la quebrada Aguas Claras (La Pichosa), se producen infiltraciones hacia la cuenca del río San Cristóbal, en el sector de los barrios Manila y Gran Colombia, con lo cual seguramente se están afectando las condiciones de estabilidad en algunos puntos de la zona. Así mismo, el análisis cualitativo realizado sobre el pobre sistema de drenaje de aguas lluvias y servidas del sector, también permitió evidenciar su relación con las zonas inestables.
- Utilizando como referencia los caudales de diseño obtenidos del estudio adelantado por Ingeocim Ltda. Se puede concluir que el cauce del río San Cristóbal en el sitio de los barrios Manila y Gran Colombia es suficiente para transportar éstos y flujos aún mayores sin evidentes peligros de inundación. Se estima que hasta el nivel del barranco medio, con altura de unos 3.0 metros, pueden pasar alrededor de 200 m<sup>3</sup>/s.
- Si bien el cauce resulta suficiente, aparecen otro tipo de peligros, desde el punto de vista puramente hidráulico, para la estabilidad de la zona, debidos a la alta pendiente general del río, estimándose que al paso de caudales como el de diseño, es decir, del orden de 115 m<sup>3</sup>/s, la velocidad aproximada del flujo puede llegar a los 4.5 m/s (o más localmente) con una profundidad de 2.1 m. Teniendo en cuenta que aguas arriba las velocidades pueden ser mayores, es posible prever diferentes posibilidades: la erosión de la pata del talud en el sitio inestable de los barrios Manila y Gran Colombia que puede traer como consecuencia no solo la afectación directa de las casas en el sector sino posibles represamientos y avalanchas aguas

abajo. Así mismo, dado que este no es el único lugar inestable en el cauce del río, la misma situación antes mencionada puede ocurrir aún más aguas arriba, con lo que una posible avalancha ocasionaría desprendimientos en todos los sitios inestables, incluidos los de los barrios Manila y Gran Colombia, afectando así, a un sector mayor de la población de la zona.

Resulta importante recordar, el hecho de tratarse de eventos de baja frecuencia los que ocasionarían estos problemas en forma repentina, no implica que no puedan ocurrir cualquier día o que la erosión originada por eventos de menor magnitud pero de mayor frecuencia puedan en el mediano plazo las condiciones propicias para este tipo de situaciones.

- Dada la relación identificada entre los registros de la mira en el sitio de proyecto y en la estación El Delirio, se prevé que a través de su lectura sistemática y ordenada podrá disponerse en el futuro de series de niveles y caudales cuya adecuada explotación será útil en la modelación del cauce o en la planeación de algunas obras de protección para los barrios Manila y Gran Colombia.
- Las relaciones obtenidas de las lecturas de las miras ya relacionadas, permiten presumir que con más registros éstas podrán ser determinadas con una buena confiabilidad. Sin embargo, a pesar de que los cálculos numéricos han permitido establecer una relación, no se considera recomendable su utilización por cuanto el número de registros disponibles es, en la actualidad, demasiado bajo.
- La realización de estudios en puntos definidos como inestables en el cauce del río San Cristóbal, pueden producir resultados que permitan resolver problemas locales. Sin embargo, dadas las condiciones generales de toda la cuenca y la densificación de la población en la misma, sería más productivo y sobre todo más confiable adelantar trabajos que permitan tomar decisiones a nivel regional, que incluyan tanto obras de protección en los sitios inestables como obras o trabajos de recuperación de toda la cuenca y de ciertos sectores del cauce, que eviten que en un futuro no lejano el problema de los barrios Manila y Gran Colombia sufra un proceso multiplicativo sin solución a ningún costo.
- Se debe organizar la lectura de la mira instalada para que ésta se realice en forma seria, comprometida y sistemática (a las mismas horas cada día). Así mismo dichos registros deberán ser procesados y almacenados, de tal manera que permitan su explotación conjuntamente con los de la estación El Delirio. Una vez se disponga de registros diarios, al menos en un período de 6 meses se podrá iniciar un proceso relación de lecturas confiable, a partir del cual es posible obtener un modelo que permita transportar la serie existente en la estación El Delirio, al sitio de los barrios Manila y Gran Colombia. Este trabajo podrá ser contratado (por ejemplo como parte del estudio sugerido inicialmente), o convenido con otra entidad del gobierno distrital.
- Se recomienda mantener un monitoreo permanente en la pata del talud inestable contiguo al cauce del río en el sector de los barrios Manila y Gran Colombia, dado

que un proceso de erosión, aún moderado, puede terminar por afectar todas las construcciones localizadas cerca al mismo. Aunque en ocasiones estos procesos son lentos, el monitoreo puede realizarse diariamente a la vez que se efectúen las lecturas de la mira.

- Los desagües de residuales o servidas provenientes de las viviendas del sector deberán ordenarse y adecuar su entrega ya que evidentemente están afectando la estabilidad de parte del talud en la zona estudiada.
- Cualquier obra que se diseñe y se pretenda acometer en el río, en el sector de los barrios Manila y Gran Colombia (y en general en cualquier sitio), deberá estar plenamente justificada y analizada pues por la alta torrencialidad del río, una falla de cualquier estructura puede dar origen a represamientos y posibles avalanchas con las consecuencias ya mencionadas anteriormente.
- Se recomienda que la información disponible de los estudios anteriores y del presente trabajo sean conservados ya que deben ser la base para ejecución de trabajos de análisis o diseño posteriores.

## **8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

Los análisis de estabilidad se hicieron utilizando un modelo, el cual permite conocer el factor de seguridad tanto estático como dinámico del perfil a analizar.

Se anota que los parámetros utilizados se han obtenido a través de correlaciones, según los datos de campo y laboratorio y se han estimado superficies de falla de acuerdo con los resultados de las perforaciones expuestas en el perfil estratigráfico y con los resultados obtenidos mediante la instrumentación.

Cabe recalcar que se tomó un perfil estratigráfico promedio, basado en las perforaciones realizadas y que dicho perfil es variable en toda el área de estudio como se evidencia en los perfiles mencionados.

Para la modelación se utilizó el programa SLOPE/W, el cual trabaja con diferentes modelos de cálculo tales como Janbú, Bishop, Spencer entre otros. Los factores de seguridad mostrados están basados en el modelo de Bishop. Se utilizaron las siguientes hipótesis de cálculo para tres superficies de falla: con sismo de 0.2g y sin sismo 0.0g con y sin agua.

Como puede observarse, teniendo siempre presente el alcance de estas simulaciones teóricas los factores de seguridad obtenidos resultan bajos (inferiores a 1), mas aún si se consideran presiones de poros altas y/o efectos sísmicos. No obstante lo anterior se insiste los resultados obtenidos con estos modelos deben interpretarse con criterio y suma prudencia profesional (Ver anexo No9) .La ubicación del Corte A se presenta en el plano anexo.



## 9. Sistema de Alertas

### 9.1 Topografía

En el anexo No10 se presentan los registros históricos de los movimientos con los cuales se calcularon los valores de referencia correspondientes a las alertas amarilla, naranja y roja propuestos para referenciar los movimientos horizontales. Todos estos fueron determinados con base en comportamientos característicos y más o menos bien definidos de los instrumentos de control. El consorcio propone los siguientes niveles de alerta para el control topográfico (Ver anexo 11)

Tipo de Alerta	Evento referenciado	Parámetro de referencia
Amarilla	Velocidad del movimiento horizontal correspondiente a los mojones durante la últimas semanas de relativa estabilidad	2 mm/día, 14 mm/semana, 56 mm/mes o 672 mm/año
Naranja	Velocidad del movimiento de estos mismos mojones después de que aceleró.	7 mm/día, 49 mm/semana, 196 mm/mes o 2352 mm/año
Roja	Velocidad de movimiento cuando se empieza a acelerar.	20 mm/día, 140 mm/semana, 560 mm/mes o 6720 mm/año

El consorcio LFO-SFISA insiste en que estas alertas son de carácter indicativo, lo que sugiere cierto criterio y prudencia a la hora de utilizarlas y suponen una continuidad en las lecturas en el largo plazo, y revisiones periódicas de tales niveles en función de los valores obtenidos.

En caso de grandes movimientos superficiales de un talud, éstos pueden ser rápidamente observables si se colocan zanjas pañetadas como las que se construyeron tanto en Manila como en Gran Colombia. Sin embargo, en nuestro caso particular, estas zanjas no contempladas en la propuesta inicial, no funcionaron pues la franja inestables es muy transitada y rápidamente estas zanjas se volvieron caminaderos para la gente lo que las volvió inservibles para el propósito inicial.

## 9.2 Piezómetros

Los niveles de alerta de presión de poros (ver anexo No11) fueron estimados con base en los resultado de los piezómetros instalados en la zona de control. Estos pueden clasificarse como se ve en la siguiente tabla:

<b>Tipo de Alerta</b>	<b>Evento referenciado</b>	<b>Parámetro de referencia</b>
Amarilla	Aumentos o fluctuaciones normales presentados en el período de control	1 metro de agua
Naranja	Aumento de la presión como el que se presentó durante los grandes movimientos en el período de control	2 metros de agua
Roja	Velocidad de movimiento cuando se empieza a acelerar. Con respecto a estas alertas	5 metros de agua

## 10. Conclusiones y Recomendaciones finales.

Con base en todo lo anteriormente expuesto, resulta preciso e importante realizar las siguientes recomendaciones, adicionalmente se escribe literalmente, algunas conclusiones anteriormente ya expuestas:

- Con base a los sondeos de exploración, los perfil del suelo muestran una gran masa de coluvión con intercalaciones de arcillas y apoyado en la arcillolita o formación Guaduas a profundidades mayores a 12 m.
- Las consideraciones anteriores obligan a concluir que, aunque la zona de estudio corresponda a una parte del talud, el área cobijada por el fenómeno de inestabilidad resulta muchísimo más amplia y, obviamente lo realizado por LFO-SFISA, puede resultar demasiado parcial para explicar el fenómeno y/o anticiparse a su agravamiento.
- El Consorcio sugiere, si es que se desea continuar estudiando el fenómeno, que el área de trabajo no se limite exclusivamente a los dos trozos de los Barrios Manila y Gran Colombia vecinos al río.
- El Consorcio sugiere también una inspección geotécnica más profunda que permita evaluar objetivamente la retrogresividad del fenómeno.
- El consorcio recomienda continuar todos los controles en el largo plazo, en lugar de interrumpirlos después de un periodo seco en el cual el fenómeno aparentemente se estabiliza o y desaparecen las quejas de la comunidad. Teniendo en cuenta esto, el FOPAE debería mantener lo que se tiene (y en lo posible complementar la instrumentación en el futuro tal como se recomienda a continuación), máxime cuando esta información puede contribuir a prevenir un posible desastre tal como se indicó en párrafos anteriores.
- El período de instrumentación no fue lo suficientemente amplio como para poder observar los efectos de los ciclos climáticos normales y más aún de períodos de invierno y verano fuertes. El lapso de estudio resulta aún más insignificante si se compara con el ciclo de fenómenos climáticos importantes, por ejemplo el fenómeno de la Niña, que afectan el comportamiento climático de amplias zonas del globo.
- El consorcio recomienda continuar todos los controles en el largo plazo, en lugar de interrumpirlos después de un periodo seco en el cual el fenómeno aparentemente se estabiliza o y desaparecen las quejas de la comunidad
- El consorcio recomienda al Fopae tapar las grietas actuales con suelo (agregando en lo posible cal o cemento) y solicitar a la EAAB, si así lo estima

conveniente, la implementación de una solución urgente para evitar los flujos de aguas lluvias y servidas que actualmente llegan al talud.

- Con respecto al control de inclinación en la masa de suelos (inclinómetros), ambos aparatos, se insiste, indican movimiento superficial en el sector de Gran Colombia, movimiento que puede deberse a las aguas servidas y aguas lluvias provenientes de las casas loma arriba de la zona de estudio.
- En cuanto al control de los Piezómetros de Casagrande instalados en la zona alta del Barrio Gran Colombia indican que en la zona hay estabilidad desde el punto de vista de las presiones.
- En cuanto al control fotográfico, en este caso de Manila Gran Colombia, y dado el periodo restringido de control, no resultaron útiles.
- Los Piezómetros de Casagrande instalados en la zona alta del Barrio Gran Colombia (ver anexo No 6) indican que en la zona hay estabilidad desde el punto de vista de las presiones.
- El consorcio LFO-SFISA insiste en las alertas obtenidas en el presente informe son de carácter indicativo, lo que sugiere cierto criterio y prudencia a la hora de utilizarlas y suponen una continuidad en las lecturas en el largo plazo, y revisiones periódicas de tales niveles en función de los valores obtenidos.
- Adelantar un estudio general (geomorfológico, geotécnico, hidrológico, hidráulico, ambiental, etc.) de toda la cuenca del río San Cristóbal, tendiente a adelantar un diagnóstico sobre su estado actual (principalmente en la zona poblada) y a generar recomendaciones particularmente referentes a: la recuperación de la cuenca y del cauce del río, el ordenamiento respecto al uso de la ronda del río en toda su longitud, el manejo de aguas negras en toda la zona poblada, la definición de puntos importantes de monitoreo para la seguridad de la población existente en el área, la definición de un sistema de alarma que permita la evacuación de los ribereños en caso de crecientes de bajas frecuencias y a la construcción de obras de protección en los sitios inestables, donde éstas son inminentes en la actualidad.

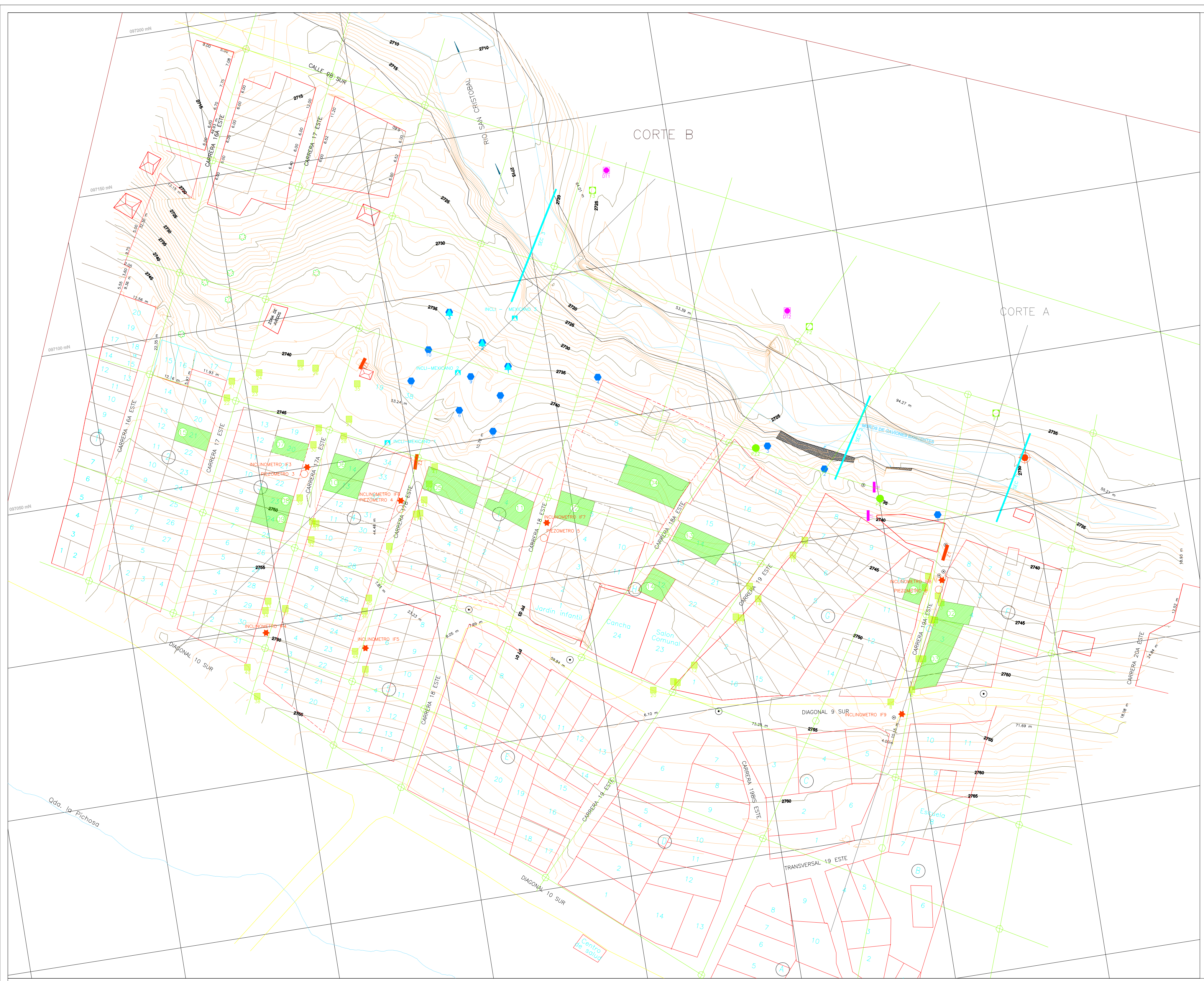
Gustosamente aclararemos cualquier duda acerca del presente informe

## **SALAZAR FERRO INGENIEROS**

Francisco Salazar Ferro

Ingeniero Civil Mat 25 202 10836





MOJONES		
	ESTE	NORTE
M-01	101041.846	97050.708
M-02	101034.409	97065.837
M-03	100985.593	97073.135
M-04	100929.504	97096.153
M-05	100884.870	97078.306
M-06	100867.739	97085.217
M-07	100867.826	97094.926
M-08	100897.313	97090.103
M-09	100887.514	97096.344
M-10	100873.544	97105.242
ESTACAS		
ES-11	100899.870	97099.726
ES-12	100891.343	97107.600
ES-13	100880.427	97117.623
DELTA TOPOGRAFICO		
DT-01	100932.349	97164.502
DT-02	100992.152	97118.076
PUNTO FOTOGRAFICO		
PF-01	101061.014	97084.263
PF-02	100999.438	97112.840
PF-03	100927.769	97157.908
NIVELETAS		
01	101038.770	97030.374
02	101037.717	97026.604
03	101043.053	97021.614
04	101040.888	97015.840
05	101037.002	97003.026
06	101033.330	96992.812
07	101039.858	97015.968
08	101026.313	96988.789
09	101041.932	97023.837
10	101035.603	97003.107
11	100955.831	96995.177
12	100961.429	97000.963
13	100976.927	97016.598
14	100982.524	97022.886
15	100994.019	97037.331
16	100997.916	97042.220
17	100979.741	97027.089
18	100975.126	97016.932
19	100964.519	96995.563
20	100947.867	96992.722
21	100908.578	97004.839
22	100906.915	97009.315
23	100816.181	97092.228
24	100817.623	97097.637
25	100831.312	97100.748
26	100836.233	97099.147
27	100847.329	97092.287
28	100845.587	97076.712
29	100837.313	97079.370
30	100835.543	97073.848
31	100836.467	97047.848
32	100834.839	97042.419
33	100829.577	97022.126
34	100819.678	97019.009
35	100850.018	97043.978
36	100835.192	97048.460
37	100826.269	97019.705
38	100817.004	96990.678
39	100830.994	97056.261
40	100813.723	97000.263
41	100875.599	97066.529
42	100873.820	97060.852
43	100872.178	97055.611
44	100870.794	97051.195
45	100853.859	97023.141
46	100852.434	97018.816
47	100869.460	97050.896
48	100849.315	97005.494
49	100860.643	97040.240
50	100852.712	96999.611
PIEZOMETROS		
PZ-01	101022.800	97056.027
PZ-02	100981.739	97072.717
INCLINOMETROS		
IN-01	101018.856	97050.396
IN-02	101020.860	97059.802
ZANJAS		
Z1	101045.117	97040.678
Z2	101043.537	97035.616
Z3	100869.086	97065.687
	100869.740	97070.623
	100850.883	97048.995
	100852.650	97102.368

EXISTENTES		SUGERENCIAS	
	MOJONES		MOJONES
	PIEZOMETROS		PIEZOMETROS
	INCLINOMETROS		INCLINOMETRO MEXICANO
	ZANJAS		INCLINOMETRO
	DELTA TOPOGRAFICO		
	ESTACION FOTOGRAFICA		
	MIRA CONTROL NIVEL RIO		
	SECCION		
	NIVELETAS		
	ESTACAS		



## **ANEXO No. 1 CARACTERIZACION GEOTECNICA**

PROYECTO: BARRIO GRAN COLOMBIA PERFORADOR: EMILIO POVEDA

SONDEO: S2 - 1 2

EQUIPO:

LONG YEAR 38

COTA:

FECHA INICIAL:

04-02-2000

DIRECCIÓN:

FECHA TERMINACION,:

08-02-2000

TABLA DE AGUA:

HOJA 1 DE 2

REPR. GRAFICA	PROF.	COTAS	CLASIFICACION	MUESTRAS
	0.60	-0.60	GRAVAS EN MATRIZ DE ARCILLA CARMELITA Y VETAS DE OXIDO	
	1.20	-1.20	GRAVAS EN MATRIZ DE ARCILLA GRIS OSCURA	M1 O a 0.60 m. HQ Rec. 50%
	2.30	-2.30	GRAVAS EN MATRIZ DE ARCILLA GRIS OSCURA	M2 0.60 a 1.20 m. HQ Rec. 33%
	4.20	-4.20	GRAVAS EN MATRIZ DE ARCILLA GRIS OSCURA	M3 1.20 a 2.30 m. HQ Rec. 36%
	5.20	-5.20	GRAVAS GRISES Y HABANAS CON MATRIZ DE ARCILLA CARMELITA CLARA	M4 2.30 a 4.20 m. HQ Rec. 18%
	5.55	-5.55	ARENA FINA CARMELITA CON LENTES DE ARCILLA GRIS Y GRAVAS	M5 4.20 a 5.20 m. HQ Rec. 35%
	8.30	-8.30	LIMOLITA GRIS OSCURA	M6 5.20 a 5.60 m. HQ Rec. 100%
	10.00	-10.00	LIMOLITA GRIS OSCURA	M7 5.60 a 8.30 m. HQ Rec. 33%
				M8 8.30 a 10.20 m. HQ Rec. 1.4/1.9

PROYECTO: BARRIO GRAN COLOMBIA PERFORADOR: EMILIO POVEDA

SONDEO: I-2

EQUIPO:

LONG YEAR 38

COTA:

FECHA INICIAL:

04-02-2000




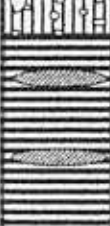
DIRECCIÓN:

FECHA TERMINACION,:

08-02-2000

TABLA DE AGUA:

HOJA 2 DE 2

REPR. GRAFICA	PROF.	COTAS	CLASIFICACION	MUESTRAS
	10.20	-10.20	GRAVAS EN MATRIZ DE ARCILLA GRIS	
	11.20	-11.20		M9 10.20 a 11.20 m. HQ Rec. 30%
			LUTITA DESCOMPUESTA GRIS OSCURA	
	12.00			M10 11.20 a 12.00 m. HQ Rec. 35%
	13.50	-13.50		M11 12.00 a 13.50 m. HQ Rec. 67%
			GRAVAS DE COLOR GRIS CLARO, LUTITA Y LIMO GRIS OSCURO	
	14.90	-14.90		M12 13.50 a 14.90 m. HQ Rec. 32%
			LUTITA DESCOMPUESTA GRIS OSCURA Y LENTES DE ARCILLA	
	16.40	16.40		M13 14.90 a 16.40 m. HQ Rec. 27%



PROYECTO: BARRIO GRAN COLOMBIA PERFORADOR: EMILIO POVEDA

SONDEO: S4 - P 2

EQUIPO:

LONG YEAR 38

COTA:

FECHA INICIAL:

04-02-2000

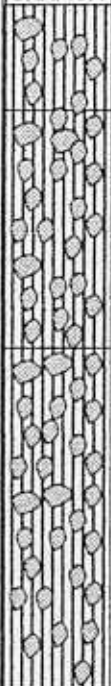
DIRECCIÓN:

FECHA TERMINACION:

08-02-2000

TABLA DE AGUA:

6.3 HOJA 1 DE 1

REPR. GRAFICA	PROF.	COTAS	CLASIFICACION	MUESTRAS
	0.90	-0.90	GRAVA DE COLOR GRIS Y HABANA CON LIMO DE COLOR CARMELITO	M1 a 0.90 m. HQ Rec. 33%
	2.30	-2.30	GRAVA DE COLOR GRIS CON ALGO DE LIMO GRIS OSCURO	M2 0.90 a 2.30 m. HQ Rec. 36%
	5.00	-5.00	GRAVAS GRISES CON ALGO DE LIMO GRIS OSCURO	M3 2.30 a 5.00 m. HQ Rec. 37%
	8.00	-8.00	ARENISCA COLOR GRIS CON VETAS CARMELITAS PRESENCIA DE OXIDO	M4 5.00 a 5.60 m. HQ Rec. 100%
				M6 6.60 a 7.20 m. HQ Rec. 100%
				M7 7.20 a 8.00 m. HQ Rec. 100%

## PERFILES ESTRATIGRAFICOS

M S-1A - INCLINÓMETRO 1		
1	Material	N
1	Refrero en arcillos	12+10+18 5+8+10 7+8+10 10+12+8 7+8+5 8+10+25
2	2.60	
3		
4		
5	Piedra	
6		
7	gris	
8		
9		
10	8.50 Arcilla gris oscura	10.40
11	Piedra gris con lentes de arcilla	
12	12.60	
13	Roca negra	13.70
14	Pérdida de agua	
15		
16		

1014.10N

M S-1 - INCLINÓMETRO 1		
1	Material	N
1	Gravas de arenisca con matriz de arcilla color caramelo clara con gravas gris y habanas	
2	Arenisca y gravas con matriz de arcilla	1.80 2.40
3	Gravas con matriz de arcilla color habano o vetas grises rojizas	3.50
4	Arenisca color gris clara con vetas gris oscura	4.50
5	Arenisca color gris clara	5.10
6	Gravas compuestas de arenisca color gris clara, vetas oxidadas, gris oscura	
7	7.10	
8	limonitas descompuestas color gris oscura	8.70
9		
10	Limo gris oscuro con gravas y vetas habanas oxidadas	
11	11.50	
12	Limo algo arcilloso color gris con gravas	12.10
13	Lutita descompuesta color negro	
14	14.00	
15	Arcilla gris oscura	15.40
16		

Nivel del agua  
FEBRERO 7 A LAS 8:00PM A - 9.50m  
FEBRERO 7 A LAS 8:15PM A - 11.30m

M S-2 - INCLINÓMETRO 2		
1	Material	N
1	Gravas en matriz de arcilla caramelo con vetas amarillas oxidadas	0.80
2	Gravas en matriz de arcilla gris oscura	7.20
3	Gravas grises y amarillas con arena fina, calé y algo de arcilla	2.40
4	Gravas grises y habanas en matriz de arcilla caramelo oscura	
5	4.20	
6	Arena fina caramelo con lentes de arcilla gris y gravas caramello	5.20
7	Lutita gris oscura	
8	7.30	
9	Gravas caramello claras en matriz de arcilla gris	
10		
11	11.20	
12	Lutita descompuesta gris oscura	
13	13.50	
14	Gravas gris claras lutita y limo gris oscura	
15	14.90	
16	Lutita descompuesta gris oscura y lentes de arcilla	16.40
17		

M S-3 - PIEZÓMETRO 1		
1	Material	N
1		5+4+3
2	Refrero en	1+2+2 1+2+2
3	terro	1+3+4
4		5+2+5
5	4.90	8+15+26
6	Arcilla gris oscura con gravas Consistencia alta	16+22+31
7	7.00	
8	Roca	100+95+80
9	gris oscura	
10	10.00	40+70+70
11		
12		
13		

M S-4 - PIEZÓMETRO 2		
1	Material	N
1	Gravas grises y habanas con limo caramelo	0.90
2	Gravas grises con algo de limo	
3	gris oscura	
4		
5	5.00	
6	Arena color gris con vetas caramello oxidadas negras y habanas	
7		
8	8.00	
9		

Nivel del agua  
FEBRERO 15 A LAS 6:00PM A - 8.30m

### NOTAS

Sondeos realizados con equipo de Percusión y lavado, ensayo de penetración.  
N. Numero de golpes para penetrar 6" tamamuestra Ø2" martinete 140lb. nivelamiento Ø1" y calzo 30"  
NA Posición del nivel tratado aparente.

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones

UPES-FOPAE

LFO 8934

SAN CRISTOBAL SUR  
CALLE 8 No 19-36 SUR

Fecha: FEBRERO 24-2000

Ver informe de suelos.

SONDOS

**ANEXO No. 2 CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA E  
HIDROLÓGICA**

# **RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA INFORMACIÓN HIDRÁULICA E HIDROLÓGICA DISPONIBLE PARA LOS ESTUDIOS DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA**

## **I. INTRODUCCIÓN**

En este documento se presentan los análisis preliminares sobre la información recopilada hasta la fecha, en el área de hidráulica e hidrología, como parte del proyecto de Diseño e Instalación de la Instrumentación para el Monitoreo de los Barrios Manila y Gran Colombia, localizados en la cuenca del río San Cristóbal, al sur-oriente de la ciudad de Bogotá.

Esta primera parte de los trabajos se han recopilado fundamentalmente los informes de los proyectos realizados por las firmas Ifcaya Ltda. para la Secretaría de Obras Públicas del Distrito en 1988, llamado "Estudio geológico y geotécnico de los barrios Gran Colombia, El Triángulo, Corinto y Ramajal y por Ingeocim Ltda. para UPES -FOPAE, en 1998, llamado "Estudios y diseños de estabilidad geotécnica, control de erosión y manejo de aguas para la estabilización de taludes, correspondiente a la zona de los barrios Manila y Gran Colombia.

Considerando que los análisis realizados tienen como objetivo sintetizar un poco la información disponible de acuerdo con la idea de permitir en un futuro simular, bajo diferentes escenarios, el comportamiento de la cuenca del río San Cristóbal y la posible afectación del cauce en la zona del proyecto, inicialmente se revisará el objetivo de la información hidrológica e hidráulica producida en cada uno de los informes antes mencionados y entonces se realizará una revisión y un análisis conceptual para la selección de aquellos parámetros que se consideren de interés, de acuerdo con el objetivo general del proyecto.

Resulta importante anotar que la información retenida al final de los presentes estudios, no se considera en ningún momento la única importante, pues en los dos estudios analizados, se han realizado actividades que han permitido obtener información muy valiosa cuando se adelanten nuevos estudios, no orientados realizar procesos de simulación, que requieran de toda la información disponible para la realización de los análisis cualitativos y cuantitativos correspondientes. Lo anterior quiere decir que, de los informes disponibles, no hay información, salvo que se compruebe su mala calidad, que pueda ser desechada por no considerarse de utilidad presente o futura.

Así mismo debe destacarse que el análisis sobre la información disponible se ha realizado fundamentalmente desde el punto de vista conceptual y metodológico ya que no se dispone en el momento de la información básica utilizada para la obtención de resultados. De igual manera, se ha partido de que una vez definidas las metodologías, los procedimientos de medición y cálculo han sido, en todos los casos, realizados adecuadamente.

## II. ESTUDIOS DE IFCAYA LTDA.

De acuerdo con la información disponible de dichos estudios, los trabajos en el área de hidráulica e hidrología están orientados a la obtención de los parámetros necesarios para adelantar los análisis correspondientes a la estabilidad geológica y geotécnica del sector que comprende entre otros al barrio Gran Colombia.

En consecuencia, se realizó un análisis general de la cuenca del río San Cristóbal, con base en el cual se identificaron, utilizando las lecturas de mira de la estación El delirio, algunos caudales de creciente esperados en el sector de interés. Sobre dicha cuenca no se realizaron más que mediciones cartográficas y se adelantó el procesamiento de parte de la información secundaria disponible.

Simultáneamente se realizó un estudio un poco más detallado de sobre la cuenca de la quebrada Aguas Claras (La Pichosa), en el cual, además de estimar parámetros promedios, desde el punto de vista hidrológico e hidráulico, se realizaron algunas mediciones tendientes a verificar posibles filtraciones del flujo de la quebrada hacia el río San Cristóbal. Los trabajos ejecutados y los principales resultados obtenidos son los siguientes:

### 2.1 Cuenca del Río San Cristóbal

#### 2.1.1 Características físicas y morfológicas de las cuencas.

Teniendo en cuenta el sitio de proyecto, se consideraron las cuencas alta y media del río San Cristóbal, es decir desde su nacimiento hasta el Instituto Nacional de Ciegos en la parte más baja. Se definieron dos puntos de control importantes en el estudio, el primero localizado en la estación de precipitación y caudales El Delirio, localizada en la parte media y el otro sitio, abajo, en el Instituto. La cuenca del río hasta la estación El Delirio se subdividió en dos cuencas, la de la corriente Palo Blanco y la de la quebrada la Ossa. En el cuadro siguiente, se resumen las principales características de cada uno de los tres sectores.

CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS SUBCUENCAS DEL  
RIO SAN CRISTOBAL HSTA EL I. N. C.

Parámetro	Cuenca del Palo Blanco	Cuenca de La Ossa	Cuenca entre El Delirio y el Instituto
Cota Superior [msnm]	3600	3650	3600
Cota Inferior [msnm]	2900	2900	2650
Longitud del cauce principal [km]	5.7	3.5	3.4
Ancho medio [km]	3.2	2.1	2.5
Area de drenaje [km <sup>2</sup> ]	14.7	7.2	8.4
Factor de pend. de la cuenca [%]	15.2	19.8	6.6
Forma de la cuenca	Red.	Red.	Red.
Tiempo de concentración [min] <sup>1/</sup>	90	45	60

<sup>1/</sup> Dichos valores han sido revisados durante los presentes estudios

## 2.1.2 Condiciones climatológicas de la zona

Los estudios climatológicos realizados permitieron la obtención de parámetros medios, tendientes a suministrar información sobre las condiciones locales, sobre todo en lo referente a los cambios estacionales, es decir al análisis temporal interanual de la cuenca. En general se estudiaron los promedios de los registros de precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidades del viento. Esta información, aunque general, resulta importante para predecir el comportamiento global del río en el transcurso del año, dado que los eventos lluviosos rápidamente se convierten en escorrentía superficial, debido al tamaño de la cuenca.

- **Precipitación**

Como parte de los estudios ecológicos de la zona de proyecto se trazaron las isoyetas medias multianuales para la cuenca del río San Cristóbal. De éstas se pudo deducir que para la parte alta del río, la precipitación total promedio es de alrededor de 1500 mm/año, en tanto que para la parte baja, su valor se reduce considerablemente hasta cerca de los 1000 mm/año.

Con base en el llamado análisis de "Climatología Dinámica", se concluye en el estudio que el régimen de lluvias es de tipo bimodal (dos modos), con inviernos en los períodos de abril -mayo y octubre -noviembre y épocas de aguas bajas en los meses restantes. Dicha conclusión, se comenta en el informe, solo es claramente corroborada en los histogramas de las estaciones de la parte baja de la cuenca y se comenta que la influencia de fenómenos locales en la parte alta, ocasionan algunas modificaciones en el régimen de las estaciones allí localizadas.

Esta situación merece un comentario especial, ya que cuando se revisa el hidrograma de caudales medios para la estación El delirio en el período 1966 - 1986, se puede apreciar claramente que el régimen de caudales corresponde al de las estaciones ubicadas precisamente en la parte alta de la cuenca y que coincide con el régimen hidrológico de la cuenca de los llanos, lo cual ocurre frecuentemente en las cuencas de la parte más alta de la Cordillera Oriental, como es el caso que nos ocupa.

En consecuencia, debe concluirse que predomina en el régimen de la cuenca del río San Cristóbal, el régimen de las estaciones de la parte alta, el cual se caracteriza por ser del tipo monomodal, con máximos hacia la mitad del año y mínimos entre diciembre y febrero. La influencia del régimen de la parte baja de la cuenca, se ve reflejado con algunos picos de caudal en los meses de abril o noviembre, los cuales sin embargo no alcanzan los valores registrados regularmente para los meses de junio y julio.

Por otra parte, en el informe se dice que desde el punto de vista de la estabilidad de la zona de proyecto resultan de mayor importancia las lluvias intensas, razón por la cual se les prestaría especial atención en el estudio. Sin embargo, al menos en la información disponible, no se hace referencia a este tipo de análisis, ni a resultados obtenidos y mucho menos a su utilización dentro de los estudios de estabilidad, en la zona de proyecto.

A pesar de lo anterior, en la información recopilada de estudios posteriores, si se hace un análisis de lluvias intensas, por lo cual esta información puede adoptarse para el área de interés.

- **Temperatura**

De acuerdo con la información de las estaciones analizadas en el estudio, la temperatura media de la cuenca se encuentra entre los 7.5°C y los 10.0°C, con máximos próximos a los 22.0°C y mínimos alrededor de los -2.5°C.

- **Humedad relativa**

La humedad relativa en la cuenca del río San Cristóbal varía con la altitud de la misma; de acuerdo con los registros disponibles se pudo establecer que para la parte alta la humedad relativa media es del orden de 87%, 83% para la zona media y para la baja. Si embargo se registran en la casi toda la cuenca máximos del 99% y 100% y mínimos en la parte baja hasta de 26%. Estos cambios tan considerables, solamente permiten advertir la gran variabilidad de las condiciones climáticas de la zona.

- **Vientos**

En los estudios se indica que la dirección predominante es Sureste, sin embargo es probable que existan fenómenos locales que afecten esta condición ya que por el régimen pluviométrico de la parte alta de cuenca, parece que aparecieran con mucha frecuencia corrientes que arrastran masas importantes de agua en la dirección oeste, Sin embargo, este no resulta un aspecto relevante respecto al objetivo de los presentes estudios, razón por la cual no se entrará en mas detalle al respecto.

Las velocidades medias cerca de la superficie tienen un valor promedio de 5.2 km/h, con máximos medios e hasta 15 km/h.

### **2.1.3 Estudio de caudales**

Para el análisis de los caudales del río San Cristóbal se utilizaron básicamente los registros de 35 años de la estación El Delirio (E.A.A.B). En este sitio, localizado unos 3 km aguas arriba del barrio Gran Colombia, el área de drenaje es de aproximadamente 22.0 km<sup>2</sup>. El caudal promedio estimado hasta este sitio es de 0.68 m<sup>3</sup>/s, lo cual representa un rendimiento medio de 31l/s km<sup>2</sup>. Según se ha observado, la corriente es de tipo permanente, aunque en épocas de aguas bajas solamente transporta unos pocos litros por segundo.

Respecto a los caudales máximos, de gran importancia en relación con los aspectos que tienen que ver con la estabilidad de las zonas aledañas al cauce del río, se obtuvieron registros, con datos hasta 1986, de 55.8 m<sup>3</sup>/s (Nov. 1967), 61.6 m<sup>3</sup>/s (Jun. 1980) y 51.4 m<sup>3</sup>/s (Jul. 1982). Dichos valores, de acuerdo con estudios realizados posteriormente, tienen un período de recurrencia de alrededor de 10 años, sin embargo, dados los procesos de deforestación y actividad humana en general en toda la cuenca, es posible que aumenten su frecuencia, razón por la cual resultaría importante actualizar permanentemente el análisis de

frecuencia, con lo cual sería posible definir, en caso de que se diseñen y construyan obras de protección, su riesgo de falla.

Respecto a estos registros de caudal máximo, no se conoce cómo fueron estimados, ya que la estación no es registradora y solamente se realiza una lectura diaria, por cuanto los datos disponibles son puntuales y solo permiten la estimación de los caudales medios diarios que pueden diferir de manera importante, por las características de la cuenca, con los caudales pico. En consecuencia, resultaría útil conocer la metodología de procesamiento de la información con el fin de aclarar el significado real de los caudales mencionados.

Las crecientes en la zona son de muy altos picos respecto a los caudales medios y de muy corta duración, esto debido al carácter torrencial de la corriente. En consecuencia, debe resultar normal que las avenidas tengan duraciones del orden de 3 horas, con picos que pueden durar solamente unos pocos minutos. Esto ratifica la observación realizada en el párrafo anterior y por otra parte indica la rapidez con la que se pueden presentar situaciones no deseables, principalmente en las zonas inestables de la cuenca.

## **2.2 Quebrada Aguas Claras (La Pichosa)**

Aunque respecto a la estabilidad de las zonas en estudio en los barrios Manila y Gran Colombia, los análisis realizados sobre la cuenca del río San Cristóbal no dejan de aportar información de interés, quizá más relevantes ha sido los resultados obtenidos de los trabajos ejecutados en la cuenca de la quebrada Aguas Claras.

Como ya se mencionó anteriormente, sobre esta cuenca se efectuaron algunas mediciones que (asumiendo su correcta ejecución), proporcionaron información contundente sobre la influencia de esta corriente sobre las zonas inestables de los barrios en estudio.

### **2.2.1 Características físicas de la cuenca de la quebrada Aguas claras**

La cuenca de la quebrada se encuentra hacia la margen izquierda del río San Cristóbal; la longitud de su cauce es de tan solo 3.2 km y su área de drenaje medida es de unas 160 ha (1.6 km<sup>2</sup>). La corriente es de carácter permanente con un caudal medio estimado de unos 19 l/s, con mínimos en épocas de verano de 2 l/s y máximos hasta de 50 l/s.

La quebrada nace hacia los 3400 msnm y entrega sobre la cota 2700 msnm, con una pluviosidad media anual de unos 1300 mm. Desde el año de 1950 se han detectado cambios muy importantes en la cuenca, ocasionados por la intervención del hombre, despojándola de gran parte de su cobertura vegetal e incluso realizando modificaciones sobre su cauce natural. Por la forma de la cuenca y su pendiente, se reconoce como una corriente con tendencia a las crecientes, más en la medida que se deterioren sus condiciones naturales.

Anteriormente existían algunas lagunas que ayudaban a amortiguar las crecientes, sin embargo tres de estas han desaparecido, propiciando una concentración más rápida de las corrientes. Aunque toda esta información resulta muy importante, sobretodo en el aspecto local dada la alta densidad de población actualmente en la cuenca, existen informaciones de gran interés en lo que se relaciona con la cuenca del río San Cristóbal en la zona de los barrios en estudio.

En general el cauce de la quebrada en el área de interés transita por formaciones geológicas altamente permeables, lo cual, según se estimó en un balance hídrico global, permite unas pérdidas por infiltración equivalentes a unos 19 l/s hacia la cuenca del San Cristóbal, parte



de las cuales fluyen por la zona donde se encuentran localizados los barrios Manila y Gran Colombia. Considerando la trascendencia que este proceso puede tener respecto a la estabilidad de los sitios de asentamiento de los barrios, se realizaron algunos aforos de caudal (no se menciona la metodología), a partir de los cuales se pudo corroborar el fenómeno.

El proceso consistió en tomar medidas de caudal entre el puente de Aguas Claras y el del barrio el Pilar, es decir en la zona en donde la quebrada gira hacia el occidente, en la parte alta del barrio Nueva Granada. Durante todo el proceso de medición se detectaron pérdidas de agua en la corriente, lo cual ratificó los resultados obtenidos inicialmente.

El proceso de medición se realizó inicialmente cada 2 o 3 días y posteriormente cada semana, obteniéndose en todos los casos resultados similares, con pérdidas por infiltración que variaron entre 0.18 y 0.9 l/s, valores importantes, por lo menos para modificar en tiempos relativamente cortos las condiciones de humedad del suelo en las zonas inestables y en consecuencia parte de sus características mecánicas.

### **III. ESTUDIOS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS DE INGEOCIM LTDA.**

Estos estudios, de acuerdo con la información disponible se orientaron a la obtención de los caudales y parámetros hidrológicos en general, que permitieran el dimensionamiento hidráulico y diseño de las posibles obras de protección en las zonas inestables de los barrios Manila y Gran Colombia.

Tal como reza el informe, la mayoría de los cálculos se realizaron por métodos indirectos, utilizando la información cartográfica (características físicas de las cuencas), y los registros de precipitación máxima en 24 horas disponible en las estaciones analizadas.

#### **3.1 Información básica utilizada**

- **Cartografía**

Se utilizó la disponible en el IGAC, en escala 1 :25.000 y fue empleada para la localización de las cuencas de interés y para la medición de sus características físicas.

- **Información Pluviométrica y de caudales**

Se recopiló información de 4 estaciones pluviométricas y una estación de caudales. No se recopilaron registros de pluviógrafo para el análisis de lluvias intensas, por lo cual se acudió a otros estudios realizados anteriormente que involucran la zona de interés.

- **Estudios existentes en la zona de proyecto**

Se utilizó el estudio para el análisis y caracterización de tormentas en la sabana de Bogotá, realizado para la E.A.A.B. por la firma I.R.H Ltda. En 1995. De dicho estudio se tomaron los resultados correspondientes al análisis de lluvias intensas para la zona de proyecto.

### 3.2 Características físicas de la cuenca hasta los barrios en estudio

Aunque parte de esta información fue retenida de los estudios anteriores, en este caso se midieron definieron algunas características, a partir de mediciones realizadas hasta el sitio de interés, resultando en consecuencia información complementaria a la proporcionada por Ifcaya Ltda.

Se midió en la cartografía un área de drenaje hasta el sitio de interés de 26.5 km<sup>2</sup>, con una longitud del cauce principal de 7.9 km, un perímetro de 22.7 km y pendientes variables, con sectores de pendientes abruptas hasta del 69% y más planas, en la parte más baja del orden del 6%.

### 3.3 Precipitaciones medias

Los resultados obtenidos respecto a la precipitación total no difieren mayor cosa de los del estudio anterior, sin embargo, debido a las estaciones seleccionadas para el análisis, se aprecia más claramente la influencia del régimen pluviométrico del llano o de la Orinoquía, situación que difiere completamente de la conclusión sobre el régimen pluviométrico obtenida de los estudios de Ifcaya Ltda. y que según se mencionó anteriormente es evidente en el régimen pluviométrico registrado en la estación de caudales del El Delirio.

Vale la pena mencionar que en estos estudios no se consideró la estación Palo Blanco, localizada en la parte media alta de la cuenca, de alta representatividad en el régimen hidrológico. Sin embargo, no se insiste en este aspecto teniendo en cuenta que esta información no se empleó en el cálculo de las crecientes de diseño, objeto particular de dichos estudios.

Así mismo, como parte de los análisis de la precipitación media, se estableció la curva de variación de la precipitación media con la altitud, aunque la relación obtenida no es demasiado clara, se concluye que las mayores precipitaciones anuales ocurren en la cuenca del río San Cristóbal hacia los 3000 msnm. Este tipo de información que resulta de utilidad en algunos procesos de modelación de cuencas, deben en general realizarse con más estaciones que las 4 utilizadas en los estudios de Ingeocim Ltda., en consecuencia, aunque los resultados obtenidos pueden dar una idea de este parámetro, deben ser utilizados con reserva en caso de tratar de extraer información para futuros procesos de simulación.

### 3.4 Precipitaciones máximas

En el análisis de precipitaciones máximas, se pueden destacar tres actividades diferentes:

- **Análisis de distribución de probabilidad:** Se realizó para las precipitaciones máximas en 24 horas sobre series de registros de las estaciones pluviométricas de El Delirio, El Verjón, La María y Vitelma. En cada caso se hicieron ajustes a diferentes distribuciones teóricas de probabilidad y se aceptó como la más representativa o de mejor ajuste la correspondiente a la distribución de extremos Tipo la de Gumbel.

En realidad se puede decir que para cualquier distribución de extremos, los valores obtenidos son del mismo orden de magnitud en todas las estaciones, tal como se puede apreciar en los cuadros anexos al informe de hidrología disponibles, lo anterior debido a

que para períodos de retorno de hasta 100 años, la mayoría de las distribuciones no presentan diferencias importantes.

De esta manera, los resultados obtenidos para lluvias máximas de 24 horas Con un período de retorno de 100 son los siguientes:

<b>Estación</b>	<b><math>P_{\max}</math> 24 h <math>T_R = 100</math></b>
El Delirio	600 mm
El Verjón	89 mm
La María	88 mm
Vitelma	71 mm

De acuerdo con lo establecido en el documento de los estudios, dicha información fue utilizada para el cálculo de los caudales de diseño, estableciendo a través de métodos semiempíricos la relación entre las lluvias de 24 horas y las de menor duración, correspondientes a los tiempos de concentración de cada subcuenca.

Con tal fin se establece una metodología que involucra una serie de coeficientes empíricos (o de la experiencia), y de esta manera se calculan las lluvias para aplicar a uno de los métodos hidrológicos empleados para el cálculo de los caudales de diseño. Si embargo, el cuerpo del informe principal, se dice que se ha adoptado como representativa para la zona de estudio, la curva I -D- F, de la estación Venado de Oro, de acuerdo con las recomendaciones del "estudio para el análisis y caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá" realizado por I.R.H. Ltda., en el año de 1995.

De acuerdo con lo anterior, si ya se disponía de dichas curvas, de las cuales es posible obtener las precipitaciones para diferentes duraciones y períodos de retorno, resulta contradictoria toda la metodología descrita en el anexo hidrológico, tendiente a obtener la misma información, utilizando los datos de otras estaciones. Es probable que se haya utilizado una información para el diseño de obras de drenaje y otro para el cálculo de caudales de la cuenca del río, pero de todas formas resulta extraño que la estación, llamada representativa del sector de los barrios Manila y Gran Colombia, no de haya considerado en los análisis de la cuenca completa

Un conflicto de información similar se presenta respecto a las precipitaciones media, aunque este carece de importancia por cuanto estos valores no fueron empleados para la estimación de caudales de creciente.

- **Período de Retorno y Análisis de Riesgo:** Para la estimación de riesgo de falla o de insuficiencia aceptada para las obras, se asumió un período de retorno de los eventos hidrológicos de 100 años y una vida útil media de las obras de 25 años. Conceptualmente esto quiere decir que, el riesgo corresponde a la probabilidad de que dentro del período de vida útil de las obras se presente un evento capaz de igualar o superar aquel utilizado como parámetro de diseño, es decir el correspondiente al período de retorno seleccionado.

Para los valores antes indicados, se obtuvo un riesgo de falla o probabilidad de falla de 22%. Dicho valor, aunque es un poco alto, solo puede modificarse al variar alguno de los criterios de diseño.

- **Precipitaciones máximas esperadas en la subcuencas:** Para obtener dicha información, se estableció nuevamente una relación entre la magnitud de las precipitaciones máximas en 24 horas, para períodos de retorno de 50 y 100 años, y la altitud de las estaciones utilizadas en el estudio.

Al respecto cabe anotar que esta es una metodología francamente poco utilizada para el análisis de lluvias intensas y aunque los resultados obtenidos no presentan órdenes de magnitud absurdos, sí deben ser empleados solamente en caso de no disponerse de otra metodología de cálculo. Esto resulta aún más importante cuando el máximo obtenido de 91 mm/h, se considera representativo y uniforme para la cuenca que tiene un área de casi 30 km<sup>2</sup>.

Esta metodología puede ser modificada utilizando los registros disponibles y estableciendo una sectorización o ponderación a partir de métodos hidrológicos corrientes, que involucren además un análisis, por lo menos cuantitativo, en el que se considere la localización de las estaciones y las características topográficas de la cuenca.

### 3.5 Metodologías para el Cálculo de Caudales Máximos

Debido a que el cálculo de los caudales de creciente para el diseño de las obras se realizó a partir de métodos indirectos, se consideró preciso estimar dichos valores por dos métodos, de tal manera que fuera posible disponer más de un valor de referencia. Se emplearon entonces los métodos que a continuación se presentan:

- **Hidrograma unitario triangular del U.S. S.C.S.**

Esta es una metodología universalmente utilizada y sus resultados dependen fundamentalmente de la calidad con que se estimen los parámetros requeridos, tales como el tiempo de concentración de la cuenca, pendiente y longitud del cauce principal y las lluvias de duración igual al tiempo de concentración. Consecuentemente, la variación en los parámetros antes mencionados, implica variaciones, de cualquier magnitud, en los caudales obtenidos. En el estudio que nos ocupa, parámetro crítico resulta la lluvia, ya que las características físicas han sido definidas con mucha claridad. Y es aquí precisamente donde queda una duda, debido a la metodología empleada para definir la lluvia de diseño, debido a la cantidad de parámetros empíricos involucrados.

Por esta razón aunque no se desechan los caudales obtenidos, en caso de que se decida adelantar obras diseñadas con base en estos resultados, sería recomendable revisar la metodología empleada o por lo menos adelantar estimativos por otras vías, que permitan por lo menos verificar las magnitudes de los caudales recomendados, de 110.3 m<sup>3</sup>/s para 100 años y de 99.1 m<sup>3</sup>/s para 50 años de período de retorno.

- **Método de fuller**

Este es otro método semiempírico de utilidad cuando se dispone de caudales máximos medios diarios, como es el presente caso, y se desea calcular caudales pico o máximos instantáneos. En este caso particular la metodología es correcta aunque se debe resaltar que las relaciones empíricas entre caudales para diferentes períodos de retorno

tomando como base los caudales extremos medios con 100 y 500 años de período de retorno, arrojaron resultados bastante diferentes y que no resultan fácilmente comparables con los obtenidos por el primer método descrito.

Es así como se seleccionó el que usa como base el de 500 años, dando como resultado un caudal pico instantáneo para la cuenca de interés de 115.6 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, si se hubiera utilizado el que utiliza como base el caudal máximo medio diario, con  $T_r = 100$  años, es caudal punta para ese mismo  $T_r$  hubiera sido de 75.2 m<sup>3</sup>/s, valor que difiere en más de 31% del caudal calculado por el método del U.S. S.C.S.

### **3.6 Cálculo de los niveles de agua del río San Cristóbal en el sector de los Barrios Manila y Gran Colombia**

De acuerdo con los resultados de caudal obtenidos, cuyos órdenes de magnitud de encuentran dentro de valores razonables para el tamaño de la cuenca y la pluviosidad de la zona, y considerando las características del canal del río en la zona de interés, se ha deducido que el cauce es capaz de transportar los caudales con 100 años de período de retorno, sin producir desbordamientos. Sin embargo, se observa en el informe que las altas velocidades del flujo, con gran capacidad de arrastre de materiales, pueden poner en peligro algunas zonas inestables de los barrios en estudio.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE LOS ANALISIS REALIZADOS**

Las principales conclusiones y recomendaciones que pueden presentarse luego de analizar la información hasta ahora disponible de los estudios hidrológicos e hidráulicos realizados en el área de interés durante los años de 1988 y 1998 por las firmas Ifcaya Ltda. e Ingeocim Ltda. Respectivamente son las siguientes:

- En general toda la información procesada y obtenida en desarrollo de los estudios analizados resulta de interés y en consecuencia debe ser conservada.
- Del estudio de Ifcaya Ltda. Lo más relevante es la demostración de que en la quebrada Aguas Claras (La Pichosa), se producen infiltraciones hacia la cuenca del río San Cristóbal, en el sector de los barrios Manila y Gran Colombia, con lo cual seguramente se están afectando las condiciones de estabilidad en algunos puntos de la zona. Así mismo, el análisis cualitativo realizado sobre el pobre sistema de drenaje de aguas lluvias y servidas del sector, también permitió evidenciar su relación con las zonas inestables.
- Del informe de Ingeocim Ltda. I resulta importante la obtención de caudales de diseño que aunque pueden ser nuevamente evaluados, sus órdenes de magnitud permiten concluir la suficiente capacidad del cauce y al mismo tiempo el riesgo en los puntos inestables por las altas velocidades del flujo.

#### **IV. RESULTADOS FINALES DE LOS TRABAJOS DE LA PRESENTE ETAPA DE LOS ESTUDIOS**

Como parte de los trabajos realizados en la presente etapa de los estudios sobre la cuenca del río San Cristóbal y en particular en la zona de los barrios Manila y Gran Colombia se realizaron la siguientes actividades principalmente:

- Se revisaron los resultados obtenidos en estudios anteriores (para la zona de interés) y se trato de explotar dicha información en torno las repercusiones que puedan tener sobre los barrios objeto del presente trabajo
- Se instaló la mira, de acuerdo con lo previsto en el alcance del proyecto y se tomó la información según las recomendaciones del FOPAE
- Se recopiló y analizó la información proveniente de la mira instalada y de la estación El Delirio, localizada aguas arriba del sitio de interés, con el fin de establecer una relación que permita disponer de series extensas en el sitio de la mira, con el objeto de que con base en ésta información se puedan realizar análisis de frecuencia de caudales y de disponer de algunos elementos que en el futuro permitan modelar las condiciones locales en los aspectos relacionados con el riesgo hidrológico.
- Se sacaron las conclusiones pertinentes, de acuerdo con toda la información disponible y de elaboraron recomendaciones referentes a tanto a la seguridad del sitio de proyecto como a las actividades que se considera importante realizar en el futuro.

##### **4.1 Revisión de los resultados de estudios anteriores.**

De acuerdo con lo establecido durante el análisis de la información disponible de otros estudios adelantados en la zona de proyecto o sobre la cuenca del río San Cristóbal, se adelantaron básicamente cuatro actividades: revisión de las características físicas de las cuencas (hasta El Delirio y hasta el sitio de proyecto); revisión del análisis de lluvias; de las metodologías para el cálculo de caudales y finalmente, de los resultados obtenidos a través de dichas metodologías.

En lo que tiene que ver con los parámetros físicos de las cuencas, éstos fueron revisados o medidos nuevamente y se encontró que la información consignada en los informes anteriores es enteramente confiable, por lo menos al nivel en el que se trabajó en cada uno de ellos.

Respecto al análisis de lluvias muy importante en el proceso de cálculo de caudales de creciente, dado que se emplearon métodos o modelos lluvia -escorrentía, se encontró que el análisis estadístico adelantado para el cálculo de las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno es correcto, por lo menos para la serie disponible y presentada para cada una de las estaciones analizadas.

Por otra parte, existe una aparente inconsecuencia entre dicho análisis y las curvas IDF utilizadas para la zona de proyecto y que fueron entonces adoptadas del estudio de IRH para la EMB: en la selección del aguacero de diseño se dice que se toma una lluvia de alrededor de una hora ( $t_c$ ) y que ésta no supera, de acuerdo con la experiencia, el 20 o 30%

de la lluvia total en 24 horas. Esto quiere decir que para la estación representativa de la cuenca (El Verjón), en donde la  $P_{\text{máx}24\text{h}}$  con un período de retorno  $T_r$  de 100 años es de 91 mm, la precipitación máxima para una hora y el mismo  $T_r$  será de 27 mm. Cuando se revisa la IDF que se tomo como representativa de la cuenca, se puede apreciar que la intensidad máxima para  $T_r = 100$  años y 60 minutos de duración es de 61.53 mm/hr, es decir que en esa hora precipita hasta e167% de la  $P_{\text{máx}24\text{h}}$ .

La anterior situación puede llevar a la estimación de caudales por debajo del lado de la seguridad. Sin embargo, aunque deberían reevaluarse los caudales de diseño, es probable que los órdenes de magnitud se mantengan, dado que la metodología alterna empleada no utiliza la serie de precipitaciones sino la de caudales medios máximos y arrojó unos resultados por debajo de los del método lluvia -caudal, a causa de los valores disponibles para dicha serie, más bajos que los reales, como se verá más adelante.

En consecuencia, se considera que sería recomendable realizar estudios para la estimación de lluvias de diseño (y caudales) con el fin de definir con certeza sus valores más probables y sus posibles consecuencias respecto al sitio particular en estudio.

La revisión metodológica para la estimación de los caudales de diseño se propuso por la diferencia que había (ver numeral 3.5) entre los caudales de diseño calculados por cada una de los métodos empleados. Esto llevó a realizar análisis no solo sobre los algoritmos de cálculo sino sobre la información utilizadas para alimentarlos. Dichos análisis permitieron encontrar diferencias importantes entre la serie de caudales medios máximos utilizada durante el proyecto y la actualmente disponible en la EMB. Cabe anotar que en todos los casos, las diferencias consisten en que los caudales entonces utilizados son en algunos casos considerablemente menores que los registrados en la documentación recientemente obtenida. Esto conlleva a la obtención de parámetros estadísticos menores que a su vez inducen a la subestimación de los caudales para bajas frecuencias ( $T_r$  altos).

Una revisión superficial de la metodología empleada, recalculando algunos valores, permite prever que los caudales obtenidos con las series reales o actuales, hubiera arrojado caudales de diseño ( $T_r = 100$  años), del orden de 110 m<sup>3</sup>/s, es decir muy similares a los obtenidos por el modelo lluvia -escorrentía antes tratado.

De acuerdo con todo lo anterior, aunque queda alguna duda sobre los caudales de diseño, se reconfirma que probablemente al calcular dichos valores por métodos alternos, es posible obtener caudales del mismo orden de magnitud para el período de diseño, lo cual hizo parte del cuarto aspecto adelantado como parte de los estudios. Cabe aclarar en este punto que no se repitió todo el proceso de cálculo ni se trataron metodologías alternas, ya que los procesos son largos, requieren información de campo adicional y no era parte de los trabajos del presente proyecto.

De la revisión de los resultados de estudios anteriores se puede entonces concluir que:

- O no es clara la información presentada en los informes o existen algunas inconsistencias en el análisis de precipitaciones de la zona.
- Se considera que dichas inconsistencias pueden alterar los caudales de diseño estimados, pero no en forma substancial. Es decir, no se cree que cambien las conclusiones obtenidas en los estudios por la modificación de estos valores.
- Estudios detallados del río San Cristóbal y de su cuenca sí deberían incluir un nuevo análisis de lluvias y de caudales.

#### **4.2 Instalación de la mira en el sector del estudio.**

Tal como se propuso y estaba previsto, se instaló la mira en el mes de Febrero, en desarrollo de os presentes trabajos, y tanto sobre su diseño como sobre su instalación se informó oportunamente al FOPAE, a través de los informes de avance.

Es importante anotar que el sistema de operación de la mira incluye un elemento que permite conocer lecturas máximas, las cuales son de gran importancia en estudios de riesgo y que por el tipo de instrumento y por la frecuencia de lectura, no es posible obtener en la miras convencionales. Dicha información bien registrada y explotada, permitirá en un futuro disponer de registros extremos cuyo análisis proporcionará parte de las herramientas necesarias para el planteamiento de soluciones a los problemas de inestabilidad identificados en los barios objeto del presente trabajo.

#### **4.3 Recopilación y análisis de la información de la mira instalada y de la estación El Delirio.**

Tal como se aclaró en reuniones con la Interventoría, la instalación y lectura semanal de una mira en el sitio de proyecto, durante un período de 4 meses, no permite obtener información suficiente para modelar procesos morfológicos y mucho menos a nivel local. En consecuencia, y con el fin de explotar al máximo la información obtenida durante este período los esfuerzos se orientaron a tratar de establecer o verificar la relación que debe existir entre los registros de la mira del sitio de proyecto con los de la estación El delirio.

En el sitio de proyecto se tomaron durante los estudios un total de 19 registros, tal como se presenta en el cuadro anexo, entre los meses de febrero y julio. Estos valores fueron comparados con los de la estación El delirio, para las mismas fechas, tratando de tomar el registro disponible, entre las 9 y las 10 a. m., dado que en el sitio de proyecto las lecturas se realizaron alrededor de una hora más tarde.

Con los pares de observaciones se estableció una relación (ver figura adjunta), eliminando algunos registros definitivamente desviados y se encontró una correlación entre los valores del orden de  $r = 0.85$  ( $r^2 = 0.775$ ). Así mismo, las gráficas de los registros en forma reducida permitió establecer, al menos cualitativamente, la similitud del régimen hidrológico en los dos puntos, aspecto también previsible dada la cercanía y la pertenencia a la misma cuenca. Lo importante de estos resultados es que las mediciones realizadas son puntuales en el tiempo (y en el espacio) y por tratarse de medidas no sistemáticas en una cuenca pequeña, susceptible a variaciones importantes en muy cortos tiempos, hubieran podido arrojar resultados completamente diferentes.

Lo anterior no significa que ya es posible establecer relaciones definitivas pero, esto quiere decir, tal como se preveía, que dicha relación existe ya través de su determinación se puede, en forma aproximada, obtener una serie "transportada" de caudales medios diarios y máximos para el sitio de interés. Disponer de esta serie permitiría calcular caudales de diseño para obras de prevención o protección directamente de análisis estadísticos, sin tener que utilizar modelos, que como ya se vio pueden arrojar resultados considerablemente dispersos.

De otro lado, aunque no se disponga de la serie de caudales, a través de la lectura sistemática de la nueva mira, se podrá contar con series de niveles medios y máximos diarios, importantes en la modelación y estimación de cotas de alerta. Las figuras de relación



entre niveles y regímenes de los dos puntos analizados, se presentan adjuntas al presente documento. Consideraciones adicionales sobre la explotación de los registros de la mira instalada se presentan en las conclusiones y recomendaciones finales de esta parte de los estudios.

#### **4. 4 Conclusiones finales de los estudios hidrológicos e hidráulicos.**

A continuación se presentan las conclusiones finales obtenidas, como parte de los estudios hidrológicos e hidráulicos adelantados en el proyecto, con base en el análisis de la información disponible de otros proyectos adelantados en el área de interés y de la información recopilada o producida en desarrollo de estos trabajos:

- Del estudio de Ifcaya Ltda. Resulta evidente que en la quebrada Aguas Claras (La Pichosa), se producen infiltraciones hacia la cuenca del río San Cristóbal, en el sector de los barrios Manila y Gran Colombia, con lo cual seguramente se están afectando las condiciones de estabilidad en algunos puntos de la zona. Así mismo, el análisis cualitativo realizado sobre el pobre sistema de drenaje de aguas lluvias y servidas del sector, también permitió evidenciar su relación con las zonas inestables.
- Utilizando como referencia los caudales de diseño obtenidos del estudio adelantado por Ingeocim Ltda. Se puede concluir que el cauce del río San Cristóbal en el sitio de los barrios Manila y Gran Colombia es suficiente para transportar éstos y flujos aún mayores sin evidentes peligros de inundación. Se estima que hasta el nivel del barranco medio, con altura de unos 3.0 metros, pueden pasar alrededor de 200 m<sup>3</sup>/s.
- Si bien el cauce resulta suficiente, aparecen otro tipo de peligros, desde el punto de vista puramente hidráulico, para la estabilidad de la zona, debidos a la alta pendiente general del río, estimándose que al paso de caudales como el de diseño, es decir, del orden de 115 m<sup>3</sup>/s, la velocidad aproximada del flujo puede llegar a los 4.5 m/s (o más localmente) con una profundidad de 2.1 m. Teniendo en cuenta que aguas arriba las velocidades pueden ser mayores, es posible prever diferentes posibilidades: la erosión de la pata del talud en el sitio inestable de los barrios Manila y Gran Colombia que puede traer como consecuencia no solo la afectación directa de las casas en el sector sino posibles represamientos y avalanchas aguas abajo. Así mismo, dado que este no es el único lugar inestable en el cauce del río, la misma situación antes mencionada puede ocurrir aún más aguas arriba, con lo que una posible avalancha ocasionaría desprendimientos en todos los sitios inestables, incluidos los de los barrios Manila y Gran Colombia, afectando así, a un sector mayor de la población de la zona.

Resulta importante recordar, el hecho de tratarse de eventos de baja frecuencia los que ocasionarían estos problemas en forma repentina, no implica que no puedan ocurrir cualquier día o que la erosión originada por eventos de menor magnitud pero de mayor frecuencia puedan en el mediano plazo las condiciones propicias para este tipo de situaciones.

- Dada la relación identificada entre los registros de la mira en el sitio de proyecto y en la estación El Delirio, se prevé que a través de su lectura sistemática y ordenada podrá disponerse en el futuro de series de niveles y caudales cuya adecuada explotación será útil en la modelación del cauce o en la planeación de algunas obras de protección para los barrios Manila y Gran Colombia.

- Las relaciones obtenidas de las lecturas de las miras ya relacionadas, permiten presumir que con más registros éstas podrán ser determinadas con una buena confiabilidad. Sin embargo, a pesar de que los cálculos numéricos han permitido establecer una relación, no se considera recomendable su utilización por cuanto el número de registros disponibles es, en la actualidad, demasiado bajo.
- La realización de estudios en puntos definidos como inestables en el cauce del río San Cristóbal, pueden producir resultados que permitan resolver problemas locales. Sin embargo, dadas las condiciones generales de toda la cuenca y la densificación de la población en la misma, sería más productivo y sobre todo más confiable adelantar trabajos que permitan tomar decisiones a nivel regional, que incluyan tanto obras de protección en los sitios inestables como obras o trabajos de recuperación de toda la cuenca y de ciertos sectores del cauce, que eviten que en un futuro no lejano el problema de los barrios Manila y Gran Colombia sufra un proceso multiplicativo sin solución a ningún costo.

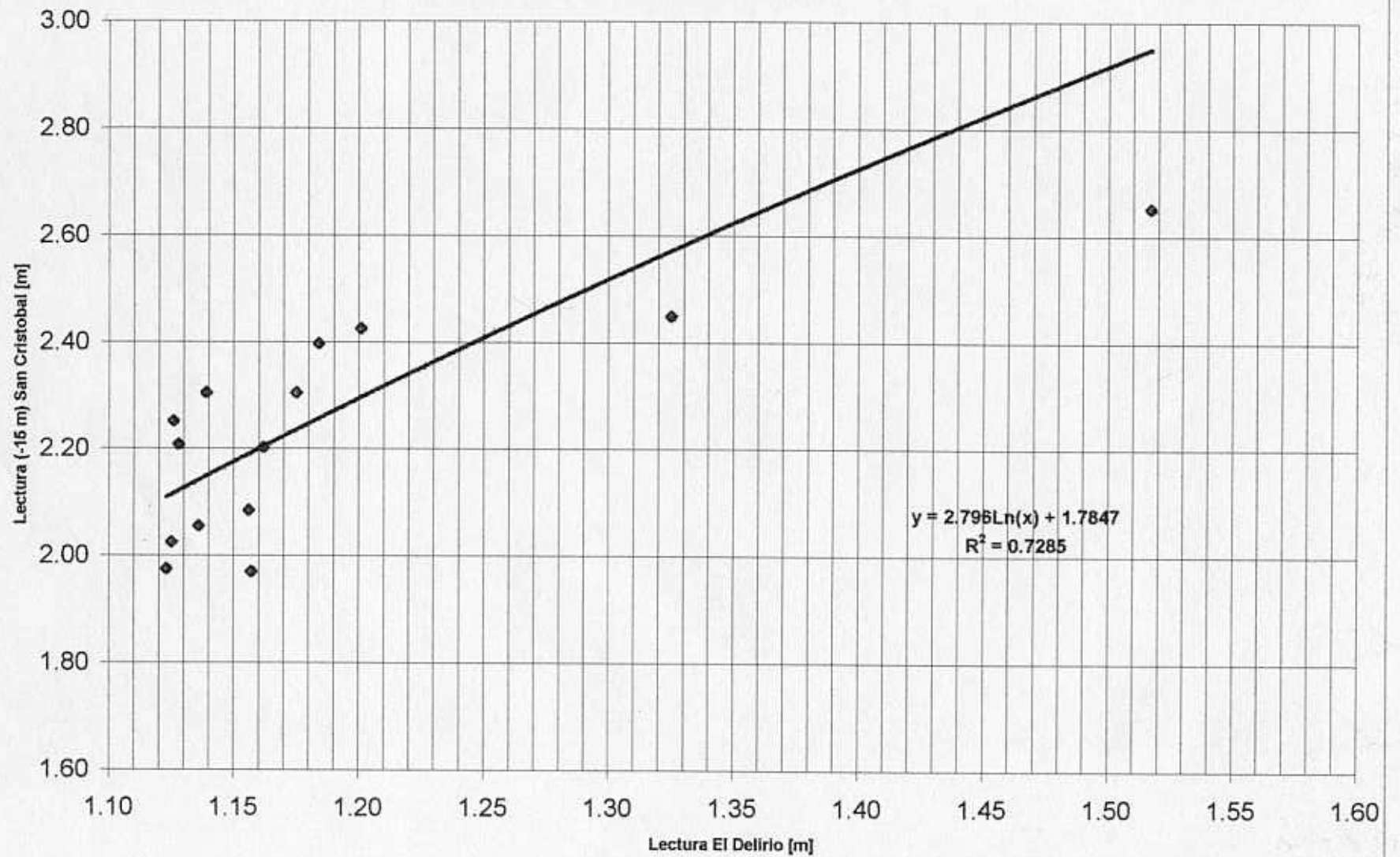
#### **4.5 Recomendaciones finales.**

Con base en todo lo anteriormente expuesto, resulta preciso e importante realizar las siguientes recomendaciones:

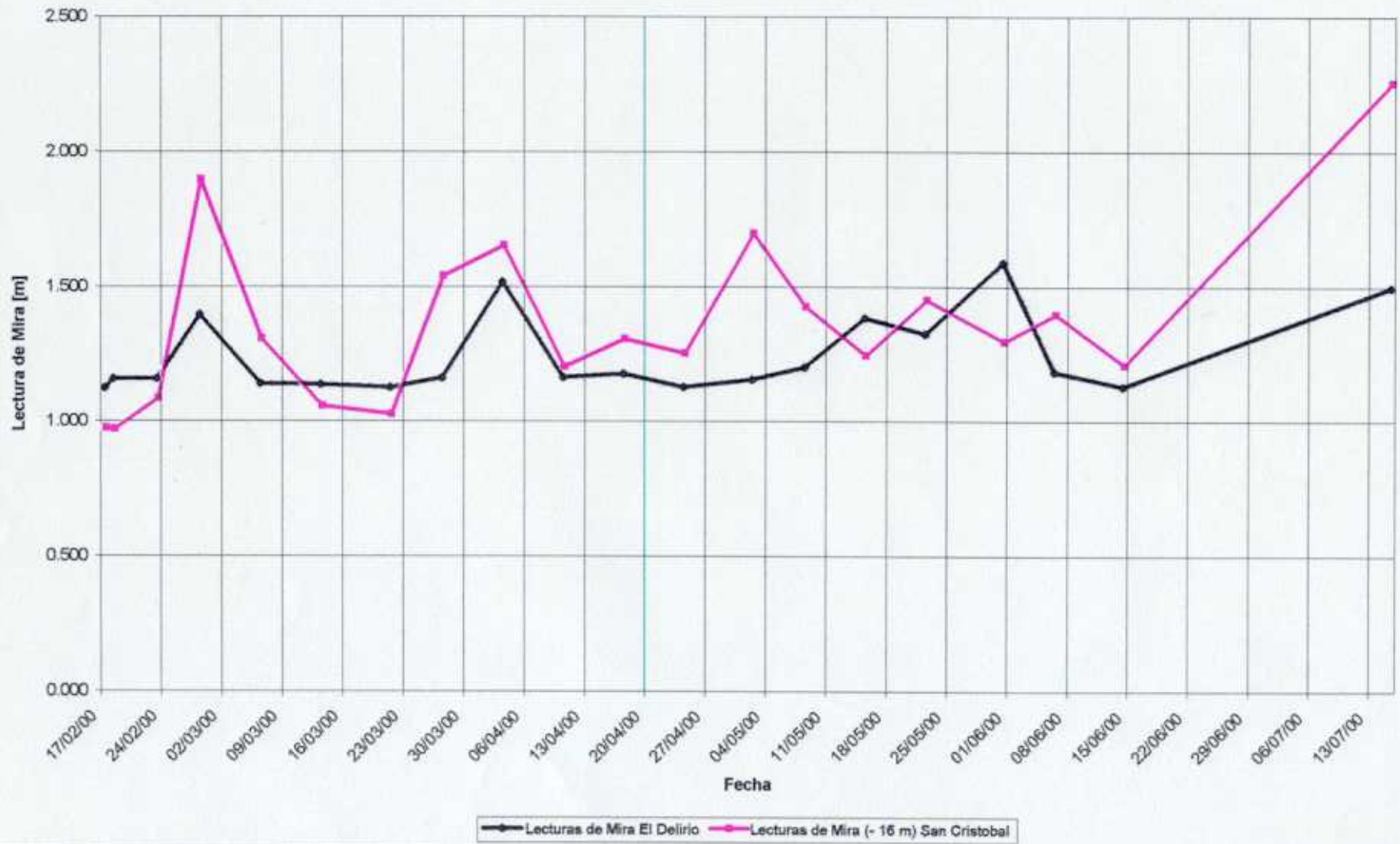
- Adelantar un estudio general (geomorfológico, geotécnico, hidrológico, hidráulico, ambiental, etc.) de toda la cuenca del río San Cristóbal, tendiente a adelantar un diagnóstico sobre su estado actual (principalmente en la zona poblada) ya generar recomendaciones particularmente referentes a: la recuperación de la cuenca y del cauce del río, el ordenamiento respecto al uso de la ronda del río en toda su longitud, el manejo de aguas negras en toda la zona poblada, la definición de puntos importantes de monitoreo para la seguridad de la población existente en el área, la definición de un sistema de alarma que permita la evacuación de los ribereños en caso de crecientes de bajas frecuencias ya la construcción de obras de protección en los sitios inestables, donde éstas son inminentes en la actualidad.
- Se debe organizar la lectura de la mira instalada para que ésta se realice en forma seria, comprometida y sistemática (a las mismas horas cada día). Así mismo dichos registros deberán ser procesados y almacenados, de tal manera que permitan su explotación conjuntamente con los de la estación El Delirio. Una vez se disponga de registros diarios, al menos en un período de 6 meses se podrá iniciar un proceso relación de lecturas confiable, a partir del cual es posible obtener un modelo que permita transportar la serie existente en la estación El Delirio, al sitio de los barrios Manila y Gran Colombia. Este trabajo podrá ser contratado (por ejemplo como parte del estudio sugerido inicialmente), o convenido con otra entidad del gobierno distrital.
- Se recomienda mantener un monitoreo permanente en la pata del talud inestable contiguo al cauce del río en el sector de los barrios Manila y Gran Colombia, dado que un proceso de erosión, aún moderado, puede terminar por afectar todas las construcciones localizadas cerca al mismo. Aunque en ocasiones estos procesos son lentos, el monitoreo puede realizarse diariamente a la vez que se efectúen las lecturas de la mira.

- Los desagües de residuales o servidas provenientes de las viviendas del sector deberán ordenarse y adecuar su entrega ya que evidentemente están afectando la estabilidad de parte del talud en la zona estudiada.
- Cualquier obra que se diseñe y se pretenda acometer en el río, en el sector de los barrios Manila y Gran Colombia (y en general en cualquier sitio), deberá estar plenamente justificada y analizada pues por la alta torrencialidad del río, una falla de cualquier estructura puede dar origen a represamientos y posibles avalanchas con las consecuencias ya mencionadas anteriormente.
- Se recomienda que la información disponible de los estudios anteriores y del presente trabajo sean conservados ya que deben ser la base para ejecución de trabajos de análisis o diseño posteriores.

CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO-SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
Relación entre las lecturas de mira de las  
estaciones El delirio y San Cristobal



**CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO-SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.**  
**Lecturas de Mira entre Enero y Julio de 2000**  
**Estaciones El Delirio y San Cristobal**



**CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO-SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.**  
**Lecturas de Mira Reducidas para las estaciones El delirio y San Cristobal**



**ANEXO No. 3 RESULTADOS DEL CONTROL TOPOGRÁFICO EN  
LOS SECTORES MANILA Y GRAN COLOMBIA**



LUIS FERNANDO OROZCO - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA  
 CONTROL BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

**TOPOGRAFIA**  
**CONTROL MALLA DE MOJONES**  
 Diferencias y Variaciones en milímetros

PUNTO	LECTURA INICIAL 22 DE ENERO 2000			9 DE JUNIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR			DIF. ACUMULADA				VARIACION ENTRE LEC. (mm)
	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
M-5	97078.798	100894.304	2739.003	97078.935	100894.292	2738.967	475	-13	6	137	-12	-36	142	-198
M-6	97085.217	100883.739	2737.870	97085.788	100884.051	2737.708	-131	-53	-1	571	312	-162	671	-137
M-7	97094.926	100867.826	2738.290	97095.344	100868.156	2738.130	-100	-695	-9	418	330	-160	556	-602
M-8	97090.103	100897.313	2735.468	97090.524	100897.441	2735.337	-31	-28	5	421	128	-131	459	-38
M-9	97096.344	100887.514	2735.417	97096.874	100887.767	2735.358	-45	-38	1	530	253	-59	590	-57
M-10	97105.242	100873.544	2734.986	97105.689	100873.753	2734.889	-42	-44	-4	447	209	-97	503	-55
E-11	97099.726	100899.870	2733.033	97100.278	100900.133	2732.932	-27	-14	3	552	263	-101	620	-30
E-12	97107.600	100891.343	2732.996	97108.342	100891.746	2732.798	-85	-36	-11	742	403	-198	867	-88
E-13	97117.623	100880.427	2733.044	97118.023	100881.054	2733.035	-17	16	-15	400	627	-9	744	4

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS



LUIS FERNANDO OROZCO - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO

DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

CONTROL BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

TOPOGRAFIA

CONTROL MALLA DE MOJONES

PUNTO	LECTURA INICIAL 22 DE ENERO 2000			17 DE JUNIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR			DIF. ACUMULADA			RESULTANTE	VARIACION ENTRE LEC. (mm)
	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA		
M-5	97078.798	100894.304	2739.003	97078.938	100894.285	2738.961	3	-7	-6	140	-19	-42	147	5
M-6	97085.217	100883.739	2737.670	97085.814	100884.011	2737.699	26	-40	-9	597	272	-171	678	7
M-7	97094.926	100867.826	2738.290	97095.353	100868.114	2738.130	9	-42	0	427	288	-160	539	-17
M-8	97090.103	100897.313	2735.468	97090.517	100897.431	2735.321	-7	-10	-16	414	118	-147	455	-4
M-9	97096.344	100887.514	2735.417	97096.882	100887.740	2735.355	8	-27	-3	538	226	-62	587	-3
M-10	97105.242	100873.544	2734.986	97105.911	100873.714	2734.884	222	-39	-5	669	170	-102	698	195
E-11	97099.726	100899.870	2733.033	97100.286	100900.105	2732.922	8	-28	-10	560	235	-111	617	-2
E-12	97107.600	100891.343	2732.996	97108.407	100891.717	2732.780	65	-29	-18	807	374	-216	915	48
E-13	97117.623	100880.427	2733.044	97117.999	100880.976	2733.051	-24	-78	16	376	549	7	665	-78

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS

LUIS FERNANDO OROZCO - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA  
 CONTROL BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

TOPOGRAFIA  
 CONTROL MALLA DE MOJONES  
 Diferencias y Variaciones en milímetros

PUNTO	LECTURA INICIAL 22 DE ENERO 2000			4 DE JULIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR			DIF. ACUMULADA				VARIACION
	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	ENTRE LEC. (mm)
M-5	97078.798	100894.304	2739.003	97078.938	100894.281	2738.962	0	-4	1	140	-23	-41	148	0
M-6	97085.217	100883.739	2737.870	97085.826	100884.020	2737.698	12	9	-1	609	281	-172	692	14
M-7	97094.926	100867.826	2738.290	97095.369	100868.133	2738.129	16	19	-1	443	307	-161	563	23
M-8	97090.103	100897.313	2735.468	97090.538	100897.424	2735.322	21	-7	1	435	111	-146	472	17
M-9	97096.344	100887.514	2735.417	97096.899	100887.747	2735.354	17	7	-1	555	233	-83	605	18
M-10	97105.242	100873.544	2734.986	97105.722	100873.726	2734.866	-189	12	2	480	182	-100	523	-175
E-11	97099.726	100899.870	2733.033	97100.309	100900.110	2732.922	23	5	0	583	240	-111	640	23
E-12	97107.600	100891.343	2732.996	97108.442	100891.740	2732.746	35	23	-34	842	397	-250	964	49
E-13	97117.623	100880.427	2733.044	97118.017	100880.978	2733.048	18	2	-3	394	551	4	677	12

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS

LUIS FERNANDO OROZCO - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO

DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

CONTROL BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

**TOPOGRAFIA**

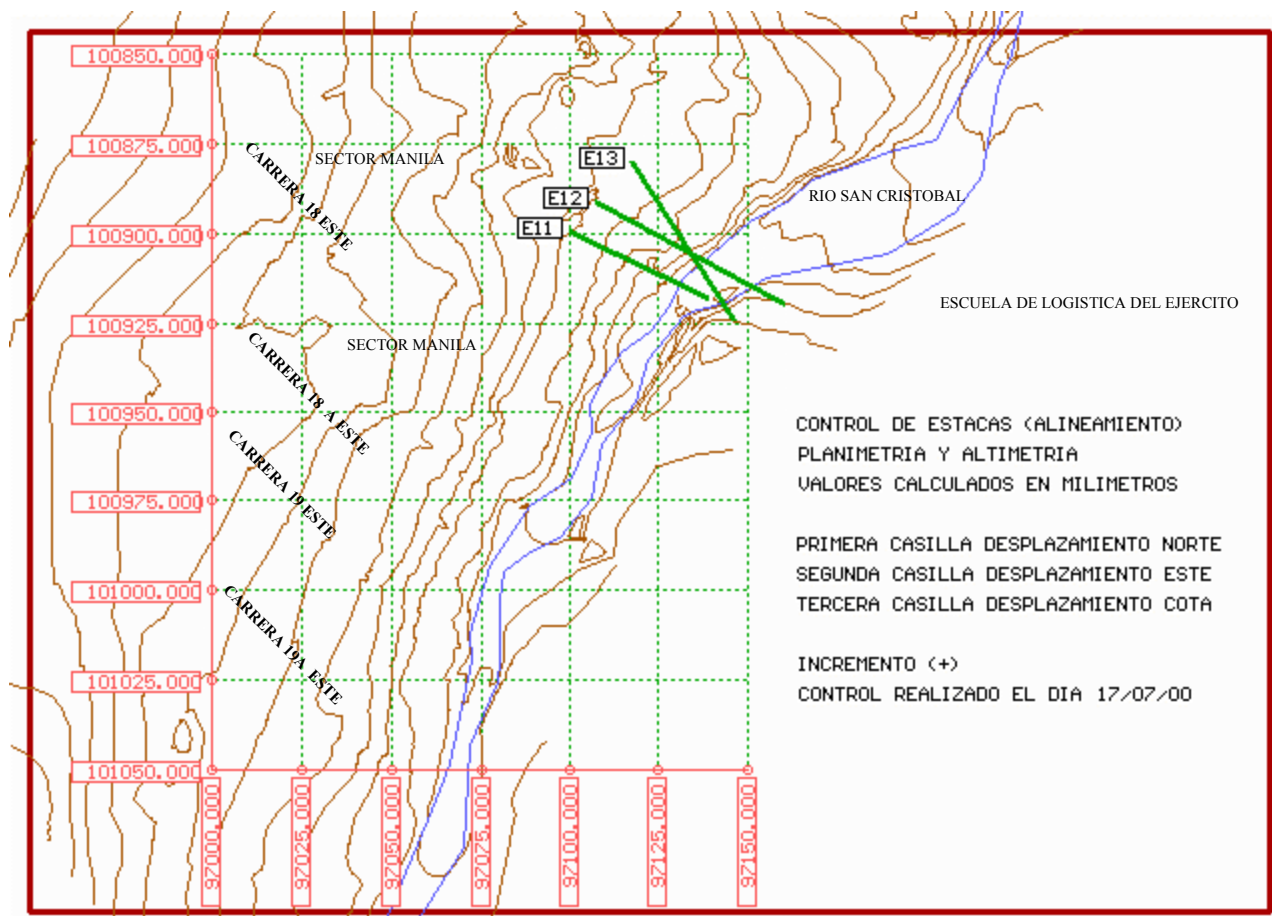
**CONTROL MALLA DE MOJONES**

Diferencias y Variaciones en milímetros

PUNTO	LECTURA INICIAL 22 DE ENERO 2000			17 DE JULIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR			DIF. ACUMULADA				VARIACION
	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	ENTRE LEC. (mm)
M-5	97078.798	100894.304	2739.003	97078.965	100894.300	2738.966	27	19	4	167	-4	-37	171	23
M-6	97085.217	100883.739	2737.870	97085.800	100884.035	2737.643	-26	15	-55	583	296	-227	692	-0
M-7	97094.926	100867.826	2738.290	97095.384	100868.152	2738.125	15	19	-4	458	326	-165	586	23
M-8	97090.103	100897.313	2735.468	97090.541	100897.401	2735.316	3	-23	-6	438	88	-152	472	-0
M-9	97096.344	100887.514	2735.417	97096.891	100887.751	2735.349	-8	4	-5	547	237	-68	600	-5
M-10	97105.242	100873.544	2734.986	97105.730	100873.700	2734.880	8	-26	-6	488	156	-106	523	0
E-11	97099.726	100899.870	2733.033	97100.298	100900.115	2732.910	-11	5	-12	572	245	-123	634	-6
E-12	97107.600	100891.343	2732.996	97108.452	100891.738	2732.763	10	-2	17	852	395	-233	968	4
E-13	97117.623	100880.427	2733.044	97118.023	100880.975	2733.048	6	-3	0	400	548	4	678	1

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS

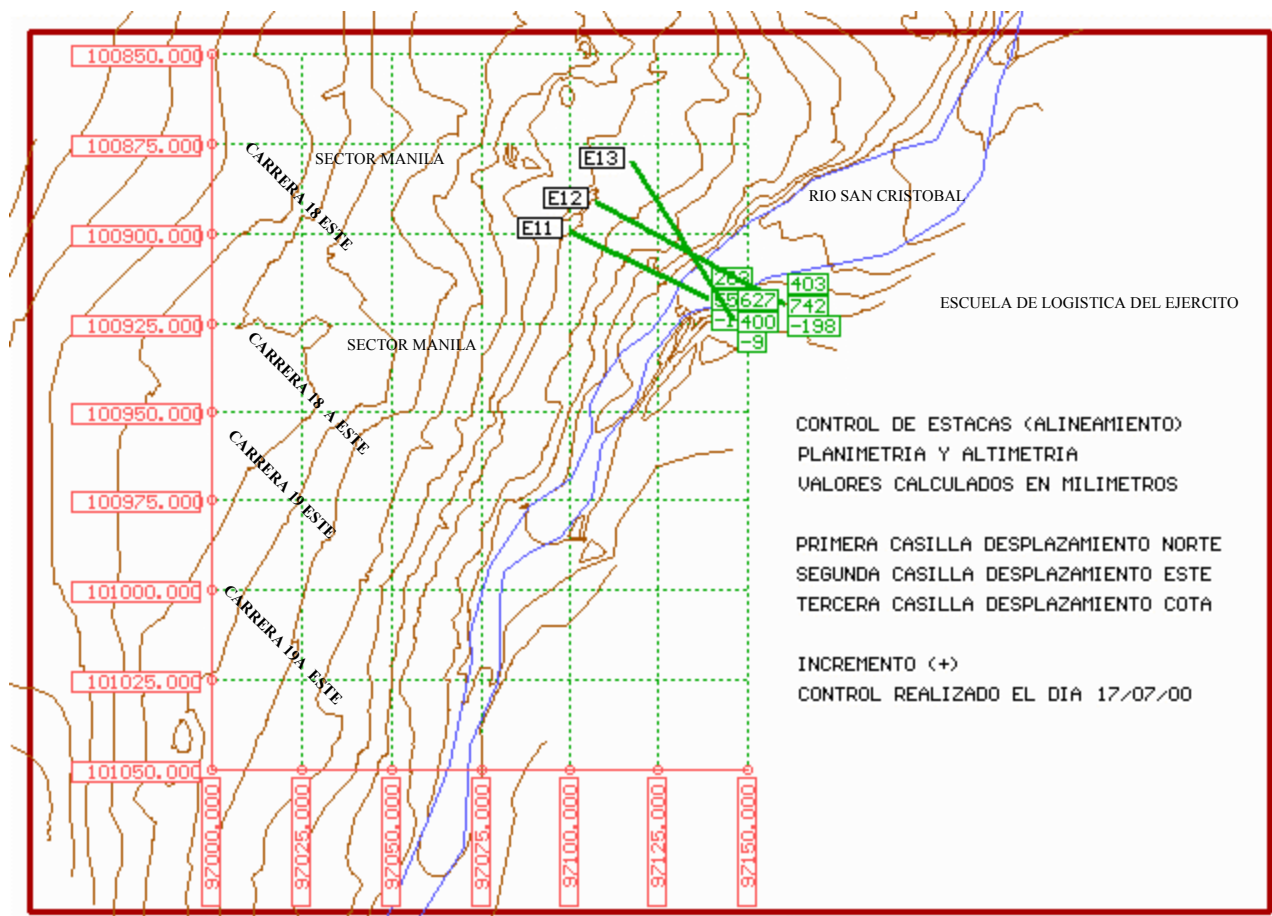
## **DINAMCAD TOPOGRAFÍA VISTA EN PLANTA (ESTACAS)**



SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

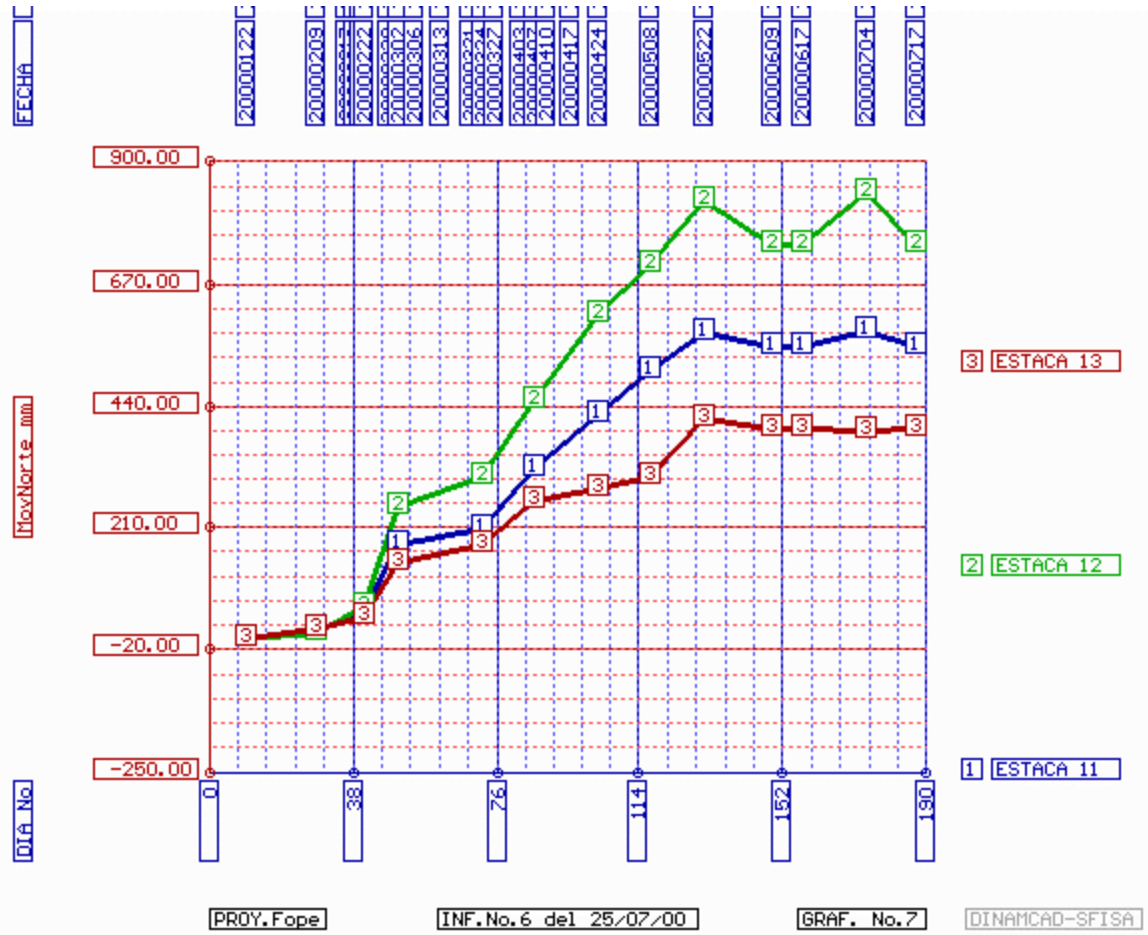
**DINAMCAD TOPOGRAFÍA (CONTROL ESTACAS)**  
**Registro Histórico (Variación Vs Tiempo)**



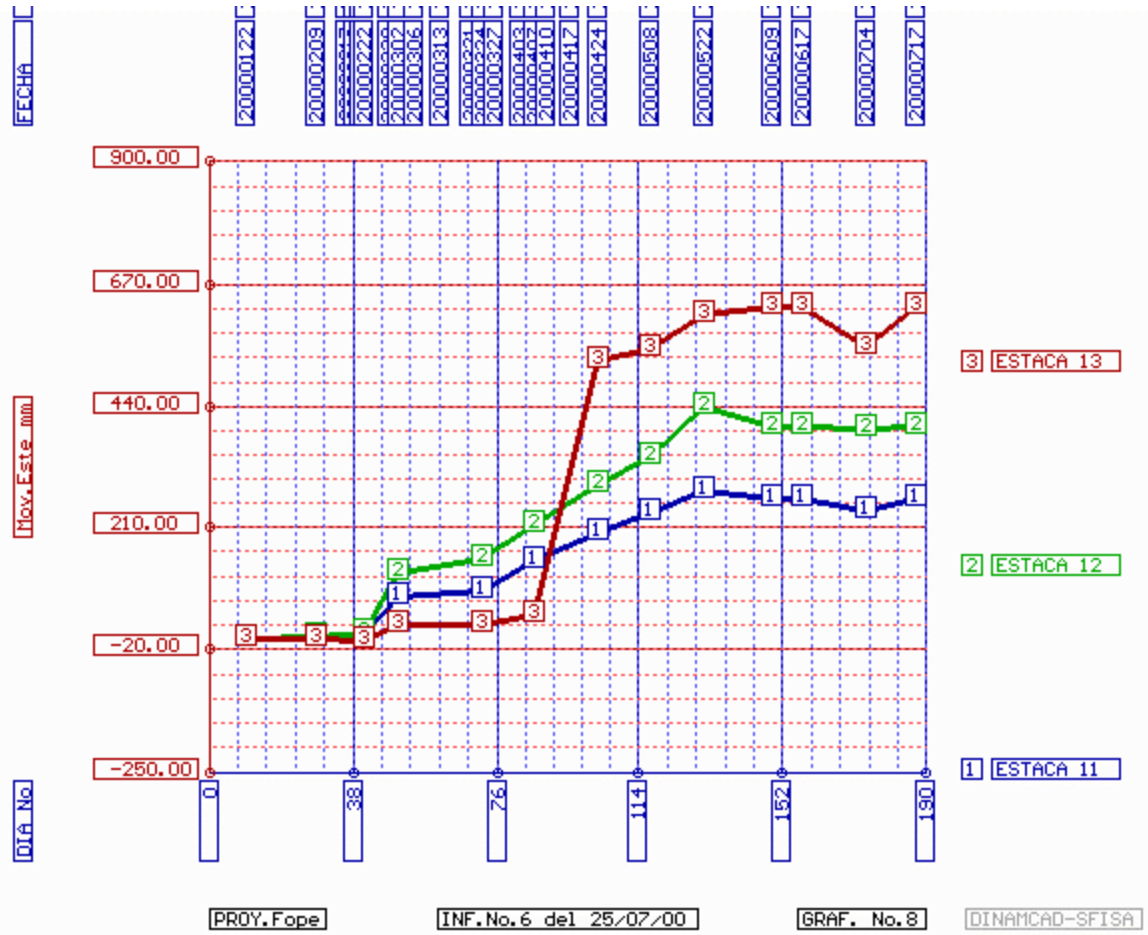
CONTROL DE ESTACAS (ALINEAMIENTO)  
 PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA  
 VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS

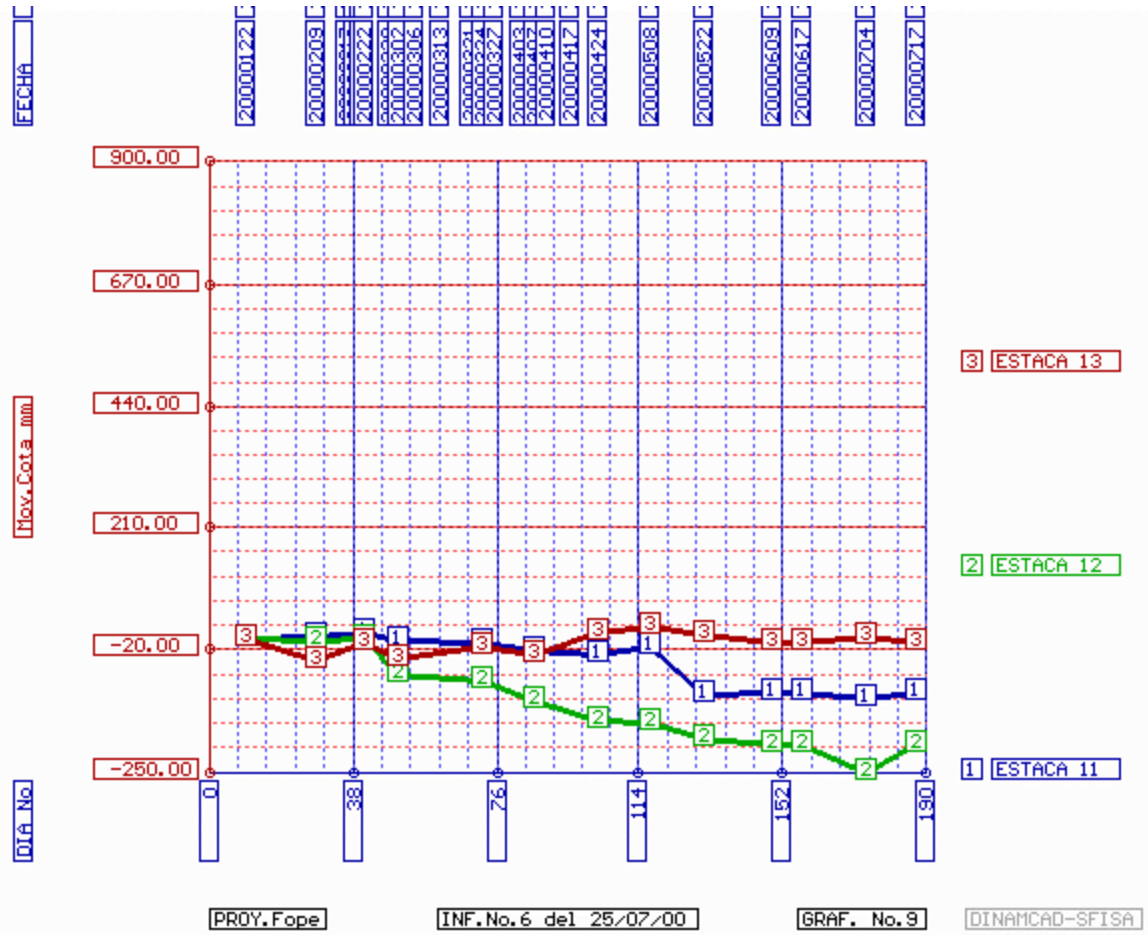
PRIMERA CASILLA DESPLAZAMIENTO NORTE  
 SEGUNDA CASILLA DESPLAZAMIENTO ESTE  
 TERCERA CASILLA DESPLAZAMIENTO COTA

INCREMENTO (+)  
 CONTROL REALIZADO EL DIA 17/07/00









SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 CONTROL DE TOPOGRAFIA MOJONES  
 CONTROL DE LINEAMIENTO M1 A M4

DIFERENCIAS CALCULADAS EN MILIMETROS

PUNTO	LECTURA INICIAL 22 DE ENERO 2000			9 DE JUNIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR			DIF. ACUMULADA				Variación Entre	Velocidad
	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	Lecturas (mm)	Def. (mm/día)
M-1	97050.708	101041.846	2734.319	97050.750	101041.710	2734.288	18	-98	-2	42	-136	-31	146	92	5.12
M-2	97065.837	101004.409	2729.820	97065.988	101004.398	2729.795	91	13	4	151	-11	-25	153	83	4.59
M-3	97073.435	100985.593	2730.328	97073.544	100985.605	2730.300	62	25	1	109	12	-28	113	56	3.14
M-4	97096.153	100929.504	2730.420	97096.150	100929.508	2730.327	-31	-12	-15	-3	4	-93	93	9	0.49

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 CONTROL DE TOPOGRAFIA MOJONES  
 CONTROL DE LINEAMIENTO M1 A M4

DIFERENCIAS CALCULADAS EN MILIMETROS

PUNTO	LECTURA INICIAL 22 DE ENERO 2000			17 DE JUNIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR			DIF. ACUMULADA				Variación Entre	Velocidad
	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	Lecturas (mm)	Def. (mm/día)
M-1	97050.708	101041.846	2734.319	97050.745	101041.823	2734.296	-5	113	8	37	-23	-23	49	-96	-12.05
M-2	97065.837	101004.409	2729.820	97065.878	101004.407	2729.802	-110	9	7	41	-2	-18	45	-109	-13.58
M-3	97073.435	100985.593	2730.328	97073.485	100985.593	2730.308	-59	-12	8	50	0	-20	54	-59	-7.37
M-4	97096.153	100929.504	2730.420	97096.194	100929.498	2730.330	44	-10	3	41	-6	-90	99	6	0.74

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 CONTROL DE TOPOGRAFIA MOJONES  
 CONTROL DE LINEAMIENTO M1 A M4

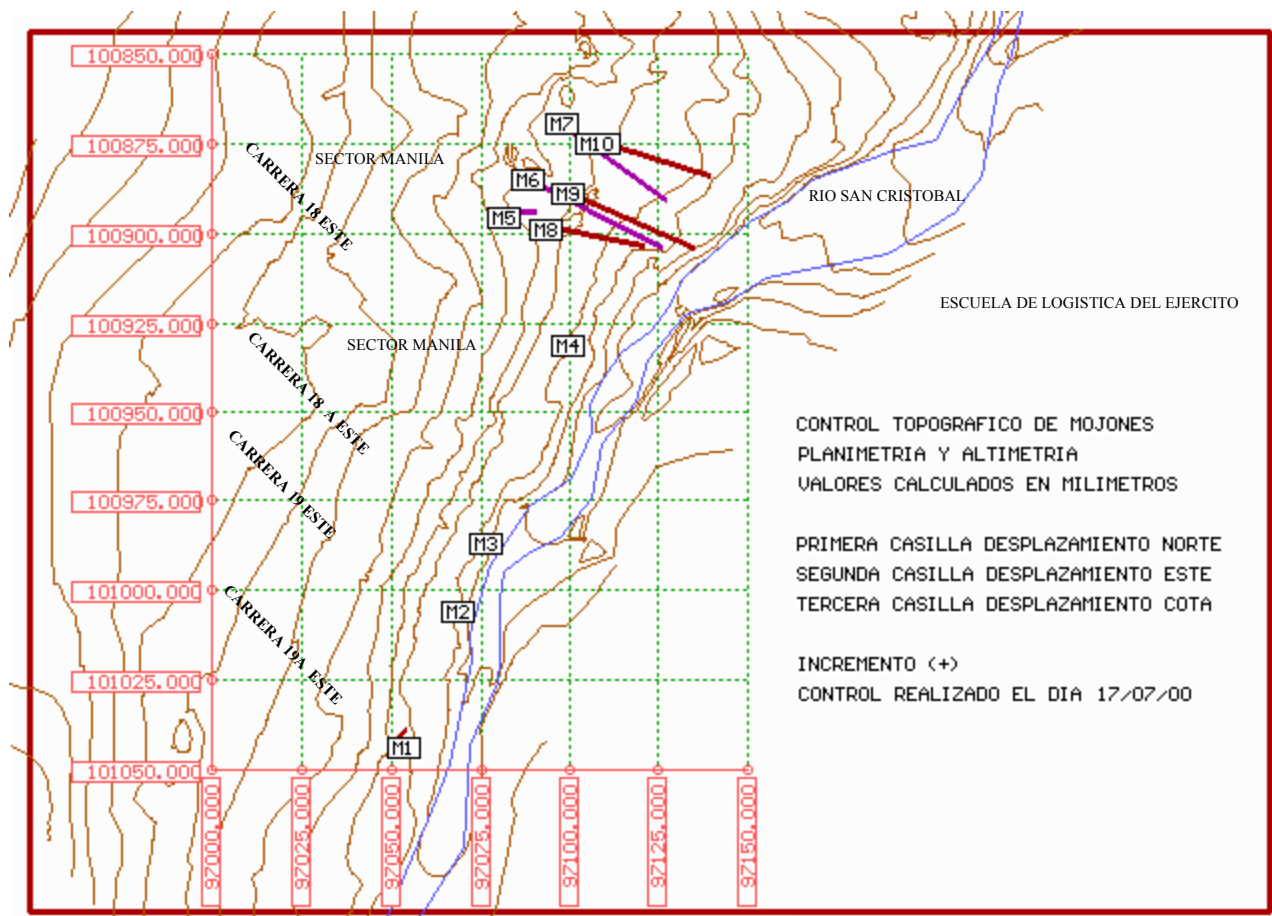
DIFERENCIAS CALCULADAS EN MILIMETROS

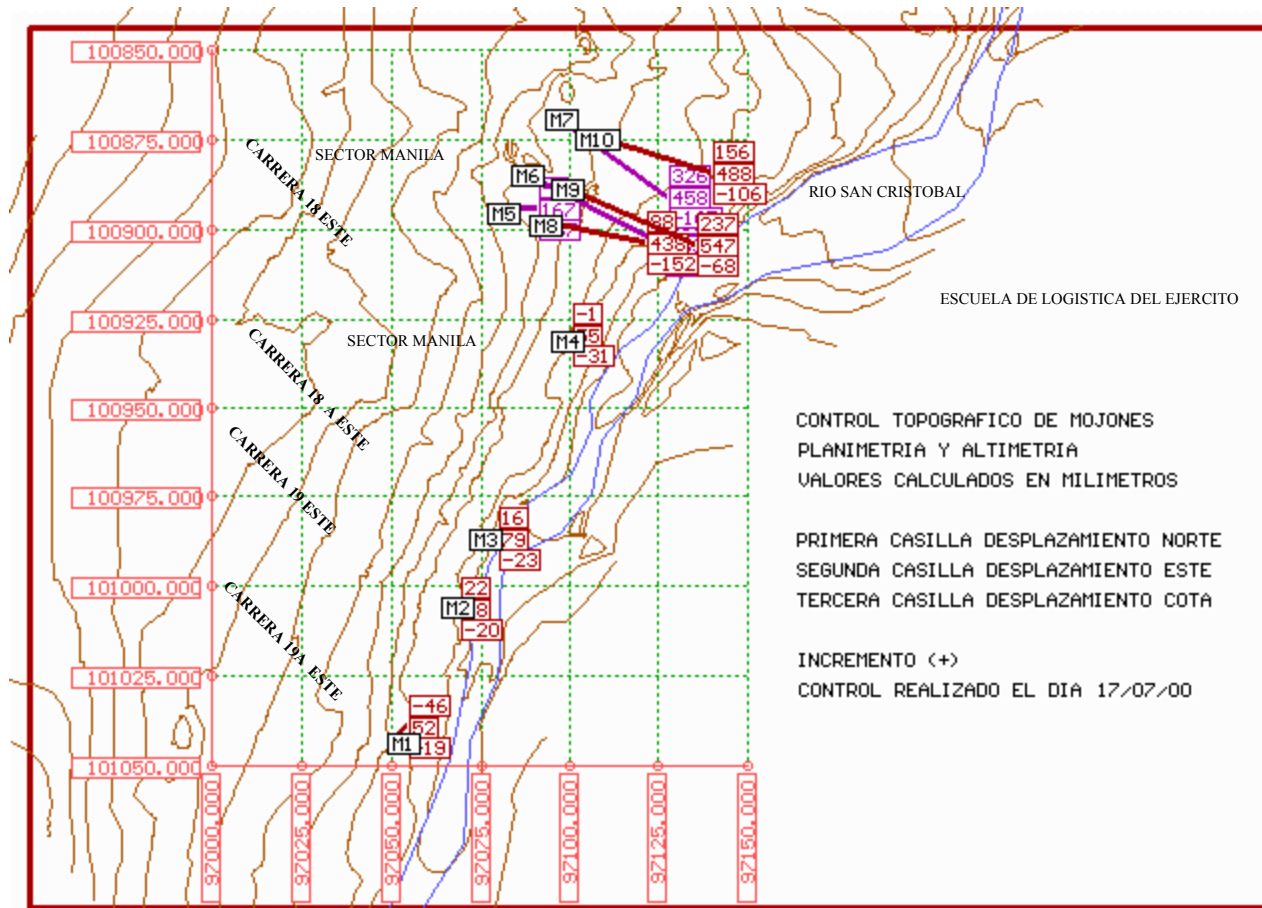
PUNTO	LECTURA INICIAL 22 DE ENERO 2000			4 DE JULIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR			DIF. ACUMULADA				Variación Entre Lecturas (mm)	Velocidad Def. (mm/día)
	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE		
M-1	97050.708	101041.846	2734.319	97050.753	101041.808	2734.302	8	-15	6	45	-38	-17	61	158	9.28
M-2	97065.837	101004.409	2729.820	97065.892	101004.392	2729.813	14	-15	11	55	-17	-7	58	13	0.77
M-3	97073.435	100985.593	2730.328	97073.493	100985.599	2730.315	8	6	7	58	6	-13	60	119	6.96
M-4	97096.153	100929.504	2730.420	97096.206	100929.503	2730.336	12	5	6	53	-1	-84	99	0	0.01

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 CONTROL DE TOPOGRAFIA MOJONES  
 CONTROL DE LINEAMIENTO M1 A M4

DIFERENCIAS CALCULADAS EN MILIMETROS

PUNTO	LECTURA INICIAL 22 DE ENERO 2000			17 DE JULIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR			DIF. ACUMULADA				Variación Entre	Velocidad
	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	Lecturas (mm)	Def. (mm/día)
M-1	97050.708	101041.846	2734.319	97050.760	101041.800	2734.300	7	-8	-2	52	-46	-19	72	-86	-6.59
M-2	97065.837	101004.409	2729.820	97065.875	101004.431	2729.800	-17	39	-13	38	22	-20	48	35	2.70
M-3	97073.435	100985.593	2730.328	97073.514	100985.609	2730.305	21	10	-10	79	16	-23	84	-35	-2.68
M-4	97096.153	100929.504	2730.420	97096.208	100929.503	2730.389	2	0	53	55	-1	-31	63	63	4.84





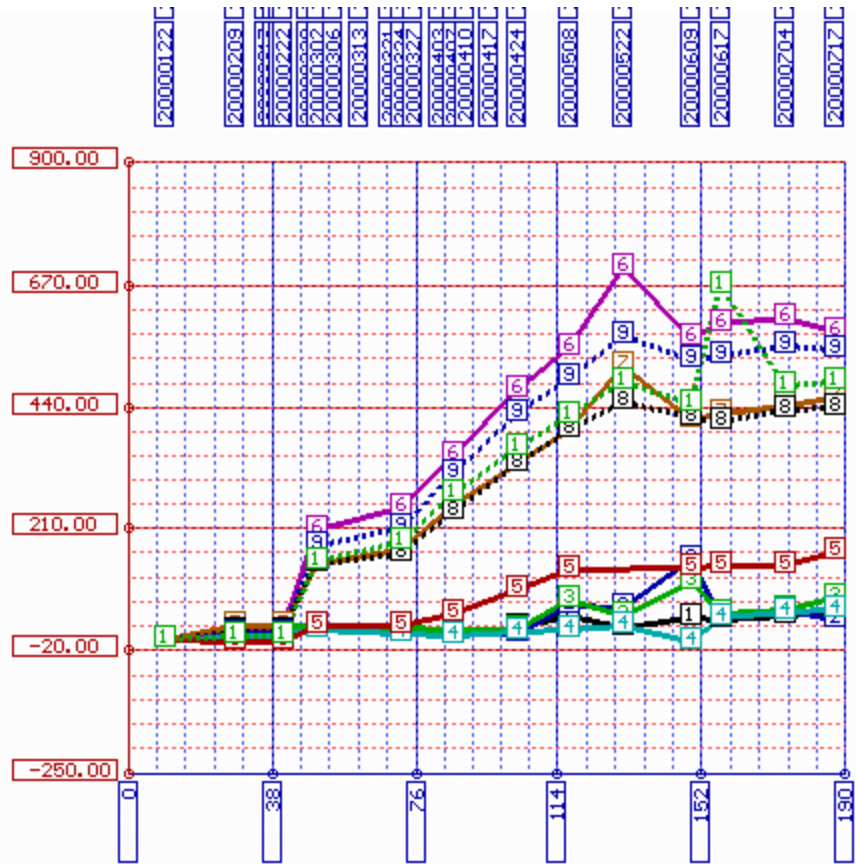


**DINAMCAD TOPOGRAFÍA (CONTROL DE MOJONES)**  
**Registro Histórico (Variación Vs Tiempo)**

FECHA

MovNORTE mm

DÍA No.

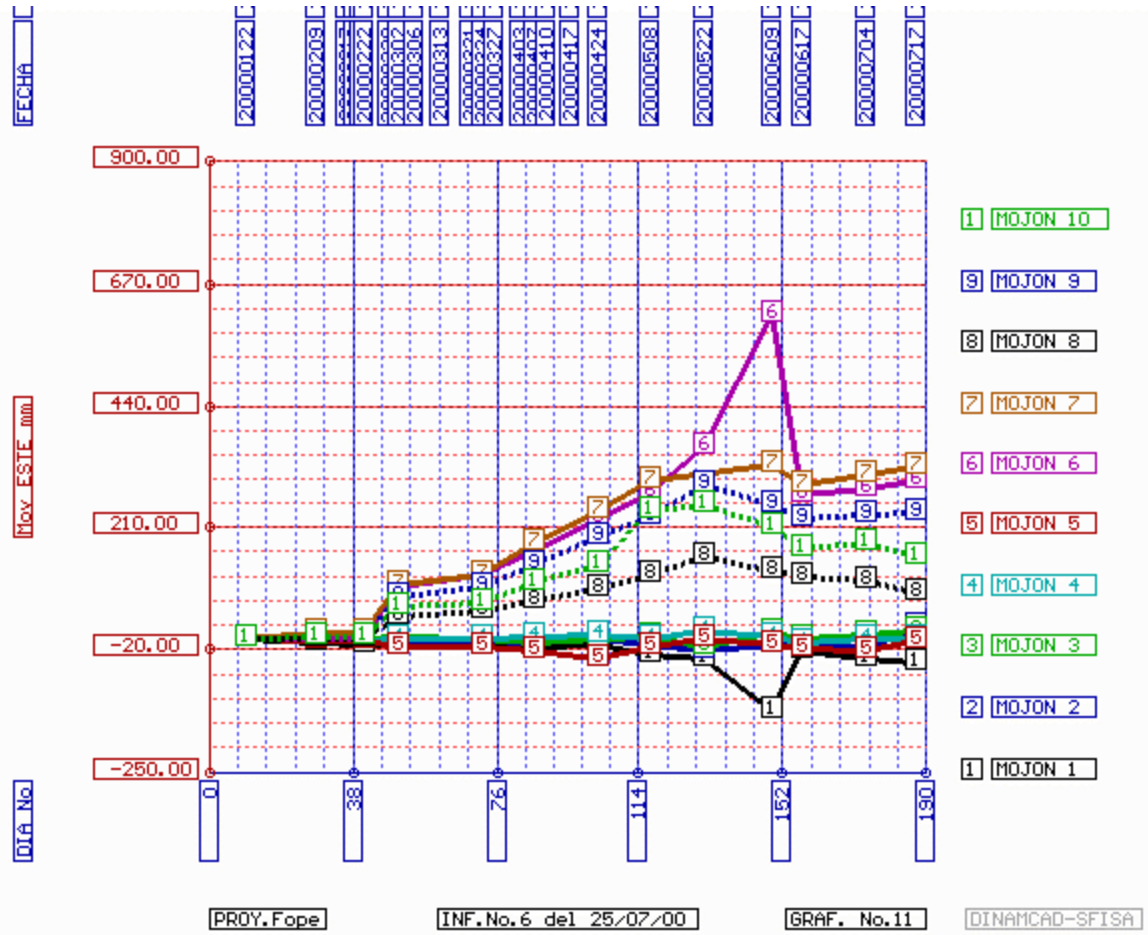


PROY. Fope

INF. No. 6 del 25/07/00

GRAF. No. 10

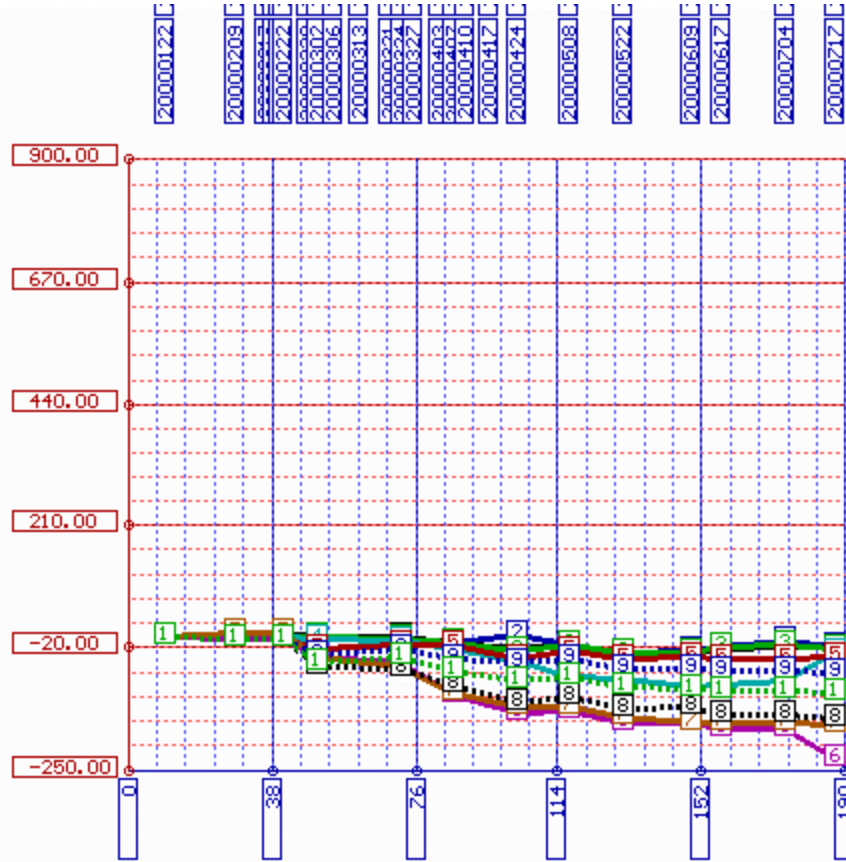
DINAMCAD-SFISA



FECHA

Max. COTÁ mm

COTÁ No.



PROY. Fope

INF. No. 6 del 25/07/00

GRAF. No. 12

DINAMCAD-SFISA

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOSION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

CONTROL DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA NIVELETAS EN CONSTRUCCIONES  
 ADYACENTES A LOS TALUDES

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS  
 L.I. = LECTURA INICIAL

Niveleta N°	Ubicación	Dirección vivienda	L.I. 15/03/2000	L.I. 15/03/2000	9 DE JUNIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR (mm)			DIF. ACUMULADA (mm)				VARIACION ENTRE LECTURAS
					NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
1	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-17s	97030.374	101036.770	97030.374	101036.77	2745.395	-16	-12	0	0	0	-3	3	-11
2	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-17s	97026.604	101037.717	97026.61	101037.72	2745.75	-20	-3	2	6	3	1	7	-12
3	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-14s	97021.614	101043.053	97021.616	101043.056	2745.864	-4	-4	3	4	5	2	7	1
4	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-14s	97015.640	101040.866	97015.631	101040.876	2745.866	-23	-16	2	-9	-12	0	15	13
5	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-22s	97003.026	101037.002	97003.016	101037	2747.369	-16	-9	0	-8	-2	0	8	25
6	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-22s	96992.612	101033.330	96992.6	101033.35	2750.312	-40	0	0	-12	20	-1	23	41
7	Poste telefónico		97015.966	101039.856	97015.942	101039.842	2745.796	-30	-20	-1	-26	-16	-2	31	51
8	Poste alumbrado		96966.786	101026.313	96966.73	101026.395	2749.671	0	0	0	4	4	-1	6	20
9	Sardinel		97023.637	101041.932	97023.621	101041.91	2744.166	-22	-41	1	-16	-22	2	27	21
10	Sardinel		97003.107	101035.603	97003.117	101035.651	2746.796	7	40	9	10	46	-1	49	100
11	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-46s	96995.177	100955.831	96995.182	100955.831	2755.587	-3	20	0	5	0	3	6	49
12	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-46s	97000.963	100961.429	97000.991	100961.431	2754.66	39	11	-1	28	2	2	28	43
13	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-32s	97016.596	100976.927	97016.6	100976.93	2750.761	13	16	0	2	3	5	6	64
14	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-32s	97022.666	100982.524	97022.693	100982.535	2749.042	18	-15	0	7	11	6	14	17
15	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-20s	97037.331	100994.019	97037.335	100994.206	2744.555	-4	208	10	4	169	13	169	178
16	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-20s	97042.220	100997.916	97042.221	100997.92	2743.807	10	-6	6	1	4	1	4	3
17	Poste alumbrado		97027.069	100979.741	97027.091	100979.741	2746.743	19	11	1	2	0	-7	7	2
18	Poste telefónico		97016.932	100975.126	97016.933	100975.13	2751.265	-18	17	0	1	4	4	6	15
19	Poste telefónico		96995.563	100954.519	96995.55	100954.521	2755.513	-25	-11	0	-13	2	4	14	11
20	Poste alumbrado		96992.722	100947.867	96992.731	100947.866	2755.109	2	15	0	9	-1	-3	10	25
21	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-04s	97094.639	100606.576	97094.641	100606.581	2743.5	-7	-11	2	2	3	-1	4	43
22	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-04s	97089.915	100606.915	97089.921	100606.931	2744.4	-9	1	2	6	16	-1	17	33

**SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.**  
**DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO**  
**DE FENOMENOS DE REMOSION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA**

**CONTROL DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA NIVELETAS EN CONSTRUCCIONES**  
**ADYACENTES A LOS TALUDES**

**VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS**  
**L.I. = LECTURA INICIAL**

Niveleta N°	Ubicación	Dirección vivienda	L.I. 15/03/2000		9 DE JUNIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR (mm)			DIF. ACUMULADA (mm)				VARIACION ENTRE LECTURAS
			NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
23	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-09s	97092.228	100816.181	97092.221	100816.2	2743.505	-31	30	1	-7	19	-4	21	71
24	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-09s	97097.637	100817.623	97097.63	100817.632	2742.368	-12	-18	1	-7	9	3	12	20
25	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-03s	97084.869	100838.753	97084.89	100838.738	2744.649	-7	-3	0	1	-15	3	15	44
26	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-03s	97080.779	100837.677	97080.742	100837.631	2744.741	-11	-18	1	-37	-46	5	59	58
27	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-04s	97082.287	100847.329	97082.308	100847.35	2744.507	15	0	2	21	21	-1	30	38
28	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-04s	97076.756	100845.642	97076.742	100845.592	2744.788	-8	30	0	-14	-50	0	52	20
29	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-15s	97079.387	100837.371	97079.381	100837.381	2745.157	31	81	1	14	10	3	17	-9
30	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-15s	97073.848	100835.546	97073.852	100835.53	2745.778	0	-22	1	4	-16	-3	17	25
31	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-36s	97047.848	100836.467	97047.852	100836.5	2751.87	22	88	0	4	33	-5	34	27
32	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-36s	97042.419	100834.839	97042.425	100834.857	2752.012	-7	45	-1	8	16	-9	21	13
33	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-55s	97022.126	100820.577	97022.12	100820.584	2756.459	19	32	1	-6	7	-3	10	10
34	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-55s	97019.009	100819.678	97019.024	100819.693	2756.962	1	0	1	15	15	-1	21	29
35	Poste alumbrado		97093.978	100850.018	97093.986	100850.015	2743.813	-6	-20	1	8	-3	-4	9	12
36	Poste alumbrado		97048.460	100835.192	97048.465	100835.209	2750.698	13	8	-3	5	17	-7	19	41
37	Poste alumbrado		97019.705	100826.269	97019.713	100826.273	2756.613	-88	11	0	8	4	-5	10	-58
38	Poste alumbrado		96990.678	100817.004	96990.691	100817.001	2782.784	-11	-12	1	13	-3	-4	14	25
39	Poste alumbrado		97056.261	100830.994	97056.26	100830.99	2749.53	35	120	-2	-1	-4	-9	10	-79
40	Poste alumbrado		97000.263	100813.723	97000.208	100813.73	2761.849	-82	-72	2	-55	7	-2	55	-1
41	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-12s	97066.529	100875.599	97066.531	100875.61	2747.925	-72	-91	-2	2	11	-10	15	-96
42	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-12s	97080.852	100873.820	97080.88	100873.811	2748.179	-27	-78	0	8	-9	-6	13	-22
43	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-20s	97055.811	100872.178	97055.82	100872.19	2749.571	17	-20	0	9	12	-3	15	-6
44	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-20s	97051.195	100870.794	97051.2	100870.77	2749.725	-3	-45	0	5	-24	-7	25	47





SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOSION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

CONTROL DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA NIVELETAS EN CONSTRUCCIONES  
 ADYACENTES A LOS TALUDES

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS  
 L.I. = LECTURA INICIAL

Niveleta N°	Ubicación	Dirección vivienda	L.I. 15/03/2000	L.I. 15/03/2000	17 DE JUNIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR (mm)			DIF. ACUMULADA (mm)				VARIACION ENTRE LECTURAS
					NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
1	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-17s	97030.374	101038.770	97030.37	101038.773	2745.394	-4	3	-1	-4	3	-4	6	17
2	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-17s	97026.804	101037.717	97026.61	101037.72	2745.749	0	0	-1	6	3	0	7	19
3	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-14s	97021.614	101043.053	97021.628	101043.068	2745.864	10	10	0	14	15	2	21	19
4	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-14s	97015.840	101040.888	97015.862	101040.903	2745.886	31	27	0	22	15	0	27	14
5	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-22s	97003.026	101037.002	97003.038	101037.018	2747.387	20	18	-2	12	16	-2	20	-4
6	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-22s	96992.812	101033.330	96992.84	101033.331	2750.311	40	-19	-1	26	1	-2	26	-13
7	Poste telefónico		97015.968	101039.858	97015.972	101039.86	2745.797	30	16	1	4	2	-1	5	-47
8	Poste alumbrado		96988.789	101026.313	96988.791	101026.315	2749.862	61	0	0	2	2	-11	11	-9
9	Sardinel		97023.837	101041.932	97023.85	101041.95	2744.187	29	40	-1	13	18	1	22	1
10	Sardinel		97003.107	101035.603	97003.112	101035.605	2746.797	-5	-46	-1	5	2	-2	6	-94
11	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-48s	96995.177	100955.831	96995.139	100955.842	2755.589	-43	11	2	-38	11	5	40	-9
12	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-46s	97000.963	100961.429	97000.978	100961.436	2754.662	-15	5	2	13	7	4	15	-28
13	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-32s	97016.598	100976.927	97016.582	100976.932	2750.76	-18	2	-1	-16	5	4	17	-46
14	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-32s	97022.886	100982.524	97022.895	100982.531	2749.043	2	-4	1	9	7	7	13	-4
15	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-20s	97037.331	100994.019	97037.35	100994.023	2744.556	15	-185	1	16	4	14	24	-154
16	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-20s	97042.220	100997.916	97042.231	100997.92	2743.806	10	0	-1	11	4	0	12	9
17	Poste alumbrado		97027.089	100979.741	97027.09	100979.738	2748.741	-1	-3	-2	1	-3	-9	10	7
18	Poste telefónico		97016.932	100975.128	97016.932	100975.138	2751.284	-1	6	-1	0	12	3	12	-2
19	Poste telefónico		96995.583	100954.519	96995.576	100954.53	2755.513	28	9	0	15	11	4	19	8
20	Poste alumbrado		96992.722	100947.867	96992.731	100947.891	2755.11	0	25	1	9	24	-2	26	0
21	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-04s	97094.639	100806.578	97094.642	100806.591	2743.499	1	10	-1	3	13	-2	13	-29
22	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-04s	97089.315	100806.915	97089.315	100806.921	2744.4	-6	-10	0	0	6	-1	6	-27



SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOSION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

**CONTROL DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA NIVELETAS EN CONSTRUCCIONES  
 ADYACENTES A LOS TALUDES**

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS  
 L.I. = LECTURA INICIAL

Niveleta N°	Ubicación	Dirección vivienda	L.I. 15/03/2000	L.I. 15/03/2000	17 DE JUNIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR (mm)			DIF. ACUMULADA (mm)				VARIACION ENTRE LECTURAS
					NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
23	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-09s	97092.226	100816.181	97092.231	100816.182	2743.504	10	-8	-1	3	11	-5	12	-58
24	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-09s	97097.637	100817.623	97097.65	100817.631	2742.398	20	-1	-2	13	8	1	15	-4
25	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-03s	97084.889	100838.753	97084.889	100838.753	2744.647	-1	15	-2	0	0	1	1	-43
26	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-03s	97080.779	100837.677	97080.771	100837.685	2744.738	29	54	-3	-8	8	2	11	-47
27	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-04s	97082.287	100847.329	97082.295	100847.333	2744.507	-13	-17	0	8	4	-1	9	-29
28	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-04s	97093.874	100850.95	97093.874	100850.95	2744.68	Nueva Platina			0	0	0	0	
29	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-15s	97079.367	100837.371	97079.37	100837.331	2745.154	-11	-50	-3	3	-40	0	40	49
30	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-15s	97073.848	100835.548	97073.856	100835.552	2745.775	4	22	-3	8	6	-6	12	-13
31	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-36s	97047.848	100836.487	97047.846	100836.472	2751.869	-4	-28	-1	0	5	-6	8	-19
32	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-36s	97042.419	100834.839	97042.431	100834.85	2752.011	6	-7	-1	12	11	-10	19	6
33	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-55s	97022.126	100820.577	97022.123	100820.581	2756.46	3	-3	1	-3	4	-2	5	-5
34	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-55s	97019.009	100819.678	97019.012	100819.683	2756.983	-12	-10	1	3	5	0	6	-23
35	Poste alumbrado		97093.978	100850.018	97093.984	100850.031	2743.612	-2	16	-1	6	13	-5	15	3
36	Poste alumbrado		97048.480	100835.192	97048.45	100835.181	2750.698	-15	-28	-2	-10	-11	-9	17	-23
37	Poste alumbrado		97019.705	100826.289	97019.691	100826.254	2756.815	-22	-19	2	-14	-15	-3	21	79
38	Poste alumbrado		96990.678	100817.004	96990.686	100817.001	2762.783	-25	0	-1	-12	-3	-5	13	-12
39	Poste alumbrado		97056.281	100830.994	97056.251	100830.981	2749.527	-9	-9	-3	-10	-13	-12	20	89
40	Poste alumbrado		97000.283	100813.723	97000.251	100813.719	2761.848	43	-11	-1	-12	-4	-3	13	14
41	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-12s	97086.529	100875.599	97086.51	100875.587	2747.923	-21	-23	-2	-19	-12	-12	25	122
42	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-12s	97080.852	100873.820	97080.85	100873.815	2748.177	-10	4	-2	-2	-5	-8	10	31
43	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-20s	97055.611	100872.178	97055.605	100872.18	2749.571	-15	-10	0	-6	2	-3	7	13
44	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-20s	97051.195	100870.794	97051.203	100870.802	2749.725	3	32	0	8	8	-7	13	-33

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOSION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

CONTROL DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA NIVELETAS EN CONSTRUCCIONES  
 ADYACENTES A LOS TALUDES

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS  
 L.I. = LECTURA INICIAL

Niveleta N°	Ubicación	Dirección vivienda	L.I. 15/03/2000	L.I. 15/03/2000	17 DE JUNIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR (mm)			DIF. ACUMULADA (mm)				VARIACION ENTRE LECTURAS
					NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
45	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-39s	97023.141	100853.859	97023.156	100853.862	2755.473	5	-8	0	15	3	-1	15	24
46	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-39s	97018.816	100852.434	97018.832	100852.451	2755.812	22	1	2	16	17	-3	24	-8
47	Poste alumbrado		97050.896	100869.460	97050.903	100869.475	2750.235	13	24	-5	7	15	-9	19	38
48	Poste telefonico		97005.494	100849.315	97005.482	100849.302	2758.368	-11	-28	-1	-12	-13	-8	19	16
49	Poste telefonico		97040.240	100860.643	97040.257	100860.641	2752.894	37	-10	1	17	-2	-4	16	60
50	Poste alumbrado		96999.611	100852.712	96999.608	100852.7	2759.221	-1	0	-2	-3	-12	-3	13	67

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOSION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

**CONTROL DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA NIVELETAS EN CONSTRUCCIONES  
 ADYACENTES A LOS TALUDES**

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS  
 L.I. = LECTURA INICIAL

Niveleta N°	Ubicación	Dirección vivienda	L.I 15/03/2000	L.I. 15/03/2000	4 DE JULIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR (mm)			DIF. ACUMULADA (mm)				VARIACION ENTRE LECTURAS
					NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
1	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-17s	97030.374	101038.770	97030.37	101038.77	2745.392	0	-3	-2	-4	0	-8	7	1
2	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-17s	97026.604	101037.717	97026.8	101037.72	2745.747	-10	0	-2	-4	3	-2	5	-1
3	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-14s	97021.614	101043.053	97021.626	101043.07	2745.862	-2	2	-2	12	17	0	21	0
4	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-14s	97015.840	101040.868	97015.862	101040.902	2745.884	0	-1	-2	22	14	-2	28	-0
5	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-22s	97003.026	101037.002	97003.038	101037.018	2747.367	0	0	0	12	16	-2	20	0
6	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-22s	96992.612	101033.330	96992.83	101033.341	2750.31	-10	10	-1	18	11	-3	21	-7
7	Poste telefónico		97015.968	101039.856	97015.953	101039.862	2745.795	-19	2	-2	-15	4	-3	16	11
8	Poste alumbrado		96988.769	101026.313	96988.8	101026.35	2749.86	9	0	0	11	37	-13	41	29
9	Sardinel		97023.837	101041.932	97023.838	101041.952	2744.187	-12	2	0	1	20	1	20	-2
10	Sardinel		97003.107	101035.603	97003.112	101035.615	2746.796	0	10	-1	5	12	-3	13	8
11	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-46s	96995.177	100955.831	96995.189	100955.843	2755.568	50	1	-1	12	12	4	17	-22
12	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-46s	97000.963	100961.429	97000.951	100961.408	2754.861	-25	-26	-1	-12	-21	3	24	9
13	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-32s	97016.598	100976.927	97016.601	100976.951	2750.759	19	19	-1	3	24	3	24	7
14	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-32s	97022.886	100982.524	97022.891	100982.536	2749.042	-4	5	-1	5	12	6	14	1
15	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-20s	97037.331	100994.019	97037.338	100994.21	2744.555	-12	187	-1	7	191	13	192	168
16	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-20s	97042.220	100997.916	97042.23	100997.921	2743.807	-1	1	1	10	5	1	11	-0
17	Poste alumbrado		97027.089	100979.741	97027.08	100979.75	2746.741	-10	12	0	-9	9	-9	16	6
18	Poste telefónico		97016.932	100975.126	97016.951	100975.131	2751.263	19	-7	-1	19	5	2	20	7
19	Poste telefónico		96995.563	100954.519	96995.563	100954.532	2755.513	-15	2	0	0	13	4	14	-5
20	Poste alumbrado		96992.722	100947.867	96992.725	100947.871	2755.109	-6	-20	-1	3	4	-3	6	-20
21	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-04s	97094.839	100808.578	97094.839	100808.57	2743.499	-3	-21	0	0	-8	-2	8	-5
22	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-04s	97089.315	100808.915	97089.31	100808.932	2744.402	-5	11	2	-5	17	1	18	12

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOSION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

**CONTROL DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA NIVELETAS EN CONSTRUCCIONES  
 ADYACENTES A LOS TALUDES**

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS  
 L.I. = LECTURA INICIAL

Niveleta N°	Ubicación	Dirección vivienda	L.I. 15/03/2000		4 DE JULIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR (mm)			DIF. ACUMULADA (mm)				VARIACION ENTRE LECTURAS
			NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
23	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-09s	97092.220	100814.579	97092.22	100814.579	2744.842	Nueva Platina			0	0	0	0	0
24	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-09s	97091.172	100815.899	97091.172	100815.899	2742.842	Nueva Platina			0	0	0	0	0
25	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-03s	97084.889	100838.753	97084.892	100838.74	2744.847	3	-13	0	3	-13	1	13	12
26	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-03s	97080.779	100837.677	97080.781	100837.692	2744.737	10	7	-1	2	15	1	15	4
27	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-04s	97082.287	100847.329	97082.302	100847.313	2744.505	7	-20	-2	15	-16	-3	22	13
28	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-04s	97093.674	100850.95	97093.681	100850.952	2744.678	7	2	-2	7	2	-2	8	8
29	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-15s	97079.367	100837.371	97079.395	100837.342	2745.153	25	11	-1	28	-29	-1	40	0
30	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-15s	97073.848	100835.546	97073.85	100835.58	2745.775	-6	8	0	2	14	-6	15	4
31	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-36s	97047.848	100836.467	97047.852	100836.477	2751.87	4	5	1	4	10	-5	12	4
32	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-36s	97042.419	100834.839	97042.433	100834.841	2752.012	2	-9	1	14	2	-9	17	-2
33	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-55s	97022.126	100820.577	97022.135	100820.576	2758.46	12	-3	0	9	1	-2	9	4
34	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-55s	97019.009	100819.678	97019	100819.671	2756.964	-12	-12	1	-9	-7	1	11	6
35	Poste alumbrado		97093.978	100850.018	97093.962	100850.031	2743.614	-22	0	2	-16	13	-3	21	6
36	Poste alumbrado		97048.460	100835.192	97048.453	100835.185	2750.696	3	4	0	-7	-7	-9	13	-4
37	Poste alumbrado		97019.705	100826.269	97019.7	100826.273	2756.616	9	19	1	-5	4	-2	7	-14
38	Poste alumbrado		96990.678	100817.004	96990.701	100817	2762.784	35	-1	1	23	-4	-4	24	10
39	Poste alumbrado		97056.261	100830.994	97056.249	100830.985	2749.526	-2	4	-1	-12	-9	-13	20	-0
40	Poste alumbrado		97000.263	100813.723	97000.271	100813.72	2761.846	20	1	0	8	-3	-3	9	-4
41	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-12s	97066.529	100875.599	97066.516	100875.619	2747.922	6	32	-1	-11	20	-13	26	1
42	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-12s	97060.852	100873.820	97060.85	100873.801	2748.178	0	-14	1	-2	-19	-7	20	11
43	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-20s	97055.611	100872.178	97055.609	100872.169	2749.589	4	-11	-2	-2	-9	-5	10	3
44	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-20s	97051.195	100870.794	97051.201	100870.782	2749.724	-2	-20	-1	6	-12	-6	18	2





SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOSION EN MAGA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

**CONTROL DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA NIVELETAS EN CONSTRUCCIONES  
 ADYACENTES A LOS TALUDES**

VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS  
 L.I. = LECTURA INICIAL

Niveleta N°	Ubicación	Dirección vivienda	L.I. 15/03/2000	L.I. 15/03/2000	17 DE JULIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR (mm)			DIF. ACUMULADA (mm)				VARIACION ENTRE LECTURAS
					NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
1	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-17s	97030.374	101038.770	97030.372	101038.785	2745.391	2	15	-1	-2	15	-7	17	9
2	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-17s	97026.604	101037.717	97026.615	101037.726	2745.746	15	6	-1	11	9	-3	15	9
3	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-14s	97021.614	101043.053	97021.609	101043.062	2745.863	-17	-8	1	-5	9	1	10	-10
4	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-14s	97015.840	101040.888	97015.856	101040.902	2745.883	-6	0	-1	18	14	-3	21	-5
5	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-22s	97003.026	101037.002	97003.04	101037.092	2747.385	2	74	-2	14	90	-4	91	71
6	Vivienda	Cra. 19 A este N° 9-22s	96992.612	101033.330	96992.625	101033.351	2750.304	-5	10	-8	13	21	-9	26	5
7	Poste telefónico		97015.968	101039.858	97015.973	101039.882	2745.795	20	0	0	5	4	-3	7	-9
8	Poste alumbrado		96988.789	101026.313	96988.795	101026.318	2749.661	-5	0	0	6	5	-12	14	-26
9	Sardinel		97023.637	101041.932	97023.85	101041.951	2744.186	12	-1	-1	13	19	0	23	3
10	Sardinel		97003.107	101035.603	97003.137	101035.615	2746.796	25	0	0	30	12	-3	32	19
11	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-46s	96995.177	100955.831	96995.192	100955.843	2755.588	3	0	0	15	12	4	20	2
12	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-46s	97000.983	100961.429	97000.973	100961.441	2754.66	22	33	-1	10	12	2	16	-9
13	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-32s	97016.598	100976.927	97016.605	100976.932	2750.758	4	-19	-1	7	5	2	9	-16
14	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-32s	97022.886	100982.524	97022.893	100982.551	2749.042	2	15	0	7	27	6	29	14
15	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-20s	97037.331	100994.019	97037.33	100994.02	2744.554	-8	-190	-1	-1	1	12	12	-179
16	Vivienda	Cra. 19 este N° 9-20s	97042.220	100997.916	97042.228	100997.923	2743.606	-2	2	-1	8	7	0	11	-1
17	Poste alumbrado		97027.089	100979.741	97027.092	100979.751	2748.741	12	1	0	3	10	-9	14	-2
18	Poste telefónico		97016.932	100975.126	97016.935	100975.132	2751.282	-16	1	-1	3	6	1	7	-13
19	Poste telefónico		96995.563	100954.519	96995.57	100954.53	2755.512	7	-2	-1	7	11	3	13	-0
20	Poste alumbrado		96992.722	100947.667	96992.731	100947.67	2755.109	6	-1	0	9	3	-3	10	4
21	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-04s	97094.839	100806.578	97094.851	100806.591	2743.498	12	21	-1	12	13	-3	18	10
22	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-04s	97089.315	100806.915	97089.315	100806.93	2744.401	5	-2	-1	0	15	0	15	-3

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
 DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO  
 DE FENOMENOS DE REMOSION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

CONTROL DE PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA NIVELETAS EN CONSTRUCCIONES  
 ADYACENTES A LOS TALUDES

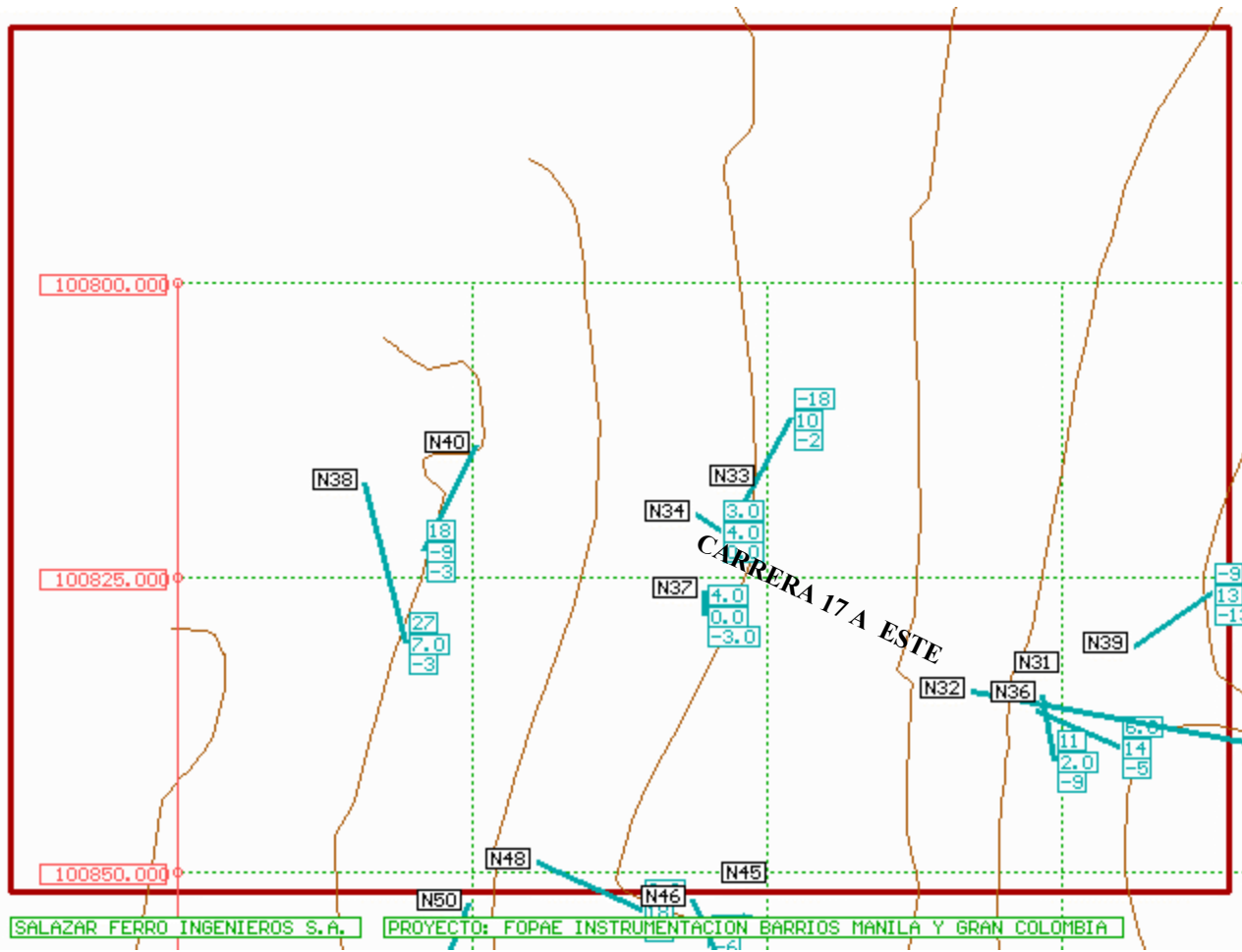
VALORES CALCULADOS EN MILIMETROS  
 L.I. = LECTURA INICIAL

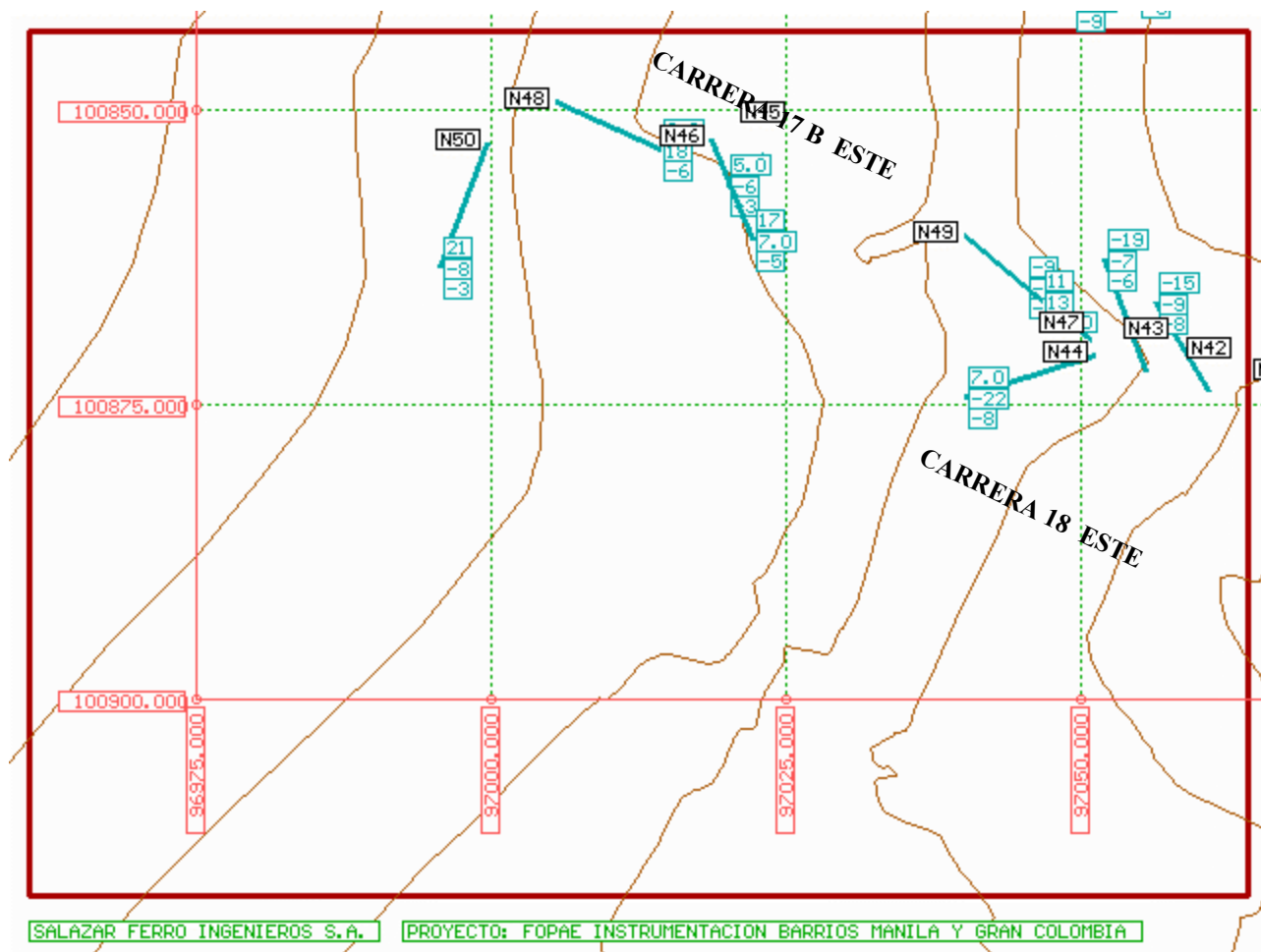
Niveleta N°	Ubicación	Dirección vivienda	L.I. 15/03/2000		17 DE JULIO DE 2000			DIF. LEC. ANTERIOR (mm)			DIF. ACUMULADA (mm)				VARIACION ENTRE LECTURAS
			NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	RESULTANTE	
23	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-09s	97092.220	100814.579	97092.228	100814.588	2744.841	8	7	-1	8	7	-1	11	11
24	Vivienda	Cra. 17 este N° 9-09s	97091.172	100815.899	97091.186	100815.902	2742.84	14	3	-2	14	3	-2	14	14
25	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-03s	97084.889	100838.753	97084.893	100838.785	2744.846	1	25	-1	4	12	0	13	-1
26	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-03s	97080.779	100837.877	97080.785	100837.885	2744.736	4	-7	-1	6	8	0	10	-5
27	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-04s	97082.287	100847.329	97082.293	100847.351	2744.505	-9	38	0	6	22	-3	23	1
28	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-04s	97093.874	100850.95	97093.872	100850.954	2744.677	-8	2	-1	-2	4	-3	5	-2
29	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-15s	97079.387	100837.371	97079.384	100837.321	2745.151	-11	-21	-2	17	-50	-3	53	13
30	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-15s	97073.848	100835.548	97073.854	100835.582	2745.774	4	2	-1	8	18	-7	18	3
31	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-36s	97047.848	100838.487	97047.882	100838.473	2751.87	10	-4	0	14	6	-5	16	4
32	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-36s	97042.419	100834.839	97042.485	100834.851	2752.011	52	10	-1	66	12	-10	66	51
33	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-55s	97022.128	100820.577	97022.136	100820.559	2758.46	1	-19	0	10	-18	-2	21	11
34	Vivienda	Cra. 17 A este N° 9-55s	97019.009	100819.678	97019.013	100819.681	2758.983	13	10	-1	4	3	0	5	-8
35	Poste alumbrado		97093.978	100850.018	97093.984	100850.032	2743.613	22	1	-1	6	14	-4	16	-5
36	Poste alumbrado		97048.460	100835.192	97048.462	100835.203	2750.896	9	18	0	2	11	-9	14	1
37	Poste alumbrado		97019.705	100826.269	97019.705	100826.273	2758.615	5	0	-1	0	4	-3	5	-2
38	Poste alumbrado		98990.678	100817.004	98990.685	100817.031	2762.785	-18	31	1	7	27	-3	28	4
39	Poste alumbrado		97058.281	100830.994	97058.274	100830.985	2749.528	25	0	0	13	-9	-13	20	1
40	Poste alumbrado		97000.283	100813.723	97000.254	100813.741	2761.848	-17	21	0	-9	18	-3	20	11
41	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-12s	97088.529	100875.599	97088.542	100875.572	2747.922	24	-47	0	13	-27	-13	33	6
42	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-12s	97080.852	100873.820	97080.843	100873.805	2748.177	-7	4	-1	-8	-15	-8	19	-1
43	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-20s	97055.611	100872.178	97055.604	100872.159	2749.588	-5	-10	-1	-7	-19	-6	21	11
44	Vivienda	Cra. 17 B este N° 9-20s	97051.195	100870.794	97051.173	100870.801	2749.724	-28	19	0	-22	7	-6	24	9

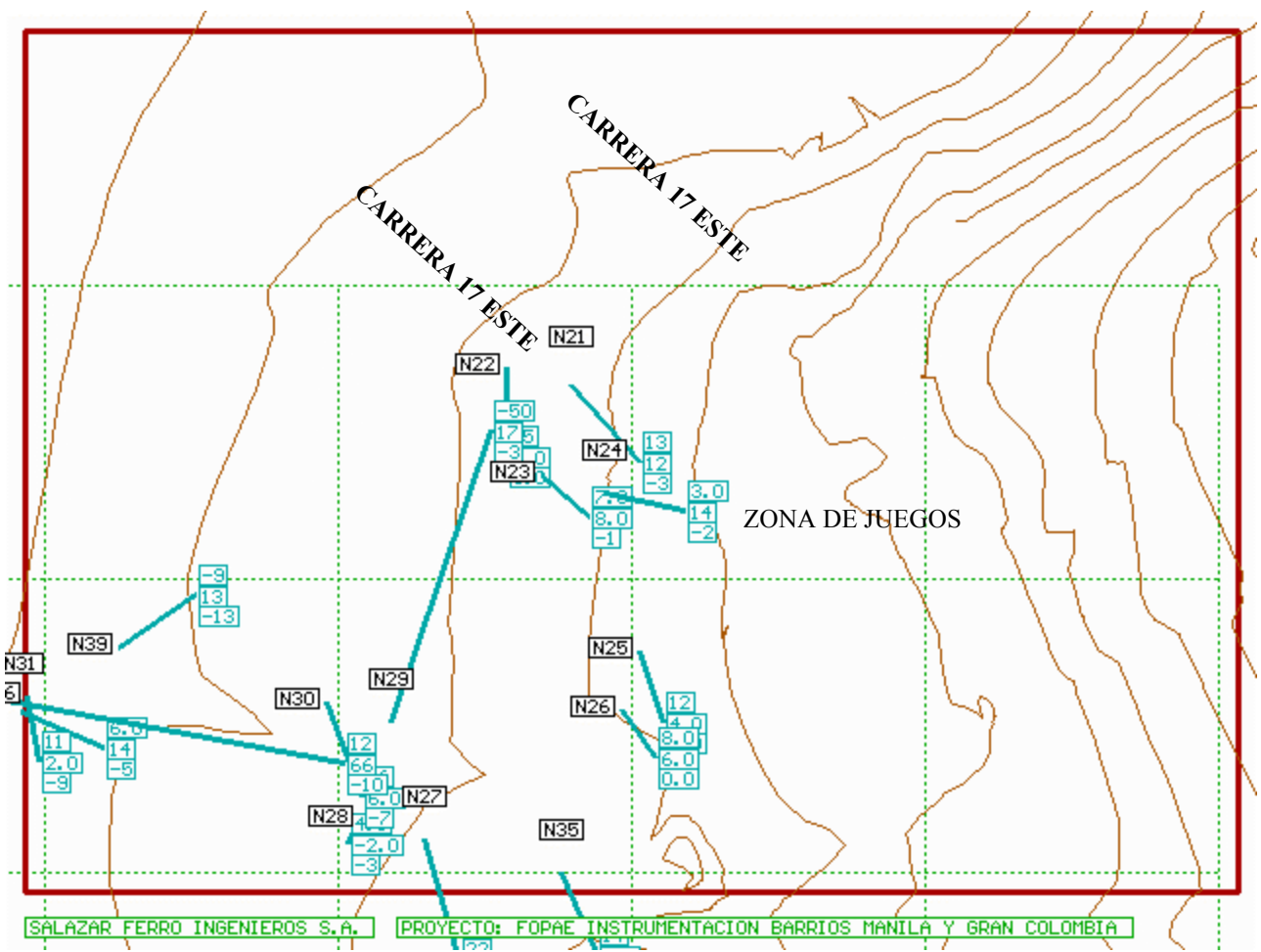
**DINAMCAD TOPOGRAFÍA VISTA EN PLANTA (NIVELETAS)**





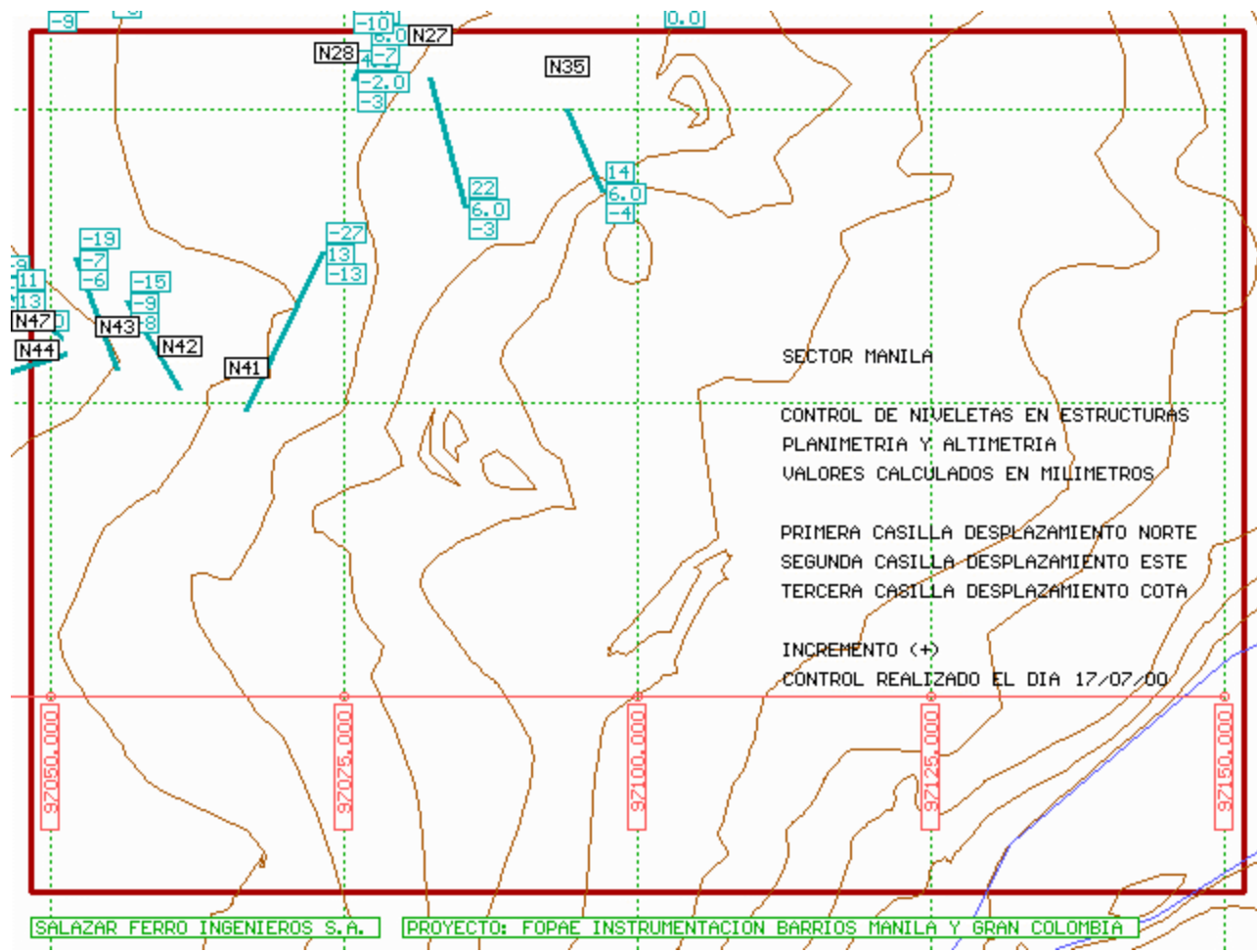


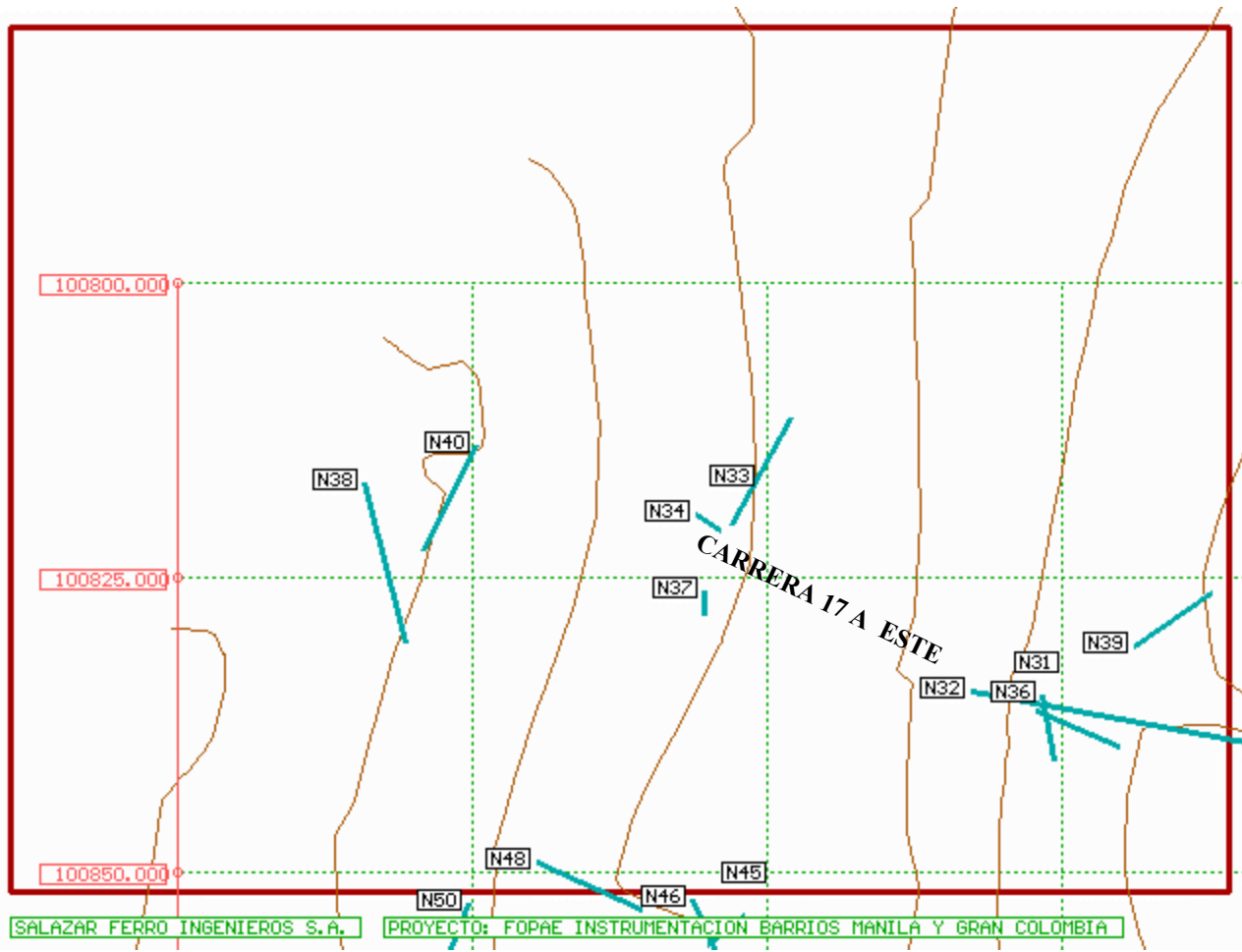




SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

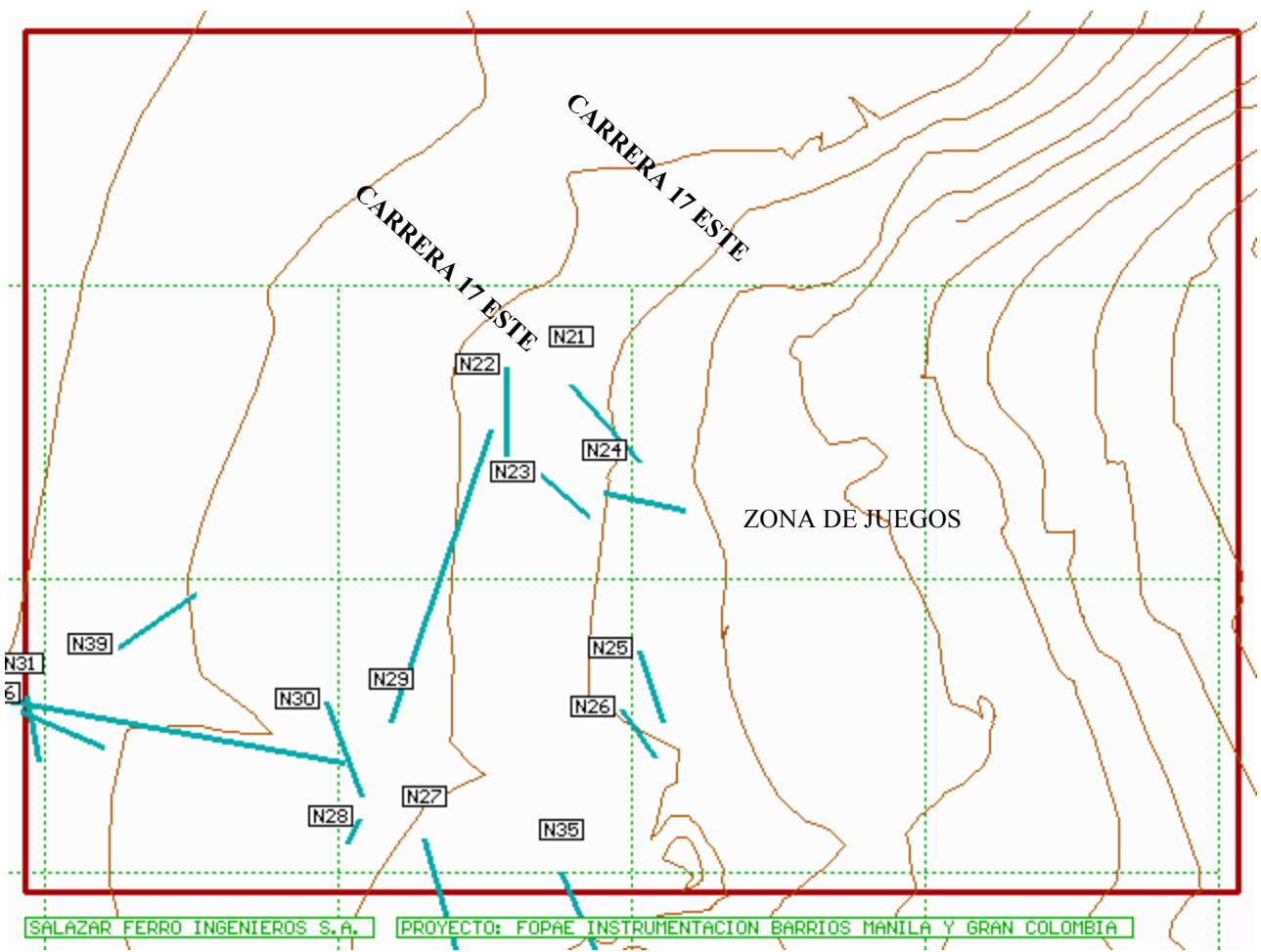
PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA





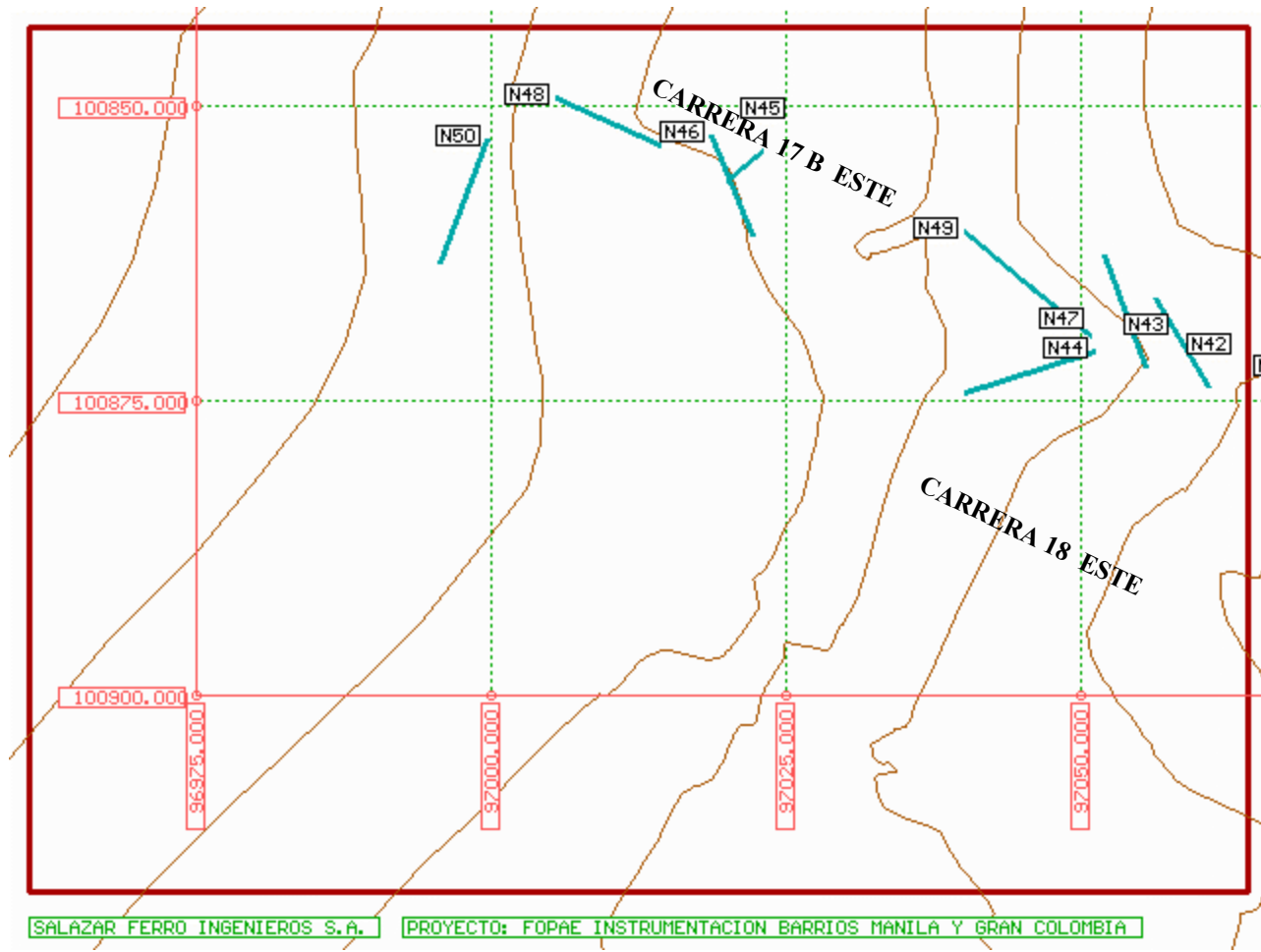
SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

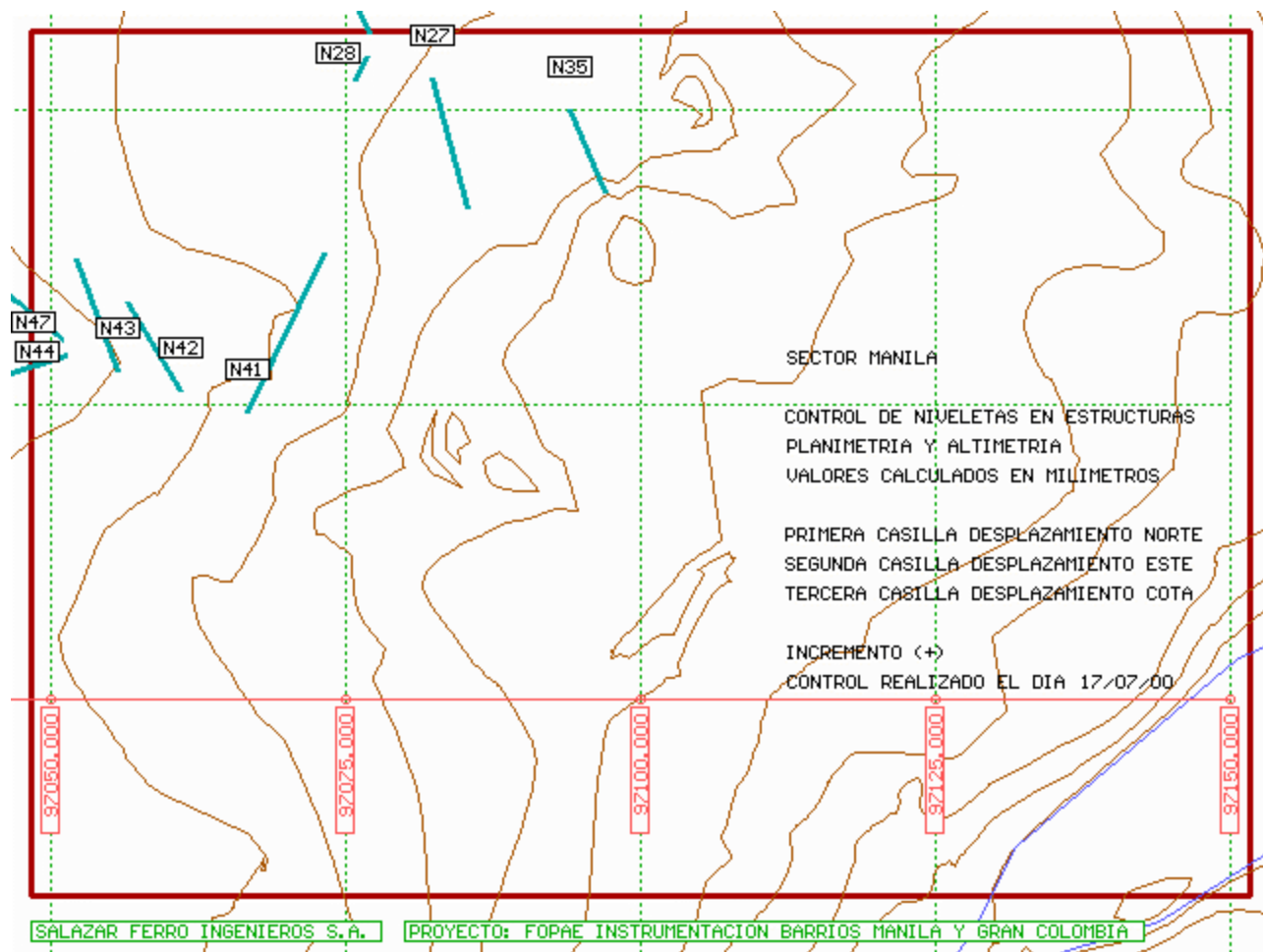


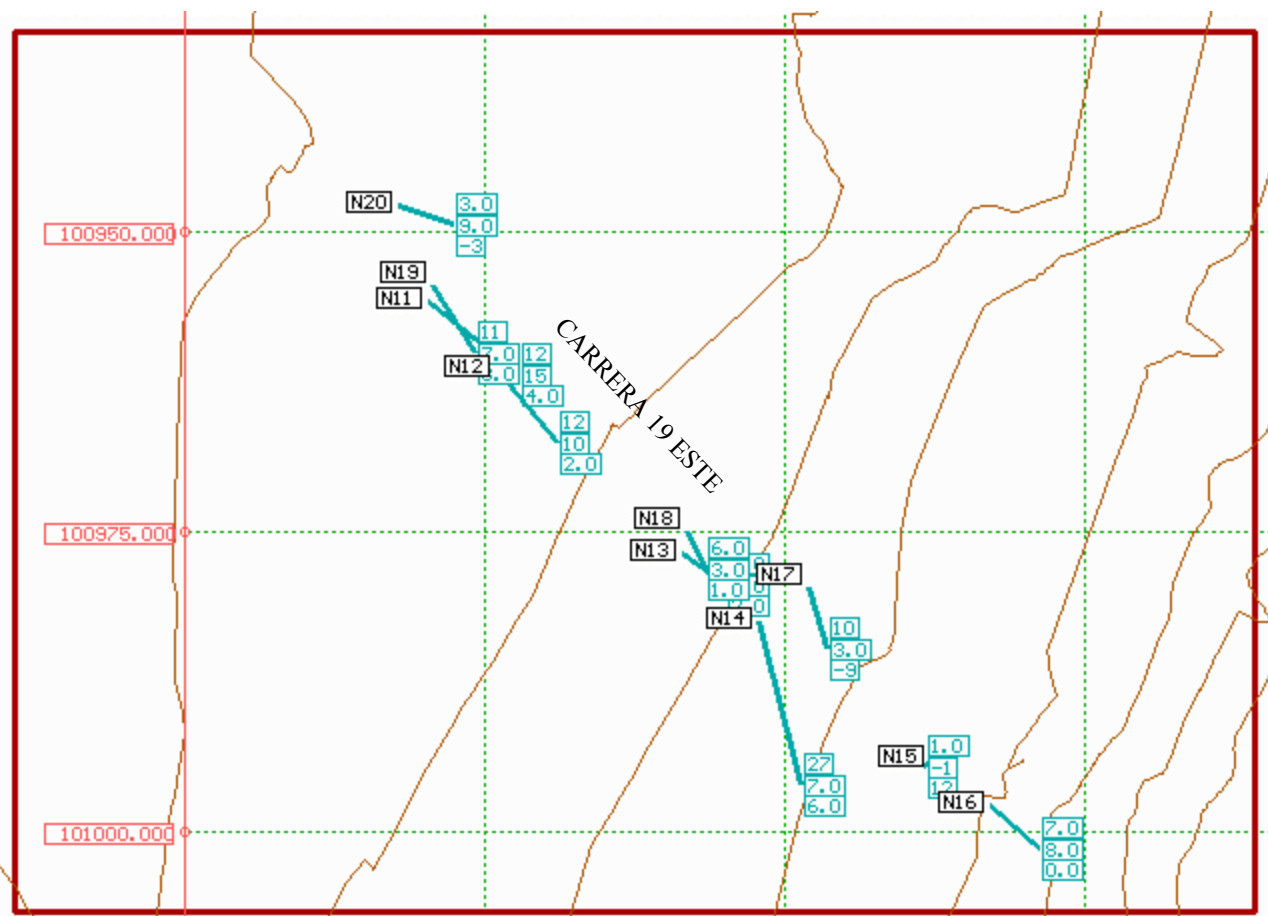
SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

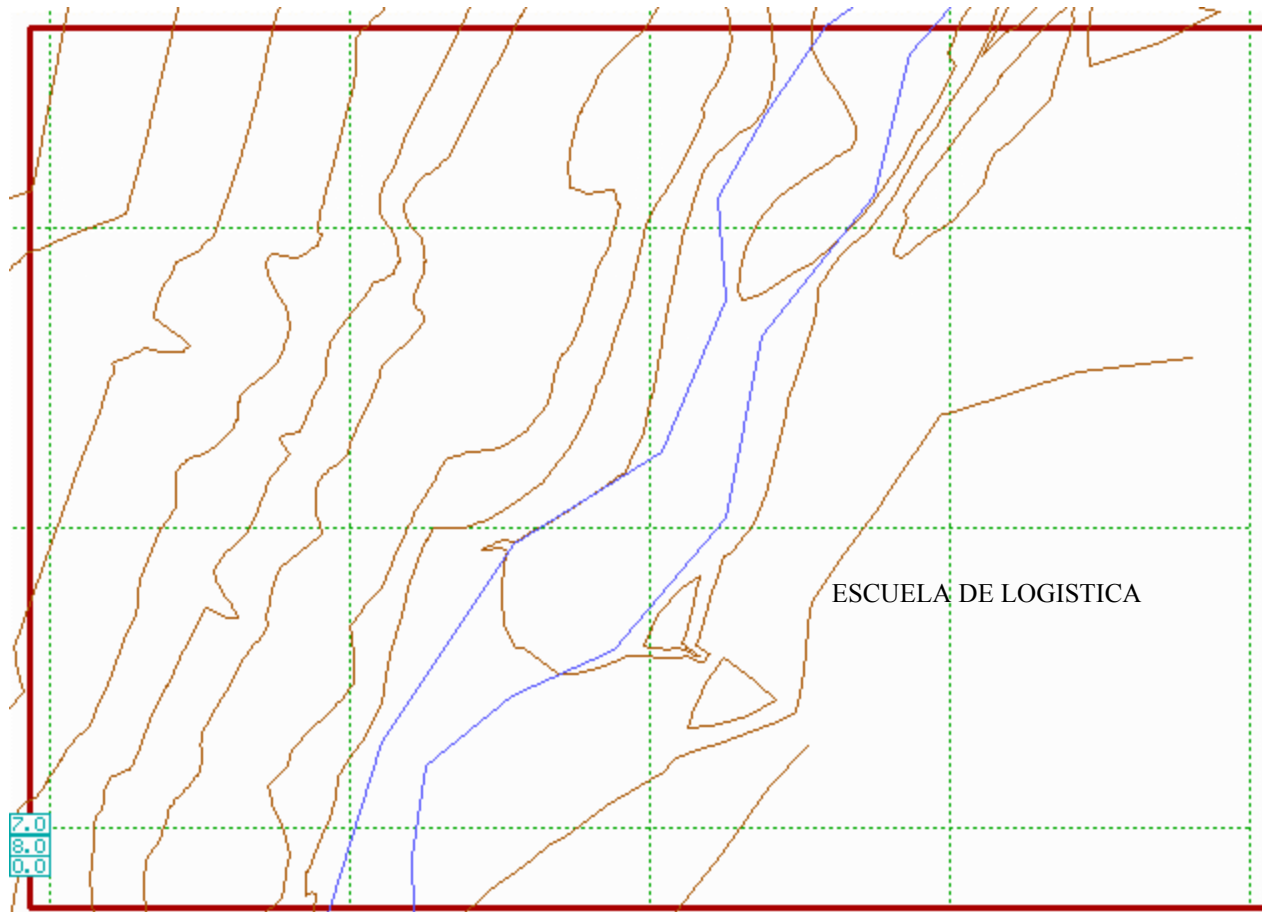
PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA







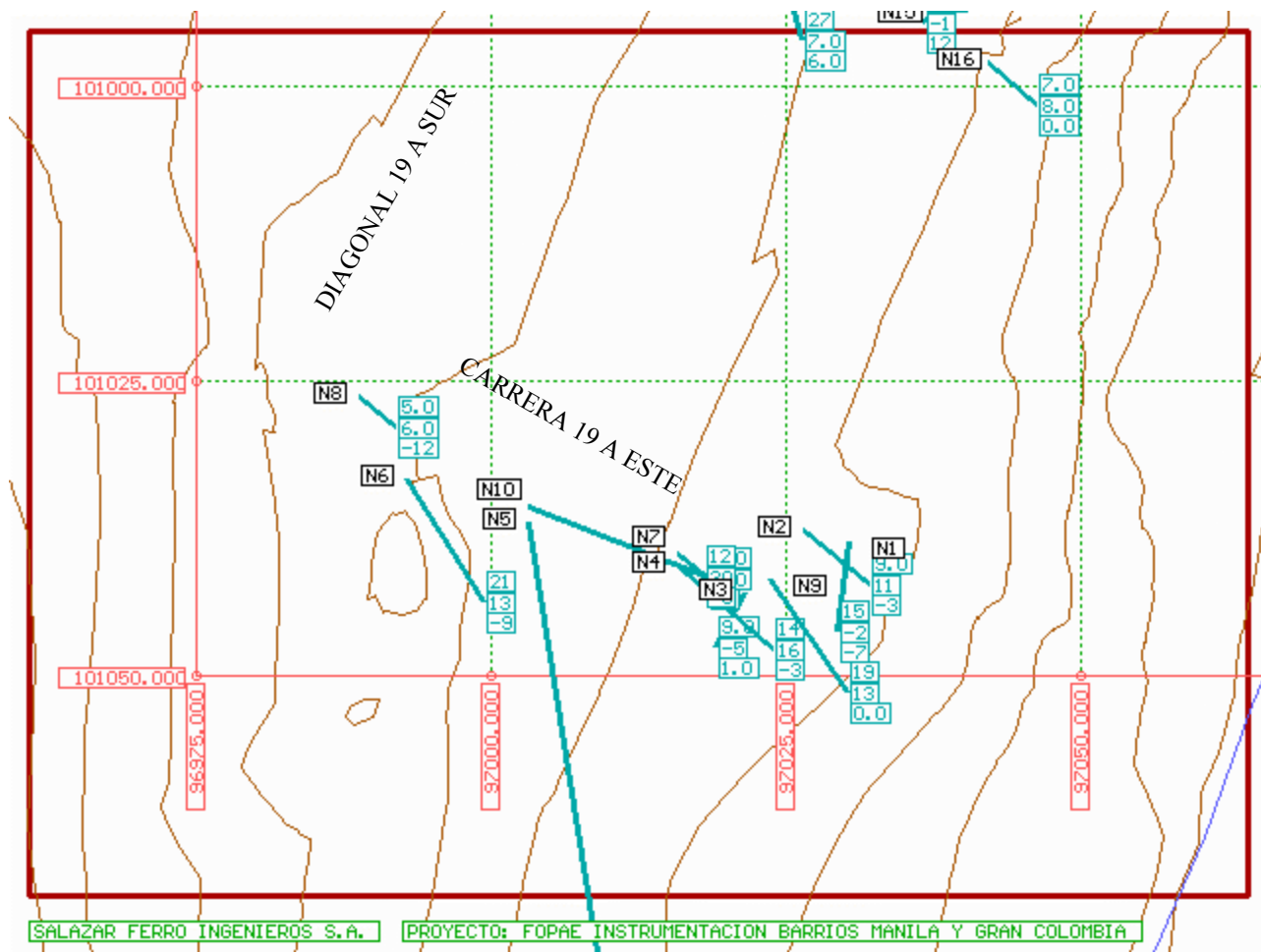


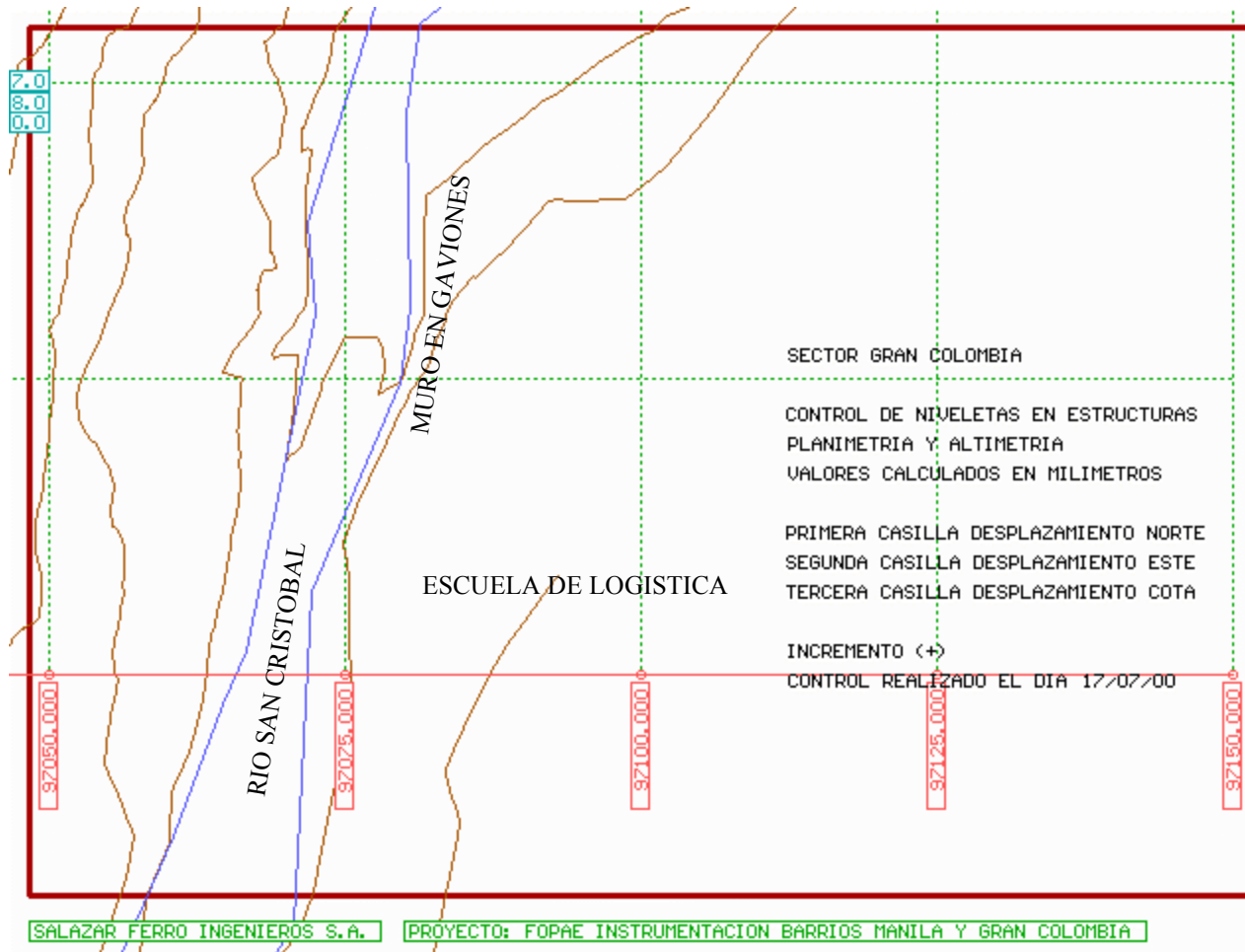


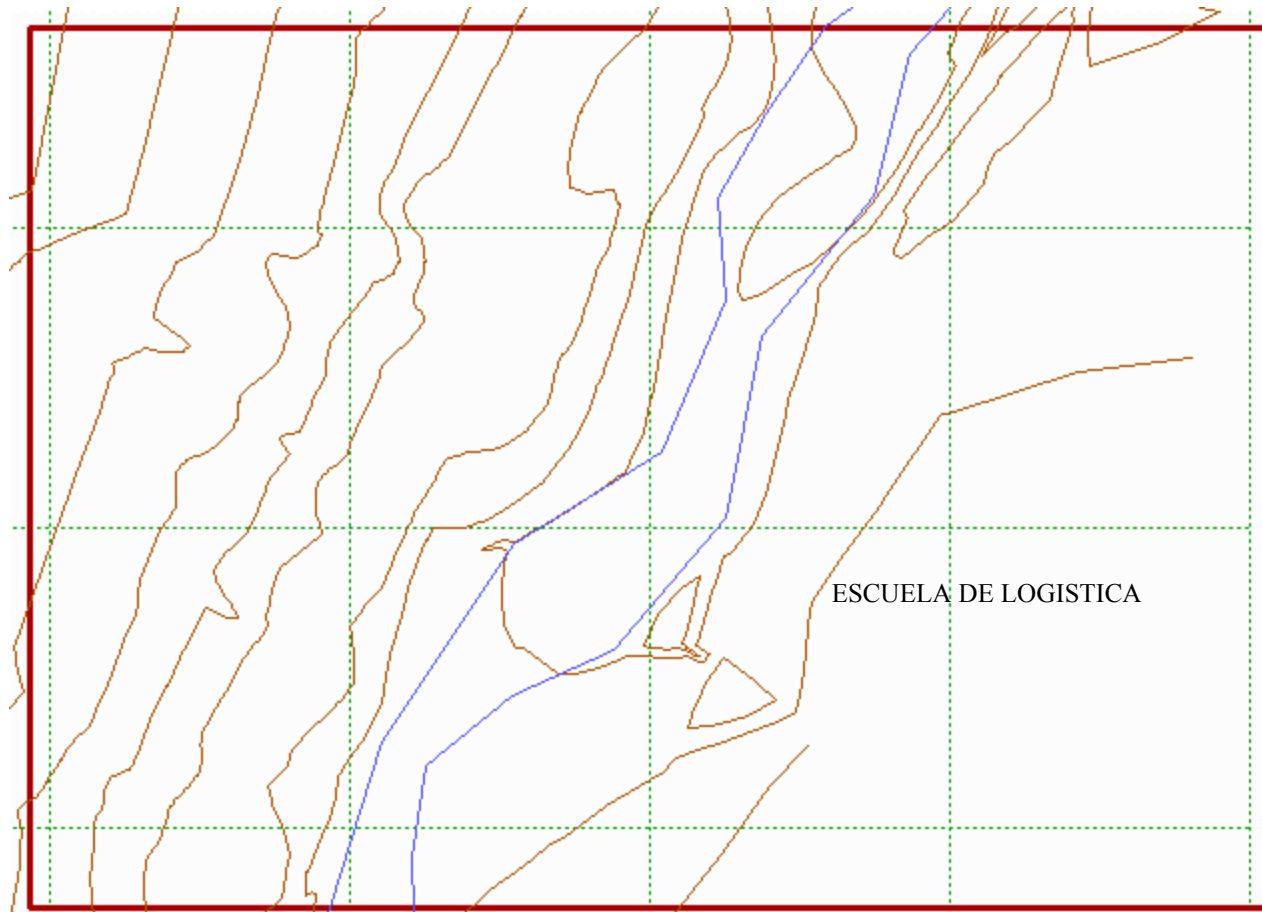
7.0  
8.0  
0.0

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

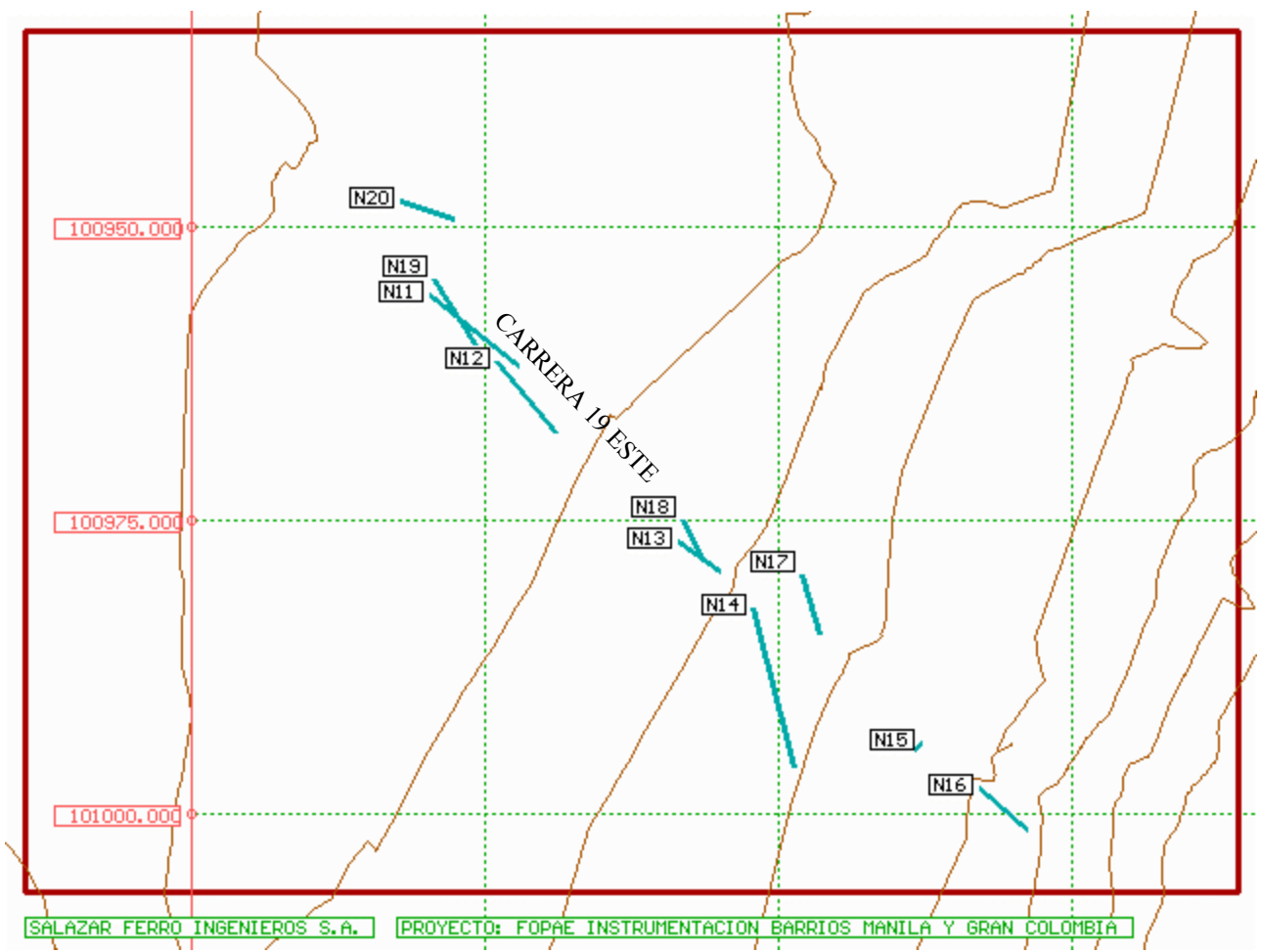






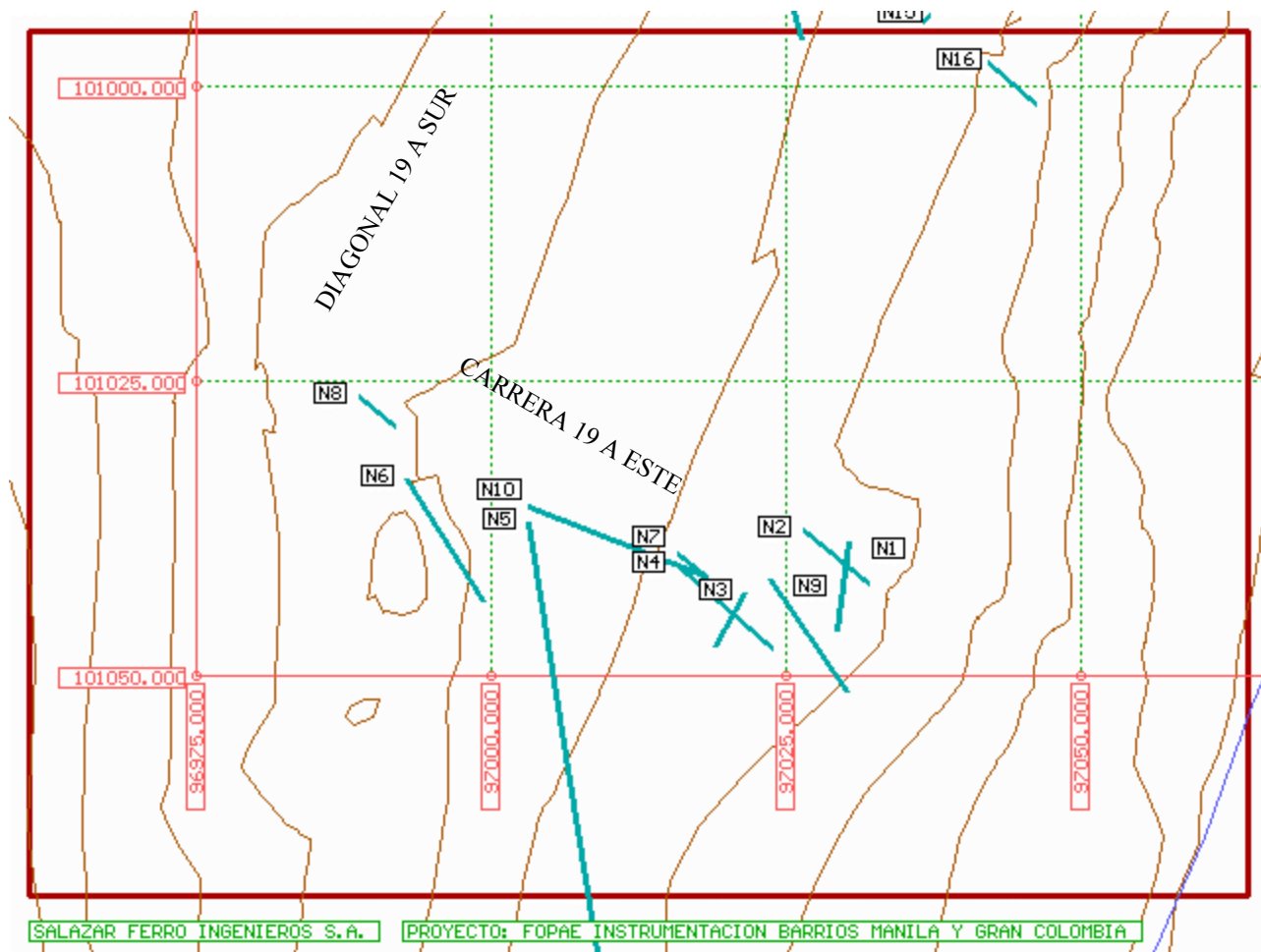
SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA



SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

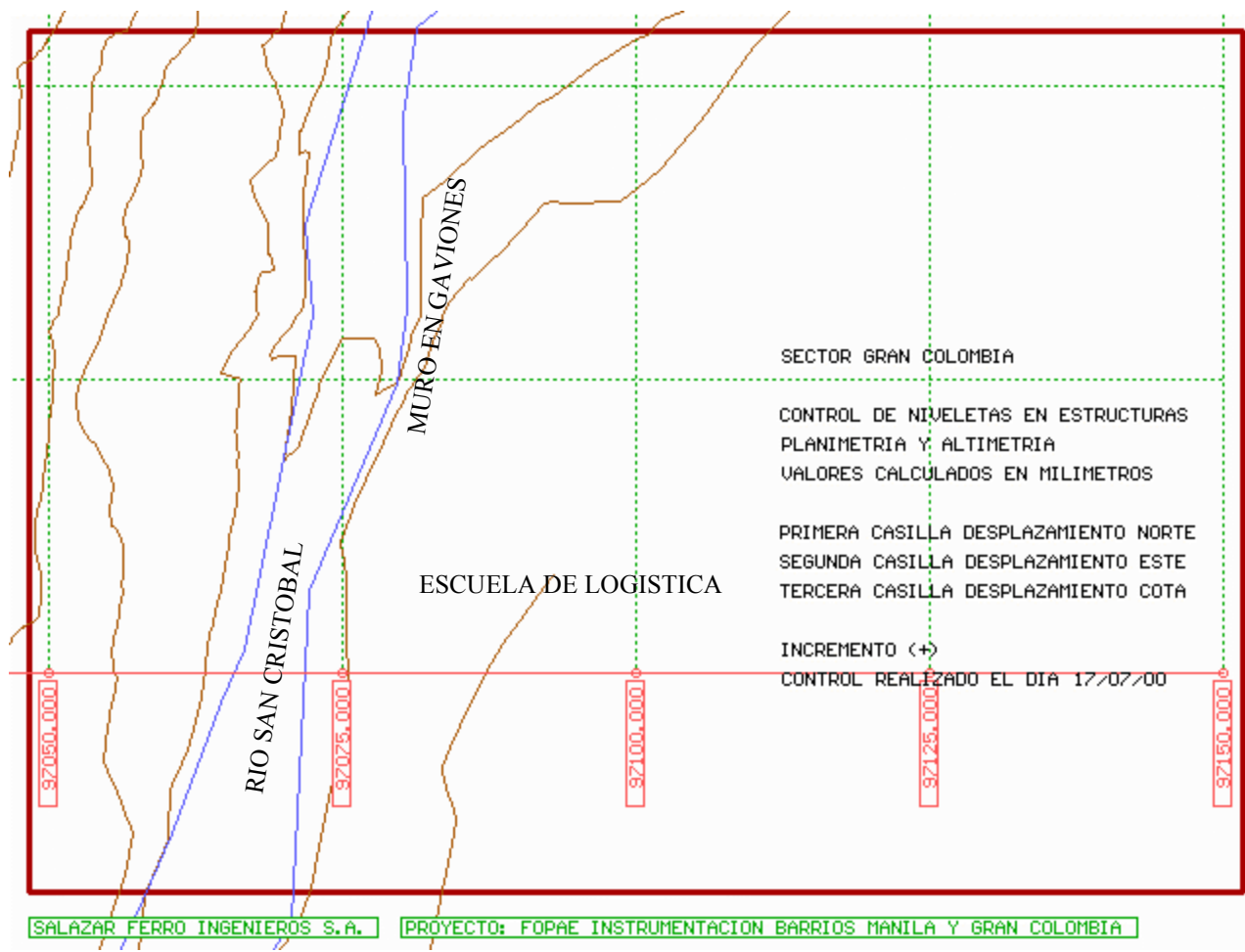
PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA



SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA



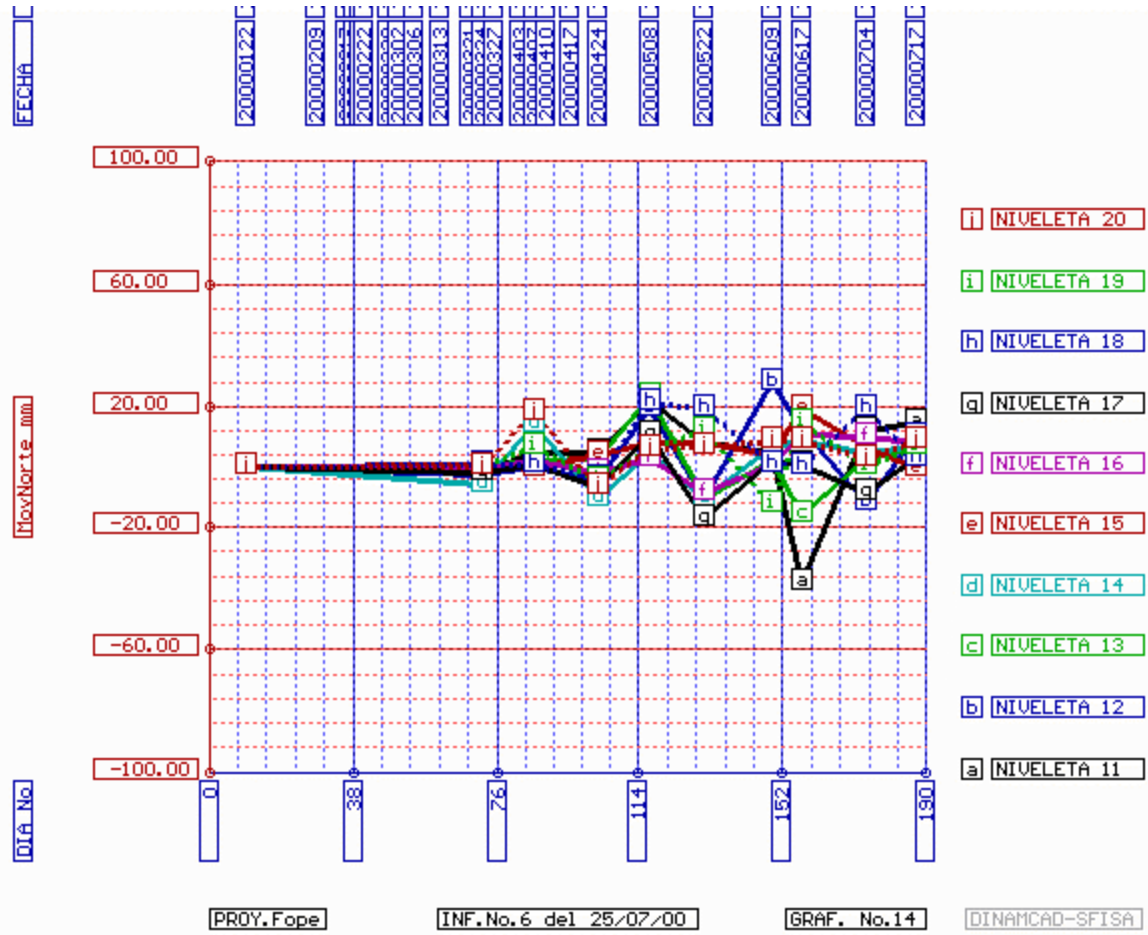


SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

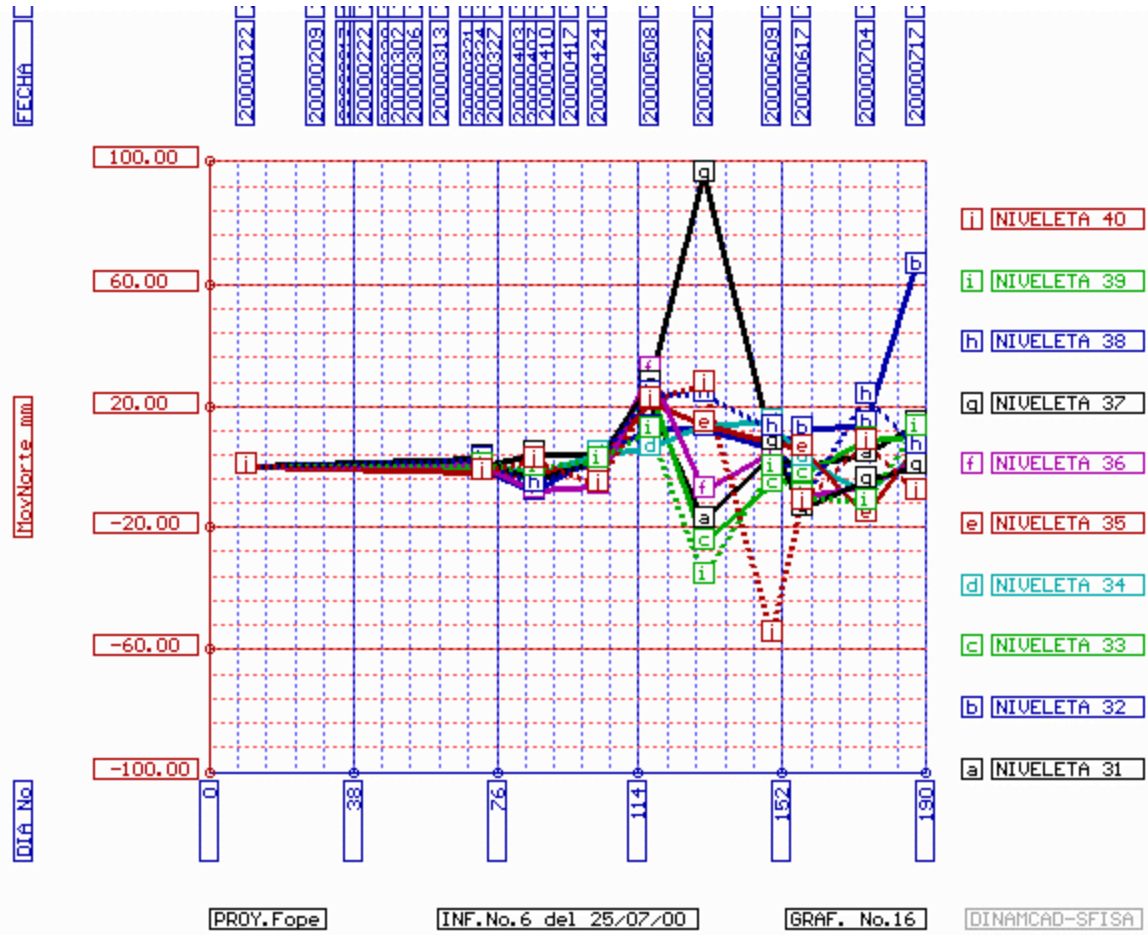
PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

**DINAMCAD TOPOGRAFÍA (CONTROL DE NIVELETAS)**  
**Registro Histórico (Variación Vs Tiempo)**





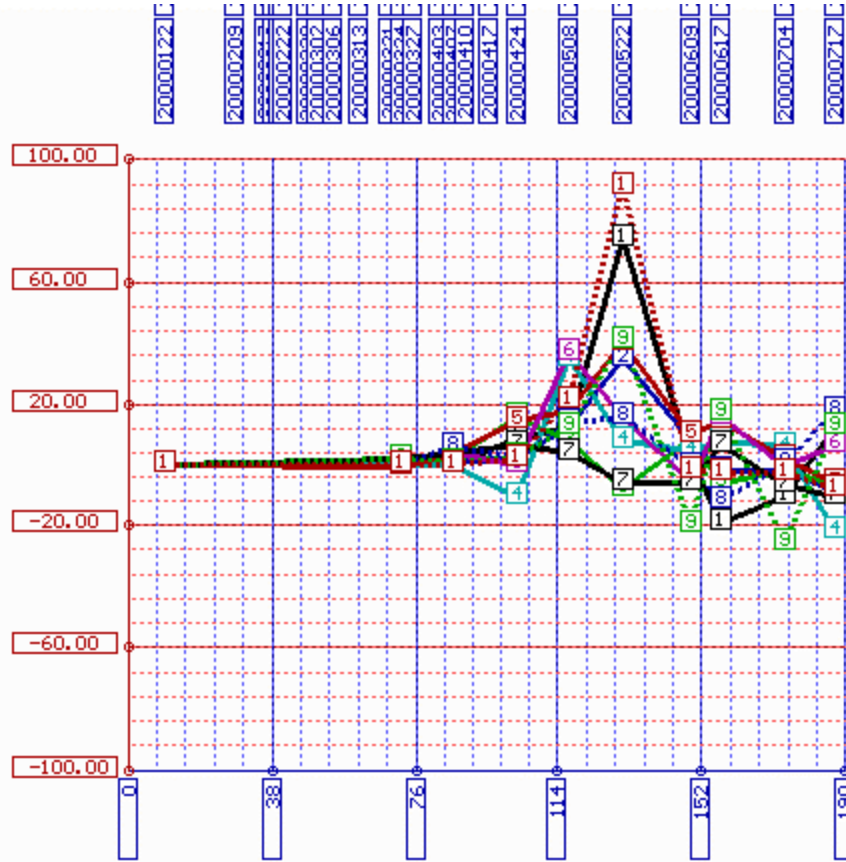




FECHA

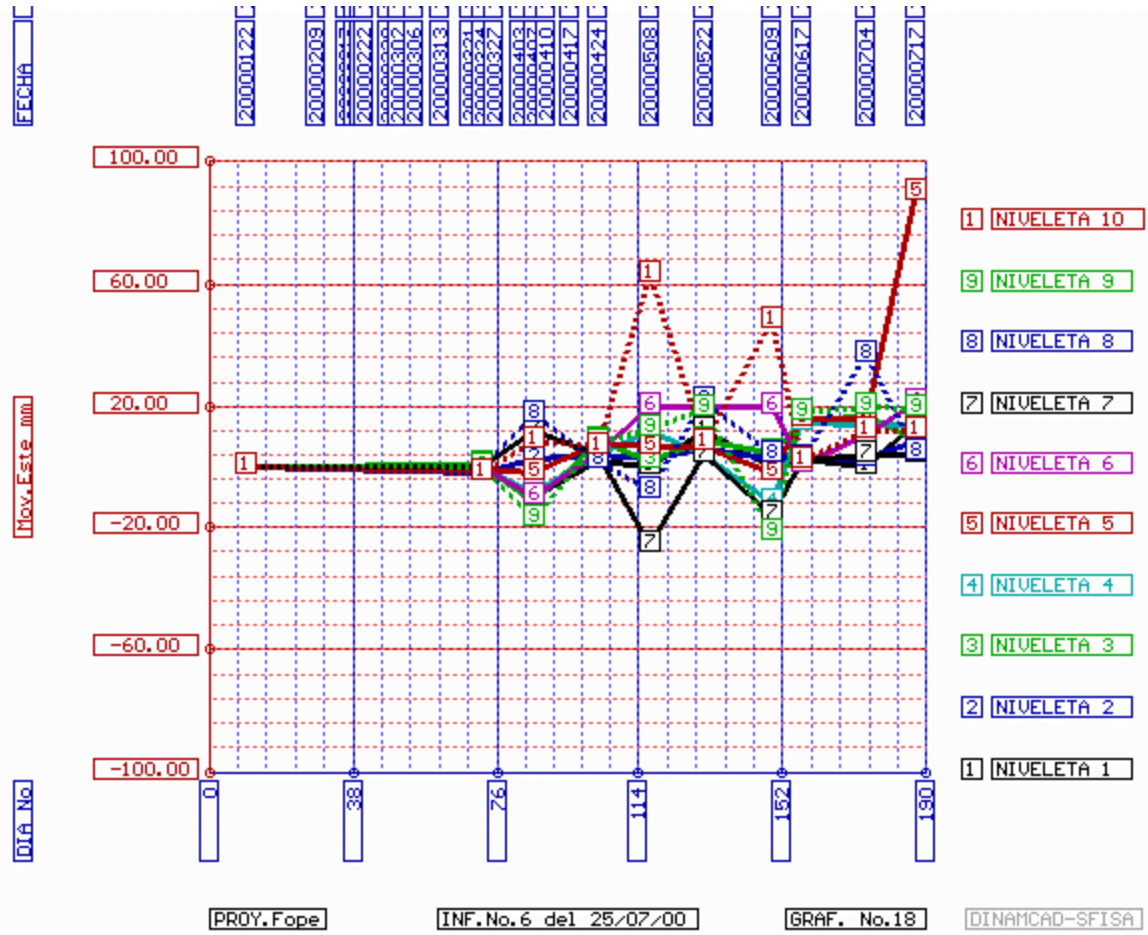
Max/Norte .mm

DÍA No.

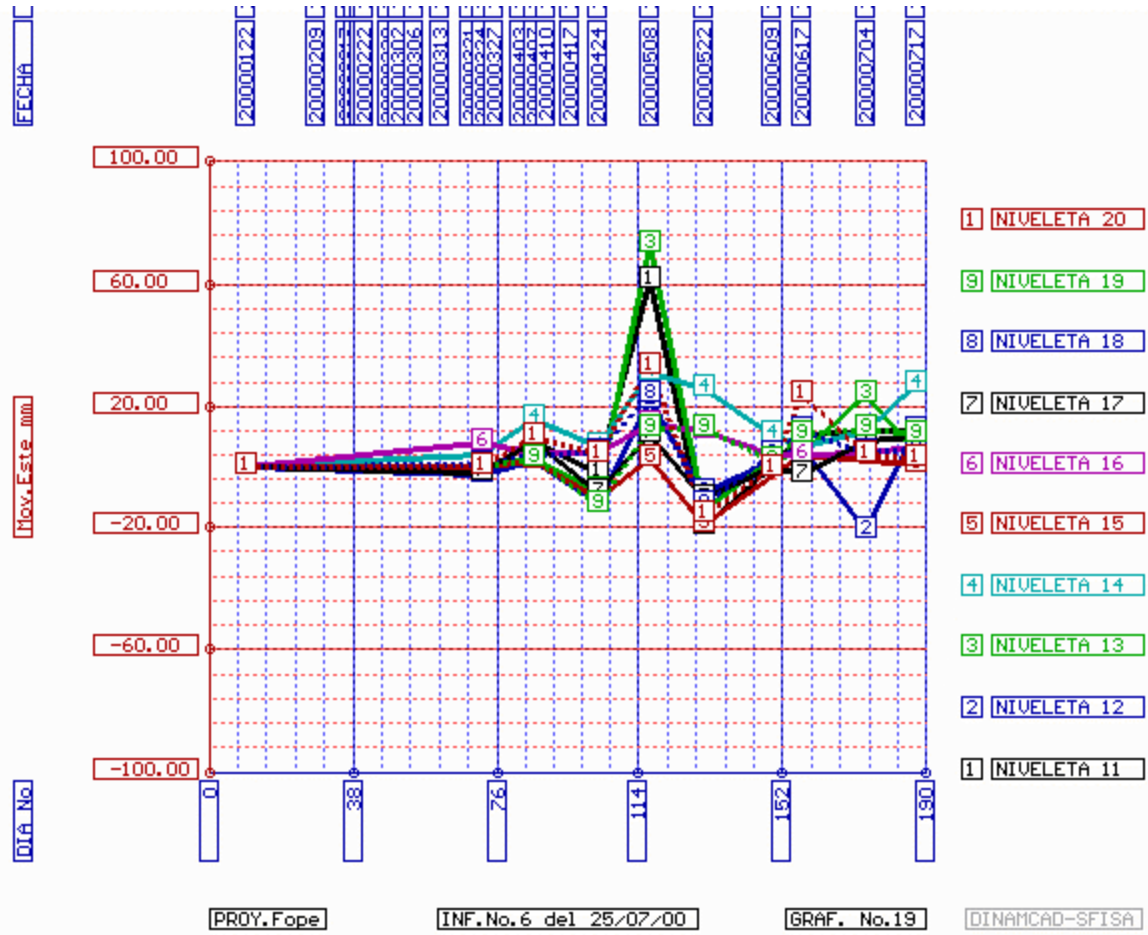


20000122  
20000208  
20000222  
20000302  
20000306  
20000313  
20000324  
20000327  
20000403  
20000403  
20000410  
20000417  
20000424  
20000508  
20000522  
20000609  
20000617  
20000704  
20000717

- 1 NIVELETA 50
- 9 NIVELETA 49
- 8 NIVELETA 48
- 7 NIVELETA 47
- 6 NIVELETA 46
- 5 NIVELETA 45
- 4 NIVELETA 44
- 3 NIVELETA 43
- 2 NIVELETA 42
- 1 NIVELETA 41



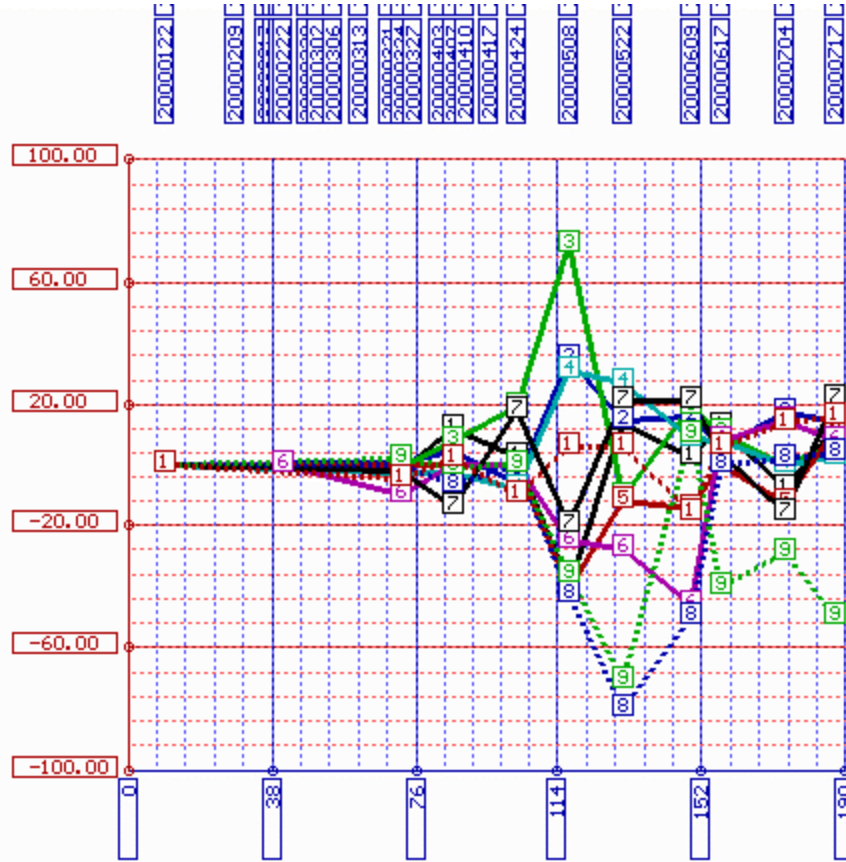




FECHA

Mov. Este mm

DÍA No



20000122  
20000208  
20000222  
20000302  
20000306  
20000313  
20000324  
20000327  
20000403  
20000403  
20000410  
20000417  
20000424  
20000508  
20000522  
20000609  
20000617  
20000704  
20000717

- 1 NIVELETA 30
- 3 NIVELETA 29
- 8 NIVELETA 28
- 7 NIVELETA 27
- 6 NIVELETA 26
- 5 NIVELETA 25
- 4 NIVELETA 24
- 3 NIVELETA 23
- 2 NIVELETA 22
- 1 NIVELETA 21

PROY. Fope

INF. No. 6 del 25/07/00

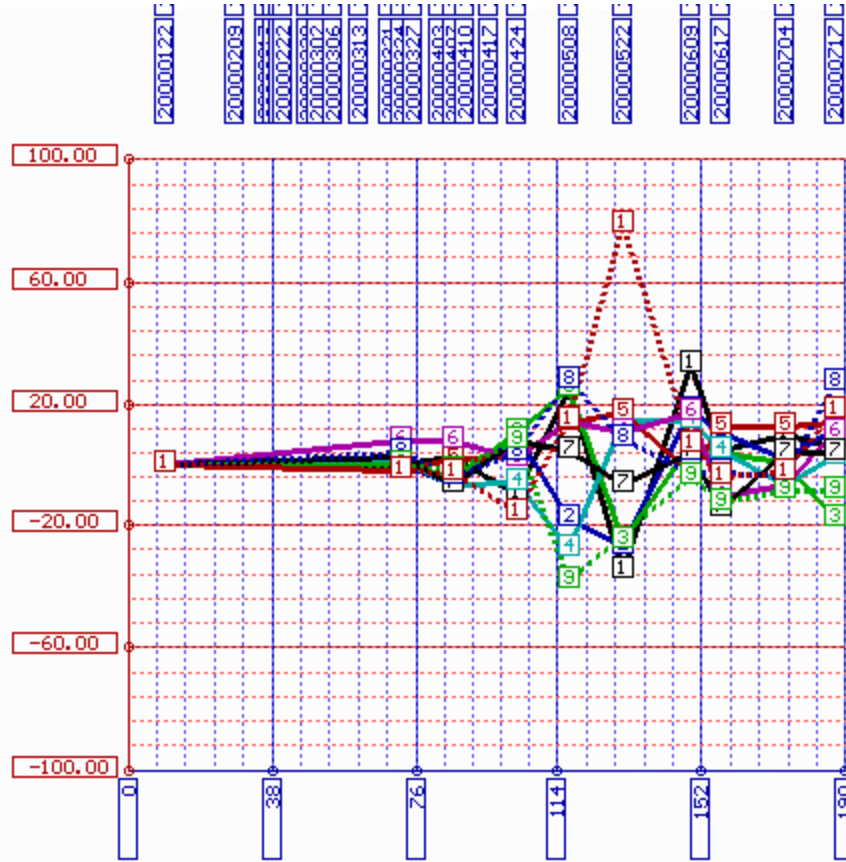
GRAF. No. 20

DINAMCAD-SFISA

FECHA

Mov. Este mm

DÍA No



20000122  
20000208  
20000222  
20000302  
20000306  
20000313  
20000324  
20000327  
20000403  
20000403  
20000410  
20000417  
20000424  
20000508  
20000522  
20000609  
20000617  
20000704  
20000717

- 1 NIVELETA 40
- 3 NIVELETA 39
- 8 NIVELETA 38
- 7 NIVELETA 37
- 6 NIVELETA 36
- 5 NIVELETA 35
- 4 NIVELETA 34
- 3 NIVELETA 33
- 2 NIVELETA 32
- 1 NIVELETA 31

PROY. Fope

INF. No. 6 del 25/07/00

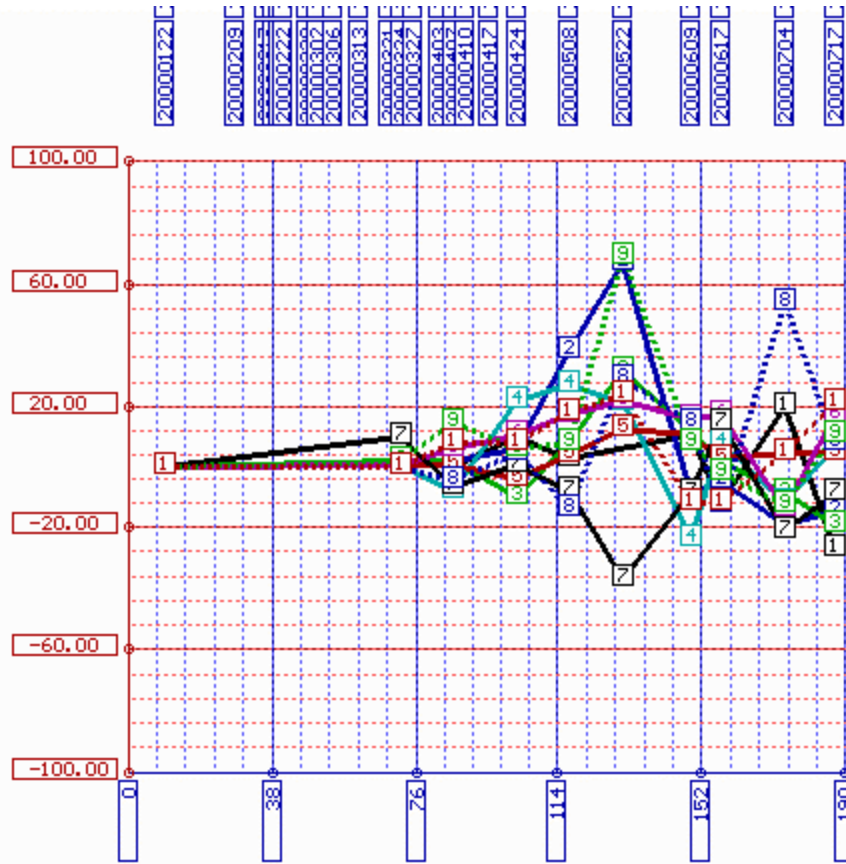
GRAF. No. 21

DINAMCAD-SFISA

FECHA

Mov. Este mm

DÍA No



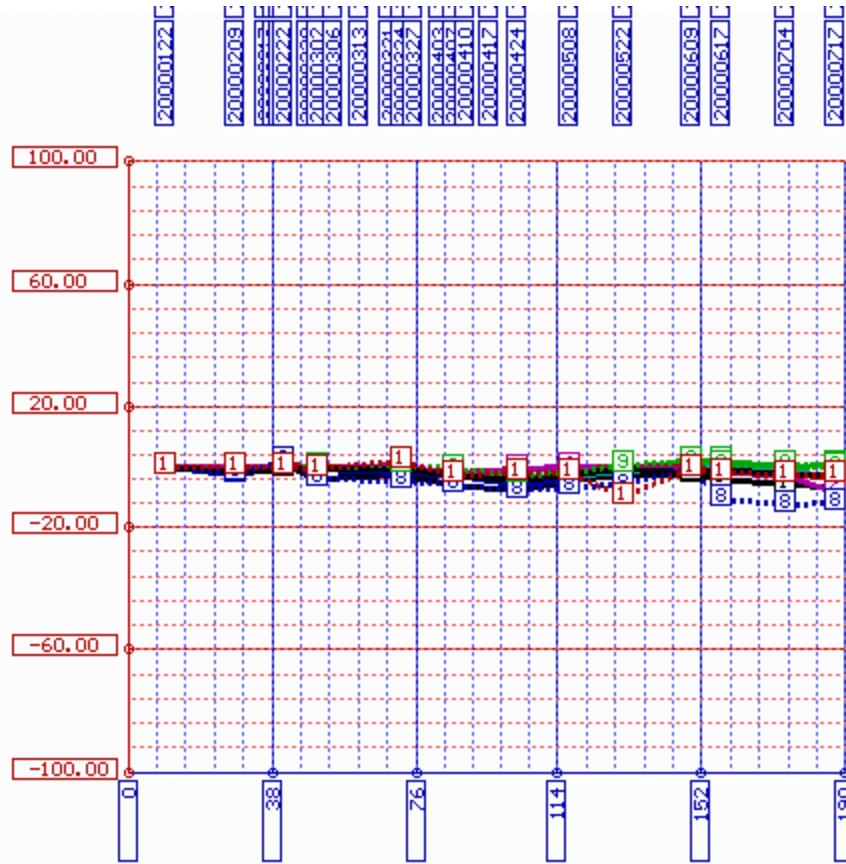
20000122  
20000208  
20000222  
20000302  
20000306  
20000313  
20000324  
20000327  
20000403  
20000403  
20000410  
20000417  
20000424  
20000508  
20000522  
20000609  
20000617  
20000704  
20000717

- 1 NIVELETA 50
- 3 NIVELETA 49
- 8 NIVELETA 48
- 7 NIVELETA 47
- 6 NIVELETA 46
- 5 NIVELETA 45
- 4 NIVELETA 44
- 3 NIVELETA 43
- 2 NIVELETA 42
- 1 NIVELETA 41

FECHA

Mov. Cota mm

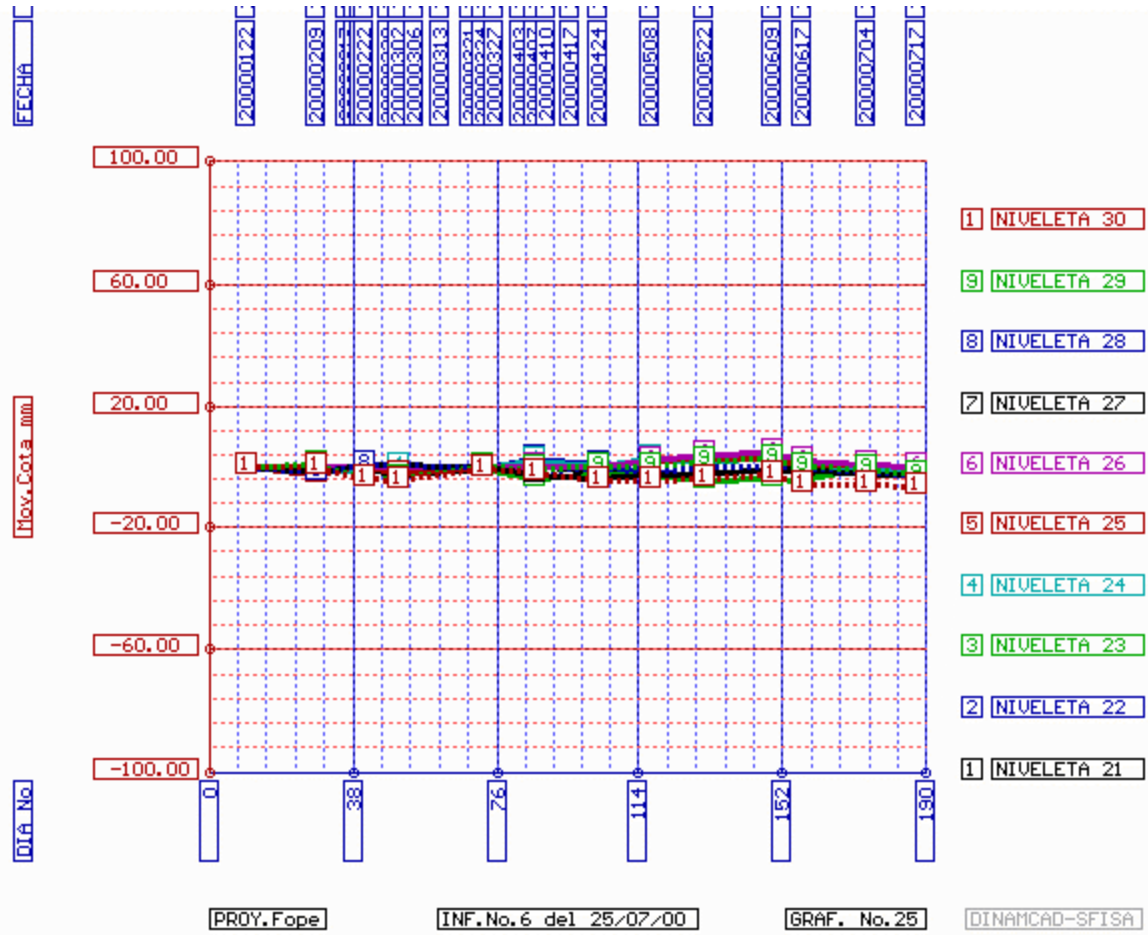
DÍA No.

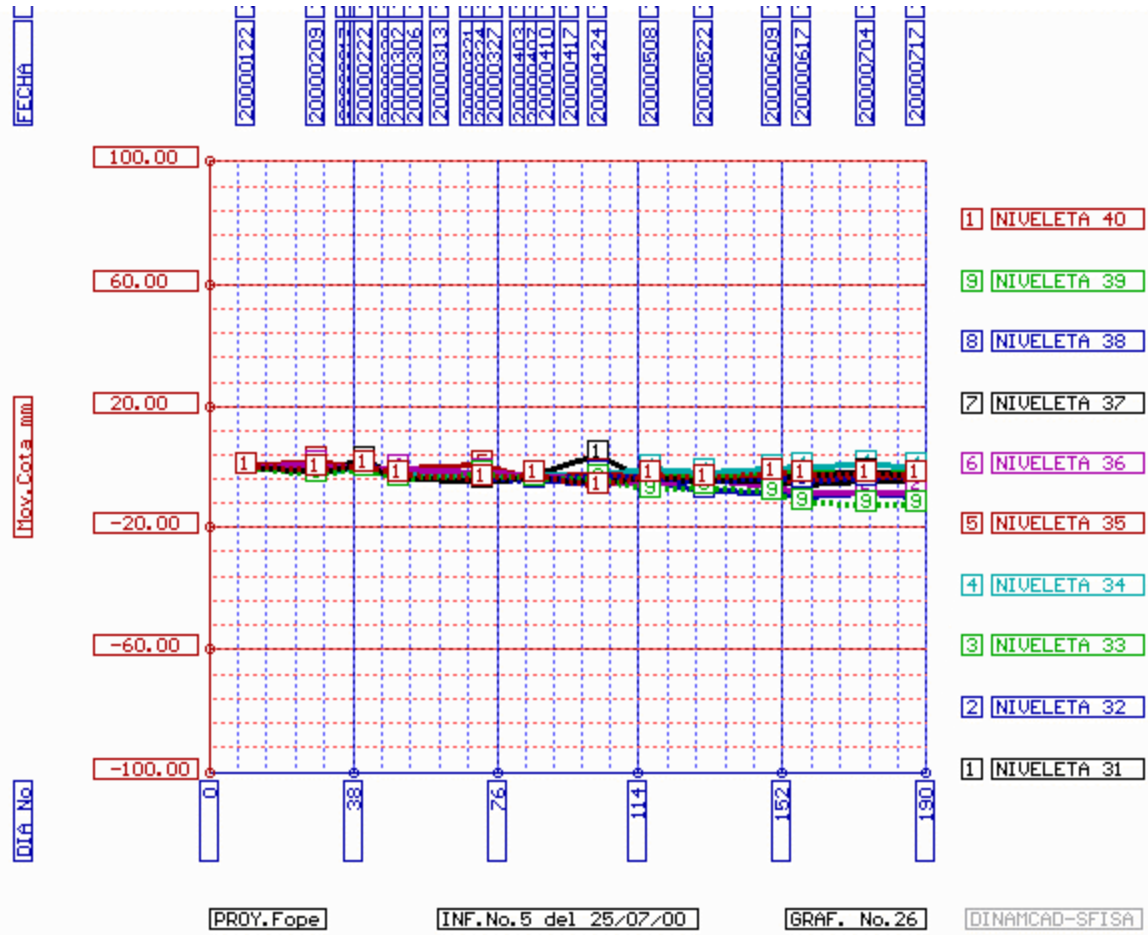


20000122  
20000208  
20000222  
20000302  
20000306  
20000313  
20000324  
20000327  
20000403  
20000403  
20000410  
20000417  
20000424  
20000508  
20000522  
20000609  
20000617  
20000704  
20000717

- 1 NIVELETA 10
- 3 NIVELETA 9
- 8 NIVELETA 8
- 7 NIVELETA 7
- 6 NIVELETA 6
- 5 NIVELETA 5
- 4 NIVELETA 4
- 3 NIVELETA 3
- 2 NIVELETA 2
- 1 NIVELETA 1











## **ANEXO No. 4 Resultados del Inclínómetro I1**

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

PROYECTO: POPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

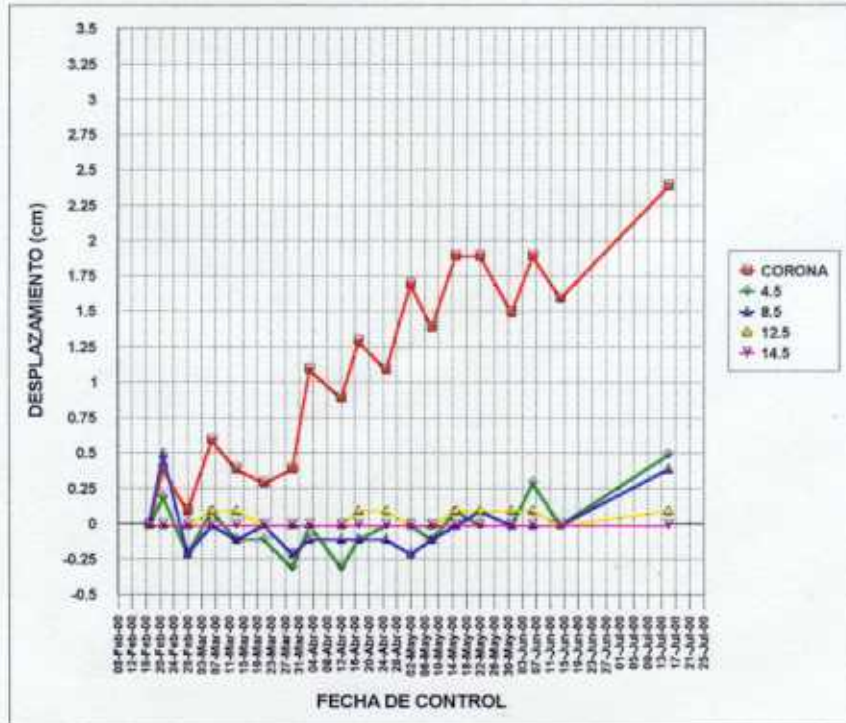
CONTROL DE INCLINOMETROS

INCLINOMETRO IF1  
REGISTRO EN SENTIDO A

LEC. ANTERIOR 14 DE JUNIO DE 2000  
LEC. ACTUAL 15 DE JULIO DE 2000

FECHA	PROFUNDIDAD EN METROS				
	CORONA	4.5	8.5	12.5	14.5
17-Feb-00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21-Feb-00	0.4	0.2	0.5	0.0	0.0
28-Feb-00	0.1	-0.2	-0.2	0.0	0.0
06-Mar-00	0.6	0.1	0.0	0.1	0.0
13-Mar-00	0.4	-0.1	-0.1	0.1	0.0
21-Mar-00	0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0
29-Mar-00	0.4	-0.3	-0.2	0.0	0.0
03-Abr-00	1.1	0.0	-0.1	0.0	0.0
12-Abr-00	0.9	-0.3	-0.1	0.0	0.0
17-Abr-00	1.3	-0.1	-0.1	0.1	0.0
25-Abr-00	1.1	0.0	-0.1	0.1	0.0
02-May-00	1.7	0.0	-0.2	0.0	0.0
08-May-00	1.4	-0.1	-0.1	0.0	0.0
15-May-00	1.9	0.1	0.0	0.1	0.0
22-May-00	1.9	0.0	0.1	0.1	0.0
31-May-00	1.5	0.0	0.0	0.1	0.0
06-Jun-00	1.9	0.3	0.0	0.1	0.0
14-Jun-00	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
15-Jul-00	2.4	0.5	0.4	0.1	0.0
<b>VAR. ENTRE LEC.</b>	0.8	0.5	0.4	0.1	0.0

INCREMENTO (+)  
VALORES EN CENTIMETROS

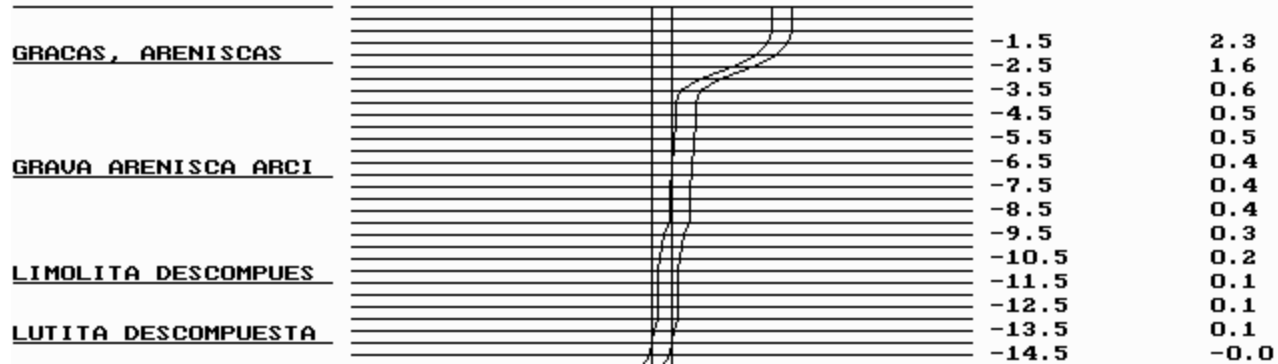


estratigrafia

Mov. Hor. Corona en A 2.4 cm  
Corrección Azimut 0 Grados

prof.  
m

Defl A  
cm



PROJECT :FOPADE:HOLE NO. :IF1 SENTIDO A  
Lec Inicial :IF1FEB17DATE :02/17/00:FLEVEL, A+, A-, B#READINGS:29  
Lec Final :IF1JL151DATE :07/15/00:FLEVEL, A+, A-, B#READINGS:31  
SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A. Bogotá Colombia Prog INCLINOMETRO Ver 7

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

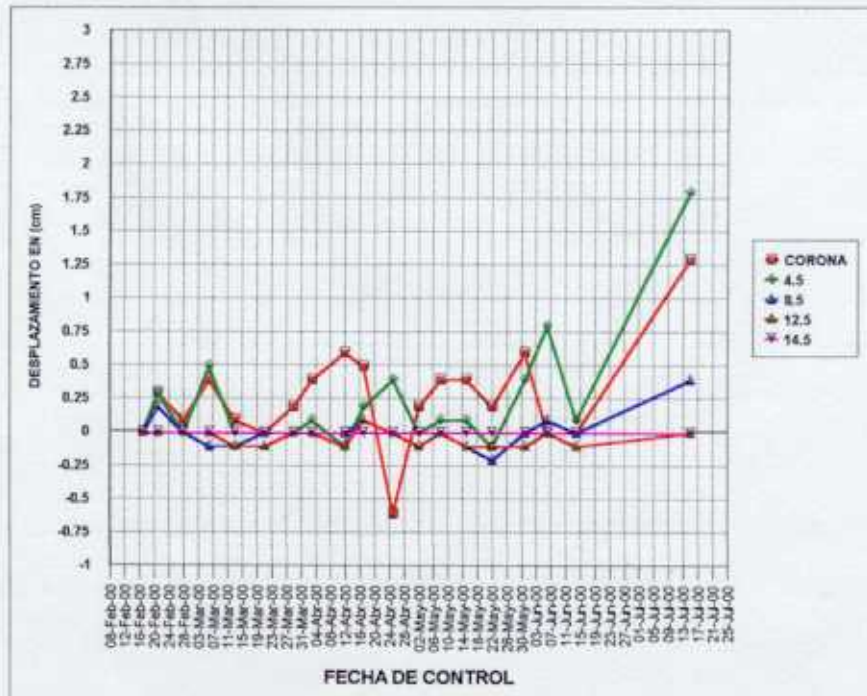
CONTROL DE INCLINOMETROS

INCLINOMETRO IF1  
REGISTRO EN SENTIDO B

LEC. ANTERIOR 14 DE JUNIO DE 2000  
LEC. ACTUAL 15 DE JULIO DE 2000

FECHA	PROFUNDIDAD EN METROS				
	CORONA	4.5	8.5	12.5	14.5
17-Feb-00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21-Feb-00	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0
28-Feb-00	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
06-Mar-00	0.4	0.5	-0.1	0.0	0.0
13-Mar-00	0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0
21-Mar-00	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
29-Mar-00	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
03-Abr-00	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0
12-Abr-00	0.6	-0.1	0.0	-0.1	0.0
17-Abr-00	0.5	0.2	0.1	0.1	0.0
25-Abr-00	-0.6	0.4	0.0	0.0	0.0
02-May-00	0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0
09-May-00	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0
15-May-00	0.4	0.1	-0.1	-0.1	0.0
22-May-00	0.2	-0.1	-0.2	-0.1	0.0
31-May-00	0.6	0.4	0.0	-0.1	0.0
06-Jun-00	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0
14-Jun-00	0.0	0.1	0.0	-0.1	0.0
15-Jul-00	1.3	1.6	0.4	0.0	0.0
<b>VAR. ENTRE LEC.</b>	1.3	1.7	0.4	0.1	0.0

INCREMENTO (+)  
VALORES EN CENTIMETROS

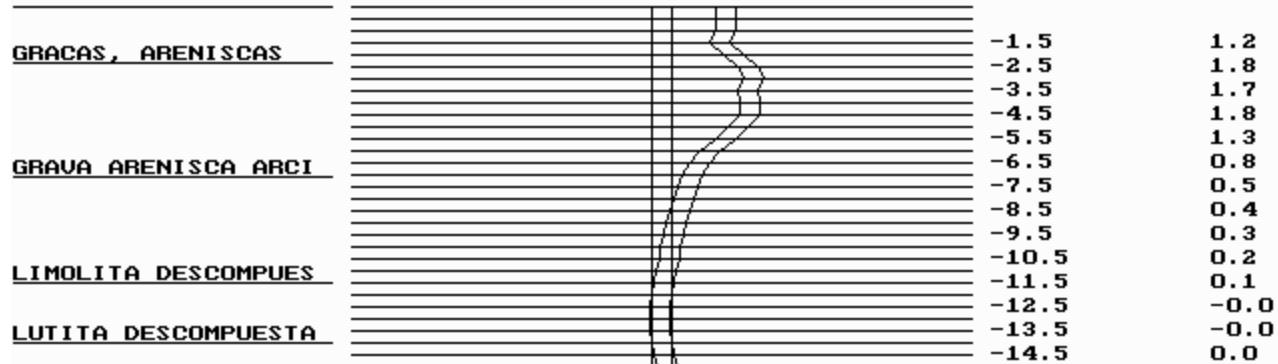


estratigrafia

Mov. Hor. Corona en B 1.3 cm  
Corrección Azimut 0 Grados

prof.  
m

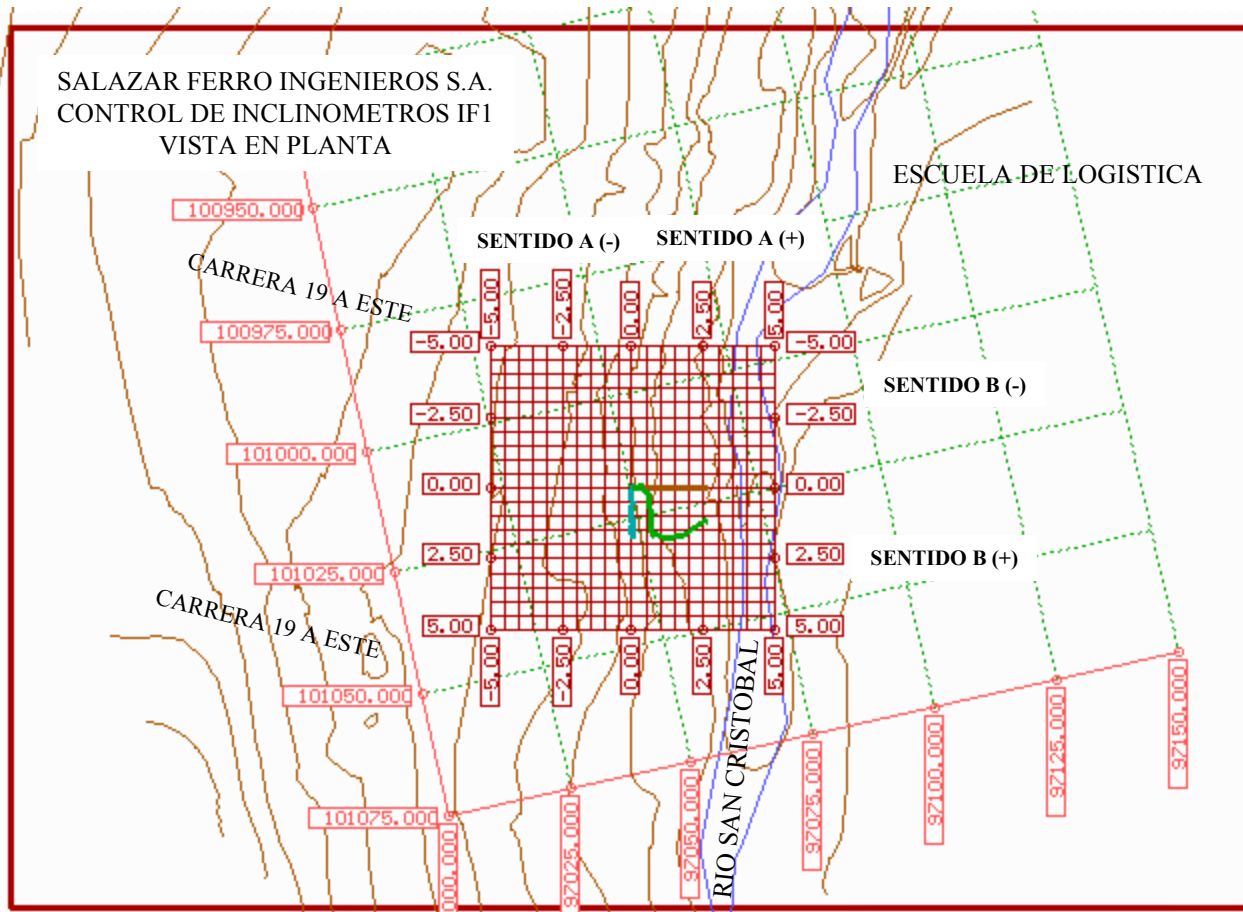
Defl B  
cm



PROJECT :FOPADE:HOLE NO. :IF1 SENTIDO B  
Lec Inicial :IF1FEB17DATE :02/17/00:FLEVEL, A+, A-, B#READINGS:29  
Lec Final :IF1JL151DATE :07/15/00:FLEVEL, A+, A-, B#READINGS:31  
SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A. Bogotá Colombia Prog INCLINOMETRO Ver 7

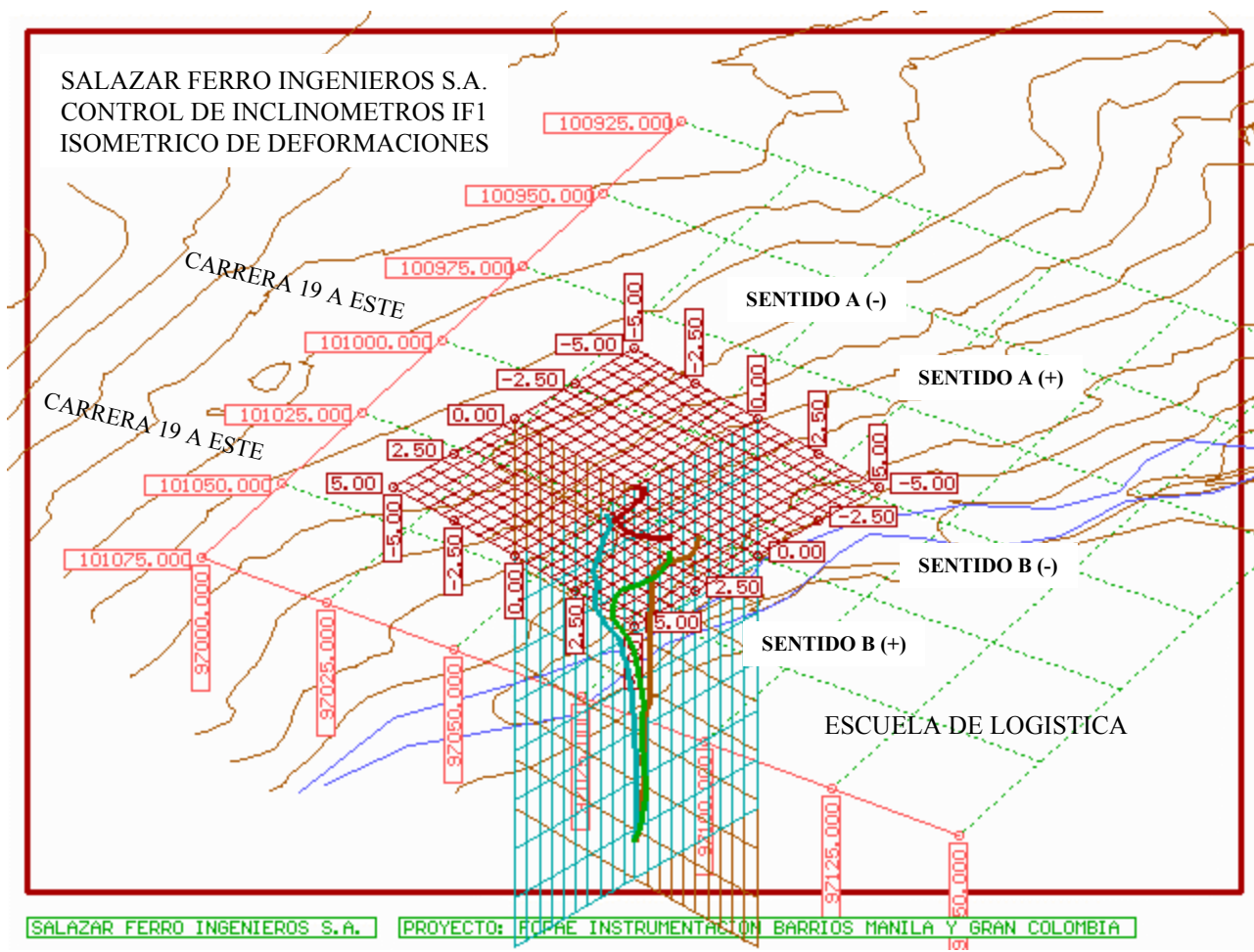
**DINAMCAD INCLINÓMETRO IF1 (PLANTA Y TRES DIMENSIONES)**

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
CONTROL DE INCLINOMETROS IF1  
VISTA EN PLANTA





SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
CONTROL DE INCLINOMETROS IF1  
ISOMETRICO DE DEFORMACIONES



## **ANEXO No 5 Resultados del Inclinómetro IF2**

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

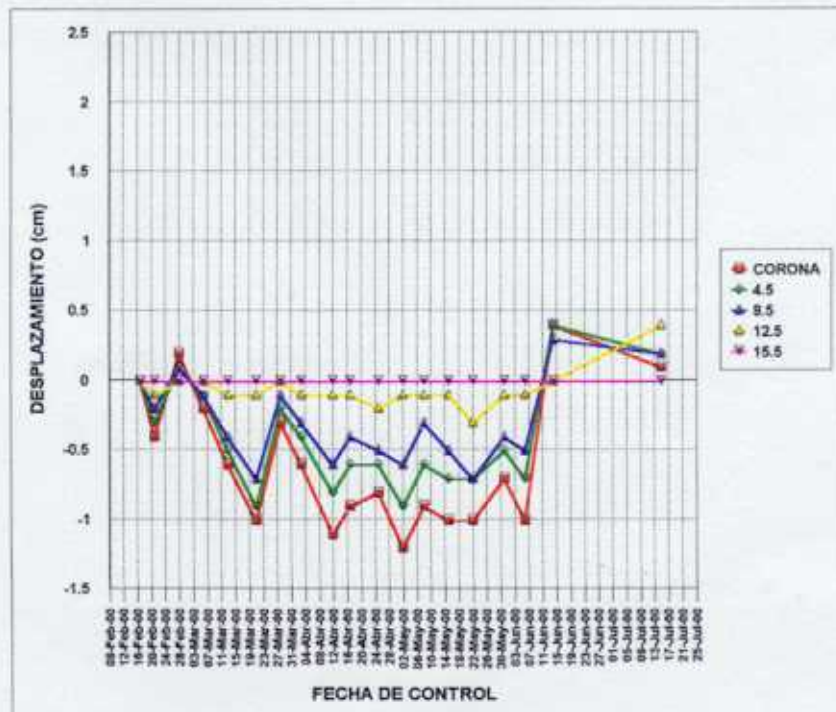
CONTROL DE INCLINOMETROS

INCLINOMETRO IF2  
REGISTRO EN SENTIDO A

LEC. ANTERIOR 14 DE JUNIO DE 2000  
LEC. ACTUAL 15 DE JULIO DE 2000

FECHA	PROFUNDIDAD EN METROS				
	CORONA	4.5	8.5	12.5	15.5
17-Feb-00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21-Feb-00	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.0
28-Feb-00	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
06-Mar-00	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.0
13-Mar-00	-0.6	-0.5	-0.4	-0.1	0.0
21-Mar-00	-1.0	-0.9	-0.7	-0.1	0.0
28-Mar-00	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.0
03-Abr-00	-0.6	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
12-Abr-00	-1.1	-0.8	-0.6	-0.1	0.0
17-Abr-00	-0.9	-0.6	-0.4	-0.1	0.0
25-Abr-00	-0.8	-0.6	-0.5	-0.2	0.0
02-May-00	-1.2	-0.9	-0.6	-0.1	0.0
08-May-00	-0.9	-0.6	-0.3	-0.1	0.0
15-May-00	-1.0	-0.7	-0.5	-0.1	0.0
22-May-00	-1.0	-0.7	-0.7	-0.3	0.0
31-May-00	-0.7	-0.5	-0.4	-0.1	0.0
06-Jun-00	-1.0	-0.7	-0.5	-0.1	0.0
14-Jun-00	0.4	0.4	0.3	0.0	0.0
15-Jul-00	0.1	0.2	0.2	0.4	0.0
<b>VAR. ENTRE LEC.</b>	-0.3	-0.2	-0.1	0.4	0.0

VALORES EN CENTIMETROS

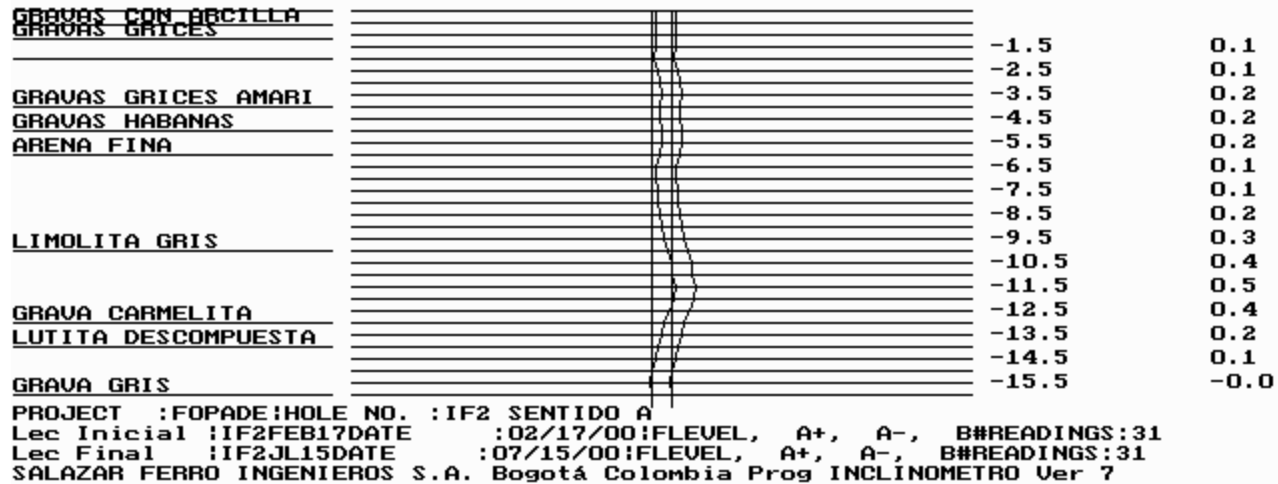


estratigrafia

Mov. Hor. Corona en A 0.1 cm  
Corrección Azimut 0 Grados

prof.  
m

Defl A  
cm



SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

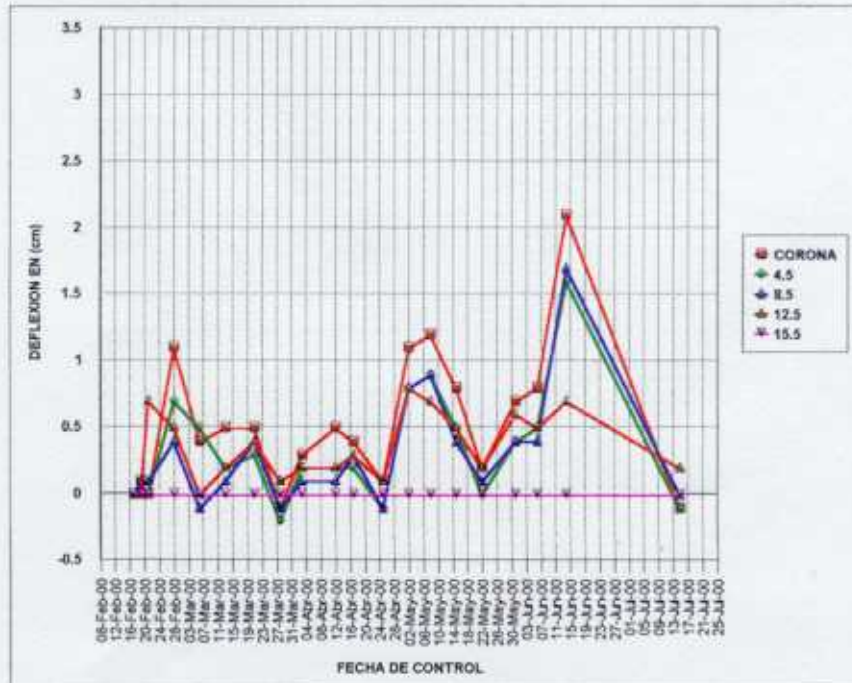
CONTROL DE INCLINOMETROS

INCLINOMETRO IF2  
REGISTRO EN SENTIDO B

LEC. ANTERIOR 14 DE JUNIO DE 2000  
LEC. ACTUAL 15 DE JULIO DE 2000

FECHA	PROFUNDIDAD EN METROS				
	CORONA	4.5	8.5	12.5	15.5
17-Feb-00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19-Feb-00	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
21-Feb-00	0.0	0.0	0.1	0.7	0.0
28-Feb-00	1.1	0.7	0.4	0.5	0.0
06-Mar-00	0.4	0.5	-0.1	0.0	0.0
13-Mar-00	0.5	0.2	0.1	0.2	0.0
21-Mar-00	0.5	0.3	0.4	0.4	0.0
28-Mar-00	-0.1	-0.2	-0.1	0.1	0.0
03-Abr-00	0.3	0.2	0.1	0.2	0.0
12-Abr-00	0.5	0.2	0.1	0.2	0.0
17-Abr-00	0.4	0.2	0.3	0.3	0.0
25-Abr-00	0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.0
02-May-00	1.1	0.8	0.8	0.8	0.0
08-May-00	1.2	0.9	0.9	0.7	0.0
15-May-00	0.8	0.5	0.4	0.5	0.0
22-May-00	0.2	0.0	0.1	0.2	0.0
31-May-00	0.7	0.4	0.4	0.6	0.0
06-Jun-00	0.8	0.5	0.4	0.5	0.0
14-Jun-00	2.1	1.6	1.7	0.7	0.0
15-Jul-00	-0.1	-0.1	0.0	0.2	0.0
VAR. ENTRE LEC.	-2.2	-1.7	-1.7	-0.5	0.0

VALORES EN CENTIMETROS



estratigrafia

Mov. Hor. Corona en B -0.1 cm  
Corrección Azimut 0 Grados

prof.  
m

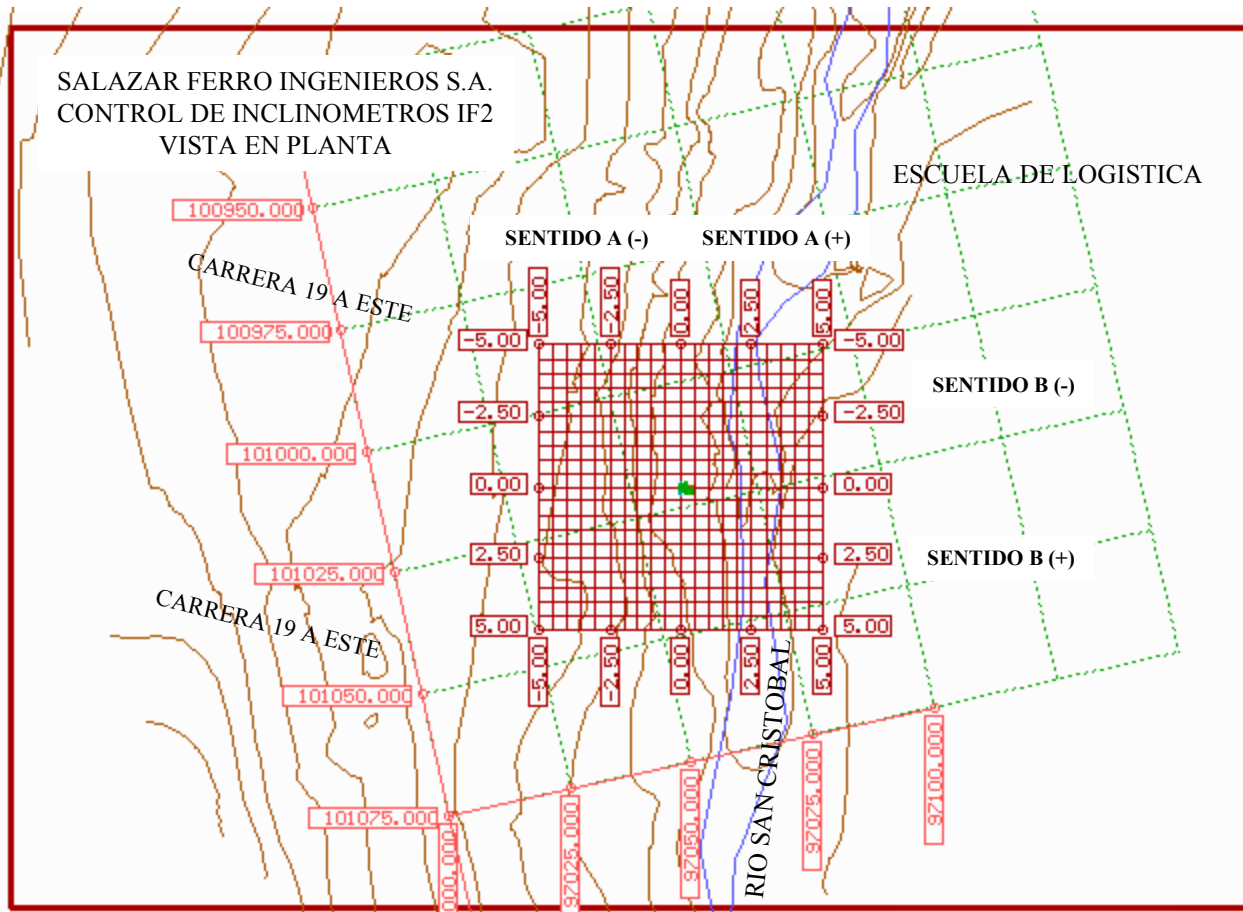
Defl B  
cm

<u>GRAVAS CON ARCILLA</u>			
<u>GRAVAS GRICES</u>			
		-1.5	-0.1
		-2.5	-0.1
<u>GRAVAS GRICES AMARI</u>		-3.5	-0.1
<u>GRAVAS HABANAS</u>		-4.5	-0.1
<u>ARENA FINA</u>		-5.5	-0.1
		-6.5	-0.1
		-7.5	-0.0
		-8.5	0.0
<u>LIMOLITA GRIS</u>		-9.5	0.1
		-10.5	0.1
		-11.5	0.2
<u>GRAVA CARMELITA</u>		-12.5	0.2
<u>LUTITA DESCOMPUESTA</u>		-13.5	0.2
		-14.5	0.1
<u>GRAVA GRIS</u>		-15.5	0.0

PROJECT :FOPADE:HOLE NO. :IF2 SENTIDO B  
Lec Inicial :IF2FEB17DATE :02/17/00:FLEVEL, A+, A-, B#READINGS:31  
Lec Final :IF2JL15DATE :07/15/00:FLEVEL, A+, A-, B#READINGS:31  
SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A. Bogotá Colombia Prog INCLINOMETRO Ver 7

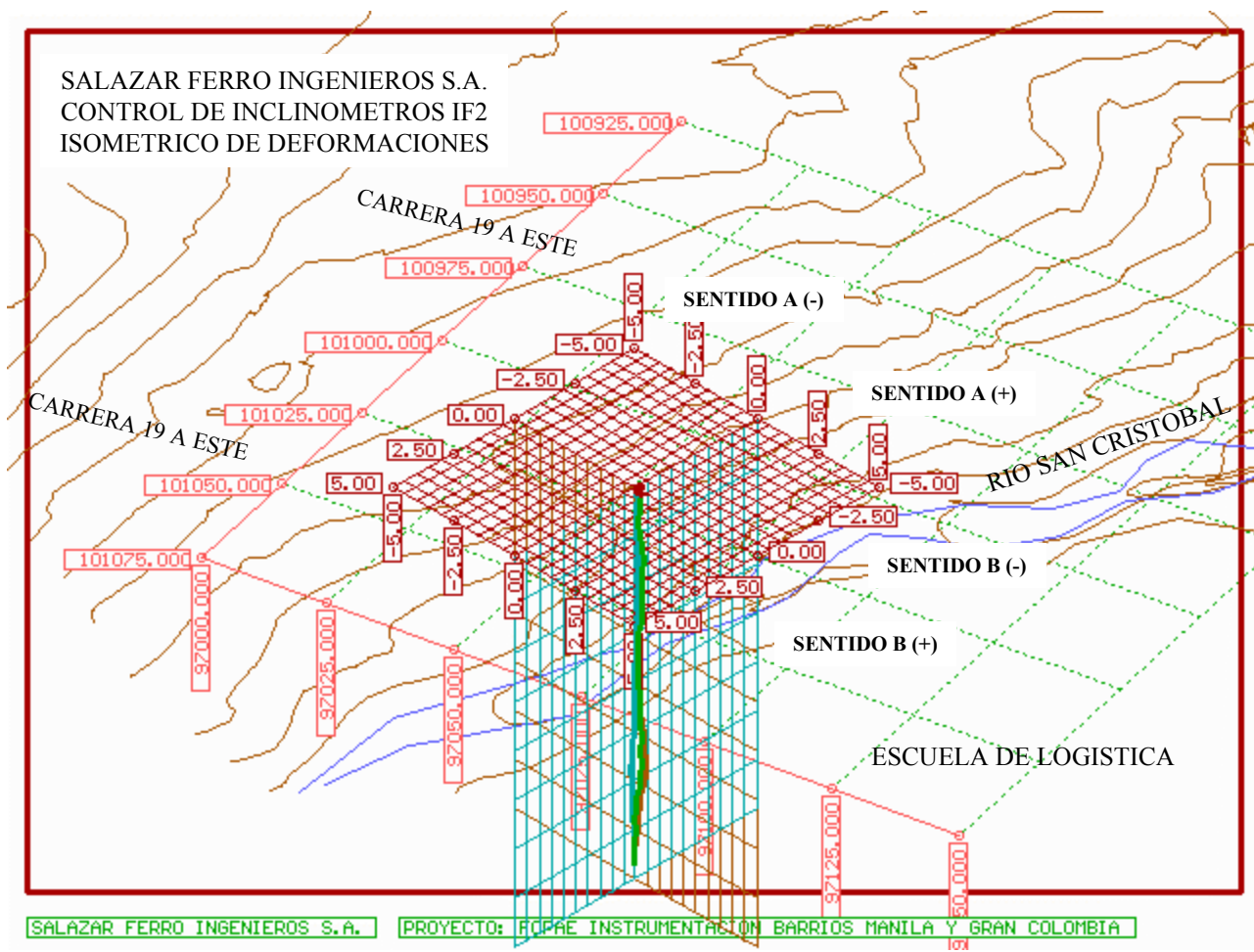
**DINAMCAD INCLINÓMETRO IF2 (PLANTA Y TRES DIMENSIONES)**

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
CONTROL DE INCLINOMETROS IF2  
VISTA EN PLANTA





SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
CONTROL DE INCLINOMETROS IF2  
ISOMETRICO DE DEFORMACIONES



SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA

**ANEXO No 6 RESULTADO DE LOS PIEZÓMETROS DE  
CASAGRANDE INSTALADOS EN LA ZONA DEL BARRIO GRAN  
COLOMBIA**

## **ANEXO 2. CONTROL DE PIEZOMETROS**

**SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.**  
**PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS GRAN COLOMBIA Y MANILA**  
**TABLA No 5 CONTROL DE PRESION DE POROS**

**CONTROL DE PRESION DE POROS**

**PIEZOMETRO DE CASA GRANDE No 1**  
**PROFUNDIDAD DE INSTALACION 11.0 METROS**

FECHA	LECTURA (mts)	PRESION (mts)	VARIACION ENTRE LECTURAS (mts)	VARIACION TOTAL (mts)
24-Ene-00			INSTALACION	
17-Feb-00	3.32	7.68	0.00	0.00
19-Feb-00	3.18	7.82	0.14	0.14
21-Feb-00	3.22	7.78	-0.04	0.10
28-Feb-00	4.31	6.69	-1.09	-0.99
06-Mar-00	4.3	6.7	0.01	-0.98
13-Mar-00	4.63	6.37	-0.33	-1.31
21-Mar-00	4.85	6.15	-0.22	-1.53
27-Mar-00	4.91	6.09	-0.06	-1.59
03-Abr-00	4.89	6.11	0.02	-1.57
10-Abr-00	4.9	6.1	-0.01	-1.58
17-Abr-00	4.69	6.31	0.21	-1.37
24-Abr-00	4.68	6.32	0.01	-1.36
02-May-00	4.64	6.36	0.04	-1.32
08-May-00	4.64	6.36	0.00	-1.32
15-May-00	4.65	6.35	-0.01	-1.33
22-May-00	4.89	6.11	-0.24	-1.57
31-May-00	4.9	6.10	-0.01	-1.58
05-Jun-00	4.88	6.12	0.02	-1.56
14-Jun-00	4.84	6.16	0.04	-1.52
15-Jul-00	4.83	6.17	0.01	-1.51

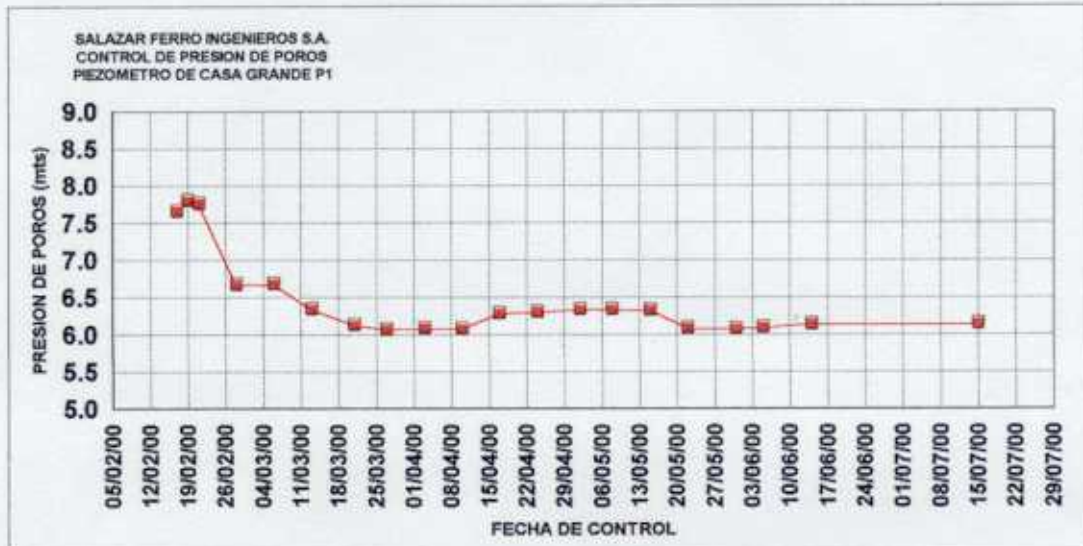
Descenso (-)  
 Ascenso (+)

**PIEZOMETRO DE CASA GRANDE No 2**  
**PROFUNDIDAD DE INSTALACION 8.0 METROS**

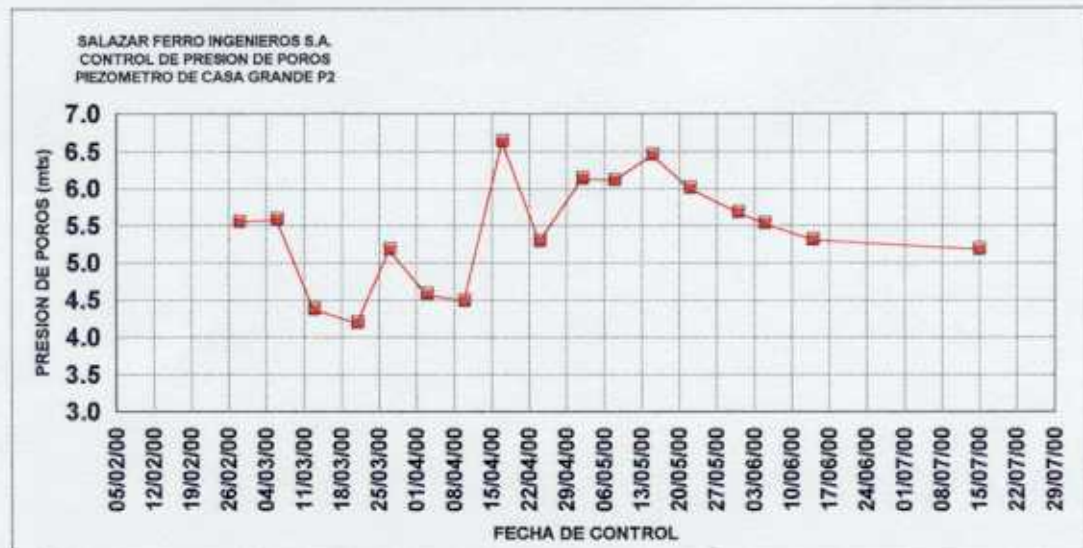
FECHA	LECTURA (mts)	PRESION (mts)	VARIACION ENTRE LECTURAS (mts)	VARIACION TOTAL (mts)
16-Feb-00			INSTALACION	
28-Feb-00	2.43	5.57	0.00	0.00
06-Mar-00	2.40	5.60	0.03	0.03
13-Mar-00	3.60	4.40	-1.20	-1.17
21-Mar-00	3.78	4.22	-0.18	-1.35
27-Mar-00	2.80	5.20	0.98	-0.37
03-Abr-00	3.40	4.60	-0.60	-0.97
10-Abr-00	3.49	4.51	-0.09	-1.06
17-Abr-00	1.35	6.65	2.14	1.08
24-Abr-00	2.69	5.31	-1.34	-0.26
02-May-00	1.85	6.15	0.84	0.58
08-May-00	1.87	6.13	-0.02	0.56
15-May-00	1.53	6.47	0.34	0.90
22-May-00	1.98	6.02	-0.45	0.45
31-May-00	2.30	5.70	-0.32	0.13
05-Jun-00	2.45	5.55	-0.15	-0.02
14-Jun-00	2.67	5.33	-0.22	-0.24
15-Jul-00	2.80	5.20	-0.13	-0.37

SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.  
CONTROL PRESION DE POROS

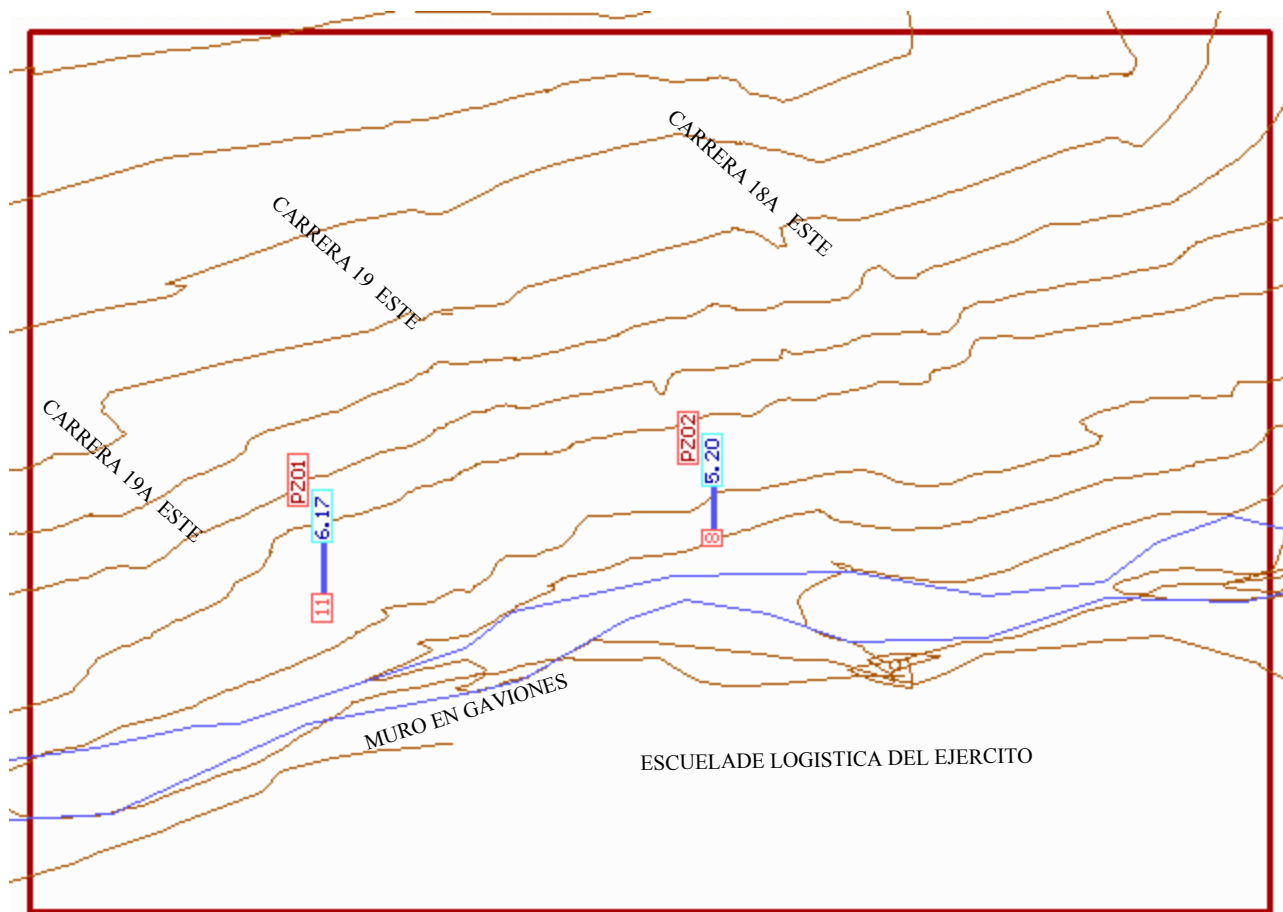
Gráfica No 5. Tendencia Histórica Piezómetro PZ1  
Presión de Poros Vs Fecha de Control



Gráfica No 6. Tendencia Histórica Piezómetro PZ2  
Presión de Poros Vs Fecha de Control



## **DINAMCAD PIEZOMETROS CASAGRANDE**



**ANEXO No 7 CONTROL FOTOGRÁFICO DE LA ZONA**



LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 1. INCLINOMETRO IF1. INSTRUMENTO EN BUEN ESTADO  
FUNCIONAL

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.

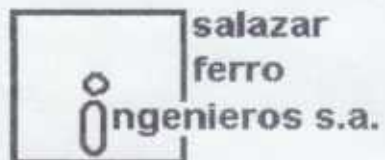


FOTOGRAFIA No 2. LOCALIZACION INCLINOMETRO IF2, PIEZOMETRO PZ02.  
INSTRUMENTOS EN BUEN ESTADO FUNCIONAL SECTOR GRAN COLOMBIA



LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cementaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 3. PIEZOMETRO PZ01 A 11.0 METROS. NOTESE LA  
DESTRUCCION DE LA CAJA DE PROTECCION

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Orientaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 4. CONTROL DE NIVELES EN EL RIO SAN CRISTOBAL (MIRA)



LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 5. LOCALIZACION ZANJAS DE CONTROL EN MORTERO, NOTESE  
SU DESTRUCCION POR TRANSITO DE PERSONAS

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 6. CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No1 Sector  
Gran Colombia

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 7 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 2 Sector  
Gran Colombia



LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 8 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 3 Sector  
Gran Colombia



LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No9 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 4 Sector Gran Colombia

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No10 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 5 Sector  
Manila (Zona Activa)

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & C.A.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 11 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 5 Sector  
Manila (Zona Activa) Observese grandes escarpes a su alrededor



LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cementaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No12 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 6 Sector  
Manila (Zona Activa) Demolición de casas vecinas

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No13 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 7 Sector  
Manila (Zona Activa)

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No14 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 8 Sector  
Manila (Zona Activa)



LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No15 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 9 Sector  
Manila (Zona Activa)

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 16 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 10 Sector Manila (Zona Activa) Esta vivienda fue demolida durante el periodo de instrumentación



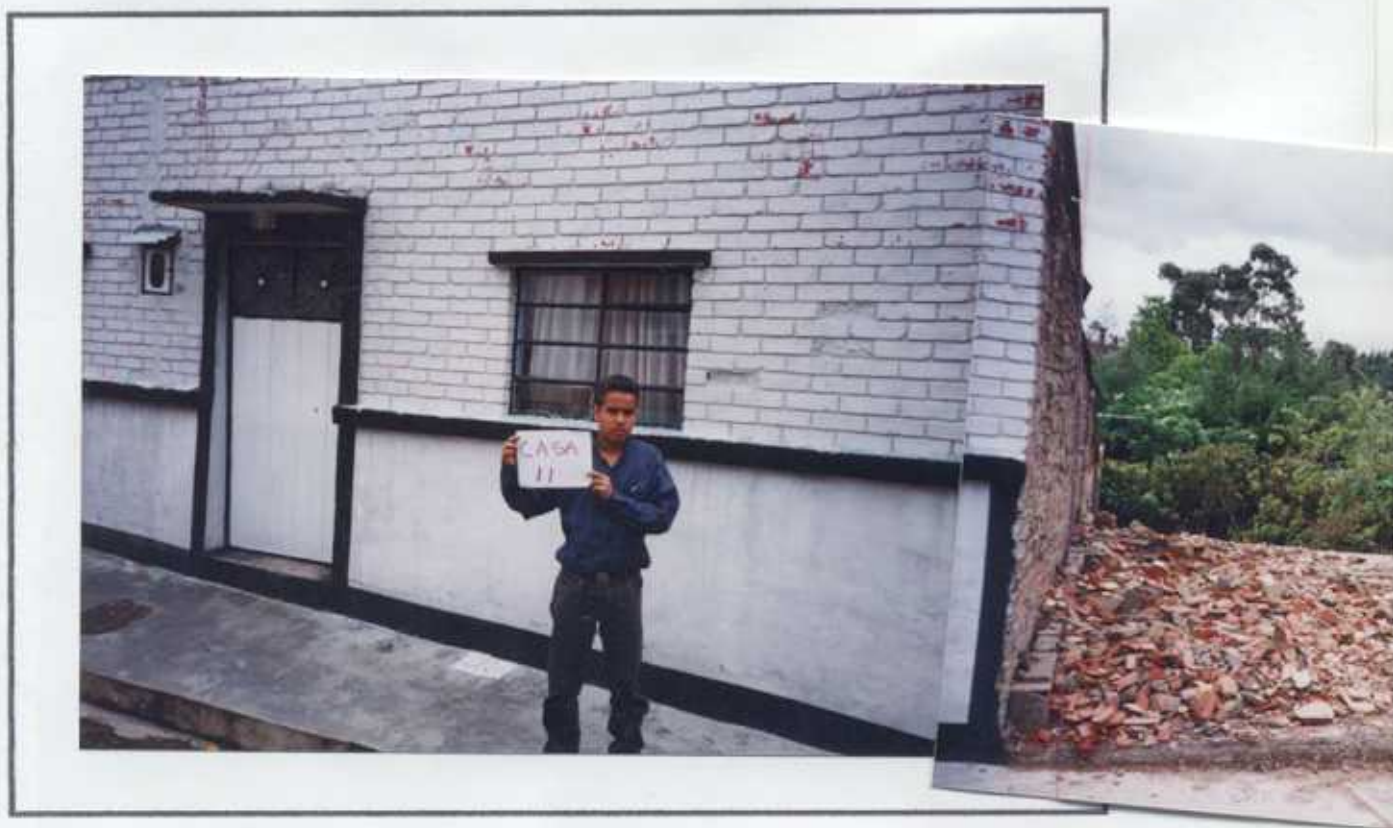
LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cementaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

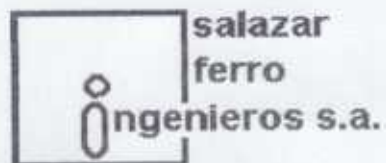
DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 17 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 11 Sector  
Manila (Zona Activa). Observese viviendas aledañas demolidas

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

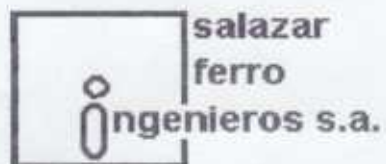
DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 19 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 13 Sector  
Gran - Colombia

LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cimentaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 20 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 14 Sector  
Gran - Colombia



LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS & CIA.

Ingenieros  
Consultores  
Suelos  
y Cementaciones



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 21 CONTROL ESTRUCTURAL A VIVIENDAS CASA No 15 Sector  
Manila (Zona Activa).

CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 22 REGISTRO FOTOGRAFICO DE LOS TALUDES CONTROLADOS, COMO SECUENCIA DE AGUAS ARRIBA HACIA AGUAS ABAJO. DESDE EL PUNTO FOTOGRAFICO F1



CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 23 REGISTRO FOTOGRAFICO DE LOS TALUDES CONTROLADOS, COMO SECUENCIA DE AGUAS ARRIBA HACIA AGUAS ABAJO, DESDE EL PUNTO FOTOGRAFICO F2

CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO ROJAS - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

DISEÑO E INSTALACION DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y  
SEGUIMIENTO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA DE LOS BARRIOS MANILA  
Y GRAN COLOMBIA.



FOTOGRAFIA No 24 REGISTRO FOTOGRAFICO DE LOS TALUDES CONTROLADOS,  
COMO SECUENCIA DE AGUAS ARRIBA HACIA AGUAS ABAJO. DESDE EL PUNTO  
FOTOGRAFICO F3

**ANEXO No 8 CONTROL DE NIVELES RIO SAN CRISTOBAL  
(MIRA)**



SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.

PROYECTO: FOPAE INSTRUMENTACION BARRIOS GRAN COLOMBIA Y MANILA

CONTROL DE NIVELES RIO SAN CRISTOBAL

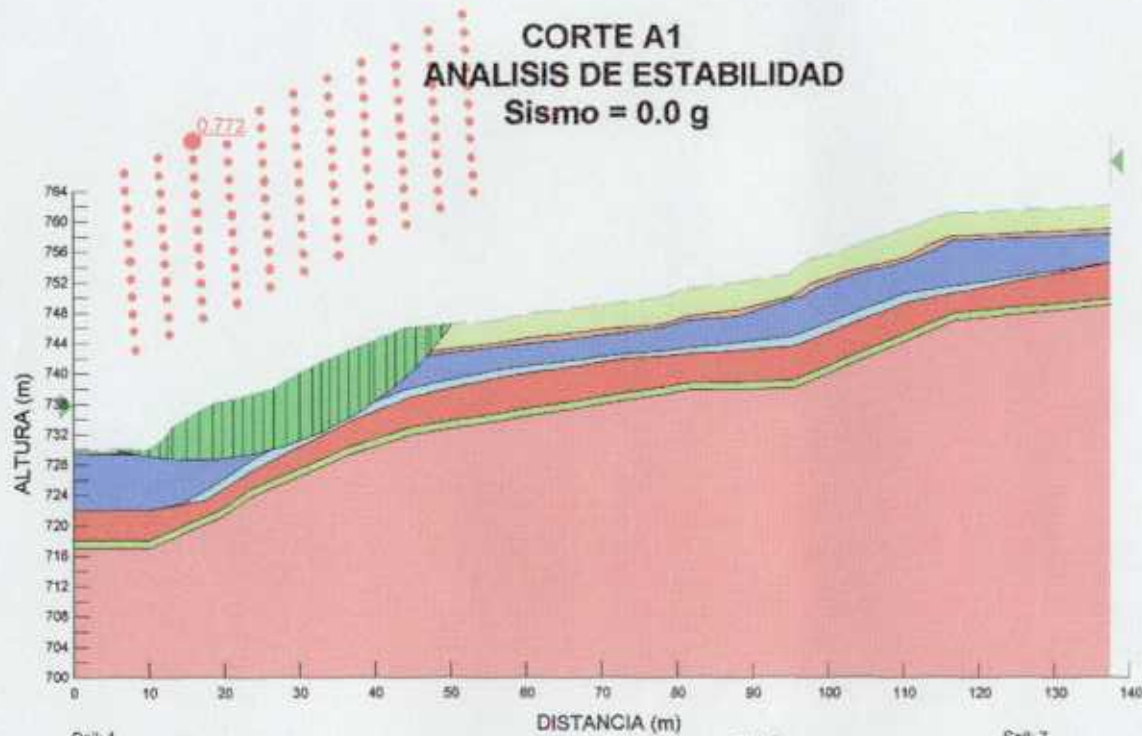
FECHA	LECTURA (mts)	CAL. LEC. MIRA (mts)	COTA LAMINA DE AGUA (msnm)	VARIACION ENTRE LECTURAS (mts)	VARIACION TOTAL (mts)
17/02/00	16.975	16.903	2727.544	0.00	0.00
18/02/00	16.970	16.898	2727.539	-0.01	-0.01
23/02/00	17.085	17.013	2727.654	0.12	0.11
28/02/00	17.895	17.823	2728.464	0.81	0.92
06/03/00	17.305	17.233	2727.874	-0.59	0.33
13/03/00	17.055	16.983	2727.624	-0.25	0.08
21/03/00	17.025	16.953	2727.594	-0.03	0.05
27/03/00	17.540	17.468	2728.109	0.51	0.57
03/04/00	17.652	17.580	2728.221	0.11	0.68
10/04/00	17.202	17.130	2727.771	-0.45	0.23
17/04/00	17.305	17.233	2727.874	0.10	0.33
24/04/00	17.252	17.180	2727.821	-0.05	0.28
02/05/00	17.898	17.826	2728.267	0.45	0.72
08/05/00	17.425	17.353	2727.994	-0.27	0.45
15/05/00	17.245	17.173	2727.814	-0.18	0.27
22/05/00	17.449	17.377	2728.018	0.20	0.47
31/05/00	17.295	17.223	2727.864	-0.15	0.32
06/06/00	17.397	17.325	2727.968	0.10	0.42
14/06/00	17.208	17.136	2727.777	-0.19	0.23
15/07/00	18.255	18.183	2728.824	1.05	1.28

Valores (-) significan descensos



## **ANEXO No 9 ANALISIS DE ESTABILIDAD**

**CORTE A1**  
**ANALISIS DE ESTABILIDAD**  
**Sismo = 0.0 g**



Soil: 1  
 Description: Rellenos, Gravas y Areniscas en matriz arcillosa  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 5  
 Phi: 30

Soil: 2  
 Description: Arcilla gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 15  
 Phi: 10

Soil: 3  
 Description: Arenisca y Gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 5  
 Phi: 35

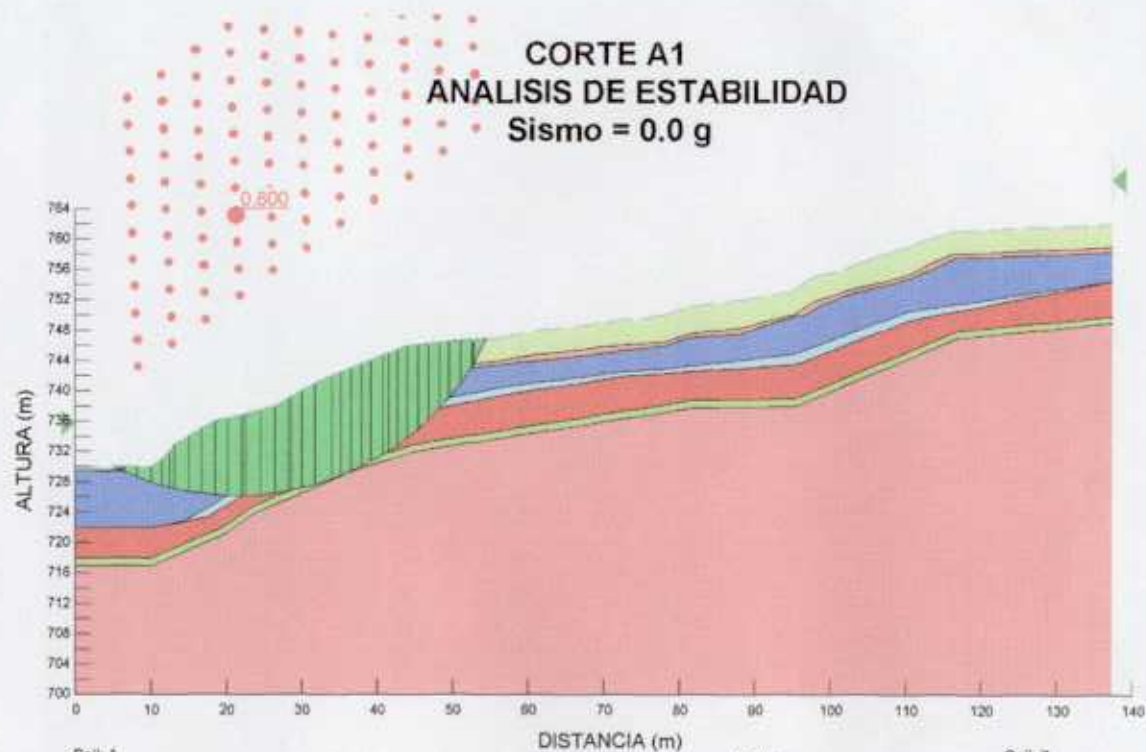
Soil: 4  
 Description: Limolitas descompuestas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 10  
 Phi: 15

Soil: 5  
 Description: Limo gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 20  
 Phi: 20

Soil: 6  
 Description: Lutitas descompuestas con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 10  
 Phi: 10

Soil: 7  
 Description: ARCILLOLITA  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 19  
 Cohesion (KPa): 100  
 Phi: 35

**CORTE A1**  
**ANALISIS DE ESTABILIDAD**  
**Sismo = 0.0 g**



Soil: 1  
 Description: Rellenos, Gravas y Areniscas en matriz arcillosa  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 5  
 Phi: 30

Soil: 2  
 Description: Arcilla gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 15  
 Phi: 10

Soil: 3  
 Description: Arenisca y Gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 5  
 Phi: 35

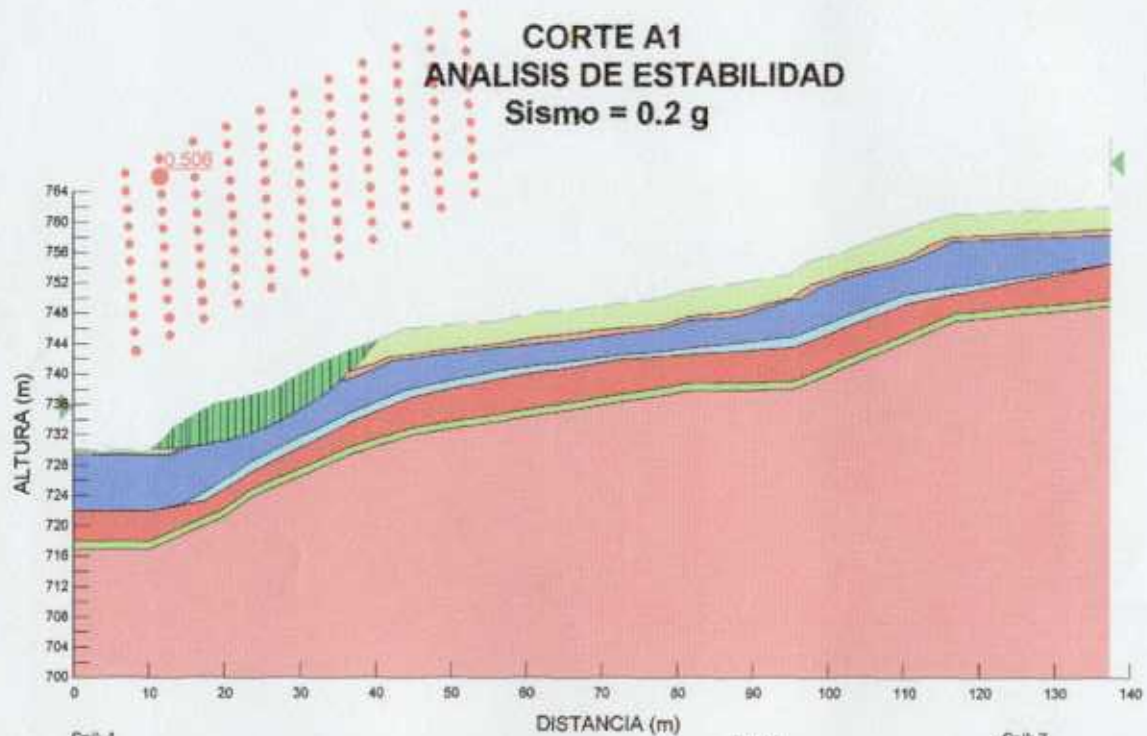
Soil: 4  
 Description: Limolitas descompuestas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 10  
 Phi: 15

Soil: 5  
 Description: Limo gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 20  
 Phi: 20

Soil: 6  
 Description: Lutitas descompuestas con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 10  
 Phi: 10

Soil: 7  
 Description: ARCILLOLITA  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 19  
 Cohesion (KPa): 100  
 Phi: 35

**CORTE A1**  
**ANALISIS DE ESTABILIDAD**  
**Sismo = 0.2 g**



Soil: 1  
 Description: Rellenos, Gravas y Areniscas en matriz arcillosa  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (kPa): 5  
 Phi: 30

Soil: 2  
 Description: Arcilla gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (kPa): 15  
 Phi: 10

Soil: 3  
 Description: Arenisca y Gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (kPa): 5  
 Phi: 35

Soil: 4  
 Description: Limolitas descompuestas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (kPa): 10  
 Phi: 15

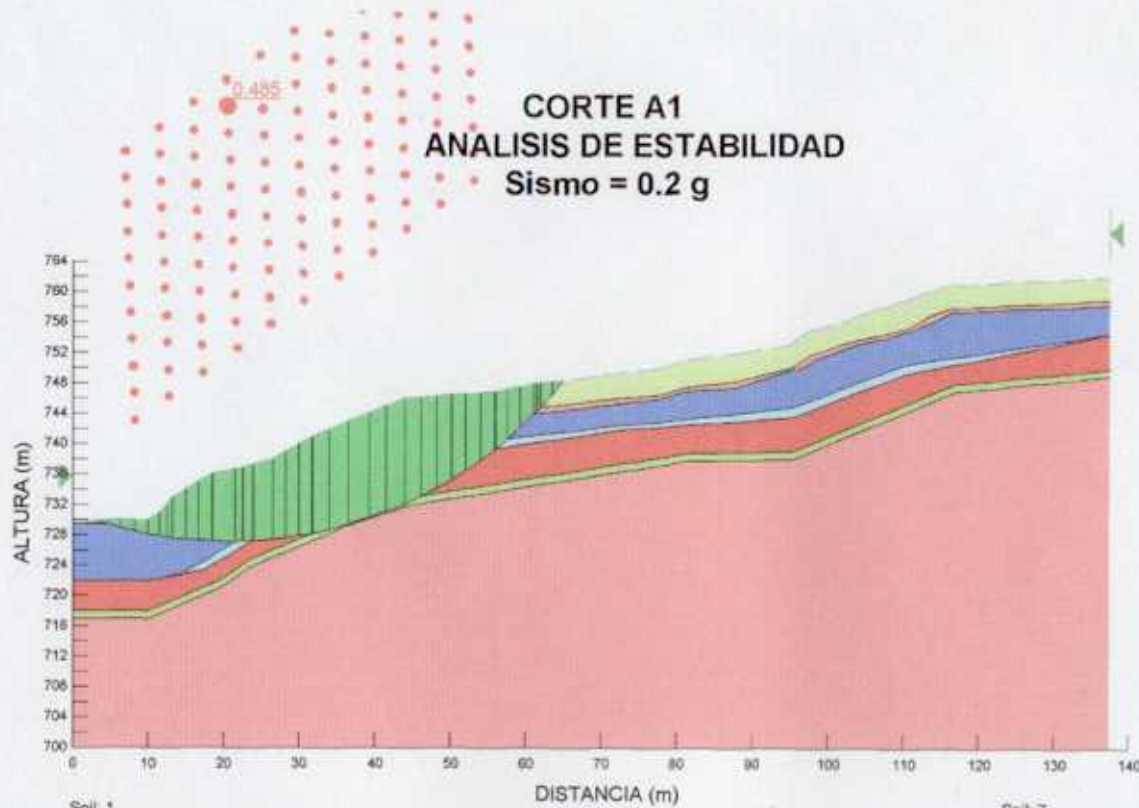
Soil: 5  
 Description: Limo gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (kPa): 20  
 Phi: 20

Soil: 6  
 Description: Lutitas descompuestas con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (kPa): 10  
 Phi: 10

Soil: 7  
 Description: ARCILLOLITA  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 19  
 Cohesion (kPa): 100  
 Phi: 35



**CORTE A1**  
**ANALISIS DE ESTABILIDAD**  
**Sismo = 0.2 g**



Soil: 1  
 Description: Rellenos, Gravas y Areniscas en matriz arcillosa  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (kPa): 5  
 Phi: 30

Soil: 2  
 Description: Arcilla gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (kPa): 15  
 Phi: 10

Soil: 3  
 Description: Arenisca y Gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (kPa): 5  
 Phi: 35

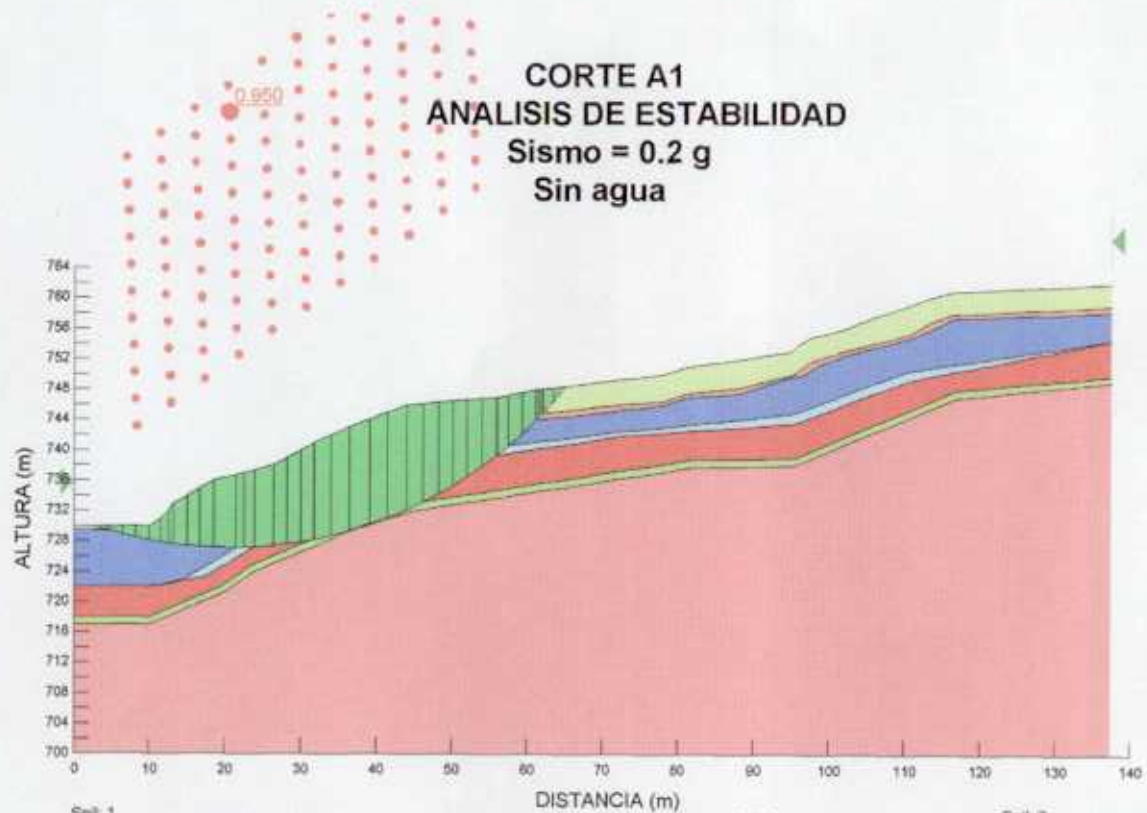
Soil: 4  
 Description: Limolitas descompuestas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (kPa): 10  
 Phi: 15

Soil: 5  
 Description: Limo gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (kPa): 20  
 Phi: 20

Soil: 6  
 Description: Lutitas descompuestas con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (kPa): 10  
 Phi: 10

Soil: 7  
 Description: ARCILLOLITA  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (kN/m<sup>3</sup>): 19  
 Cohesion (kPa): 100  
 Phi: 35

**CORTE A1**  
**ANALISIS DE ESTABILIDAD**  
 Sismo = 0.2 g  
 Sin agua



Soil: 1  
 Description: Rellenos, Gravas y Areniscas en matriz arcillosa  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 5  
 Phi: 30

Soil: 2  
 Description: Arcilla gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 15  
 Phi: 10

Soil: 3  
 Description: Arenisca y Gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 5  
 Phi: 35

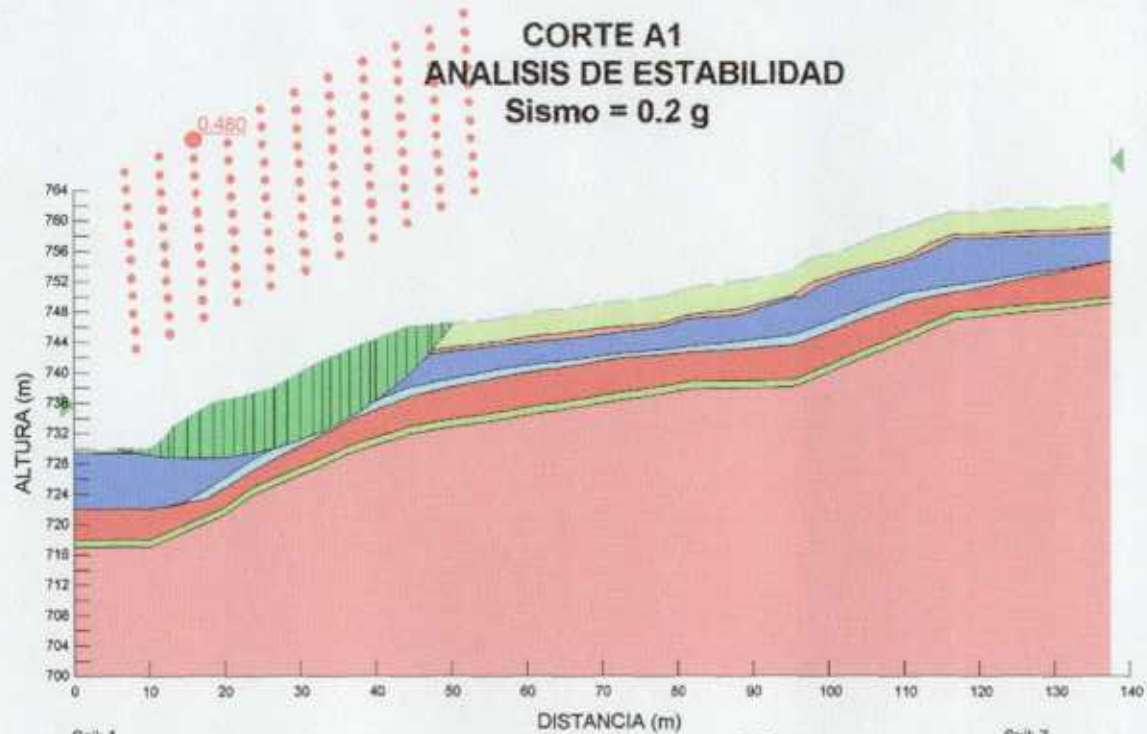
Soil: 4  
 Description: Limolitas descompuestas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 10  
 Phi: 15

Soil: 5  
 Description: Limo gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 20  
 Phi: 20

Soil: 6  
 Description: Lutitas descompuestas con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 10  
 Phi: 10

Soil: 7  
 Description: ARCILLOLITA  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 19  
 Cohesion (KPa): 100  
 Phi: 35

**CORTE A1  
ANALISIS DE ESTABILIDAD  
Sismo = 0.2 g**



Soil: 1  
Description: Rellenos, Gravas y Arenas en matriz arcillosa  
Soil Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
Cohesion (KPa): 5  
Phi: 30

Soil: 2  
Description: Arcilla gris con gravas  
Soil Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
Cohesion (KPa): 15  
Phi: 10

Soil: 3  
Description: Arenisca y Gravas  
Soil Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
Cohesion (KPa): 5  
Phi: 35

Soil: 4  
Description: Limolitas descompuestas  
Soil Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
Cohesion (KPa): 10  
Phi: 15

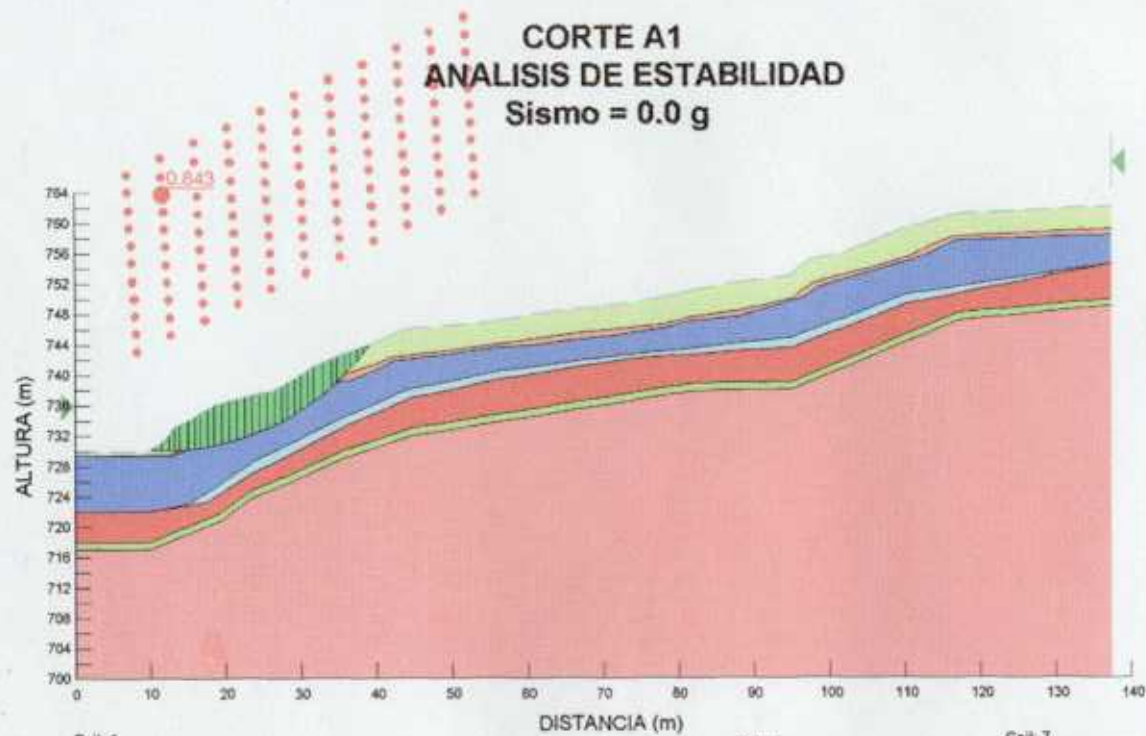
Soil: 5  
Description: Limo gris con gravas  
Soil Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
Cohesion (KPa): 20  
Phi: 20

Soil: 6  
Description: Lutitas descompuestas con gravas  
Soil Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
Cohesion (KPa): 10  
Phi: 10

Soil: 7  
Description: ARCILLOLITA  
Soil Model: Mohr-Coulomb  
Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 19  
Cohesion (KPa): 100  
Phi: 35



**CORTE A1**  
**ANALISIS DE ESTABILIDAD**  
 Sismo = 0.0 g



Soil: 1  
 Description: Rellenos, Gravas y Arenas en matriz arcillosa  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 5  
 Phi: 30

Soil: 2  
 Description: Arcilla gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 15  
 Phi: 10

Soil: 3  
 Description: Arenisca y Gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 5  
 Phi: 35

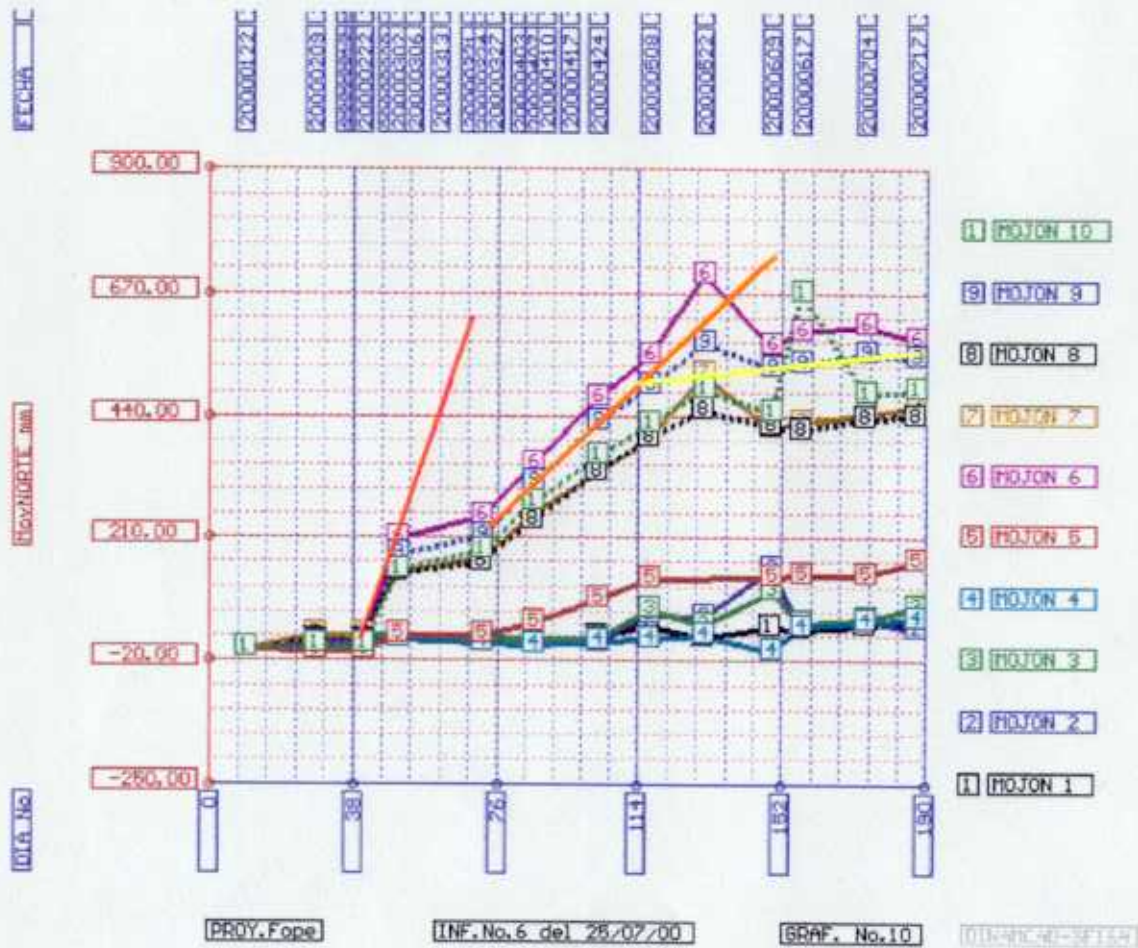
Soil: 4  
 Description: Limolitas descompuestas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 10  
 Phi: 15

Soil: 5  
 Description: Limo gris con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 18  
 Cohesion (KPa): 20  
 Phi: 20

Soil: 6  
 Description: Lutitas descompuestas con gravas  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 17  
 Cohesion (KPa): 10  
 Phi: 10

Soil: 7  
 Description: ARCILLOLITA  
 Soil Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight (KN/m<sup>3</sup>): 19  
 Cohesion (KPa): 100  
 Phi: 35

**ANEXO No 10 DEFINICION DE ALERTAS, SEGÚN  
RESULTADOS TOPGRÁFICOS (Gráfica de variación con  
respecto al tiempo) DE LOS MOJONES EVALUADOS**



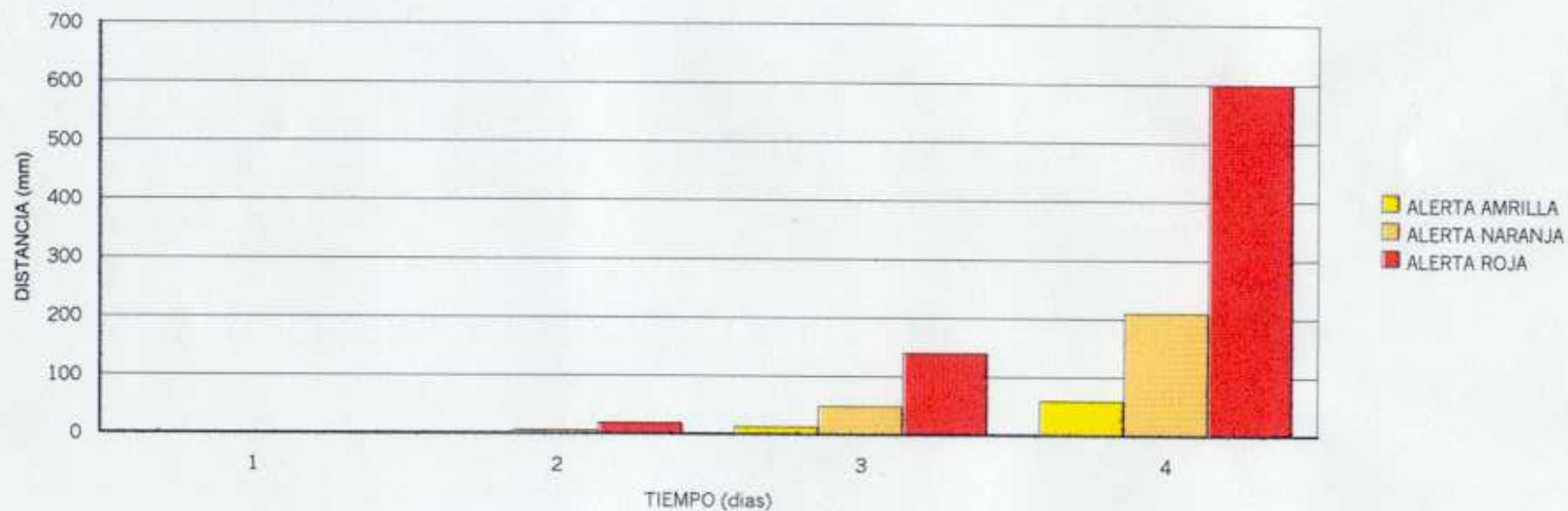
ALERTA ROJA

ALERTA NARANJA

ALERTA AMARILLA

**ANEXO No 11 SISTEMA DE ALERTAS**

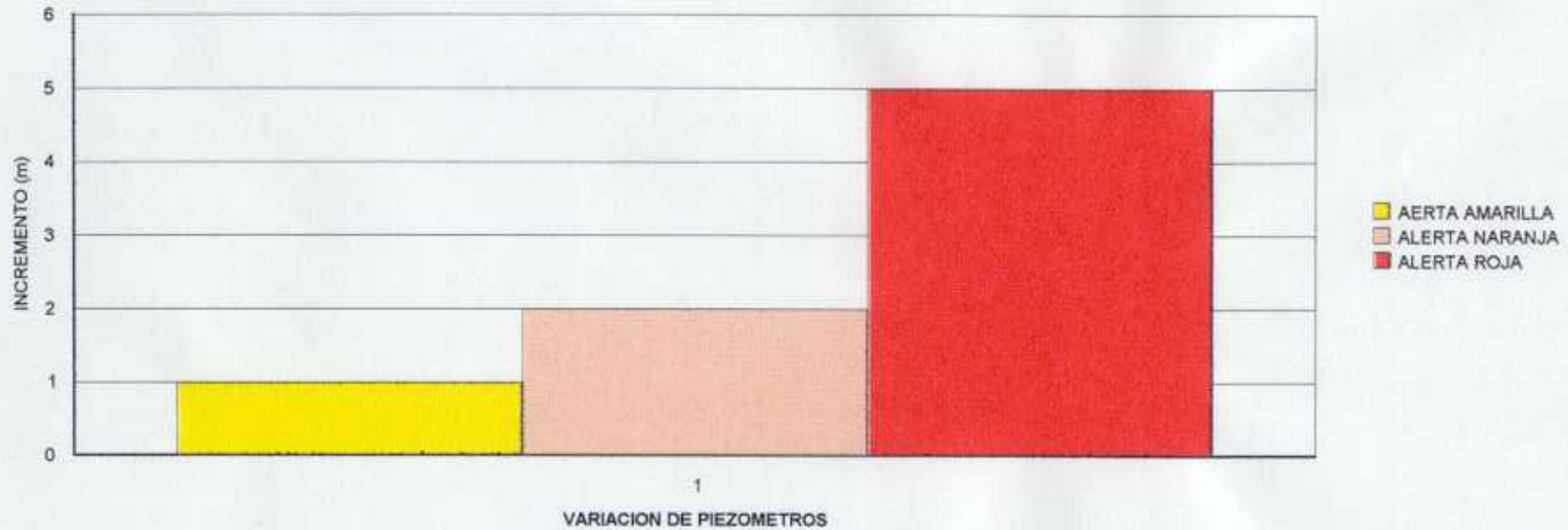
**CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO - SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.**  
**PROYECTO: MANILA Y GRAN COLOMBIA**  
**NIVELES DE ALERTA TOPOGRAFICOS**



DESCRIPCION	DIAS	SEMANA	MES	AÑO
ALERTA AMARILLA	2mm/dia	14	56	672
ALERTA NARANJA	7mm/dia	49	196	2352
ALERTA ROJA	20mm/dia	140	560	6720

**CONSORCIO LUIS FERNANDO OROZCO -SALAZAR FERRO INGENIEROS S.A.**

PROYECTO: MANILA Y GRAN COLOMBIA  
NIVELES DE ALERTA PARA PRESION DE POROS



**CONTROL DE PRESION DE POROS**

DESCRIPCION	METROS
ALERTA AMARILLA	1
ALERTA NARANJA	2
ALERTA ROJA	5