



Convenio 076/2002



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

## **ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR DESLIZAMIENTO DE LOS BARRIOS EL ESPINO Y CERROS DEL DIAMANTE, CIUDAD BOLIVAR - BOGOTÁ**



### **INFORME FINAL**

Bogotá D. C., mayo de 2003

República de Colombia  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIÉNTIFICA,  
MINERO - AMBIENTAL Y NUCLEAR - INGEOMINAS

**SUBDIRECCIÓN DE AMENAZAS GEOAMBIENTALES**

**ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN**  
*Director General INGEOMINAS*

**FERNANDO RAMÍREZ CORTÉS**  
*Director General DPAAE*

**DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS**  
*Subdirectora Amenazas Geoambientales – INGEOMINAS*

## **GRUPO DE TRABAJO**

**MAURICIO ALBERTO TAPIAS CAMACHO**  
*Jefe de Proyecto*  
*Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa - INGEOMINAS*

**Grupo Geotecnia**  
**JESÚS GARCÍA**  
**MAURICIO TAPIAS**  
FABIAN ULLOA  
CARLOS PALACIOS  
CARLOS MENDOZA  
FERNANDO DÍAZ

**Geología**  
**DIEGO IBAÑEZ**  
**EDUARDO CASTRO**

**Geomorfología y Amenaza Regional**  
**EDUARDO CASTRO**

**Topografía y Perforaciones**  
**JAIR RAMÍREZ**  
NAZARIO CARRILLO  
JORGE PEÑA  
PABLO MORA  
JUAN MESA  
FRANCISCO TORRES

**Instrumentación y Monitoreo**  
**FABIAN ULLOA**

**Grupo Hidrología e Hidráulica**  
**GERMÁN BARRETO**  
DEYANIRA RUÍZ

**Laboratorio de Suelos**  
**GUILLERMO ÁVILA**  
MANUEL CAVIEDEZ  
GRUPO DE ENSAYOS

**Sistemas y SIG**  
**EDGAR CARRILLO**

### ***Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa***

**JESÚS GARCÍA**  
*Coordinador Modelación Numérica y Análisis de Estabilidad*

**MAURICIO TAPIAS**  
*Coordinador de Zonificación*

**Digitalización y Cartografía**  
**MERCEDES PACHECO**  
DEYANIRA RUÍZ

**Edición Final**  
**ANA ISABEL ALVARADO**  
**GRUPO MOVIMIENTOS EN MASA**

**Digitalización**  
**INSAT LTDA**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
<b>CAPITULO 1</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 LOCALIZACION	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	1
1.3 OBJETIVOS	3
1.4 ALCANCE Y CONTENIDO DEL INFORME	3
<b>CAPITULO 2</b>	<b>7</b>
<b>METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO</b>	<b>7</b>
<b>CAPITULO 3</b>	<b>9</b>
<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EL ESPINO</b>	<b>9</b>
3.1 INTRODUCCIÓN	9
3.2 METODOLOGÍA	9
3.3 EQUIPOS	10
3.3.1 Estación semitotal sokkisha referencia SDM3E	10
3.3.2 Teodolito geodesico WILD T-2	10
3.3.3 Nivel de ingeniero NAK2	11
3.4 MAPAS TOPOGRÁFICOS	12
3.4.1 Topografía mayo de 2002	12
3.4.2 Topografía agosto de 2002	12
3.4.3 Topografía febrero de 2003	15
<b>CAPITULO 4</b>	<b>17</b>
<b>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>17</b>
4.1 GEOLOGÍA REGIONAL	17
4.1.1 Formación Chipaque (Ksch)	17
4.1.2 Grupo Guadalupe (Ksg)	20
4.1.2.1 Formación Arenisca Dura (Ksgd)	20
4.1.2.2 Formación Plaeners (Ksgp)	20
4.1.2.3 Formación Labor y Tierna (Ksglt)	20
4.1.3 Formación Guaduas (Ktg)	20
4.1.4 Depósitos Cuaternarios	21
4.1.5 Suelos Residuales (Qrs)	22
4.1.6 Material de Relleno de Excavación (Qr)	22
4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	22
4.3 GEOLOGÍA LOCAL Y UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES	23
4.3.1 Materiales Derivados de Roca "In Situ"	24
4.3.1.1 Unidades de Roca (Ktg)	24
4.3.1.2 Suelo Residual (Qsr)	30
4.3.2 Depósitos de ladera o de vertiente	31
4.3.3 Botadero de Escombros (Qbe)	33
4.4 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES LOCALES	34
4.5 GEOMORFOLOGÍA	35
4.5.1 Morfodinámica	36
4.5.1.1 Tipos de movimientos en masa	36

<b>CAPITULO 5</b>	<b>43</b>
<b>EXPLORACIÓN Y ENSAYOS</b>	<b>43</b>
5.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	43
5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO	43
5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS	65
5.3.1 Arcillolitas	65
5.3.1.1 Propiedades Índice	65
5.3.1.2 Ensayos de Resistencia al Corte	66
5.3.1.2.1 Ensayos de Corte Directo	66
5.3.1.2.2 Ensayos Triaxiales	68
5.3.1.2.3 Ensayos Compresión simple	69
5.3.1.3 Ensayos De Compresibilidad	69
5.3.2 Areniscas	70
5.3.3 Perfil típico promedio	71
<b>CAPITULO 6</b>	<b>73</b>
<b>ANÁLISIS HIDROLÓGICO</b>	<b>73</b>
6.1 METODOLOGIA	74
6.1.1 Bases teóricas para la metodología	74
6.1.2 Limitaciones	75
6.2 HIDROLOGIA	79
6.2.1 Inventario de Estaciones	79
6.2.2 Datos seleccionados y obtenidos	81
6.2.3 Caracterización de la precipitación	82
6.2.4 Caracterización climatológica	85
6.3 ESTIMACIÓN DE LA INFILTRACIÓN Y FILTRACIONES DE AGUAS SERVIDAS	87
6.3.1 Estimación de la Infiltración por Causas Naturales	87
6.3.1.1 Cálculo de la Evapotranspiración	87
6.3.1.2 Cálculo de la Escorrentía	89
6.3.1.3 Caudal estimado para aguas de escorrentía suponiendo un diseño de alcantarillado pluvial	89
6.3.1.4 Cálculo de la Infiltración de Aguas Lluvias	90
6.3.1.5 Estimación de la infiltración por ensayos de campo	90
6.3.2 Estimación de la Infiltración por Causas Antrópicas	95
6.3.2.1 Cálculo de Filtraciones de Aguas Servidas y Aguas Lluvias	96
6.3.2.2 Cálculo de Infiltraciones por Obras Rusticas Existentes	96
6.4 CÁLCULO DE LA RECARGA	97
6.5 RELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON EL MOVIMIENTO EN MASA	98
6.5.1 Análisis de lluvias acumuladas.	99
6.5.2 Análisis de frecuencias de lluvias acumuladas	100
6.5.3 Inventario de informes asociados con movimientos del terreno y su relación con la ocurrencia de lluvias.	103
6.5.4 Lluvia acumulada antecedente	103
6.5.5 Lluvias máximas diarias y horarias en la cronología de eventos.	108
<b>CAPITULO 7</b>	<b>113</b>
<b>INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO</b>	<b>113</b>
7.1 ANTECEDENTES	113
7.2 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN	113
7.2.1 Instrumentación superficial	113

7.2.1.1 Mojones	113
7.2.1.2 Extensómetros de Polea	115
7.2.1.3 Extensómetros de Estacas	116
7.2.1.4 Extensómetros de varilla	118
7.2.2 Instrumentación profunda	118
7.2.2.1 Piezómetros de Casagrande	119
7.2.2.2 Inclínómetros de precisión	119
7.3 RESULTADOS	120
7.3.1 Mojones	120
7.3.1.1 Precisión en el monitoreo	120
7.3.1.2 Resultados última campaña	124
7.3.1.2.1 Resultados de las mediciones sobre la red principal de mojones.	124
7.3.1.2.2 Resultados de las mediciones sobre los mojones ubicados en los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector	128
7.3.1.3 Consideraciones generales del desplazamiento de mojones	129
7.3.1.3.1 Red principal de Mojones	129
7.3.1.3.2 Mojones ubicados sobre los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector	146
7.3.2 Extensómetros de polea	147
7.3.3 EXTENSOMETROS DE ESTACAS	152
7.3.4 Piezómetros casagrande	156
7.3.5 Inclínómetros	158
7.3.6 Registros fotográficos multitemporales	168
7.3.7 Análisis de cambios topográficos	174
<b>CAPITULO 8</b>	<b>176</b>
<b>AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ESPINO Y CERROS DEL DIAMANTE</b>	<b>176</b>
8.1 ESTIMACION DE LA AMENAZA EN LOS ALREDEDORES DEL DESLIZAMIENTO EL ESPINO	176
8.1.1 Influencia del área de la carbonera	176
8.1.2 Influencia en los alrededores de las quebradas	179
8.1.3 Influencia en el Barrio El Mirador de La Estancia	180
8.1.4 Influencia en el Barrio San Rafael	180
8.1.5 Conclusiones	180
8.2 ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL MOVIMIENTO PRINCIPAL – DESLIZAMIENTO DEL ESPINO Y CERRO DEL DIAMANTE	184
8.2.1 Antecedentes	184
8.2.2 Identificación del Plano de Falla	184
8.2.3 Análisis de Estabilidad	187
8.2.3.1 Etapa 1 Minería a Cielo Abierto – Bloque A	188
8.2.3.2 Etapa 2 – Falla del Bloque Principal Bloque B	192
8.2.3.3 Etapa 3 Fallamiento del Bloque C	200
8.2.3.4 Etapa 4 – Predicción del movimiento	202
8.3 ANÁLISIS DEL LEVANTAMIENTO EN SAN RAFAEL	204
8.4 ZONIFICACION DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA	205
8.4.1 Zona 1: Deslizamiento del Espino y Cerro del Diamante	206
8.4.2 Zona 2: Bloque desplazado detrás del escarpe principal	207
8.4.3 Zona 3: Deslizamiento Quebrada Santo Domingo	207
8.4.4 Zona 4: Flujo de Detritos Quebrada Santo Domingo	207
8.4.5 Zona 5: Caída de Rocas del Espino Sector III	208
8.4.6 Zona 6: Escarpe y Depósitos de Talus	208
8.4.7 Zona 7: Parte Alta Quebrada Santo Domingo	208

8.4.8 Zona 8: Ladera Arriba Deslizamiento El Espino y Cerro Del Diamante -Escenario de Amenaza por Sismo	209
8.4.8.1 Zona 8A Efecto sísmico de 0.05g de aceleración horizontal.	209
8.4.8.2 Zona 8B Efecto sísmico de 0.15g de aceleración horizontal	209
8.4.8.3 Zona 8C - Efecto sísmico de 0.24g de aceleración horizontal	209
8.4.9 Zona 9: Ladera Arriba Deslizamiento El Espino y Cerro Del Diamante – Escenario de Amenaza por Intervención Antrópica	210
8.4.10 Zona 10: Ladera Abajo Deslizamiento El Espino y Cerro Del Diamante – Escenario de Amenaza por Avance del Movimiento	210
8.4.10.1 Zona 10a: Avance del movimiento ladera abajo de la zona 1c	210
8.4.10.2 Zona 10b: avance del movimiento ladera abajo de la zona 1ª	211
8.4.11 Zona 11: Influencia en San Rafael	211
<b>CAPITULO 9</b>	<b>213</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>213</b>
9.1 CONCLUSIONES	213
9.2 RECOMENDACIONES DE MEDIDAS Y OBRAS DE MITIGACIÓN	221
9.2.1 MEDIDAS INMEDIATAS	221
9.2.2 RECOMENDACIONES A MEDIANO Y LARGO PLAZO	224
<b>CAPITULO 10</b>	<b>226</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>226</b>

## **ANEXOS**

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1.1.</b> Localización de la zona de estudio – Barrios El Espino y Cerros del Diamante.	2
<b>Figura 2.1</b> Metodología del estudio de evaluación de la amenaza por el deslizamiento de El Espino y Cerros del Diamante.	8
<b>Figura 3.1</b> Mapa del levantamiento topográfico de Mayo de 2002	13
<b>Figura 3.2</b> Mapa de levantamiento topográfico de Agosto de 2002	14
<b>Figura 3.3</b> Mapa del levantamiento topográfico de Febrero de 2003	15
<b>Figura 4.1.</b> Geología Regional (Tomado de la Zonificación Geotécnica de Bogotá, INGEOMINAS 1988).	18
<b>Figura 4.2.</b> Detalle de Geología regional, mostrando los conjuntos medio (Ktgm) e inferior (Ktgi) de la formación Guaduas. (Tomado de INGEOCIM, 1998).	19
<b>Figura 4.3.</b> Bloque diagrama esquemático del deslizamiento de detritos de El Espino en Ciudad Bolívar. El plano de falla aunque es planar tiene una componente curva hacia la corona.	37
<b>Figura 5.1</b> Perfil Geotécnico de la perforación 1	45
<b>Figura 5.2</b> Perfil Geotécnico de la perforación 2	47
<b>Figura 5.3</b> Perfil Geotécnico de la perforación 3	49
<b>Figura 5.4</b> Perfil Geotécnico de la perforación 4	51
<b>Figura 5.5</b> Perfil Geotécnico de la perforación 5	53
<b>Figura 5.6</b> Perfil Geotécnico de la perforación 6	55
<b>Figura 5.7</b> Perfil Geotécnico de la perforación 7	57
<b>Figura 5.8</b> Perfil Geotécnico de la perforación 8	59
<b>Figura 5.9</b> Perfil Geotécnico de la perforación 9	61
<b>Figura 5.10</b> Perfil Geotécnico de la perforación 10	62
<b>Figura 5.11</b> Perfil Geotécnico de la perforación 11	64
<b>Figura 5.12</b> Falla en la etapa de consolidación del ensayo triaxial por la presencia de lente de arena de color marrón.	68
<b>Figura 6.1.</b> Esquema de distribución relativa de la precipitación mensual, la recarga y la evapotranspiración (Dwight et al, 1984).	79
<b>Figura 6.2.</b> Localización de estaciones en el área de estudio e Isoyetas	80
<b>Figura 6.3.</b> Régimen de la precipitación media	83
<b>Figura 6.4.</b> Régimen de la precipitación media en la zona de estudio	84
<b>Figura 6.5</b> Comparación de valores de ETP mensuales con relación al promedio indicando el error para el 5%	88
<b>Figura 6.6</b> Localización de puntos para la realización de ensayos de infiltración.	91
<b>Figura 6.7</b> Gráfico de infiltración según Horton	93
<b>Figura 6.8</b> Gráficos de los ensayos de infiltración	95
<b>Figura 6.9</b> Relación de la precipitación anual y la evapotranspiración potencial anual	98
<b>Figura 6.10</b> Distribución relativa de la precipitación mensual, evapotranspiración y recarga para la zona de estudio basado en los registros de la Estación Doña Juana.	99
<b>Figura 6.11</b> Curvas de precipitación acumulada máxima y promedio a nivel horario y diario para la Estación Sierra Morena	101

<b>Figura 6.12</b> Frecuencia de la precipitación acumulada a nivel horario y diario para la Estación Sierra Morena	102
<b>Figura 6.13</b> Análisis de precipitación acumulada para algunas fechas de posibles movimientos en masa.	107
<b>Figura 6.14</b> Precipitación diaria y máxima horaria para la estación Sierra Morena en el año 2000.	109
<b>Figura 6.15</b> Precipitación diaria y máxima horaria para la estación Sierra Morena en el año 2001.	110
<b>Figura 6.16</b> Precipitación diaria y máxima horaria para la estación Sierra Morena en el año 2002.	111
<b>Figura 6.17</b> Precipitación diaria y máxima horaria para la estación Sierra Morena en el año 2003.	112
<b>Figura 7.1</b> Detalle constructivo de los mojonos de concreto	115
<b>Figura 7.2</b> Extensómetros de polea	116
<b>Figura 7.3</b> Esquema de extensómetros de estacas	116
<b>Figura 7.4</b> Detalle del inclinómetro. Tubería ranurada (Izquierda) - Torpedo Biaxial marca “Geokon” (derecha) – Torpedo biaxial marca “Geotechnical Instruments” (Abajo).	120
<b>Figura 7.5</b> Esquema Nivelación Trigonométrica	123
<b>Figura 7.6</b> Variación de la velocidad de desplazamiento total (3D) de los mojonos ubicados sobre los ejes 1 y 2 en función del tiempo	132
<b>Figura 7.7</b> Isovelocidades totales registradas durante el periodo de Abril 2002- Marzo 2003. (arriba) Isovelocidades registradas durante la segunda campaña (Abril-Mayo 2002) (abajo)	134
<b>Figura 7.8</b> Isovelocidades registradas durante la tercera campaña (Mayo-Junio 2002). (arriba) Isovelocidades registradas durante la cuarta campaña (Junio-Julio 2002) (abajo)	135
<b>Figura 7.9</b> Isovelocidades registradas durante la quinta campaña (Julio -Agosto 2002). (arriba) Isovelocidades registradas durante la sexta campaña(Agosto-Septiembre 2002) (abajo)	136
<b>Figura 7.10</b> Isovelocidades registradas durante la séptima campaña (Septiembre- Octubre 2002). (arriba) Isovelocidades registradas durante la octava campaña (Octubre-Noviembre 2002) (abajo)	137
<b>Figura 7.11</b> Isovelocidades registradas durante la novena campaña (Noviembre-Diciembre 2002). (arriba) Isovelocidades registradas durante la décima campaña (Diciembre 2002 -Febrero 2003) (abajo)	138
<b>Figura 7.12</b> Isovelocidades registradas durante la onceava campaña (Febrero-Marzo 2003).	139
<b>Figura 7.13</b> Isodirecciones totales registradas durante el periodo de Abril 2002- Marzo 2003. (arriba) Isodirecciones registradas durante la segunda campaña (Abril-Mayo 2002) (abajo)	140
<b>Figura 7.14</b> Isodirecciones registradas durante la tercera campaña (Mayo-Junio 2002).(arriba) Isodirecciones registradas durante la cuarta campaña (Junio-Julio 2002) (abajo)	141
<b>Figura 7.15</b> Isodirecciones registradas durante la quinta campaña (Julio -Agosto 2002).(arriba) Isodirecciones registradas durante la sexta campaña (Agosto-Septiembre 2002) (abajo)	142
<b>Figura 7.16</b> Isodirecciones registradas durante la séptima campaña (Septiembre- Octubre 2002). (arriba) Isodirecciones registradas durante la octava campaña (Octubre-Noviembre 2002) (abajo)	143



<b>Figura 7.17</b> Isodirecciones registradas durante la novena campaña (Noviembre Diciembre 2002). (arriba) Isodirecciones registradas durante la décima campaña (Diciembre 2002 -Febrero 2003) (abajo)	144
<b>Figura 7.18</b> Isodirecciones registradas durante la onceava campaña (Febrero-Marzo 2003).	145
<b>Figura 7.19</b> Desplazamientos en función del tiempo - Extensómetros de Polea de 1 a 4	148
<b>Figura 7.20</b> Desplazamiento en función del tiempo - Extensómetros de Polea de 5 a 7	149
<b>Figura 7.21</b> Comparación de desplazamientos totales de los extensómetros de polea en función del tiempo.	150
<b>Figura 7.22</b> Tasas de desplazamiento en función del tiempo para extensómetros de polea	151
<b>Figura 7.23</b> Desplazamiento extensómetros de estacas EE1,EE2,EE3,EE4a, EE4b y EE5	154
<b>Figura 7.24</b> Desplazamientos extensómetros EE6, EE6b, EE7, EE8 y EE9	155
<b>Figura 7.25</b> variación del nivel freático y la precipitación para los piezómetros pc2, pc3, inc1, inc5 e inc9	157
<b>Figura 7.26</b> Deflección acumulada e incrementos en la deflección (eje A) inclinómetro 1	159
<b>Figura 7.27</b> Deflección acumulada e incrementos en la deflección (eje B) inclinómetro 1	160
<b>Figura 7.28</b> Deflección acumulada ejes A y B inclinómetro 2	161
<b>Figura 7.29</b> Deflección acumulada ejes A y B inclinómetro 3	162
<b>Figura 7.30</b> Deflección acumulada e incrementos en deflección eje a inclinómetro 4	163
<b>Figura 7.31</b> Deflección acumulada ejes A y B inclinómetro 5	164
<b>Figura 7.32</b> Deflección acumulada ejes A y B inclinómetro 6	165
<b>Figura 7.33</b> Deflección acumulada ejes A y B inclinómetro 7	166
<b>Figura 7.34</b> diferencias de nivel entre el levantamiento topográfico de marzo/03 y mayo/02	175
<b>Figura 8.1.</b> Fotografía aérea de las zonas de El Espino y La Carbonera, mostrando en color naranja las coronas de los deslizamientos y en azul, una zona de grietas alrededor del deslizamiento El Espino. En color rojo se aprecian las fallas geológicas y lineamientos que delimitan los fenómenos. Foto aérea 241, tomada el 24 de julio de 2002	178
<b>Figura 8.2</b> Esquema de los deslizamientos de El Espino y La Carbonera con sus áreas de influencia.	181
<b>Figura 8.3</b> Fotografía aérea de la zona de El Espino y San Rafael, mostrando en color naranja las coronas de antiguos deslizamientos y de canteras. En color rojo las fallas geológicas y lineamiento que atraviesan los fenómenos. En color amarillo se aprecia una zona inestable del barrio mirador de la Estancia. Foto aérea 242, tomada el 24 de julio de 2002.	182
<b>Figura 8.4</b> Determinación de la normal a un plano, conocida la coordenada de 3 puntos	185
<b>Figura 8.5</b> Bloque diagrama ilustrado en rojo el plano de falla	186
<b>Figura 8.6</b> Modelamiento del desplazamiento de los diferentes bloque	189
<b>Figura 8.7</b> Inestabilización de un talud por la actividad minera	190
<b>Figura 8.8</b> Diagrama del cuerpo libre del bloque fallado	190
<b>Figura 8.9</b> Planos de falla de la arcillolita en prueba triaxial (CU)	193
<b>Figura 8.10</b> Distribución de resultados de la encuesta acerca de la posible causa del deslizamiento del Espino y Cerro del Diamante.	195

<b>Figura 8.11</b> Variación de la cohesión y ángulo de fricción con la succión, para tres tipos de suelo (Escario, 1986)	196
<b>Figura 8.12</b> Variación de la velocidad de desplazamiento total (3D) de los mojones ubicados sobre los ejes 1 y 2 en función del tiempo	201
<b>Figura 8.13</b> Efecto del sismo sobre el área afectada ladera arriba del bloque C	203
<b>Figura 8.14</b> Zona afectada por rompimiento de tubería ladera arriba del Bloque C	205
<b>Figura 8.15</b> Análisis de Estabilidad - Perfil CC	212
<b>Figura 9.1</b> Esquema de la estructura de contención (El muro debe cimentarse en material rocoso fresco y estable)	225

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b> Coordenadas Cartesianas Puntos de Amarre Horizontal y Vertical	9
<b>Tabla 4.1.</b> Columna Estratigráfica Sector El Espino, Quebrada Santo domingo, Ciudad Bolívar. Formación Guaduas (Miembro Medio).	27
<b>Tabla 4.2.</b> Columna Estratigráfica, Quebrada Santa Rita (Cantera Santa Rita), Formación Guaduas (Miembro Medio). Ciudad Bolívar.	28
<b>Tabla 4.3.</b> Clasificación de procesos de remoción en masa, Varnes 1978.	36
<b>Tabla 5.1</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 1	44
<b>Tabla 5.2</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 2	46
<b>Tabla 5.3</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 3	48
<b>Tabla 5.4</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 4	50
<b>Tabla 5.5</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 5	52
<b>Tabla 5.6</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 6	54
<b>Tabla 5.7</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 7	56
<b>Tabla 5.8</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 8	58
<b>Tabla 5.9</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 9	60
<b>Tabla 5.10</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 10	60
<b>Tabla 5.11</b> Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 11	63
<b>Tabla 5.12</b> Relación de ensayos en cada una de las perforaciones	65
<b>Tabla 5.13</b> Valores promedio de las propiedades índice por perforación (Arcillolitas).	66
<b>Tabla 5.14</b> Resultados de los ensayos de resistencia al corte (Arcillolitas)	67
<b>Tabla 5.15</b> Parámetros de Compresibilidad de las Arcillolitas	69
<b>Tabla 5.16</b> Parámetros de Compresibilidad promedio por estratos para las Arcillolitas	70
<b>Tabla 5.17</b> Valores promedio de propiedades índice y de resistencia por perforación (Areniscas).	70
<b>Tabla 5.18</b> Perfil Geotécnico Típico 1, Perforaciones 1, 2 y 3	72
<b>Tabla 5.19</b> Perfil Geotécnico Típico 2, Perforaciones 4, 5, 6, 7, 8 y 9	72
<b>Tabla 6.1</b> Registros de nivel freático en El Espino.	76
<b>Tabla 6.2</b> Inventario de estaciones hidrometeorológicas	81
<b>Tabla 6.3</b> Estaciones próximas al área de estudio	81
<b>Tabla 6.4</b> Precipitación de las estaciones cercanas al área de estudio.	82
<b>Tabla 6.5</b> Comparación entre precipitaciones medias mensuales de las estaciones.	83
<b>Tabla 6.6</b> Comparación de los estadísticos de registros de precipitación mensual.	84
<b>Tabla 6.7</b> Comparación de series de datos de precipitación diaria con la Estación Sierra Morena.	85
<b>Tabla 6.8</b> Valores medios mensuales y totales anuales de los parámetros del clima.	86
<b>Tabla 6.9</b> Valores de evapotranspiración media mensual por el método de Thornthwaite	88
<b>Tabla 6.10</b> Resultados de laboratorio efectuados a muestras de material tomadas previo el ensayo de infiltrómetro	92
<b>Tabla 6.11</b> Resultados de los ensayos de capacidad de infiltración realizados en el área de estudio	94
<b>Tabla 6.12</b> Precipitación acumulada antecedente para la Estación Sierra Morena	100
<b>Tabla 6.13</b> Cronología de informes técnicos del FOPAE en el periodo 1999-2002 relacionados con la posible ocurrencia de lluvias.	104

<b>Tabla 7.1.</b> Desplazamientos y velocidades de la última campaña (02/02/03-28/03/03)	125
<b>Tabla 7.2</b> Comparación de desplazamientos y velocidades de la última campaña y el acumulado para cada mojón.	126
<b>Tabla 7.3</b> Desplazamientos promedio en los ejes transversales al movimiento del deslizamiento	128
<b>Tabla 7.4</b> Desplazamientos presentados en la última campaña de los mojones de los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino Sector III	130
<b>Tabla 7.5</b> Comparación de desplazamientos y velocidades de la última campaña y el acumulado para cada mojón.	131
<b>Tabla 7.6</b> Desplazamientos de los Extensómetros de Polea	147
<b>Tabla 7.7</b> Desplazamiento de los extensómetros de estacas	152
<b>Tabla 7.8</b> Desplazamiento de los extensómetros de estacas EE6b, EE7, EE8 y EE9 para el último periodo de medición	152
<b>Tabla 7.9</b> Características de los piezómetros casagrande	156
<b>Tabla 7.10</b> Características de los inclinómetros	158
<b>Tabla 8.1.</b> Valores del parámetro Q	187
<b>Tabla 9.1</b> Sectorización de la zona teniendo en cuenta criterios de estabilidad y posibles medidas y obras de mitigación	223

## LISTA DE MAPAS

- MAPA ES 1-A** LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO EN MAYO DE 2002.
- MAPA ES 1-B** MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MAYO DE 2002).
- MAPA ES 2-A** LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO EN AGOSTO DE 2002.
- MAPA ES 2-B** MODELO DIGITAL DEL TERRENO (AGOSTO DE 2002).
- MAPA ES 3-A** LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO EN FEBRERO DE 2003.
- MAPA ES 3-B** MODELO DIGITAL DEL TERRENO (FEBRERO DE 2003).
- MAPA ES 4-1/2** UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES
- MAPA ES 4-2/2** UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (PERFILES GEOLÓGICOS)
- MAPA ES 5** MORFODINÁMICO
- MAPA ES 6** LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN
- MAPA ES 7** DESPLAZAMIENTO DE PUNTOS DE CONTROL SUPERFICIAL EN EL PERIODO DE ABRIL 2002 – MAYO 2003 (MOJONES Y EXTENSÓMETROS)
- MAPA ES 8** LOCALIZACIÓN DE FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES Y PERFILES GEOTÉCNICOS
- MAPA ES 9** AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA
- MAPA ES 10** OBRAS Y MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACIÓN

---

# CAPITULO 1

---

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 LOCALIZACION

El sector de estudio se encuentra localizado en la parte occidental del Barrio Ismael Perdomo, en la localidad de Ciudad Bolívar, al sur de Bogotá, y comprende sectores de los barrios Cerro del Diamante, El Espino Sector I y III, y El Rodeo (sur del barrio San Rafael). La zona está limitada por los barrios San Rafael (al Norte), San Antonio del Mirador (al sur), al occidente con los barrios Espino Sector I y el barrio Santo Domingo y al oriente con el barrio Espino III Sector. En los costados Norte y Sur se encuentran respectivamente las quebradas Santa Rita y Santo Domingo. La extensión total del área de estudio es de aproximadamente 41.4 Ha. (**Figura 1.1**). Se tienen varias formas de acceso al sitio, por el sur desde la parte alta de la ladera por los barrios de Altos de Cazucá y Sierra Morena, y por la parte baja de la ladera por el barrio de La Carbonera; por el norte ingresando por el barrio Ismael Perdomo y entrando a la zona de estudio por la parte alta del Barrio San Rafael.

El lugar del movimiento se enmarca entre los 2600 msnm y 2750 msnm ascendiendo hacia el occidente entre las quebradas Santa Rita y Santo Domingo, pertenecientes a la cuenca del Río Tunjuelito por su margen izquierda. Al respaldo de la ladera vertiente con máxima elevación de 2800 msnm y en dirección hacia el sur occidente, se encuentra la Laguna de Terreros (2612 msnm) que da origen al Humedal de Terreros.

### 1.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La existencia de actividades mineras en el sector Nor-oriental del barrio El Espino (Cantera Santa Rita) en el pasado, dio inicio a un fenómeno de inestabilidad en el terreno, el cual se ha venido agravando por el intenso proceso de urbanización no planificado, con graves deficiencias en las redes domiciliarias. Como resultado de lo anterior es frecuente la ruptura de tuberías, cuyos aportes de agua a la ladera son uno de los principales factores de reactivación del movimiento, junto con las precipitaciones, las características geomecánicas del macizo rocoso, y otros factores de intervención antrópica que se analizarán en el numeral de evaluación de amenaza.

La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito Capital ha venido estudiando el fenómeno desde sus orígenes mediante los siguientes trabajos:

- Zonificación del riesgo por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la Ciudad de Santafé de Bogotá realizado por Ingeocim (1998)

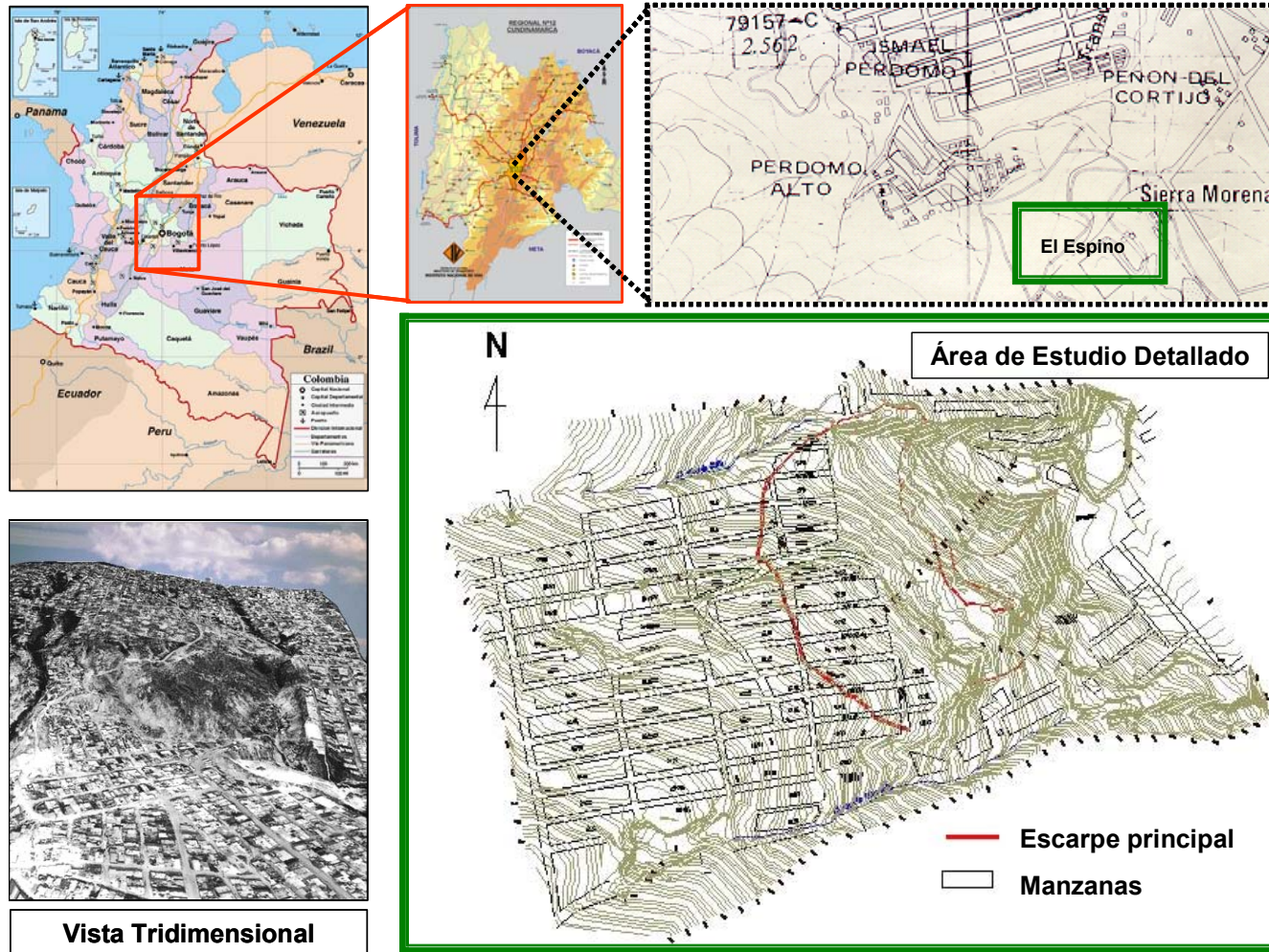


Figura 1.1. Localización de la zona de estudio – Barrios El Espino y Cerros del Diamante.

- Contratación de estudios geotécnicos, evaluación de alternativas de medidas de mitigación y diseño de obras recomendadas para estabilizar la zona de estudio con el consorcio Civiles Ltda – Hidroconsulta Ltda. (1999)
- Contratación de diseño e instalación de instrumentación geotécnica para el monitoreo y seguimiento de los fenómenos de remoción en masa con la firma Geotecnia y Cimentaciones S.A. (2000 – 2001).

Como consecuencia del fenómeno, la DPAE ha reubicado las familias cuyas casas fueron destruidas o afectadas por el movimiento.

A fin de conocer y entender la evolución probable del fenómeno y con base en ello tomar medidas preventivas en el área urbanizada aún no afectada se adelanta el presente trabajo por convenio interinstitucional entre el FOPAE e INGEOMINAS.

Específicamente el proyecto busca identificar los diferentes tipos de amenaza por deslizamiento presentes en la zona de estudio y caracterizarlos geotécnica y cinemáticamente teniendo en cuenta las propiedades de los materiales presentes, velocidades y direcciones de desplazamientos, geología local, marco geológico regional y la influencia del ciclo hidrológico para la estabilidad de las laderas.

### **1.3. OBJETIVOS**

La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito por intermedio del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá-- FOPAE-, estableció con el INGEOMINAS el Convenio de Cooperación Especial No. 076/02, por medio del cual el INGEOMINAS se compromete a realizar el estudio de evaluación de amenaza por deslizamiento para los barrios El Espino y El Cerro del Diamante, a partir de los resultados de la instalación y monitoreo de la instrumentación geotécnica.

A través de este estudio se pretende definir el modelo de comportamiento geotécnico de la ladera y evaluar la amenaza por deslizamiento para las viviendas e infraestructura del sector.

Por lo tanto, se realiza la caracterización geotécnica del movimiento teniendo en cuenta las propiedades de los materiales presentes, velocidades y direcciones de desplazamientos, geología local, marco geológico regional y la influencia del ciclo hidrológico para la estabilidad de la ladera.

### **1.4. ALCANCE Y CONTENIDO DEL INFORME**

A partir del mes de mayo de 2002 se comenzaron los trabajos de topografía, exploración del subsuelo e instrumentación. El INGEOMINAS ha entregado ocho informes de avance y un informe semestral, donde se describen las actividades realizadas y los resultados alojados en el monitoreo del movimiento.

Este trabajo corresponde al informe final contemplado en el convenio y contiene los resultados obtenidos del estudio de evaluación de la amenaza por deslizamiento



para los barrios El Espino y Cerros del Diamante de la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá. El informe contiene la metodología empleada en el estudio del deslizamiento, los resultados obtenidos en los levantamientos topográficos, la caracterización geológica y geomorfológico del área, la exploración del terreno y los ensayos de laboratorio, el análisis hidrológico, la evaluación de la instrumentación y monitoreo, y la evaluación de la amenaza del movimiento. A continuación se presenta el alcance de cada uno de estos capítulos:

- La metodología general del estudio presenta el procedimiento y las actividades que se siguieron para abordar el problema del movimiento en masa en cuestión.
- El capítulo de Levantamiento Topográfico muestra los resultados de los tres levantamientos llevados a cabo en los meses de mayo, agosto del 2002 y febrero de 2003, y sus respectivas cartografías. Estos levantamientos topográficos se trabajaron a una escala de 1:1000 presentando curvas de nivel cada metro.
- Se realizó la caracterización geológica regional y local, cartografiando las unidades superficiales en el área de estudio. Así mismo, se realizó el estudio de la geomorfología.
- En el capítulo de Exploración del Subsuelo y Ensayos se describe los perfiles estratigráficos encontrados en las 11 perforaciones realizadas, alcanzando una profundidad promedio de 30m. Se presentan los resultados de propiedades mecánicas de los materiales a partir de los ensayos de laboratorio ejecutados.
- La información hidrológica analizada permite una mejor evaluación de la situación real y la generación del mapa de amenaza teniendo en cuenta aspectos fundamentales del ciclo hidrológico. En este estudio se realiza la caracterización climatológica del área estableciendo un posible volumen de infiltración de aguas lluvias en el movimiento y un estimativo de infiltración de aguas de la red de acueducto y alcantarillado por rotura de tubería.
- En el capítulo de Evolución Temporal se describen los sistemas de instrumentación utilizados -- Mojones, Extensómetros, Piezómetros, Inclinómetros, Registros Fotográficos de estaciones -, y el análisis del correspondiente monitoreo, así como los análisis del movimiento a partir de las tres topografías realizadas.
- En la Evaluación de Amenaza se hizo un análisis de la parte regional y del movimiento principal objeto del estudio. El análisis regional se realizó con base en fotointerpretación de geoformas –a partir de fotografías aéreas a una escala aproximada de 1:6.000. En la evaluación de la amenaza para el movimiento principal se analizó primero la génesis del movimiento, se estableció el mecanismo de falla y el desarrollo del movimiento a partir de

modelos numéricos y de las propiedades del subsuelo obtenidas. Se entrega el mapa de amenaza por movimientos en masa para la zona de estudio.

## 1.5. CONCEPTOS BÁSICOS DE AMENAZA

A continuación se definen algunos términos relacionados con la amenaza por movimientos en masa tratados en el presente estudio, los cuales han sido tomados de MUÑOZ, F (2001) y adaptados por INGEOMINAS. Los conceptos de movimientos en masa y sus clasificaciones han sido tomados y adaptados de VARNES, 1978, e INVIAS, 1998.

**Evento.** Registro en el tiempo y en el espacio de un fenómeno que caracteriza una amenaza. Descripción de un fenómeno en término de sus características, su dimensión y ubicación geográfica.

**Amenaza Natural.** Es el fenómeno natural o grupo de condiciones o eventos que tienen el potencial de causar daño, dentro de los que se destacan movimientos en masa, volcanes y sismos. En el caso de los movimientos en masa, la representación de la amenaza parte de un conocimiento de los procesos que dan lugar al evento amenazante, e involucra las propiedades físicas del fenómeno: Tipo, actividad, velocidad, área de afectación, volumen, mecanismos de falla, trayectoria, y probabilidad de ocurrencia, entre otros.

**Vulnerabilidad:** Es la capacidad de anticipar, asimilar, resistir y recuperarse del daño sufrido por la acción de una amenaza.

**Riesgo:** Es la condición que se deriva de considerar la posibilidad de ocurrencia de una o varias amenazas en un contexto dado en donde sí existe conocimiento de la amenaza y sí involucra la toma de una decisión. Es lo que puede pasar cuando concurren la amenaza y la vulnerabilidad e implica la toma de decisión del individuo y la comunidad.

**Emergencia.** Corresponde a una situación que aparece cuando, en la combinación de factores conocidos, surge un fenómeno o suceso que no se esperaba, eventual, inesperado y desagradable que puede causar daños o alteraciones en las personas, los bienes, los servicios o el medio ambiente, sin exceder la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.

**Desastres:** De acuerdo a la legislación colombiana en cuanto a prevención y atención de desastres el artículo 18o, del Decreto 919 del 1 de Mayo de 1989 efectúa la siguiente declaración en cuanto a la definición de desastre: Artículo 18o. Definición de desastre: “Para efectos del presente estatuto, se entiende por desastre el daño grave o la alteración grave de las condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causada por fenómenos naturales y por efectos catastróficos de la acción del hombre en forma accidental, que requiera por ello de la especial atención de los organismos del Estado y de otras entidades de carácter humanitario o de servicio social”.

**Movimiento en Masa:** Se define como todo desplazamiento hacia abajo (vertical o inclinado en dirección del pie de la ladera) de un volumen de material litológico importante, en el cual el principal agente es la gravedad. Los movimientos en masa se pueden agrupar de acuerdo a su mecanismo de falla (Varnes, 1958) en: Deslizamientos, Flujos de Tierra, Flujos de Detritos, Reptamientos, Volcamientos y Caídas entre otros.

**Deslizamientos:** Son movimientos caracterizados por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento descendente con una componente horizontal apreciable, y una zona de acumulación de material desplazado bien definidas. Ocurren sobre laderas de pendientes suaves a escarpadas sobre todo tipo de materiales litológicos, y a diferentes velocidades. El deslizamiento puede ser rotacional –con superficie de falla curva-, y traslacional –con superficie de falla planar-. El deslizamiento de cuñas constituye un caso especial de deslizamiento traslacional, en el cual la masa que se desplaza se apoya sobre la intersección de dos discontinuidades estructurales.

**Flujos:** Son movimientos espacialmente continuos de materiales litológicos de textura fina y gruesa que se desplaza a lo largo de una superficie de falla bien definida. Aunque comúnmente los flujos son caracterizados como movimientos rápidos y compuestos de lodos también pueden ser lentos y compuestos por rocas y suelos no saturados. En general estos movimientos se caracterizan por presentar superficies de ruptura planares a lo largo de una discontinuidad litológica, determinada por el contacto suelo – roca o roca meteorizada – roca fresca, dejando superficies pulidas y estriadas.

**Reptamiento:** Es un movimiento superficial lento y continuo de materiales de baja cohesión, favorecido por el agua. Este tipo de movimiento no presenta superficie de ruptura pero sobre el terreno se desarrollan varias geoformas o características que permiten su detección.

**Volcamientos:** Son movimientos producidos sobre una ladera o talud, debidos a colapsos de material rocoso por una heterogeneidad litológica y estructural. El movimiento se produce por acción de la gravedad y por rotación hacia delante de un material rocoso.

## 1.6. AGRADECIMIENTOS

El INGEOMINAS agradece a la Dirección de Atención y Prevención de Emergencias del Distrito por su apoyo y confianza en la realización de este trabajo, al igual que a todo el personal que permitió la obtención de los resultados que se exponen en el presente trabajo.

---

## CAPITULO 2

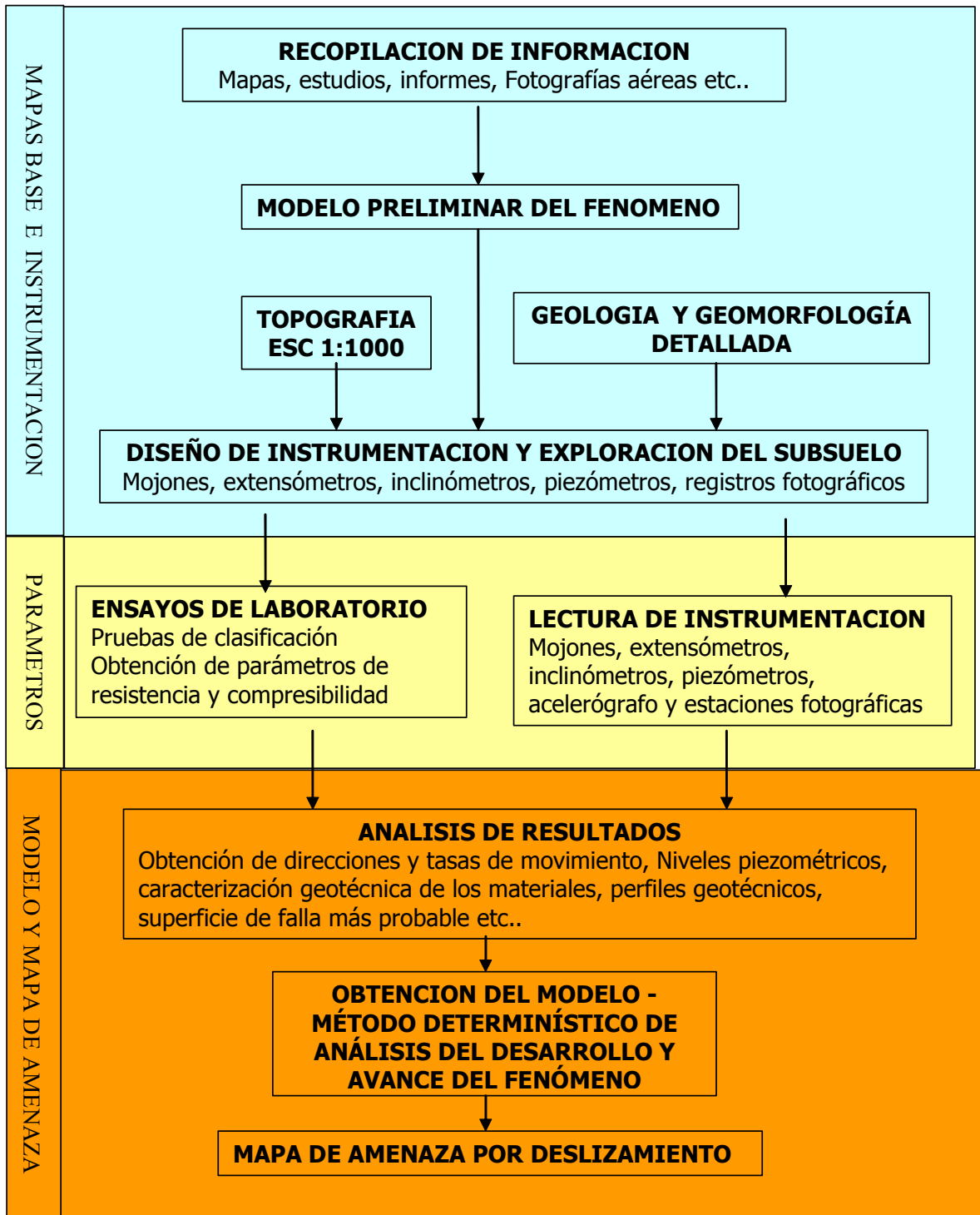
---

### METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO

La zonificación de amenazas por movimientos en masa pretende agrupar la superficie de la corteza en zonas con características de comportamiento semejantes propensas a la ocurrencia de fenómenos desestabilizadores en las laderas que afectan directamente a la comunidad.

Con el fin de obtener el mapa de amenaza por movimientos en masa en la ladera de estudio se sigue un método determinístico empleando una escala 1:1.000, desarrollándose el proyecto en tres etapas según se muestra en la **Figura 2.1**.

1. **Obtención de mapas base e instrumentación:** Hace referencia a la conformación de la cartografía básica (Topografía, Geología y Geomorfología), al diseño e instalación de la instrumentación y la exploración del subsuelo a partir de un modelo preliminar del fenómeno.
2. **Obtención de Parámetros:** En esta etapa se pretende encontrar propiedades mecánicas de los materiales, por medio de ensayos de laboratorio así como las tasas y direcciones de movimientos en superficie y profundidad, tomando lecturas periódicas de la instrumentación instalada (mojones, extensómetros, inclinómetros, piezómetros y acelerógrafo - la DPAE tiene instalado en la localidad de Sierra Morena un acelerógrafo el cual es monitoreado por el INGEOMINAS-), así como llevando un registro fotográfico sobre algunas zonas. También se realiza un análisis hidrológico de la zona.
3. **Generación del modelo y mapa de Amenaza:** En esta etapa se pretende la obtención del modelo y generación del mapa de amenaza, a partir de la caracterización mecánica del macizo rocoso y de las lecturas de instrumentación, junto con la información de hidrología y geología detallada, se obtiene un modelo del fenómeno de inestabilidad de la ladera. Este modelo se analiza siguiendo análisis numéricos de equilibrio límite y mediante elementos finitos. Una vez definido el modelo se plantea el mapa de amenaza para la zona de estudio teniendo en cuenta la génesis del fenómeno, el avance del mismo y la amenaza sobre la población, viviendas e infraestructura.



## CAPITULO 3

### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EL ESPINO

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Para el seguimiento temporal del deslizamiento de El Espino fue necesario el levantamiento topográfico en tres oportunidades (Mayo, Agosto de 2002 y Enero de 2003). En la primera fecha (Mayo de 2002) se realizó un levantamiento general tanto de las construcciones existentes (viviendas y vías) como de la zona inestable haciendo énfasis en escarpes y grietas. Los dos levantamientos posteriores fueron realizados con el fin de actualizar la topografía de la zona inestable en especial toda el área localizada al Este del escarpe principal (**Mapas ES 1-A, ES 2-A, ES 3-A**). Estos levantamientos se trabajaron para escalas 1:1000 y equidistancias en curvas de nivel de un metro.

#### 3.2 METODOLOGÍA

Para el levantamiento topográfico se empleó una poligonal cerrada apoyada en radiaciones para el levantamiento de detalles presentes en la zona tales como obras civiles, vegetación permanente, quebradas, escarpes, grietas, vías, etc. Esta poligonal está ligada a la red de puntos localizados en los alrededores de la zona de estudio y que poseen coordenadas amarradas a la malla cartográfica del IGAC.

La poligonal inicial utilizada consta de 18 vértices principales y 37 puntos auxiliares que sirvieron para definir la topografía de la zona. Para la obtención de las coordenadas geográficas de la red topográfica levantada, fue necesario ligar los puntos a los mojones M17, M17A y GPS 36 suministrados por la Dirección para la Atención y Prevención de Desastres del Distrito (DPAE). En la **Tabla 3.1** se pueden observar las coordenadas planas de estos puntos.

<b>CODIGO</b>	<b>NORTE (m)</b>	<b>ESTE (m.)</b>	<b>COTA (msnm)</b>
M17	97901,238	89465,764	2770,033
M17A	97973,935	89571,683	2737,550
GPS 036	98011,396	89553,691	2728,296

**Tabla 3.1** Coordenadas Cartesianas Puntos de Amarre Horizontal y Vertical

En lo que respecta al amarre altimétrico de la poligonal utilizada fue necesario la realización de circuitos de nivelación que fueron contra nivelados para garantizar cierres acordes con las precisiones que se requerían.

### 3.3 EQUIPOS

Para el empleo de los equipos se tiene en cuenta la parte planimétrica y la parte altimétrica. Para la primera se utilizó una estación semitotal de marca Sokkisha referencia SDM3E y un distanciómetro de marca Wild, referencia Distomat DI2000, acoplado a un teodolito geodésico marca Wild referencia T2 con lectura directa al segundo. La desviación estándar típica para el distanciómetro es del orden de 3 mm más 1 ppm con un tiempo de medición de 1,5 segundos. Las distancias horizontales fueron tomadas con precisión del orden del milímetro al igual que se realizaron correcciones por presión y temperatura a cada una de las mismas.

Para el amarre altimétrico del levantamiento topográfico se utilizó un nivel de precisión marca Wild, referencia NAK2.

A continuación se resumen las características más importantes de los equipos utilizados

#### 3.3.1 Estación semitotal sokkisha referencia SDM3E

Este instrumento fue utilizado para el levantamiento topográfico de la zona de estudio y para la localización de la red de mojones. En la **Foto 3.1** se puede apreciar el instrumento. Sus características técnicas son:

##### Medición de Distancias

Rango de Distancia	Prisma Sencillo 1000 m. Prisma Triple 1600 m
Desviación Estándar	± (5mm + 5 ppm)
Tiempo de Medida	MEAS 4 sg. TRACK 0.5 sg.
Temperatura de Trabajo	-20° C hasta +50° C
Corrección Atmosférica	-99 hasta 199 ppm

##### Medición Angular

Lectura directa	10"
Estimación	5"

##### Sensibilidad de Niveles

Nivel del Plato	30"/2 mm
Nivel Circular	10' / 2mm

#### 3.3.2 Teodolito geodesico WILD T-2

Este es un instrumento geodésico y fue utilizado para la medición de los ángulos horizontales para el amarre de la red de control a los puntos geodésicos suministrados por la DPAE. Sus características técnicas son:

Aumento del Anteojo	30
Diámetro del Campo visual a 100 mts ( mts )	29
Distancia de Enfoque mínima (m)	2,2

Desviación Estándar Horizontal 0,8 "

**Índice Círculo Vertical Automático**

Margen de Centrado	±5'
Precisión de Centrado	±0,3"
Lectura Directa	1"
Estimación	0,1"
Sensibilidad del Nivel Índice	30"
Peso del Instrumento (Kg.)	6,0



**Foto 3.1** Estación Total Sokkisha

**3.3.3 Nivel de ingeniero NAK2**

Es un instrumento sólido y fiable con una excelente óptica en el antejo y gran precisión de medición. Se ha utilizado para la nivelación de la red de mojones y para el amarre altimétrico del proyecto a los puntos geodésicos suministrados por la DPAE. Sus características técnicas son:

Desviación Estándar (mm) para 1 km.	
De doble nivelación con placa planoparalela	0,7 hasta 0,3
Aumento ( X )	32
Diámetro Libre el Objetivo ( mm )	45



Campo Visual a 100 m ( m ) .	2,4
Distancia Mínima de Enfoque ( m )	1,5
Constante de Multiplicación	100
Constante de adición	0
Precisión del Centrado del Compensador	±0,3"
Circulo Horizontal.	Si
Peso ( kg. )	2,4

### 3.4 MAPAS TOPOGRÁFICOS

A continuación se resumen los aspectos más importantes relacionados con cada uno de los levantamientos topográficos efectuados:

#### 3.4.1 Topografía mayo de 2002

En esta ocasión el levantamiento tuvo dos objetivos fundamentales: El primero consistió en el levantamiento general de la zona de estudio, buscando obtener curvas de nivel cada metro al igual que levantar toda la red de obras civiles y haciendo énfasis en detalles referentes a los escarpes, grietas, y demás en la zona de mayor afectación por el fenómeno. El segundo objetivo se relacionó con la materialización de la red de control interno y externo de mojones que nos servirían para el seguimiento del fenómeno. El área total levantada fue de aproximadamente 42 Ha. En la **Figura 3.1** se puede apreciar la topografía y los detalles de obras civiles y zona de deslizamiento.

El error de cierre para la poligonal principal utilizada fue de 0,105 mts, en un perímetro de 2333,33 mts, resultando al final un grado de precisión de 1/22222

Se resalta en esta oportunidad como la zona principal de fallamiento (**Mapa ES1-A**) presentaba escarpes del orden de 3 a 5 metros y la mayoría de las construcciones del barrio el Diamante aún permanecían intactas (ver **Foto 3.2**).

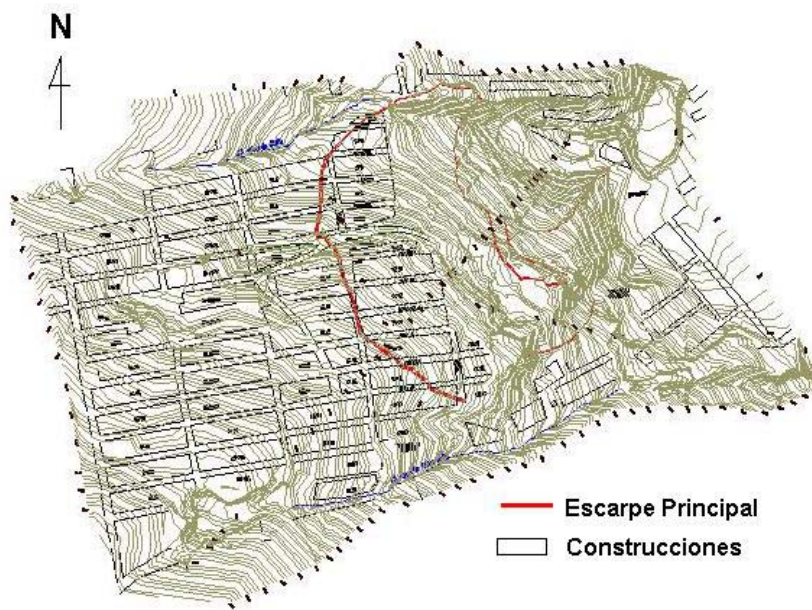
#### 3.4.2 Topografía agosto de 2002

En el mes de agosto de 2002 se realizó un segundo levantamiento topográfico de la zona noreste de la grieta principal con el fin de actualizar las formas del terreno dados los grandes cambios presentados en la topografía de la zona y la necesidad de contar con una topografía reciente para ajustar el modelo de elementos finitos de la zona del deslizamiento; se hizo necesario entonces la toma de datos planimétricos y altimétricos del escarpe y del cuerpo principal, llevando el levantamiento hasta la parte baja sobre la zona del barrio Perdomo.



**Foto 3.2** Desplazamiento vertical y horizontal sobre escarpe principal

En el **Mapa ES1-B** se presenta el modelo digital del terreno para este levantamiento topográfico inicial.



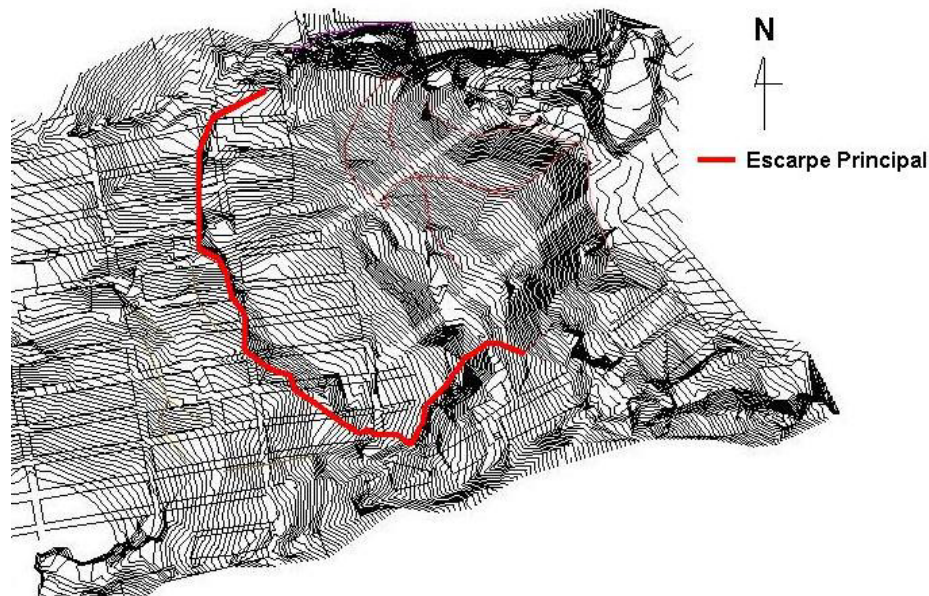
**Figura 3.1** Mapa del levantamiento topográfico de Mayo de 2002

En esta ocasión se tomaron diferentes perfiles sobre la zona y se detallaron algunas otras grietas que se han evidenciado con fecha posterior al levantamiento inicial (Abril- Mayo). Igualmente se hizo el levantamiento topográfico de la zona NE (cerca al mojón M-1- Barrio San Rafael) que se venía levantando afectando un sector del Barrio San Rafael.

Para el levantamiento de esta nueva topografía se utilizaron algunos de los puntos anteriores al igual que se aprovechó la red de mojones para realizar radiaciones sobre algunos sectores en donde se requería información altimétrica y planimétrica.

En esta ocasión la precisión en la red planimétrica fue del orden de 1/2000. El cierre del polígono se realizó sobre el mojón correspondiente al GPS 45 localizado en la parte SE del estudio, cerca al barrio Perdomo. El área total levantada en esta oportunidad fue de 19,4 Ha (**Mapa ES-2A** y **Figura 3.2**). En el **Mapa ES-2B** se ilustra el modelo digital del terreno para el levantamiento topográfico efectuado en este período.

Comparando la topografía levantada en el mes de Mayo con la del mes de Agosto, se puede resaltar la demarcación de la antigua grieta principal como un escarpe, la aparición de nuevas grietas en la zona noreste a la grieta principal especialmente cerca al antiguo escarpe de la cantera Santa Rita al igual que la aparición de grietas al sureste de la grieta principal. Para esta fecha la diferencia de nivel con la topografía inicial hacia la zona del escarpe principal toma valores de hasta 8 metros.



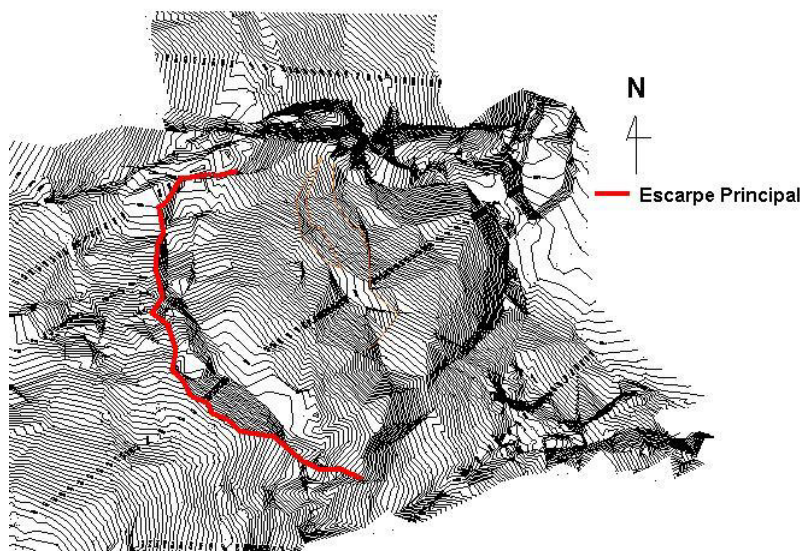
**Figura 3.2** Mapa de levantamiento topográfico de Agosto de 2002

### 3.4.3 Topografía febrero de 2003

Con el fin de tener un nuevo mapa de curvas de nivel, en especial de la zona afectada por los desplazamientos del escarpe principal, se procedió a levantar nuevamente las grietas, quebradas, etc., utilizando para ello los puntos correspondientes a M2, M1, SRA0, ES11, Aux-F1, Aux-F2, Aux-F3 y Aux-F4. Para este levantamiento se utilizó el método de radiaciones, resultando al final un total de 500 puntos. Este nuevo levantamiento se anexó al listado inicial de puntos radiados en Mayo del 2002 y se obtuvo así un mapa actualizado de la zona de estudio.

Durante el levantamiento de los detalles se tomaron medidas a puntos materializados al inicio del estudio ( Mayo 2002 ) obteniendo al final valores de desplazamiento que sirvieron para complementar los procesos de denudación que se vienen sucediendo. Sobre uno de los puntos medidos ( delta 13 ) localizado al costado sur de la quebrada Santo Domingo, se obtuvo para un periodo de 10 meses un vector de desplazamiento horizontal del orden de 3,7 metros con una dirección de 47,1 grados y una componente vertical del orden de -20 centímetros.

El cierre del polígono se efectuó a partir del punto SR-A0 en dirección al mojón M-17 de la línea externa de control. El error de cierre en dirección fue de 5 segundos y en distancia del orden de 26 mm, para un error de cierre del orden de 1/ 85000. El área total levantada fue de 22,7 Ha, en donde se incluyó un sector del Barrio San Rafael sobre la que se localiza la nueva malla de mojones. En el **Mapa ES3-A** y en la **Figura 3.3** se puede observar el sector de la topografía actualizada y en el **Mapa ES3-B** se ilustra el modelo digital del terreno.



**Figura 3.3** Mapa del levantamiento topográfico de Febrero de 2003

Es importante resaltar que en los tres levantamientos topográficos se utilizaron poligonales de diferentes características y con áreas levantadas diferentes, sin embargo el máximo error encontrado fue de 7 mm en la componente Norte-Sur para la poligonal del levantamiento de Mayo/02, el cual es despreciable al momento de obtener las curvas de nivel con equidistancia de 1 m.

## CAPITULO 4

---

### CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLOGÍA

#### 4.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La zona trabajada hace parte del flanco occidental del sinclinal de Usme-Tunjuelito, presentando una morfología ondulada, con taludes entre 10 y 30 grados y se ubica en el sector oriental de Soacha, donde se observan rocas sedimentarias con edades que van desde el Cretáceo Superior hasta depósitos inconsolidados de edad reciente. Según el mapa Geológico de la Zonificación Geotécnica de Bogotá, (INGEOMINAS, 1988), elaborado a escala 1:25.000, las rocas más antiguas corresponden a las de la Formación Chipaque (Ksch). Suprayaciendo esta unidad aflora el Grupo Guadalupe (Ksgp), observándose las Formaciones Arenisca Dura (Ksgd), Formación Plaeners (Ksgp) conjuntos Medio (Ksgpm) y Superior (Ksgps) y Formación Labor y Tierna (Ksglt); sobre el Grupo Guadalupe se encuentra la Formación Guaduas (Ktg) conjunto Inferior (Ktgi) y Medio (Ktgm) (**Figura 4.1**). Los Grupos y Formaciones nombrados anteriormente se encuentran cubiertos en algunas partes por depósitos Cuaternarios como son Complejo de Conos (Qcc), Terrazas Bajas (Qtb), Llanuras Aluviales (Qlla), Coluviones (Qdp), Material de Relleno de Excavaciones (Qr) y Suelos Residuales (Qrs).

En un estudio realizado por INGEOCIM (1998) en los alrededores del área del Espino, se hace una cartografía más detallada a escala 1:10.000, en la cual se diferencian para la formación Guaduas los conjuntos Inferior (Ktgi) y Medio (Ktgm) coincidiendo en parte con las unidades descritas por el INGEOMINAS para el sector (**Figura 4.2**). Sin embargo, en la cartografía del INGEOMINAS, debido a la escala de trabajo no se diferenció el conjunto inferior de la Formación Guaduas, pero a diferencia de INGEOCIM, se cartografiaron con bastante detalle las unidades de complejos de conos, terrazas bajas, depósitos coluviales y aluviales así como de suelos residuales. Estas unidades resultan ser más útiles para el objetivo del estudio, ya que permiten deducir con mayor facilidad las condiciones de estabilidad de los materiales geológicos.

A continuación se hace una descripción de cada una de las unidades presentes en el marco regional escogido para el presente estudio (INGEOMINAS, 1988).

##### 4.1.1 Formación Chipaque (Ksch)

Definida por Hubach E. (1931), se presenta en el extremo suroccidental de la zona, conformando el núcleo del anticlinal de Cheba, esta formación está constituida de base a techo por un conjunto de lutitas negras arcillosas, carbonosas, piritosas, finamente laminadas, intercaladas esporádicamente con limolitas y areniscas de grano muy fino; la parte superior de esta formación se compone de una alternancia de lutitas negras, areniscas de grano muy fino y limolitas de color gris amarillento, cuarzosas, compactas, ligeramente friables.

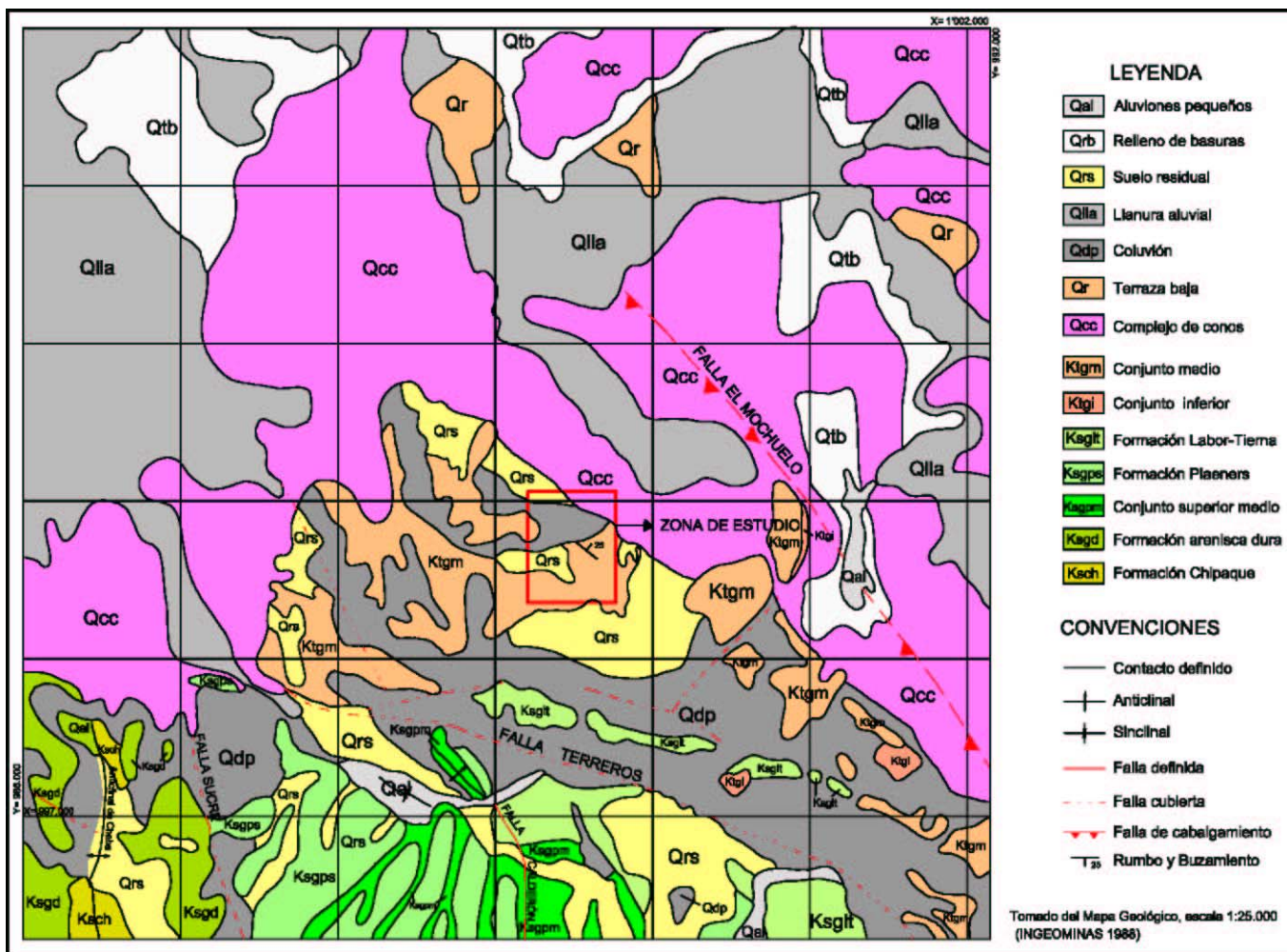


Figura 4.1. Geología Regional (Tomado de la Zonificación Geotécnica de Bogotá, INGEOMINAS 1988).

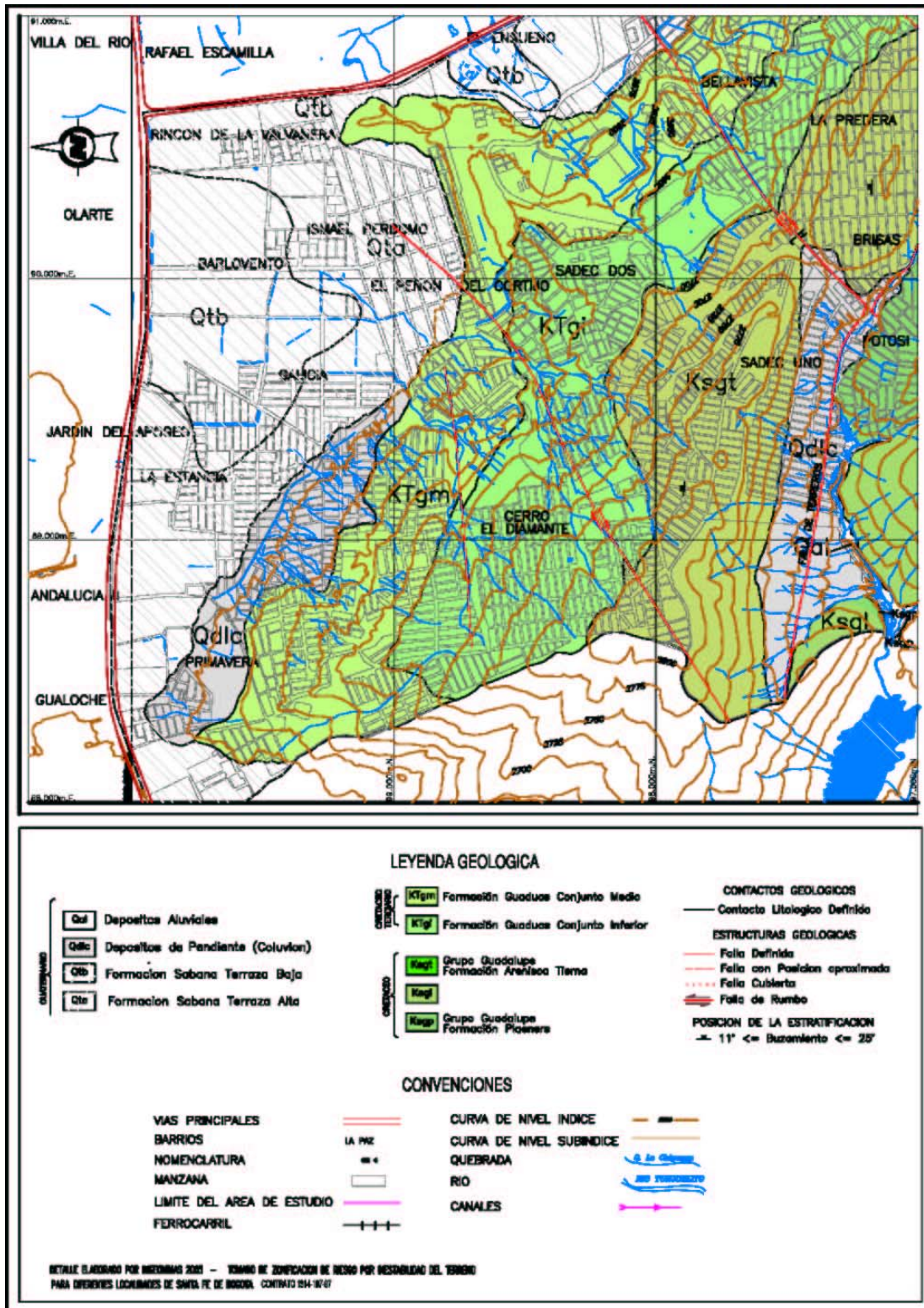


Figura 4.2. Detalle de Geología regional, mostrando los conjuntos medio (Ktgm) e inferior (Ktgi) de la formación Guaduas. (Tomado de INGEOCIM, 1998).



#### **4.1.2 Grupo Guadalupe (Ksg)**

Fué definido por Hettner A. (1892) y redefinida por Hubach E. (1957) y Renzoni G. (1968), quienes lo subdividieron en Formación Arenisca Dura (Ksgd), Formación Plaeners (Ksgp) y Formación Labor y Tierna (Ksglt).

##### **4.1.2.1 Formación Arenisca Dura (Ksgd)**

Definida por Hubach E. (1931), aflora en los flancos del anticlinal de Cheba al suroccidente del área de estudio, está conformada por arenisca cuarzosa, blanca a amarillenta por alteración, grano fino a muy fino, con estratificación muy delgada a gruesa, intercalada esporádicamente con limolitas silíceas y arcillolitas de color gris claro.

##### **4.1.2.2 Formación Plaeners (Ksgp)**

Esta unidad fué definida por Hubach E. (1931) y redefinida por Renzoni G. (1968), hace parte de los flancos del anticlinal de Cheba al suroccidente de la zona, se presentan los Conjuntos Medio (Ksgpm) y Superior (Ksgps).

El Conjunto Medio (Ksgpm) está constituido por areniscas blancas a amarillentas cuando están alteradas, cuarzosas, de grano fino a muy fino, con estratificación muy delgada a masiva, intercaladas con limolitas y arcillolitas, grises amarillentas a grises verdosas cuando están alteradas, ricas en Siphogenerinoides.

El Conjunto Superior (Ksgps), lo conforman limolitas silíceas y arcillolitas duras a blandas, intercaladas con areniscas de grano muy fino, grises amarillentas, ricas en Siphogenerinoides y restos de peces.

##### **4.1.2.3 Formación Labor y Tierna (Ksglt)**

Definida por Renzoni G. (1968), se ubica en afloramientos puntuales situados en el centro (nororiente de la Represa Terreros) y suroriente de la zona, presenta de base a techo un conjunto inferior de areniscas blancas a grises claras y amarillas meteorizadas, cuarzosas, de grano fino a grueso, con estratificación gruesa a muy gruesa. La parte superior del conjunto lo conforman areniscas cuarzosas y feldespáticas, de grano medio a conglomerático, ligeramente duras a friables, con estratificación cruzada, intercaladas con capas delgadas de arcillolitas grises claras.

#### **4.1.3 Formación Guaduas (Ktg)**

Definida por Hettner (1892) y redefinida por Hubach (1957), localizada en la mayor parte del área y sobre esta unidad se presentan los problemas de agrietamientos y movimientos en masa que afectan la zona estudiada. La formación Guaduas consta

de tres conjuntos: El Inferior con predominio arcilloso, el Medio con predominio arenoso y el Superior arcilloso. Una descripción más detallada de esta unidad se da más adelante cuando se trata la geología local (**Mapa ES-4**).

#### **4.1.4 Depósitos Cuaternarios**

Corresponden a depósitos inconsolidados y semiconsolidados, y regionalmente se presentan los siguientes:

- **Complejo de Conos (Qcc)**

Los principales se asocian a los depósitos fluvio-glaciares del río Tunjuelito, conformado por bloques, guijarros y guijos, gravas arenosas y arcillas. De acuerdo al material más grueso (gravas, guijos y bloques) existe una secuencia de sedimentos finos, con esporádicos bloques. Debido a la presencia de bloques dentro de estos sedimentos finos, más la inclinación de estos depósitos (3 a 7 grados) en el sentido de la pendiente, lo han considerado dentro de la parte superior del cono del río Tunjuelito, que tiene su ápice en el sector de Usme y su parte distal en los barrios de Bosa, Class, Kennedy, Bavaria y San Rafael. Hacia el occidente del área se observan los conos de Soacha y Terreros, que son de menor espesor; el cono de Soacha es aluvial, con un mayor transporte y mejor selección que el cono de Terreros, que refleja un transporte muy corto y cuya fuente principal fueron las lutitas silíceas del Grupo Guadalupe.

- **Terrazas bajas (Qtb)**

Corresponden a depósitos del río Tunjuelito y se ubican al norte y nororiente de la zona, presentan una superficie plana a ligeramente ondulada y poco disectada, que se eleva aproximadamente 5 metros en promedio sobre el nivel de las llanuras aluviales actuales. Se componen de limos arcillosos y los contactos con los Complejos de Conos son netos, marcados por la presencia de un ligero escarpe. El contacto con las llanuras aluviales también es neto.

- **Llanuras Aluviales (Qlla)**

Formadas por los ríos Bogotá y Tunjuelito que han cortado y erosionado los depósitos más antiguos correspondientes al Complejo de Conos y a las Terrazas aluviales, se ubican al norte y oriente del área. Son depósitos predominantemente limoarcillosos, en el área del río Bogotá se amplía más al nororiente de Soacha y en el valle del río Tunjuelito se ensancha hacia el norte hasta confundirse con la llanura aluvial del río Bogotá.

- **Aluviones pequeños (Qal)**

Se restringen a los lechos de los ríos y quebradas. La litología de estos depósitos depende de la energía y dinámica de cada corriente así como de las formaciones geológicas que disectan. Se componen de bloques de areniscas, subangulares a

subredondeados, de hasta dos metros de diámetro, variando a gravas, dentro de matrices arenosas a limoarcillosas.

- **Coluviones (Qdp)**

Son depósitos de ladera, provenientes de la fracturación y el arrastre de los materiales rocosos, cuyo movimiento se ha facilitado también por las pendientes; tienen una amplia distribución y se ubican principalmente hacia la zona central y occidental del área, en estos depósitos existe un predominio de la matriz sobre los guijos y bloques, pero en otros sectores predominan los bloques sobre la Matriz (Talus) como es el caso de los depósitos provenientes de las unidades arenosas de las Formaciones Arenisca Dura, Labor y Tierna y conjunto arenoso de la Formación Guaduas. Los depósitos provenientes de unidades arcillosas y alternancia de arcillolitas y areniscas, tales como las Formaciones Chipaque y Guaduas donde predomina la matriz sobre el material grueso, se consideran Coluviones.

#### **4.1.5 Suelos Residuales (Qrs)**

Se observan distribuidos indiscriminadamente a lo largo de la zona, considerándose como suelo residual el material producto de la meteorización e intemperismo de las rocas que no han sufrido transporte y se desarrollan en áreas con pendiente suave. Las unidades geológicas que han permitido su mayor desarrollo son las Formaciones Chipaque, Plaeners y Guaduas.

#### **4.1.6 Material de Relleno de Excavación (Qr)**

Localizados al norte y nororiente de la zona, en inmediaciones del valle del río Tunjuelito, corresponden a zonas bajas que han sido colmatadas con arenas, limos y arcillas, provenientes de excavaciones en zonas a urbanizar, algunos se han utilizado en parte para cimentación de urbanizaciones.

### **4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL**

Dentro de las estructuras principales que se observan en la zona está el anticlinal de Cheba, al suroccidente del área, el cual está limitado al oriente por la falla inversa de Mochuelo. Este anticlinal presenta una orientación NNE-SSW a N-S, su núcleo está en posición normal y sus flancos están fallados, su flanco oriental está afectado por las fallas de Mochuelo al oriente y Sucre al occidente, presentando zonas falladas de dirección predominante NW-SE y NE-SW (**Figura 4.1**).

El sector se puede dividir en bloques, es así como se tiene un bloque occidental limitado por la falla de Sucre al occidente, falla de Calderón al oriente y la falla de Terreros al norte, donde se presentan pliegues sinclinales estrechos y de poca longitud con dirección principal NW-SE; otro bloque está limitado por la falla de Calderón al occidente y la falla de Terreros al norte, presentándose una estructura anticlinal de dirección NS y un último bloque estaría limitado al sur por la falla de Terreros, al oriente por la falla de Mochuelo y al norte y occidente se hunde bajo los sedimentos cuaternarios de los conos de Terreros y Tunjuelito, este bloque presenta fallamiento en direcciones NE-SW y NW-SE, observándose replegamientos y

pliegues anticlinales y sinclinales estrechos de dirección NW-SE. Dentro de este último bloque se encuentran ubicados los sectores del Espino y Cerros del Diamante que son objeto del presente estudio.

De lo anterior se destacan algunas fallas principales como son: La de Mochuelo que es una falla inversa cuyo bloque occidental está levantado y en la zona de estudio presenta una dirección aproximada NW; la falla de Sucre que presenta una dirección NW, con una inclinación de 80° al SW y su bloque occidental se encuentra levantado, poniendo en contacto la Formación Arenisca Dura con el conjunto superior de la Formación Plaeners; la falla de Calderón de dirección general NW, con su plano de falla aproximadamente vertical, donde el bloque oriental baja con respecto al occidental y la falla de Terreros que presenta una dirección NW a casi EW, la cual se comporta como una falla de rumbo sinistral, afectando rocas de la Formación Labor y Tierna y el conjunto medio de la Formación Guaduas, además corta y desplaza la falla de Calderón.

#### **4.3 GEOLOGÍA LOCAL Y UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES**

Se denomina Formación Superficial al conjunto de materiales geológicos que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros. Estas Formaciones Superficiales incluyen suelos, rocas con diferentes grados de meteorización y depósitos inconsolidados.

Las Unidades Superficiales se consideran como formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre y son unidades cartografiables.

La caracterización de las unidades superficiales de los barrios El Espino y Cerros del Diamante, de la localidad de Ciudad Bolívar, se obtuvo a partir de la información geológica básica, la cartografía de los materiales de superficie y de las condiciones de las unidades de roca, donde se tuvo en cuenta la densidad de fracturamiento, para la cual se hizo una caracterización completa del diaclasamiento de la zona.

La zona trabajada está conformada principalmente por rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Guaduas, consistente en intercalaciones de arenisca y arcillolita, cuyo buzamiento coincide aproximadamente con la inclinación de la pendiente y están afectadas por fallamiento, lo que ha ocasionado fracturamiento, cizallamiento y cambios en la dirección de las capas.

Las condiciones anteriores junto con el sometimiento a la meteorización y erosión de las rocas, la morfología abrupta a moderadamente abrupta del terreno, la acción antrópica consistente en explotación incontrolada de materiales rocosos utilizados en la construcción (Cantera Santa Rita), y la acción de las aguas de infiltración (naturales y antrópicas), han generado materiales poco consolidados a inconsolidados que favorecen la inestabilidad y ocurrencia de movimientos en masa en la zona.

Para el presente estudio las Unidades Geológicas Superficiales se clasificaron y agruparon de acuerdo con el origen y resistencia a la meteorización de los materiales, obteniéndose las siguientes divisiones:

#### **4.3.1 Materiales Derivados de Roca "In Situ"**

##### **4.3.1.1 Unidades de Roca (Ktg)**

Corresponde a los afloramientos de rocas sedimentarias de la Formación Guaduas (Ktg), donde se incluyen además sectores que muestran la roca bastante alterada y fracturada. De esta unidad se extrae la mayor cantidad de material rocoso para construcción. Según se menciona en el Léxico Estratigráfico Internacional, Hettner (1892, en Julivert, 1968), definió esta formación para el sector de Bogotá, llamando Guaduas a todos los materiales que suprayacen la formación Guadalupe. Posteriormente Hubach (1931, 1945, 1957) y Hubach y Alvarado (1932), restringen este término y describen la Formación Guaduas como una sucesión de lutitas con intercalaciones de areniscas y capas de carbón. Dos de las intercalaciones de areniscas son consideradas niveles guía y se denominaron Areniscas de La Guía (parte inferior) y Arenisca Lajosa (parte Superior), que dividen a la formación Guaduas en tres conjuntos:

- a) Conjunto Inferior (Ktgi): Consta de arcillolitas grises oscuras y grises claras a verdosas por meteorización, con intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises claras a blanco-amarillentas, de grano fino y limolitas de color marrón oscuro. El espesor del conjunto alcanza los 65m.
- b) Conjunto Medio (Ktgm): Determinado por dos niveles de arenisca. En la base la arenisca La Guía (30m de espesor aproximado) y en la parte superior la arenisca Lajosa. Entre estas areniscas se encuentra una masa de arcillolitas grises oscuras, compactas, que contienen mantos de carbón potencialmente explotable. Las areniscas de esta parte del Guaduas son cuarzoarenitas, de color gris claro, de grano fino a grueso similares a las de la parte superior del grupo Guadalupe.
- c) Conjunto Superior (Ktgs): Consta de arcillolitas grises oscuras y abigarradas por meteorización, intercaladas localmente con mantos delgados de carbón y bancos de areniscas cuarzosas, poco compactas, de grano fino a grueso. Las arcillolitas de este conjunto tienen mayor plasticidad que las lutitas del nivel inferior.

El espesor total de la Formación Guaduas es variable, considerándose que fluctúa entre 700 m y 1000 m. Se le asigna a esta formación una edad Maastrichtiano Superior a Paleoceno Inferior.

En el área de trabajo aflora el conjunto medio de la formación Guaduas, aunque parte del conjunto inferior aflora hacia el extremo sur de la zona. Estas rocas fueron subdivididas con fines ingenieriles en tres unidades de acuerdo con el tipo de roca predominante y el grado de fracturamiento en: Arenisca (Ktg<sub>1</sub>), Arcillolita intercalada con Arenisca (Ktg<sub>2</sub>) y Arenisca fracturada y desplazada (Qga). Esta última se incluye dentro de los depósitos de ladera por corresponder a materiales en proceso de movimiento ladera abajo (**Mapa ES-4**).

- **Arenisca (Ktg<sub>1</sub>).** Aflora en algunos sectores como un paquete de espesor variable entre 8 m y 15 m, de areniscas cuarzosas, grano fino, ligeramente arcillosas, finamente laminadas, ligera a moderadamente meteorizadas, de color amarillento con manchas marrones por alteración, ligeramente friables y fracturadas. Presentan delgadas intercalaciones de arcillolitas cuyos espesores son menores a 5 cm. Esta unidad de arenisca se encuentra localizada estratigráficamente entre dos paquetes de arcillolitas intercaladas con delgadas capas de arenisca.
- **Arcillolita intercalada con Arenisca (Ktg<sub>2</sub>).** Estas capas aparecen tanto encima como por debajo del nivel de arenisca. Consisten de arcillolitas, color gris claro a gris amarillento y verdoso, finamente laminadas, de consistencia media a firme en estado seco pero blanda y plástica en estado húmedo, con esporádicos intraclastos de areniscas de grano fino oxidados. Se presentan intercalaciones de areniscas de grano fino, de hasta 2 metros de espesor, con las mismas características texturales de las areniscas Ktg<sub>1</sub>.

Una descripción detallada de las características litológicas y estructurales de estos dos conjuntos de rocas, se presenta a continuación en dos columnas estratigráficas (**Tablas 4.1 y 4.2**), una levantada en la quebrada Santo Domingo, limite sur del área estudiada, y la otra en el flanco izquierdo de la quebrada Santa Rita (Cantera Santa Rita), limite norte (**Mapa ES-4, Fotos 4.1 y 4.2**).

Espesor estratos (m)	Descripción
0.55	Intercalaciones delgadas de arenisca y arcillolita. Arenisca cuarzosa, gris clara, amarillenta, de grano medio a fino, en paquetes de 0.15m, 0.10m y 0.08m, suelta, bastante diaclasada con dirección preferencial 176°/78°. La arcillolita es gris, verdosa, compacta, en láminas finas, planoparalelas, presentándose en paquetes de 0.05m, 0.04m y 0.02m.
0.34	Arcillolita gris, verdosa, amarillenta, compacta, en láminas planoparalelas bastante fracturadas.
0.60	Arenisca cuarzosa, gris, amarillenta, con tintes rojizos, masiva, de grano medio, matriz arcillosa, afectada por diaclasamiento con dirección preferencial 133°/82° y 286°/80°.
0.12	Arcillolita gris, verdosa con tintes marrones y rojizos, maleable, en laminas planoparalelas bastante fracturadas.
0.62	Arenisca cuarzosa, gris clara, rojiza, masiva, de grano medio, subangular a subredondeado; la roca se disgrega fácilmente.
0.05	Arcillolita, gris, verdosa a rojiza, dispuesta en láminas planoparalelas.
0.74	Arenisca cuarzosa, gris, amarillenta con tintes rojizos, masiva, de grano medio a fino, matriz arcillosa, suelta y bastante fracturada con planos principales 153°/66° y 283°/68°.
0.14	Arcillolita, gris, verdosa y rojiza, dispuesta en láminas planoparalelas, fracturadas.
0.19	Intercalaciones delgadas de Arenisca y Arcillolita. Arenisca cuarzosa, gris clara a rojiza debido a oxidación, grano fino, compacta. La arcillolita es gris, verdosa, dispuesta en paquetes hasta de 0.03m que alterna con la arenisca.
0.84	Arenisca cuarzosa, gris clara a blancuzca, grano medio, subangular, con matriz arcillosa y se desmorona fácilmente al contacto con el martillo. Se encuentra bastante fracturada con plano principal 156°/64°.
0.22	Intercalaciones delgadas de Arenisca y Arcillolita. Arenisca cuarzosa, gris clara, grano fino, matriz arcillosa, fácilmente disgregable, dispuesta en capas de 0.06m a 0.02m, intercalada con arcillolita, gris, verdosa en capas con espesores que fluctúan entre 0.05m y 0.01m.
0.27	Arenisca cuarzosa, gris clara con tintes rojizos por oxidación, grano medio, subangular a subredondeado, matriz arcillosa, la roca se disgrega fácilmente y está bastante fracturada con plano principal 47°/88°.
0.43	Arcillolita, gris, verdosa, con tintes rojizos por oxidación, dispuesta en láminas plano paralelas fracturadas.
0.46	Arenisca cuarzosa, gris clara blancuzca, con tintes rojizos, masiva, grano medio, subangular a subredondeado, matriz arcillosa, la roca se disgrega fácilmente.
0.51	Intercalaciones delgadas de Arenisca y Arcillolita. La Arenisca es cuarzosa, color gris claro blancuzco, amarillento, grano fino a medio, matriz arcillosa, con estratificación cruzada, suelta, dispuesta en paquetes de 0.04m y 0.05m. La Arcillolita es gris, en láminas planoparalelas con espesores que fluctúan entre 0.05m y 0.01m.
0.18	Arenisca cuarzosa, color gris claro blancuzco con tintes rojizos, masiva,

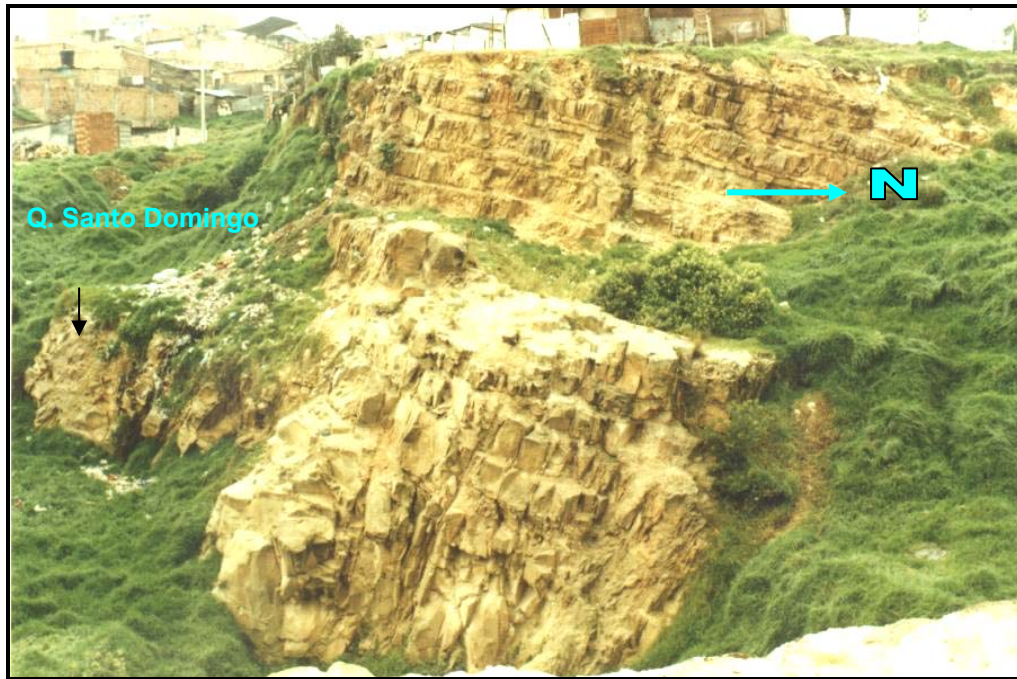
	grano medio a grueso, compacta.
0.05	Arcillolita gris clara, con tintes rojizos por oxidación, dispuesta en láminas planoparalelas.
0.31	Intercalaciones delgadas de Arenisca y Arcillolita. La Arenisca es cuarzosa, color gris claro blancuzco, tamaño de grano medio a grueso, suelta, dispuesta en paquetes de 0.04m a 0.05m. La Arcillolita es de color gris, verdosa, con tintes rojizos, en láminas planoparalelas, fracturada.
0.86	Arenisca cuarzosa, gris clara a blanca, con manchas marrones y rojizas por oxidación, masiva, grano medio, matriz arcillosa, se disgrega fácilmente. Presenta alto nivel de fracturamiento siendo las direcciones principales $150^{\circ}/63^{\circ}$ y $286^{\circ}/77^{\circ}$ .
0.10	Arcillolita gris rojiza, compacta, fracturada, se meteoriza en laminillas.
1.27	Arenisca cuarzosa, color gris claro rojiza, presenta estratificación cruzada, disposición masiva, tamaño de grano medio pasando a ser fino hacia el tope, matriz arcillosa, de fácil disgregación. Hacia la base presenta una intercalación de 0.03m de Arcillolita gris, dispuesta en láminas planoparalelas, observándose más compacta hacia la zona de baja meteorización.
0.06	Arcillolita gris, suelta, bastante meteorizada en forma de laminillas.
1.83	Arenisca cuarzosa, gris clara a amarillenta, tamaño de grano medio, matriz arcillosa, presenta estratificación cruzada hacia el tope, fácilmente disgregable.
0.45	Arcillolita gris, en láminas planoparalelas, fracturada y suelta.
2.00	Arenisca cuarzosa, gris clara a blancuzca con manchas marrones y rojizas por oxidación, masiva, grano medio, se disgrega fácilmente, intensamente fracturada, se observan planos estriados de fallamiento con dirección $178^{\circ}/62^{\circ}$ .
0.21	Arcillolita gris, con niveles marrones, meteorizada en laminillas fracturadas y sueltas.
2.40	Arenisca cuarzosa, gris clara a blancuzca, grano medio pasando a ser fino hacia el tope, granos subangulares a redondeados, masiva, fácilmente disgregable, dispuesta en estratos entre 0.70m y 0.50m de espesor.
5.40	Arenisca cuarzosa, gris clara, amarillenta hacia los niveles más externos debido a la oxidación, con variaciones de tamaño de grano medio a grueso, subangulares a subredondeados, masiva, con matriz arcillosa, baja compactación y con alto nivel de fracturamiento principalmente en las direcciones $164^{\circ}/66^{\circ}$ y $298^{\circ}/84^{\circ}$ . Se observan estrías de fallamiento con dirección $170^{\circ}/70^{\circ}$ .

**Tabla 4.1.** Columna Estratigráfica Sector El Espino, Quebrada Santo domingo, Ciudad Bolívar. Formación Guaduas (Miembro Medio).



Espesor estratos (m)	Descripción
3.20	Arenisca cuarzosa, color gris clara, amarillenta, con delgados niveles marrones por oxidación, en algunos sectores se observa estratificación cruzada, tamaño de grano medio pasando a grueso hacia el tope, forma del grano subangular a subredondeado, matriz arcillosa. La roca está medianamente compacta
0.80	Arcillolita gris con tintes amarillos y blancos, maleable, dispuesta en laminas planoparalelas, contiene pequeños lentes de arenisca cuarzosa, blanca, de grano fino, fácilmente disgregable.
6.58	Arenisca cuarzosa que hacia la base presenta color gris amarillento, masiva, de grano grueso, subangular a subredondeado, matriz arcillosa, siendo la roca fácilmente disgregable. En su parte media la Arenisca toma color gris claro, de grano medio a fino y hacia el tope nuevamente el tamaño de grano se vuelve medio, disminuyendo el contenido de matriz arcillosa dando a la roca mayor compactación. La roca en general está bastante fracturada siendo las direcciones preferenciales $140^{\circ}/73^{\circ}$ y $225^{\circ}/55^{\circ}$ .
1.40	Arenisca cuarzosa, gris clara, amarillenta, masiva, de grano medio a grueso hacia el tope, granos subangulares a subredondeados, matriz arcillosa. La roca está dispuesta en estratos con espesores que varían entre 0.08m y 0.19m, bastante diaclasados con direcciones principales $101^{\circ}/63^{\circ}$ y $231^{\circ}/56^{\circ}$ .
3.50	Arcillolita blanca, con delgados niveles amarillentos por oxidación, masiva, con desarrollo de pequeñas laminaciones por alteración y fracturamiento.
2.0	Arcillolita rojiza, amarillenta, en láminas planoparalelas, con altos niveles de oxidación que desarrollan costras duras, fracturadas y con presencia de concreciones del orden centimetrico.
18.0	Arcillolita gris, compacta, rica en material micaceo y materia orgánica (restos de tallos), presenta también niveles delgados de arcillolita de color claro, y laminillas esporádicas de material carbonoso; hacia el techo se observan costras de oxidación dando colores amarillentos, marrones, grises verdosos y rojizos; existen además niveles de arcillolita rojiza con espesores aproximados de 0.17m, compactas, duras, masivas, que contienen nódulos de arcillolita gris hasta de 3cm. La roca está bastante replegada y fracturada siendo los planos principales de dirección $106^{\circ}/77^{\circ}$ , $46^{\circ}/88^{\circ}$ y $131^{\circ}/82^{\circ}$ .; estos planos están totalmente oxidados tomando colores amarillentos y marrones oscuros.

**Tabla 4.2.** Columna Estratigráfica, Quebrada Santa Rita (Cantera Santa Rita), Formación Guaduas (Miembro Medio). Ciudad Bolívar.



**Foto 4.1.** Nacimiento quebrada Santo Domingo. Sector donde se levantó la primera columna estratigráfica de la Formación Guaduas. (May/02).



**Foto 4.2.** Sector de la Quebrada Santa Rita, donde se levantó la segunda columna estratigráfica. Conjunto Arcilloso intercalado con paquetes de areniscas hacia el tope (Formación Guaduas). (May/02).

Teniendo en cuenta las dos columnas estratigráficas, y según la clasificación existente de los miembros de la Formación Guaduas, se plantea que los paquetes gruesos de arenisca  $Ktg_1$  que afloran en el sector de la quebrada Santo Domingo, podrían corresponder a las Areniscas de la Guía; mientras que el paquete de arcillolitas que afloran en el sector de la quebrada Santa Rita, corresponderían al conjunto arcilloso del miembro medio de la Formación Guaduas.

Los principales afloramientos de estas unidades de roca se encuentran hacia la parte alta de la cantera Santa Rita, que actualmente corresponde a la corona principal de un gran deslizamiento traslacional de detritos presente en el sector.

Otros afloramientos importantes de la unidad de Roca se localizan al norte de la zona estudiada, flanco izquierdo de la quebrada Santa Rita (Cantera Santa Rita), al sur del área en los barrios El Espino sectores I y III, al suroccidente en el nacimiento de la quebrada Santo Domingo y al occidente entre las calles 58 y 56 A del barrio Cerros del Diamante.

#### **4.3.1.2 Suelo Residual (Qsr)**

En ingeniería Suelo Residual se entiende como la roca meteorizada en la cual ya no aparecen sus características físicas y su comportamiento depende de las propiedades de la roca origen y de la descomposición que ésta tenga.

Los Suelos Residuales se caracterizan también por que en las etapas iniciales de la meteorización, se producen fragmentos de gran tamaño y en el proceso final se producen arcillas, y entre estos dos extremos se puede encontrar una composición de mezclas de diferentes tamaños de grano.

Esta unidad se presenta en los sectores de pendiente suave y aunque cubre la mayor parte del área de estudio, solo se cartografiaron aquellos con espesores superiores a 60 cm. Estos suelos se originaron a partir de la degradación y descomposición de las rocas de la formación Guaduas y alcanzan espesores que van desde 0.2 m hasta valores cercanos o mayores a los 2.0 m (**Mapa ES-4**).

En el área de El Espino el suelo es de color marrón oscuro a gris oscuro, caracterizado por ser finogranular, duro hacia la superficie, predominantemente areno arcilloso, pobremente clasificado, donde los horizontes superiores son ricos en materia orgánica, conteniendo humus y restos de raíces (**Foto 4.3**).

En algunos sectores el suelo fue removido debido a la explotación de materiales o por excavaciones, y en otros fue cubierto por depósitos de origen antrópico (Botaderos de Escombros). Existen zonas donde el suelo se encuentra sobre roca altamente meteorizada, con pérdida de coloración, observándose fragmentos angulares de roca (arenisca cuarzosa gris clara a amarillenta) en una matriz arenoarcillosa.



**Foto 4.3.** Detalle de suelo residual caracterizado por ser arenarcilloso, color gris oscuro a marrón, cuyos niveles superiores son ricos en materia orgánica. Calle 57 A, barrio Cerros del Diamante.

#### **4.3.2 Depósitos de ladera o de vertiente**

Las unidades agrupadas dentro de la categoría de depósitos de ladera corresponden a materiales que han sufrido fracturamiento y desplazamiento o se han depositado en cambios de pendiente, ya sea sobre una ladera o en una parte plana. Bates y Jackson (1980, en Suárez, 1998), llaman a estos depósitos “coluvión” y los definen como masas incoherentes de materiales sueltos y heterogéneos, de suelos y/o fragmentos de roca depositados por la gravedad, lavado de la lluvia, reptación o deslizamiento. Se caracterizan por ser materiales clastosoportados, de composición heterogénea que involucra suelos y fragmentos de roca que van desde partículas de arcilla hasta rocas de varios metros de diámetro.

Teniendo en cuenta estos conceptos y para los fines ingenieriles del estudio del deslizamiento El Espino, se diferenciaron dentro de los depósitos de coluvión aquellos materiales originados a partir de procesos de inestabilidad como desprendimientos, depósitos de talud, deslizamientos y flujos, los cuales fueron agrupados de la siguiente forma: Arenisca fracturada y desplazada de la formación Guaduas (Qga), depósitos de talud o talus (Qft), flujos de suelos (Qfs), flujos de detritos (Qfd) y suelo residual y roca desplazada (Qsd). Aquellas unidades que involucran movimientos de remoción en masa se describen con detalle en el capítulo de Geomorfología.

- **Arenisca fracturada y desplazada de la formación Guaduas (Qga).** Estos materiales se hallan involucrados dentro del deslizamiento de detritos de El Espino y se derivan del fracturamiento y desplazamiento traslacional ladera abajo de las capas de arenisca cuarzosa de la formación Guaduas. El depósito consiste en su mayoría de bloques, guijarros y gravas, de forma angular a subangular de areniscas, dentro de una matriz areno arcillosa. El movimiento de esta masa es activo y moderadamente rápido y abarca parte de la cantera de Santa Rita y se extiende al sector sur, afectando parte de otras canteras aisladas, el parque comunal y algunas viviendas del barrio El espino sector III (**Mapa ES-4 y Foto 4.4**).



**Foto 4.4.** Arenisca fracturada y desplazada en la estación de buses sector SW del área de estudio (Sep/02).

- **Depósitos de talud o talus (Qft).** Se ubican en el extremo nororiental del área donde forman depósitos de pie de ladera, cuya forma se adapta a la posición de la pendiente. Se componen de fragmentos angulares de 1 m a 80 cm de diámetro, de arenisca ligeramente friable en una matriz arenosa suelta.
- **Flujos de suelos (Qfs).** Los flujos de suelo se relacionan con procesos morfodinámicos; sin embargo, también pueden ser considerados como depósitos de tipo gravitacional. Se asocian a valles de quebradas de pendiente suave a moderadamente alta donde existe saturación de los materiales.

Esta unidad se presenta a lo largo de los valles de las quebradas Santa Rita y Santo Domingo, que limitan el área de trabajo al norte y sur, respectivamente (**Mapa ES-4**). Se componen principalmente de materiales arcillosos provenientes de la meteorización, desprendimiento y arrastre de las arcillolitas de la Formación Guaduas, desarrollando depósitos de materiales finos que involucran también suelos residuales. Estos depósitos están afectados en algunos sectores por erosión en surcos y reptación de suelos.

- **Flujos de detritos (Qfd).** Corresponde cuerpos conformados por bloques de arena y material arcilloso localizados sobre la margen izquierda de la quebrada

Santo Domingo. Estos se han deslizado como una masa de detritos de manera fluida, presentando una forma estrecha hacia su corona y alargada y en forma de abanico hacia sus bases.

- **Suelo residual y roca desplazada (Qsd).** Los suelos presentan un horizonte orgánico con espesor variable entre 60 y 120 cm, de color gris oscuro a negro, con algunos fragmentos de areniscas incluidos. Debajo de este nivel aparece otro horizonte orgánico pero con abundantes fragmentos de roca, cuyo espesor varía entre 40 cm y 1 m. En el regolito o roca altamente meteorizada se observa la estructura laminar de las areniscas; su espesor varía entre 60 cm y 1 metro. La roca sana está compuesta de arcillolitas intercaladas con areniscas.

Debido a que esta unidad reposa sobre la Arenisca fracturada y desplazada de la formación Guaduas (Qga), sobre ella se han generado grietas con escarpes circulares de hasta 4 m de altura, que involucran el suelo, el regolito y los niveles de roca más superiores (**Foto 4.5**).



**Foto 4.5.** Panorámica de suelos residuales y roca desplazada afectando la ladera derecha de la quebrada Santa Rita (Cantera Santa Rita). Obsérvese la corona principal y los materiales conformados por Suelo residual, guijarros, gravas y bloques de arenisca. Hacia la parte superior de la corona principal se observan grietas de distensión. (May/02).

El drenaje en esta unidad tiene poco desarrollo y en general está cubierta por vegetación de pastos, al igual que de pisos de casas que han sido demolidas.

#### 4.3.3 Botadero de Escombros (Qbe)

Son depósitos de origen antrópico conformados por escombros de materiales, algunos de los cuales provienen de residuos de construcción, tanto de vivienda como de vías, a los que se le suman aquellos materiales provenientes de la excavación del terreno que se hicieron para actualizar y adecuar las redes de

alcantarillado de la zona. Están dispuestos caóticamente y conformados por fragmentos de roca, suelo residual y material arenoarcilloso. En general estos materiales no presentan compactación, por lo tanto son sueltos y permeables, representando una amenaza por futuros movimientos en masa.

Se ubican en diferentes sectores puntuales de las laderas del área, pero los más representativos están en la parte alta de la cantera Santa Rita, a lo largo de las vías, en las quebradas o en los alrededores de las viviendas. En la parte plana sobre una depresión natural ubicada entre las estaciones de buses, como se observa al extremo nororiental de la zona, flanco derecho de la Quebrada Santa Rita, los materiales arrojados tienen cierto tratamiento ya que son uniformizados y ligeramente compactados (**Mapa ES-4, Foto 4.6**).



**Foto 4.6.** Flanco derecho de la quebrada Santa Rita. Rellenos mecánicos conformados por escombros de construcción, suelo residual removido y basuras, entre otros. Este relleno está siendo utilizado como parqueadero de vehículos (May/02).

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES LOCALES

En un estudio realizado por Julivert en 1965, se menciona que los sectores de los barrios El Espino y Cerro El Diamante, hacen parte del flanco occidental del sinclinal de Usme, donde los estratos de la Formación Guaduas presentan una dirección de rumbo preferencial promedio que fluctúa alrededor de  $N60^{\circ}W$  y buzamiento de  $22^{\circ}N$  E, aproximadamente concordante con la pendiente del terreno. Existen también puntos donde las direcciones de los estratos cambian de rumbo a  $N80^{\circ}E$  y

buzamientos de 18°NW, lo cual se debe en parte a la acción de las fallas que afectan la zona y a flexiones de las capas de roca.

Dentro de las principales fallas que atraviesan el sector, se tienen dos de dirección preferencial aproximada N80°E a E-W que controlan los cauces de las quebradas Santa Rita y Santo Domingo. Según el estudio realizado por el consorcio Civiles Ltda & Hidroconsulta Ltda (1999), estas corresponden a fallas inversas (**Mapa ES-4**). Evidencias de estos fallamientos se presentan cerca a la quebrada Santa Rita, parte norte de la cantera del mismo nombre, donde se encontró en los paquetes de arenisca planos de fallamiento con rumbo N35°E y buzamientos de 83°SE. En cuanto a la falla que controla la quebrada Santo Domingo, en el sector donde nace ésta, se presentan afloramientos de arenisca afectada por estrías de fricción con rumbo promedio N70°E y buzamiento de 70°SE.

También se presenta una falla de rumbo, posiblemente dextral, con dirección NNW reportada en el estudio del consorcio Civiles Ltda & Hidroconsulta Ltda (1999), localizada sobre un cambio de pendiente cerca de algunas viviendas afectadas por caídas de rocas al occidente del barrio El Espino sector III y del Cerro El Diamante. Esta falla al parecer ha contribuido con el desplazamiento y levantamiento de los niveles de arenisca que bordean la quebrada Santa Rita, en los alrededores del barrio San Rafael, ya que limita el movimiento de las areniscas fracturadas y desplazadas sobre las areniscas duras. Evidencia de esta falla se observó en las areniscas del sector sur del barrio El Espino sector III, donde se encontraron planos de fallamiento de dirección N40°E y buzamiento de 83° SE.

Otro cambio de pendiente brusco se observa al occidente de la falla anterior, en la parte media del cuerpo mayor del movimiento en masa, el cual puede obedecer a una falla paralela y con características similares. Esta falla al parecer, aunque no hay suficientes evidencias de campo, atraviesa la falla que controla el cauce de la quebrada Santa Rita (**Mapa ES-4**).

Se realizó un estudio detallado de diaclasamiento en el área cuyos resultados y análisis se presentan en el capítulo de Geotecnia.

#### 4.5 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es una disciplina que analiza los paisajes y los factores que los producen y modifican, especialmente para buscar soluciones a problemas generados en zonas donde cambian las condiciones de equilibrio. Ejemplo de ello son los cortes de taludes para construcción de vías y viviendas, en zonas que como El Espino son bastante susceptibles a fenómenos de remoción en masa por la disposición de las capas de roca, inclinadas en la misma dirección de la pendiente.

El paisaje de la zona de estudio es el producto principalmente de la combinación de procesos tectónicos relacionados con el levantamiento de la cordillera Oriental y la conjugación de fallas, conformando una vertiente montañosa moderadamente empinada limitada por una zona plana correspondiente a la sabana de Bogotá.



De otra parte los factores climáticos, la acción de las aguas superficiales, la abrasión y la erosión, han debilitado las rocas y modelado un paisaje donde las laderas, cubiertas parcialmente por suelos residuales, han adoptado la forma de las capas duras que la subyacen produciendo en general una **Cuesta o Pendiente Estructural** en la cual son comunes los depósitos inconsolidados y procesos de remoción en masa, acelerados por la presencia del hombre al desarrollar canteras y viviendas en zonas no aptas para este tipo de actividades.

En consecuencia, en el análisis de los aspectos geomorfológicos, se hace énfasis específicamente en la parte Morfodinámica, enfocada a la diferenciación de los diferentes cuerpos a los cuales se encuentran asociados movimientos de remoción en masa y a la determinación de los factores que afectan la resistencia de los materiales, la intensidad de los procesos que actúan sobre ellos y los cambios que puede producir a corto plazo sobre la zona de El Espino.

#### 4.5.1 Morfodinámica

Para lograr un acercamiento al conocimiento de los procesos de remoción en masa presentes en la zona de estudio y de sus causas, se realizó, una cartografía detallada de los sectores con problemas antiguos y activos de deslizamientos, flujos de suelo y de detritos, coronas de desprendimiento, caídas de roca, etc (**Mapa ES-5**).

Los procesos de remoción en masa fueron clasificados de acuerdo con sus mecanismos de falla, según la clasificación de Varnes (1978), (**Tabla 4.3**).

TIPO DE MOVIMIENTO		TIPO DE MATERIAL			
		ESTRAIFICADO		SUELOS	
<b>CAIDAS</b>		<b>CAIDA DE ROCA</b>		<b>CAIDAS DE SUELO</b>	
<b>DESIZAMIENTOS</b>	Pocas unidades	Rotacional	Plamar	Plamar	Rotacional
	Muchas unidades	Hundimiento	Hundimiento de bloques	Deslizamiento de bloques	Hundimiento de bloques
		Deslizamientos de roca		Deslizamiento de detritos	Deslizamiento por traslación lateral
<b>FLUJOS</b>	Seco			<b>INCONSOLIDADO</b>	
		Fragmentos de roca	Arena o limo	Mezcla	Principalmente plástico
		Flujo de fragmentos de roca	Flujo de Arena	Flujo de Loess	
	Húmedo	Flujo rápido de tierra o arena		Avalancha de detritos	Flujo lento de tierra
		Flujo de limo		Flujo de detritos	Flujo de lodo
<b>COMPLEJO</b>		Combinación de materiales o tipo de movimiento			

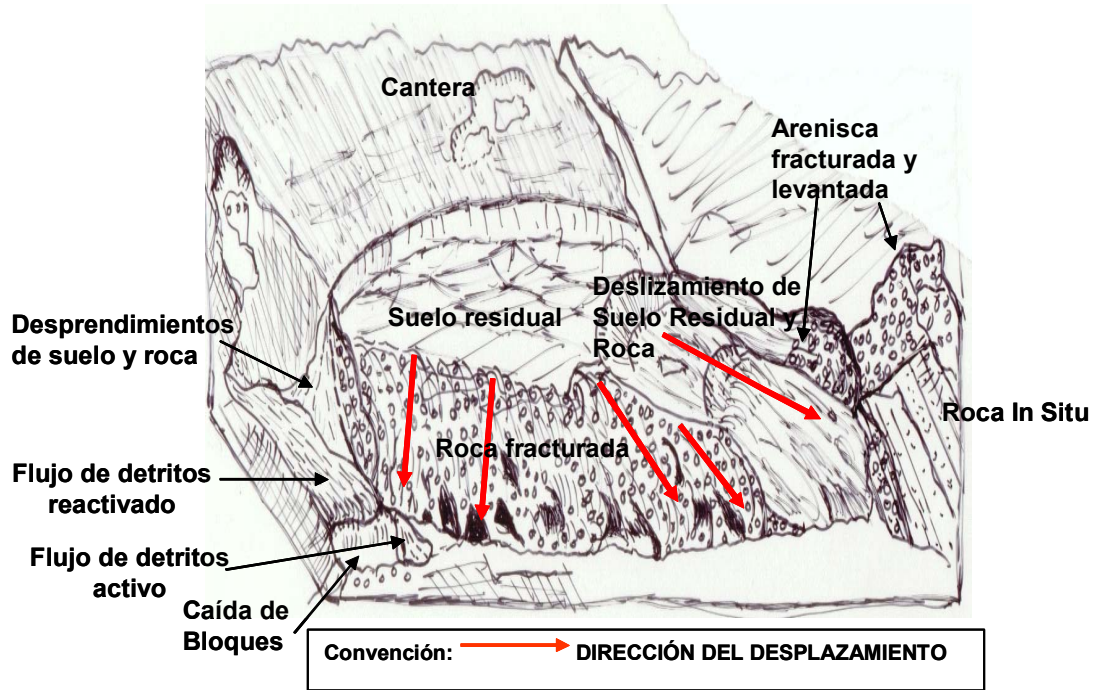
**Tabla 4.3.** Clasificación de procesos de remoción en masa, Varnes 1978.

##### 4.5.1.1 Tipos de movimientos en masa

- **Deslizamiento traslacional de detritos.** Corresponde al problema principal que afecta el sector del Espino. Este puede catalogarse como un *deslizamiento traslacional de detritos* con corona retrogresiva semicircular indicando que el plano de deslizamiento es en parte circular hacia la corona del mismo (**Figura 4.3**). Estas

coronas o zonas de desprendimiento semicircular se generan cuando bloques de roca se separan del macizo rocoso a través de diaclasas verticales o en cuña debido a pérdida de confinamiento que aumenta los esfuerzos cortantes y hace que estos se deslicen sobre otra diaclasa preexistente, o plano de estratificación.

A partir de este fenómeno se han originado gran cantidad de grietas de distensión que afectan varias viviendas ubicadas en el barrio Cerros del Diamante y El Espino (**Mapa ES 5**).



**Figura 4.3.** Bloque diagrama esquemático del deslizamiento de detritos de El Espino en Ciudad Bolívar. El plano de falla aunque es planar tiene una componente curva hacia la corona.

Estas grietas se extienden hacia el sur del área y ya están abarcando el sector comprendido entre la calle 55 con carrera 89 y la calle 60 con carrera 89, delimitando una nueva corona, pues a lo largo de la carrera 89 y sectores aledaños se presentan escarpes en el terreno con saltos mayores a 3 m. Estas grietas destruyeron viviendas, la calle 89 (principalmente) y otras aledaños, postes del alumbrado y tuberías del acueducto y alcantarillado (**Fotos 4.7, 4.8 y 4.9**).



**Foto 4.7.** Vía destruida y postes de alumbrado público inclinados debido a los agrietamientos de Carrera 89, barrio Cerros del Diamante, (May/02).



**Foto 4.8.** Detalle de los agrietamientos que afectaron las tuberías de acueducto y alcantarillado. Estas grietas alcanzan aberturas cercanas al metro y profundidades mayores a los 3 metros. Carrera 89, barrio Cerros del Diamante (May/02).



**Foto 4.9.** Vivienda afectada por agrietamientos que se extienden a lo largo de la carrera 89, Barrio El Espino sector I. (May/02). En el capítulo de Geología estos fenómenos se describen como la Unidad de Suelo Residual y Roca desplazada (Qsd).

Las dimensiones del fenómeno hasta la fecha son de aproximadamente 350 metros tanto de largo como de ancho y se calcula que el plano del deslizamiento se encuentra ubicado entre 20 y 25 metros de profundidad. Estas dimensiones generan aproximadamente un volumen de material desplazado al menos de  $1'750.000 \text{ m}^3$ , que presenta en la actualidad un movimiento moderadamente rápido (5 cm/mes) de acuerdo con los datos obtenidos de la instrumentación instalada.

La dirección de avance del deslizamiento ocurre en dirección aproximada  $N30^\circ E$  en concordancia con la inclinación de las capas. Sin embargo, hacia el flanco suroriental de este proceso, se presenta un cambio en la dirección del desplazamiento hacia el este ( $N60^\circ E$  aproximadamente), debido a que las capas de arenisca del subsuelo se flexionan y cambian de dirección forzando el deslizamiento a moverse en ese sentido. La línea aproximada de cambio en la dirección de movimiento se muestra en el mapa Morfodinámico (**Mapa ES-5**).

La amenaza que representa este fenómeno es alta para las viviendas ubicadas inmediatamente alrededor de dos manzanas localizadas cerca de su pata y sobre sus flancos como en el barrio San Rafael parte baja.

Dentro del cuerpo del deslizamiento se cartografiaron dos tipos de materiales en movimiento los cuales se describen detalladamente en el capítulo de Geología: un deslizamiento superficial de suelo residual y roca, y otro de roca fracturada desplazada.

*Deslizamiento Superficial de Suelo Residual y Roca.* Estos fenómenos se presentan en el sector nororiental del área, dentro del cuerpo del deslizamiento traslacional de detritos descrito anteriormente. Se caracterizan por tener una corona circular o semicircular a lo largo de la cual se desliza el material. Estos deslizamientos pueden considerarse igualmente como hundimientos del terreno (Slump) donde las superficies de falla tienden a ser curvas generando hundimientos y contrapendientes en el material poco consolidado. Los planos falla de estos fenómenos se ubican aproximadamente a 4 metros de profundidad y se presentan sobre niveles de arcillolitas con delgadas intercalaciones de arenisca sobre los cuales reposan niveles de roca muy alterada y suelos residuales. En el **numeral 4.3.2** de este capítulo, estos fenómenos se describen como la Unidad de Suelo Residual y Roca desplazada (Qsd).

El movimiento del terreno es considerable en el barrio Cerros del Diamante entre las calles 58 y 59 con carrera 89. También existen otros menos extensos a lo largo de los agrietamientos presentes en la carrera 89.

*Roca Fracturada Desplazada.* Comprende el cuerpo principal de avance del deslizamiento del Espino e involucra gran cantidad de bloques, guijarros y grava compuestos de arenisca, englobados dentro de una matriz arenoarcillosa. En el **numeral 4.3.2** esta unidad se describe como Arenisca fracturada y desplazada de la formación Guaduas (Qga).

- **Arenisca Fracturada levantada.** Son areniscas muy fracturadas en proceso de levantamiento, localizadas hacia el norte del área, en límites con el barrio San Rafael. Este sector ha presentado levantamientos de más de 7 metros en cortos periodos de tiempo, menores a tres meses como se aprecia en los registros fotográficos multitemporales (**numeral 7.3.6**). Asociados a este fenómeno y dentro de la zona, también se diferenciaron *Suelos Residuales y Roca Levantada*, localizados sobre la margen derecha de la quebrada Santa Rita. Este fenómeno ha causado el agrietamiento de las casas ubicadas en los alrededores del barrio San Rafael y amenaza con extenderse hacia el norte del barrio, como se describe en el **numeral 8.1.4**.
- **Desprendimientos de suelo y roca.** Son depósitos de material originado por desprendimientos de suelo residual, arcillolita y arenisca de la corona principal del deslizamiento del Espino. Estos desprendimientos se deben a la pérdida de confinamiento de los materiales durante el retroceso del deslizamiento principal del Espino obligando a los materiales a desplazarse a lo largo de las diaclasas preexistentes. Se localiza al sur del área, cerca de la quebrada Santo Domingo y presenta una dirección de desprendimiento de los materiales en sentido sureste.
- **Talus o depósitos de talud.** Se desarrollan a partir del desprendimiento por gravedad, de rocas en zonas escarpadas cuyos materiales se depositan en el cambio de pendiente. Estos materiales representan gran amenaza por su ubicación debajo de zonas escarpadas además de ser muy inestables ya que han empezado

a sufrir el efecto de la presión y empuje de los materiales del deslizamiento de El Espino por lo cual se están deformando y abombando.

- **Caída de Bloques.** Estos fenómenos están asociados a antiguas canteras de las cuales se extraían areniscas para ser utilizadas como material de construcción. Las caídas de bloques localizadas en el barrio El Espino sector I, al parecer están sufriendo el efecto del empuje de los materiales de los movimientos de remoción en masa de La Carbonera y del flujo de detritos reactivado aledaño a la quebrada Santo Domingo, razón por la cual los habitantes de la zona afirman que las rocas se fracturan, revientan y posteriormente se desprenden para rodar algunos metros ladera abajo hasta la parte trasera de las casas ubicadas en el Espino sector I.

- **Flujos de suelo.** Son movimientos que presentan múltiples superficies de corte, estrechamente espaciadas. Varnes (1978) propuso el término “Flujo Lento de Tierras o Suelos” para describir flujos lentos en materiales de comportamiento plástico, como arcillas o rocas descompuestas arcillosas, expuestas en taludes de pendiente suave.

Constituyen procesos antiguos de desplazamiento rápido ayudados por la abundante agua de los alrededores, cuyos materiales rellenaron los cauces de las quebradas Santa Rita y Santo Domingo formando depósitos superficiales. Estos flujos se originaron en laderas de pendientes suaves por lo cual en la parte superior o corona, no se observan superficies de desgarre definidas. En la parte media e inferior los espesores de material desplazado no sobrepasan los 3 m.

Entre las causas principales que generan estos movimientos se tiene el cambio en las condiciones de equilibrio de los suelos por el incremento del peso con la humedad y el consecuente aumento de la presión de poros en las épocas lluviosas. Estos flujos son drenados por los cauces de las quebradas, por lo cual se pueden generar cárcavas que pueden ser ampliadas lateralmente si las condiciones de lluvia se vuelven extremas, pudiendo reactivarlos y empezar a desplazarse nuevamente. Sin embargo por la pendiente suave y por los espesores de material presente sólo representan una amenaza moderada para las zonas aledañas.

- **Flujos de Detritos.** Ocurren típicamente al suroriente de la zona, sobre la margen izquierda de la quebrada Santo Domingo. Se diferenciaron dos tipos de flujos: uno antiguo reactivado posiblemente como consecuencia del empuje de los materiales del deslizamiento El Espino y de otros fenómenos ubicados en la margen derecha de la quebrada Santo Domingo. Su extensión, no supera los 200 metros de largo y 100 metros de ancho y en su parte media e inferior el espesor del material no sobrepasa los 8 m (**Foto 4.10**).



**Foto 4.10.** Flujo de detritos reactivado desarrollando una topografía suave en la margen izquierda de la quebrada Santo Domingo. Obsérvese el contraste de pendiente con las rocas muy fracturadas en procesos de desplazamiento (Sep/02).

El otro flujo identificado es activo y de pequeñas dimensiones: 50 m de largo, 8 m de ancho y no más de tres metros de espesor. Se ubica un poco nororiente del anterior, cuya forma es estrecha y alargada pero con mayores contenidos de humedad, lo cual ha permitido su desplazamiento y depositación en la parte plana, ejerciendo presión sobre algunas viviendas que ya han sido demolidas, pero que representa peligro para las demás casas de los alrededores.

Al igual que los flujos de suelo, los flujos de detritos se originaron en laderas de pendientes suaves por lo cual no se observan coronas de desgarre definidas. Estos flujos por sus características dinámicas son impredecibles y pueden moverse rápidamente si las condiciones de humedad cambian, representando una alta amenaza para las viviendas ubicadas en su pata.

## **CAPITULO 5**

---

### **EXPLORACIÓN Y ENSAYOS**

#### **5.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO**

Con el objetivo de caracterizar geológica y geotécnicamente el subsuelo de la zona de estudio se llevó a cabo un programa de exploración del macizo rocoso en el que se realizaron 11 perforaciones con recuperación continua de muestra. Las perforaciones se llevaron a cabo a profundidades entre 20 y 40 m y su ubicación puede observarse en el **Mapa ES6**. Los registros de perforación se pueden observar en el **Anexo 5.1**

La ubicación de las perforaciones y las profundidades se realizaron teniendo en cuenta la ubicación y el objetivo de la instrumentación a instalar en cada perforación (piezómetros e inclinómetros).

En general el macizo rocoso esta conformado por areniscas cuarzosas fracturadas intercaladas con paquetes de arcillolitas de menor espesor hasta aproximadamente los 20 m; de ahí hasta los 40 m (máxima profundidad de las perforaciones), se presenta un paquete grueso de arcillolita compacta y firme.

#### **5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO**

En general se realizaron ensayos de clasificación, resistencia y compresibilidad sobre muestras inalteradas para los materiales del macizo rocoso, además se realizaron algunas pruebas “in situ” de infiltración de las cuales se hablará en el **Capítulo 6**.

En las **Tablas 5.1 a 5.11** se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en cada una de las perforaciones y las **Figuras 5.1 a 5.11** muestran la variación de algunas propiedades con la profundidad.

Los resultados de los ensayos de laboratorio se presentan en los anexos de este capítulo como se describirá más adelante para cada uno de ellos.



Estudio de Evaluación de Amenaza por Deslizamiento de los Barrios El Espino y Cerros del Diamante, Ciudad Bolívar – Bogotá D. C.

Muestra	Profundidad (m)			DESCRIPCIÓN	Humedad 105 °C %	Límites de Att.			% PASA TAMIZ 200	GS	yt Grs/cm <sup>3</sup>	Is (50) Kg/cm <sup>2</sup>		CORTE DIRECTO		TRIAXIAL		CONSOLIDACION		
	DESDE	HASTA	Media			LL %	LP %	IP %				Paral	Perp	C'r Kg/cm <sup>2</sup>	φ'r (°)	c' Kg/cm <sup>2</sup>	φ' (°)	K cm/s	Cv cm <sup>2</sup> /s	
1	0.0	0.6	0.3	Suelo residual arenoso gris algo oxidado, con gravas angulosas, consistencia blanda- firme.seco.	6.4					2.59	1.87									
2	0.6	2.2	1.4	Arcillolita abigarrada, compacta, maleable, con cantos y fragmentos angulares hasta de 4 cm de arenisca cuarzosa, gris clara, grano fino a medio, friable.	18.4	71.9	20.9	51.0		2.67	2.03									
3	2.2	3.4	2.8	Arenisca gris oscura embebida en matriz arcillosa blanda color gris claro.	19.2				65.3											
4	3.4	4.5	3.9	Fragmentos de arenisca gris embebidos en matriz arcillosa amarilla algo oxidada ,seca.	18.2	68.5	22.6	45.9		2.60	2.00									
5	4.5	5.1	4.8	Arenisca gris de consistencia firme algo oxidada.seca							2.02	52.14	79.49							
6	5.1	7.3	6.2	Arenisca gris oscura de consistencia firme algo oxidada,seca, con matriz arcillosa escasa							2.29	32.46	83.7							
7	7.3	7.6	7.4	Arcillolita gris clara con fragmentos de arenisca, algo oxidada, ligeramente húmeda.	21.5	53.0	19.8	33.2												
8	7.6	9.8	8.7	Arenisca cuarzosa color gris claro, altamente fracturada, con fracturas rellenas de arcilla							2.35	35.04	40.82							
9	9.8	12.2	11.0	Arenisca cuarzosa color gris de consistencia firme algo oxidada, seca, poca fracturación							2.23	38	94.36							
10	12.2	14.4	13.3	Arcillolita gris clara amarillenta blanda con tintes rojizos, contiene inclusiones de fragmentos angulares de arenisca cuarzosa	29.3	47.7	20.2	27.5	57.9											
11	14.4	16.9	15.6	Arcillolita gris clara amarillenta, con tintes rojizos, blanda, maleable. En algunos sectores se vuelve más dura debido a costras de oxidación presentes hacia la superficie, de colores marrón a rojo oscuro.	17.9	45.2	19.8	25.4		2.71				0.2	30					
12	16.9	18.9	17.9	Arcillolita gris con tintes amarillentos, blanda, maleable, con presencia esporádica de fragmentos angulares de arcillolita silicea hasta de 1 cm, marrón oscuro, dura.	21.7	45.3	20.3	25.0			2.12									
13	18.9	20.4	19.7	Arcillolita gris clara, con tintes amarillos, blanda, con fragmentos esporádicos de arcillolita dura, marrón oscuro (oxidada). En algunos tramos la arcillolita se vuelve más dura y compacta.	20.8	50.5	19.5	31.0			2.03			0	30	2	37.8	5.15E-08	0.002381	
14	20.4	21.4	20.9	Arcillolita oscura, compacta, dura, rica en materia orgánica, hacia la base presenta laminillas de carbón intercaladas. También se observan estrías de fallamiento que afectan la roca.	12.3	26.9	18.7	8.2			2.17									
15	21.4	21.7	21.6	Arcillolita gris oscura blanda, maleable con presencia de materia orgánica, no presenta fracturación marcada.							1.94									
16	21.7	22.3	22.0	Arcillolita gris con algunos fragmentos de arenisca gris oscura,consistencia firme, ligeramente húmeda.	21.3	58.2	21.5	36.7			2.14									
17	22.3	24.4	23.4	Arcillolita gris clara, consistencia media, seca	19.6	53.3	25.4	27.9		2.73	2.11									
18	24.4	26.3	25.4	Arcillolita gris oscura consistencia media, húmeda.	19.5	58.3	21.6	36.7		2.63	2.15									
19	26.3	27.0	26.7	Arcillolita color café amarillento compacta y de estratificación gruesa (1 – 2 mm)							2.24									
	27.0	27.1	27.1	Carbón																
20	27.0	30.1	28.6	Arcillolita gris oscura de consistencia firme,algo oxidada,ligeramente húmeda.	22.7	37.0	17.5	19.5		2.69	2.23						1	50		

Nota : Los ensayos de corte directo fueron realizados sobre muestras precortadas, Los valores de K y Cv son para un nivel de esfuerzos de 4 Kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 5.1 Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 1**

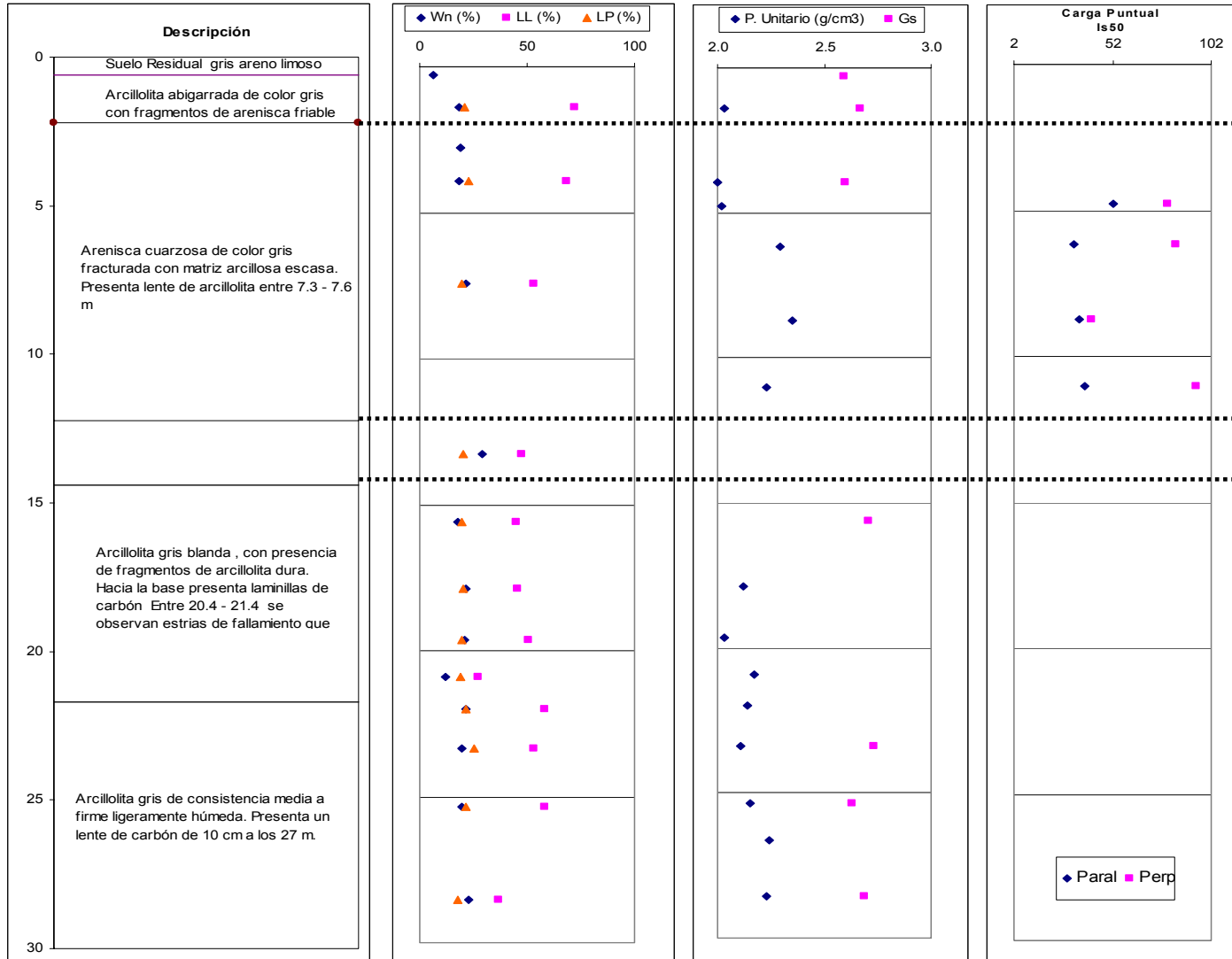


Figura 5.1 Perfil Geotécnico de la perforación 1

Estudio de Evaluación de Amenaza por Deslizamiento de los Barrios El Espino y Cerros del Diamante, Ciudad Bolívar – Bogotá D. C.

Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad	Límites de Att.			% PASA	γt	Is (50) Kg/cm2	TRIAxIAL		CONSOLIDACION		
	DESDE	HASTA			105 °C %	LL %	LP %	IP %	TAMIZ 200	Grs/cm3		GS	Paral	Perp	c' Kg/cm2	φ' (°)
1	1.3	3.15	2.225	Arenisca cuarzosa color pardo con betas blancas, grano fino redondeado a subredondeado						2.31						
2	3.15	4.7	3.925	Fragmentos de arenisca embebidos en matriz arcillosa	15.70	39	16.6	22.5			2.63					
3	4.7	7.65	6.175	Arenisca cuarzosa, gris clara amarillenta, con tonalidades rojizas y marrones oscuras debido a la oxidación, matriz arcillosa escasa. La roca es dura, con fracturamiento a lo largo del cual hay relleno de material arcilloso, marrón oscuro.						2.24		67.14				
4	7.65	8.5	8.075	Arcillolita gris clara algo oxidada, presencia de gravas angulares, ligeramente húmeda.	28.40	59.6	26.7	32.9			2.62					
5	8.5	9.3	8.9	Arcillolita gris amarillenta, planos de estratificación, algo oxidada, seca.						2.22		31.86				
6	9.3	12.1	10.7	Arcillolita gris clara amarillenta, blanda presenta planos de estratificación, muy fracturada, algo oxidada, seca.	15.6	38.1	18.6	19.4			2.64			0	23.5	
7	12.1	12.8	12.45	Arcillolita amarillo rojizo con betas color morado, fracturada consistencia media-firme, algo oxidada, seca.	15.6	40.8	18.9	22.0		2.08	2.65					
8	12.8	14.4	13.6	Arcillolita gris oscura con fragmentos granulares de arenisca cuarzosa, algo oxidada, ligeramente húmeda.	21.8	43.5	19.5	24.0		2.08	2.74					
	14.4	15.1	14.75	Arenisca cuarzosa gris clara con tintes marrones por oxidación, intercalada con niveles delgados de arcillolita marrón												
9	15.1	17	16.05	Arcillolita amarilla totalmente blanda algo oxidada con gravas angulares de arenisca y arcillolita marrón, seca.	19.6	64.8	19.8	45.0			2.68					
10	17	18.5	17.75	Arcillolita gris clara de consistencia firme algo oxidada, seca.	17.4	50.1	21.0	29.1		2.07	2.62				6.71E-08	0.00234
	18.5	19.8	19.15	Arcillolita gris clara, con tintes amarillentos y rojizos, medianamente compacta, maleable. En los primeros 0.70 m se presentan láminas intercaladas de colores amarillo y gris. También se observan estrías oxidadas de fallamiento y esporádicamente se encue												
11	19.8	20.8	20.3	Arcillolita gris oscura con planos de estratificación, consistencia firme pero fracturada, algo oxidada, seca.	14.5	34.7	18.7	16.0		2.19	2.68					
	20.8	22.6	21.7	Arenisca cuarzosa, amarilla a parda, de grano medio a grueso, subangular a subredondeado, con matriz arcillosa escasa. La roca es dura con baja incidencia de fracturación.												
12	22.6	24	23.3	Arena suelta, cuarzosa, de color marrón, hacia la parte media superior presenta principalmente fragmentos hasta de 3cm de arcillolita negra, rica en materia orgánica, con tintes carbonosos.	25.0				14.1							
13	24	25.6	24.8	Arcillolita gris, medianamente compacta, con presencia esporádica de materia orgánica principalmente hacia el tope.	14.9	30.4	18.5	12.0		2.24	2.68					
14	25.6	28.9	27.25	Arcillolita café amarillenta oscura, consistencia firme, seca.	12.3	31.0	19.1	11.9		2.27	2.67					

Nota: El ensayo de triaxial fue realizado sobre muestra remoldeada. Los valores de K y Cv son para un nivel de esfuerzos de 4 Kg/cm2

**Tabla 5.2 Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 2**

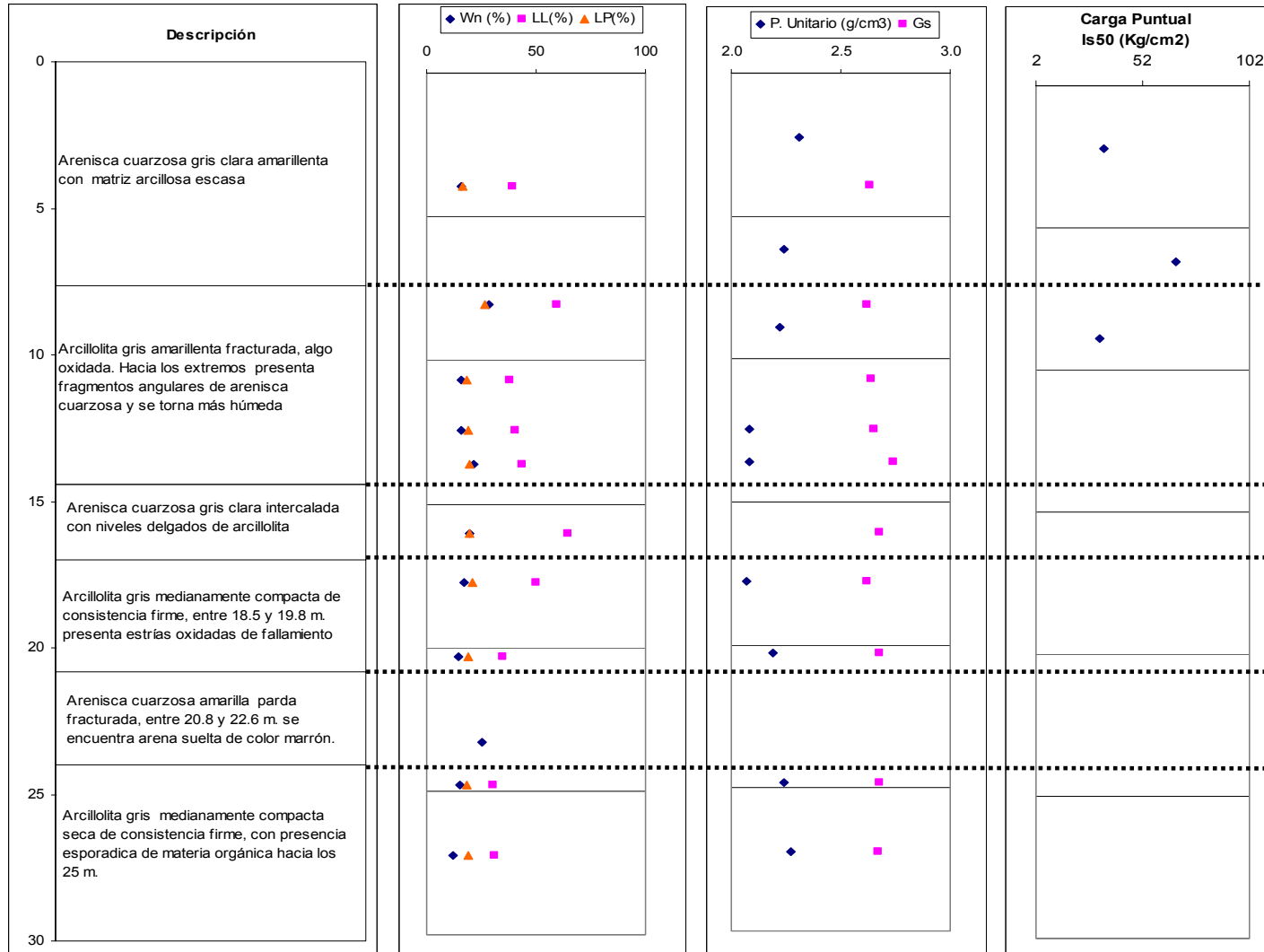


Figura 5.2 Perfil Geotécnico de la perforación 2

Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad	Límites de Att.				γt	GS	Is (50) Kg/cm2		CONSOLIDACION	
	DESDE	HASTA			105 °C %	LL %	LP %	IP %	Grs/cm3	Paral		Perp	K cm/s	Cv cm2/s	
1	0	7.14	3.57	Arenisca cuarzosa gris amarillenta, muy fracturada, friable en algunos tramos, algo oxidada, matriz arcillosa escasa, seca.	8.50					2.17	2.68	7.14			
2	7.14	7.26	7.2	Arcillolita gris con bandas amarillas por oxidación, blanda, masiva. Hacia la base se presentan láminas intercaladas de colores grises claras y amarillentas.	20.50	70.7	25.4	45.3			2.77				
3	7.26	8.17	7.715	Arenisca gris parda con intercalaciones de arcillolita gris, bandas café, ligeramente húmeda.	30.60	32.9	15.6	17.3				3.62	8.55		
3A	8.17	9.1	8.635	Arenisca gris parda con intercalaciones de arcillolita gris, bandas café, ligeramente húmeda.	17.00	43.1	18.2	24.9	2.37						
3B	9.1	10	9.55	Arenisca gris parda con intercalaciones de arcillolita gris, bandas café, ligeramente húmeda.	23.4	68.3	24.5	43.9			2.68				
4	10.6	12.6	11.6	Arenisca cuarzosa gris parda, bandas marrón algo oxidada, compacta, seca.					2.31			22.35	51.72		
5	12.6	14.1	13.35	Arenisca con intercalaciones de arcillolita gris parda bandas café, ligeramente húmeda.	25.7				2.39						
6	14.1	15.28	14.69	Arenisca cuarzosa gris verdosa con intercalaciones de arcillolita gris, seca.	20.8	62.0	23.4	38.6				37.72	49.93		
6A	15.28	16.45	15.865	Arenisca cuarzosa gris verdosa con intercalaciones de arcillolita gris, seca.	14.3	57.4	23.4	34.0							
6B	16.45	17.62	17.035	Arenisca cuarzosa gris verdosa con intercalaciones de arcillolita gris, seca.	25.6	62.6	26.3	36.2	2.32						
6C	17.62	18.8	18.21	Arenisca cuarzosa gris verdosa con intercalaciones de arcillolita gris, seca.	22.5	67.8	27.1	40.7			2.73				
7	18.8	21.4	20.1	Arenisca gris parda poco friable muy fracturada, con intercalaciones de arcillolita gris, seca.					2.41			26.88	44.15		
8	21.4	25.8	23.6	Arenisca parda bandas café, consistencia firme, fracturada al final del tramo, seca.					2.35			34.88	79.52		
9	25.8	27.4	26.6	Arcillolita gris parda, compacta, consistencia firme, seca.	17.2	44.2	20.7	23.6	2.31	2.82				4.48E-08	0.00272
10	27.4	27.6	27.5	Arcillolita gris parda en matriz orgánica carbonosa, algo oxidada, seca.					1.77						
11	27.6	28	27.8	Arcillolita gris compacta, consistencia firme, seca.	11.50	36.7	20.4	16.2	2.23	2.72					
12	28	28.9	28.45	Arcillolita gris compacta algo oxidada, seca.	13.8				2.20						
13	28.9	30.4	29.65	Arcillolita café amarillenta oscura puntos de oxidación, seca.	14.0	38.5	19.7	18.8	2.24	2.71					

Nota: los valores de K y Cv son para un nivel de esfuerzos de 4 Kg/cm2

**Tabla 5.3 Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 3**

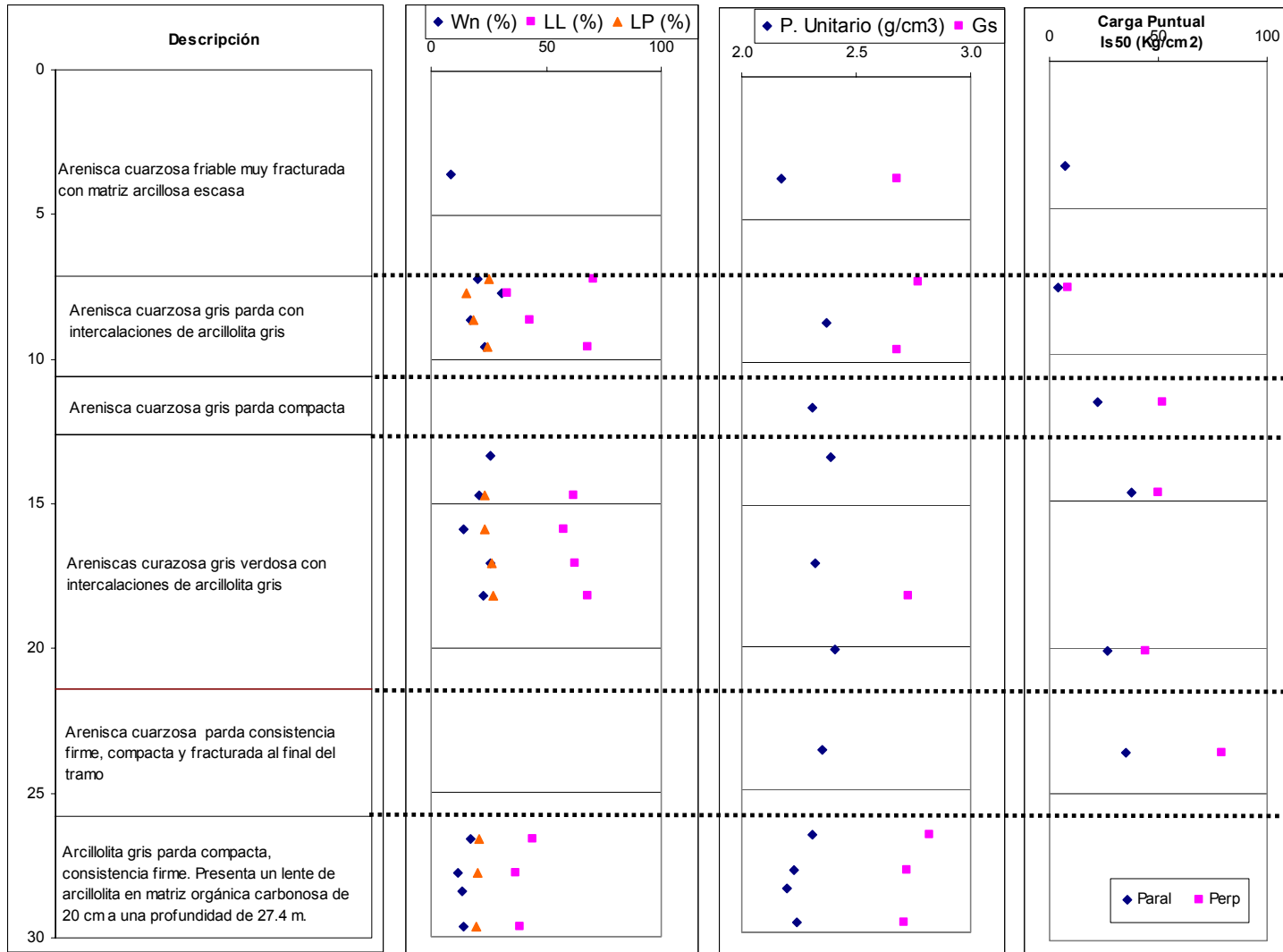


Figura 5.3 Perfil Geotécnico de la perforación 3

Estudio de Evaluación de Amenaza por Deslizamiento de los Barrios El Espino y Cerros del Diamante, Ciudad Bolívar – Bogotá D. C.

Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad	Límites de Att.			γt	GS	Is (50) Kg/cm2		CORTE DIRECTO				CONSOLIDACION	
	DESDE	HASTA			105 °C %	LL %	LP %	IP %	Grs/cm3		Paral	Perp	C'p Kg/cm2	φ'p (°)	C'r Kg/cm2	φ'r (°)	K cm/s	Cv cm2/s
1	0	4.6	2.3	Areniscas embebidas en matriz arcillosa. R=34 cm	17.9	69.6	25.2	44.3		2.60								
2	4.6	5.6	5.1	Areniscas color café amarillento claro fracturado. R= 18 cm					2.28									
3	5.6	8	6.8	Arenisca con intercalaciones arcillolitas muy fracturada. R= 55 cm. color amarillenta.					2.30									
	8	8.3	8.15	Arenisca triturada en matriz arcillosa color café - amarillenta.														
4	8.3	8.36	8.33	Arcillolita blanda color gris claro con fragmentos de arenisca.	20.0													
5	8.36	8.6	8.48	Arenisca gris parda, bandas cafés,seca.					2.45		68.78							
6	8.6	8.8	8.7	Arcillolita color café amarillento oscuro con fragmentos arenisca angulares de 2-3 cm.	34.3													
7	8.8	8.9	8.85	Arenisca color gris claro con bandas de arcilla de 1-2 mm presenta puntos negros.	21.8													
8	8.9	9.2	9.05	Arcillolita color gris claro, seca compacta.	15.3	57.3	24.3	33.0	1.97	2.75								
9	9.2	9.25	9.225	Polvo de arcilla seca color habano oscuro con fragmentos arcillosos.	20.5	22.9	17.5	5.4		2.72								
10	9.25	10	9.625	Arenisca gris parda, bandas cafés, algo oxidada,seca.					2.46		57.07	71.25						
11	10	10.9	10.45	Arenisca gris amarillenta consistencia firme algo oxidada,seca.					2.23		37.98	68.99						
12	10.9	12.85	11.875	Arenisca cuarzosa color gris amarillenta fracturada dura.					2.37		48.98	49.06						
	12.85	13.28	13.065	Areniscas embebidas en matriz arcillosa.							35.31	55.24						
13	13.28	16.3	14.79	Arenisca cuarzosa color gris claro con bandas cafés, presenta en su tramo medio discontinuidades rellenas de material arcilloso.					2.33									
14	16.3	19.2	17.75	Arenisca color habano oscuro oxidada, altamente fracturada y con vestigios de arcilla. Cementada.					2.30		35.04							
15	19.2	20.5	19.85	Arcillolita color gris claro con bandas habanas. Compacta.	22.7	39.8	19.5	20.3	2.09	2.74			0.1	33		6.51E-08	0.00238	
16	20.5	20.7	20.6	Areniscas color gris oscuro algo oxidado presentan planos de estratificación gruesos entre 1-2 mm.					2.27									
17	20.7	21.2	20.95	Arenisca color gris claro con bandas cafés, compacta dura.					2.36		25.4							
18	21.2	23.8	22.5	Arcillolita color gris claro, húmeda compacta.	17.4	34.8	19.9	14.9	2.09	2.69			0.6	26	0.4	26		

Nota: El ensayo de corte directo de la M 18 se realizó con una saturación previa de la muestra de 48h. los valores de K y Cv en el ensayo de consolidación son para un nivel de esfuerzos de 4 Kg/cm

**Tabla 5.4 Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 4**

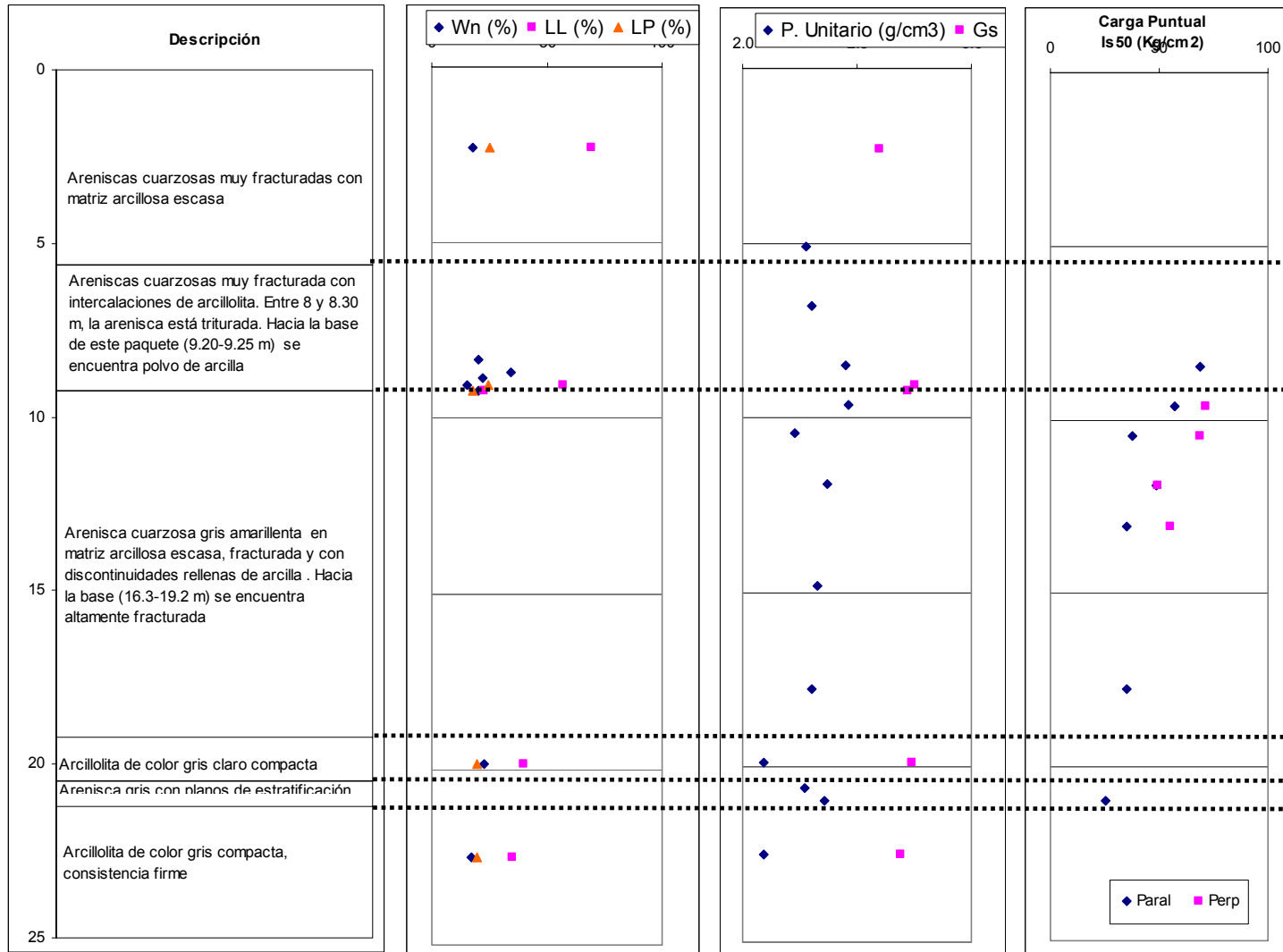


Figura 5.4 Perfil Geotécnico de la perforación 4



Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad	Límites de Att.			γt	GS	Is (50) Kg/cm2		CORTE DIRECTO		CONSOLIDACION	
	DESDE	HASTA			105 °C %	LL %	LP %	IP %	Grs/cm3		Paral	Perp	C'p Kg/cm2	φ'p (°)	K cm/s	Cv cm2/s
1	0.0	0.5	0.3	Suelo residual areno-limoso color café oscuro. Con presencia de trazas orgánicas.	13.1											
2	0.5	0.8	0.7	Arcillolita gris clara algo oxidada seca.	15.8	34.1	15	19.1		2.75						
3	0.8	2.2	1.5	Areniscas altamente fracturada color gris claro. No se recuperó.					2.48		7.69	13.6				
4	2.2	2.7	2.5	Arcillolita gris clara algo oxidada de baja plasticidad, seca.	22.5	29.4	14.6	14.8	2.00	2.68			0.1	31		
5	2.7	3.3	3.0	Arenisca color gris claro altamente fracturada con presencia de material arcilloso.	28.1				2.29		37.12					
6	3.3	3.5	3.4	Arcillolita color gris claro oxidada consistencia media.	29.7	89.5	30.3	59.2		2.68						
	3.5	5.3	4.4	Arenisca color gris clara altamente fracturada. R=28 cm												
7	5.3	5.8	5.5	Arenisca color gris claro con bandas cafés compacta, presenta discontinuidades rellenas con arcilla.					2.30		20.99	32.12				
8	5.8	6.2	6.0	Arcillolita gris clara oxidada con fragmentos de arenisca en la parte baja.	24.1	64.9	21.3	43.6	2.03	2.63						
9	6.2	6.8	6.5	Arcillolita color gris pardo húmeda-plástica, consistencia blanda.	40.1											
10	6.8	7.2	7.0	Fragmentos de arenisca embebidos en matriz arcillosa, plastica.	23.9	71.3	23.4	47.9		2.79						
11	7.2	8.1	7.7	Arenisca color gris clara pardo con bandas cafés, compacta en los extremos y fracturada hacia el centro.					2.45		24.74	41.99				
12	8.1	8.3	8.2	Arcillolita gris clara, húmeda , consistencia media alta.	22.3	59.7	24.5	35.2		2.66						
13	8.3	11.1	9.7	Arenisca color gris amarillenta presenta fracturas rellenas de material arcilloso, poco friable.					2.38							
13 A	11.1	11.4	11.2	Fragmentos de areniscas embebidas en matriz arcillosa.					2.15							
14	11.4	15.4	13.4	Arenisca cuarzoza de color gris claro pardo compacta poco friable.					2.42			72.65				
	15.4	15.9	15.7	Arenisca cuarzoza color gris pardo altamente fracturada.												
15	15.9	18.5	17.2	Arenisca cuarzoza color gris rojizo, presenta en algunos tramos fracturas rellenas de material arcilloso, presenta bandas color café oscuro compacta y dura.												
16	18.5	21.5	20.0	Arcillolita color gris claro compacta.	21.70	39.2	18.1	21.1	2.06	2.66					7.86E-08	0.00238

Nota: los valores de K y Cv en el ensayo de consolidación son para un nivel de esfuerzos de 4 Kg/cm2

**Tabla 5.5** Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 5

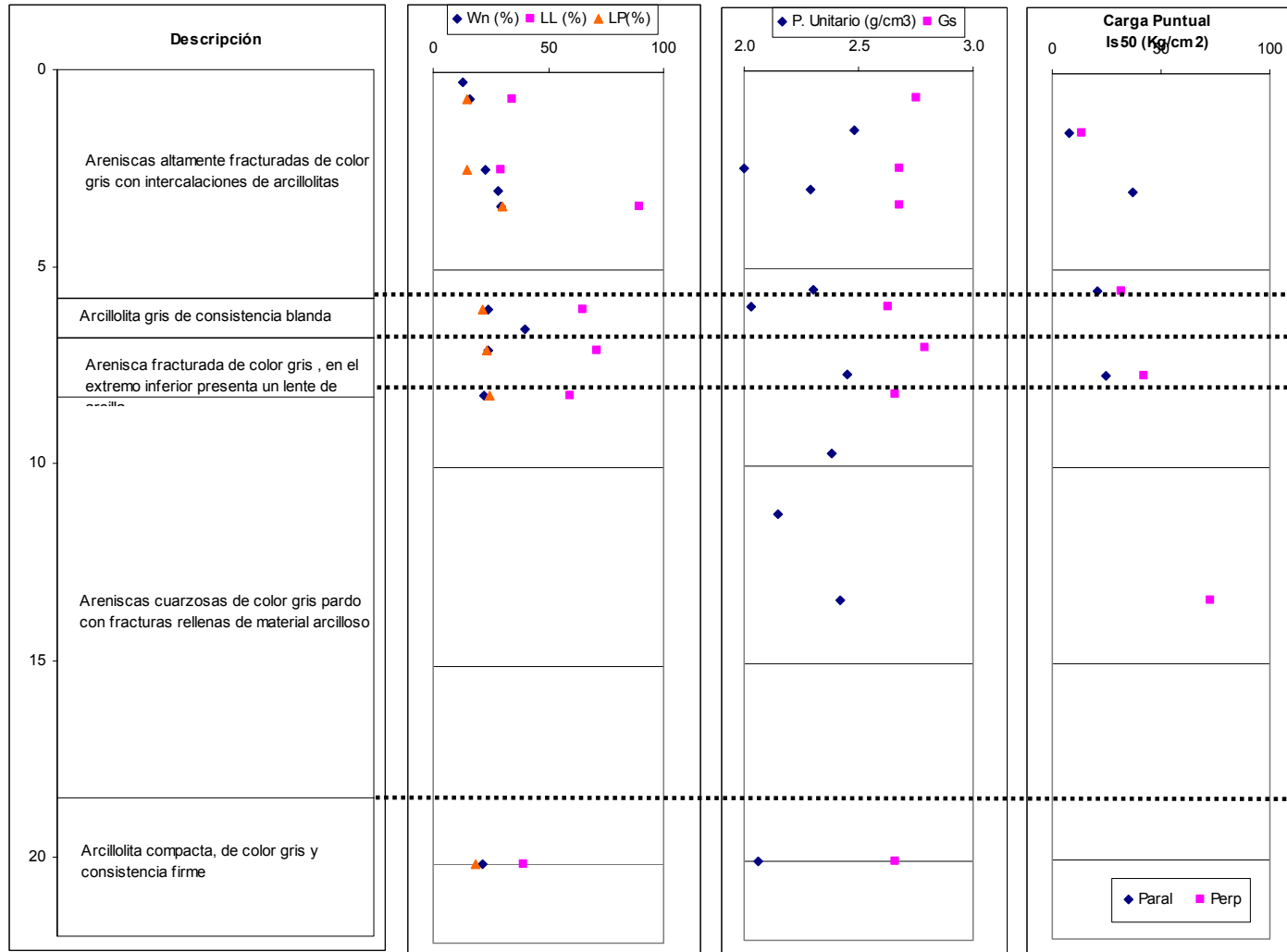


Figura 5.5 Perfil Geotécnico de la perforación 5

Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad 105 °C %	Límites de Att.			Clasifc. USCS	γt Grs/cm3	GS	Is (50) Kg/cm2		CONSOLIDACION	
	DESDE	HASTA				LL %	LP %	IP %				Paral	Perp	K cm/s	Cv cm2/s
	0.0	1.6	0.8	Suelo residual areno limoso café amarillento oscuro, seco.											
1	1.6	5.1	3.4	Arcillolita con intercalaciones areniscas altamente fracturada color gris claro con betas rojizas.	29.5	71.8	31.3	40.5	CH	1.94	2.76				
	5.1	8.4	6.8	Arenisca color gris fracturada, recuperación 65 cm											
2A	8.4	11.2	9.8	Arenisca color gris pardo altamente fracturada						2.27		23.97	19.01		
2B	11.2	13.6	12.4	Arenisca color gris pardo altamente fracturada						2.35		30.96	39.45		
2C	13.6	16.8	15.2	Arenisca color gris pardo altamente fracturada						2.32		24.33	14.75		
3	16.8	18.4	17.6	Arenisca color habano oscuro con bandas cafés, poco friable						2.26		20.31	20.04		
3A	18.4	20.0	19.2	Arenisca color habano oscuro con bandas cafés, poco friable						2.32		31.1	47.36		
3B	20.0	21.6	20.8	Arenisca color habano oscuro con bandas cafés, poco friable y altamente fracturada						2.23		18.6	21.54		
4	21.6	26.1	23.9	Arcillolita gris algo oxidada consistencia firme, fragmentos de arenisca, seca.	17.8	38.8	20.7	18.1	CL	2.09	2.66			7.73E-08	0.00237

Nota: los valores de K y Cv en el ensayo de consolidación son para un nivel de esfuerzos de 4 Kg/cm2

**Tabla 5.6** Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 6

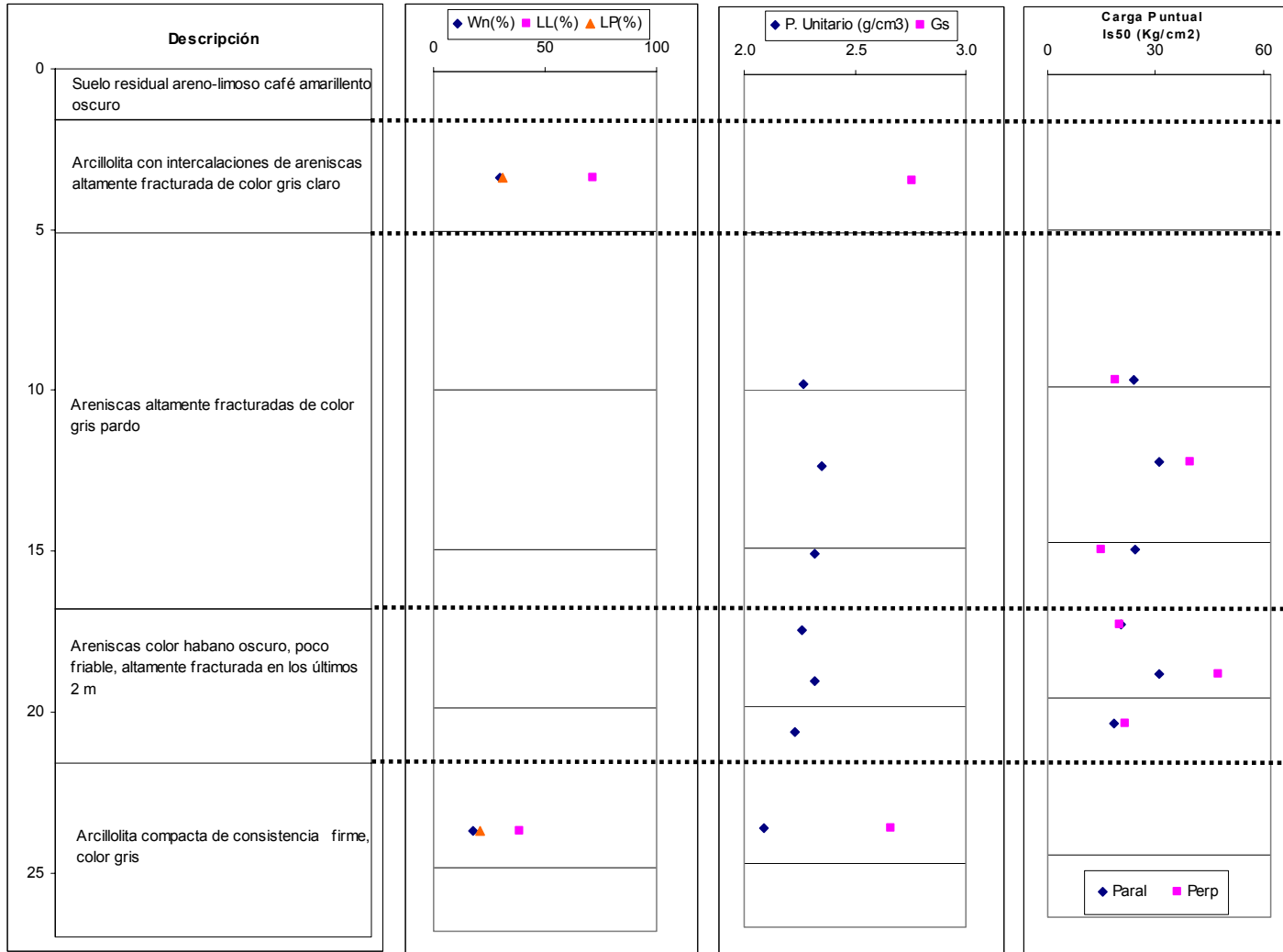


Figura 5.6 Perfil Geotécnico de la perforación 6

Estudio de Evaluación de Amenaza por Deslizamiento de los Barrios El Espino y Cerros del Diamante, Ciudad Bolívar – Bogotá D. C.

Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad	Límites de Att.			% PASA	γ <sub>t</sub>	GS	Is (50) Kg/cm <sup>2</sup>		CONSOLIDACION	
	DESDE	HASTA			105 °C %	LL %	LP %	IP %	TAMIZ 200	Grs/cm <sup>3</sup>		Paral	Perp	K cm/s	Cv cm <sup>2</sup> /s
1	0.0	2.7	1.4	Suelo residual areno limoso café oscuro, presencia de raíces, seco.	22.40				34.34						
2	2.7	2.8	2.8	Arenisca gris amarillenta algo oxidada, seca.						2.31					
3	2.8	3.3	3.1	Arenisca color habano claro friable.						2.23		9.1	7.26		
4	3.3	3.7	3.5	Arenisca friable embebida en matriz areno-limosa.	4.40				19.80						
5	3.7	3.8	3.8	Arcillolita gris oscura algo oxidada húmeda.	16.0	46.3	20.5	25.8			2.75				
6	3.8	4.8	4.3	Arcillolita gris seca con bandas de oxidación, presenta planos de estratificación.	18.7	52.4	18.7	33.7			2.71				
	4.8	6.4	5.6	Arenisca habana altamente fracturada, recuperación 10 cm.											
7	6.4	8.0	7.2	Arenisca color pardo amarillenta altamente fracturada.	12.8										
8	8.0	8.2	8.1	Arcillolita gris húmeda con planos de estratificación.	26.9	60.4	26.5	33.9			2.92				
9	8.2	10.9	9.5	Arenisca color pardo amarillenta altamente fracturada, presenta diaclasas en varias direcciones.						2.25		10.22	10.8		
10	10.9	12.5	11.7	Arcillolita con intercalaciones de arenisca color gris amarillenta fracturada.	21.3	78.2	30.7	47.5		2.32	2.97				
11	12.5	14.1	13.3	Arenisca color pardo amarillenta de consistencia firme poco friable algo oxidada y fracturada.						2.29		16.32	18.74		
12	14.1	14.3	14.2	Arenisca color pardo amarillento con vetas rojizas, consistencia firme.	11.5					2.25		19.69			
13	14.3	17.5	15.9	Arenisca color pardo amarillenta muy fracturada friable con presencia de vetas oxidadas.						2.22					
13A	17.5	20.7	19.1	Arenisca color pardo amarillenta muy fracturada friable con presencia de vetas oxidadas.						2.25					
14	20.7	23.1	21.9	Arcillolita gris oscura consistencia firme algo oxidada, seca.	21.1				10.0	2.08	2.80			1.12E-07	0.00237

Nota: los valores de K y Cv en el ensayo de consolidación son para un nivel de esfuerzos de 4 Kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 5.7** Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 7

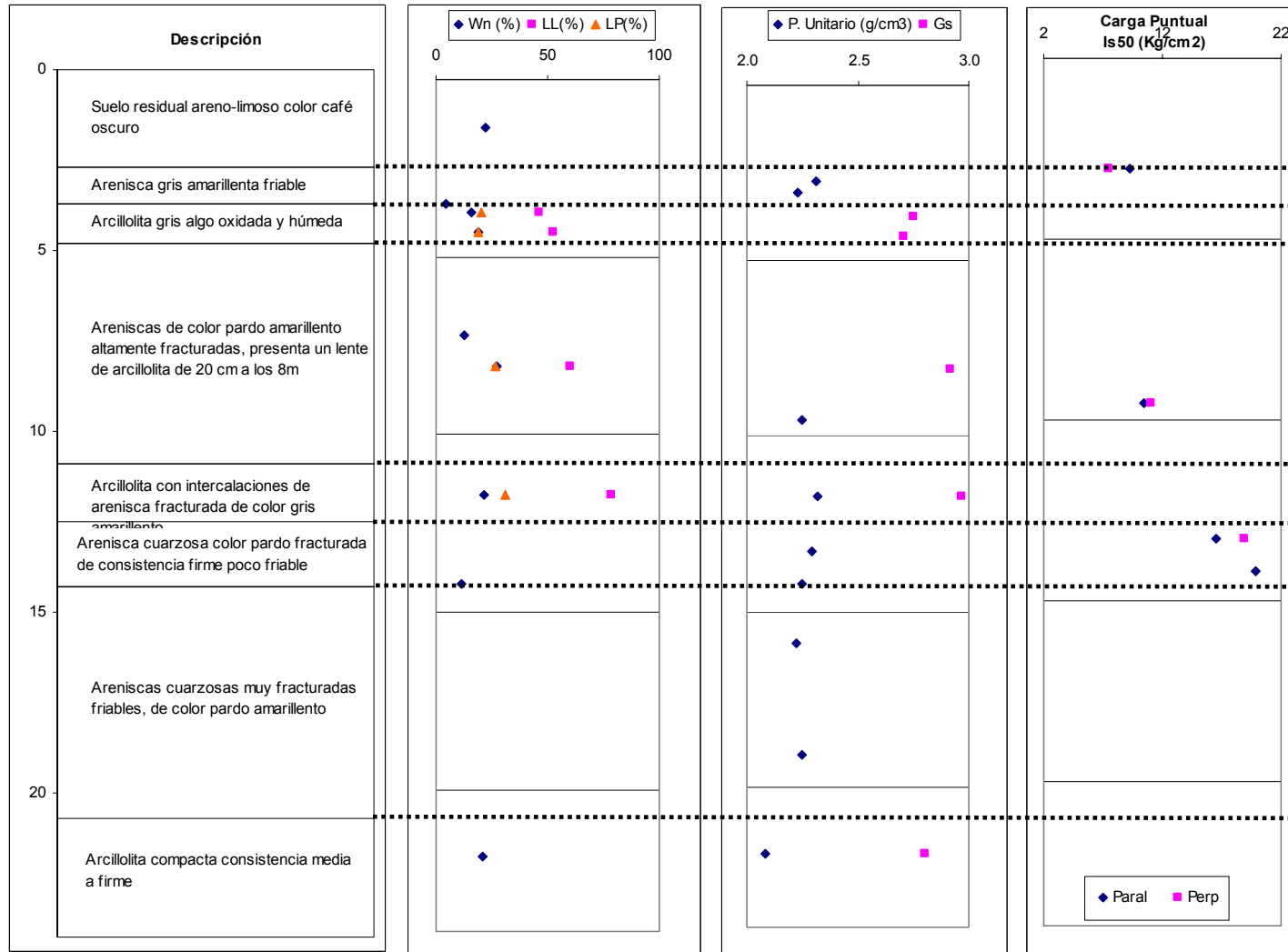


Figura 5.7 Perfil Geotécnico de la perforación 7

Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad	Límites de Att.			γt	GS	Is (50) Kg/cm2		CONSOLIDACION	
	DESDE	HASTA			105 °C %	LL %	LP %	IP %	Grs/cm3		Paral	Perp	K cm/s	Cv cm2/s
	0.0	0.5	0.3	Suelo residual.										
1	0.5	2.3	1.4	Arcillolita color gris con vetas rojas y pequeñas intercalaciones de arenisca.	27.60	46.8	17.5	29.3		2.79				
2	2.3	3.7	3.0	Arenisca color pardo algo fracturada consistencia firme, algo oxidada, ligeramente húmeda.					2.19		15.27	14.42		
3	3.7	9.6	6.7	Areniscas color pardo muy fracturadas con pequeñas intercalaciones de arcillolita húmeda color gris, blanda.	32.10	63.6	22.7	40.9	2.29	2.69				
4	9.6	14.9	12.3	Areniscas color pardo amarillenta fracturada, consistencia firme.					2.20		37.93	43.77		
5	14.9	16.9	15.9	Areniscas color pardo amarillento altamente fracturadas					2.24		20.85			
6	16.9	19.9	18.4	Arenisca parda amarilla muy fracturada con intercalaciones de arcillolita gris algo oxidada, seca.					2.42		68.72	58.81		
7	19.9	22.4	21.2	Arcillolita gris con bandas rojizas consistencia firme, algo oxidada, seca.	20.7	50.9	20.5	30.4		2.71			9.70E-08	0.00238
8	22.4	22.8	22.6	Arenisca parda fracturada consistencia firme algo oxidada, seca.					2.41					
9	22.8	24.5	23.7	Arcillolita parda rojiza, consistencia firme, algo oxidada, seca.	14.3	34.9	19.8	15.0		2.74				
10	24.5	28.3	26.4	Arcillolita gris oscura consistencia firme ligeramente húmeda.	26.2	52.9	22.9	36.3		2.79			6.31E-08	0.00238
	28.3	28.9	28.6	Carbón										
11	28.9	30.1	29.5	Arcillolita gris oscura consistencia firme algo oxidada, ligeramente húmeda.	22.6	30.3	19.0	11.3	2.21					

Nota: los valores de K y Cv en el ensayo de consolidación son para un nivel de esfuerzos de 4 Kg/cm2

**Tabla 5.8** Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 8

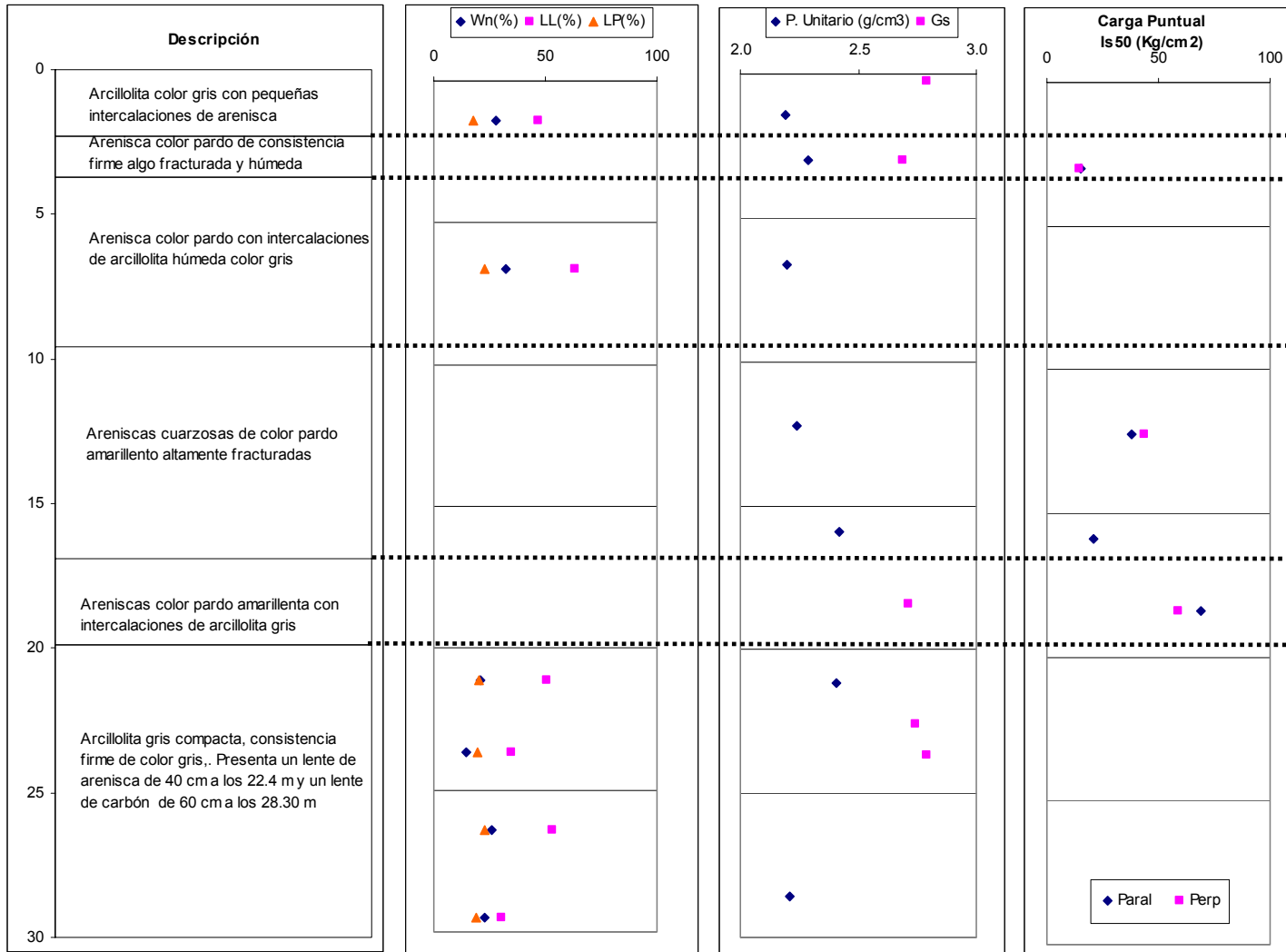


Figura 5.8 Perfil Geotécnico de la perforación 8



Estudio de Evaluación de Amenaza por Deslizamiento de los Barrios El Espino y Cerros del Diamante, Ciudad Bolívar – Bogotá D. C.

Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad	Límites de Att.			$\gamma_t$ Grs/cm <sup>3</sup>	GS	Is (50) Kg/cm <sup>2</sup>		CORTE DIRECTO				TRIAXIAL	
	DESDE	HASTA			105 °C %	LL %	LP %	IP %			Paral	Perp	C'p Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi'$ (°)	C'r Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi'$ (°)	C' Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi'$ (°)
1	4.9	5.0	4.95	Arcillolita gris betas amarillas de oxidación consistencia dura, ligeramenta húmeda.	9.6	44	20.5	23.5	2.12									
2	7.5	7.6	7.55	Arenisca habana con oxidaciones, frascaturada consistencia dura.					2.30									
3	8.2	8.3	8.25	Arcillolita gris habana consistencia media con oxidaciones ligeramenta húmeda.					2.00									
4	9.0	9.4	9.20	Arena fina con algunas gravas amarilla, ligeramenta húmeda. (Muestra alterada)	6.1													
5	13.0	13.2	13.10	Arcillolita gris betas amarillas liomosas con oxidaciones consistencia dura, ligeramenta húmeda.	20.1				2.01			0.35	18.4	0.2	12.5			
6	14.6	14.8	14.70	Arenisca habana consistencia dura.					2.27		19.71							
7	15.2	15.6	15.40	Arenisca habana consistencia dura.					2.24		39.36	23.29						
8	20.6	21.2	20.90	Arcillolita gris con oxidaciones consistencia dura, ligeramenta húmeda.	16.1	34.9	19.8	15.2		2.73						0	33.7	
9	24.5	25.0	24.75	Arcillolita gris betas amarillas de oxidación consistencia dura, ligeramenta húmeda.	14.8	35.2	21.1	14.1		2.70						0	43.8	
10	26.0	26.5	26.25	Arcillolita rojisa algo oxidada consistencia dura, ligeramenta húmeda.	16.6				2.17	2.81								
11	27.5	27.7	27.60	Arcillolita habana con oxidaciones consistencia dura-media, ligeramenta húmeda.	18.8	34.8	21.1	13.7	2.12				0.4	33	0	25		

**Tabla 5.9** Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 9

Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad	Límites de Att.			$\gamma_t$ Grs/cm <sup>3</sup>	GS	Is (50) Kg/cm <sup>2</sup>		CORTE DIRECTO				CONSOLIDACION	
	DESDE	HASTA			105 °C %	LL %	LP %	IP %			Paral	Perp	C'p Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi'$ (°)	C'r Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi'$ (°)	K cm/s	Cv cm <sup>2</sup> /s
1	4.0	4.4	4.20	Arcillolita gris con puntos amarillos de oxidación consistencia dura ligeramenta húmeda..	13.9	37.9	19.2	18.7	2.16									
2	8.1	8.4	8.25	Arenisca gris oscura consistencia dura, algo oxidada, ligeramenta húmeda.	6.40				2.32									
3	9.5	9.8	9.65	Arenisca gris oscura muy fracturada verticalmente, algo oxidada, ligeramenta húmeda.					2.39		53.866							
4	13.4	13.8	13.60	Arcillolita gris con puntos amarillos de oxidación consistencia dura ligeramenta húmeda..	6.8				2.28			1.1	22.6	0.5	16.7			
5	15.4	15.7	15.55	Arcillolita gris con habanooxidacion, consistencia firme betas cafés, ligeramenta húmeda..	12.5				2.24	2.67		0.7-0.2	18.5-3	0.4-0	24-26	1.44E-07	0.0027	
6	18.6	19.2	18.90	Arcillolita gris con oxidacione, consistencia dura ligeramenta húmeda..	12.1				2.22	2.70						4.90E-08	0.0024	

Nota: los valores de K y Cv en el ensayo de consolidación son para un nivel de esfuerzos de 3 Kg/cm<sup>2</sup> en la muestra 5 y 4 Kg/cm<sup>2</sup> en la muestra 6

**Tabla 5.10** Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 10

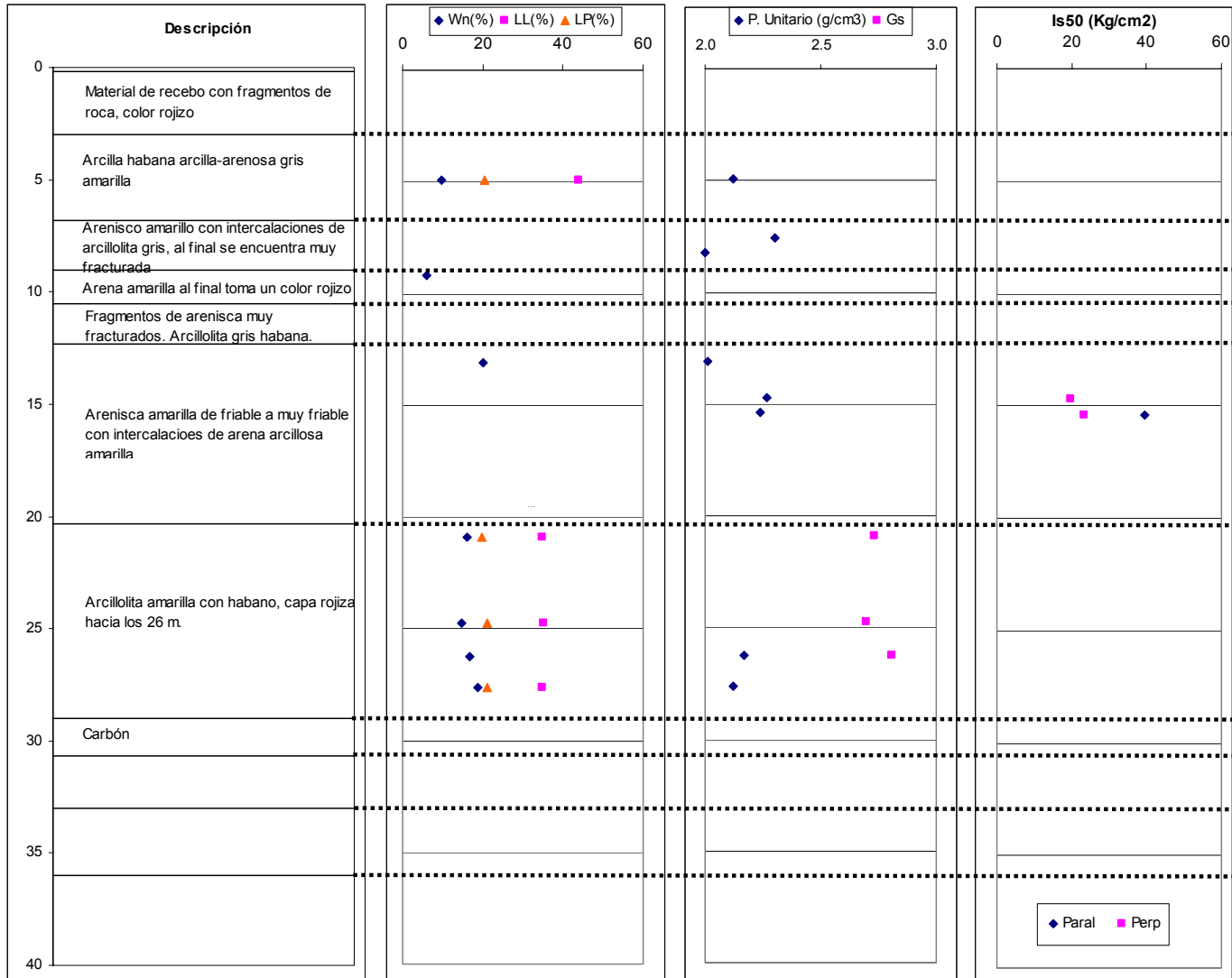


Figura 5.9 Perfil Geotécnico de la perforación 9



Figura 5.10 Perfil Geotécnico de la perforación 10

Muestra	Profundidad (m)		Media	DESCRIPCIÓN	Humedad	Límites de Att.			γ <sub>t</sub> Grs/cm <sup>3</sup>	GS	Is (50) Kg/cm <sup>2</sup>		CORTE DIRECTO				TRIAXIAL		CONSOLIDACION	
	DESDE	HASTA			105 °C %	LL %	LP %	IP %			Paral	Perp	C <sub>p</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	φ <sub>p</sub> (°)	C <sub>r</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	φ <sub>r</sub> (°)	C <sub>v</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	φ <sub>v</sub> (°)	K cm/s	C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /s
1	3.0	3.4	3.20	Arenisca gris con habano con oxidaciones consistencia dura.					2.21		41.292	57.854								
2	5.4	5.7	5.55	Arenisca gris con habano con oxidaciones consistencia dura.					2.26			38.401								
3	9.5	9.6	9.55	Arenisca gris con habano con oxidaciones consistencia dura.					2.41			39.913				0	31.8			
4	10.2	10.4	10.30	Arenisca gris con habano con oxidaciones consistencia dura.					2.30		40.139									
5	10.5	10.7	10.60	Arenisca gris con habano muy oxidada, consistencia dura, fracturada.					2.49		13.0									
6	11.0	11.3	11.15	Arcillolita gris oscura, consistencia dura con betas orgánicas, húmeda.	15.6	48.2	15.7	32.5	2.07	2.46									5.77E-08	2.38E-03
6SI	11.0	11.3	11.15	Arcillolita gris consistencia dura con oxidaciones ligeramnte húmeda.	16.3	39.7	22.5	17.2	2.16	2.74									7.01E-08	2.38E-03
7	12.5	13.0	12.75	Arcillolita limosa gris oscura gris oscura, consistencia dura ligeamenta húmeda.	13.1				2.14				0.7	39	0.2	33.6				
7SI	12.5	13.0	12.75	Arcillolita gris consistencia dura con oxidaciones ligeramnte húmeda.	16.8				2.18	2.73									6.89E-08	2.35E-03
8	17.0	17.4	17.20	Arcillolita gris con oxidaciones consistencia dura, ligeramenta húmeda.	10.7	29.4	19.7	9.7		2.63										
9	18.0	18.5		Carbón consistencia dura.																
10	20.0	20.4	20.20	Arcillolita gris con hanano y limo algo rgániaco consistencia dura, ligeramenta húmeda.	13.6	44.4	21.9	22.4	2.15	2.82									6.31E-08	2.38E-03

Nota: los valores de K y Cv en el ensayo de consolidación son para un nivel de esfuerzos de 4 Kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 5.11** Resultados de los ensayos de laboratorio - Perforación 11

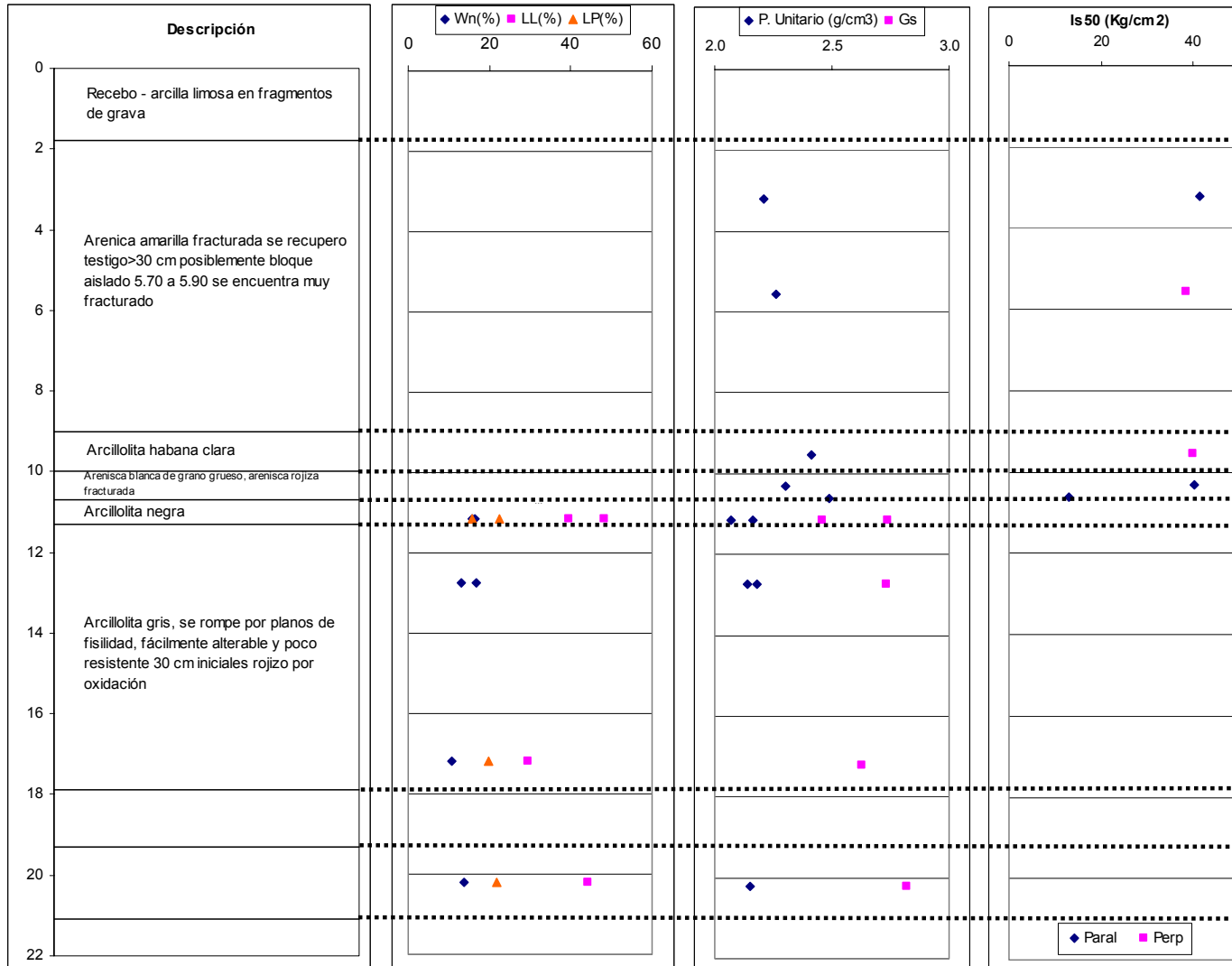


Figura 5.11 Perfil Geotécnico de la perforación 11

La distribución de ensayos realizados en cada una de las perforaciones se ilustra en la **Tabla 5.12**.

Perforación	Humedad	Límites	Granulometría	Peso Específico	Peso Unitario	Carga puntual	Corte directo	Triaxial	Consolidación	Compresión S.
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2	X	X	X	X	X	X		X	X	
3	X	X		X	X	X			X	
4	X	X		X	X	X	X		X	
5	X	X		X	X	X	X		X	
6	X	X		X	X	X			X	
7	X	X	X	X	X	X			X	
8	X	X	X	X	X	X			X	
9	X	X		X	X	X	X	X		X
10	X	X		X	X	X	X		X	
11	X	X		X	X		X	X	X	X

**Tabla 5.12** Relación de ensayos en cada una de las perforaciones

### 5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS

Existen esencialmente tres tipos de materiales identificables en el macizo rocoso: el suelo residual, las areniscas y las arcillolitas. Los ensayos geotécnicos se concentraron sobre las arcillolitas y las areniscas, al suelo residual por no encontrarse en la probable zona de falla no se le practicaron ensayos.

#### 5.3.1 Arcillolitas

Debido a que las arcillolitas se encuentran fuertemente alteradas por fallamiento local, pueden catalogarse como rocas blandas, de manera que a las muestras obtenidas se les realizaron algunos ensayos de propiedades índice, de resistencia y compresibilidad.

##### 5.3.1.1 Propiedades Índice

De los perfiles geotécnicos se puede observar que existe uniformidad en las propiedades de humedad, límites, peso unitario y peso específico de sólidos con la profundidad. En la **Tabla 5.13** se presentan los promedios de estas propiedades en cada una de las perforaciones. (Ver **Anexos 5.2 a 5.5**).

En el **Anexo 5.6** se encuentran algunos ensayos de granulometría realizados para la caracterización del material encontrado.

Pozos	Humedad	Límites de Att.			% PASA TAMIZ 200	GS	$\gamma_t$
	105 °C %	LL %	LP %	IP %			Grs/cm <sup>3</sup>
1	20.27	51.32	20.65	30.67	57.93	2.67	2.11
2	17.58	43.20	19.74	23.48		2.66	2.16
3	19.27	53.11	22.25	30.86		2.74	2.21
4	18.76	44.88	21.28	23.58		2.70	2.05
5	25.01	55.44	21.03	34.41		2.69	2.03
6	23.65	55.30	26.00	29.30		2.71	2.02
7	20.73	59.33	24.10	35.23	10.00	2.83	2.20
8	23.92	46.57	20.40	27.20		2.74	2.25
9	16.00	37.23	20.63	16.63		2.75	2.08
10	11.33	37.90	19.20	18.70		2.69	2.23
11	14.35	40.43	19.95	20.45		2.68	2.14
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.17</b>	<b>47.70</b>	<b>21.38</b>	<b>26.41</b>	<b>33.97</b>	<b>2.71</b>	<b>2.13</b>

**Tabla 5.13** Valores promedio de las propiedades índice por perforación (Arcillolitas).

La humedad natural varía aproximadamente entre 11 y 25% con un promedio de 19 %, el límite líquido varía entre 37 y 59% con un promedio de 47.7%, el límite plástico varía entre 19 y 26% con un promedio de 21.4%, el índice de plasticidad varía entre 16 y 34.4% con un promedio de 26.4%, el peso específico de sólidos varía entre 2.66 y 2.83 con un promedio de 2.71 y el peso unitario varía entre 2.02 y 2.28 gr/cm<sup>3</sup> con un promedio de 2.13 gr/cm<sup>3</sup>.

En general se ha encontrado que la humedad natural se encuentra muy cercana al límite plástico, lo que permite inferir que el material rocoso puede entrar en el rango de comportamiento plástico frente a cambios en los estados de esfuerzos.

### 5.3.1.2 Ensayos de Resistencia al Corte

Se realizaron ensayos de carga puntual, resistencia al corte, pruebas triaxiales y compresiones confinadas. Los resultados de estas pruebas se encuentran en los **Anexos 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10**. En la **Tabla 5.14** se muestran los resultados de los ensayos de resistencia.

#### 5.3.1.2.1 Ensayos de Corte Directo

Se realizaron 11 ensayos de corte directo 9 en condiciones pico y residual y 2 en condición residual (**Anexo 5.8**). Los ensayos se realizaron a baja velocidad de deformación para permitir adecuadas condiciones de drenaje. Al saturarse el material tiende a expandirse y una vez que se realiza el corte de la muestra inalterada la tendencia es contraerse con la deformación cortante (material contráctil). Este fenómeno hace que por el procedimiento mismo del ensayo de corte, algunos valores de resistencia residual resulten superiores a los de resistencia pico, como ocurrió en la muestra P4-M15 y en menor proporción en la muestra P5-M4. Este comportamiento anómalo también puede estar asociado a la presencia ocasional de fragmentos de arcillolitas más compactas dentro de la misma muestra y la presencia de delgados lentes de arena fina que se detectaron

en muestra a profundidades entre 18 y 22 m, los cuales pueden llegar a jugar un papel importante en el aumento de la resistencia si por el remoldeo llegan a la superficie de rotura durante la prueba.

Muestra	Prof. (m)	CORTE DIRECTO				TRIAxIAL CU		q <sub>u</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
		C'p (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ'p (°)	C'r (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ'r (°)	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ' (°)		
P1-M11	15			0.2	33				Muestra precortada
P1-M13	20			0	30				Muestra precortada
P1-M13	20					1.1	38		
P1-M20	28					0.9	50		
P2-M6	10					0	24		Muestra remoldeada y compactada
P4-M15	20	0.1	35						Valores de resistencia residual superiores a valores pico
P4-M18	22	0.7	17.5	0.4	16.2				Saturación 48 horas
P5-M4	2.5	0.1	33.7						Valores de resistencia residual superiores a valores pico
P9-M5	13.1	0.35	18.4	0.2	12.5				
P9-M8	20.9					0	33.7		
P9-M9	24.75					0	43.8		Los tres puntos se realizaron con la misma muestra
P9-M10	26.25							2.3	Compresión inconfina
P9-M11	27.6	0.4	33	0	25				
P10-M4	13.6	1.1	22.6	0.5	16.7				
P10-M5	15.55	0.7 - 0.2	28.5 - 33	0.4 - 0	24 - 26				
P11-M3SI	9.55					0	31.8		Los tres puntos se realizaron con la misma muestra
P11-M7	12.75	0.7	39	0.2	33.6				
P11-M7SI	12.75							1.5	Compresión confinada
P11-M10	20.2							2.3	Compresión inconfina

**Tabla 5.14** Resultados de los ensayos de resistencia al corte (Arcillolitas)

Con el propósito de evaluar la resistencia del material remoldeado, se realizó un ensayo (Muestra P1-M11), con material reconstituido y compactado a una densidad similar al material inalterado. Adicionalmente se realizó otro ensayo con muestras inalteradas pero precortadas (Muestra P1-M13), es decir se dejaron dos mitades de muestra en el equipo de corte y se procedió a realizar el ensayo, con el fin de obtener la resistencia al corte sobre una superficie fallada y evitar la influencia de las pequeñas partículas de arcillolita.

Finalmente para evaluar el efecto de la posible saturación de la muestra, se realizó otro ensayo convencional con muestra inalterada, pero dejándola en saturación y sin carga durante 48 horas (Muestra P4-M18). En este caso el comportamiento fue muy consistente con valores pico superiores a los valores residuales.

En general los resultados en condición pico muestran ángulos de fricción interna entre 18° y 39° con cohesiones cercanas a cero, en condición residual con muestras precortadas presentan ángulos de fricción interna del orden de 30° con cohesión muy cerca del cero y para las otras condiciones residuales los ángulos de fricción interna varían entre 12° y 33° con cohesiones cercanas a cero. Cabe resaltar que a



pesar de todos los métodos utilizados para encontrar valores reales de condición residual, los mínimos valores registrados se encontraron al saturar la muestra por un periodo de 48 horas presentando un ángulo de fricción interna de 12 a 16° y cohesión de 0.2 a 0.4 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 5.3.1.2.2 Ensayos Triaxiales

Se realizaron 6 ensayos triaxiales consolidados no drenados (CU) midiendo presión de poros (**Anexo 5.9**). En general los valores de los parámetros de resistencia fueron altos (ángulos de fricción interna de 40° a 50° y cohesiones entre 0 y 1 Kg/cm<sup>2</sup>) la arcilla podría considerarse en una condición intermedia entresuelo duro y roca blanda. A pesar de la alta resistencia del material se presentaron problemas para saturar y consolidar las muestras, debido a que fallaban aun sin aplicárseles algún esfuerzo desviador, con el simple flujo de agua a través de la muestra. Al analizar la superficie de falla se pudo notar pequeños lentes de arena fina y la alta oxidación que presentaban las caras en contacto con la arena, es decir existía una clara superficie de debilidad en el material (**Figura 5.12**). La única forma de poder realizar algunos puntos fue seleccionando los tramos que no presentaban incrustaciones de arena y realizando las etapas de saturación y consolidación con muy bajos gradientes de presión, es decir que se tuvo que proceder muy lentamente en las pruebas.



**Figura 5.12** Falla en la etapa de consolidación del ensayo triaxial por la presencia de lente de arena de color marrón.

### 5.3.1.2.3 Ensayos Compresión simple

Se realizaron dos ensayos de compresión inconfiada y uno en condición confinada (P11-M7). El material ensayado presentó un comportamiento elasto-plástico, alcanzando  $q_u$  de 2.3 Kg/cm<sup>2</sup> en condición inconfiada y para la condición confinada tiene un  $C_u$  de 0.75 Kg/cm<sup>2</sup>. (Ver **Anexo 5.10**)

### 5.3.1.3 Ensayos De Compresibilidad

Se realizaron 15 ensayos de consolidación, mínimo uno en cada perforación, a profundidades aproximadamente de 12, 20 y 26 m. Por tratarse de un material consolidado, la elaboración de las curvas de consolidación (relación de vacíos contra logaritmo del esfuerzo) no alcanzaron el 40% de la relación de vacíos inicial, con la carga máxima aplicada de 16 Kg/cm<sup>2</sup>, por ello se realizó un ensayo con un esfuerzo normal de 32 Kg/cm<sup>2</sup>, muestra P11-M7SI, el cual fue la base para determinar los demás comportamientos. Entonces, la magnitud de los esfuerzos de preconsolidación y de los coeficientes de consolidación y recompresión se obtuvo de analizar las gráficas y de reconstruir la curva “in-situ” aproximada de cada consolidación como se propone en el **Anexo 5.11**.

Los resultados se ilustran en la **Tabla 5.15**, donde  $\sigma'_o$ ,  $\sigma'_p$ , RSC,  $C_c$ ,  $C_r$ ,  $K$  y  $C_v$  corresponden al Esfuerzo vertical in situ, Esfuerzo de preconsolidación, Relación de Sobre-Consolidación, Coeficiente de Consolidación, Coeficiente de Recompresión, Permeabilidad y Coeficiente volumétrico respectivamente. Finalmente se clasifican las muestras en Normalmente Consolidadas NC y Sobre-Consolidadas SC.

Pozo	Muestra	Prof. m	$\sigma'_o$	$\sigma'_p$	RSC	$C_c$	$C_r$	$K$	$C_v$	Consolidación
			Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>				cm/s	cm <sup>2</sup> /s	
1	13	19.7	4.1	6.0	1.46	0.159	0.027	5.15E-08	0.00238	SC b
2	10	17.8	4.0	4.6	1.15	0.174	0.042	6.71E-08	0.00234	NC
3	9	26.6	5.6	6.0	1.07	0.109	0.038	4.48E-08	0.00272	NC
4	15	19.4	4.4	6.0	1.36	0.156	0.033	6.51E-08	0.00238	SC b
5	16	20.0	4.5	4.5	1.00	0.184	0.037	7.86E-08	0.00238	NC
6	4	22.0	4.7	4.7	1.00	0.201	0.043	7.73E-08	0.00237	NC
7	14	22.0	4.7	4.7	1.00	0.323	0.067	1.12E-07	0.00237	NC
8	7	21.2	4.7	4.7	1.00	0.215	0.049	9.70E-08	0.00238	NC
8	10	26.4	5.6	5.6	1.00	0.198	0.048	6.31E-08	0.00238	NC
10	5	15.6	3.5	4.0	1.14	0.255	0.043	1.44E-07	0.00270	NC
10	6	18.9	4.2	6.0	1.43	0.122	0.036	4.90E-08	0.00240	SC b
11	6	11.2	2.6	3.8	1.46	0.117	0.02	5.77E-08	0.00238	SC a
11	6SI	11.2	2.6	5.0	1.92	0.209	0.042	7.01E-08	0.00238	SC a
11	7SI	12.8	2.9	4.0	1.38	0.185	0.044	6.89E-08	0.00235	SC a
11	10	20.2	4.5	6.0	1.33	0.161	0.032	6.31E-08	0.00238	SC b

**Tabla 5.15** Parámetros de Compresibilidad de las Arcillolitas

La permeabilidad presentada esta calculada para un esfuerzo de 4 Kg/cm<sup>2</sup>; el cual equivale al esfuerzo in situ para una profundidad de 20 metros aproximadamente, en promedio la permeabilidad de las arcillolitas es del 6.0·10<sup>-8</sup> cm/s. Finalmente, se puede clasificar la arcillolita en tres estratos, uno de 11 a 13 m con RSC del orden de 1.6 (SC a), otro intermedio de 18 a 21 m con RSC de 1.4 (SC b) y un estrato profundo Normalmente Consolidado a partir de los 22 m aproximadamente (NC). En la **Tabla 5.16** se muestran los parámetros promedio de cada estrato típico.

Promedios	Prof.	$\sigma'o$	$\sigma'p$	RSC	Cc	Cr	K	Cv
	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>				cm/s	cm <sup>2</sup> /s
SC a	11.7	2.7	4.3	1.59	0.170	0.035	6.56E-08	0.00237
SC b	19.6	4.3	6.0	1.40	0.150	0.032	5.72E-08	0.00239
NC	21.5	4.7	4.9	1.05	0.207	0.046	8.55E-08	0.00246

**Tabla 5.16** Parámetros de Compresibilidad promedio por estratos para las Arcillolitas

### 5.3.2 Areniscas

Sobre estas rocas se realizaron ensayos de humedad, peso unitario y carga puntual. Al igual que en las arcillolitas se presenta uniformidad en los resultados de los ensayos con relación a la profundidad. Los promedios de los resultados de los ensayos geotécnicos en cada una de las perforaciones se puede observar en la **Tabla 5.17**, donde se hace una estimación de la resistencia a la compresión simple ( $q_u$ ) a partir de los resultados del ensayo de carga puntual. Para esto, se uso la correlación que indica que el valor de la resistencia a la compresión simple es aproximadamente de 20 a 25 veces el índice de carga puntual ( $I_s50$ ), en este caso se uso un valor de 22

Pozos			$I_s (50)$						$q_u (Kg/cm^2)$					
	Humedad	$\gamma_t$	Paralelo			Perpendicular			Paralelo			Perpendicular		
	105 °C %	g/cm <sup>3</sup>	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom
1	19.2	2.22	32.5	52.1	39.4	40.8	94.4	74.6	714	1147	867	898	2076	1641
2		2.26	31.9	67.1	44.2				701	1477	972			
3	18.3	2.33	7.1	37.7	25.8	44.2	79.5	56.3	157	830	567	971	1749	1239
4	25.4	2.34	25.4	68.8	44.1	49.1	71.3	61.1	559	1513	970	1079	1568	1345
5	28.1	2.35	7.7	37.1	22.6	13.6	72.7	40.1	169	817	498	299	1598	882
6		2.29	18.6	31.0	24.9	14.8	47.4	27.0	409	681	547	325	1042	595
7	9.6	2.26	9.1	19.7	13.8	7.3	18.7	12.3	200	433	304	160	412	270
8		2.29	15.3	68.7	35.7	14.4	58.8	39.0	336	1512	785	317	1294	858
9		2.27	39.4	39.4	39.4	19.7	23.3	21.5	866	866	866	434	512	473
10	6.4	2.36	53.9	53.9	53.9				1185	1185	1185			
11		2.33	13.0	41.3	31.5	38.4	57.9	45.4	285	908	692	845	1273	999
PROMEDIO	17.8	2.30	23.1	47.0	34.1	26.9	58.2	41.9	507.4	1033.6	750.4	592.0	1280.5	922.4

**Tabla 5.17** Valores promedio de propiedades índice y de resistencia por perforación (Areniscas).

De los resultados obtenidos para estos materiales podemos concluir que la humedad promedio es 18%, el peso unitario varia entre 2.22 y 2.36 con un promedio

de 2.30, el índice de carga puntual con la carga aplicada paralela a la estratificación (Is50 - Paralelo) varía entre 7 y 68 con un promedio 34.1 y el índice de carga puntual con la carga aplicada perpendicular a la estratificación (Is50 – Perpendicular) varía entre 7 y 94 con un promedio de 41.9. De acuerdo a esto y usando la correlación anteriormente planteada la resistencia a la compresión simple aplicada la carga paralela a la estratificación varía aproximadamente entre 150 y 1500 Kg/cm<sup>2</sup> y aplicada la carga perpendicular a la estratificación varía entre 160 y 2000 Kg/cm<sup>2</sup>.

Con base en los datos de abatimiento del nivel de agua dentro del pozo 2 y 3, se tiene la lectura diaria de descenso de la lamina de agua en la perforación hasta estabilizarse con el nivel freático como se muestra en la **Figura 7.25**. Es posible entonces estimar la permeabilidad de la arenisca fracturada haciendo el análisis de flujo por las paredes del pozo y suponiendo que los estratos de arcillolita se comportan prácticamente impermeables ( $K=6.0 \times 10^{-8}$ cm/s). Es así como se obtiene que la permeabilidad de los estratos de arenisca es del orden de  $2.5 \times 10^{-3}$ cm/s.

### 5.3.3 Perfil típico promedio

Con base en las exploraciones de campo y los resultados de laboratorio se concluye que el perfil típico esta conformado por cuatro estratos: un estrato de suelo residual, seguido por estratos de Arenisca muy fracturada intercalada con capas de Arcillolita y finalmente se encuentra una Arcillolita de consistencia firme.

Se clasificaron las perforaciones en dos grupos con base en su ubicación, espesor promedio de los estratos y profundidad de la arcillolita. Entonces se propone dos perfiles típicos; el primero agrupa las perforaciones 1, 2 y 3 ubicadas al costado norte de la zona de estudio y el segundo grupo abarca las perforaciones 4, 5, 6, 7, 8 y 9 localizadas en la parte central del área estudiada. Las perforaciones 10 y 11 no se tuvieron en cuenta para este fin por muy separadas.

Los perfiles geotécnicos típicos se resumen en las **Tablas 5.18 y 5.19** donde se establecen los rangos de espesor y las principales propiedades geotécnicas promedio de cada estrato.

ESTRATO	DESCRIPCIÓN	ESPESOR DEL ESTRATO m	PROF. CONTACTO SUPERIOR m	$\gamma_t$ gr/cm <sup>3</sup>	Is (50) Paral Kg/cm <sup>2</sup>	Is (50) Perp Kg/cm <sup>2</sup>	C'p Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi_p$	C'r Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi_r$	RSC	K cm/s
Suelo Residual	Suelo residual, areno-arcilloso, color gris amarillento con tintes marrones y rojizos debido a la oxidación, con restos de raíces y materia orgánica.	0.6-1.3	-	1.87								
Arenisca	Arenisca cuarzosa color gris a parda de grano medio a fino, poco friable, de fracturada a muy fracturada	9.6-11.5	0-2.2	2.27	36.5	65.5						2.5E-03
Arenisca - Arcillolita	Arenisca cuarzosa color gris a parda de grano medio a fino, con intercalaciones de arcillolita color gris de consistencia media a firme	11.1-14	7.1-12.2	2.17					0	25	1.4-1.1	6.0E-08
Arcillolita	Arcillolita color gris algo oxidada, de consistencia firme. Hacia los 27 m de profundidad presenta un paquete de carbón de 0.2 a 0.7 m de espesor.	-	21.7-25.8	2.18			1	48	0	30	1.05	4.5E-08

**Tabla 5.18** Perfil Geotécnico Típico 1, Perforaciones 1, 2 y 3

ESTRATO	DESCRIPCIÓN	ESPESOR DEL ESTRATO m	PROF. CONTACTO SUPERIOR m	$\gamma_t$ gr/cm <sup>3</sup>	Is (50) Paral Kg/cm <sup>2</sup>	Is (50) Perp Kg/cm <sup>2</sup>	C'p Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi_p$	C'r Kg/cm <sup>2</sup>	$\phi_r$	RSC	K cm/s
Suelo Residual	Suelo residual, areno-arcilloso, color gris amarillento, con restos de raíces y materia orgánica.	0.5-1.6	-									
Arenisca	Arenisca cuarzosa color gris a parda de grano medio a fino, poco friable, de fracturada a muy fracturada	13-19	0-6.8	2.3	30.1	33.5						
Arenisca - Arcillolita	Arenisca cuarzosa color gris a parda de grano medio a fino, con intercalaciones de arcillolita color gris de consistencia media.	1.8-4.6	2.3-9.2	2.1			0.2	30	0	12.5	1.3-1.1	6.5E-08
Arcillolita	Arcillolita color gris algo oxidada, de consistencia firme. Hacia los 27 m de profundidad presenta un paquete de carbón de 0.2 a 0.7 m de espesor.	-	18.5-21.6	2.11			0.1	45	0	25	1	8.5E-08

**Tabla 5.19** Perfil Geotécnico Típico 2, Perforaciones 4, 5, 6, 7, 8 y 9

---

## CAPITULO 6

---

### ANÁLISIS HIDRÓLOGICO

En el deslizamiento activo del Barrio El Espino en la Ciudad de Bogotá D. C., convergen diversidad de factores que de una u otra forma han contribuido con el movimiento a lo largo del tiempo.

Uno de los principales factores detonantes de los movimientos en masa es la elevación del contenido de humedad de los suelos y en ocasiones el efecto que tiene la intensidad de la lluvia sobre algunos materiales. La acción del agua se puede reflejar en el aumento de los esfuerzos de corte en la masa deslizada y en la reducción de la resistencia al corte del material pudiéndose generar superficies de falla.

El contenido de humedad en los suelos varía con la retención propia de los mismos, la existencia de aguas subterráneas y su flujo, los niveles freáticos, la incorporación de agua por procesos de infiltración o a través de grietas que aparecen en la parte externa del terreno. En áreas urbanas, las obras de infraestructura rústica como aljibes, pozos sépticos, zanjas superficiales y mangueras entre otras, además de las obras de infraestructura moderna como acueductos, alcantarillados, sumideros y en general, el manejo de las aguas lluvias y servidas, se ven afectados en gran medida por los movimientos en masa, adicionando caudales líquidos al interior de los mismos. El efecto de la intensidad de la precipitación es en ocasiones detonante de movimientos en masa dada la energía cinética de las gotas de lluvia, el volumen acumulado y su efecto sobre algunos tipos de suelos.

En el caso de El Espino, un sector densamente habitado sobre materiales en general correspondientes a una roca fracturada, se considera de gran importancia el estudio de la influencia que tiene el contenido de humedad en los materiales producto principalmente de la incorporación de aguas lluvias al cuerpo del movimiento (material removido y potencialmente susceptible a moverse), filtraciones principalmente por colapso de los sistemas de abastecimiento de agua y drenaje de aguas lluvias y servidas, la variación en los niveles freáticos y la posible existencia de flujos de aguas subterráneas sobre los estratos subyacentes y los múltiples rellenos existentes en el sector de estudio.

En este capítulo se analizará la incidencia del agua producto de la escorrentía sobre el movimiento caracterizando el área desde el punto de vista Climatológico estimando el volumen de escorrentía susceptible de infiltrarse y en la medida de la disponibilidad de información adicional, las posibles contribuciones de aguas subterráneas en los puntos de colapso de los sistemas de abastecimiento y drenaje del sector.

## **6.1 METODOLOGIA**

Según Dwight A. Sangrey, Kingsley O. Harrop-Williams y Jeffrey A. Klaiber (Dwight et al., 1984), los niveles de elevación de la superficie de agua al interior del suelo son considerados una de las principales causas de la inestabilidad de laderas y otros problemas importantes de ingeniería geotécnica.

Estos autores, desarrollaron una metodología descrita que permite predecir la fluctuación de los niveles de la superficie de agua como una función de la precipitación. El método aproximado usa mediciones características del sitio o región en un corto periodo de calibración de los registros de pozo. La magnitud de la precipitación para la fluctuación de la superficie de agua puede ser usada en cualquier método determinístico o probabilístico. Esta metodología ha sido ensayada y aplicada en varias áreas geológica y climatológicamente diferentes, y es usada inclusive hoy en día como metodología base de estudios hidrogeológicos.

Diversos estudios de campo fueron realizados con el fin de medir la sensibilidad de la metodología para un periodo de calibración, tiempo de respuesta del acuífero y evapotranspiración entre otras características evaluadas. Dicho trabajo demostró que la fluctuación del nivel de la superficie de agua, incluyendo valores extremos, puede ser predicha con suficiente aproximación para muchos problemas de análisis y diseño, siempre y cuando se puedan tomar en un periodo relativamente largo (mayor a 6 meses), lecturas de niveles de agua y al mismo tiempo mediciones de precipitación.

### **6.1.1 Bases teóricas para la metodología**

El objetivo de la metodología citada es predecir la altura de la superficie de agua en un acuífero a partir de la precipitación experimentada en el área y relación con los elementos meteorológicos como son la precipitación, temperatura y las características geológicas del acuífero.

Se divide convenientemente el modelo en dos partes, la primera, llamada Modelo Hidrometeorológico, ligada a la cantidad de precipitación y factores como temperatura, para la recarga efectiva de la lámina de agua; la segunda parte, llamada Modelo Hidrogeológico, ligado a la altura de la recarga de la lámina de agua en el acuífero.

Esta aproximación teórica es similar, en principio, a algunos métodos en hidrología de agua superficial, donde un modelo teórico en cada cuenca se correlaciona con los registros de precipitación y niveles de superficie de agua.

La principal y única contribución expuesta dentro de esta metodología particular es que propone un método a desarrollar particularmente para ingeniería geotécnica en deslizamientos. Los elementos particulares seleccionados para incluir en la metodología han sido elegidos después de múltiples análisis comparativos de algunas variables de hidrología superficial. El resultado es un método con adecuado balance entre complejidad y aproximación, considerando la cantidad de entradas disponibles y las necesidades de diseños prácticos y análisis.

### 6.1.2 Limitaciones

Para el caso específico del movimiento en el Barrio El Espino, no se contó con registros simultáneos de parámetros climatológicos y niveles de agua en pozos realizados en el sector, dado que las estaciones climatológicas cercanas son manejadas por entidades diferentes a la DPAE y a la fecha de procesamiento de la información no se disponía de los datos registrados por las mismas, ya que se encontraban en proceso de oficialización.

Así mismo, del trabajo de perforación e instalación de pozos para piezómetros en campo realizado no se obtuvieron los resultados esperados (Ver **Tabla 6.1**). En cuanto a registros de los niveles de agua (niveles freáticos) se encontró una variación excesiva como consecuencia del movimiento presentado entre los meses de abril y julio de 2002. Finalmente, desaparecieron totalmente los niveles de agua al colapsar los pozos perdiendo así continuidad y confiabilidad en los registros para su aplicación en la metodología propuesta.

Se considera que el periodo de seguimiento de los niveles fue muy corto y aún considerando un seguimiento hasta finales del año 2002 y comienzos de 2003, se hubiera requerido de la instalación de nuevos pozos sin considerar los costos adicionales en que se incurriría y la alta posibilidad de colapso por el movimiento.

Pese a lo anterior, para los análisis geotécnicos se obtuvo información acerca de niveles freáticos a partir de los inclinómetros instalados.

Ante estos inconvenientes, se realizaron los análisis del Modelo Hidrometeorológico, complementándolo con los Análisis Geotécnicos y el análisis histórico de los movimientos ocurridos en el sector relacionados con los factores hidrometeorológicos mediante la interpretación de datos de lluvias acumuladas precedentes.

### Modelo Hidrometeorológico

El modelo hidrometeorológico es la interfase entre hidrología y meteorología. Este determina la recarga del agua subterránea (llamada  $R$ ) basado en factores del clima tales como la temperatura y precipitación. La recarga  $R$ , puede ser obtenida de la sustracción de la escorrentía  $Qr$  y la evapotranspiración  $E$ , de la precipitación  $P$ .

Otro factor que puede afectar la recarga es el almacenamiento  $St$  y elementos sintéticos  $Sy$ , primordialmente encontrados en zonas templadas por ejemplo, la acumulación de nieve en invierno y subsecuentemente la fusión en verano. El agua del suelo sobre la superficie freática es también parte de  $St$ . Los elementos sintéticos se refieren a la irrigación no natural y bombeo. La recarga del agua suelo puede ser expresada como

$$R = P - Qr - E \pm St \pm Sy$$



PIEZOMETRO DE CASAGRANDE PC1			
FECHA	HORA	PROF (m)	N.F (m)
18/05/2002	10:30	6.20	Seco
21/05/2002	11:50	6.00	Seco
22/05/2002	8:40	6.00	Seco
23/05/2002	14:00	6.00	Seco
24/05/2002	12:35	6.00	Seco
25/05/2002	15:30	6.00	Seco
26/05/2002	14:20	6.00	Seco
27/05/2002	8:30	6.00	Seco
28/05/2002	9:30	6.00	Seco
29/05/2002	10:30	6.00	Seco
30/05/2002	11:30	6.00	Seco
07/06/2002	14:00	6.00	Seco
08/06/2002	15:00	6.00	Seco
09/06/2002	8:00	6.00	Seco
10/06/2002	9:00	6.00	Seco
11/06/2002	15:00	6.00	Seco
13/06/2002	15:00	6.00	Seco
20/06/2002	DESTRUCCION DEL POZO		

PIEZOMETRO DE CASAGRANDE PC2			
FECHA	HORA	PROF (m)	N.F (m)
18/05/2002	8:30	22.00	10.27
20/05/2002	10:50	22.00	12.85
21/05/2002	11:30	22.00	14.10
22/05/2002	8:00	22.00	14.90
23/05/2002	13:45	22.00	14.90
24/05/2002	10:35	22.00	14.97
25/05/2002	12:42	22.00	15.02
26/05/2002	15:30	22.00	15.36
27/05/2002	8:30	22.00	15.35
28/05/2002		20.20	15.94
29/05/2002		20.20	16.24
30/05/2002		20.20	16.68
31/05/2002		20.20	16.70
02/06/2002	9:30	20.20	17.90
03/06/2002	15:00	20.20	17.70
04/06/2002	9:00	20.20	17.12
05/06/2002	10:00	20.20	17.16
07/06/2002	14:00	20.20	16.70
08/06/2002	15:00	20.20	16.70
09/06/2002	8:00	20.20	16.40
10/06/2002	9:00	20.20	16.60
11/06/2002	15:00	20.20	16.50
13/06/2002	15:00	20.20	16.50
20/06/2002	13:55	20.20	16.50
24/06/2002	11:00	20.20	16.30
28/06/2002	11:00	20.00	17.50
04/07/2002	8:00	19.90	17.50
25/07/2002	8:00	19.80	17.12
02/08/2002	10:00	17.80	16.22
22/08/2002	11:10	15.40	15.40
05/09/2002	10:30	Destrucción pozo	

PIEZOMETRO DE CASAGRANDE PC3			
FECHA	HORA	PROF (m)	N.F (m)
18/05/2002	8:05	29.90	18.75
20/05/2002	11:10	29.90	21.75
21/05/2002	11:30	29.90	22.69
22/05/2002	7:50	29.90	22.40
23/05/2002	13:30	29.60	22.40
24/05/2002	10:30	29.60	22.56
25/05/2002	12:35	29.60	22.65
26/05/2002	15:30	29.60	22.36
27/05/2002	8:30	29.60	22.36
28/05/2002		29.40	22.92
29/05/2002		29.40	23.24
30/05/2002		29.40	23.60
31/05/2002		29.40	23.64
02/06/2002	9:30	29.40	23.30
03/06/2002	15:00	29.40	24.70
04/06/2002	9:00	29.40	25.10
05/06/2002	10:00	29.40	25.10
07/06/2002	14:00	29.40	25.70
08/06/2002	15:00	29.45	25.70
09/06/2002	8:00	29.40	25.35
10/06/2002	9:00	29.40	25.70
11/06/2002	15:00	29.40	26.50
13/06/2002	15:00	29.40	26.00
20/06/2002	13:55	28.30	28.00
24/06/2002	11:00	28.10	27.25
28/06/2002	11:00	28.60	28.60
04/07/2002	8:00	28.50	Seco
25/07/2002	8:00	28.30	Seco
02/08/2002	10:00	28.30	Seco
22/08/2002	11:10	28.00	Seco
05/09/2002	10:30	28.00	Seco
23/09/2002	11:30	28.00	Seco
03/10/2002	11:00	28.00	Seco
10/10/2002	11:30	28.00	Seco
24/10/2002	11:15	28.00	Seco
13/11/2002	11:45	28.00	Seco
29/11/2002	9:30	28.00	Seco
05/12/2002	10:00	28.00	Seco
11/12/2002	14:00	28.00	Seco
17/12/2002	9:30	28.00	Seco
09/01/2003		27.00	Seco
23/01/2003	10:00	27.00	Seco
14/02/2003	11:30	27.00	Seco
27/02/2003		27.00	Seco
11/03/2003	10:10	27.00	Seco
28/03/2003	10:50	27.00	Seco
07/04/2003	9:30	27.00	Seco
24/04/2003	9:00	27.00	Seco

**FECHA** Día, mes y año de toma de lectura  
**PROF (m)** Profundidad del pozo  
**N.F (m)** Lectura de nivel freático

**Tabla 6.1.** Registros de nivel freático en El Espino.

Dentro del modelo se simplifican las contribuciones por  $S_t$  y  $S_y$ . Esta simplificación es válida para algunos casos como el de El Espino, pero puede llevar a errores significativos en otras áreas. Si  $S_y$ , o ambas, son conocidas y no pueden ser desestimadas, la generalidad del modelo permite su incorporación.

Como ambos  $Q_r$  y  $E$  son funciones de  $P$ , esto implica que  $R$  es una función de  $P$  también. Goldschmidh (Goldschmidh, 1960) sugiere que ambas,  $Q_r$  y  $E$  son funciones lineales de  $P$  como sigue:

$$Q_r = c_0 + c_1 * P$$

$$E = d_0 + d_1 * P$$

Remplazando en la primera ecuación se obtiene que

$$R = (-c_0 - d_0) + (1 - c_1 - d_1) * P$$

Los coeficientes  $c_0$ ,  $c_1$  y  $d_0$ ,  $d_1$  son obtenidos por regresiones lineales de valores almacenados de  $P$ ,  $Q_r$  y  $E$ . La validación para suponer que  $Q_r$  y  $E$  son funciones lineales de  $P$  está limitado por la condición estática. Otros factores tales como la condición de humedad del suelo, la precipitación antecedente y la cobertura del suelo entre otros pueden afectar la linealidad. En general, la longitud del periodo de tiempo base para  $Q_r$ ,  $E$  y  $P$ , será el modelo lineal más válido.

Sin embargo allí habrá un incremento correspondiente en el posible error para cada evento de precipitación individual.

Una alternativa aproximada en la determinación de la recarga fue propuesta por Thornthwaite (Thornthwaite, 1948). Él evaluó la evapotranspiración potencial mensual  $PE_m$  (en mm/mes), en términos de la temperatura media mensual,  $T_m$ . Esta puede ser expresada como

$$PE_m = (16) * b_2 * (10T_m / I)^{b_1}$$

En la cual

$$I = \sum (0.2 * T_m)^{1.514}$$

es llamado el índice anual de calentamiento, y es la suma tomada sobre el año.

El coeficiente  $b_2$  es un factor de corrección por diferente longitud de mes y día (tabulada por mes y latitud), y

$$b_1 = (6.75 \times 10^{-7}) * I^3 - (7.71 \times 10^{-5}) * I^2 + (1.792 \times 10^{-2}) * I + 0.49239.$$

Asumiendo por último que la escorrentía está eventualmente recargando la superficie de agua, Jonson (Jonson, 1977) sugiere que la recarga mensual puede ser tomada como la diferencia entre la precipitación mensual y la evapotranspiración

mensual. Las recargas mensuales de Thornthwaite pueden entonces ser obtenidas como:

$$R_m = P_m - P_{Em}$$

En la cual  $P_m$  = la precipitación media mensual.

Johnson Further sugirió una combinación de los métodos de Goldschmidt y Thornthwaite porque la ecuación está en términos de la evapotranspiración potencial en lugar de la evapotranspiración. Él sugiere que la evapotranspiración mensual puede ser escrita en términos de la evapotranspiración anual,  $E_y$ , como:

$$E_m = (P_{Em} / P_{Ey}) * E_y$$

$$P_{Ey} = \sum P_{Em}$$

$$E_y = d_0 + d_1 * P_y$$

Los coeficientes  $d_0$  y  $d_1$  son de la ecuación de regresión de la evapotranspiración anual,  $E_y$ , a la precipitación anual  $P_y$ . Combinando esos factores la fórmula de la recarga de Goldschmidt – Thornthwaite es

$$R_m = P_m - E_m \quad \text{ó}$$

$$R_m = d_{0m} + d_{1m} * P_m$$

En la cual

$$d_{0m} = -d_0 * (P_{Em} / P_{Ey})$$

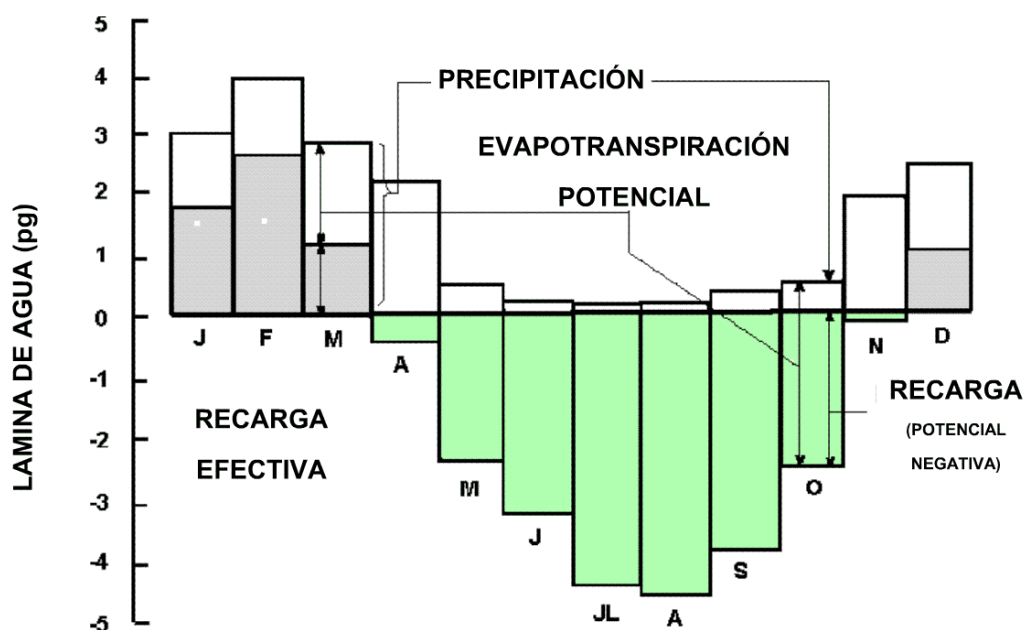
$$d_{1m} = 1 - d_1 * (P_{Em} / P_{Ey}) * (P_y / P_m)$$

$P_m$  = precipitación media mensual

$P_y$  = precipitación media anual.

Una ilustración de la distribución relativa de la precipitación mensual a la recarga y evapotranspiración para climas semi-áridos es presentada en la **Figura 6.1** donde se ha empleado la teoría Goldschmidt – Thornthwaite para definir la evapotranspiración. Si es usada otra teoría para la determinación de la evapotranspiración, la teoría Thornthwaite u otro modelo para la evapotranspiración, la distribución resultante será diferente a la mostrada en la **Figura 6.1**.

Como observa en la **Figura 6.1** una importante característica de la precipitación y de la recarga almacenada es el déficit cuando la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación. Esta condición puede ocurrir para la mayoría de meses en un área, pero con climas de temperaturas similares. Allí habrá algunos períodos con déficit potencial. Durante un período de déficit de recarga no hay contribución de una nueva precipitación para el agua del suelo. En teoría hay potencial para el déficit que es manifestado en una pérdida del agua del suelo (ej. A través de raíces profundas de la vegetación). Esta es una cuestión compleja y esta metodología ha sido usada asumiendo que allí no hay un mecanismo para la pérdida de agua para satisfacer el déficit en la evapotranspiración.



**Figura 6.1.** Esquema de distribución relativa de la precipitación mensual, la recarga y la evapotranspiración (Dwight et al, 1984).

## 6.2 HIDROLOGIA

### 6.2.1 Inventario de Estaciones

Para la caracterización de los parámetros hidrológicos en el área de estudio se realizó inicialmente la recopilación de la información existente de las estaciones localizadas dentro y en proximidades al área de estudio (Ver **Figura 6.2**). Esta información fue consultada en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB, 2002), El Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, y la Corporación Autónoma Regional CAR, entidades que se encargan de la recopilación de los datos, procesamiento y en general del manejo de las mismas.

En total se encontraron 19 estaciones entre las coordenadas planas (990.000 m N – 1.010.000 m N) y (980.000 m E – 1.010.000 m E) en la Ciudad de Bogotá D. C., entre las cuales solo se inventariaron las de tipo hidrometeorológico y principalmente aquellas que cuentan con registros de precipitación. (Ver **Tabla 2**)

Después de analizada el área de estudio y consultadas las entidades responsables de la información hidrometeorológicas fueron seleccionadas nueve (9) estaciones, las cuales se encuentran más cerca al área de estudio. Dichas estaciones hidrometeorológicas son de tipo: CO Climatológica Ordinaria, CP Climatológica Principal, PM Pluviométrica, PG Pluviográfica

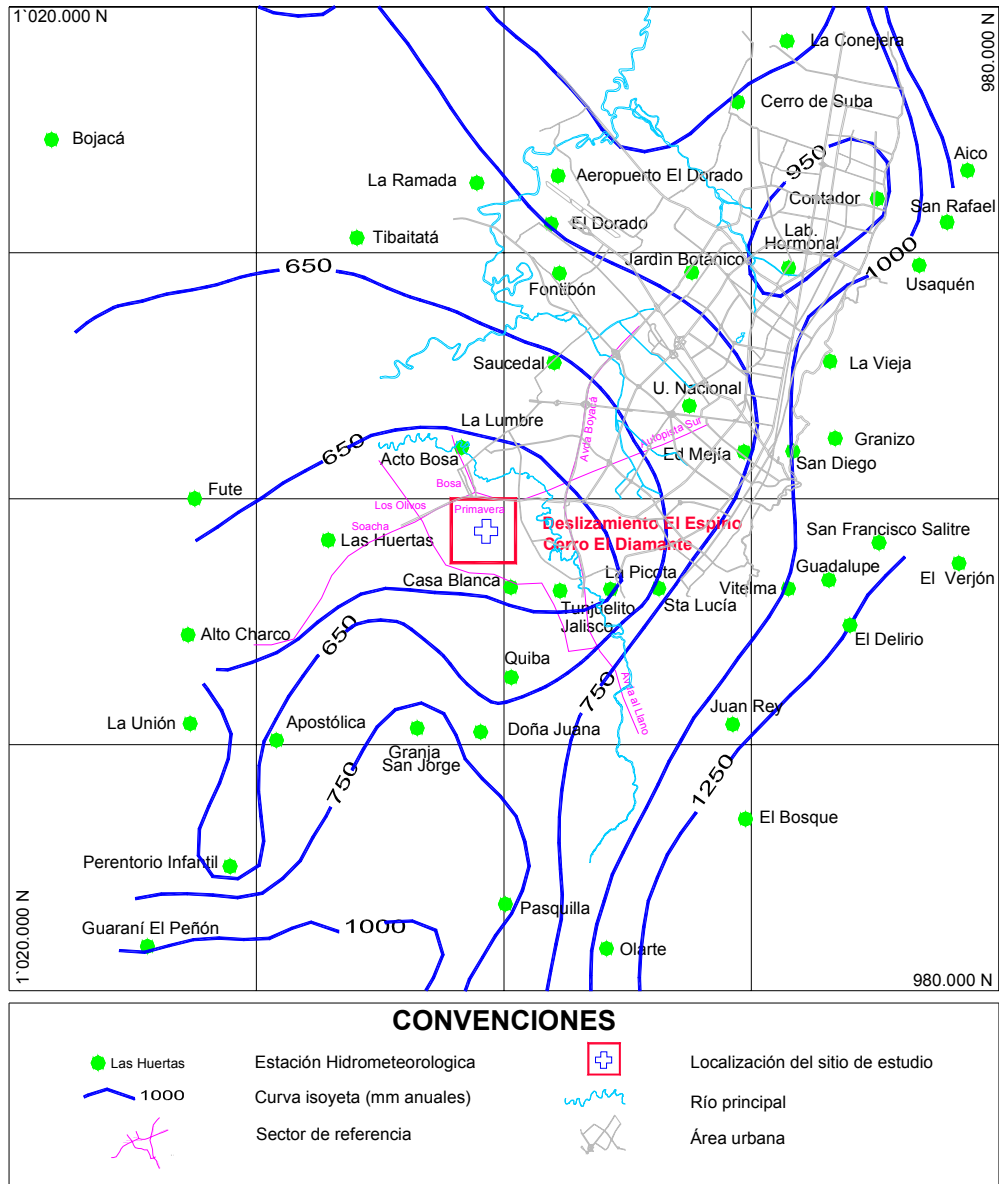


Figura 6.2. Localización de estaciones en el área de estudio e Isoyetas

**INVENTARIO DE ESTACIONES**

Entre coordenadas planas 990.000 N - 1'010.000 N y entre 980.000 E - 1'000.000 E

Codigo	Nombre	Tipo	Coordenadas Geográficas				Elevación (msnm)	Entidad
			Latitud E		Longitud W			
2120051	APOSTOLICA	PG	4	31	74	15	2618	CAR
2120052	SANTA LUCIA	PG	4	34	74	7	2630	EAAB
2120059	TUNJUELITO JALISCO	PM	4	34	74	9	2599	EAAB
2120115	ED MEJIA	PG	4	37	74	5	2580	CAR
2120156	LA PICOTA	PG	4	34	74	8	2580	CAR
2120197	CASABLANCA	PM	4	34	74	10	2665	EAAB
2120204	JUAN REY	PG	4	31	74	5	2985	EAAB
2120205	QUIBA	PG	4	32	74	10	3000	EAAB
2120207	SAUCEDAL II	PM	4	39	74	9	2900	EAAB
2120211	LAS HUERTAS	PG	4	35	74	14	2572	EAAB
2120524	VITELMA	CO	4	34	74	4	2800	EAAB
2120534	ACTO BOSA	CO	4	37	74	11	2585	EAAB
2120547	FONTIBON	CO	4	41	74	9	2518	EAAB
2120561	MUÑA	CP	4	33	74	15	2565	CAR
2120571	JARDIN BOTANICO	CO	4	41	74	6	2552	IDEAM
2120572	GJA SAN JORGE	CO	4	31	74	12	2900	CAR
2120622	U. NACIONAL	CP	4	38	74	6	2556	IDEAM
2120630	DOÑA JUANA	CP	4	30	74	10	2700	CAR
2121525	LA LUMBRE	CO	4	37	74	11	2540	CAR

**Tabla 6.2.** Inventario de estaciones hidrometeorológicas

En la **Tabla 6.3** figuran las estaciones más próximas al sector de El Espino.

Codigo	Nombre	Tipo	Coordenadas Geográficas				Elevación (msnm)
			Latitud E		Longitud W		
2120052	SANTA LUCIA	PG	4	34	74	7	2630
2120059	TUNJUELITO JALISCO	PM	4	34	74	9	2599
2120156	LA PICOTA	PG	4	34	74	8	2580
2120197	CASABLANCA	PM	4	34	74	10	2665
2120205	QUIBA	PG	4	32	74	10	3000
2120211	LAS HUERTAS	PG	4	35	74	14	2572
2120524	VITELMA	CO	4	34	74	4	2800
2120534	ACTO BOSA	CO	4	37	74	11	2585
2120630	DOÑA JUANA	CP	4	30	74	10	2700

**Tabla 6.3.** Estaciones próximas al área de estudio

**6.2.2 Datos seleccionados y obtenidos**

Una vez seleccionadas las estaciones y consultados los registros existentes de las mismas, fueron adquiridos los datos de aquellas estaciones ubicadas en los alrededores del movimiento que contaran con mejor calidad y mayor periodo de registro. Los datos adquiridos corresponden a registros de precipitación total anual (en algunas estaciones desde el año 1957) y precipitación diaria de los años 2000,

2001 y 2002. Se adquirieron los datos diarios de precipitación con el fin de compararlos con los registros tomados en la estación Sierra Morena, instalada desde octubre del año 2000 en un lugar muy próximo al movimiento (coordenadas geográficas 4.5749 N, 74.1707 E y Cota 3078 msnm). De las estaciones climatológicas se adquirieron además los siguientes parámetros a nivel mensual multianual: brillo solar, temperatura y evaporación.

La información hidrometeorológica de las estaciones de la EAAB fue adquirida a esta entidad y la información de las estaciones de la CAR fue gentilmente suministrada por dicha entidad.

### 6.2.3 Caracterización de la precipitación

Para caracterizar la precipitación en el área de estudio se realiza inicialmente el análisis de las estaciones pluviométricas y pluviográficas buscando que las series históricas sean lo más completas posibles. Se realizó el análisis de la precipitación media mensual para cada una de las estaciones mostradas en la **Tabla 6.2** y sus resultados se consignan en la **Tabla 6.4**. Se debe tener en cuenta que los periodos de registro varían para las estaciones pero en general superan los 10 años.

Codigo	Nombre	Tipo	Elevación (msnm)	PRECIPITACION MEDIA ANUAL P (mm)												Precipitación Anual (mm)
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2120051	APOSTOLICA	PG	2618	22.6	32.5	47.9	86.0	85.2	48.4	30.6	33.7	47.9	93.4	88.5	42.6	659.3
2120052	SANTA LUCIA	PG	2630	21.7	35.4	49.8	73.3	76.5	46.7	34.9	36.6	45.8	79.4	72.1	37.4	609.6
2120059	TUNJUELITO JALISCO	PM	2599	14.9	25.8	42.8	72.5	70.1	46.8	30.4	36.2	43.1	78.8	71.2	32.4	565.0
2120115	ED MEJIA	PG	2580	47.8	46.6	75.1	93.5	91.5	35.4	35.8	34.8	35.8	85.3	101.6	61.5	744.7
2120156	LA PICOTA	PG	2580	22.9	41.2	37.0	69.4	61.7	43.3	36.6	38.8	35.7	60.7	68.3	31.8	547.4
2120197	CASABLANCA	PM	2665	21.5	29.5	45.3	71.4	78.4	44.8	37.2	39.6	52.0	73.3	65.2	28.0	586.2
2120204	JUAN REY	PG	2985	62.6	57.5	83.1	83.7	130.0	124.0	198.6	127.9	62.2	73.7	106.4	58.7	1168.4
2120205	QUIBA	PG	3000	24.1	39.2	64.4	61.3	91.8	43.9	46.2	42.8	47.4	68.1	73.8	42.9	645.9
2120207	SAUCEDAL II	PM	2900	27.2	31.9	64.7	90.2	84.6	55.4	34.4	38.6	45.1	74.0	83.9	35.1	665.1
2120211	LAS HUERTAS	PG	2572	17.8	26.0	51.2	60.8	64.3	41.1	32.5	27.8	46.0	60.3	53.6	38.7	520.1
2120524	VITELMA	CO	2800	58.0	70.5	100.7	103.1	100.7	70.8	93.4	76.5	61.5	110.4	120.2	78.4	1044.2
2120534	ACTO BOSA	CO	5285	20.3	27.4	47.2	66.7	65.7	52.5	33.1	43.4	53.6	82.7	65.6	29.5	587.7
2120547	FONTIBON	CO	2518	29.4	35.6	64.1	82.8	76.2	50.8	37.1	42.5	50.3	94.8	86.6	44.0	694.2
2120561	MUÑA	CP	2565	20.5	27.6	46.0	74.8	70.6	43.3	23.9	33.2	48.7	75.5	66.4	32.1	562.6
2120571	JARDIN BOTANICO	CO	2552	37.0	59.1	70.3	106.6	92.2	46.5	31.9	38.9	55.2	123.8	112.6	65.9	840.0
2120572	GJA SAN JORGE	CO	2900	24.0	37.2	49.3	100.5	94.9	70.6	54.5	53.6	54.6	97.2	98.9	42.4	777.7
2120630	DOÑA JUANA	CO	2700	34.6	40.8	68.8	56.4	90.1	50.4	54.2	45.4	38.5	52.8	81.8	42.8	656.6
2121525	LA LUMBRE	CP	2540	19.4	28.2	42.5	80.9	68.8	52.9	31.2	30.8	45.9	84.5	78.3	26.7	590.1

Nota: La estación U. Nacional no posee registros de precipitación.

**Tabla 6.4.** Precipitación de las estaciones cercanas al área de estudio.

En general los registros de las estaciones tienen buenos datos de acuerdo con su longitud de registro. Para el análisis detallado de la precipitación se seleccionaron las estaciones más próximas con el fin de determinar la similitud de los valores registrados y el comportamiento en general. Como el objeto del análisis de precipitación es la correlación de lluvias entre la estación Sierra Morena (perteneciente a la DPAE e instalada en el año 2000) con las estaciones más próximas, se busca a nivel de lluvias medias mensuales la estación con la cual su comportamiento haya sido más similar y presente la menor desviación en los datos diarios.

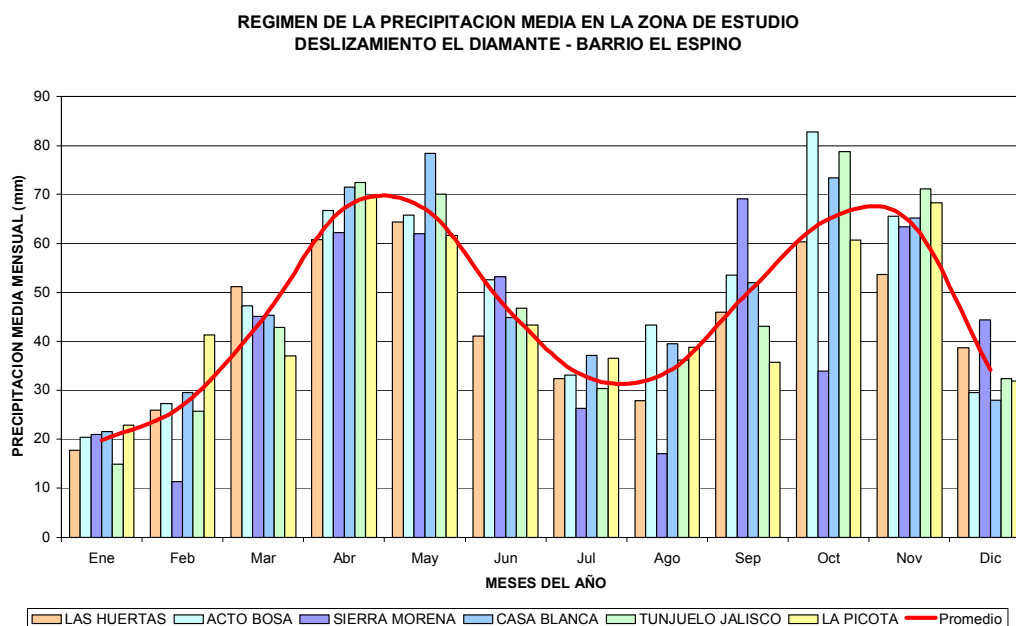
En primer lugar, se comparan las precipitaciones medias mensuales y totales anuales de las estaciones próximas al área de estudio en todo el periodo de registro

existente. En la **Tabla 6.5** se muestran los valores de precipitación media mensual y promedios mensuales y anuales para las estaciones Sierra Morena, Acueducto Bosa, Casablanca, Las Huertas, Tunjuelito Jalisco y La Picota.

MES	PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL POR ESTACION (mm)						PRECIPITACION PROMEDIO (mm)
	SIERRA MORENA	ACTO BOSA	CASA BLANCA	LAS HUERTAS	TUNJUELO JALISCO	LA PICOTA	
Enero	21	20	22	18	15	23	20
Febrero	11	27	30	26	26	41	27
Marzo	45	47	45	51	43	37	45
Abril	62	67	71	61	73	69	67
Mayo	62	66	78	64	70	62	67
Junio	53	53	45	41	47	43	47
Julio	26	33	37	32	30	37	33
Agosto	17	43	40	28	36	39	34
Septiembre	69	54	52	46	43	36	50
Octubre	34	83	73	60	79	61	65
Noviembre	63	66	65	54	71	68	65
Diciembre	44	30	28	39	32	32	34
Promedio Anual	509	588	586	520	565	548	553

**Tabla 6.5.** Comparación entre precipitaciones medias mensuales de las estaciones.

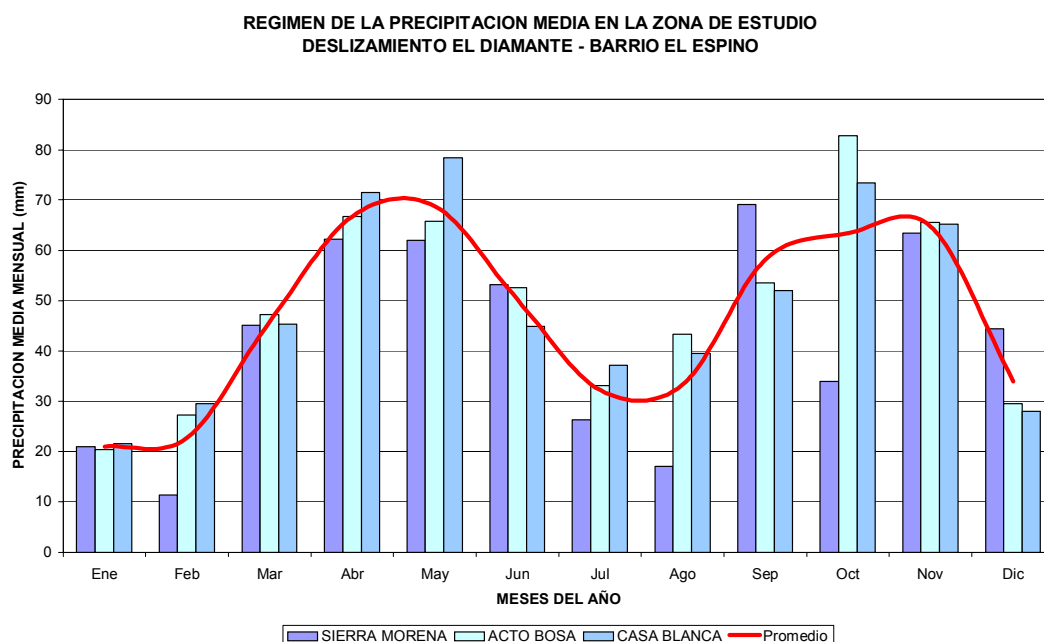
En la **Figura 6.3** se presenta gráficamente en forma de columnas la comparación entre precipitaciones promedio mensuales y en forma de línea los valores promedio de dichos datos. Obsérvese que el régimen de precipitación es bimodal con periodos de lluvia entre marzo – junio y septiembre – noviembre. Los periodos de menor precipitación al año se presentan en los meses de diciembre – enero y julio – agosto. Los valores de precipitación media mensual varían entre 10 y 85 mm.



**Figura 6.3.** Régimen de la precipitación media



Dado que la estación Sierra Morena no cuenta con un periodo de registro largo, se realizó la comparación de valores mensuales entre cada estación y sus vecinas encontrando la mejor relación entre series mensuales para las estaciones Casablanca y Acueducto Bosa. En la **Figura 6.4** se presenta el histograma de precipitación media mensual de la estación Sierra Morena y las estaciones Acueducto Bosa y Casablanca, las cuales pueden considerarse como de comportamiento más similar. Como ejemplo, en la **Tabla 6.6** se presentan los estadísticos obtenidos incluyendo en el análisis los datos de la estación La Lumbre suspendida desde 1988.



**Figura 6.4.** Régimen de la precipitación media en la zona de estudio

ESTADISTICOS	ESTACION CASABLANCA	VALORES ESTADISTICOS P MENSUAL POR ESTACION				
		ACUEDUCTO BOSA	LA PICOTA	TUNJUELITO JALISCO	LA LUMBRE	LAS HUERTAS
MUESTRA TOTAL	308	308	308	308	308	308
No. DATOS	301	286	237	170	150	131
CASILLAS EN BLANCO	7	22.0	71.0	138.0	158.0	177.0
PROMEDIO DATOS	48.76	47.67	47.24	49.36	47.05	43.54
DESVIACION ESTANDAR	32.25	33.25	32.64	35.39	38.02	29.02
COEF. VARIACION	1.51	1.43	1.45	1.39	1.24	1.50
COEF. ASIMETRIA	0.93	1.01	1.12	1.19	1.39	0.87
CORRELACION DE LAS SERIES						
COEF.R2	-	0.54	0.39	0.76	0.66	0.42
COEF.CORRELACION	-	0.74	0.63	0.87	0.81	0.65

**Tabla 6.** Comparación de los estadísticos de registros de precipitación mensual.

En segundo lugar, se considera factible que exista una relación entre la precipitación diaria de Sierra Morena y la precipitación diaria registrada en las estaciones más próximas al movimiento. Por tal motivo, se obtienen a nivel diario las desviaciones estándar de los datos buscando la menor variabilidad de los mismos en el periodo de registro común. Así mismo se considera que la variación en elevación y ubicación existente entre las estaciones es pequeña en escala regional (aproximadamente 0.5 kilómetros de radio).

Para este análisis se consideran como estaciones cercanas a la estación Sierra Morena, las estaciones Acueducto Bosa, Casablanca, Las Huertas, Tunjuelito Jalisco y La Picota. Dado que a nivel de lluvias diarias la estación Sierra Morena cuenta con registros desde octubre de 2000 a la fecha, se descarta la estación Tunjuelito Jalisco por estar suspendida desde el año 1990 además de la estación La Picota dado que desafortunadamente no se tienen procesados a la fecha los datos diarios desde octubre de 2000.

En la **Tabla 6.7** se presentan los resultados del análisis de lluvias diarias entre el 18 de octubre del año 2000 y 31 de agosto de 2002. Cabe anotar que no todas las estaciones poseen datos para este periodo, razón por la cual se incluye el número de datos con los cuales correlaciona. Como se observa en la **Tabla 6.7** las estaciones de mayor correlación con la estación Sierra Morena son en su orden Casablanca y Acueducto Bosa. Con el fin de observar el comportamiento histórico de la precipitación diaria en el movimiento, se deberán utilizar los registros de la estación Casablanca.

ESTACION BASE: SIERRA MORENA			
No. DATOS	805	No. DATOS	591
DESV. ESTANDAR	3.5	DESV. ESTANDAR	3.6
VALOR MAXIMO	25.6	VALOR MAXIMO	25.6
VALOR MINIMO	0.0	VALOR MINIMO	0.0
PROMEDIO	1.4	PROMEDIO	1.4
FECHA	31-dic-02	FECHA	31-may-01

ACUEDUCTO BOSA		DESVIACIONES (mm)	No. DATOS
DESV. ESTANDAR	3.5	15-30	0
VALOR MAXIMO	24.3	7-15	5
VALOR MINIMO	0.0	5-7	3
PROMEDIO	1.4	3-5	12
COEF CORRELACION	0.64	1-3	33
		>1	234

LAS HUERTAS		DESVIACIONES (mm)	No. DATOS
DESV. ESTANDAR	3.4	15-30	0
VALOR MAXIMO	25.0	7-15	8
VALOR MINIMO	0.0	5-7	5
PROMEDIO	1.3	3-5	10
COEF CORRELACION	0.46	1-3	32
		>1	232

CASABLANCA		DESVIACIONES (mm)	No. DATOS
DESV. ESTANDAR	3.5	15-30	0
VALOR MAXIMO	24.6	7-15	1
VALOR MINIMO	0.0	5-7	1
PROMEDIO	1.4	3-5	8
COEF CORRELACION	0.84	1-3	24
		>1	253

QUIBA		DESVIACIONES (mm)	No. DATOS
DESV. ESTANDAR	3.9	15-30	0
VALOR MAXIMO	30.0	7-15	10
VALOR MINIMO	0.0	5-7	7
PROMEDIO	1.8	3-5	18
COEF CORRELACION	0.35	1-3	44
		>1	208

**Tabla 6.7.** Comparación de series de datos de precipitación diaria con la Estación Sierra Morena.

#### 6.2.4 Caracterización climatológica

La caracterización climatológica es la descripción del comportamiento de los diferentes factores del clima; depende de los datos consignados en los registros de

las estaciones, de la cobertura espacial de la red de estaciones, la calidad de la información y el periodo de registro.

Dado que el área de estudio se ubica en las laderas circundantes de la Sabana de Bogotá sobre la cordillera oriental y específicamente en el extremo sur oriental, se puede generalizar el comportamiento climático bajo ciertas consideraciones dada la extensión de la sabana, la cual por su morfología plana presenta contrastes de clima entre la zona urbana, la sabana cultivada, las laderas naturales y las laderas habitadas razón por la cual se analizaron los registros de las estaciones más cercanas al movimiento pese al escaso cubrimiento que se tiene para un estudio de escala detallada.

Como se muestra en la **Tabla 6.2**, existen varias estaciones climatológicas en los alrededores del movimiento, sin embargo, siendo el presente un estudio detallado y dada la existencia de variaciones del clima por las causas citadas anteriormente, se seleccionaron las estaciones Vitelma y Doña Juana para el análisis. A manera de ilustración, se presentan en la **Tabla 6.8** los valores medios mensuales en algunas de las estaciones de la **Tabla 6.2**.

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
<b>FONTIBON (1955 - 1999)</b>													
Brillo Solar (Horas)	200	169	139	107	116	108	129	134	117	116	132	162	1629
Evaporación (mm)	99	155	170	170	175	93	91	104	88	95	89	97	1426
<b>MUÑA (1966-1997)</b>													
Brillo Solar (Horas)	217	131	176	96	126	150	151	173	103	88	151	132	1694
Evaporación (mm)	69	72	60	109	55	63	76	65	63	55	65	57	809
Temperatura (°C)	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	15	13
Humedad Relativa (%)	82	83	79	85	78	79	77	75	77	85	82	83	80
<b>JARDIN BOTANICO (1974-1998)</b>													
Temperatura (°C)	13	13	15	14	15	14	14	14	14	14	14	14	14
Humedad Relativa (%)	81	77	82	82	82	84	76	80	82	83	82	83	81
<b>GRANJA SAN JORGE (1960-1997)</b>													
Temperatura (°C)	12	12	12	12	12	12	11	11	11	12	12	12	12
Brillo Solar (Horas)	162	134	131	117	131	138	152	161	149	128	118	158	1679
Humedad Relativa (%)	80	80	82	81	81	82	81	82	81	83	84	82	82
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL (1987-1999)</b>													
Brillo Solar (Horas)	174	148	142	96	101	125	134	128	118	127	125	181	1599
Evaporación (mm)	99	155	170	170	175	93	91	104	88	95	89	97	1426
<b>ESTACION VITELMA (1976-2001)</b>													
Temperatura (°C)	13	13	13	13	14	13	13	13	13	14	14	14	13
Brillo Solar (Horas)	96	109	102	92	77	93	89	103	101	86	85	27	1060
Humedad Relativa (%)	77	79	81	81	83	82	82	80	79	79	82	78	80
Evaporación (mm)	52	59	58	60	58	47	43	54	55	45	57	49	637
<b>ESTACION DOÑA JUANA (1989-2001)</b>													
Temperatura (°C)	12	12	13	13	13	12	11	12	12	13	13	12	12
Brillo Solar (Horas)	194	149	148	131	128	144	129	157	156	148	134	183	1801
Humedad Relativa (%)	69	70	73	73	77	75	78	75	71	71	73	72	73
Evaporación (mm)	59	72	65	74	68	74	62	64	74	77	68	72	830

**Tabla 6.8.** Valores medios mensuales y totales anuales de los parámetros del clima.

Uno de los principales factores por los cuales se seleccionaron las estaciones Vitelma y Doña Juana para la caracterización del clima fue la elevación, cotas 2800 y 2700 msnm respectivamente, dado que el movimiento que se presenta en el Barrio El Espino se enmarca entre las cotas de estas estaciones. Estas dos estaciones, Vitelma ubicada más al oriente de la zona de estudio y Doña Juana ubicada al sur, tienen los valores medios mensuales multianuales indicados en la **Tabla 6.8**, considerados aquí como representativos de parámetros del clima para el área de estudio.

Se debe anotar que la estación Doña Juana se encuentra ubicada a menor distancia de la zona de estudio y en condiciones muy similares, mientras que la estación Vitelma presenta condiciones de entorno geográfico diferentes lo cual se refleja en el aumento de los valores de precipitación y demás factores mostrados en la **Tabla 6.8** en comparación con ubicada al sur del área de estudio,

### **6.3 ESTIMACIÓN DE LA INFILTRACIÓN Y FILTRACIONES DE AGUAS SERVIDAS**

Una vez realizada la caracterización climatológica y de la precipitación, a continuación se procede a estimar un volumen de agua teniendo en cuenta las causas naturales (porcentaje de infiltración como efecto del escurrimiento) y por causas denominadas aquí como antrópicas (ocurridas por filtraciones de los sistemas de acueducto y alcantarillado existente) en la zona de estudio del movimiento en el Barrio El Espino.

#### **6.3.1 Estimación de la Infiltración por Causas Naturales**

Obedece al caudal de agua (volumen) que se incorpora al subsuelo como efecto de la infiltración de las aguas lluvias en el terreno. Para su determinación se requiere establecer los caudales de aguas lluvias que son interceptados y absorbidos por el terreno natural. Para tal efecto se siguió la metodología planteada y cálculos hidrológicos utilizados para este tipo de análisis.

##### **6.3.1.1 Cálculo de la Evapotranspiración**

Dentro de los datos fundamentales para establecer la escorrentía superficial de agua en un suelo, aplicando balance hídrico están las precipitaciones, la temperatura, la evapotranspiración y la infiltración.

Como es conocido, la evapotranspiración real del suelo es inferior en magnitud a la evapotranspiración potencial. Generalmente se estima la evapotranspiración real como una proporción de la evapotranspiración potencial. Se considera que con un factor de reducción de la evapotranspiración potencial de 0.75 (utilizado ampliamente en cálculos similares) puede darse un valor estimativo de la evapotranspiración real. Así mismo, se considera que los fenómenos de intercepción de escorrentía y percolación profunda propios de la infiltración de agua al escurrir sobre el suelo pueden representar una reducción del total de la escorrentía en hasta un 85%. Se deduce entonces que la infiltración de agua al

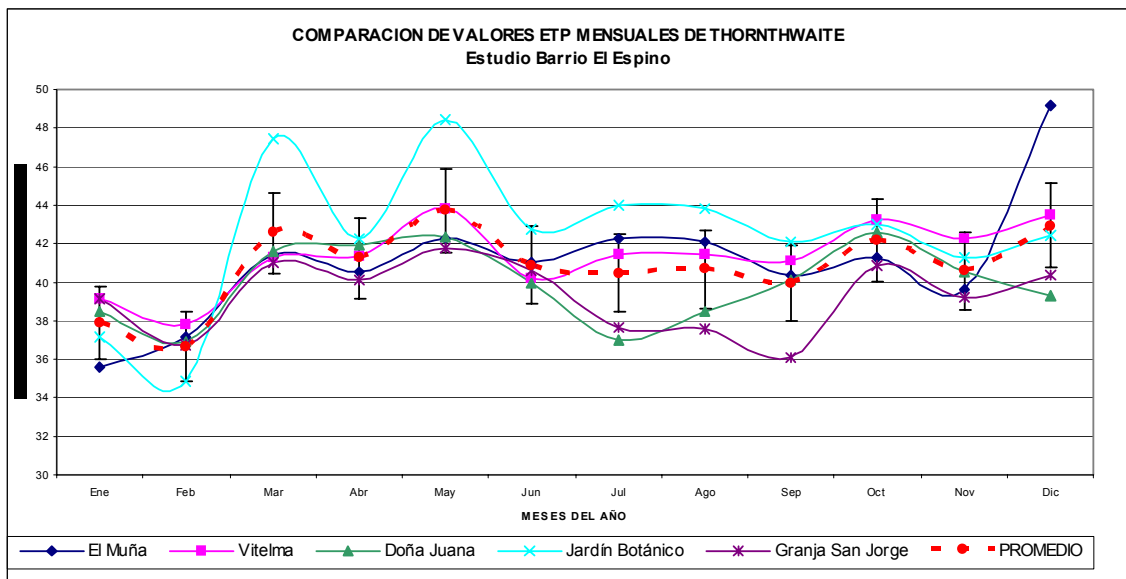
suelo puede ser del orden de un 15% de la diferencia entre la precipitación promedio y la evapotranspiración real promedio.

Conforme la metodología planteada, se puede encontrar el valor de la evapotranspiración potencial mensual a partir de datos de temperatura mensual utilizando la fórmula de Thornthwaite. Los resultados obtenidos para las estaciones próximas al área de estudio se observan en la **Tabla 6.9** y en la **Figura 6.5**, la comparación de dichos resultados con relación al promedio indicando mediante barras el error correspondiente al 5%.

ESTACION	VALORES DE ETP (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
El Muña	47.5	49.5	55.2	54.1	56.3	54.7	56.3	56.1	53.9	55.0	52.8	65.5	657.0
Vitelma	52.1	50.4	55.1	55.1	58.5	53.6	55.2	55.3	54.8	57.7	56.3	58.0	662.2
Doña Juana	51.3	49.2	55.4	55.9	56.5	53.3	49.3	51.3	53.5	56.8	54.1	52.4	639.1
Jardín Botánico	49.5	46.5	63.3	56.3	64.5	57.0	58.6	58.4	56.1	57.3	55.0	56.6	679.3
Granja San Jorge	52.2	49.0	54.7	53.5	55.7	54.1	50.3	50.1	48.1	54.4	52.3	53.8	628.1
ETP Promedio	50.5	48.9	56.7	55.0	58.3	54.5	54.0	54.2	53.3	56.3	54.1	57.3	653.1

ESTACION	VALORES DE ETR (mm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
El Muña	35.6	37.1	41.4	40.6	42.2	41.0	42.2	42.1	40.4	41.3	39.6	49.1	492.7
Vitelma	39.1	37.8	41.3	41.4	43.8	40.2	41.4	41.4	41.1	43.2	42.3	43.5	496.6
Doña Juana	38.5	36.9	41.6	41.9	42.4	39.9	37.0	38.5	40.1	42.6	40.5	39.3	479.3
Jardín Botánico	37.2	34.9	47.5	42.2	48.4	42.7	44.0	43.8	42.1	43.0	41.3	42.5	509.4
Granja San Jorge	39.1	36.7	41.0	40.1	41.8	40.6	37.7	37.6	36.1	40.8	39.2	40.4	471.1
ETR Promedio	37.9	36.7	42.6	41.2	43.7	40.9	40.5	40.7	40.0	42.2	40.6	43.0	489.8

**Tabla 6.9** Valores de evapotranspiración media mensual por el método de Thornthwaite



**Figura 6.5** Comparación de valores de ETP mensuales con relación al promedio indicando el error para el 5%

### 6.3.1.2 Cálculo de la Escorrentía

Mediante la aplicación de una sencilla ecuación de balance hídrico se puede obtener un caudal medio de escorrentía generada. Esta ecuación simplificada obedece al hecho de considerar el año completo como periodo de evaluación (cambio en almacenamiento del suelo igual a cero) y a la no consideración de los caudales de aguas subterráneas que posiblemente existan en el área dentro del cálculo (estimación recurso superficial). La ecuación de balance utilizada teniendo en cuenta las condiciones del sector es:

$$Q = 0.85*(P \text{ promedio} - ETR \text{ promedio})$$

Donde

$Q$  = Caudal de escorrentía media anual (mm)

$P \text{ promedio}$  = Precipitación promedio anual en el área (mm)

$ETR \text{ promedio}$  = Promedio anual en el área de la Evapotranspiración real (mm)

Teniendo en cuenta que el promedio de los valores obtenidos de las estaciones del sector refleja sin mayor variación las condiciones del sector, se obtiene un valor global de escorrentía media anual para el Barrio El Espino.

$P \text{ promedio}$  = 587 mm (Estación Casablanca)

$ETR \text{ promedio}$  = 489.8 mm (Promedio estaciones del sector)

$$Q = 0.85*(587-489.9) = 82.535 \text{ mm}$$

Se puede decir entonces, que la escorrentía promedio anual en el sector del barrio El Espino está alrededor de 83 mm.

### 6.3.1.3 Caudal estimado para aguas de escorrentía suponiendo un diseño de alcantarillado pluvial

Para este caso, el Caudal de Alcantarillado Pluvial se asume que corresponde al valor de escorrentía de la zona por el área aferente (en este caso el área afectada).

Escorrentía promedio anual = 83 mm, promedio mensual = 7 mm, promedio diario = 0.23 mm = 0.23 lt/m<sup>2</sup>

- Área estimada aferente al alcantarillado = 200.000 m<sup>2</sup>
- Caudal de alcantarillado pluvial = 200.000 m<sup>2</sup> \* 0.23 lt/m<sup>2</sup> \* 1día/24 hr = 869565 lt / 24 hr = 26231 lt/hr

Teniendo en cuenta la suposición anterior, se debería tener en cuenta un caudal de diseño para alcantarillado pluvial por escorrentía de mínimo 7.28 LPS.

#### **6.3.1.4 Cálculo de la Infiltración de Aguas Lluvias**

Existen diferentes definiciones de infiltración entre las cuales se pueden citar:

1. Movimiento del agua a través de los intersticios o poros de un suelo u otro medio poroso.
2. Agua subterránea que se infiltra en una tubería a través de uniones, paredes porosas o roturas.
3. Entrada de agua del suelo a una galería.
4. Ingreso de líquido a través del suelo, ya sea cuando aquél cae como precipitación o cuando proviene de una corriente que fluye sobre la superficie.
5. Penetración del agua en el suelo a través de las grietas y poros, sometida a las fuerzas de gravedad y capilaridad, y da origen a las aguas subterráneas.

Como se aprecia, el concepto es el mismo y se puede resumir como el flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo. Sin embargo cabe anotar que se citan diferentes tipos de infiltraciones algunas de las cuales están ligadas con el presente estudio como lo son las referentes a tuberías, corrientes de agua, precipitación y aguas subterráneas.

Como se mencionó anteriormente, se considera que los fenómenos de intercepción de escorrentía y percolación profunda propios de la infiltración de agua al escurrir sobre el suelo pueden representar una reducción del total del caudal de escorrentía hasta en un 85%. Se dedujo entonces que el volumen de infiltración y percolación profunda de agua en el suelo puede ser del orden de un 15% de la diferencia entre la precipitación promedio y la evapotranspiración real promedio. El valor así estimado de infiltración en este sector puede estar alrededor de 14.56 mm al año.

Dada la presencia de grietas y en general el estado de remoción del material podría considerarse para el caso particular en el cuerpo del movimiento, que la infiltración correspondiera al 95% de dicha diferencia, o sea, 92.25 mm al año. Es importante resaltar en este punto, que la incorporación de agua al suelo aquí expuesta corresponde a la originada por eventos de “precipitación”, descartando por el momento las cantidades atribuibles a intervención humana por obras de infraestructura como acueductos y alcantarillados las cuales se citan más adelante.

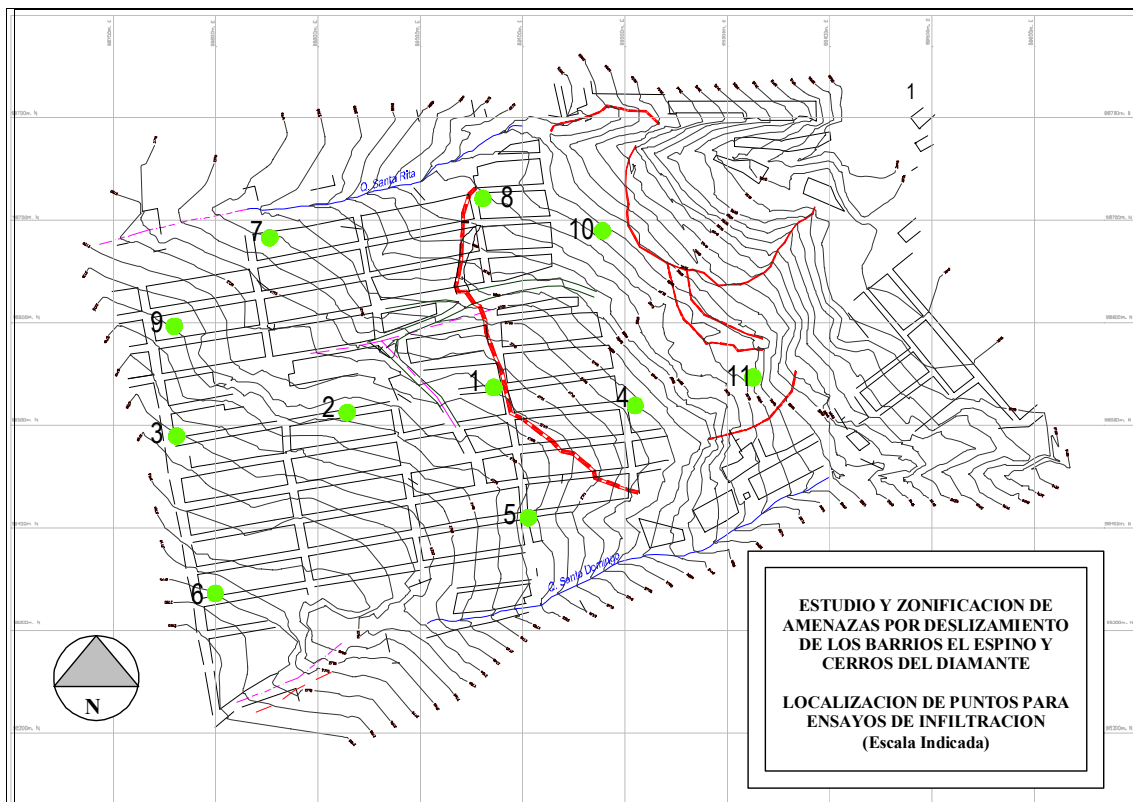
#### **6.3.1.5 Estimación de la infiltración por ensayos de campo**

Con el fin de obtener un valor del potencial de infiltración de aguas lluvias directamente de campo se seleccionaron 11 sitios en el área de estudio para realizar ensayos de infiltración con infiltrómetro. De la teoría se tiene que es posible calcular un valor del potencial de infiltración de agua en el suelo en pequeñas áreas a partir de ensayos de infiltrómetro.

El infiltrómetro utilizado corresponde al de “Tipo Inundación” (Flooding Type) el cual consiste en un tubo abierto en sus extremos de 30 cm de diámetro y 60 cm de

longitud el cual se entierra aproximadamente 40 cm. El ensayo consiste en suministrar la cantidad de agua necesaria tratando de mantener el nivel constante midiendo el volumen durante varios intervalos de tiempo hasta obtener una capacidad de infiltración aproximadamente constante. Sus principales limitaciones radican en que los resultados dependen bastante del tamaño del tubo y que no refleja el efecto del golpe de gotas de lluvia sobre el suelo. Sin embargo, es una medida real tomada en campo y no se basa en la estimación de un volumen desligada de las condiciones reales del tipo de suelo, el cual para este caso corresponde en general a un mismo material con diferentes grados de alteración en condiciones de pendiente, litología y propiedades geomecánicas muy similares.

En el **Anexo 6.1** se ilustra la secuencia del ensayo y se muestran fotografías de los puntos donde fueron realizados los ensayos de infiltración (Ver **Figura 6.6**).



**Figura 6.6** Localización de puntos para la realización de ensayos de infiltración.

Entre los principales factores del suelo que afectan la capacidad de infiltración se encuentran la humedad natural del material, su peso unitario y su capacidad de campo<sup>1</sup>. Algunos de estos ensayos fueron efectuados en los puntos de muestreo y los resultados de laboratorio se presentan en el **Tabla 6.10**.

<sup>1</sup> La capacidad de campo se refiere al contenido de agua del suelo totalmente saturado después de haberse drenado por gravedad y cuando su potencial hídrico se aproxima a cero.



### DESCRIPCION VISUAL DE MUESTRAS

MUESTRA	PROF (m)	DESCRIPCION
S2	0.4	Capa superficial de relleno orgánico constituido por arena fina limosa gris ligeramente oxidada con gravas angulosas de arenisca amarillenta clara hasta de 1/4", seca
S4	0.4	Material de relleno compuesto por arenisca angulosas hasta de 3/4" con presencia de materia orgánica negra, arena fina gris en matriz limosa, seca
S5	0.4	Limo amarillento oscuro con arena fina amarilla presencia de gravas angulosas de arenisca gris oscura hasta de 1/2", seca
S6	0.4	Limo orgánico con algo de arena fina gris oscura algo oxidada con presencia de gravas angulosas hasta de 1/4" de arenisca, presencia de raicillas, seca
S7	0.4	Material en grumos negro y duro compuesto por limo con algo de arena fina gris presencia de raíces, materia orgánica negra, seco
S8	0.4	Material de relleno compuesto por arenisca angulosas amarillas hasta de 1/2" duras, con algo de limo con oxidaciones, seca
S9	0.4	Material en grumos negro algo duro con limo orgánico negro, presencia de raíces , seco

### ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS

MUESTRA	PROF (m)	W1 gr.	TEMPERATURA °C	W2 gr	W3 gr	W4 gr	yW gr/cm3	Gs
S2	0.4	708.6	70	100	42.5	672.67	0.98594	2.63
S5	0.4	708.6	73	99.7	42.5	671.82	0.985202	2.71
S6	0.4	708.6	75	114.2	55.5	671.24	0.98471	2.64
S7	0.4	709	72	111.1	53.4	672.11	0.985448	2.74
S8	0.4	710.5	71.2	114.2	54.7	672.33	0.985645	2.75
S9	0.4	708.4	73	107.2	50.2	671.82	0.985202	2.75

W1 = Wsuelo+Wpic+Wagua

W2=Wsuelo+Wrecip

W3=Wrecip

W4=Wpic+Wagua

### ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

MUESTRA	PROF (m)	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
S2	0.4	253.1	238.5	23.9	6.8
S4	0.4	226.6	200.8	24.3	14.6
S5	0.4	295.1	273.1	24	8.8
S6	0.4	229.4	215.5	24	7.3
S7	0.4	227	206.7	25.1	11.2
S8	0.4	231.8	215.7	23	8.4
S9	0.4	210.7	196.4	23.9	8.3

**Tabla 6.10** Resultados de laboratorio efectuados a muestras de material tomadas previo el ensayo de infiltrómetro

La capacidad de infiltración es la cantidad de agua (en lámina) que el suelo es capaz de absorber en la unidad de tiempo. Se expresa en *mm/h* ó *cm/min*.

Este proceso fué estudiado por primera vez por Horton en 1940. El propuso la siguiente relación para determinar la capacidad de infiltración:

$$f = fc + (fo - fc)e^{-kt}$$

Donde:

*f*: capacidad de infiltración en un tiempo *t* en mm/h.

*fc*: capacidad de equilibrio, que se da cuando el suelo está completamente saturado en mm/h.

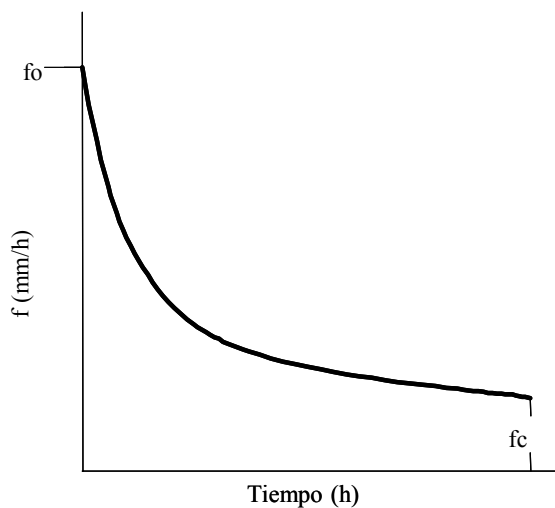
*fo*: capacidad inicial en mm/h

*t*: tiempo en horas

*K*: constante que representa la tasa de decrecimiento de esa capacidad.

Si se supone que al inicio de una tormenta el suelo está seco de tal manera, que la capacidad de infiltración es mayor que la intensidad de la lluvia, implica que toda la lluvia se infiltra. Con el tiempo, si la lluvia es lo suficientemente intensa, el contenido de humedad del suelo aumenta hasta que se llega a la saturación. En este momento se empiezan a llenar las depresiones del terreno y se originan "charcos", dando comienzo a la escorrentía superficial directa. A este tiempo se le denomina "tiempo de encharcamiento". Si la lluvia continúa,  $f = fc$  y esta capacidad de infiltración es equivalente a la conductividad hidráulica del suelo.

Bajo las condiciones anteriores la capa saturada, que en el momento que se da el encharcamiento era muy delgada, se ensancha, a medida que su límite inferior, llamado "frente húmedo", baja. El área bajo la curva (**Figura 6.7**) representa la profundidad del agua infiltrada durante un intervalo de tiempo.



**Figura 6.7** Gráfico de infiltración según Horton

Los datos obtenidos en el campo son procesados para obtener de la gráfica los valores de capacidad de infiltración inicial ( $f_0$ ) y capacidad de infiltración final ( $f_c$ ) por el método de Horton. El proceso de datos se resume a continuación:

1. A partir de los datos de campo (valores de tiempo y volumen de agua adicionada), se hallan los valores de la capacidad de infiltración para los diferentes intervalos de tiempo, teniendo en cuenta el área del infiltrómetro.
2. Se determina la capacidad de infiltración como  $f = \Delta V / (A \cdot \Delta t)$
3. Los valores de la capacidad de infiltración para los diferentes intervalos se grafican.
4. De los resultados pueden obtenerse los valores de los parámetros de la ecuación de Horton  $f_0$  y  $f_c$ .

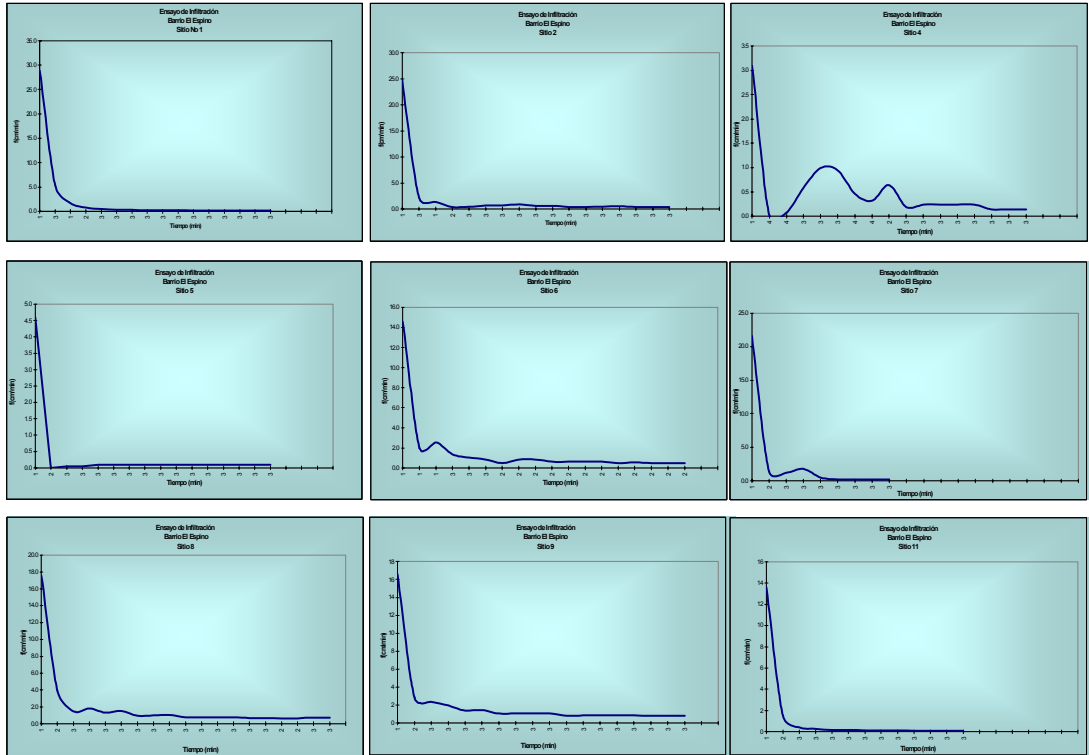
Los resultados obtenidos de los ensayos de capacidad de infiltración se muestran en la **Tabla 6.11**.

<b>Sitio 1</b>	Tiempo(min)	1	3	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
	f(cm/min)	28.9	5.3	1.7	0.8	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1					
<b>Sitio 2</b>	Tiempo(min)	1	3	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
	f(cm/min)	24.7	2.2	1.4	0.4	0.4	0.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4				
<b>Sitio 4</b>	Tiempo(min)	1	4	4	3	3	3	4	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3				
	f(cm/min)	3.1	0.0	0.1	0.6	1.0	0.9	0.5	0.3	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1				
<b>Sitio 5</b>	Tiempo(min)	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
	f(cm/min)	4.6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1				
<b>Sitio 6</b>	Tiempo(min)	1	1	1	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	f(cm/min)	14.6	2.0	2.6	1.4	1.0	0.8	0.5	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	
<b>Sitio 7</b>	Tiempo(min)	1	2	3	3	3	3	3	3	3												
	f(cm/min)	21.6	1.4	1.2	1.8	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2												
<b>Sitio 8</b>	Tiempo(min)	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3		
	f(cm/min)	17.6	4.0	1.5	1.8	1.3	1.5	0.9	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	
<b>Sitio 9</b>	Tiempo(min)	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	f(cm/min)	16.6	2.8	2.4	2.0	1.4	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
<b>Sitio 11</b>	Tiempo(min)	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
	f(cm/min)	13.6	1.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1						

**Tabla 6.11** Resultados de los ensayos de capacidad de infiltración realizados en el área de estudio

Como se observa para cada sitio en la **Tabla 6.11** se calcularon en la primera columna los valores corresponde a  $f_0$  (cm/min) y conforme la duración en tiempo del ensayo, en la última columna figuran los valores de  $f_c$  (cm/min).

Así mismo se observa que en los sitios 3 y 10 no figuran resultados ya que se presentaron inconvenientes en campo que dificultaron la realización de los mismos. En la **Figura 6.8** se muestran las gráficas de los ensayos de infiltración realizados.



**Figura 6.8** Gráficos de los ensayos de infiltración

### 6.3.2 Estimación de la Infiltración por Causas Antrópicas

Obedece al caudal de agua (volumen) que se incorpora al subsuelo como efecto de las filtraciones de agua en el terreno provenientes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo y el drenaje de las aguas residuales (en este caso domésticas) y las aguas lluvias captadas por los sistemas de drenaje superficial. Como se mencionó anteriormente, este tipo de obras que en un principio fueron rústicamente implementadas en el sector, fueron recientemente sustituidas por sistemas modernos construidos parcialmente hasta la fecha.

Para su determinación se requiere establecer los caudales de aguas servidas y lluvias que se filtran en el suelo además de los caudales de agua para consumo que se filtran igualmente al terreno por uniones y conexiones erradas.

Durante el desarrollo del presente estudio se realizó la consulta de las entidades competentes y a su vez se solicitó a la DPAE suministrara toda la información concerniente a diseños y construcción de los sistemas de acueducto y alcantarillado del sector.

Al respecto se cita el oficio RO-7475 de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de la Alcaldía Mayor de Bogotá dirigido a la Doctora Astrid Alvarez (Gerente General de la EAAB – ESP), el cual fue despachado el día 12 de Abril de 2002 con referencia 2/1757, donde textualmente se cita **“Teniendo en cuenta que el deterioro progresivo de las construcciones cercanas a los agrietamientos se asocia con la infiltración de agua provocada por los daños en las tuberías de alcantarillado recientemente construido, se han enviado las siguientes comunicaciones a diferentes áreas de la EAAB, con el fin de informar sobre las condiciones generales del sector y solicitar su intervención.**

Nombre	Dependencia	Radicado FOPAE	Radicado EAAB
William Pineda	Director Obras Civiles	04112 Agosto 16/01	190896 Agosto 16/01
Jorge Pablo Velasco	Gerente Operativo	4278 Agosto 29/01	196935 Agosto 30/01
Giovanni estepa Benavidez	División Mantenimiento Acueducto Sur	000700 Febrero 18/02	012578 Febrero 18/03
José Eduardo González	Coordinación Técnica de Interventoría	000782 Febrero 20/02	013776 Febrero 21/03
William Cantor	Mantenimiento Acueducto Sur	2-1226 Marzo 11/02	018551 Marzo 11/03
Uriel Gómez Sanabria	Director de Interventoría	2-1225 Marzo 11/03	018550 Marzo 11/04
Jairo Rodríguez	Gerente Técnico	2-1314 Marzo 14/02	019753 Marzo 14/03

**..... Por lo anterior se reitera la solicitud a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá de realizar una investigación sobre las versiones de la comunidad relacionadas con la utilización de explosivos durante la construcción del alcantarillado reciente así como una inmediata inspección y evaluación de las condiciones de estabilidad de las redes de alcantarillado”.**

Desafortunadamente, INGEOMINAS no recibió información relacionada con este tema de manera que pudiera realizar algún estimativo del volumen de agua infiltrado. Se advierte que en el informe semestral así como en las reuniones de interventoría del convenio DPAE – INGEOMINAS fue tratado este punto y a su vez la interventoría gestionó oportunamente al respecto ante la EAAB sin respuesta a la fecha.

### 6.3.2.1 Cálculo de Filtraciones de Aguas Servidas y Aguas Lluvias

Dado que no se contó con los planos correspondientes a las redes de abastecimiento ni drenaje del área objeto de estudio, diseñadas ni existentes, no fue posible estimar un volumen de agua por filtraciones para ser incluido en el modelo de amenazas. Se recomienda estimar un volumen máximo en función de la distribución de las redes de alcantarillado y abastecimiento existentes relacionándolo con puntos específicos de concentración de caudales con base en los reportes de daños (bitácora de daños reportados, tipo de daño – diámetro tubería y tiempo transcurrido hasta su reparación) así como la relación con la densidad de agrietamientos y movimientos históricamente producidos en el área.

### 6.3.2.2 Cálculo de Infiltraciones por Obras Rusticas Existentes

Dado que el proceso de urbanización del sector de estudio es más antiguo que el movimiento estudiado, es posible que existieran obras de drenaje rústico

construidas por los moradores iniciales del sector. Este tipo de obras, previas a la construcción del alcantarillado de aguas residuales domésticas y pluvial no es conocido. Tan solo cita la EAAB que existía un drenaje superficial de dichas aguas sumado al de las mangueras con las cuales se abastecía la población de agua el cual requería ser encauzado por razones obvias de salud y ambientales.

Como no existe información al respecto que permita establecer el volumen de aporte, este no es calculado pero se tiene en cuenta dentro de las consideraciones generales del análisis.

#### 6.4 CÁLCULO DE LA RECARGA

La recarga mensual representa el volumen de agua que pasa a conformar el suelo en un estrato o medio poroso en forma de caudal. Para este caso específico del movimiento en masa de El Espino, indica la susceptibilidad del material a almacenar agua al interior del subsuelo y está ligado a su vez con la capacidad de infiltración de los volúmenes de agua que se precipitan de forma natural al terreno.

Retomando las ecuaciones descritas en la metodología a seguir dentro de este estudio, se tiene que la recarga mensual de Goldschmidt – Thornthwaite puede ser expresada de la siguiente forma:

$$R_m = P_m - E_m$$

ó

$$R_m = d_0m + d_1m * P_m$$

Donde:

$$d_0m = -d_0 * (PE_m / PE_y)$$

$$d_1m = 1 - d_1 * (PE_m / PE_y) * (P_y / P_m)$$

Los coeficientes  $d_0$  y  $d_1$  son de la ecuación de regresión de la evapotranspiración anual,  $E_y$ , a la precipitación anual  $P_y$ ;

$P_m$  = precipitación media mensual

$P_y$  = precipitación media anual y teniendo en cuenta que,

$$E_m = (PE_m / PE_y) * E_y$$

$$PE_y = \sum PE_m$$

$$E_y = d_0 + d_1 * P_y$$

Teniendo en cuenta la metodología descrita para el cálculo de la recarga mensual, se procede a encontrar los coeficientes  $d_0$  y  $d_1$ . Para ello se elabora la **Figura 6.9**.

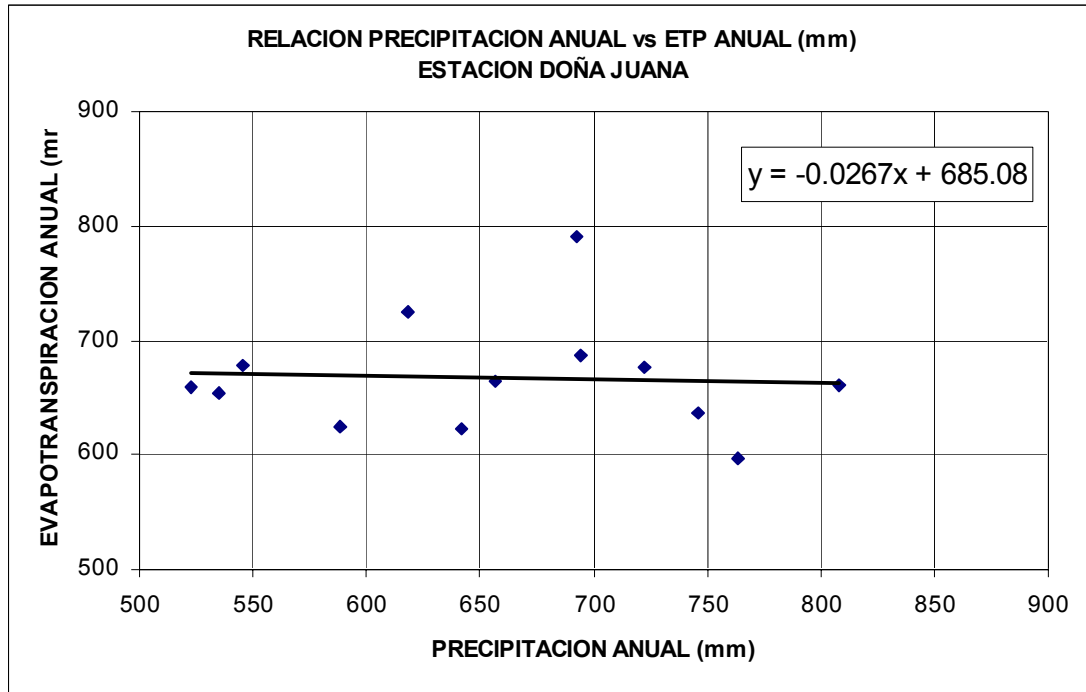
De la **Figura 6.9** se observa que la correlación es bastante mala. Sin embargo efectuando el cálculo estimativo se obtiene que los coeficientes correspondientes a la ecuación

$$E_y = d_1 * P_y + d_0$$

Serán:

$$d_0 = 685.08$$

$$d_1 = -0.0267.$$



**Figura 6.9** Relación de la precipitación anual y la evapotranspiración potencial anual

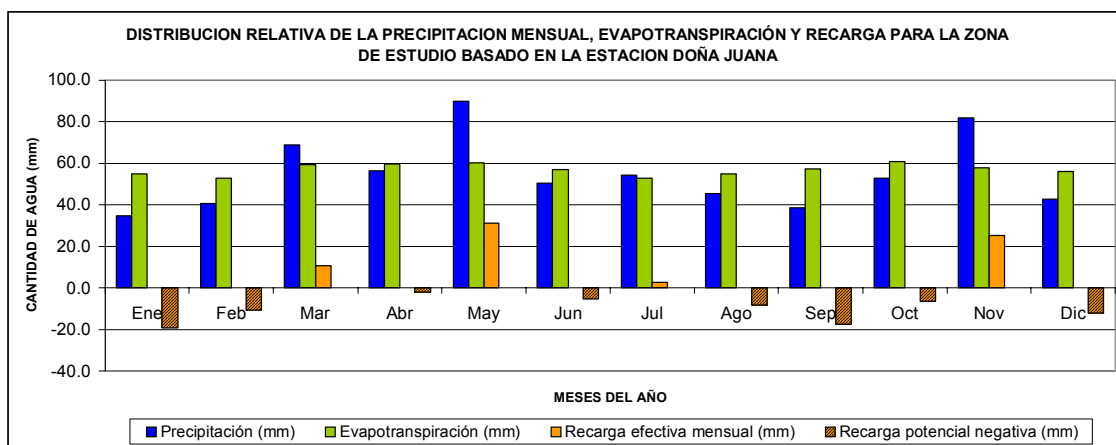
Dado que la estación Doña Juana es la estación con datos climatológicos más próxima al sitio de estudio, se estimó la recarga mensual como se muestra en la **Figura 6.10**.

Nótese que el valor de evapotranspiración potencial es muy similar a lo largo del año mientras que la precipitación varía conforme la distribución anual indicada quedando en algunos meses levemente (hasta 33.6 mm) por encima y en otros por debajo (hasta 16 mm) de la evapotranspiración. Por esta razón, la recarga potencial no excede los 19.04 mm y la efectiva los 31.09 mm mensuales.

### 6.5 RELACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN CON EL MOVIMIENTO EN MASA

Como se mencionó en las limitantes del modelo utilizado, se realizaron los estudios para la obtención del modelo hidrometeorológico” para el cual se busca la relación con el “Comportamiento Geotécnico” de los materiales a través del análisis histórico de los movimientos ocurridos en el y el análisis de lluvias acumuladas precedentes a los eventos.

Para tal fin se determina la magnitud de la precipitación “extrema” ocurrida con una duración dada, la cual es capaz de detonar un movimiento en masa y puede ser asociada estadísticamente a un periodo de recurrencia de este tipo de evento en función de los registros de una estación dada. Este concepto, desarrollado por Castellanos (Castellanos, 1996) es conocido como “Lluvia Crítica”, y ha sido aplicado en diversos estudios realizados por INGEOMINAS.



ESTACION Doña Juana	Valores Mensuales												Totales anuales	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
PEm = Evapotranspiración potencial mensual (mm)	51.3	49.2	55.4	55.9	56.5	53.3	49.3	51.3	53.5	56.8	54.1	52.4	639.1	= PEy
Pm = Precipitación media del mes (mm)	34.6	40.8	68.8	56.4	90.1	50.4	54.2	45.4	38.5	52.8	81.8	42.8	656.6	= Py
Ey = Evapotranspiración obtenida de correlación entre valores anuales de precipitación y evapotranspiración (mm)	684.2	684.0	683.2	683.6	682.7	683.7	683.6	683.9	684.1	683.7	682.9	683.9		
Em = Evapotranspiración mensual (mm)	55.0	52.6	59.2	59.8	60.4	57.0	52.8	54.9	57.3	60.8	57.8	56.1		
do m	-55.0	-52.7	-59.4	-59.9	-60.6	-57.1	-52.9	-55.0	-57.4	-60.9	-57.9	-56.2		
d1 m	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.04	1.03	1.02	1.03		
Rm = Recarga mensual (mm)	-19.04	-10.57	10.91	-1.95	31.09	-5.24	2.65	-8.22	-17.40	-6.57	25.34	-11.95		

**Figura 6.10** Distribución relativa de la precipitación mensual, evapotranspiración y recarga para la zona de estudio basado en los registros de la Estación Doña Juana.

### 6.5.1 Análisis de lluvias acumuladas.

Dado que la estación Sierra Morena posee registros de precipitación a nivel horario, se procesaron los datos que a partir del año 2000 posee la estación hasta la fecha.

Teniendo en cuenta los análisis hidrológicos previos y las observaciones y conocimientos locales se estableció que la precipitación continua en el área de estudio es poco frecuente y generalmente está en un rango que oscila entre 1 hora y varios días. Examinando los registros horarios y diarios de la estación Sierra Morena se observa que se presentan lluvias espaciadas, en ocasiones prácticamente semanas y casi meses correspondiendo con los periodos marcados por el régimen bimodal. Es así como se establece que lluvias continuas diarias a lo



largo de 30 y 60 días son poco frecuentes y por ello se obtuvieron las curvas de lluvias máximas acumuladas y promedios multianuales para lluvias con duraciones entre 1 y 24 horas (para el caso del análisis horario), y adicionalmente para lluvias con duraciones de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30 y 60 días (para el caso del análisis diario). En la **Tabla 6.12** se presentan los valores obtenidos de precipitación acumulada antecedente para la estación Sierra Morena.

VALORES DE PRECIPITACION HORARIA ACUMULADA ENTRE 1 Y 24 HORAS

TIEMPO (Horas)	ANO 2000 (Oct - Dic)		ANO 2001 (Ene - Dic)		ANO 2002 (Ene - Dic)		ANO 2003 (Ene - Mar)		PERIODO 2001-2003 (Oct/00 - Mar/03)	
	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)
1	14.00	0.07	17.80	0.07	15.90	0.07	12.50	0.04	18.10	0.06
2	20.70	0.11	20.70	0.15	18.00	0.14	12.50	0.01	21.10	0.11
3	20.70	0.17	22.00	0.22	19.50	0.21	12.50	0.02	22.00	0.17
4	20.80	0.22	22.10	0.29	21.00	0.27	12.50	0.03	22.10	0.23
5	21.00	0.28	22.20	0.37	22.20	0.34	12.50	0.03	22.20	0.29
6	21.10	0.33	22.20	0.44	22.50	0.41	12.50	0.04	22.50	0.34
7	21.10	0.39	22.30	0.52	22.70	0.48	12.50	0.04	22.70	0.40
8	21.10	0.44	22.30	0.59	22.70	0.55	12.50	0.05	22.70	0.46
9	21.10	0.50	22.30	0.66	24.50	0.62	12.50	0.06	24.50	0.52
10	21.10	0.55	22.30	0.74	25.20	0.69	12.50	0.06	25.20	0.57
11	21.10	0.61	22.40	0.81	27.10	0.75	13.90	0.07	27.10	0.63
12	21.10	0.66	22.40	0.89	27.70	0.82	13.90	0.08	27.70	0.69
13	21.10	0.72	22.40	0.96	29.60	0.89	13.90	0.08	29.60	0.75
14	21.10	0.77	22.40	1.04	31.30	0.96	13.90	0.09	31.30	0.80
15	21.10	0.83	22.40	1.11	32.10	1.03	13.90	0.10	32.10	0.86
16	21.10	0.89	22.40	1.18	33.90	1.10	13.90	0.10	33.90	0.92
17	21.10	0.94	22.40	1.26	34.60	1.17	13.90	0.11	34.60	0.98
18	21.10	1.00	22.40	1.33	34.70	1.23	13.90	0.11	34.70	1.03
19	21.10	1.05	22.40	1.41	34.70	1.30	13.90	0.12	34.70	1.09
20	21.10	1.11	22.40	1.48	34.70	1.37	13.90	0.13	34.70	1.15
21	21.10	1.17	22.40	1.56	34.70	1.44	13.90	0.13	34.70	1.20
22	21.10	1.22	22.40	1.63	34.70	1.51	13.90	0.14	34.70	1.26
23	21.10	1.28	22.50	1.71	34.70	1.58	13.90	0.15	34.70	1.32
24	21.10	1.33	22.70	1.78	34.70	1.65	13.90	0.15	34.70	1.38

VALORES DE PRECIPITACION DIARIA ACUMULADA ENTRE 1 Y 60 DIAS

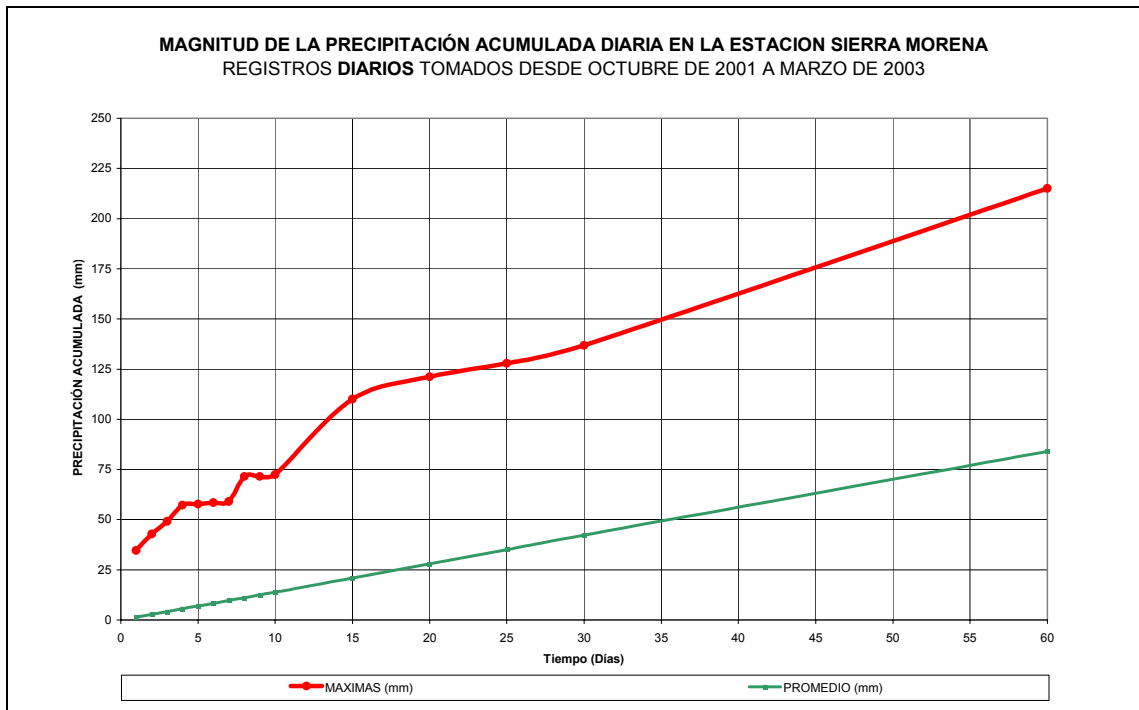
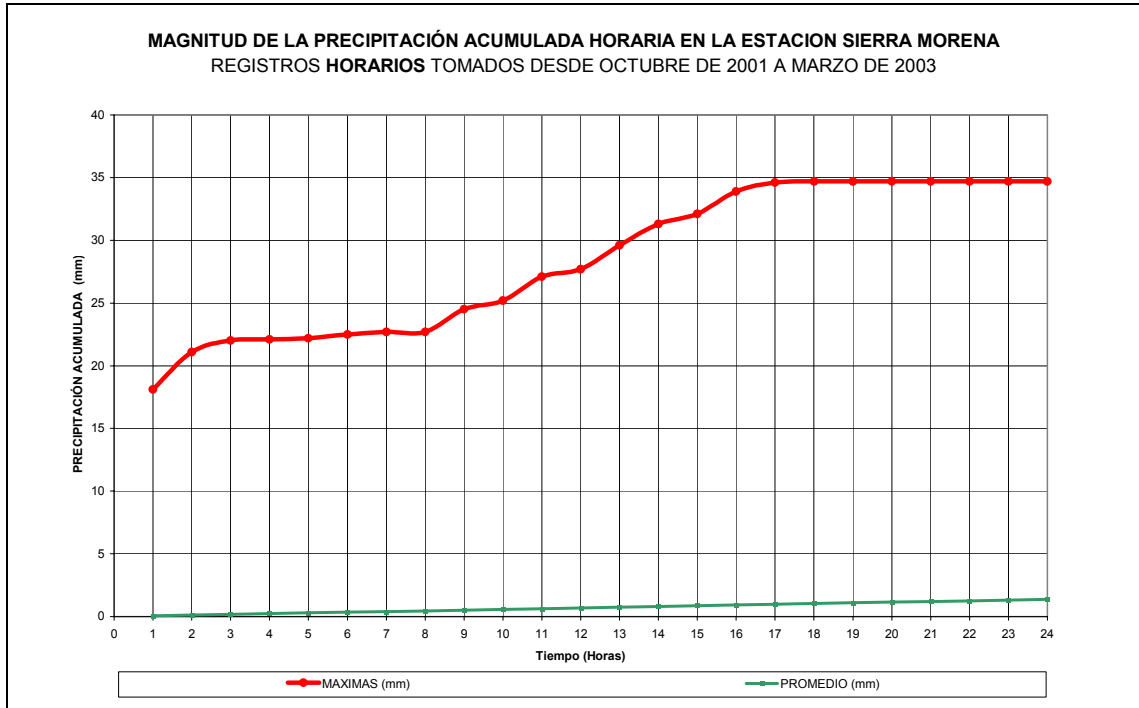
TIEMPO (Días)	ANO 2000 (Oct - Dic)		ANO 2001 (Ene - Dic)		ANO 2002 (Ene - Dic)		ANO 2003 (Ene - Mar)		PERIODO 2001-2003 (Oct/00 - Mar/03)	
	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)	MAXIMAS (mm)	PROMEDIO (mm)
1	21.10	1.33	22.70	1.78	34.70	1.65	13.90	0.15	34.70	1.38
2	31.30	2.69	25.70	3.61	42.90	3.30	23.80	0.31	42.90	2.76
3	33.90	3.92	30.80	5.47	49.10	4.97	25.20	0.45	49.10	4.13
4	34.20	5.14	42.50	7.37	57.10	6.64	25.20	0.56	57.10	5.51
5	36.30	6.40	50.30	9.31	57.70	8.32	25.80	0.68	57.70	6.89
6	36.30	7.69	50.30	11.27	58.50	10.02	26.40	0.80	58.50	8.28
7	38.10	9.01	50.30	13.27	59.00	11.72	26.80	0.93	59.00	9.66
8	47.20	10.35	71.40	15.32	61.90	13.43	27.00	1.05	71.40	11.05
9	55.00	11.73	71.40	17.41	62.90	15.15	27.00	1.17	71.40	12.45
10	55.30	13.14	72.40	19.56	70.30	16.88	27.10	1.29	72.40	13.84
15	69.40	20.58	73.40	30.87	110.10	25.49	27.70	1.91	110.10	20.84
20	77.10	28.46	87.40	41.48	121.10	33.61	40.20	2.48	121.10	27.92
25	78.00	36.94	101.30	52.09	127.90	42.00	40.20	2.64	127.90	35.06
30	87.20	45.70	101.40	64.22	136.80	50.52	40.20	2.90	136.80	42.20
60	103.90	91.49	144.00	129.09	215.00	105.14	55.40	4.15	215.00	83.95

**Tabla 6.12** Precipitación acumulada antecedente para la Estación Sierra Morena

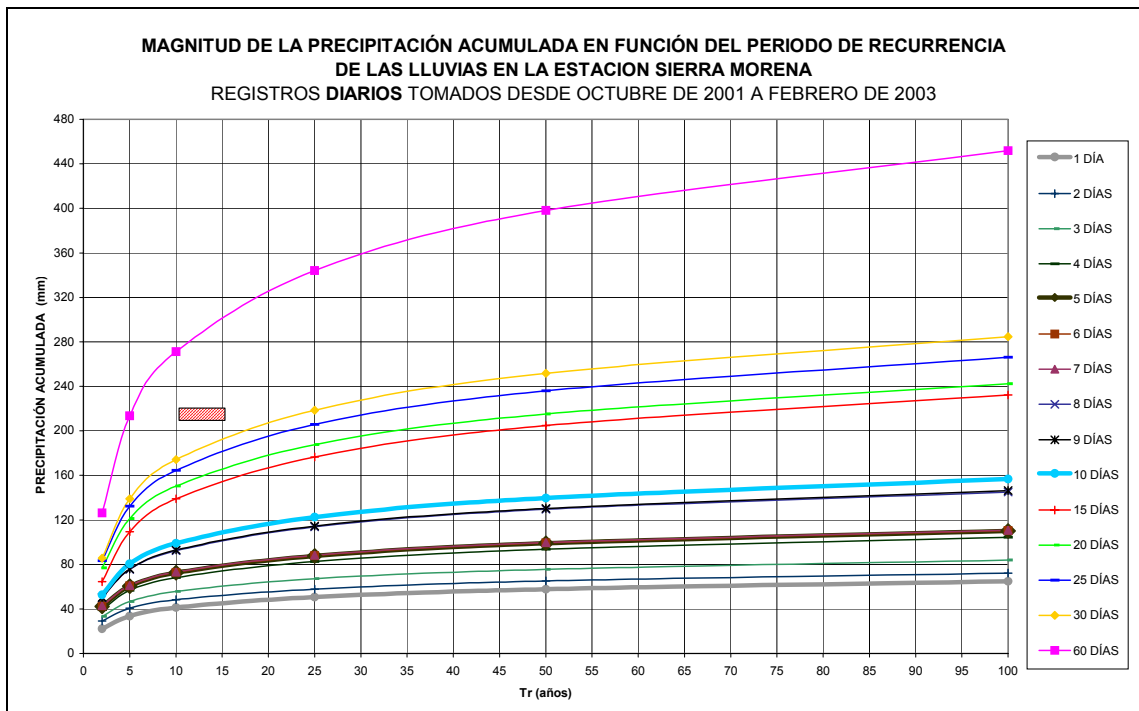
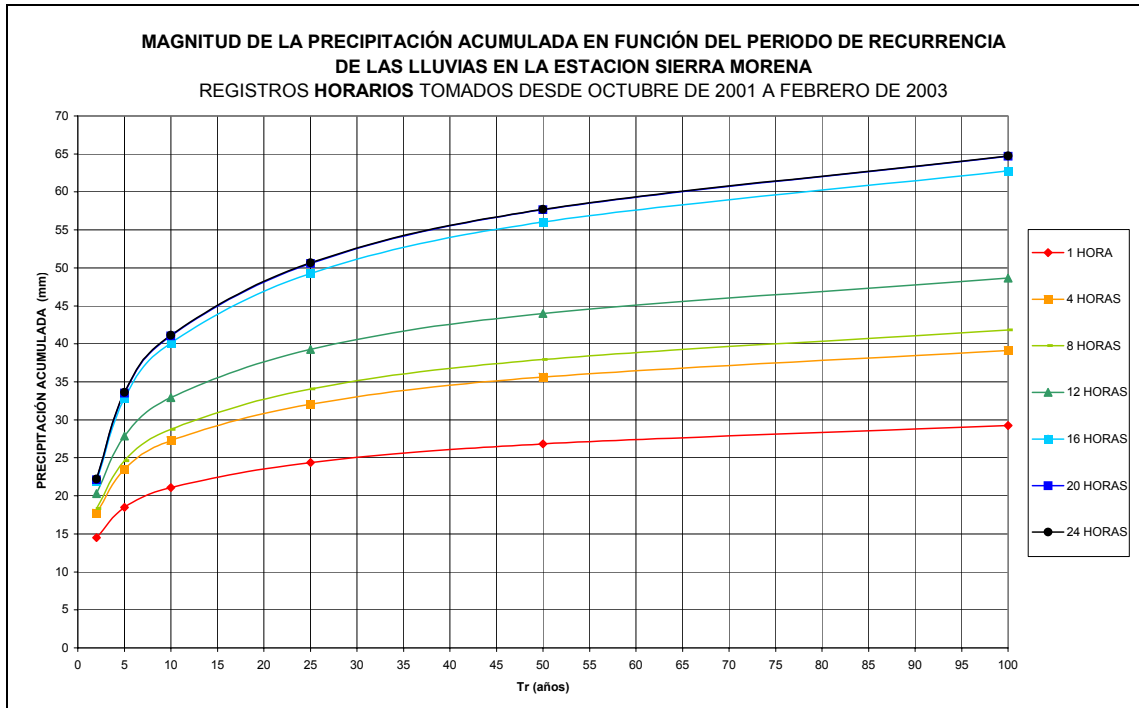
En la **Figura 6.11** se muestran gráficamente los resultados obtenidos.

### 6.5.2 Análisis de frecuencias de lluvias acumuladas

Una vez obtenidos los valores máximos acumulados, mediante el ajuste a distribuciones de frecuencia apropiadas, se obtienen las curvas de periodo de recurrencia en función de la precipitación máxima acumulada (por ser una serie muy corta – año 2001 a 2003) y su duración, tal como se muestra en la **Figura 6.12**.



**Figura 6.11** Curvas de precipitación acumulada máxima y promedio a nivel horario y diario para la Estación Sierra Morena



**Figura 6.12** Frecuencia de la precipitación acumulada a nivel horario y diario para la Estación Sierra Morena

Parte del análisis de relación lluvia-deslizamiento se encuentra en el estudio “Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santa Fe de Bogotá D. C.” realizado para FOPAE por la firma INGEOCIM Ltda. Bajo el contrato No. 1314-107-97 suscrito entre dichas entidades.

En dicho estudio, como se cita en diferentes conceptos técnicos emitidos por la DPAE dentro del análisis hidrológico, textualmente se repite “La distribución anual de las lluvias en la zona es bimodal, con dos periodos lluviosos intercalados con dos periodos secos, con una precipitación media multianual de 600 mm y la precipitación crítica varía entre 210 mm a 220 mm, con un periodo de retorno de 10 a 15 años”.

Si se observa en la parte inferior de la **Figura 6.12**, se marca el rango entre los 10 y 15 años de periodo de retorno ( $T_r$ ), con lo cual la precipitación crítica en el rango de 210 mm a 220 mm se aproximaría a una duración entre 30 y 60 días acumulados con lo cual se validarían las consideraciones hasta ahora efectuadas.

### **6.5.3 Inventario de informes asociados con movimientos del terreno y su relación con la ocurrencia de lluvias.**

Con el fin de establecer la posible relación entre los eventos reportados y los movimientos del terreno en la zona de estudio en los barrios el Cerro del Diamante y El Espino, fueron solicitados los reportes o informes relacionados a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de la Alcaldía Mayor de Bogotá D. C., los cuales fueron gentilmente suministrados por esta entidad mediante oficio 2/5150 despachado el 6 de septiembre de 2002.

Del análisis efectuado se concluye que tan solo en tres (3) reportes se cita o menciona como antecedente la ocurrencia de lluvias precedentes. En la **Tabla 6.13** se presenta la síntesis de los reportes consultados entre los cuales se destacan los informes DI-1383 de marzo 19 al 23 de 2002, DI-1377 de marzo 1 al 8 de 2002 y DI-1242 de septiembre 15 de 2001 por mencionar la lluvia como antecedente del movimiento (Ver la precipitación de estas fechas en **Anexo 6.2**).

Sin embargo no fue posible establecer la fecha exacta de los eventos, dado que solo se presenta la fecha de la visita existiendo la incertidumbre si esta difiere de la fecha del evento como se puede observar en los registros de precipitación de la estación Sierra Morena para las fechas de reporte.

### **6.5.4 Lluvia acumulada antecedente**

Dentro del análisis de lluvia crítica es posible establecer la magnitud de lluvia precedente al evento deseado, cuando la curva de lluvia acumulada a dicho evento sobrepasa los valores promedio y máximos acumulados de los registros de la estación.

Este tipo de análisis requiere de la existencia de registros por lo menos de un año precedente a la fecha del evento, que la estación haya registrado datos por lo más de 10 años y que se cuente con una fecha lo más exacta posible del evento. Generalmente, y El Espino no es la excepción, los datos hidrológicos no tienen la

**CRONOLOGIA DE INFORMES TECNICOS FOPAE PERIODO 1999 - 2002**

**RESUMEN DE INFORMES FOPAE ELABORADO PARA EL ANALISIS DE LA INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN EN EL MOVIMIENTO SECTOR AFECTADO LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR**

INFORME	BARRIOS	DIRECCION	FECHA VISITA (mm/dd/aaaa)	AREA (Ha)	DESCRIPCION / DAÑOS	OBSERVACIONES	ANTECEDENTE
DI-1431	CERRO EL DIAMANTE, EL ESPINO I SECTOR, ESPINO III SECTOR	KR 89 ENTRE CALLES 55 A 60 SUR Y DG 63C SUR ENTRE KR 73A Y 74B	04/30/2002	15	Desplome y destrucción de pisos de viviendas, agrietamiento e incremento de escarpes	Evacuación de diversas familias y recomendación de reubicación	
DI-1399	CERRO EL DIAMANTE, EL ESPINO Y III SECTOR, SAN RAFAEL, RINCON DEL PORVENIR	KR 89 ENTRE CALLES 55 A 60 SUR	04/15/2002	15	Desplome de viviendas, destrucción de pisos, agrietamientos. Movimiento del terreno con un agrietamiento que amplía la franja de afectación.	Evacuación de diversas familias y cambio a Prioridad 1 de algunas de ellas	
DI-1398	EL ESPINO III SECTOR - EL RODEO	CL 63D SUR ENTRE KR 74 A 75C	04/15/2002	12	Movimiento del terreno con un agrietamiento que amplía la franja de afectación.	El concepto técnico 2715 del 26 de agosto de 1997 recomendó la reubicación de 29 familias que se encontraban viviendo en la parte baja del escarpe (20m de alto y 350m de longitud) o antiguo patio de la explotación de la cantera Santa Rita por caída de bloques	
DI-1396	CERRO EL DIAMANTE, EL ESPINO Y III SECTOR, SAN RAFAEL, RINCON DEL PORVENIR	KR 89 ENTRE CALLES 55 A 60 SUR	04/8/2002 AL 04/12/2002	15	Desplome de viviendas, destrucción de pisos, agrietamientos. Movimiento del terreno con un agrietamiento que amplía la franja de afectación.	Evacuación de diversas familias y cambio a Prioridad 1 de algunas de ellas	
DI-1386	CERRO EL DIAMANTE, EL ESPINO Y III SECTOR, SAN RAFAEL, RINCON DEL PORVENIR	KR 89 ENTRE CALLES 55 A 60 SUR	03/25/2002 AL 04/1/2002	15	La tendencia del agrietamiento se mantiene dando lugar a la formación de un escarpe de deslizamiento a lo largo de la kr 89. Los cambios en el patrón de agrietamiento se relacionan con hundimientos locales del costado E de la grieta en el terreno	Evacuación inmediata de varias familias e inclusión en el proyecto de reubicación.	
DI-1383	EL CERRO DEL DIAMANTE	KR 89 ENTRE CALLES 55 A 60 SUR	03/19/2002 AL 03/23/2002	9	Aparición de nuevas grietas paralelas a las existentes y ampliación de las aberturas alcanzando 0.5 cm. Se destaca un hundimiento relativo del terreno en la zona de mayor agrietamiento, conformándose escalones que alcanzan 0.8 m.	Informe de seguimiento de la problemática geotécnica que consiste en la aparición desde agosto de 2001 de agrietamientos con tendencia lineal, con aberturas del orden de 20 cm y profundidades superiores a 6 m. Las grietas conforman un arco paralelo al escarpe correspondiente a la cantera Santa Rita ubicada a 200 m al oriente de este arco. Se recomendó control y reparaciones inmediatas de la red de alcantarillado con el fin de evitar aporte de aguas servidas a las grietas aislando las tuberías más afectadas y manejando las aguas lluvias y negras con tuberías flexibles.	En el periodo de seguimientos se presentaron lluvias y continúan las fugas de aguas servidas del sistema de alcantarillado. Los flancos se conforman hacia los extremos norte y sur, sobre las quebradas Santa Rita y Rosales, por lo que el flujo de agua infiltrada aflora en estos puntos ubicados en una cota topográfica menor.
DI-1382	EL ESPINO III SECTOR	DG 63C SUR CON KR 73L	03/18/2002	4	El talud de la parte norte del barrio El Espino III Sector presentó desprendimiento de bloques por intenso fracturamiento y meteorización, disposición estructural desfavorable y numerosas grietas de un deslizamiento traslacional en forma paralela a la corona del escarpe de la antigua explotación. En la parte alta del extremo occidental del barrio se observó un antiguo deslizamiento que compromete material por la DG 66 Sur entre KRS 74 y 74C y ha producido pequeños flujos de lodo y desprendimientos. Hacia la parte baja se encuentra el macizo rocoso. Así mismo se describen dos mecanismos de falla de la parte central (Cantera Sur) como son flujo de detritos y caída de bloques.	El concepto técnico 2715 del 26 de agosto de 1997 recomendó la reubicación de 29 familias que se encontraban viviendo en la parte baja del escarpe (20m de alto y 350m de longitud) o antiguo patio de la explotación de la cantera Santa Rita por caída de bloques	
DI-1380	EL CERRO DEL DIAMANTE	KR 89 ENTRE CALLES 55 A 60 SUR	03/8/2002 AL 03/15/2002	9	La tendencia del agrietamiento es más definida por la interconexión y aparición de trazos de falla paralelos a los ya existentes hundimiento del terreno entre 0.1 y 0.8 m en la KR 89 por CLL 56 sur, con alturas entre 0.2 y 0.6 m.	Evacuación de diversas familias y recomendación de reubicación	
DI-1377	EL CERRO DEL DIAMANTE	KR 89 CON CALLE 57 SUR	03/1/2002 AL 03/8/2002	9	La tendencia general del agrietamiento adquiere mayor continuidad a modo de arco distante 200 m y en forma paralela al borde del escarpe del deslizamiento de la Cantera Santa Rita.	El día 1 de marzo de 2002 se realizó un reconocimiento del barrio El cerro del Diamante en busca de fuentes de agua que afloraban en el terreno. En las esquinas de la CL 81 sur con KR 88 (manzana 1) y en la CL 59 sur con KR 89 se encontró acumulación de aguas. Se identificó infiltración en el talud posterior a la vivienda ubicada en la M2 71.117. Así mismo en la CL 57 sur con KR 89 se encontró un tubo descubierto sin reparación de diámetro 0.2 m. Otro aporte de agua servidas debido al desamparo de las tuberías de alcantarillado. La por rebosa de aguas negras se ubica en la CL velocidad de avance del proceso de 55 sur frente a la placa No. 89A-25. Se reporta igualmente que existen fugas en las mangueras del acueducto comunitario en la CL 56A sur No. 88-25 ya que los movimientos las someten a esfuerzos de compresión y tracción.	Se constató incremento en la velocidad de propagación del agrietamiento del terreno asociado al agua como agente detonante, bien sea por las fuertes lluvias ocurridas y por la infiltración de aguas servidas debido al desamparo de las tuberías de alcantarillado. La velocidad de avance del proceso de 55 sur frente a la placa No. 89A-25. Se reporta igualmente que existen fugas en las mangueras del acueducto comunitario en la CL 56A sur No. 88-25 ya que los movimientos las someten a esfuerzos de compresión y tracción.
DI-1352	EL CERRO DEL DIAMANTE	KR 87 A 89 ENTRE CALLES 55 A 60 SUR	02/19/2002	9	Factores como la explotación de materiales de cantera, litología, geología estructural, hidrogeología, procesos de relleno no técnico, eliminación de cobertura vegetal, urbanización, entre otros configuraron el escenario de amenaza por FRM en los barrios El Espino I Sector, Cerro Diamante, San Rafael.	Agrietamientos en manzanas 1 y 2 (NE) 4.7.10 y 14 (Centro E) y 22.27 y 31 (SE) con separaciones del orden de 2 m, longitudes de 5 m, profundidades entre 3 y 4 m, y separaciones de 10 cm. La dirección anuncia contrarías el estudio Geotécnico, monitoreo y seguimiento del movimiento del terreno. Se desincentiva la construcción en el sector de nuevas viviendas y se incluyen nuevas familias en el proyecto de reubicación de familias en alto riesgo no mitigable.	Pl. 1 Plano de localización del agrietamiento del terreno y Pl. 2 Identificación de predios construidos.
DI-1243	CERRO EL DIAMANTE	CL 58 A SUR No. 89-43	09/15/2001	0.05	Casa afectada con agrietamiento importante	Se informa a los moradores de la vivienda acerca de la necesidad de evacuarla y efectuar las reparaciones en las redes domiciliarias de acueducto y alcantarillado	
DI-1242	CERRO EL DIAMANTE	CL 59 A SUR No. 89-41	09/15/2001	0.05	Pequeño flujo de lodo que ingresó a vivienda el jueves 13 de septiembre de 2001	Se observan procesos de erosión antrópica y se sugiere desviar aguas libres.	Inadecuada descarga de los sistemas de alcantarillado de aguas negras y no existencia de aguas lluvias. Se atribuye el movimiento a las fuertes lluvias que lo antecedieron.

**Tabla 6.13** Cronología de informes técnicos del FOPAE en el periodo 1999-2002 relacionados con la posible ocurrencia de lluvias.

**CRONOLOGIA DE INFORMES TECNICOS FOPAE PERIODO 1999 - 2002**

**RESUMEN DE INFORMES FOPAE ELABORADO PARA EL ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN EN EL MOVIMIENTO SECTOR AFECTADO LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR**

INFORME	BARRIOS	DIRECCION	FECHA VISITA (mm/dd/aaaa)	AREA (Ha)	DESCRIPCION / DAÑOS	OBSERVACIONES	ANTECEDENTE
DI-1221	CERRO EL DIAMANTE	KR 89 CL. 59 SUR	08/16/2001		Entre los días 14 y 16 de agosto de 2001 se presentaron agrietamientos de muros y pisos de viviendas entre 5 mm y 7 cm, identificándose el día 16 de agosto un agrietamiento del terreno con tendencia lineal en el barrio El Espino I, de abertura aproximada 10 cm y profundidad aproximada 5 m.	Se realizaron campañas quincenales en 20 viviendas. Se instalaron 8 mojonos y 40 niveletas para seguir el movimiento. Cabe anotar que en este informe se cita la apertura de las fisuras lo cual indica movimiento del terreno entre el 14 y 16 de agosto.	Como antecedentes se cita en el informe que para este sector se registraron desplazamientos acumulados entre agosto de 2000 y febrero de 2001 del orden de 5 a 21 mm en dirección NE. En esta zona se instaló un inclinómetro que reportó un desplazamiento acumulado de 56 mm y movimientos de hasta 12 m de profundidad. Se recomienda obtener información de la EAAB acerca de los procedimientos empleados en la construcción del alcantarillado del barrio El Cerro del Diamante, verificando las versiones dadas por la comunidad.
CT-3735	CERRO EL DIAMANTE, EL ESPINO I SECTOR, ESPINO III SECTOR	KR 89 ENTRE CL. 55 A 60 SUR, DG 630 SUR A 66 A SUR ENTRE KR 73A Y 74B	04/30/2002	15	Avance de la zona de mayor agrietamiento hacia el W por el efecto retroactivo y remanente del movimiento. desplazamiento de material inestable ocasiona inestabilidad hacia los antiguos frentes de explotación generando caída de bloques y desprendimiento de rocas.	Ampliación de la zona de inestabilidad a manzanas 16, 19, 22 y 25 en el Cerro El Diamante, y 24, 25 y 27 en el barrio El Espino III sector.	37 viviendas se encuentran en alto riesgo no mitigable.
CT-3725	CERRO EL DIAMANTE, EL ESPINO I SECTOR, ESPINO III SECTOR, EL RODEO, SAN RAFAEL, RINCON DEL PORVENIR.	KR 73 A 90 ENTRE CL. 55 A 60 SUR EN LA PARTE ALTA ENTRE DG 63 C A 67 A EN LA PARTE BAJA	04/15/2002	20	Laderas sometidas a explotación minera no controlada, dejando dos frentes de explotación conocidos como la Cantera de Santa Rita y la Cantera Sur. En la parte alta se conformaron los asentamientos humanos de El Espino I sector y el Cerro El Diamante. En la parte baja (antiguo patio de operaciones) se desarrollaron los barrios El Espino III sector y El Rodeo. Un proceso paulatino de agrietamiento fue descrito en un sector ladera arriba del escarpe de deslizamiento en la Cantera Santa Rita descrito como segmentos lineales sobre KR 89 entre CL 56 sur y 59A sur, paralelos al colector de aguas lluvias y negras construido por la EAAB.	Los mapas de amenaza por FRM se incorporaron al Decreto 619 de 2000 POT. La DPAA emitió los conceptos de riesgo para los barrios en proceso de legalización que fueron controlados, dejando dos frentes de explotación conocidos como la Cantera de Santa Rita y la Cantera Sur. En la parte alta se conformaron los asentamientos humanos de El Espino I sector y el Cerro El Diamante. En la parte baja (antiguo patio de operaciones) se desarrollaron los barrios El Espino III sector y El Rodeo. Un proceso paulatino de agrietamiento fue descrito en un sector ladera arriba del escarpe de deslizamiento en la Cantera Santa Rita descrito como segmentos lineales sobre KR 89 entre CL 56 sur y 59A sur, paralelos al colector de aguas lluvias y negras construido por la EAAB.	En enero de 1997 se reportó una situación de emergencia en El Rodeo reubicando 29 familias por el movimiento de 0.5 ha de terreno. De acuerdo con afirmaciones de la comunidad los daños se originaron a causa de las explosiones realizadas para las excavaciones durante la construcción de los colectores de alcantarillado por parte de la EAAB, pero no puede confirmarse esta afirmación dado que no existe seguimiento alguno. La rotura de tuberías de alcantarillado y pozos de inspección, el despegate de mangueras para suministro de agua potable y algunos días de intensas lluvias ocasionaron un incremento en el volumen de agua infiltrada en el terreno, lo cual se tradujo en daños a las construcciones cercanas.
CT-3456	EL CERRO DEL DIAMANTE		11/30/1999		Cartografía del DAPD escala 1:500. Informe descriptivo de la zona basado en el estudio elaborado bajo contrato de consultoría No 1314-107-97 por la firma INGEOCIM así como el estudio elaborado por Civiles LTDA denominado "Estudio Geotécnico, Evaluación de Alternativas de Medidas de Mitigación, Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar la zona comprendida entre Q. Santo Domingo y Q. Santa Rita Barrio El Espino - Localidad de Ciudad Bolívar y en observaciones de los profesionales del área de riesgos de la DPAA.	La intervención antrópica es alta, el sector presenta infraestructura urbana sin un planeamiento adecuado, con servicios básicos provisionales manejados por la comunidad de manera antitécnica, generándose fugas de agua y mal manejo de aguas de escomenta y aguas servidas.	La distribución anual de las lluvias en la zona es bimodal con dos periodos lluviosos intercalados con dos periodos secos, con una precipitación media multianual de 600 mm y la precipitación crítica varía entre 210 mm a 220 mm con un periodo de retorno de 10 a 15 años.
CT-3503	ESPINO III SECTOR	Espino III Sector limita al oriente con los barrios Ismael Pertomo y Los Rosales, al sur con los barrios La Carbonera, la Carbonera II sector y Santo Domingo, y al occidente con el barrio Espinos I y el sector del Rodeo	07/20/2000		Cartografía del DAPD escala 1:1000. Informe descriptivo de la zona basado en el estudio elaborado por Civiles LTDA denominado "Estudio Geotécnico, Evaluación de Alternativas de Medidas de Mitigación, Diseños Detallados de las Obras Recomendadas para Estabilizar la zona comprendida entre Q. Santo Domingo y Q. Santa Rita Barrio El Espino - Localidad de Ciudad Bolívar y en observaciones de los profesionales del área de riesgos de la DPAA.	Dentro de las recomendaciones del informe técnico se plasman reportar al DAMA la presencia de explotaciones artesanales, impedir que se continúe con el relleno en la parte coincidente con la ZV 1 hasta garantizar técnicamente su estabilidad, adelantar la construcción de obras hidráulicas recomendadas por el estudio de Civiles Ltda (alcantarillas, cunetas y estructuras de entrega).	El sistema hidrográfico natural está drenado localmente por las quebradas Santo Domingo (rosales) y La Carbonera; en la parte alta existen varios pequeños afluentes o drenajes naturales del sector algunos de los cuales no tienen continuidad, pues dada su naturaleza geológica se favorece la infiltración y posterior afloramiento a cotas inferiores. De otra parte en la zona es evidente la permanente recarga de agua en la zona, tanto superficial como subsuperficial, desde la parte alta, como resultado del vertimiento incontrolado de aguas negras y de pérdidas en las mangueras del acueducto local.
CT-3268	ESPINO I SECTOR	Espino I Sector limita al norte con los barrios Mirador de la Estancia y Cerros del Diamante, al oriente con el barrio Espino II sector, al sur con el barrio Santo Domingo y al occidente con los barrios de Soacha Luis Carlos Galán y Minuto de Dios.	07/12/00	0.6	Cartografía del DAPD escala 1:1000. Informe descriptivo de la zona basado en el estudio elaborado por la firma INGEOCIM No 1314-107-97 por la firma INGEOCIM denominado "Zonificación de Riesgos por Inestabilidad del Terreno para diferentes sectores del D. C." y en observaciones de los profesionales del área de riesgos de la DPAA.	Se recomienda destinar el sector como zona de protección o control ambiental y no permitir construcciones en el mismo. Proceder de manera urgente con la contratación de los diseños de obras de estabilización a fin de acometer la pronta ejecución de las mismas.	El sistema hidrográfico natural está drenado localmente por las quebradas Santo Domingo (rosales) y regionalmente por la cuenca del Río Tunjuelo. En general no existen redes de recolección de aguas y la red de suministro de agua potable es deficiente. La inexistencia de alcantarillado pluvial permite que las diversas aguas se unan y corran libremente ocasionando problemas sanitarios, ambientales y creando problemas de inestabilidad.
CT-3280	SAN RAFAEL DEL ALTO DE LA ESTANCIA	San Rafael limita al norte con el Barrio Mirador de la Estancia, al occidente con el barrio Rincón del Diamante y al sur con la Quebrada Santa Rita.	10/01/99		Cartografía del DAPD escala 1:500. Informe descriptivo de la zona basado en el estudio elaborado por la firma INGEOCIM denominado "Zonificación de Riesgos por Inestabilidad del Terreno para diferentes sectores del D. C.", los estudios "Zonificación Geotécnica del Barrio San Rafael, Localidad de Ciudad Bolívar" por la firma Infraestructura y Obras de Nativa Ltda. y en observaciones de los profesionales del área de riesgos de la DPAA.	Se recomienda destinar el sector como zona de protección o control ambiental y no permitir construcciones en el mismo. Adelantar obras de conducción y protección de la ribera de la Quebrada Santa Rita. Ejecutar obras de infraestructura como implementación de redes de acueducto y alcantarillado.	El sistema hidrográfico natural está enmarcado de la cuenca del Río Tunjuelo y localmente la quebrada Santa Rita. La distribución anual de las lluvias es bimodal con una precipitación media multianual de 600 mm y la precipitación crítica varía entre 210 y 220 mm con un periodo de retorno de 10 a 15 años.

**Tabla 6.13 (Continuación) Cronología de informes técnicos del FOPAE en el periodo 1999-2002 relacionados con la posible ocurrencia de lluvias.**

suficiente longitud de registro así que la incertidumbre de un evento extremo es mucho mayor.

Sin embargo y en procura de utilizar la información horaria de la estación Sierra Morena, se trataron de establecer fechas claves en la ocurrencia de movimientos en masa del sector para correlacionarlos así con las lluvias.

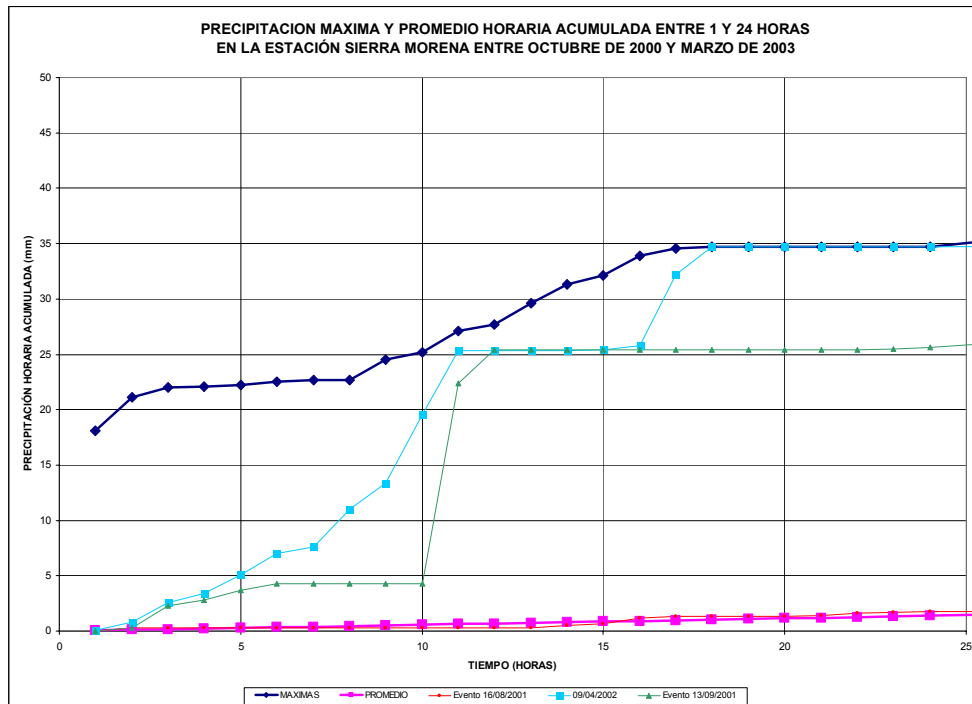
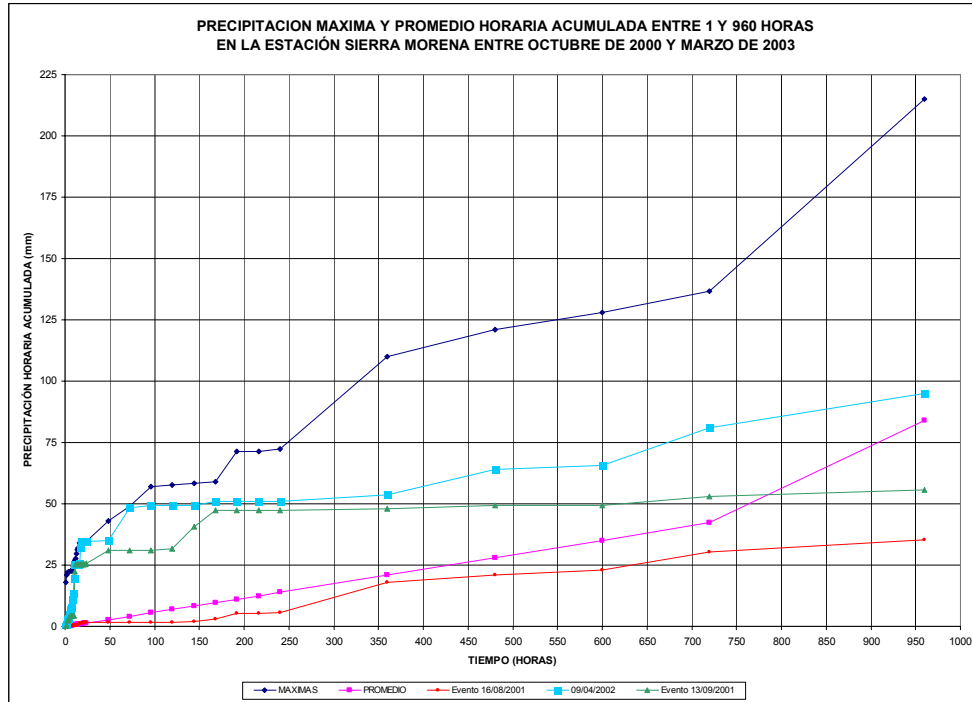
Para tal efecto se calcularon las lluvias máximas mensuales a nivel horario y diario en la estación Sierra Morena por cada año de registro (considerando en año hidrológico como el comprendido entre los meses de enero y diciembre. Como resultado de los análisis se establecieron como fechas de posible ocurrencia de movimientos las siguientes:

- Agosto 16 de 2001: por haberse observado apertura de diaclasas en el macizo entre el 14 y 16 de agosto, reportándose en el diagnóstico DI-1221 de la DPAE.
- Septiembre 13 de 2001 por presentar el máximo valor de precipitación horaria y diaria de todos los registros.
- Abril 9 de 2002: por ser el mes más lluvioso de todos los registros hasta ahora obtenidos y el día 9 por ser el de mayor número de horas consecutivas de lluvia en ese mes.

En la **Figura 6.13** se superponen los valores de 0 a 2 meses de lluvia antecedente acumulada a las fechas citadas sobre las curvas de valores máximos y promedios históricos de la estación. A su vez se detallan las primeras 24 horas de dicha superposición.

Nótese que ninguna de las curvas supera los máximos de la estación, lo cual indica que estas fechas no corresponden a un evento extremo de lluvia acumulada. Con relación a la fecha de agosto 16 de 2001, se descarta cualquier relación de la lluvia con la apertura de diaclasas; para la curva de septiembre 13 de 2001 se observa que el valor máximo horario corresponde a un aguacero de elevada intensidad pero que en términos de lluvia acumulada no alcanza los máximos de la estación; y finalmente con relación al 9 de abril de 2002 se observa que este evento marca máximos para la estación entre las 18 y 24 horas precedentes a su inicio pero no marca un valor por encima del máximo de la estación.

Se concluye del anterior análisis que la estación Sierra Morena no cuenta con un periodo adecuado para el análisis y que este requeriría conocer sin incertidumbre alguna las fechas de ocurrencia de movimientos en masa. Así mismo, dada la carencia de registros históricos de precipitación podría realizarse una aproximación con los datos de la estación Casablanca, la cual presentó la mejor correlación entre registros de lluvia con Sierra Morena, siempre y cuando se tuviera un dato exacto de la fecha en que ocurrió el movimiento inicial (1999?, 2000?, 2001?) y a su vez se hayan registrado las precipitaciones de por lo menos un mes antecedente al evento incluido el día de ocurrencia.



**Figura 6.13** Análisis de precipitación acumulada para algunas fechas de posibles movimientos en masa.



Es importante hacia el futuro, continuar con el registro continuo de la precipitación en el área y si es posible, instalar un pluviógrafo para poder determinar realmente cual es la intensidad de los aguaceros en el sector. Este proceso requiere de por lo menos 10 años de registros de precipitación, y para el análisis de los aguaceros, se puede trabajar con registros pluviográficos de por lo menos 5 años para algunos análisis especiales.

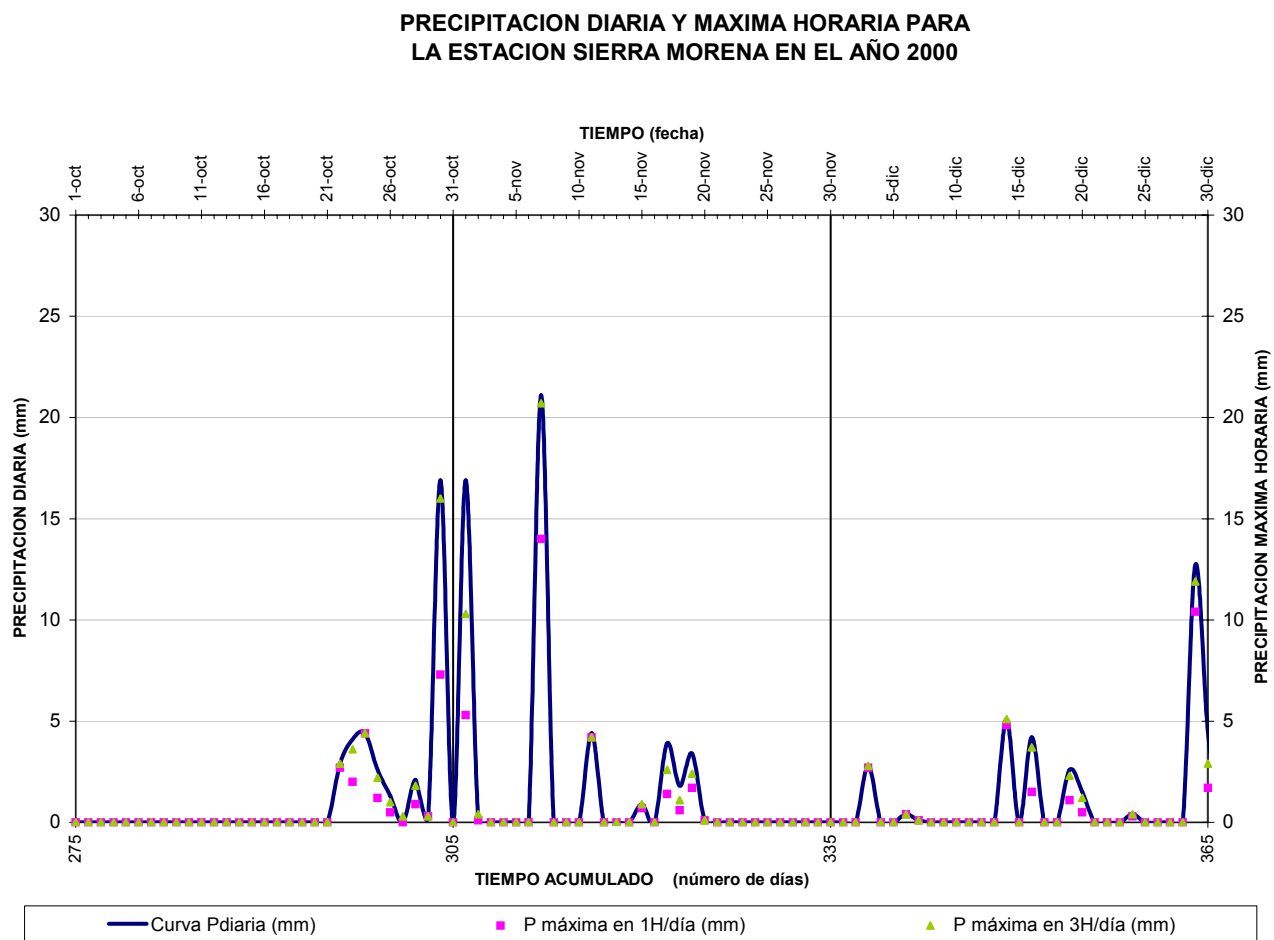
#### **6.5.5 Lluvias máximas diarias y horarias en la cronología de eventos.**

Otra forma de descartar el efecto directo de la precipitación en la ocurrencia de los eventos es emplear la información cronológica contenida en **Tabla 6.13** además de algunas fechas producto del análisis de documentos suministrados por la DPAE.

Para tal efecto se generaron los gráficos anuales de lluvia diaria y en eje secundario las máximas en 1 hora y 3 horas por cada uno de los días del año. Esta figura permite relacionar la lluvia diaria con la máxima horaria y a su vez el efecto de la lluvia acumulada de 3 horas la cual resulta ser la más frecuente en los registros.

Las **Figuras 6.14 a 6.17** muestran lo descrito. Para un observador cualquiera es fácil determinar los datos requeridos en una fecha de interés entre octubre 18 de 2000 y marzo de 2003. A manera de ejemplo se muestran algunas fechas de interés extraídas de documentos suministrados por la DPAE además de las indicadas en la **Tabla 6.13**. En orden cronológico a manera de ejemplo se citan las siguientes:

- Noviembre 30 de 1999 (Informe CT-3456. No existen registros de precipitación en Sierra Morena)
- Marzo 22 de 2001 (Primer reporte de agrietamientos del año Radicado Personería de Santa Fe de Bogotá 23 de Marzo de 2001 y FOPAE 1-01759 de Marzo 14 de 2002)
- Agosto 16 de 2001 (Informe DI-1221. Primer informe del movimiento reciente)
- Septiembre 15 de 2001 (Informe DI-1242)
- Marzo 8 al 15 de 2002 (Informe DI-1380)
- Marzo 18 al 23 de 2002 (Informes DI- 1382 y DI-1383)
- Marzo 25 a Abril 1 de 2002 (Informe DI-1386)
- Abril 8 al 12 de 2002 (Informe DI-1395)
- Abril 15 de 2002 (Informe DI-1598 y DI-1599)
- Abril 30 de 2002 (Informe DI-1431 y CT- 3735)
- Agosto 26 de 2002 (Oficio Emergencia Despachado DPAE 28 de agosto de 2002 No. 2/4889 donde se cita que el 21/ago/02 se produjo el vertimiento de un volumen considerable de agua por rotura de tubería.)
- Septiembre 18 de 2002 (Oficio EAAB – Taponamiento red de acueducto en el barrio Cerro El Diamante. Radicado FOPAE 1-08535 de fecha 25 de septiembre de 2002).



**Figura 6.14** Precipitación diaria y máxima horaria para la estación Sierra Morena en el año 2000.

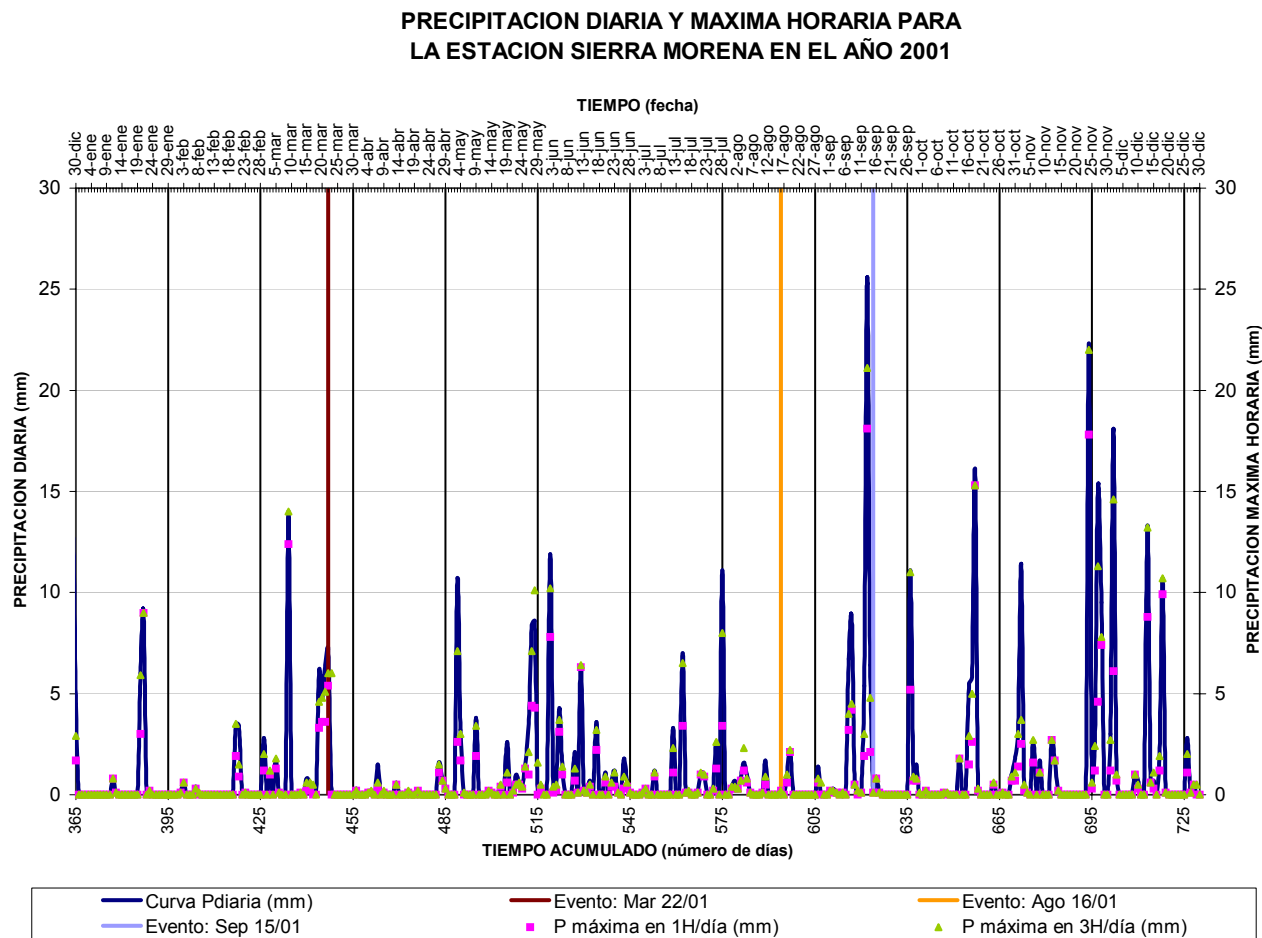


Figura 6.15 Precipitación diaria y máxima horaria para la estación Sierra Morena en el año 2001.

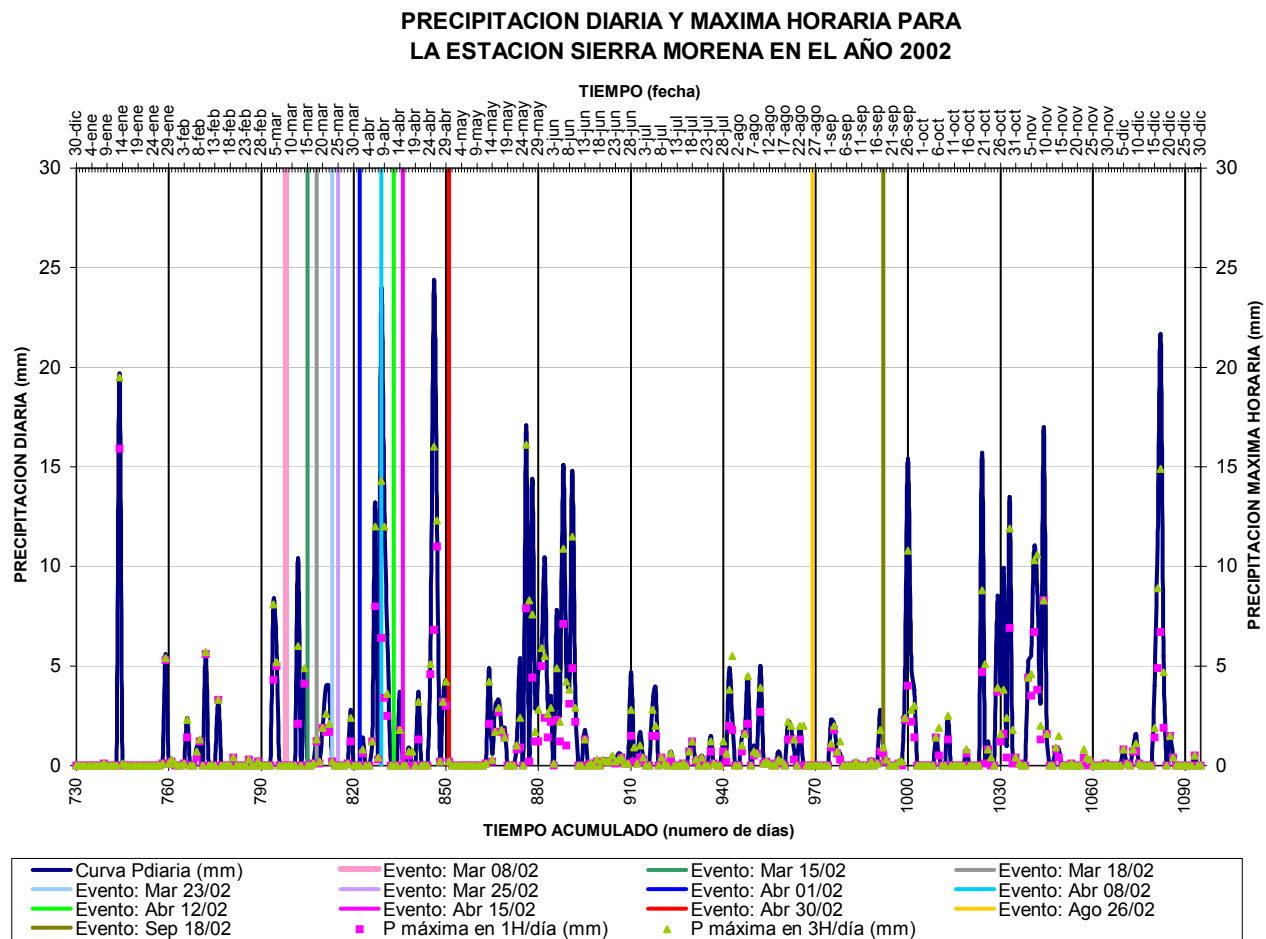
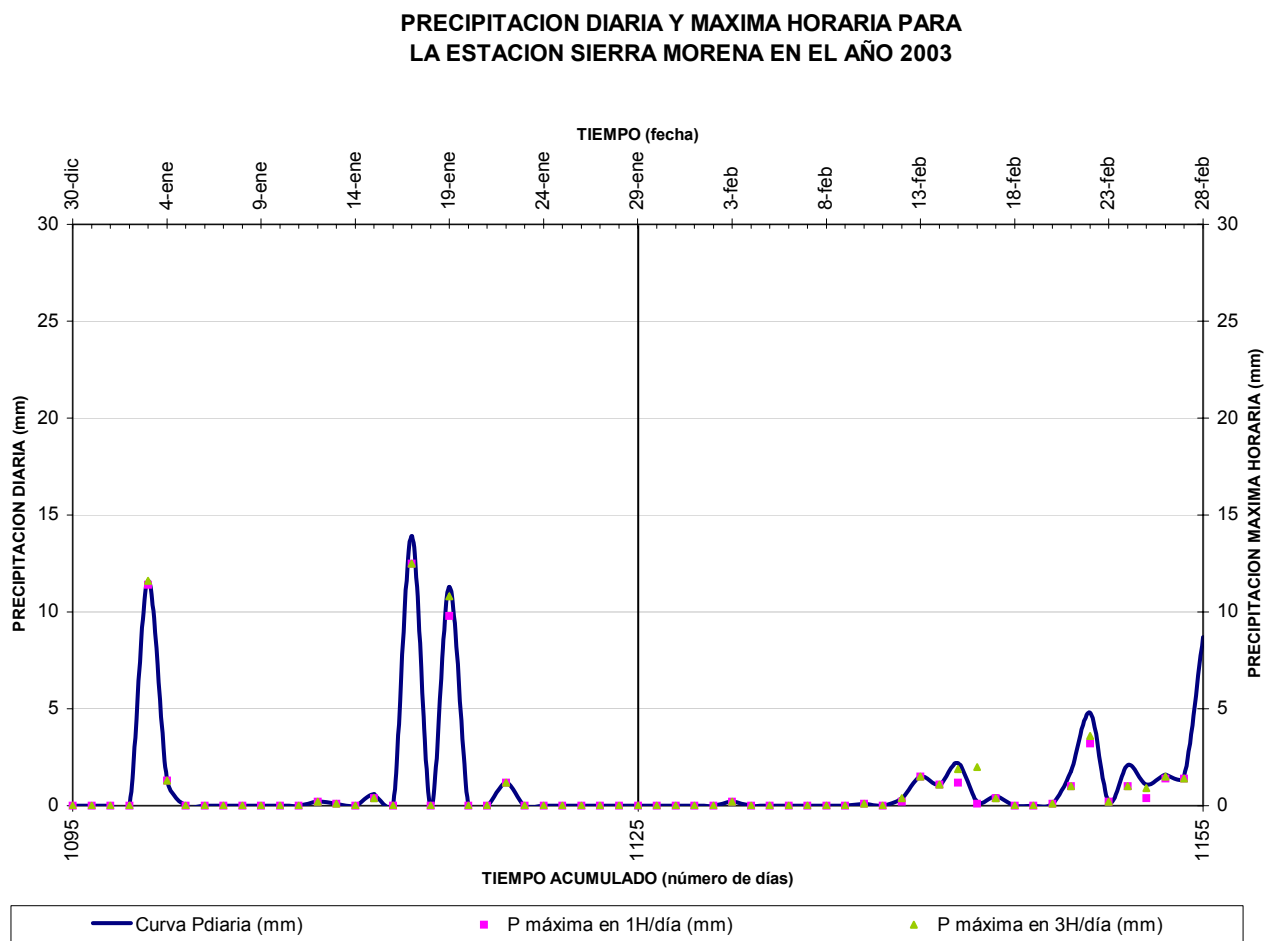


Figura 6.16 Precipitación diaria y máxima horaria para la estación Sierra Morena en el año 2002.



**Figura 6.17** Precipitación diaria y máxima horaria para la estación Sierra Morena en el año 2003.

---

## CAPITULO 7

---

### INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO

#### 7.1 ANTECEDENTES

Una vez revisada la información bibliográfica en lo referente a anteriores instrumentaciones, no se observó una tendencia clara en cuanto a patrones de movimientos, por lo cual se optó por realizarla teniendo en cuenta las características topográficas y estructurales del área de estudio.

#### 7.2 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN

##### 7.2.1 Instrumentación superficial

Esta instrumentación tiene como objetivo el control de los desplazamientos en superficie, encontrando dirección y tasas de movimiento, ya sea a partir de desplazamientos de mojones, o por abertura de grietas detectados mediante extensómetros. Para tal fin se construyó inicialmente (Abril de 2002) una red de 25 mojones de control ubicados en forma de cuadrícula, sobre los barrios El Espino Sectores I y II y El Cerro el Diamante, orientados con lineamientos topográficos y 8 mojones de referencia alrededor de los anteriores con el objetivo de realizar campañas mensuales de control de desplazamientos. Posteriormente (Diciembre de 2002) se construyeron 40 mojones más, incluidos los de referencia, en los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector debido a la influencia del movimiento en dichas zonas; sobre estos mojones se realizaron 3 campañas para medir sus desplazamientos. Por otra parte se instalaron 7 extensómetros de polea a lo largo de la grieta principal sobre los cuales se tomaron lecturas diarias para un periodo comprendido entre el 22/04/02 y el 15/06/02 no pudiendo continuar con dicha actividad ya que los extensómetros fueron destruidos en su totalidad. También se instalaron 8 extensómetros de estacas sobre grietas incipientes ubicadas arriba de la grieta principal; debido a daños en los mismos en la actualidad solo contamos con 4 extensómetros de estacas. (Ver Mapa ES 6)

Con el objetivo de llevar un seguimiento visual de las variaciones del terreno se ubicaron 5 estaciones fotográficas en zonas de movimientos críticos, de las cuales se lleva registro desde Mayo/02 hasta Marzo/03. Por otra parte se realizaron tres levantamientos topográficos a igual escala en Mayo/02, Agosto/02 y Marzo/03, utilizándolos como instrumentos indicadores de los cambios en el terreno.

##### 7.2.1.1 Mojones

Los mojones fueron construidos en concreto de 2500 psi aprox., fundidos in situ y con las dimensiones como se muestra en la **Figura 7.1**. Como testigo se utilizó tubos de acero de 3” de diámetro que ayudan a dar estabilidad al mojón y en su

centro se colocó una varilla  $\frac{1}{2}$ " en hierro que define su ubicación. También tienen una placa en bronce para marcarla con la referencia del mojón. (**Fotos 7.1 y 7.2**)

Para la conformación de la red, sobre los barrios El Espino sectores I y II y el Cerro el Diamante se buscaron lineamientos entre las vías principales, fijando inicialmente puntos con estacas en la ubicación probable del mojón. La ubicación de las estacas fue realizada por el equipo de topografía que definía los lineamientos; finalmente el grupo de instrumentación ubicaba el sitio definitivo, teniendo en cuenta criterios de estabilidad.

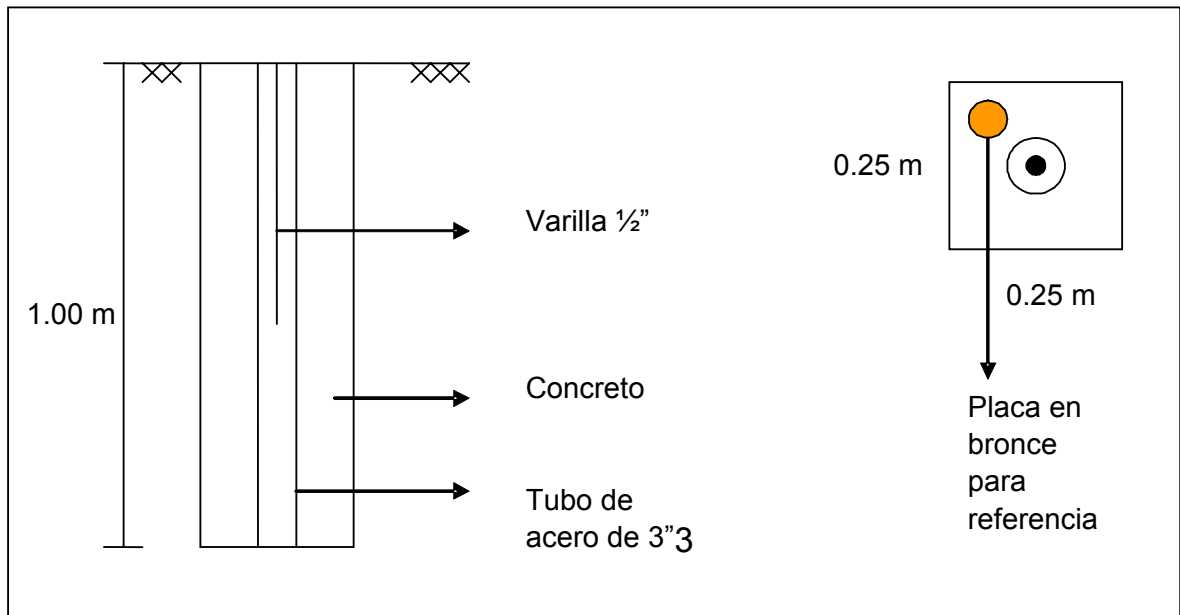


**Foto 7.1**Detalle constructivo mojones. Se observa la plomada al punto central del mojón en el punto referenciado en los lineamientos topográficos. (May/02)



**Foto 7.2** Mojón terminado, obsérvese la plaqueta de referencia y el punto central en negro. (May/02)

Sobre el barrio San Rafael se conformó una red de características similares a la anterior y en los barrios El Rodeo y El Espino Sector III se distribuyeron uniformemente sobre el área de estudio. La ubicación de los mojones se puede observar en el mapa No.ES 6 de localización de instrumentación



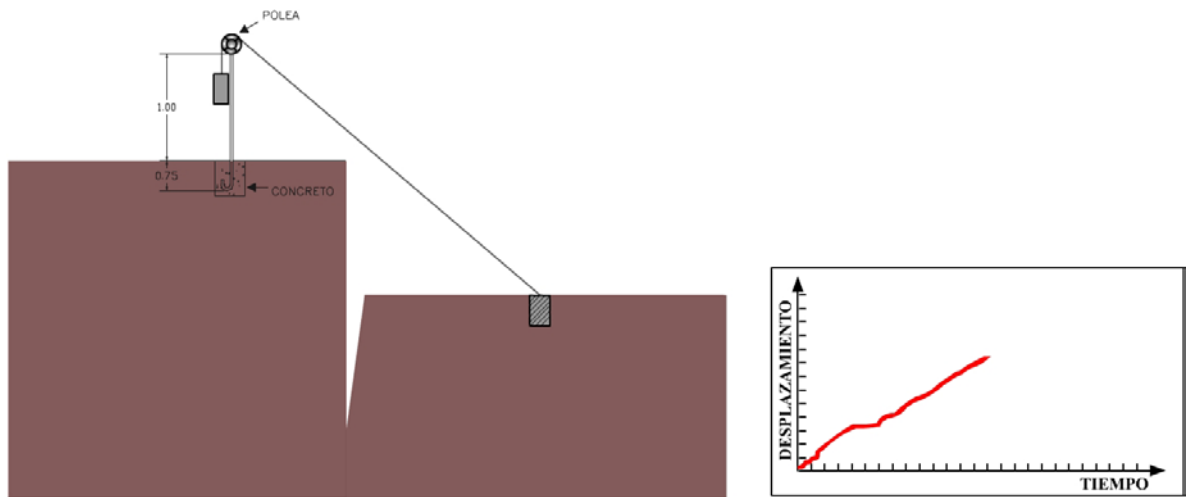
**Figura 7.1.** Detalle constructivo de los mojones de concreto

### 7.2.1.2 Extensómetros de Polea

Como se puede observar en la **Figura 7.2** y la **Foto 7.3**, los extensómetros constan de un pequeño mojón de anclaje construido en el bloque desplazante, conectado mediante un nylon con un contrapeso, pasando previamente por una polea elevada a un metro de altura mediante una varilla anclada en otro pequeño mojón en el bloque sin movimiento. Sobre la varilla se encuentra el sistema de medición, y se toman las lecturas de acuerdo al desplazamiento del contrapeso sobre la varilla. La orientación de los extensómetros en cada uno de los puntos fue normal al desarrollo de la grieta.

Las lecturas tomadas muestran el desplazamiento total en el intervalo de tiempo medido, sin embargo tomando unas lecturas adicionales es posible encontrar el ángulo del desplazamiento, asumiendo éste en dos dimensiones, y con el ángulo conocido es posible descomponer el desplazamiento en sus dos componentes: La profundidad o asentamiento y el desplazamiento en planta en el sentido de orientación del extensómetro.

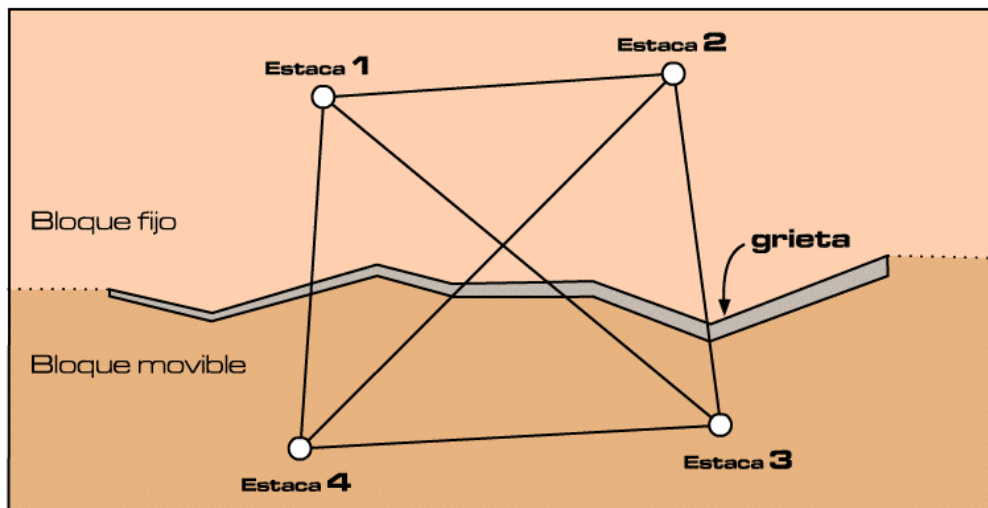




**Figura 7.2.** Extensómetros de polea

### 7.2.1.3 Extensómetros de Estacas

Los extensómetros de estacas fueron construidos hincando 4 estacas de 50 cm de la siguiente manera (**Figura 7.3**):



**Figura 7.3** Esquema de extensómetros de estacas

Las estacas 1 y 2 están ubicadas en el bloque que se asume como fijo y las estacas 3 y 4 en el bloque deslizante. Las distancias se miden desde el centro de las estacas materializado con una puntilla en el centro de las mismas; se toman las lecturas midiendo con un flexómetro el perímetro 1,2,3,4 y las diagonales 1-3 y 2-4.



**Foto 7.3** Extensómetro de polea

#### **7.2.1.4 Extensómetros de varilla**

Estos se diseñaron como una forma de reemplazar los extensómetros de polea. Básicamente constan de una varilla hincada en la pared del bloque fijo y otra hincada en el piso del bloque deslizante. Para cada medición se toma la distancia entre las dos puntas de las varillas y con una brújula se mide el ángulo con la horizontal. Desafortunadamente no fue posible tomar ninguna medición sobre los mismos ya que se robaron las varillas en su totalidad.

#### **7.2.2 Instrumentación profunda**

Esta instrumentación tiene como objetivo el control de los desplazamientos, la ubicación del nivel freático y la ubicación de la superficie probable de falla. Para tal fin se buscará obtener información a lo largo de dos perfiles A-A' y B-B' orientados mediante alineación topográfica en la dirección promedio del buzamiento de los estratos (Mapa ES-6 Localización de instrumentación). Mediante la instrumentación del primer perfil A-A', se obtuvo información acerca de espesores de los estratos y variación del nivel freático, para ubicar con mayor detalle la instrumentación de precisión sobre el otro perfil.

Sobre el perfil A-A' se realizaron tres perforaciones: la primera al este de la grieta principal, dentro de la masa deslizante, la segunda, arriba pero cercana a la grieta y la tercera en la parte alta del perfil. Sobre estas se instalaron piezómetros tipo Casagrande a profundidades superiores a los 25 m, referenciados en el plano como P1, P2 y P3 y los piezómetros PC1, PC2 y PC3 respectivamente. El perfil B-B está ubicado paralelo y aprox. 100 m al sur del perfil A-A. Sobre éste se realizaron cuatro perforaciones, con el objetivo de ubicar 4 inclinómetros de precisión de los cuales 3 son de 21 m y uno es de 26 m de profundidad. Referenciadas las perforaciones en el plano como P4, P5, P6 y P7 y los inclinómetros como INC1, INC2, INC3 y INC4.

Se había contemplado la colocación de tres piezómetros de cuerda vibrante, pero debido a los resultados de las perforaciones se concluyó que no era conveniente instalar éste tipo de piezómetros ya que en los registros de las perforaciones no se encontró retorno de agua, es decir, que los piezómetros quedarían trabajando arriba del nivel freático. Adicionalmente, 100 m al sureste de la perforación 4 se realizó una última perforación a 30 m, ubicándose un piezómetro Casagrande, PC4, a 15 m de profundidad debido a derrumbes en la perforación.

Dado el avance del movimiento y teniendo en cuenta las características de la superficie de falla fue necesario realizar 3 perforaciones adicionales donde se instalaron 3 inclinómetros de precisión así: El primero a 40 m de profundidad entre las perforaciones 5 y 6 con el objetivo de correlacionar el modelo estratigráfico y definir mejor la superficie de falla; el segundo en el barrio San Rafael a 20 m de profundidad con el objetivo de detectar la estabilidad del macizo rocoso y el tercero en un levantamiento presentado en el barrio El Rodeo, con el objetivo de caracterizar la superficie de falla en el pie del deslizamiento sobre dicha zona. La ubicación de los inclinómetros puede observarse en el mapa de localización de instrumentación

### 7.2.2.1 Piezómetros de Casagrande

Se instalaron 4 piezómetros Casagrande, 3 ubicados sobre las 3 primeras perforaciones del perfil A-A, a 30 m de profundidad, referenciados en el **Mapa Es 6** como PC1, PC2 y PC3 y el último 100 m al suroeste del perfil B-B' en la perforación No. 8 a 15 m de profundidad referenciado como PC4. Cada uno de los anteriores fue instalado de la siguiente manera: Inicialmente tienen 2 m de tubería ranurada (doble tubería de ranura) en los 2 últimos metros de profundidad del pozo, esta tubería está taponada en el fondo y recubierta con un filtro de material granular (gravilla y arena gruesa), arriba del filtro se les aplicó un sello de bentonita para evitar las infiltraciones de agua por la perforación, es decir el piezómetro solo mide la presión del agua que llega lateral a los dos metros de tubería ranurada. Con la tubería instalada es posible verificar en cada medición además de la altura del nivel piezométrico, la profundidad total del pozo, y así tendremos una estimación de las superficies de ruptura a lo largo del piezómetro.

Actualmente solo se cuenta con el piezómetro 3. El piezómetro 1, instalado dentro de la masa del deslizamiento se destruyó debido a los constantes movimientos en la zona; los piezómetros 2 y 4 fueron destruidos por los habitantes de la región para tratar de llevarse los tubos.

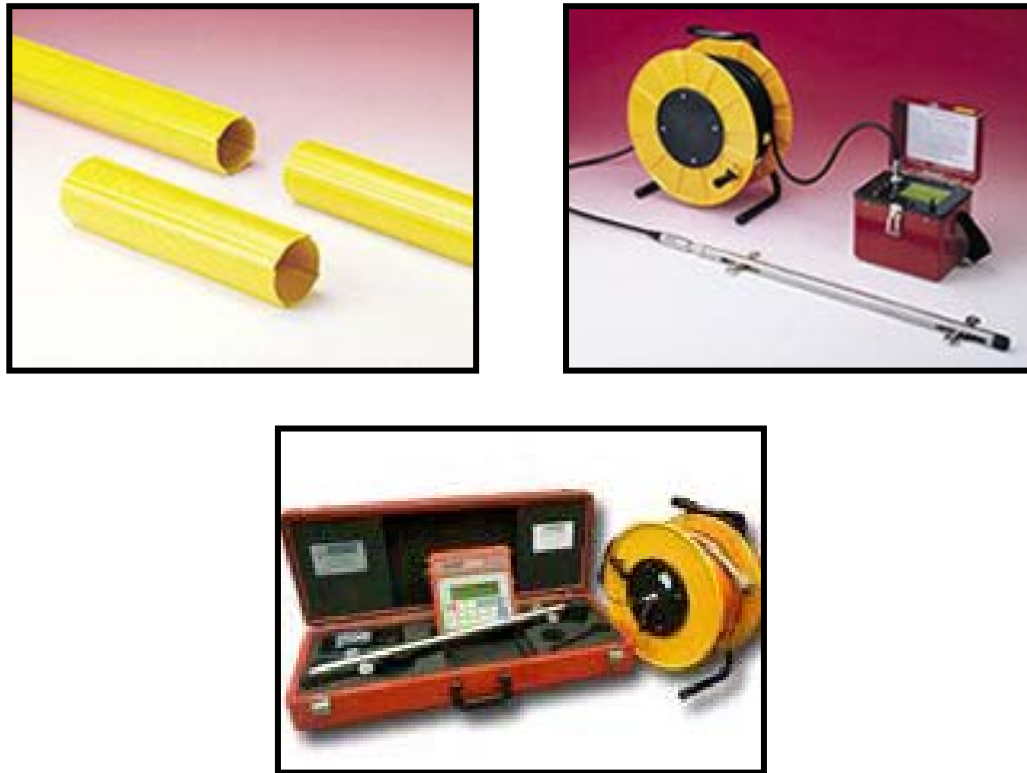
### 7.2.2.2 Inclínómetros de precisión

Se instalaron 4 inclínómetros de precisión sobre el perfil B-B' de instrumentación, los tres primeros sobre las perforaciones 4, 5 y 6 tienen una profundidad de 21 m y el último sobre la perforación 7 tiene 26 m., éstos se referencian en el mapa 3 como INC1, INC2, INC3 e INC4. Posteriormente se instalaron 3 inclínómetros adicionales, el primero en medio de los inclínómetros 3 y 4, el segundo y el tercero en los barrios San Rafael y El Rodeo respectivamente. Cada uno de los anteriores tiene tubería ranurada marca "Geokon".

La instalación de los inclínómetros se realizó de la siguiente manera:

Una vez terminada la perforación hasta la profundidad requerida, la tubería ranurada (**Figura 5.4**) se hinca y se mete dentro del pozo con la ayuda de la torre de la máquina de perforación. Estando la tubería colocada en la perforación se orientan un par de ranuras en la dirección del movimiento (N 36 E) y se aplica alrededor de las paredes una lechada de agua-cemento con el objetivo de mejorar la estabilidad de la tubería dentro del pozo. En superficie se construye una base en concreto para proteger la tapa de la perforación. Es importante tener en cuenta que la tubería debe instalarse lo más vertical posible (inclinación  $< 3^\circ$ ) para evitar errores posteriores en la toma de lecturas con el torpedo.

Los registros han sido tomados cada 15 días desde su instalación, las primeras tres lecturas se tomaron mediante la utilización de un torpedo biaxial para lectura de inclínómetros marca "Geokon", con su respectiva caja de registro de datos, posteriormente se han venido tomando con un torpedo marca Geotechnical Instruments con su respectiva caja de registro de datos (**Figura 7.4**).



**Figura 7.4** Detalle del inclinómetro. Tubería ranurada (Izquierda) - Torpedo Biaxial marca “Geokon” (derecha) – Torpedo biaxial marca “Geotechnical Instruments” (Abajo).

### 7.3 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de los registros tomados en cuanto a desplazamientos, velocidades y direcciones de cada uno de los instrumentos instalados en la zona. Para los mojones, extensómetros de estacas, piezómetros Casagrande e inclinómetros se presentan tanto los registros del último periodo como los acumulados.

#### 7.3.1 Mojones

##### 7.3.1.1 Precisión en el monitoreo

- **Planimetría**

Es importante anotar que la precisión para las medidas de topografía está en estrecha relación con las técnicas y procedimientos de campo llevados a cabo en el desarrollo de las actividades. En el trabajo planimétrico, siempre se utilizaron equipos adecuados y técnicas acordes con los valores de desplazamiento que se

pretendían encontrar; es así como para la medida de la distancia inclinada sobre cada mojón se empleó un trípode y una base nivelante sobre la cual se instala el porta reflector respectivo; igualmente, para garantizar una buena precisión la línea de mira se tomó sobre una plomada de punto de 16 onzas para posteriormente proceder a medir la distancia. Este procedimiento garantizó una buena precisión en la obtención de las coordenadas de los puntos, lo que no se hubiera conseguido si se estuviese empleando sólo un bastón. El Distanciómetro DI2000 y el Teodolito Geodésico marca WILD T2 utilizados son de excelentes características técnicas garantizando una buena precisión en la toma de las distancias y los ángulos. Esta instrumentación ofrece una garantía de precisión estándar no inferior a la siguiente:

a. En determinación del **índice de refracción  $n$**  en una medición cualquiera, dentro de un margen de condiciones ambientales que abarque cualquier supuesto de trabajo usual:

Error relativo estándar,  $e_m \leq 2 ppm$

b. En empleo de una frecuencia de medición  **$f$** , como en el caso anterior:

Error relativo estándar,  $e_{rf} \leq 3 ppm$

c. En lo que respecta a la puesta en estación, el error de dirección será de cualquier trabajo y suponiendo centrado forzoso o trípode con base nivelante para porta prisma se tendrá lo siguiente:

Error máximo de dirección,  $e_{rd} \leq 5 mm$

d. En precisión estándar en medición de fase, Valor estándar de la componente de error accidental aparente independiente de la distancia,  $\sigma_p$  (Primera aproximación):

$$\sigma_p \leq 3mm$$

e. En puesta a cero variable, Valor estándar por puesta a cero,  $\sigma_z$

$$\sigma_p \leq 3mm$$

f. Valor estándar del error de dirección o estacionado de instrumento,  $\sigma_d$ .

$$\sigma_p \leq 2mm$$

En mediciones de distancias  $D \leq 3$  Km, puede proyectarse el trabajo topográfico de medición electrónica de distancias con un error estándar conjunto por medición (e) evaluado como sigue:

$$e = a \pm b$$

Donde:

$$b = \sqrt{(e_{rn}^2 + e_{rf}^2)} = \sqrt{(2^2 + 3^2)} = 3,6 \text{ ppm}$$

$$a = \sqrt{(\sigma_p^2 + \sigma_z^2 + \sigma_d^2)} = \sqrt{(3^2 + 3^2 + 2^2)} = 4,7 \text{ mm}$$

Lo que resulta al final:

$$e = 5 \text{ mm} \pm 4 * D$$

Donde

e= Error en milímetros

D= Distancia en kilómetros

Con base en lo anterior podríamos decir que para una medición de un kilómetro estaríamos esperando un error total del orden de 9 mm.

- **Altimetría**

Respecto a la obtención de las diferencias de nivel tenemos :

Para las labores de nivelación se utilizó un nivel de precisión marca Kern, referencia KernLevel.

Las especificaciones técnicas del equipo son :

Desviación estándar para un kilómetro de	2 mm
Aumento del anteojo	25X,
Abertura del objetivo	30 mm
Distancia mínima de visado	<0.50m
Campo de acción del compensador	±15'
Precisión de equilibrio del compensador	1'

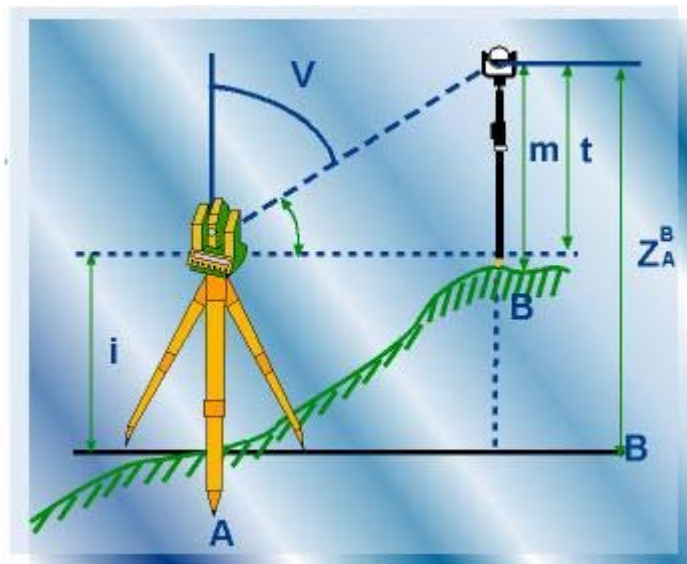
El procedimiento que se llevó a cabo para la determinación de las alturas de cada uno de los mojones consistió en efectuar nivelaciones de precisión con circuitos de ida y vuelta e iniciando los circuitos en mojones localizados sobre la zona estable.

Una de las características más importantes a tener en cuenta para una nivelación de precisión es la pendiente del terreno. En terreno abrupto, donde se requieren más puestas de aparato, la tolerancia puede ser del orden de  $\pm 10 \text{ mm} \sqrt{K}$ , siendo K la distancia del recorrido en kilómetros. Este error de cierre máximo se encuentra dentro de los límites de precisión de segundo orden sugeridos por el 11<sup>o</sup> Congreso de la Sociedad Internacional de Fotogrametría. Igualmente se ha utilizado la

nivelación trigonométrica para la determinación de las alturas de cada una de las radiaciones correspondientes a la topografía y a los mojones de los ejes 1 y 2. El procedimiento es el siguiente:

Una vez estacionado el distanciómetro, se toma el ángulo cenital ( $V$ ), al punto que se desea medir, y la distancia, bien geométrica o reducida.

El ángulo cenital se toma al centro del prisma, que está a una altura  $m$  sobre el punto a medir. El centro de medida de ángulos y distancias (intersección de los ejes principal y secundario) se encuentra a una altura  $i$  sobre  $A$  y ha de ser tenido en cuenta al calcular el desnivel. En la **Figura 7.5** se puede apreciar este procedimiento



**Figura 7.5** Esquema Nivelación Trigonométrica

La expresión que calcula el desnivel queda: 
$$\Delta Z = D_g \cdot \cos V + i - m$$

Si se expresa a partir de la distancia reducida: 
$$\Delta Z = \frac{D_r}{\text{tg} V} + i - m$$

Retomando el cálculo del error en nivelación tenemos que los circuitos principales fueron dos: El primero corresponde a las líneas M7-E2-E3-E4 y todos los mojones del eje 5 hasta llegar al mojón M4; y el segundo que incluye el anterior y continúa con los mojones M3-M2-M1 y las líneas de los sectores de San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector hasta llegar nuevamente al punto M7. Estos recorridos tienen longitudes de 1.4 Km el primero y 3.8 Km el segundo. Si reemplazamos estos valores en la fórmula del error en altimetría tenemos:

Para el primero:  $\pm 10 \text{ mm} \sqrt{1.4} = 11.8 \text{ mm}$



Para el segundo:  $\pm 10 \text{ mm} \sqrt{3.4} = 19.4 \text{ mm}$

De lo anterior se toma como error en altimetría  $\pm 20 \text{ mm}$

### 7.3.1.2 Resultados última campaña

Las actividades llevadas a cabo en la décimo primera campaña de topografía entre Marzo 27 y Abril 4 de 2003 fueron:

- **Ocupación horizontal de la malla de mojones**

Para la determinación de las coordenadas de la red inicial se realizaron medidas de EDM desde las estaciones fijas M1, M2, M3, M4, Iglesia, M-12 Y M-7 en dirección a los mojones A-4, B-4, D-4, E-4, E-5, D-5, C-5, B-5, A-5, A-3, B-3, C-3, D-3, E-3, B-2, D-2, C-1, D-1, E-2, E-1, M-8, M-9, M-15 Y M-16. . Para la malla correspondiente al Barrio San Rafael, El Rodeo y el Espino Tercer Sector se ocuparon los puntos SRD4, SRD3, SRC3, SRB3, SRB1A, SRB1, SRA0 Y SRD5 en dirección hacia los puntos SRD5, SRD3, SRD2, SRD1, SRC3, SRB3, SRC2, SRC1, SRA1A, SRA1, R1, R4, R5, R6, R9, R8, R3, ES1, ES3, ES9, ES11, ES13, ES12, ES6, ES5, R7, ES4, ES8, ES7 Y ES10.

- **Ocupación vertical de la red**

Para la determinación de las cotas de cada mojón se efectuó una única nivelación con inicio en M7, continuando con la línea E, posteriormente se nivelan todos los mojones del eje 5, siguiendo con la línea correspondiente a los mojones M4, M3, M2, M1 y M12. En este punto se inicia la nivelación de la red de puntos de San Rafael, luego se sigue con los mojones de El Rodeo y El Espino Tercer sector para cerrar nuevamente el circuito en M7. El cierre de esta línea de nivelación fue de  $-7 \text{ mm}$ .

#### 7.3.1.2.1 Resultados de las mediciones sobre la red principal de mojones.

En la **Tabla 7.1** se presentan los resultados de las mediciones para cada uno de los mojones ocupados sobre la red principal. Estos datos corresponden al desplazamiento de mojones para el periodo comprendido entre el 2 de Febrero al 28 de Marzo de 2003. El máximo valor resultante horizontal encontrado corresponde al mojón D-1 con un valor de 0.058 metros (0.0011 m/d) con azimut de  $61^\circ$  y en la vertical el máximo desplazamiento (hundimiento) lo presentó el mojón D-2 con un valor de  $-0.023 \text{ m}$  ( $-0.0004 \text{ m/d}$ ).

En la **Tabla 7.2** se presentan los desplazamientos totales acumulados, los de la última campaña tanto en la horizontal como en la vertical y las velocidades promedio para cada uno de los mojones. Allí se puede apreciar que el mojón A1 registra el máximo desplazamiento horizontal acumulado desde abril 22 con 20.37 m (0.050 m/d), azimut de  $48^\circ$  y un hundimiento de 3.52 m.

MOJON	Desplazamientos (m) 02/02/03 - 28/02/03					Velocidad (m/d) 02/02/03 - 28/02/03			
	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	AZIMUT	ΔCOTA	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA
A-1	0.0225	0.0197	0.0299	49	0.0053	0.0004	0.0004	0.0006	0.0001
A-2	DESTRUIDO				0.0000				
A-3	0.0006	0.0001	0.0006	82	-0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
A-4	-0.0006	0.0030	0.0031	350	0.0050	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
A-5	-0.0003	0.0023	0.0023	351	0.0010				
B-1	DESTRUIDO								
B-2	0.0062	0.0184	0.0194	19	-0.0098	0.0001	0.0003	0.0004	-0.0002
B-3	-0.0028	-0.0023	0.0036	230	0.0020	-0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
B-4	-0.0007	0.0041	0.0042	350	0.0010	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
B-5	-0.0005	0.0032	0.0032	351	0.0010	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
C-1	0.0353	0.0273	0.0446	52	-0.0109	0.0007	0.0005	0.0008	-0.0002
C-2	DESTRUIDO								
C-3	0.0050	0.0032	0.0059	57	0.0020	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
C-4	DESTRUIDO								
C-5	0.0069	0.0013	0.0071	79	0.0010	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
D-1	0.0509	0.0288	0.0585	61	0.0046	0.0009	0.0005	0.0011	0.0001
D-2	0.0082	0.0188	0.0205	24	-0.0233	0.0002	0.0003	0.0004	-0.0004
D-3	0.0381	0.0067	0.0387	80	0.0020	0.0007	0.0001	0.0007	0.0000
D-4	-0.0035	-0.0003	0.0035	265	0.0000	-0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
D-5	-0.0002	0.0012	0.0012	351	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-1	0.0517	-0.0039	0.0518	94	0.0056	0.0010	-0.0001	0.0010	0.0001
E-2	0.0020	0.0069	0.0072	16	-0.0130	0.0000	0.0001	0.0001	-0.0002
E-3	0.0183	0.0028	0.0185	81	-0.0030	0.0003	0.0001	0.0003	-0.0001
E-4	-0.0006	0.0032	0.0032	350	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
E-5	-0.0035	0.0081	0.0088	336	-0.0030	-0.0001	0.0001	0.0002	-0.0001

**Tabla 7.1.** Desplazamientos y velocidades de la última campaña (02/02/03-28/03/03)

El máximo desplazamiento vertical acumulado desde abril 22 es de -7.65 m (hundimiento) a una velocidad media de 0.026 m/d y lo registra el mojón B2, con un desplazamiento horizontal de 17.90 m y un azimut de 28°.

Los registros de las coordenadas para los mojonos en todas las campañas junto con los desplazamientos relativos para cada una de ellas y las velocidades de desplazamiento se presentan en el **Anexo 7.1**.

En la **Tabla 7.3** se presenta el promedio de los desplazamientos de los mojonos en los ejes 1,2,3,4 y 5, de los que podemos concluir que los máximos desplazamientos en la horizontal se presentan en el eje 1, con un valor promedio para la última campaña de 0.044 m (0.0008 m/d) y un azimut de 54° en la horizontal y de -0.004 m en la vertical. El eje 2 presenta desplazamientos promedio en la horizontal de 0.0157 m (0.0003 m/d) y un azimut de 19° con un hundimiento de -0.0154 m. El eje 3 presenta un desplazamiento promedio en la horizontal de 0.0135 m sin embargo este valor está muy influenciado por los movimientos de los mojonos D3 y E3 (0.0381 m y 0.0183 m) respectivamente, los ejes 4 y 5 presentan desplazamientos en la horizontal y la vertical para la última campaña inferiores a 10 mm, lo cual se podría interpretar dentro del rango de precisión del sistema de medición (10 mm en planimetría y 20 mm en altimetría -nivelación trigonométrica).

MOJON	DESPLAZAMIENTO (m)						VELOCIDAD (m/día)			
	HORIZONTAL				VERTICAL		HORIZONTAL		VERTICAL	
	Feb 2/03 - Mar 28/03	Azimut Feb 2/03 - Mar 28/03 (°)	Ab 22/02 - Mar 28/03	Azimut Ab 22/02 - Mar 28/03 (°)	Feb 2/03 - Mar 28/03	Ab 22/02 - Mar 28/03	Feb 2/03 - Mar 28/03	Ab 22/02 - Mar 28/03	Feb 2/03 - Mar 28/03	Ab 22/02 - Mar 28/03
A-1	0.0299	49	20.3761	48	0.0053	-3.5253	0.0006	0.0501	0.0001	-0.0085
A-2			7.2074	32	0.0000	-2.4860		0.0954		-0.0293
A-3	0.0006	82	0.0778	324	-0.0010	0.1220	0.0000	0.0006	0.0000	0.0014
A-4	0.0031	350	0.0164	162	0.0050	-0.0220	0.0001	0.0001	0.0001	-0.0001
A-5	0.0023	351	0.1018	99	0.0010	-0.0060		0.0003		0.0000
B-1			19.6625	41		-5.6718		0.0815		-0.0244
B-2	0.0194	19	17.9048	28	-0.0098	-7.6588	0.0004	0.0599	-0.0002	-0.0264
B-3	0.0036	230	0.0400	99	0.0020	-0.0310	0.0001	0.0001	0.0000	-0.0001
B-4	0.0042	350	0.0270	107	0.0010	-0.0010	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000
B-5	0.0032	351	0.0283	69	0.0010	-0.0120	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
C-1	0.0446	52	18.8129	38	-0.0109	-6.0838	0.0008	0.0613	-0.0002	-0.0208
C-2			5.9579	17		-3.5839		0.0278		-0.0168
C-3	0.0059	57	0.0389	100	0.0020	-0.0160	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000
C-4			0.0098	183		-0.0051		0.0001		0.0000
C-5	0.0071	79	0.0228	171	0.0010	-0.0060	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
D-1	0.0585	61	11.3349	39	0.0046	-4.9680	0.0011	0.0344	0.0001	-0.0163
D-2	0.0205	24	1.1008	31	-0.0233	-0.3173	0.0004	0.0037	-0.0004	-0.0013
D-3	0.0387	80	0.0439	86	0.0020	-0.0080	0.0007	0.0005	0.0000	0.0000
D-4	0.0035	265	0.0136	130	0.0000	-0.0020	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001
D-5	0.0012	351	0.0219	27	0.0000	-0.0030	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
E-1	0.0518	94	3.1478	70	0.0056	-2.2101	0.0010	0.0113	0.0001	-0.0078
E-2	0.0072	16	0.9723	54	-0.0130	-0.4680	0.0001	0.0042	-0.0002	-0.0018
E-3	0.0185	81	0.0630	186	-0.0030	-0.0090	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0000
E-4	0.0032	350	0.0235	144	0.0000	0.0010	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
E-5	0.0088	336	0.0089	141	-0.0030	0.1330	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0003

**Tabla 7.2.** Comparación de desplazamientos y velocidades de la última campaña y el acumulado para cada mojón.

Para el eje 1 fue excluido de los cálculos el mojón E1, debido a que la dirección de los desplazamientos fue diferente a la tendencia del eje.

El mojón E1 presenta un azimut de 94° con un desplazamiento en la horizontal de 0.051 m. La dirección de este desplazamiento se debe a que el mojón está ubicado en un bloque aislado con dirección de movimiento hacia el este. El mojón B1 fue destruido.

Para el eje 2 se tuvieron en cuenta todos los mojones salvo el A2 y el C2 que fueron destruidos.

Para el eje 3 se utilizaron todos los mojones. El A3, B3 y C3 se encuentran dentro del rango de precisión del sistema de medición y los mojones D3 y E3 presentaron desplazamientos de 38 y 18 mm con direcciones de 79 y 81° respectivamente.

Los desplazamientos de los ejes 4 y 5 se encuentran dentro del rango de precisión del sistema de medición.

EJES	ΔHORIZONTAL (m)					ΔVERTICAL (m)		
	Ultima campaña (02/02/03-28/03/03)	Acumulado (22/04/02 - 28/03/03)	%Ultima campaña / Acumulado	Velocidad Ultima campaña m/día	Azimut promedio Ultima campaña (°)	Ultima campaña (02/02/03-28/03/03)	Acumulado (22/04/02 - 28/03/03)	Velocidad Ultima campaña m/día
1	0.0443	17.5466	0.2527	0.0008	54	-0.0004	-5.0622	0.0000
2	0.0157	6.7251	0.2338	0.0003	19	-0.0154	-2.6832	-0.0003
3	0.0135	0.0527	25.5600	0.0002	106	0.0004	0.0116	0.0000
4	0.0035	0.0180	19.3486	0.0001	328	0.0015	-0.0058	0.0000
5	0.0045	0.0367	12.2886	0.0001	294	0.0000	0.0212	0.0000

**Tabla 7.3** Desplazamientos promedio en los ejes transversales al movimiento del deslizamiento

### 7.3.1.2.2 Resultados de las mediciones sobre los mojones ubicados en los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector

En la **Tabla 7.4** se presentan los resultados de las mediciones para cada uno de los mojones ocupados en los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino Sector III. Estos datos corresponden al desplazamiento de mojones para el periodo comprendido entre el 2 de Febrero al 28 de Marzo de 2003.

En la **Tabla 7.5** se presentan los desplazamientos totales acumulados, los de la última campaña tanto en la horizontal como en la vertical y las velocidades promedio para cada uno de los mojones

Teniendo en cuenta los resultados presentados en las tablas citadas se puede concluir:

- El mojón ES3 presentó un desplazamiento en la horizontal de 0.005 m considerado dentro del rango de precisión del sistema. Sin embargo dada su dirección de desplazamiento de 56° de azimut coincidente con la de la anterior campaña de 60°, dicho desplazamiento se debe tener en cuenta. Este mojón está ubicado sobre un pequeño flujo del terreno en el Barrio El Espino III Sector.
- El mojón ES5 presenta un desplazamiento de 0.0439 m con un azimut de 74°, este mojón está ubicado en la parte alta del barrio El Espino III Sector y el desplazamiento es importante dada la ubicación del mojón respecto al barrio, sin embargo el mojón ES9 que se encuentra muy cercano no presenta desplazamientos significativos.
- Los desplazamientos de los mojones ES4, ES7 y ES8, nos muestran la tendencia de movimiento del flujo al norte de la Quebrada Santo Domingo y al Sur del escarpe principal, sin embargo para ésta campaña el mojón ES4 presentó un desplazamiento en la horizontal de 0.023 m con un azimut de 94° mientras los mojones ES7 y ES8 presentan desplazamientos en la horizontal de 0.017 y 0.027 m con azimut de 126° y 138° respectivamente. La discordancia se presenta ya que los mojones ES7 y ES8 se encuentran más cerca del borde de la quebrada Santo Domingo mientras el mojón ES4 está ubicado más en el centro del flujo. Sin embargo la magnitud de los desplazamientos de los tres mojones es muy inferior a la presentada en el periodo anterior (Del orden de 5 veces menor)

- Los mojones ES10 y M16 están ubicados sobre el margen derecha de la Quebrada Santo Domingo y la magnitud y dirección de los desplazamientos son indicativo del movimiento del deslizamiento de la carbonera; El mojón ES10 presenta un desplazamiento en la horizontal de 0.0976 m (0.001 m/d) con un azimut de 59° con un hundimiento 0.033 m y el mojón M16 presenta desplazamiento en la horizontal de 0.388 m (0.005 m/d) con un azimut de 60° y un hundimiento de 0.037 m.
- Los mojones R7 y R8 presentan desplazamientos de 0.059 y 0.011 con 63° y 37° de azimut; presentando el R7 un hundimiento de 0.043 m. Dichos mojones se encuentran al este de los levantamientos presentados en el barrio El Rodeo y sería importante continuar chequeando sus desplazamientos.
- El mojón R1 presenta desplazamientos en la horizontal de 0.044 m con un azimut de 219° y un levantamiento de 0.005 m. La dirección del desplazamiento se explica en la medida en que el mojón se encuentra ubicado en una zona de levantamiento del movimiento principal.
- Los mojones R5 y R6 presentan un levantamiento de 0.010 m, con desplazamientos en la horizontal de 0.004 y 0.009 m. Este comportamiento es explicable ya que los mojones están ubicados en la zona de levantamiento del barrio El Rodeo.
- Los demás mojones incluyendo los del barrio San Rafael presentan magnitudes de desplazamientos dentro del rango de precisión del sistema de medición.

En el **Mapa ES-7** se puede observar la ubicación de los mojones con los desplazamientos acumulados hasta la última campaña, y los desplazamientos en el último periodo de medición. Los registros de coordenadas para los mojones en todas las campañas junto con los desplazamientos relativos y las velocidades de desplazamiento se presentan en el **Anexo 7.2**

### 7.3.1.3 Consideraciones generales del desplazamiento de mojones

A continuación se presentan los análisis a los resultados obtenidos de las mediciones topográficas a la red principal de mojones desde Abril 22/02 hasta Mayo 28/03 y a los mojones instalados en los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector desde Dic 06/02 hasta Mayo 28/03.

#### 7.3.1.3.1 Red principal de Mojones

En general los desplazamientos sobre la red principal de mojones puede ser analizada observando la variación de los desplazamientos de los mojones ubicados sobre los ejes ortogonales al movimiento, así los de mayor desplazamiento durante el periodo de medición fueron los ejes 1 y 2 ya que los mojones en su mayoría se encuentran del escarpe principal hacia abajo y en general caracterizan la velocidad y dirección de los desplazamientos en superficie del movimiento principal. En la **Figura 7.6** se presenta la velocidad del desplazamiento total ( 3 dimensiones ) en función del tiempo para dichos mojones, de la cual se puede observar que en general el movimiento principal registró velocidades de desplazamiento desde mediados de abril a finales de julio del orden de 0.04 – 0.14 m/d, desde inicio de agosto a mediados de septiembre se presenta la

aceleración máxima del movimiento con velocidades de 0.10 – 0.18 m/d, de allí comienza la máxima desaceleración hasta finales de noviembre con velocidades inferiores a 0.02 m/d, finalmente continua disminuyendo su velocidad hasta terminar a finales de marzo de 2003 con velocidades inferiores a 0.01 m/d.

En la **Figura 7.6** se presenta también la variación de la precipitación acumulada entre cada campaña topográfica, De donde se puede concluir que no hay una relación directa entre la cantidad de agua lluvia acumulada en los periodos de medición y la velocidad de los desplazamientos.

En cuanto a la dirección total del movimiento principal si tomamos el promedio de los azimut presentados por los mojones de máximo desplazamiento ubicados dentro de la zona en movimiento, A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2 y M18 encontramos una dirección de movimiento de N 36 E

Los desplazamientos sobre los mojones de los ejes 3, 4 y 5 para cada una de las campañas siempre fueron inferiores al rango de precisión del sistema de medición, por lo tanto se considera que sus desplazamientos son nulos. Sin embargo en la última campaña los mojones D3 y E3 presentaron desplazamientos significativos y dada la cercanía con la grieta incipiente estos desplazamientos deben ser considerados.

MOJON	Desplazamientos (m) 02/02/03 - 28/02/03					Velocidad (m/d) 02/02/03 - 28/02/03			
	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	AZIMUT	ΔCOTA	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA
ES1	-0.0010	0.0022	0.0025	335	0.0090	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
ES3	0.0044	0.0029	0.0053	56	0.0120	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
ES4	0.0229	-0.0016	0.0230	94	-0.0080	0.0004	0.0000	0.0004	-0.0001
ES5	0.0422	0.0123	0.0439	74	0.0050	0.0008	0.0002	0.0008	0.0001
ES6	0.0032	0.0019	0.0037	59	0.0090	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002
ES7	0.0137	-0.0099	0.0169	126	0.0000	0.0003	-0.0002	0.0003	0.0000
ES8	0.0182	-0.0204	0.0273	138	-0.0010	0.0003	-0.0004	0.0005	0.0000
ES9	-0.0012	0.0041	0.0042	344	0.0040	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
ES10	0.0839	0.0497	0.0976	59	-0.0330	0.0016	0.0009	0.0018	-0.0006
ES11	-0.0008	0.0026	0.0028	344	0.0040	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
ES12	0.0056	0.0054	0.0078	46	-0.0010	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
ES13	0.0011	0.0037	0.0039	16	0.0060	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
R1	-0.0279	-0.0345	0.0444	219	0.0050	-0.0005	-0.0006	0.0008	0.0001
R2	0.0074	0.0044	0.0086	59	0.0060	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001
R3	-0.0007	-0.0032	0.0033	192	0.0020	0.0000	-0.0001	0.0001	0.0000
R4	-0.0048	0.0077	0.0090	328	0.0020	-0.0001	0.0001	0.0002	0.0000
R5	-0.0038	0.0029	0.0048	308	0.0100	-0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
R6	0.0005	-0.0094	0.0094	177	0.0100	0.0000	-0.0002	0.0002	0.0002
R7	0.0528	0.0265	0.0591	63	-0.0430	0.0010	0.0005	0.0011	-0.0008
R8	0.0066	0.0088	0.0110	37	0.0040	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001
R9	-0.0028	0.0051	0.0058	331	0.0130	-0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
SRA0	0.0033	-0.0034	0.0047	135	0.0000	0.0001	-0.0001	0.0001	0.0000
SRA1	0.0023	-0.0026	0.0035	139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
SRA1A	-0.0009	0.0003	0.0010	286	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
SRB1	0.0017	0.0024	0.0030	35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
SRB1A	0.0018	0.0000	0.0018	90	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SRB2	-0.0014	0.0000	0.0014	270	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SRB3	0.0004	0.0014	0.0015	15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SRC1	0.0040	-0.0010	0.0041	104	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
SRC2	0.0008	0.0007	0.0011	50	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SRC3	-0.0005	-0.0011	0.0012	203	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SRC5	-0.0006	0.0021	0.0022	345	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
SRD1	0.0006	0.0021	0.0022	15	-0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SRD2	-0.0016	-0.0053	0.0055	197	-0.0010	0.0000	-0.0001	0.0001	0.0000
SRD3	-0.0003	-0.0003	0.0005	227	-0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SRD4	0.0006	-0.0026	0.0027	167	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SRD5	-0.0044	0.0021	0.0049	296	0.0010	-0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
SRE1	-0.0015	-0.0012	0.0019	233	0.0064	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
M16	0.3358	0.1943	0.3880	60	-0.0374	0.0062	0.0036	0.0072	-0.0007
M15	0.0912	-0.0304	0.0961	108	-0.0550	0.0017	-0.0006	0.0018	-0.0010

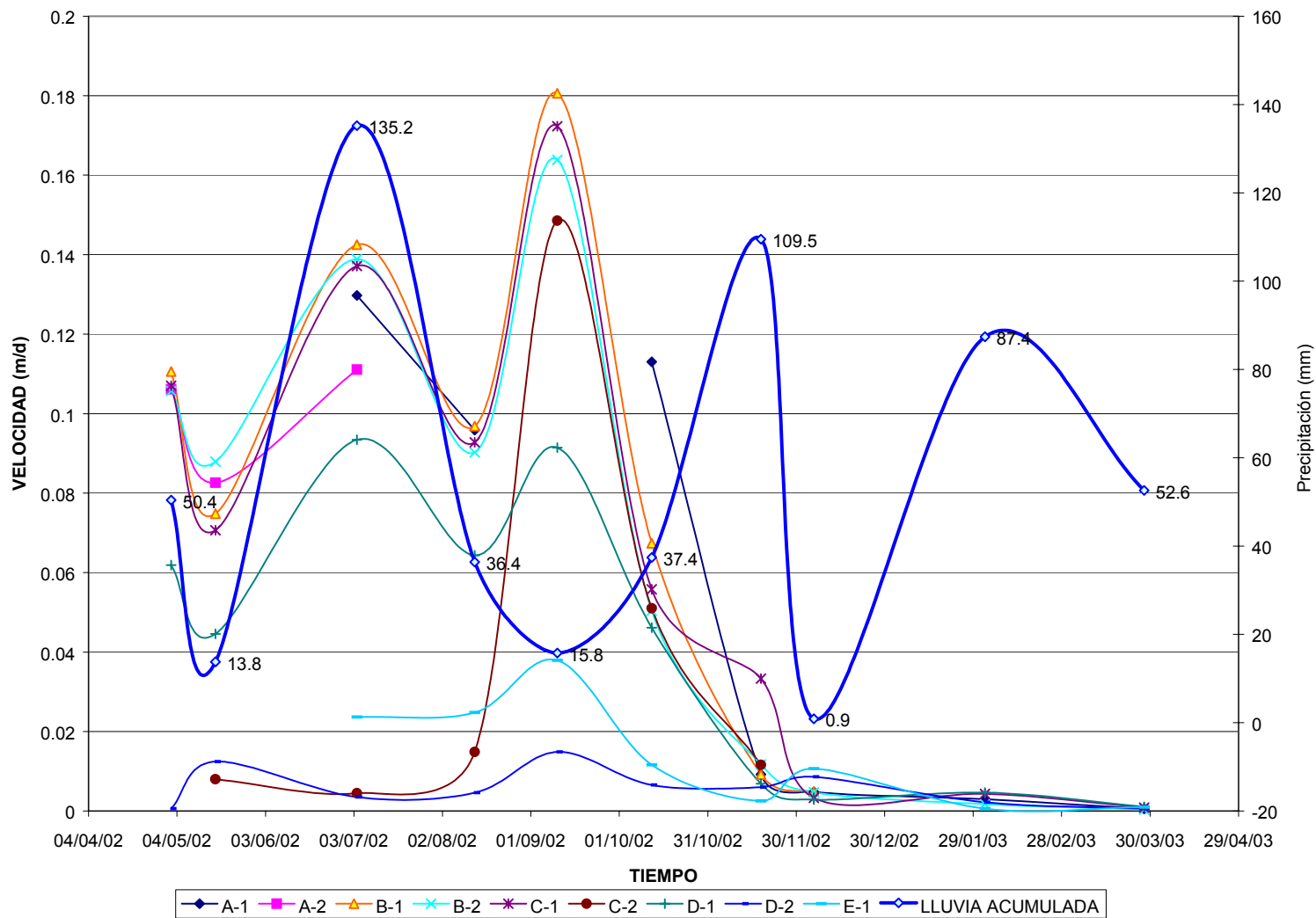
**Tabla 7.4** Desplazamientos presentados en la última campaña de los mojones de los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino Sector III

MOJON	DESPLAZAMIENTO (m)				VELOCIDAD (m/día)					
	HORIZONTAL				VERTICAL		HORIZONTAL		VERTICAL	
	Feb 2/03 - Mar 28/03	Azimut Feb 2/03 - Mar 28/03 (°)	Dic 06/02 - Mar 28/03	Azimut Ab 22/02 - Mar 28/03 (°)	Feb 2/03 - Mar 28/03	Dic 06/02 - Mar 28/03	Feb 2/03 - Mar 28/03	Dic 06/02 - Mar 28/03	Feb 2/03 - Mar 28/03	Ab 22/02 - Mar 28/03
ES1	0,0025	335	0,0072	277	0,0090	0,0010	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001
ES3	0,0053	56	0,0210	60	0,0120	0,0040	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001
ES4	0,0230	94	0,1629	75	-0,0080	-0,0550	0,0004	0,0005	-0,0001	-0,0002
ES5	0,0439	74	0,0307	71	0,0050	-0,0130	0,0008	0,0004	0,0001	0,0000
ES6	0,0037	59	0,0031	354	0,0090	-0,0010	0,0001	0,0000	0,0002	0,0001
ES7	0,0169	126	0,1168	75	0,0000	-0,0430	0,0003	0,0003	0,0000	-0,0001
ES8	0,0273	138	0,1173	76	-0,0010	-0,0350	0,0005	0,0004	0,0000	-0,0001
ES9	0,0042	344	0,0100	308	0,0040	-0,0170	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000
ES10	0,0976	59	0,3402	56	-0,0330	-0,1370	0,0018	0,0014	-0,0006	-0,0005
ES11	0,0028	344	0,0058	284	0,0040	-0,0210	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000
ES12	0,0078	46	0,0020	328	-0,0010	-0,0090	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
ES13	0,0039	16	0,0034	323	0,0060	-0,0040	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000
R1	0,0444	219	0,1035	47	0,0050	-0,0150	0,0008	0,0001	0,0001	0,0000
R2	0,0086	59	0,0170	75	0,0060	-0,0030	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
R3	0,0033	192	0,0033	5	0,0020	-0,0060	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
R4	0,0090	328	0,0190	355	0,0020	-0,0200	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000
R5	0,0048	308	0,0126	43	0,0100	-0,0060	0,0001	0,0000	0,0002	0,0001
R6	0,0094	177	0,0380	77	0,0100	0,0080	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001
R7	0,0591	63	0,0787	62	-0,0430	-0,0790	0,0011	0,0006	-0,0008	-0,0005
R8	0,0110	37	0,0030	344	0,0040	-0,0070	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
R9	0,0058	331	0,0388	57	0,0130	0,0010	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001
SRA0	0,0047	135	0,0146	199	0,0000	-0,0080	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
SRA1	0,0035	139	0,0107	192	0,0000	-0,0030	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
SRA1A	0,0010	286	0,0078	165	0,0030	-0,0030	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
SRB1	0,0030	35	0,0042	225	0,0000	-0,0040	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
SRB1A	0,0018	90	0,0072	146	0,0010	-0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRB2	0,0014	270	0,0028	196	0,0010	-0,0030	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRB3	0,0015	15	0,0042	163	0,0000	-0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRC1	0,0041	104	0,0028	315	0,0000	-0,0040	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
SRC2	0,0011	50	0,0039	323	0,0010	-0,0040	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRC3	0,0012	203	0,0026	290	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRC5	0,0022	345	0,0013	215	0,0030	0,0030	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
SRD1	0,0022	15	0,0021	8	-0,0010	-0,0050	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRD2	0,0055	197	0,0065	196	-0,0010	-0,0040	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
SRD3	0,0005	227	0,0026	229	-0,0010	-0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRD4	0,0027	167	0,0037	167	0,0000	-0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRD5	0,0049	296	0,0054	303	0,0010	0,0030	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
SRE1	0,0019	233	0,0012	260	0,0064	-0,0100	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
M16	0,3880	60	1,0773	60	-0,0374	-0,1444	0,0072	0,0051	-0,0007	-0,0006
M15	0,0961	108	0,2078	81	-0,0550	-0,1990	0,0018	0,0011	-0,0010	-0,0008

**Tabla 7.5** Comparación de desplazamientos y velocidades de la última campaña y el acumulado para cada mojón.



**VARIACION DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO TOTAL (3D) EN EL TIEMPO**



**Figura 7.6** Variación de la velocidad de desplazamiento total (3D) de los mojones ubicados sobre los ejes 1 y 2 en función del tiempo

En las **Figuras de la 7.7 a 7.12** se ilustra la variación de la velocidad de los desplazamientos en tres dimensiones en planta mediante isocurvas generadas para cada una de las campañas de monitoreo de mojones en el área de estudio. La **Figura 7.7** (arriba) muestra la tendencia general en el movimiento de los mojones a lo largo de las once campañas y en ella se aprecia que la distribución de las velocidades en la masa del deslizamiento oscila entre 0.13 m/d alrededor de los mojones B1 y M-18, hasta 0.02 en cercanías de los mojones E1 y E2. Las velocidades totales del deslizamiento de la Carbonera registradas durante el periodo Dic/02 a Marzo/03 son del orden 0.006 m/d.

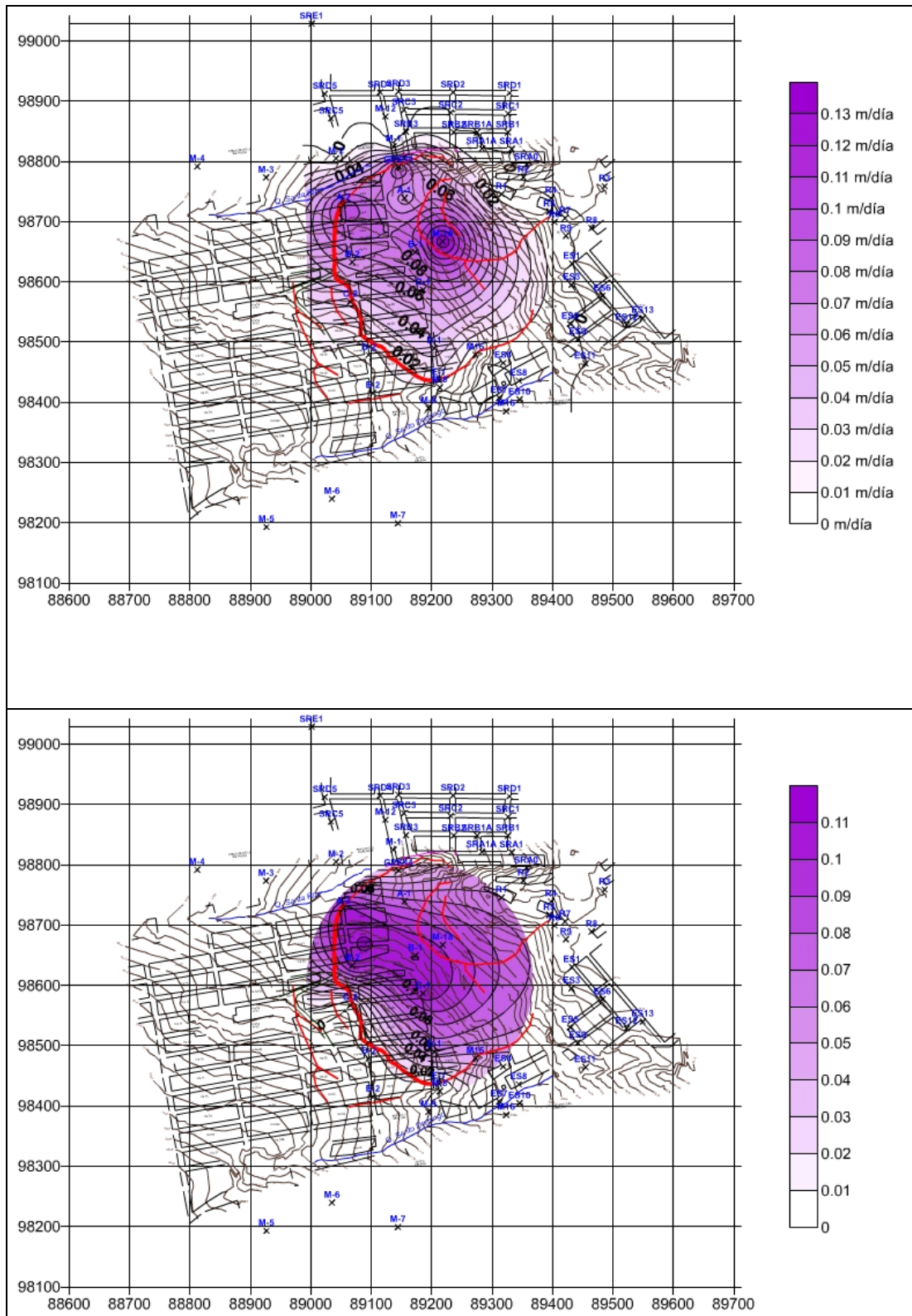
Realizando un análisis temporal podemos concluir que las máximas velocidades en el periodo Mayo – Septiembre se producen alrededor de diferentes mojones dentro de la masa del deslizamiento (A1, B1, B2, M18 y GPS44) con valores entre 0.08 y 0.20 m/d y las menores siempre registradas alrededor del mojón E1 con velocidades de aproximadamente 0.02 m/d. En las campañas de Octubre, Noviembre y Diciembre los registros de velocidades muestran una disminución de sus magnitudes como consecuencia de la desaceleración del movimiento y se evidencia con la reducción del 90% de la velocidad presentando magnitudes máximas del orden 0.02 m/d

A partir de la décima campaña se incluyen los registros de los nuevos mojones localizados sobre el barrio San Rafael y la zona de la Carbonera y es con estos nuevos datos en los que se manifiesta la presencia del flujo al sur del escarpe principal con una magnitud promedio máxima de velocidad de 0.004 metros/día.

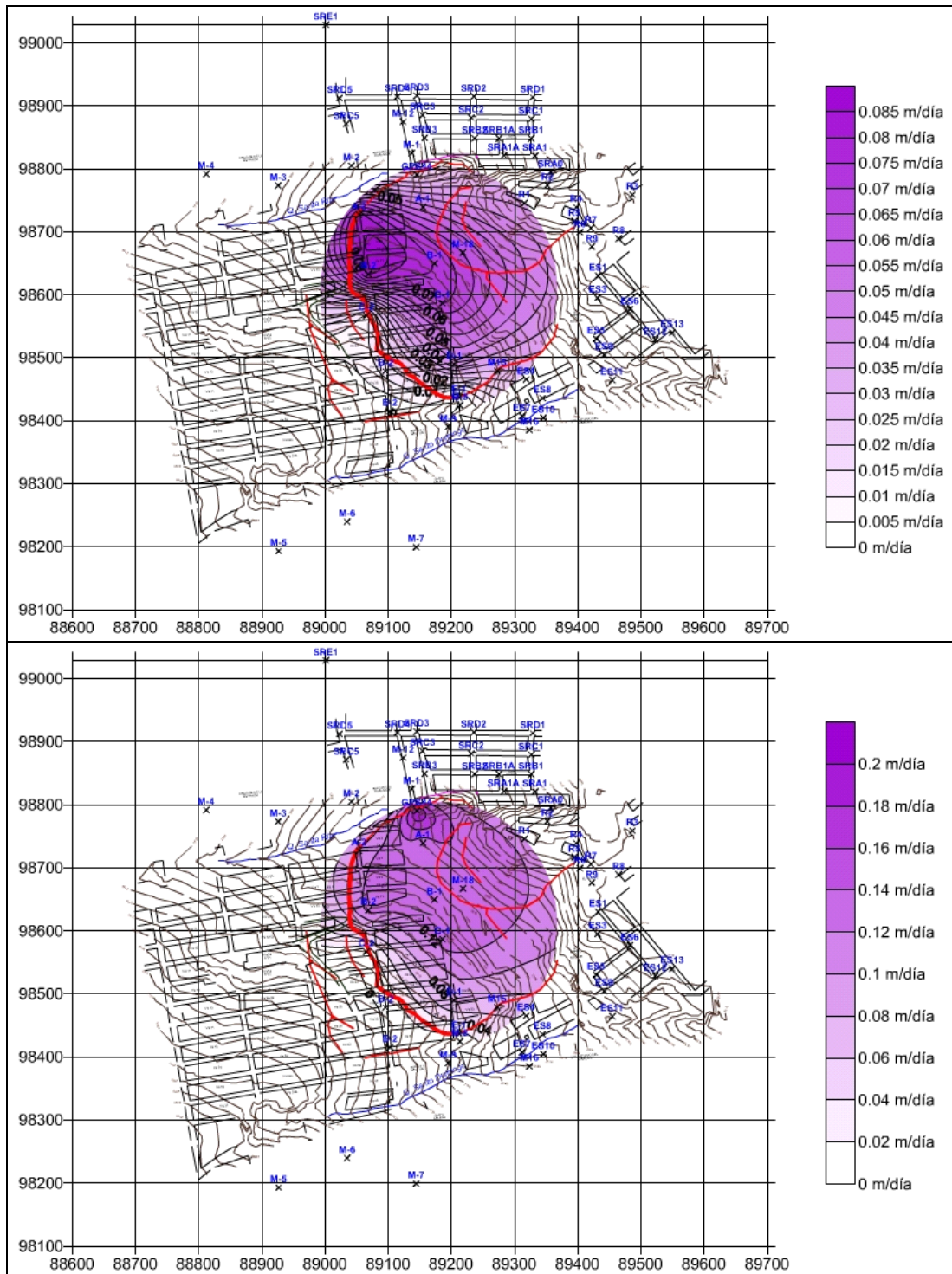
En las dos últimas campañas del 2003 es apreciable la notoria disminución del movimiento principal con velocidades máximas de 0.004 m/d localizadas principalmente en la zona sur oriental del deslizamiento y comprendida por los mojones D1 y E1.

En las **Figuras de la 7.13 a la 7.18** se muestra las isocurvas de los registros de direcciones de desplazamiento medidas en azimutes a lo largo de las once campañas de monitoreo y es notorio la tendencia uniforme en todas las campañas que el cuerpo principal del movimiento comprendido por los mojones A1, B1, B2, C1, M18 y el GPS44 tiene un azimut promedio aproximadamente de 30 a 40 grados.

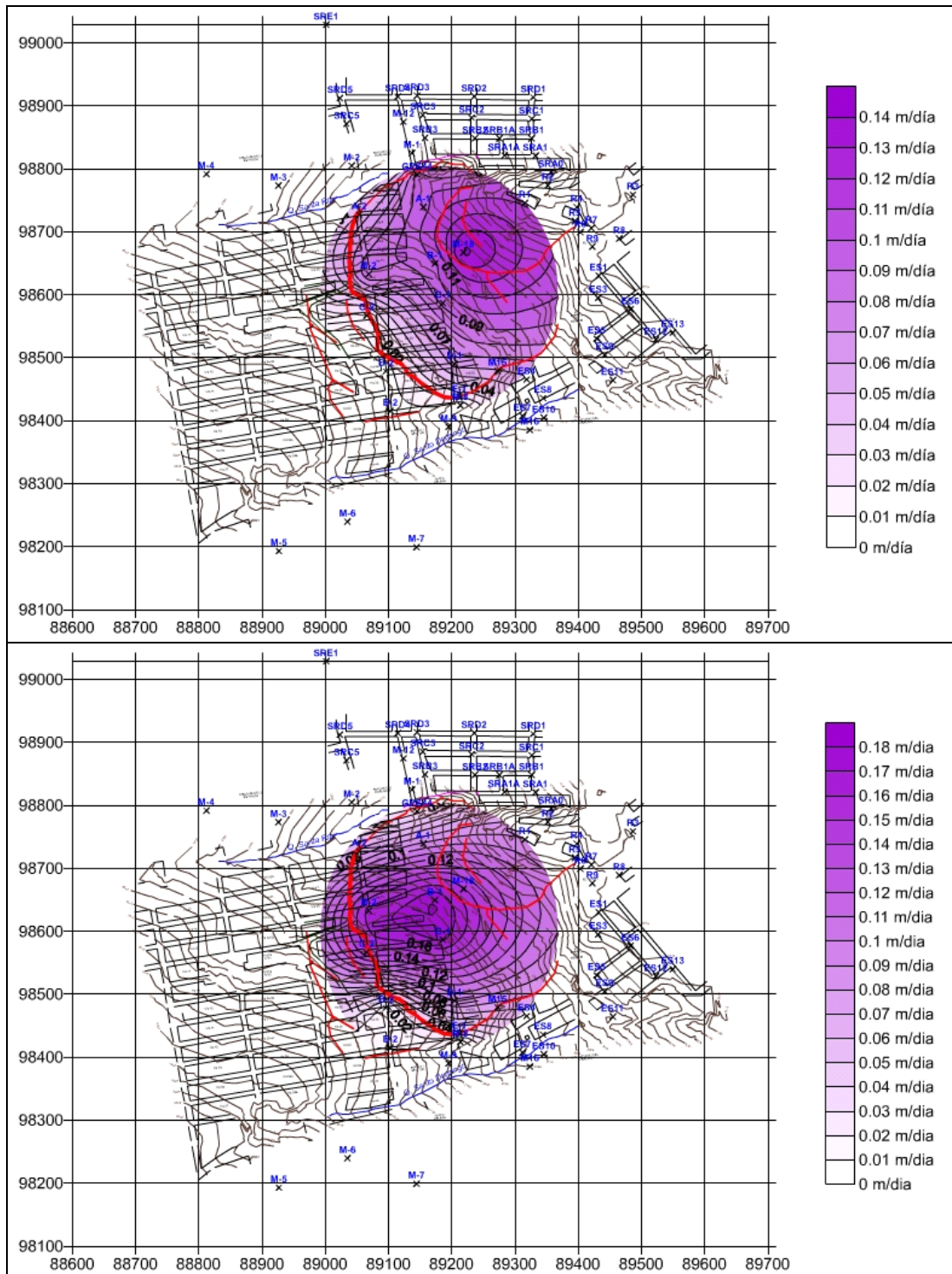
El deslizamiento de la carbonera y al flujo al sur del escarpe principal mantienen un promedio en la dirección de 75 grados NE.



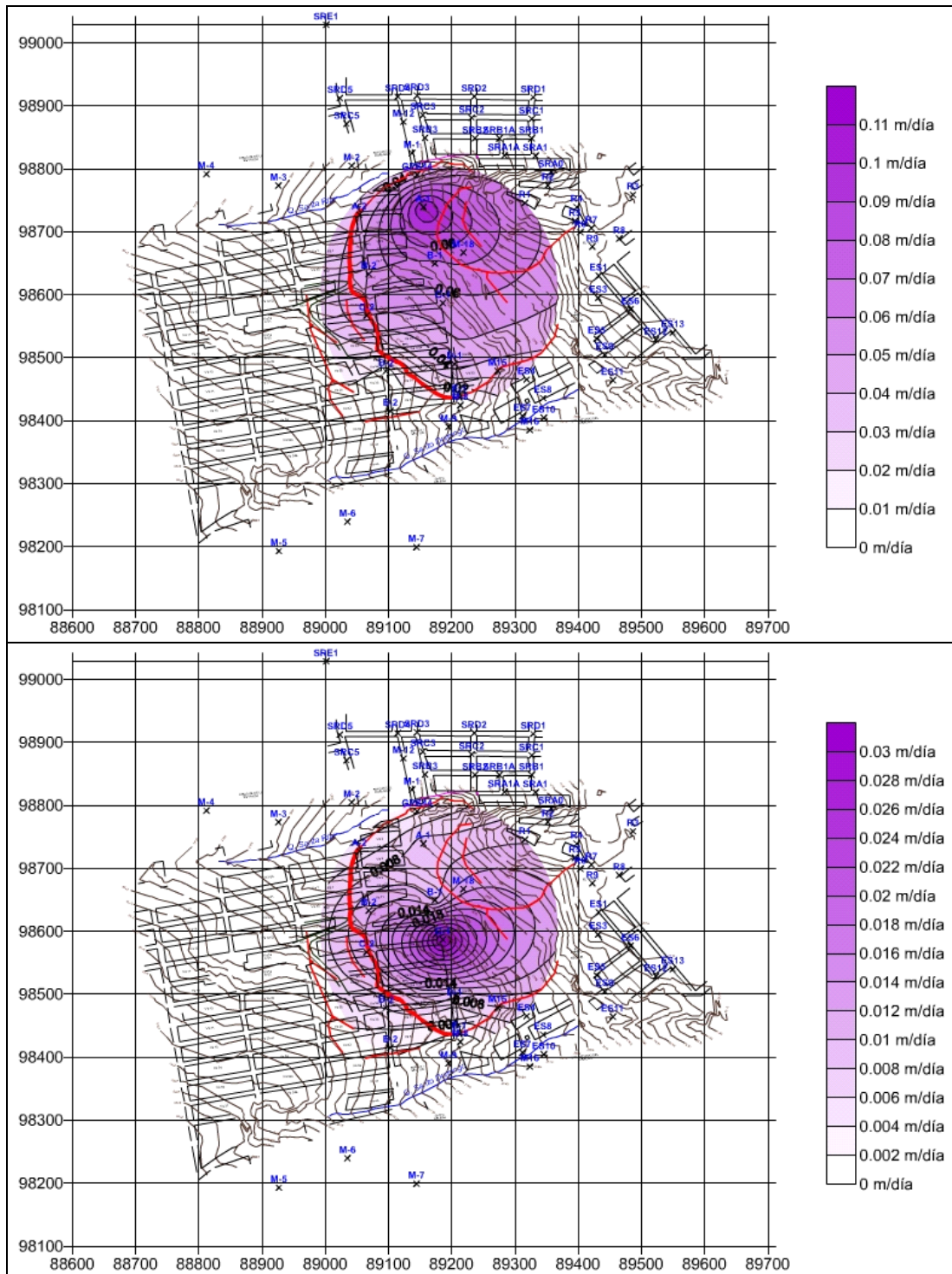
**Figura 7.7** Isovelocidades totales registradas durante el periodo de Abril 2002- Marzo 2003. (arriba) Isovelocidades registradas durante la segunda campaña (Abril-Mayo 2002) (abajo)



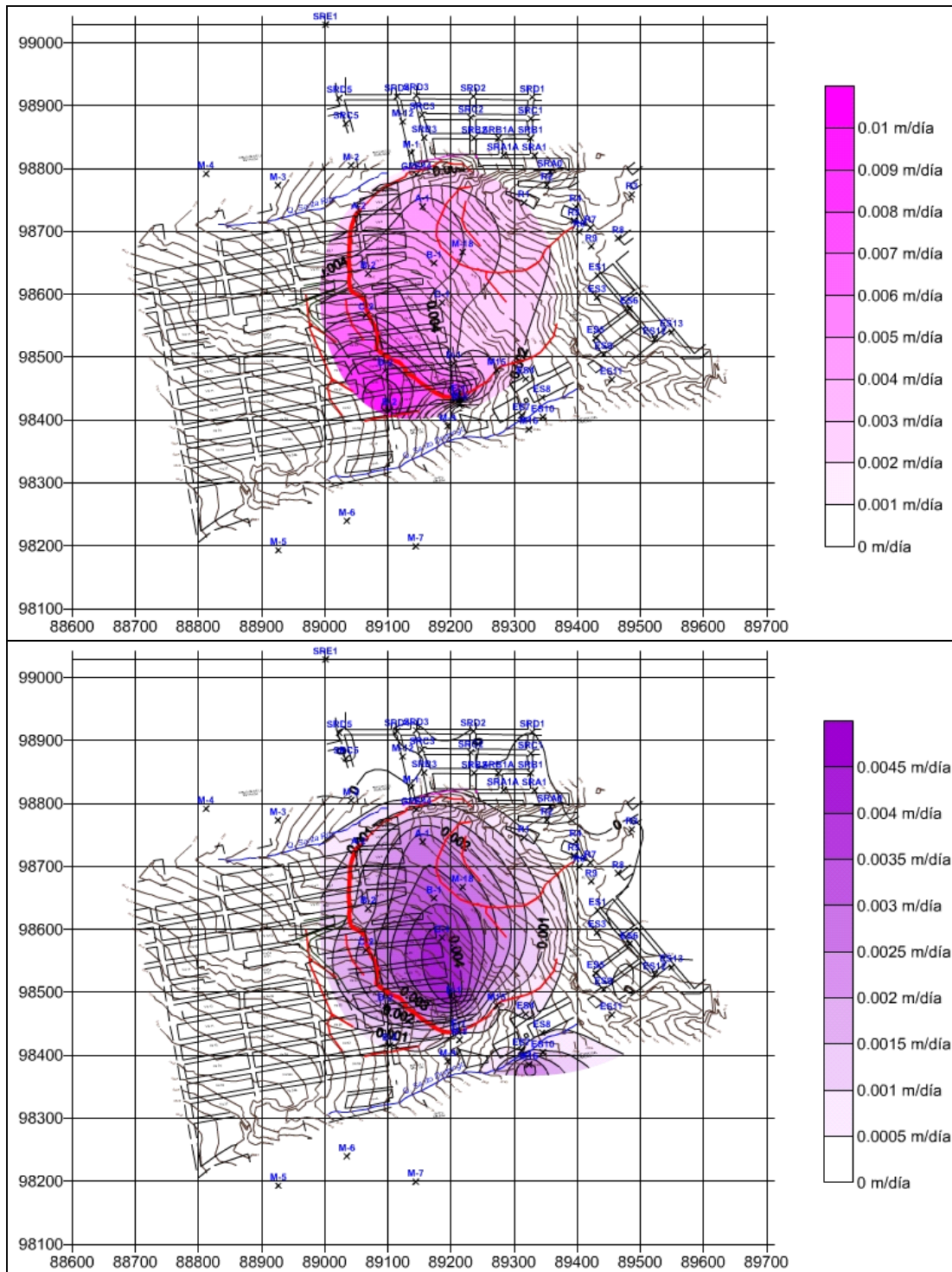
**Figura 7.8** Isovelocidades registradas durante la tercera campaña (Mayo-Junio 2002). (arriba) Isovelocidades registradas durante la cuarta campaña (Junio-Julio 2002) (abajo)



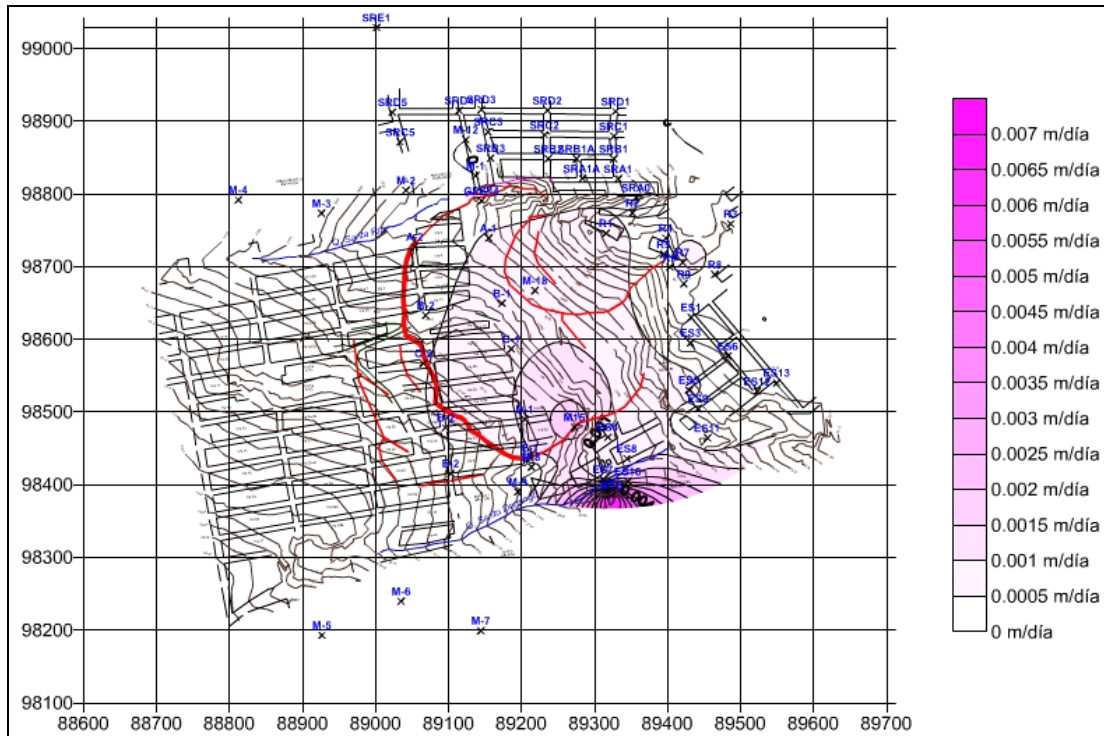
**Figura 7.9** Isovelocidades registradas durante la quinta campaña (Julio -Agosto 2002). (arriba) Isovelocidades registradas durante la sexta campaña (Agosto-Septiembre 2002) (abajo)



**Figura 7.10** Isovelocidades registradas durante la séptima campaña (Septiembre-October 2002). (arriba) Isovelocidades registradas durante la octava campaña (October-Noviembre 2002) (abajo)

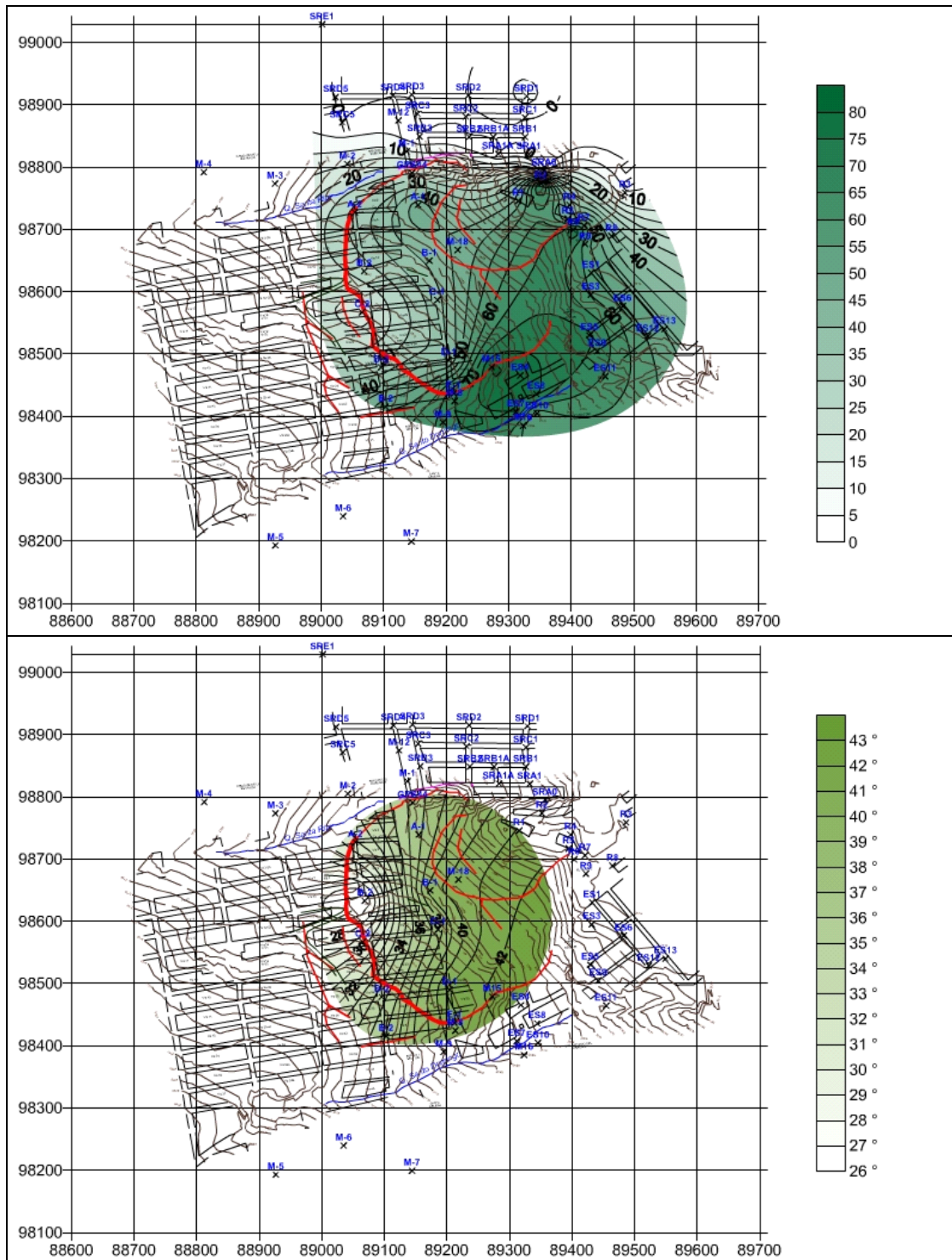


**Figura 7.11** Isovelocidades registradas durante la novena campaña (Noviembre-Diciembre 2002). (arriba) Isovelocidades registradas durante la décima campaña (Diciembre 2002 - Febrero 2003) (abajo)

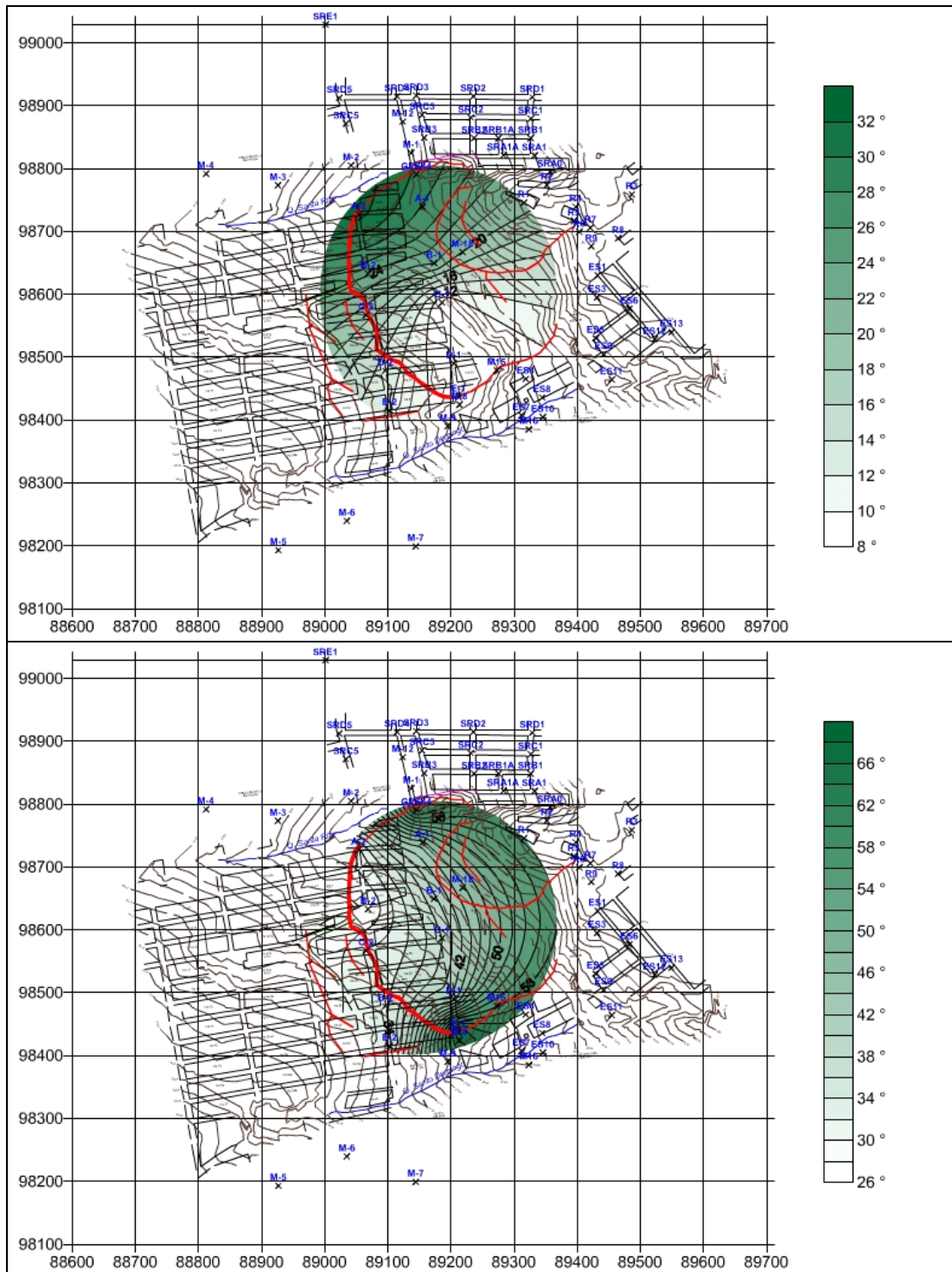


**Figura 7.12** Isovelocidades registradas durante la onceava campaña (Febrero-Marzo 2003).

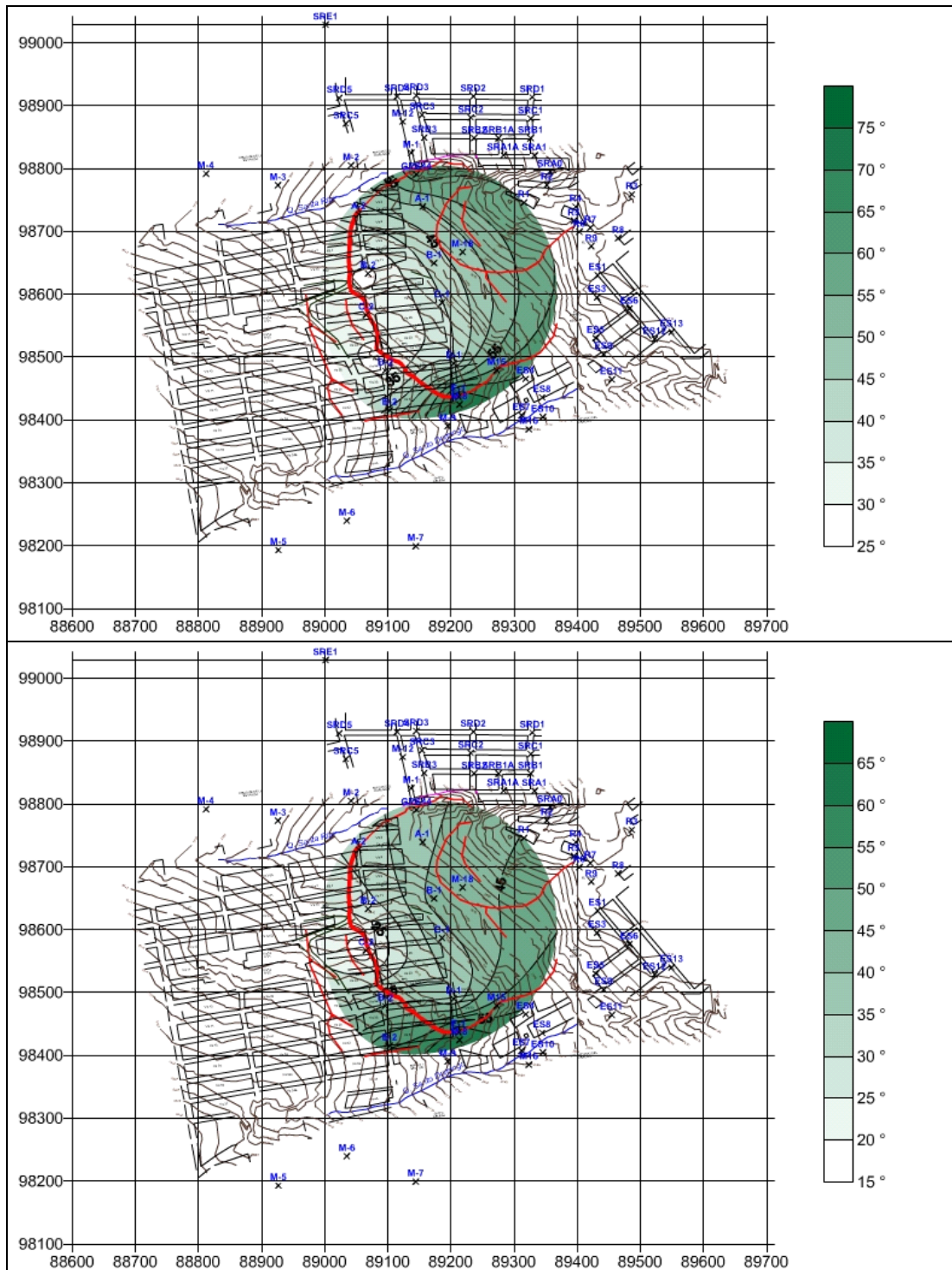




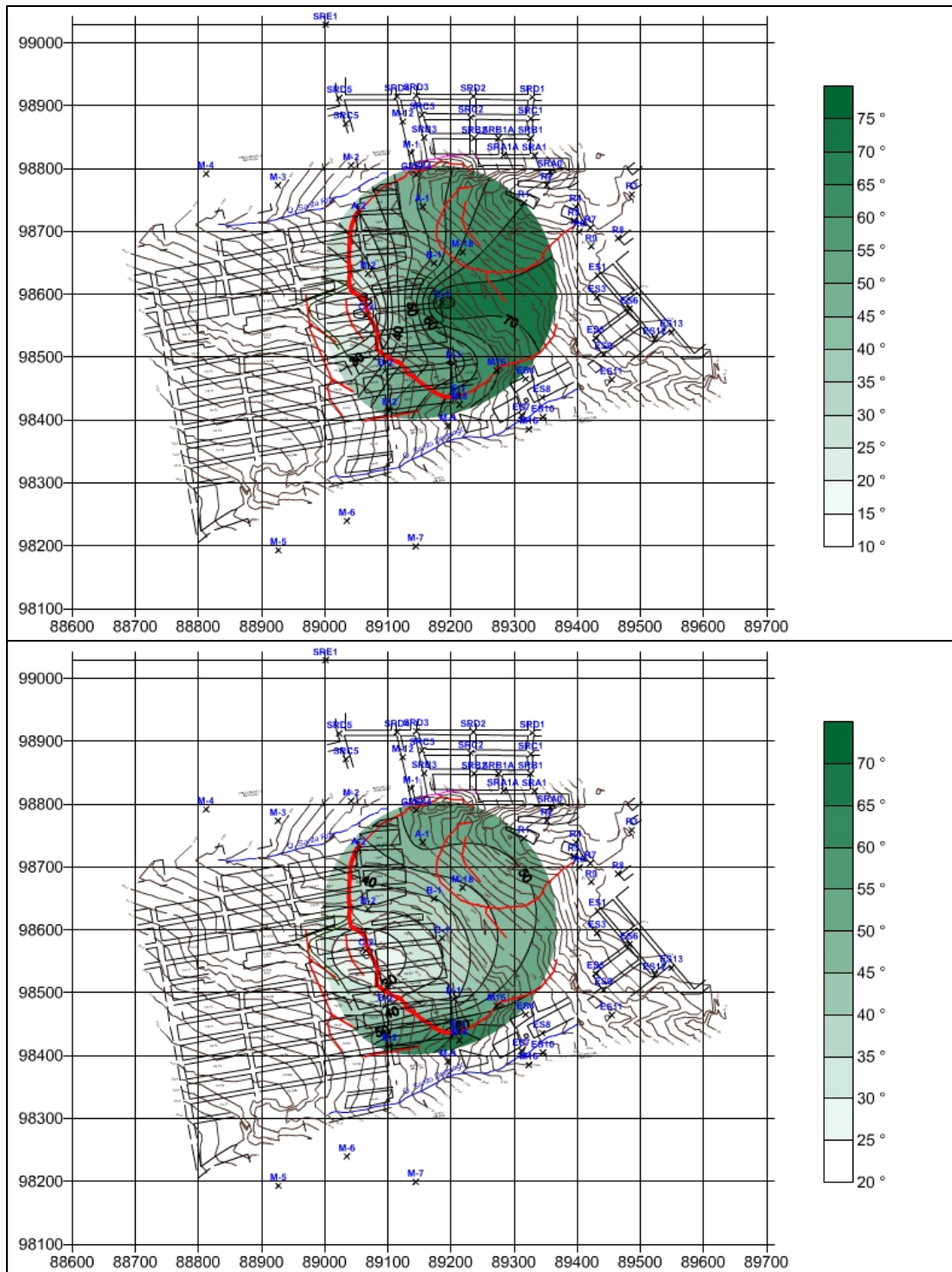
**Figura 7.13** Isodirecciones totales registradas durante el periodo de Abril 2002- Marzo 2003. (arriba) Isodirecciones registradas durante la segunda campaña (Abril-Mayo 2002) (abajo)



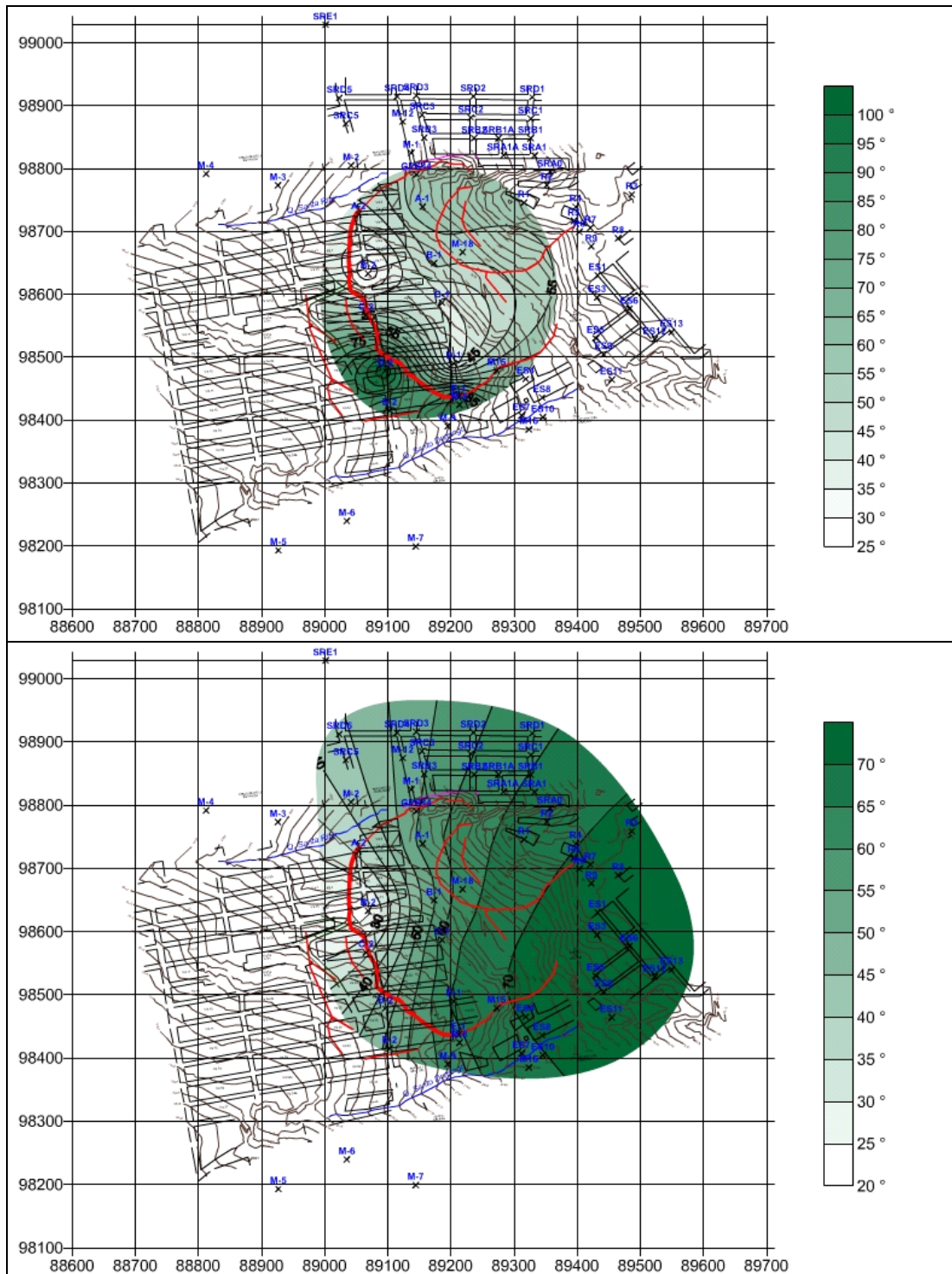
**Figura 7.14** Isodirecciones registradas durante la tercera campaña (Mayo-Junio 2002).(arriba) Isodirecciones registradas durante la cuarta campaña (Junio-Julio 2002) (abajo)



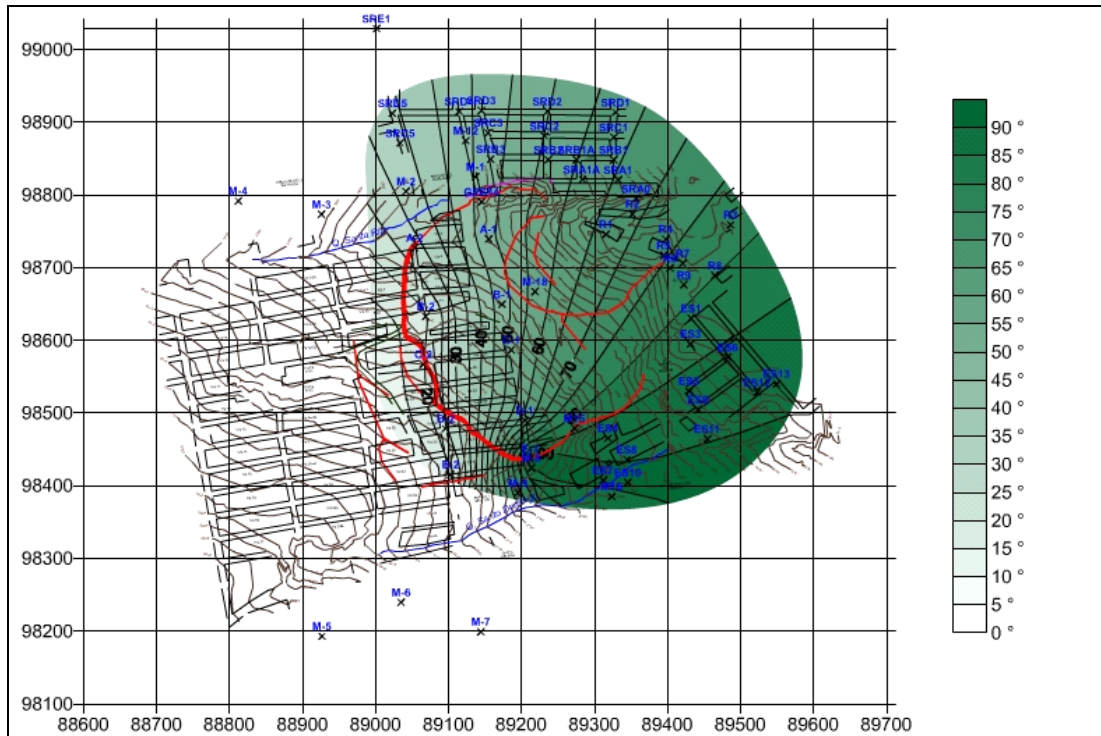
**Figura 7.15** Isodirecciones registradas durante la quinta campaña (Julio -Agosto 2002).(arriba) Isodirecciones registradas durante la sexta campaña (Agosto-Septiembre 2002) (abajo)



**Figura 7.16** Isodirecciones registradas durante la séptima campaña (Septiembre-October 2002). (arriba) Isodirecciones registradas durante la octava campaña (October-November 2002) (abajo)



**Figura 7.17** Isodirecciones registradas durante la novena campaña (Noviembre-Diciembre 2002). (arriba) Isodirecciones registradas durante la décima campaña (Diciembre 2002 -Febrero 2003) (abajo)



**Figura 7.18** Isodirecciones registradas durante la onceava campaña (Febrero-Marzo 2003).

### **7.3.1.3.2 Mojones ubicados sobre los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector**

Sobre estos mojones se realizaron tres campañas topográficas entre el 6 Dic/02 y el 28 Mar/03, a pesar de solo contar con 2 datos de desplazamientos y velocidades en general se puede concluir lo siguiente:

- El mojón ES3 se encuentra ubicado en un pequeño flujo del terreno en el barrio El Espino Sector III y en general presenta un desplazamiento de 0.021 m con un azimut de 60°.
- El mojón ES5 presenta un desplazamiento acumulado de 0.043 m con azimut de 74°; este mojón está ubicado en la parte alta del barrio El Espino III Sector y gran parte de su desplazamiento total se debe a la componente presentada en la última campaña. Controlar sus desplazamientos es importante dada su ubicación con respecto al barrio.
- Los mojones ES4, ES7 y ES8 nos muestran la tendencia del movimiento del flujo del terreno al norte de la quebrada Santo Domingo y al sur del escarpe principal cuyo desplazamiento promedio en la horizontal es de 0.0131 m con un azimut de 75° y un hundimiento de -0.028 m.
- Los mojones ES10 y M16 están ubicados en la parte norte del desplazamiento del barrio La Carbonera y presenta el primero un desplazamiento horizontal acumulado de 0.340 m con azimut de 56° y un hundimiento de -0.033 m y el segundo un desplazamiento de 1.077 m con azimut de 60° y hundimiento de 0.037 m.
- El mojón R1 está ubicado en el pie del movimiento (Sector Nororiental) y presenta un desplazamiento en la horizontal acumulado de 0.103 m con un azimut de 47° y un desplazamiento en la vertical de -0.015 m
- Los mojones R6 y R9 presentan desplazamientos horizontales acumulados de 0.038 m con azimut de 77° y 57° y levantamientos de 0.008 y 0.013 m respectivamente. Estos mojones están ubicados en el pie del deslizamiento (Barrio El Rodeo) en zona de levantamientos de terreno.
- El mojón R7 presenta un desplazamiento horizontal acumulado de 0.078 m con un azimut de 62° y hundimiento de -0.043 m, dicho mojón está ubicado al este de la zona levantada del barrio El Rodeo y sus desplazamientos de importancia para determinar la estabilidad de esta zona. Sin embargo otros mojones como el R3, R4 y R8 también están ubicados en dicha zona y no presentan desplazamientos significativos.
- Los demás mojones incluyendo todos los del barrio San Rafael presentaron desplazamientos inferiores al rango de precisión del sistema de medición por lo tanto no deben ser considerados.

### 7.3.2 Extensómetros de polea

Los extensómetros de polea fueron instalados a lo largo de la grieta principal entre el 23 y el 27 de abril de 2002. Se instalaron en total 7 extensómetros y en la actualidad no queda ninguno en funcionamiento debido a su destrucción ya sea por el avance del movimiento o por habitantes de la zona. En la **Tabla 7.6** se presentan los periodos de funcionamiento y los desplazamientos presentados por cada uno de los extensómetros. La ubicación de dichos extensómetros puede observarse en el **Mapa ES 6** de localización de instrumentación y sus desplazamientos se pueden observar en el **Mapa ES 7** de desplazamientos de instrumentación superficial, para lo cual se asumió una dirección de desplazamiento de N 36 E, tomada del promedio de los máximos desplazamientos de mojones.

EXTENSÓMETRO	Fecha instalación	Fecha destrucción	Desplazamiento Horizontal Total (cm)	Tasa de desplazamiento Horizontal (cm/día)	Desplazamiento Vertical Total (cm)	Tasa de desplazamiento Vertical (cm/día)	Desplazamiento Total (3D) (cm)	Tasa de desplazamiento Total (cm/día)
EP1	23/04/02	13/06/02	157.5	3.1	76.4	1.5	175.1	3.4
EP2	23/04/02	31/05/02	-16.8	-0.4	-11.7	-0.3	-20.5	-0.5
EP3	23/04/02	13/06/02	441.5	8.7	157.0	3.1	469.7	9.2
EP4	20/04/02	02/06/02	273.7	6.4	244.1	5.7	366.9	8.5
EP5	23/04/02	13/06/02	326.7	6.4	310.4	6.1	450.9	8.8
EP6	27/04/02	29/05/02	220.5	6.9	131.7	4.1	257.1	8.0
EP7	27/04/02	16/05/02	101.2	5.3	59.9	3.2	117.6	6.2

**Tabla 7.6** Desplazamientos de los Extensómetros de Polea

De los resultados de la tabla se puede concluir que la tasa de desplazamientos totales en tres dimensiones para el periodo entre Abril y Junio oscila entre 0.034 y 0.092 m/d, exceptuando el EP2, el cual estaba trabajando en una grieta en proceso de cerramiento debido a que se abrió una grieta más arriba de la anterior. La tasa de desplazamiento de los extensómetros coincide con la de los mojones para el periodo Abril – Julio del orden de 0.04 – 0.14 m/d.

En las **Figuras 7.19 y 7.20** se presentan los desplazamientos en el eje del extensómetro (X), en profundidad (Z) y los totales en función del tiempo para cada uno de los extensómetros de polea en el periodo de lectura, en la **Figura 7.21** se presenta los desplazamientos totales de los extensómetros en función del tiempo y en el **Anexo 7.3** se muestran los registros de los datos y los cálculos de desplazamientos y velocidades para cada uno de los extensómetros.



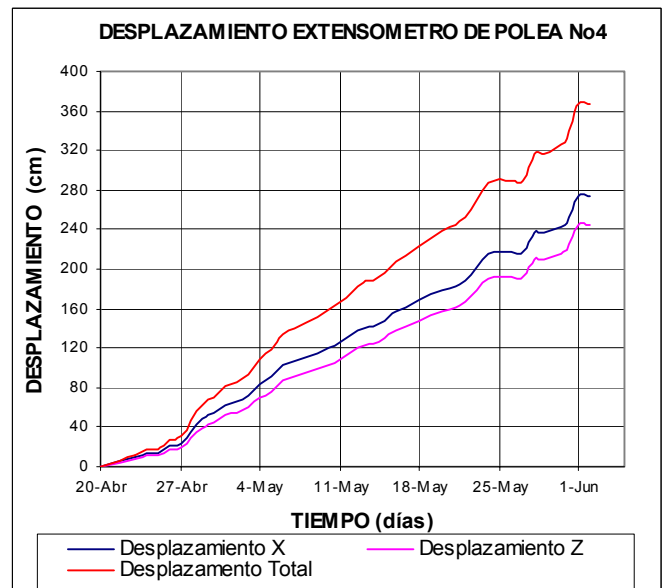
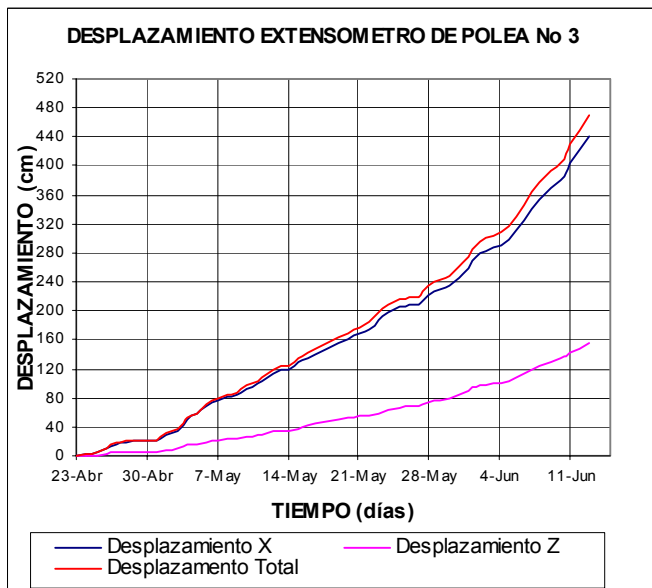
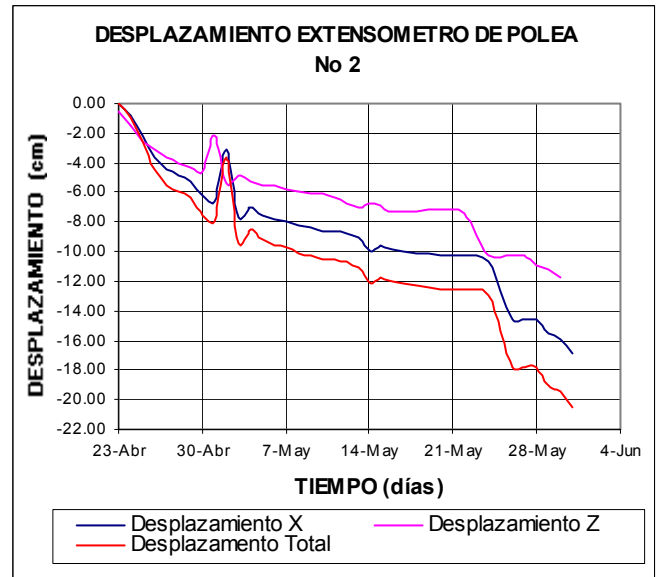
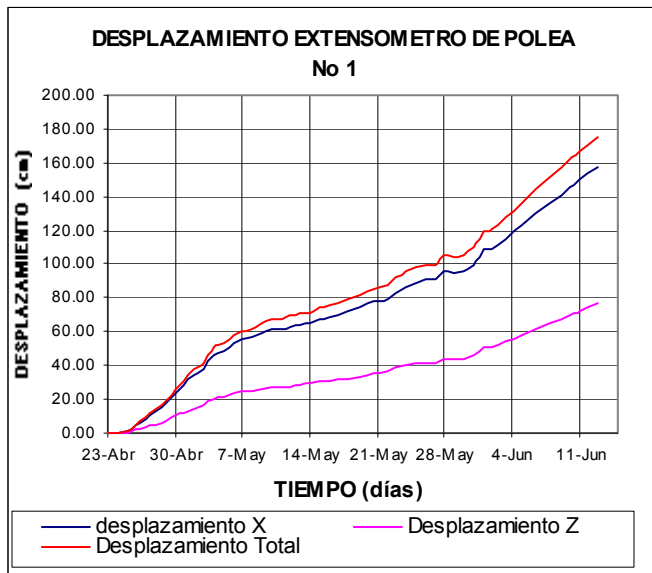
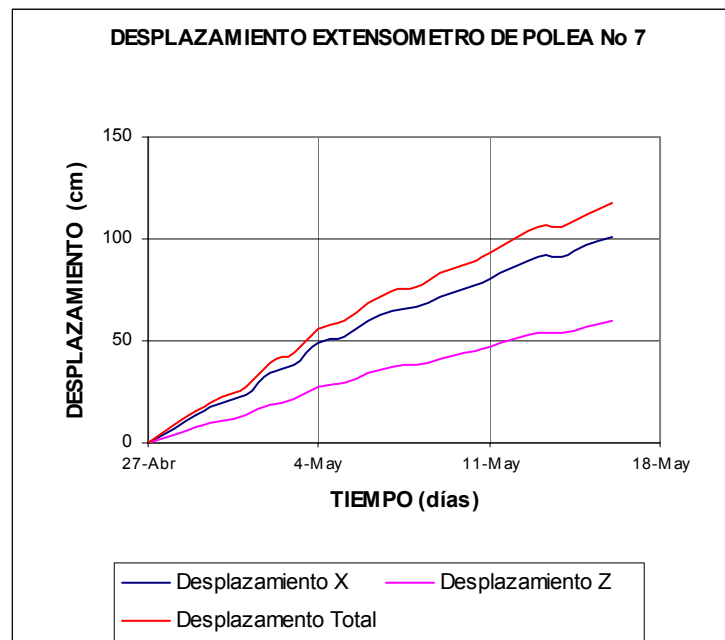
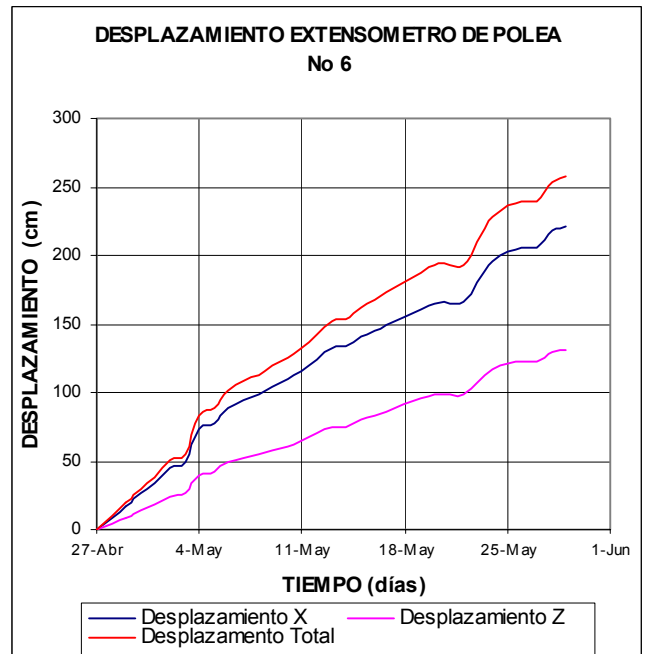
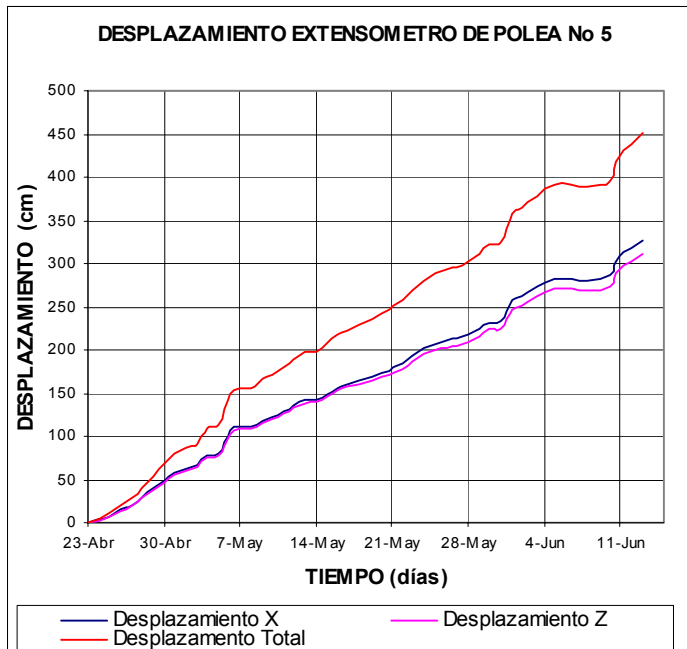
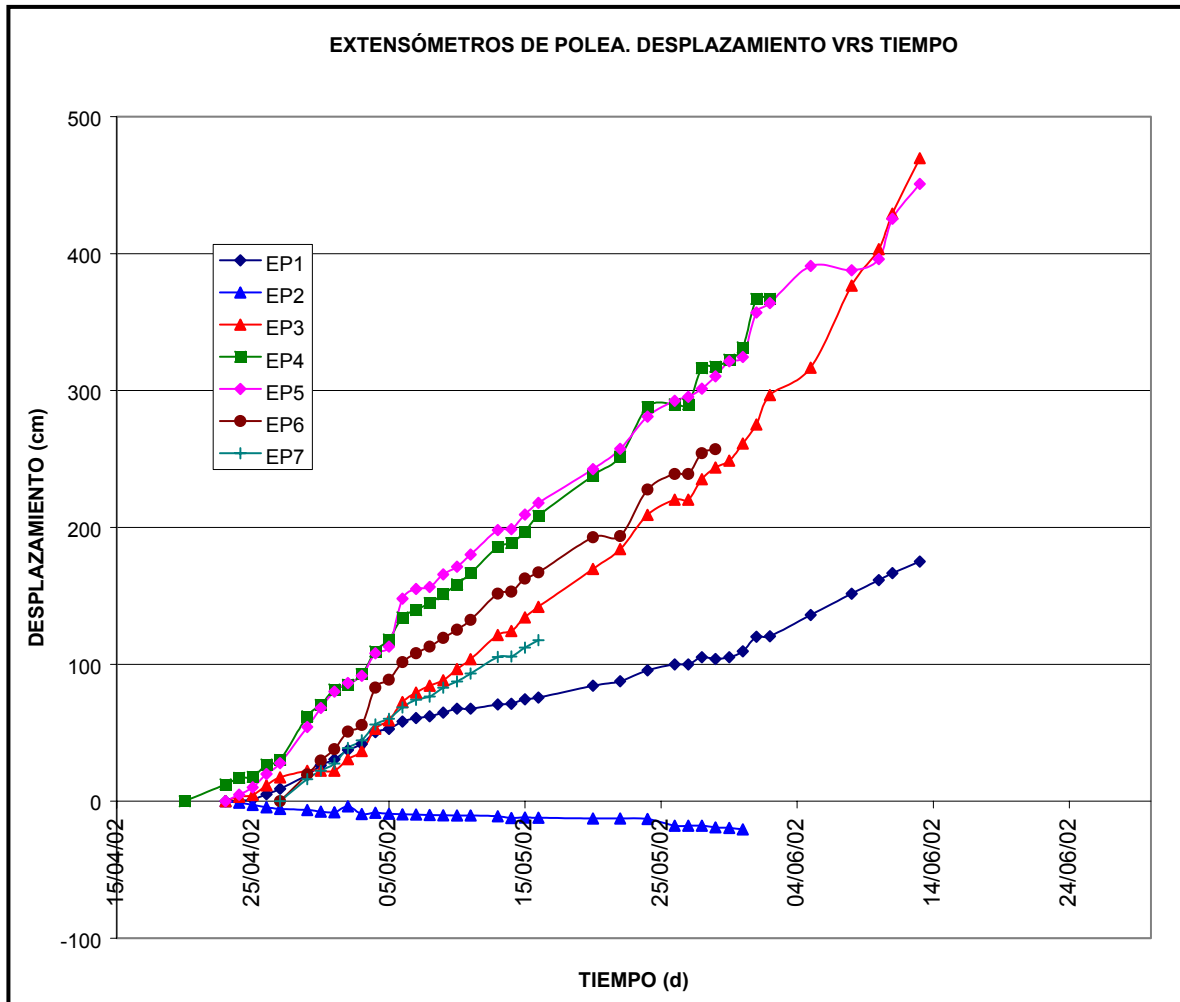


Figura 7.19 Desplazamientos en función del tiempo - Extensómetros de Polea de 1 a 4



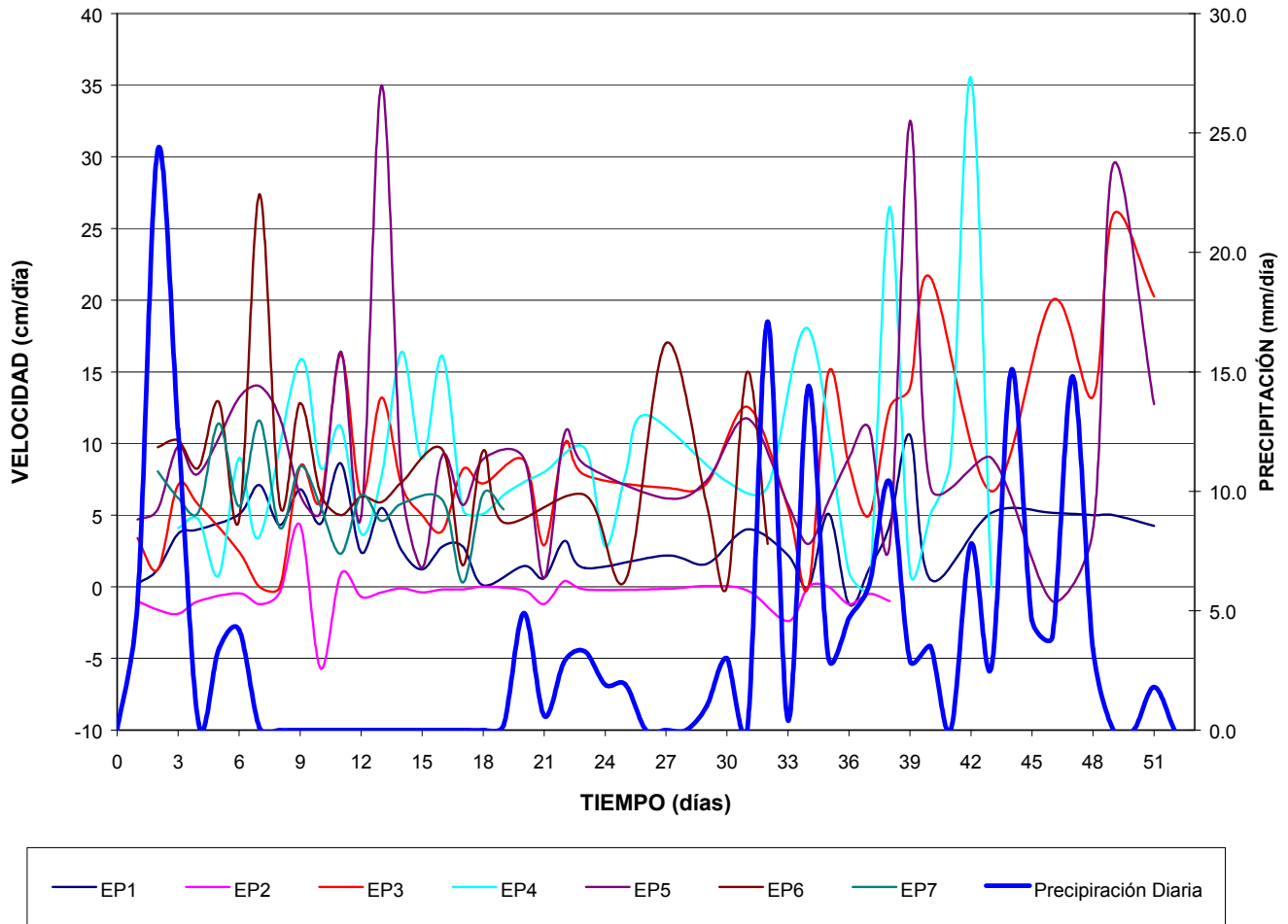
**Figura 7.20.** Desplazamiento en función del tiempo - Extensómetros de Polea de 5 a 7



**Figura 7.21.** Comparación de desplazamientos totales de los extensómetros de polea en función del tiempo.

De acuerdo a los anteriores datos cabe resaltar que los que registraron mayores desplazamientos fueron los extensómetros 3, 4, 5 y 6 con valores de desplazamiento horizontal superiores a los cuatro metros y de desplazamiento vertical cercanos a los tres metros en el periodo de lectura. El EP2 registro valores de desplazamiento negativo debido a que se instaló sobre una grieta que inició un proceso de cierre, ya que unos metros arriba se abrió otra grieta de mayor magnitud. En la **Figura 7.22** se puede observar las tasas de desplazamiento en función del tiempo, de la que podemos concluir que para el periodo de observación, la tasa promedio de movimiento oscila entre 3 a 12 cm/día en las zonas donde se encuentran instalados los extensómetros de polea, salvo algunas ocasiones en que se registran tasas mayores como las registradas en los picos de la gráfica. No se encontró una relación directa entre la precipitación diaria y los desplazamientos presentados por los extensómetros de polea.

**TASAS DE DESPLAZAMIENTO PARA LOS EXTENSÓMETROS DE POLEA**  
23/04/02 - 13/06/02



**Figura 7.22.** Tasas de desplazamiento en función del tiempo para extensómetros de polea

### 7.3.3 EXTENSOMETROS DE ESTACAS

En total fueron instalados 9 extensómetros de estacas de la siguiente manera: Los extensómetros EE1, EE2, EE3 y EE4 fueron instalados en pequeñas grietas arriba (oeste) de la grieta principal; el extensómetro EE5 se ubicó sobre la grieta principal en cercanías al mojón E1 y los extensómetros EE6, EE7, EE8 y EE9 se instalaron sobre una gran grieta incipiente ubicada aproximadamente 100 m al SW de la grieta principal. La ubicación de estos extensómetros se encuentra en el **Mapa ES6** de localización de instrumentación y los registros de campo junto con los cálculos de desplazamiento se presentan en el **Anexo 7.4**

En la **Tabla 7.7** se presenta los desplazamientos y las tasas de desplazamiento de cada uno de los extensómetros de estacas durante su tiempo en servicio. En la actualidad solo contamos con los extensómetros EE6, EE7, EE8 y EE9 y los desplazamientos para el último periodo de medición pueden observarse en la **Tabla 7.8**

EXTENSÓMETRO	Fecha instalación	Ultima lectura	Desplazamiento Total (cm)	Tasa de desplazamiento (cm/día)	OBSERVACIONES
EE1	29/04/02	27/07/02	3.10	0.03	Se decidió no continuar tomando registros dado el pequeño valor en magnitud del desplazamiento total para el periodo de tiempo. Por otro lado desde el 27/07/02 fue tapado por escombros de construcción
EE2	29/04/02	28/08/02	9.58	0.08	Se decidió no continuar tomando registros dado el pequeño valor en magnitud del desplazamiento total para el periodo de tiempo. Por otro lado desde el 27/07/02 fue tapado por escombros de construcción
EE3	29/04/02	10/09/02	240.99	1.80	Su destrucción se debió a que cavó en la grieta
EE4	29/04/02	05/06/02	82.85	2.24	Su destrucción se debió a que cavó en la grieta
EE4a	07/06/02	04/07/02	54.52	2.02	Su destrucción se debió a que cavó en la grieta
EE4b	11/07/02	28/08/02	234.05	4.88	Su destrucción se debió a que cavó en la grieta
EE5	29/04/02	05/06/02	65.30	1.76	Su destrucción se debió a que cavó en la grieta
EE6	27/07/02	10/09/02	19.82	0.44	Su destrucción se debió a que cavó en la grieta
EE6a	23/09/02	03/10/02	5.50	0.55	Su destrucción se debió a que cayó en la grieta (grieta incipiente) y se remplazará con el EE6b
EE6b	03/10/02	13/03/03	10.44	0.06	Continúa en funcionamiento (grieta incipiente)
EE7	27/07/02	13/03/03	32.65	0.14	Continúa en funcionamiento (grieta incipiente)
EE8	23/09/02	13/03/03	7.29	0.04	Continúa en funcionamiento (grieta incipiente)
EE9	23/09/02	13/03/03	3.70	0.02	Continúa en funcionamiento (grieta incipiente)

**Tabla 7.7** Desplazamiento de los extensómetros de estacas

EXTENSÓMETRO	PERIODO		Desplazamiento (cm)	Tasa de desplazamiento (cm/día)
EE6b	14/02/03	13/03/03	1.00	0.04
EE7	14/02/03	14/03/03	1.41	0.05
EE8	14/02/03	15/03/03	0.50	0.02
EE9	14/02/03	13/03/03	0.50	0.02

**Tabla 7.8** Desplazamiento de los extensómetros de estacas EE6b, EE7, EE8 y EE9 para el último periodo de medición

En general se puede concluir que los extensómetros EE1 y EE2 no reportaron desplazamientos significativos ya que fueron ubicados sobre pequeñas grietas que se

estaban cerrando debido al empuje de bloques sueltos arriba de las mismas. El extensómetro EE5 ubicado sobre la grieta principal en cercanías del mojón E1 reportó un desplazamiento de 0.065 m con una tasa de desplazamiento de 0.017 m/d. El extensómetro EE4 se instaló el 29 de Abril/02 en una grieta unos metros arriba del escarpe principal y se reinstaló en dos ocasiones presentando tasas de desplazamiento de 0.020 a 0.048 m/d de Abril a Agosto. Este valor es un indicativo de la velocidad en la que grietas de relajación cercanas al escarpe principal, terminaban formando parte del mismo con la consecuente destrucción del extensómetro.

Los extensómetros EE6, EE7, EE8 y EE9 continúan en funcionamiento y las tasas para el último periodo (14/02/03 – 13/03/03) oscilan entre 0.02 a 0.05 cm/d pero en todo el periodo de medición oscilan entre 0.02 a 0.14 cm/d.

En las **Figuras 7.23 y 7.24** se muestra la variación de los desplazamientos de cada una de las componentes de los extensómetros en su periodo de medición

Los desplazamientos de los extensómetros EE6, EE7 EE8 y EE9 en el tiempo son un indicativo de los desplazamientos y velocidades del nuevo bloque conformado entre el escarpe principal y la grieta incipiente, así los extensómetros presentan 2 tasas de movimiento evidenciadas en los cambios de pendiente de las **Figuras 7.23 y 7.24**: La primera desde su creación hasta mediados de Noviembre de 2002 con valores entre 0.02 y 0.13 cm/d con desplazamientos totales de 3 a 29 cm y la segunda desde mediados de Noviembre hasta el 13 de Marzo de 2003 con valores entre 0.01 a 0.03 cm/d y desplazamientos totales de 1 a 3 cm.

Teniendo en cuenta lo anterior el periodo de culminación de la primera tasa de movimiento (aceleración) en el bloque incipiente, coincide con la culminación de la etapa de desaceleración del movimiento principal (Aproximadamente mediados de Noviembre). Desde entonces prácticamente no se han presentado desplazamientos y podría considerarse que el bloque ha permanecido inmovil.

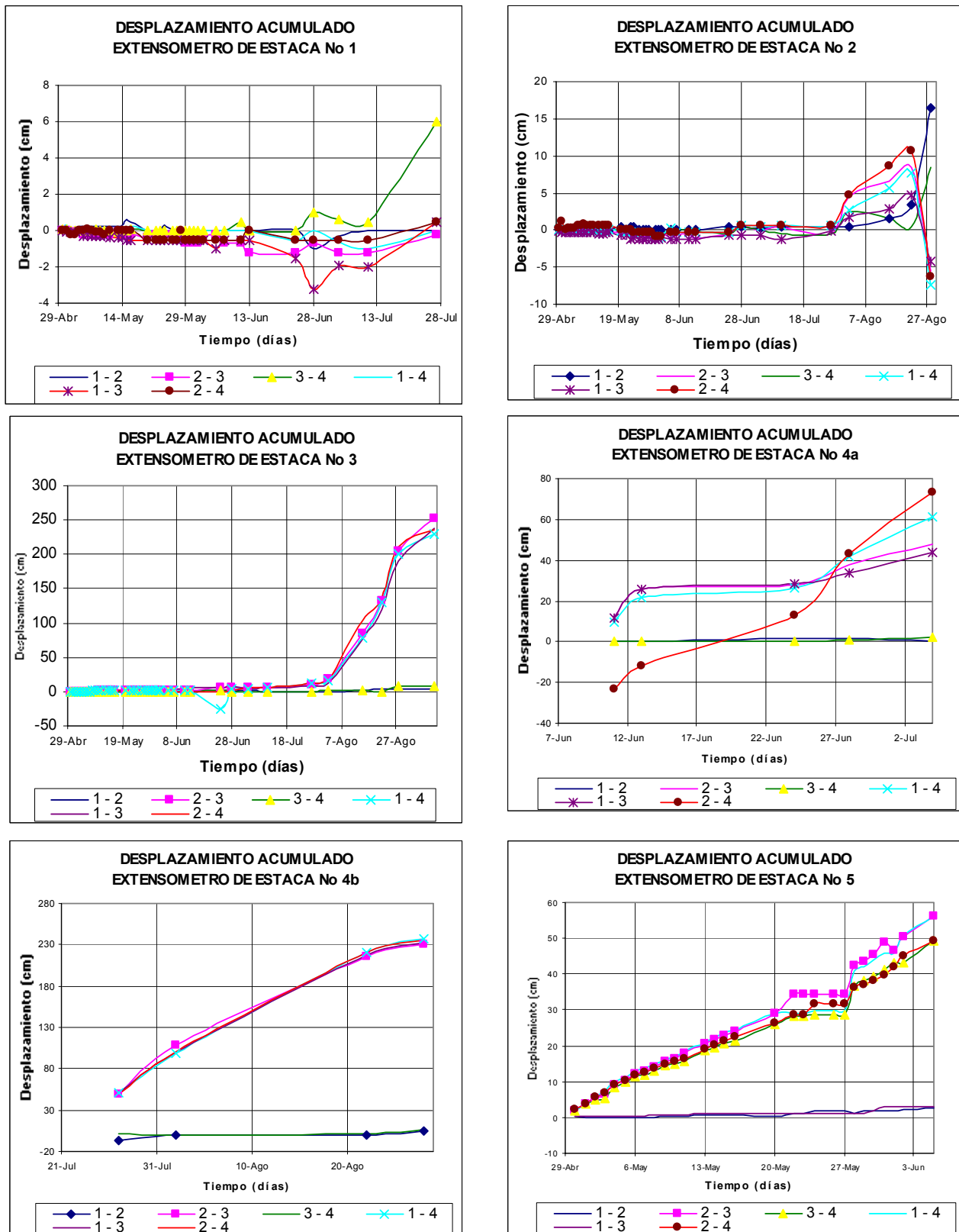


Figura 7.23 Desplazamiento extensómetros de estacas EE1,EE2,EE3,EE4a,EE4b y EE5

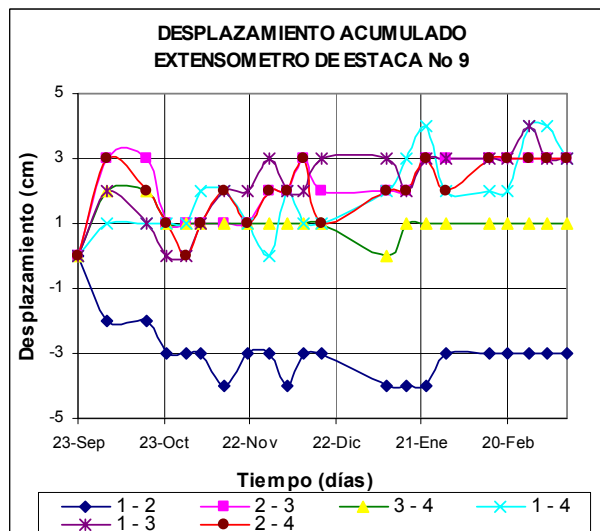
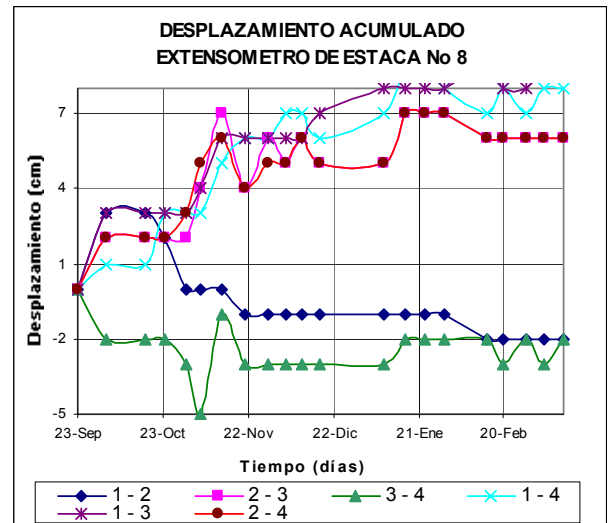
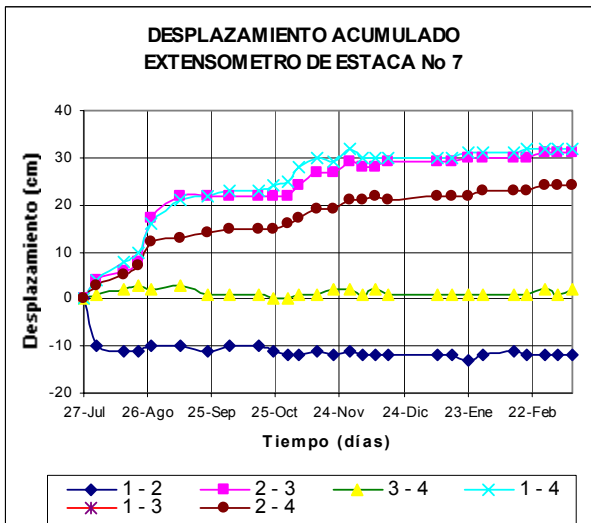
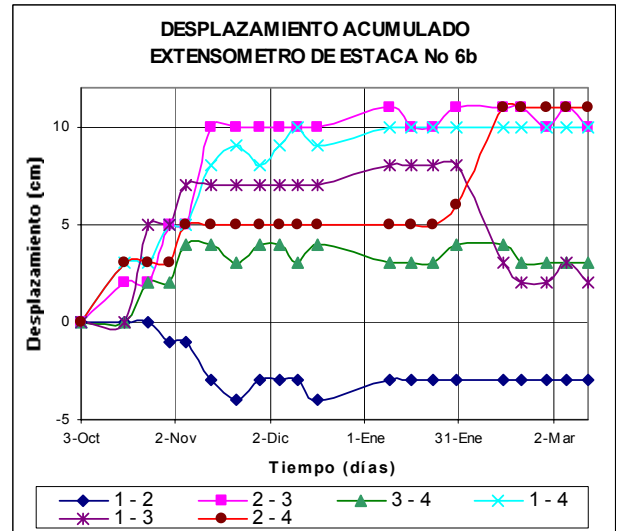
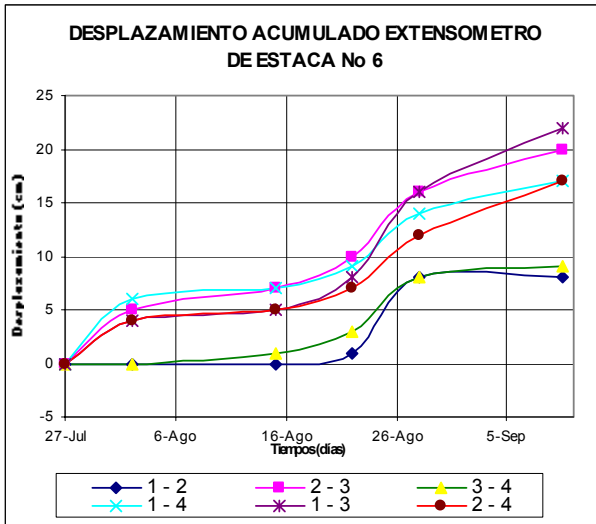


Figura 7.24 Desplazamientos extensómetros EE6, EE6b, EE7, EE8 y EE9



### 7.3.4 Piezómetros casagrande

Se instalaron 4 piezómetros Casagrande distribuidos en el área de estudio como se observa en el mapa ES 6, con las siguientes características, **Tabla 7.9**:

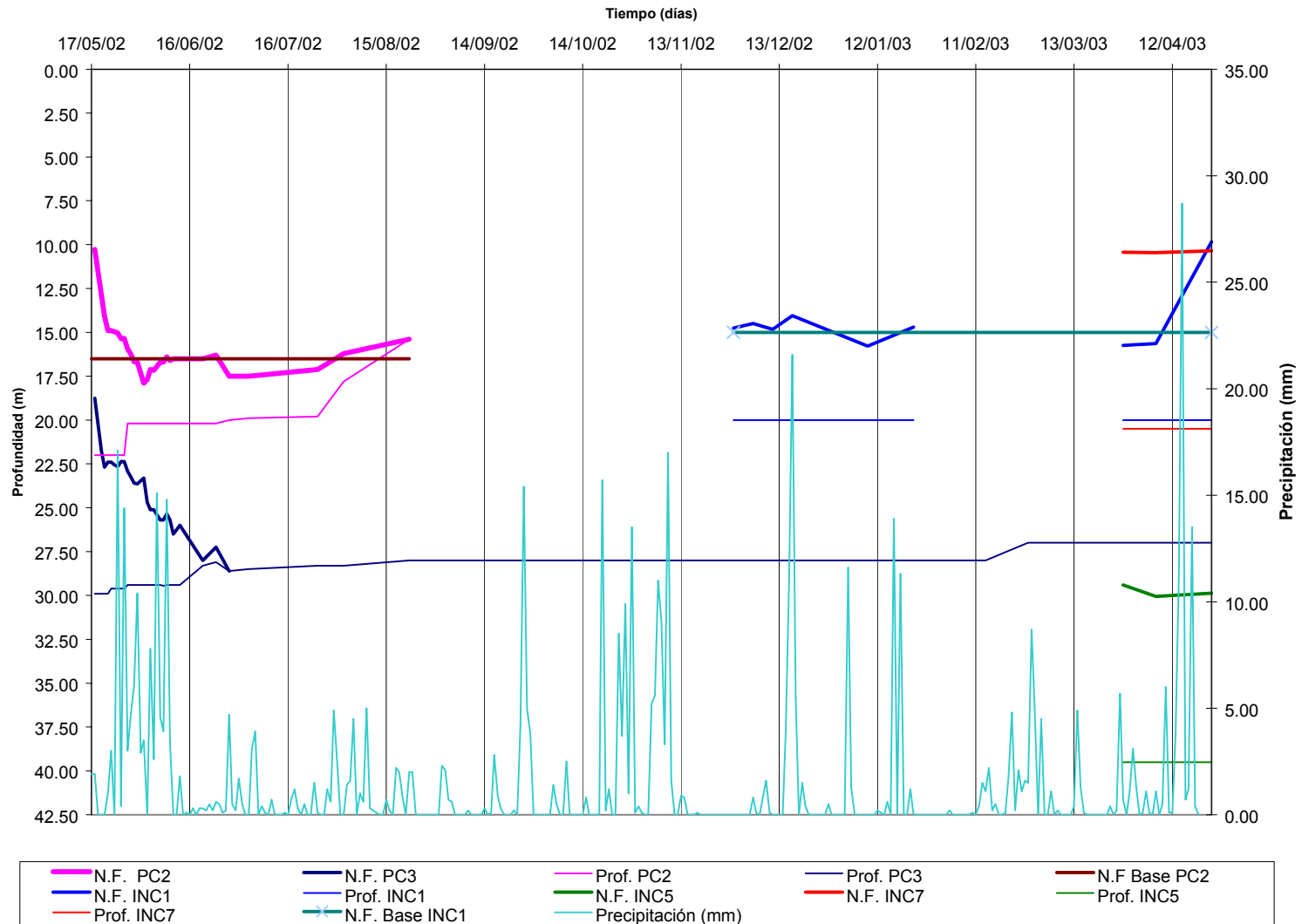
Piezómetro	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Nivel freático base (m)	Observaciones
PC1	30	6	-	Nunca presentó N.F, al otro día de instalado se tapó a 6 m el 20/06/02 fue destruido.
PC2	30	15.4	16 m	Destrucción del pozo el 05/09/02
PC3	30	28	-	Actualmente en funcionamiento
PC4	15	1.50	-	Nunca presentó N.F, el día 20/06/02 se tapó a 1.50 m

**Tabla 7.9** Características de los Piezómetros Casagrande

En la actualidad se está llevando registro del piezómetro PC3, puesto que los otros tres están fuera de funcionamiento. El PC1 se perdió dentro de la masa del deslizamiento y fue imposible continuar tomando lectura del mismo. Al interior del piezómetro PC2 introdujeron objetos y dañaron su base, por lo que fue imposible recuperarlo y continuar tomando registros. El PC4 sufrió al parecer un derrumbe a una profundidad de 1.50 m sin nivel freático presente,. En cada lectura se ha medido la posición del nivel freático y la profundidad total del pozo. A pesar que los inclinómetros no son dispositivos instalados para controlar la variación del nivel freático sobre algunos de estos como el INC1, INC5 e INC7 se notaron fluctuaciones en el agua presente dentro de la tubería, por lo cual se tomaron los registros de nivel de agua en las mismas. En la **Figura 7.25** se puede observar la variación del nivel freático y la profundidad de los pozos en el tiempo de medición, así como la variación de la precipitación diaria. En el **Anexo 7.5** se pueden observar los registros del nivel freático y la precipitación diaria en el periodo de medición.

El nivel del agua en PC3 se abatió 8.50 m en un periodo de tiempo de 41 días comprendido desde el 18/05/02 hasta el 24/06/02. El nivel del agua en PC2 se abatió 6.24 m en un periodo de tiempo de 24 días comprendido entre 18/05/02 hasta el 02/08/02 y después continuó con un nivel base de aproximadamente 16 m. Teniendo en cuenta los descensos del nivel agua; las lecturas iniciales medidas en los piezómetros PC2 y PC3 muy posiblemente corresponden al abatimiento del agua utilizada en la perforación.

Sobre el INC1 se midió la variación del nivel del agua desde el 29/11/02 hasta el 24/04/03 registrándose un nivel de agua base aproximadamente a 15 m. En el INC5 y el INC 7 se tomaron 3 registros desde el 28/03/03 hasta el 24/04/03 registrando en el primero variaciones alrededor de los 30 m y en el segundo cerca de los 10 m. La



**Figura 7.25** Variación del nivel freático y la precipitación para los piezómetros PC2, PC3, INC1, INC5 e INC9

variación del nivel del agua sobre el INC1 nos muestra alguna relación con la precipitación diaria en la medida en que lluvias como la de 17/12/02 de 21.6 mm suba el nivel del agua de 14.83 a 14.05 m y lluvias como las del 15 y 18 de Abril de 2003 de 28.7 y 13.5 mm respectivamente, suban el nivel del agua de 15.64 a 9.84 m. En los demás piezómetros no se observa relación entre el nivel del agua y la precipitación

### 7.3.5 Inclinómetros

En total se instalaron 7 inclinómetros, 5 de estos en la cresta del deslizamiento, uno en el barrio San Rafael y otro en la parte baja del barrio El Rodeo. Su ubicación puede ser apreciada en el mapa ES 6 de localización de instrumentación. En la tabla 7.10 están consignadas algunas características de los inclinómetros.

INCLINOMETRO	LECTURA INICIAL	PROFUNDIDAD (m)	ESTADO ACTUAL	POSIBLE SUPERFICIE DE FALLA
INC1	26/07/02	20.0	Funcionando	-
INC2	26/07/02	20.5	Tapado a 6 m.	-
INC3	26/07/02	21.0	Funcionando	12 m
INC4	26/07/02	26.0	Tapado a 2 m	12 m – 20 m
INC5	28/03/03	39.5	Funcionando	
INC6	28/03/03	19.5	Funcionando	
INC7	28/03/03	20.0	Funcionando	

**Tabla 7.10** Características de los inclinómetros

Se toman lecturas aproximadamente cada 15 días y para cada inclinómetro se realizan gráficas de deflexión acumulada a lo largo de dos ejes perpendiculares entre sí (Ejes A y B), estando el eje A orientado siguiendo aproximadamente la dirección de inclinación de la ladera. En el **Anexo 7.6** se presentan los registros de las lecturas del torpedo para cada uno de los inclinómetros.

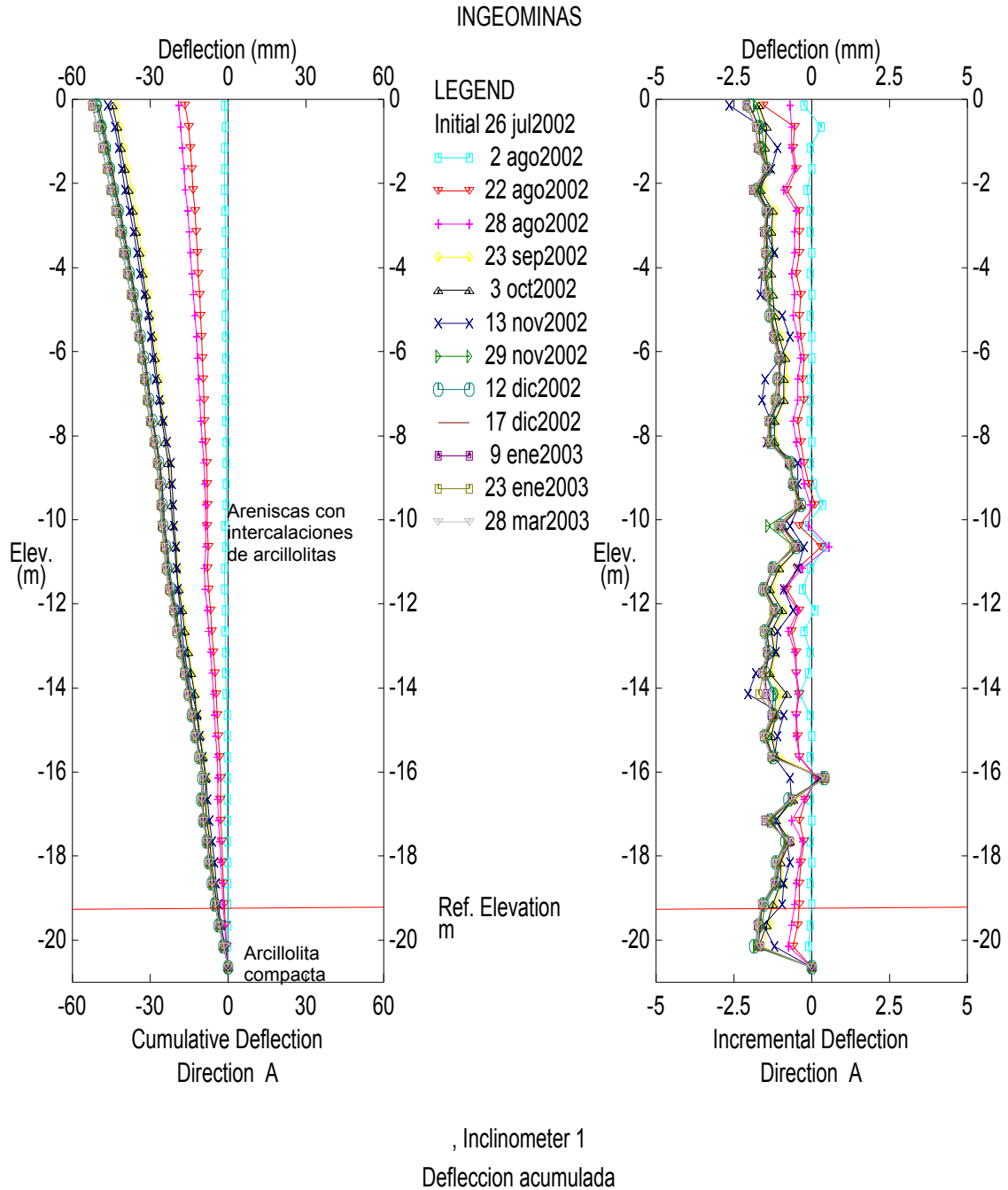
Las lecturas se realizan de la siguiente manera:

- Se introduce un torpedo biaxial marca “Geotechnical Instruments” a lo largo de las ranuras del eje A, hasta su máxima profundidad, luego se sube el torpedo tomando lecturas de inclinación cada 50 cm. Se toman dos sets de medidas, en el primero se registra la inclinación de los ejes A+ y B+ y en el segundo la de los ejes A- y B-. Estas lecturas quedan grabadas en la caja de registro del inclinómetro.
- Mediante la utilización del Software “GTILT”, se convierten las lecturas tomadas en valores de deflexión. La lectura inicial es la posición absoluta de referencia del inclinómetro y en las siguientes lecturas se calcula la deflexión con respecto a esta lectura inicial. Dicha deflexión se da en milímetros y es la distancia horizontal de desplazamiento respecto a la ubicación del punto de mayor profundidad.

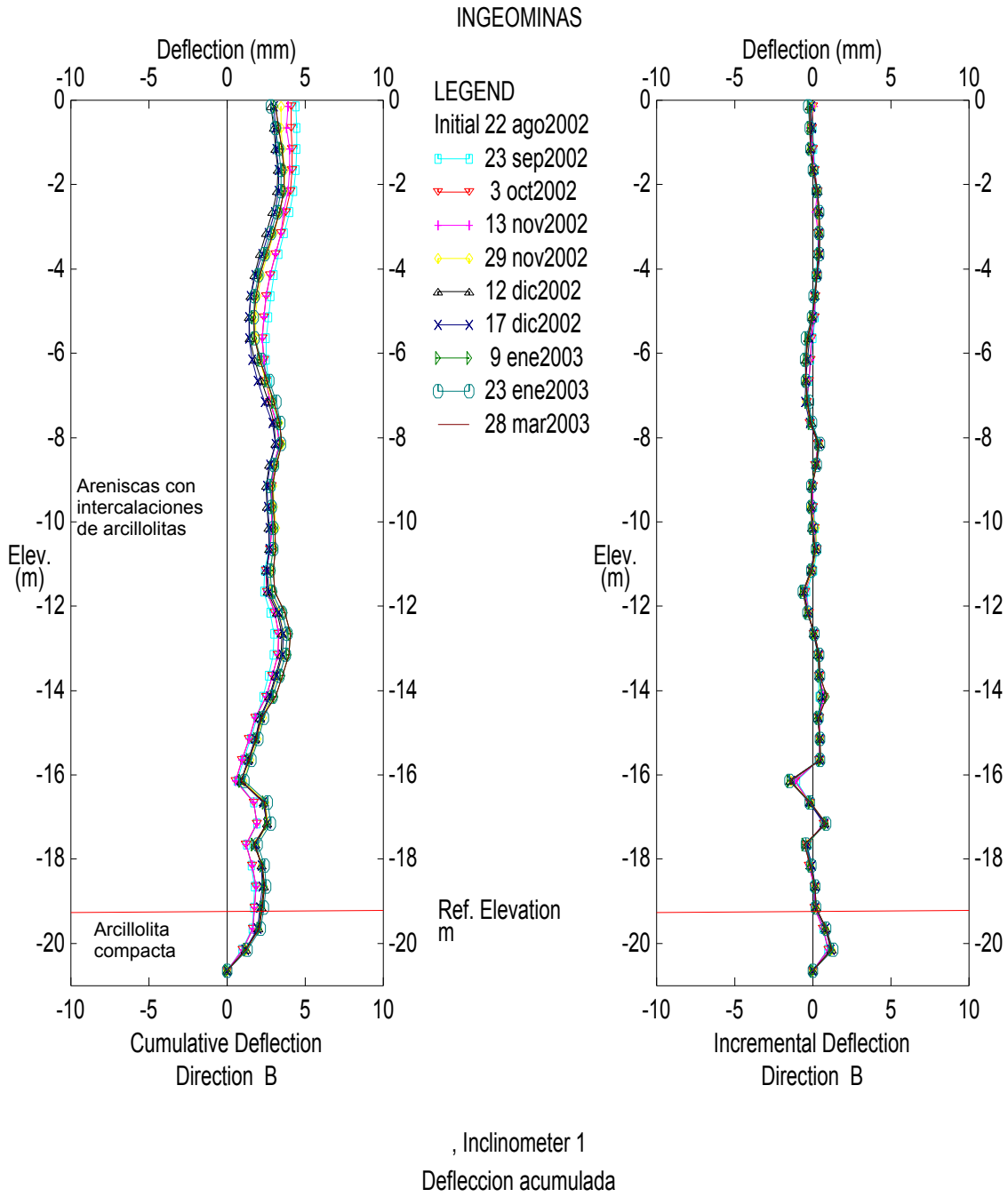
Es importante aclarar que la posición absoluta del punto de mayor profundidad en cualquier lectura siempre será cero, por lo cual sus deflexiones siempre serán cero. Las lecturas tomadas en cada medición se comparan con las tomadas el primer día y

se calculan las deflecciones con respecto a estas (Eje vertical mostrado en cada una de las gráficas de deflección acumulada los inclinómetros)

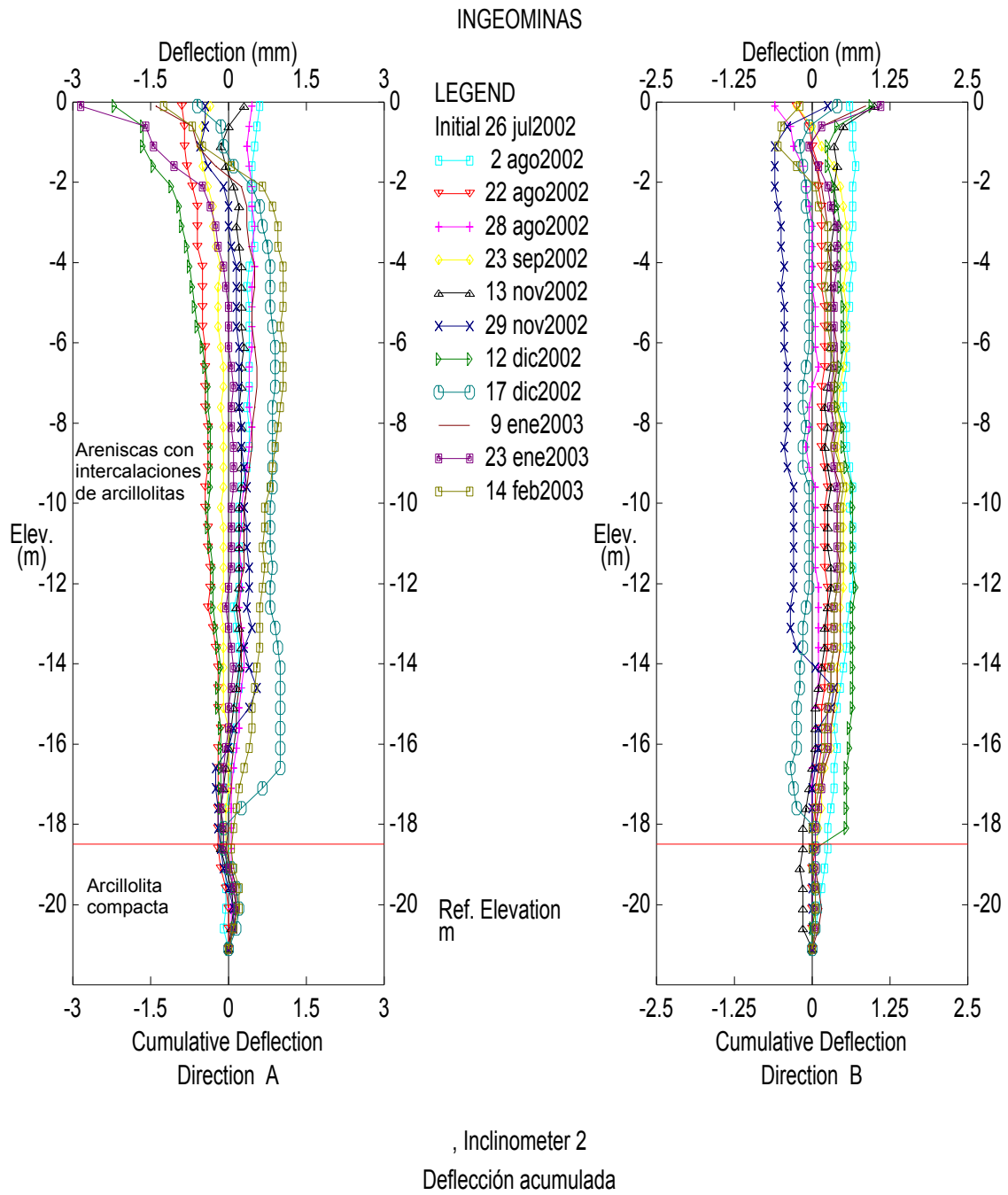
En las **Figuras 7.26 a 7.33** se presenta la deflección acumulada en los ejes A y B para los inclinómetros 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7



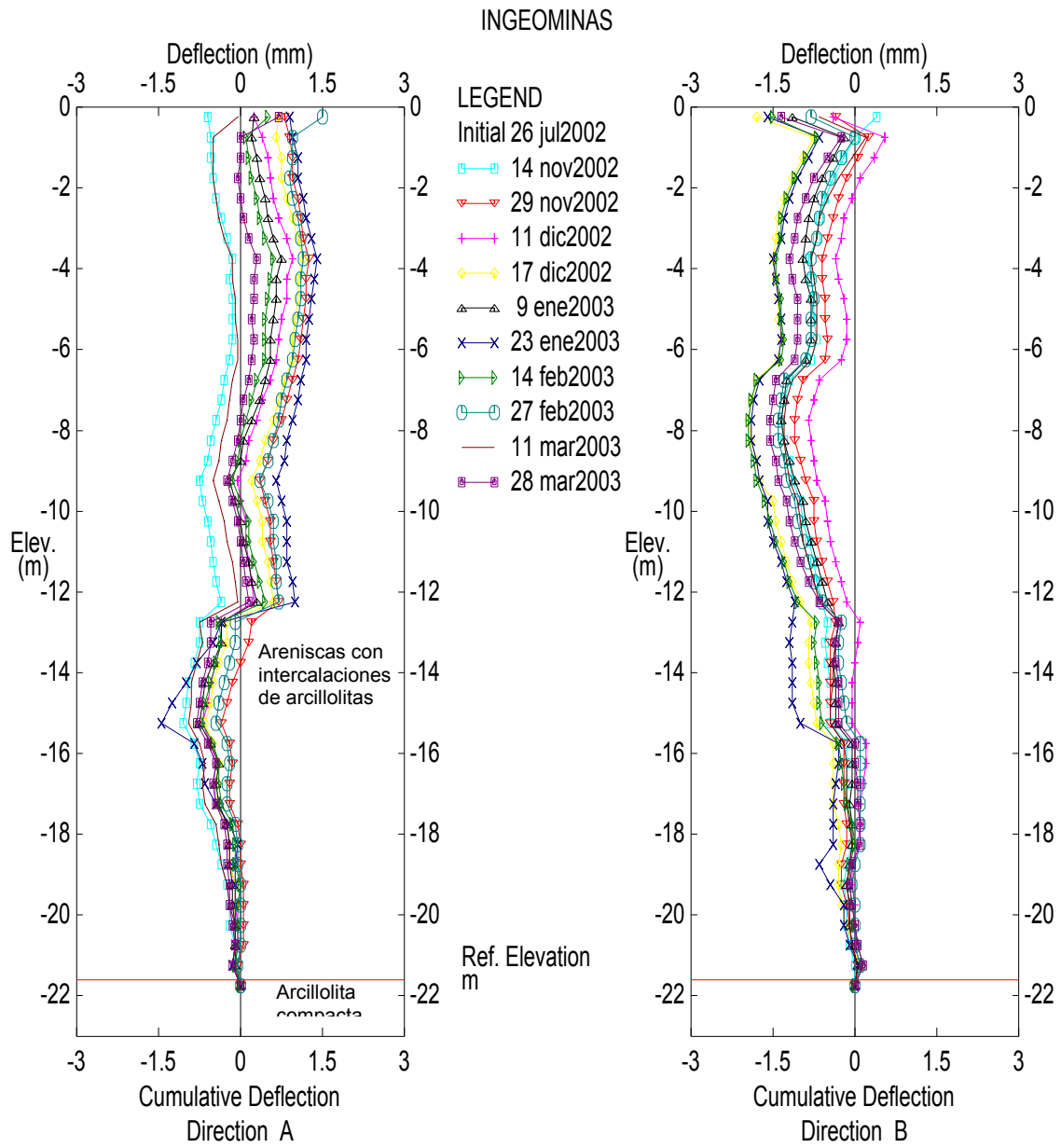
**Figura 7.26** Deflección acumulada e incrementos en la deflección (Eje A) Inclinator 1



**Figura 7.27** Deflección acumulada e incrementos en la deflección (Eje B) Inclinatorio 1

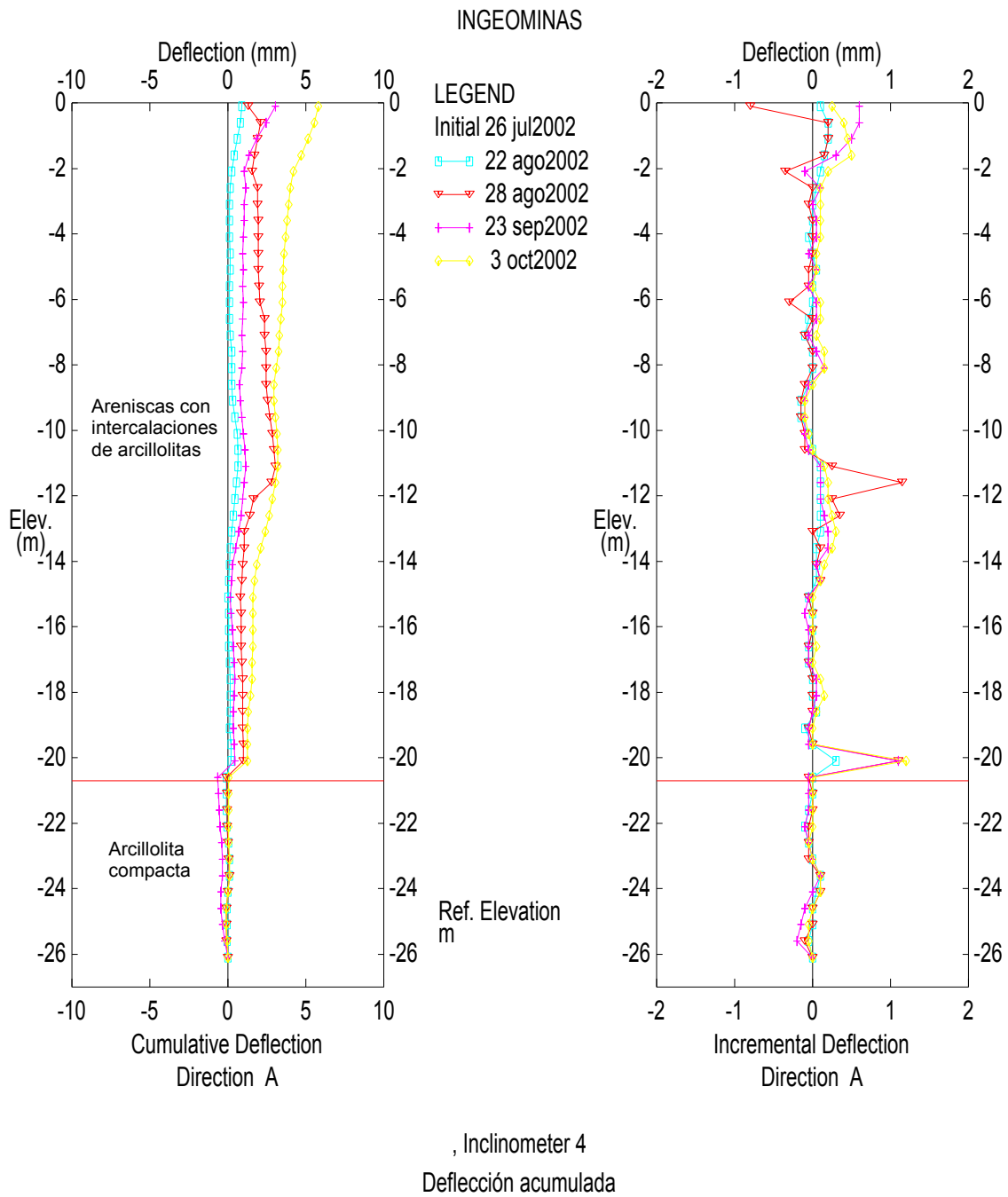


**Figura 7.28** Deflección acumulada Ejes A y B Inclinatorio 2



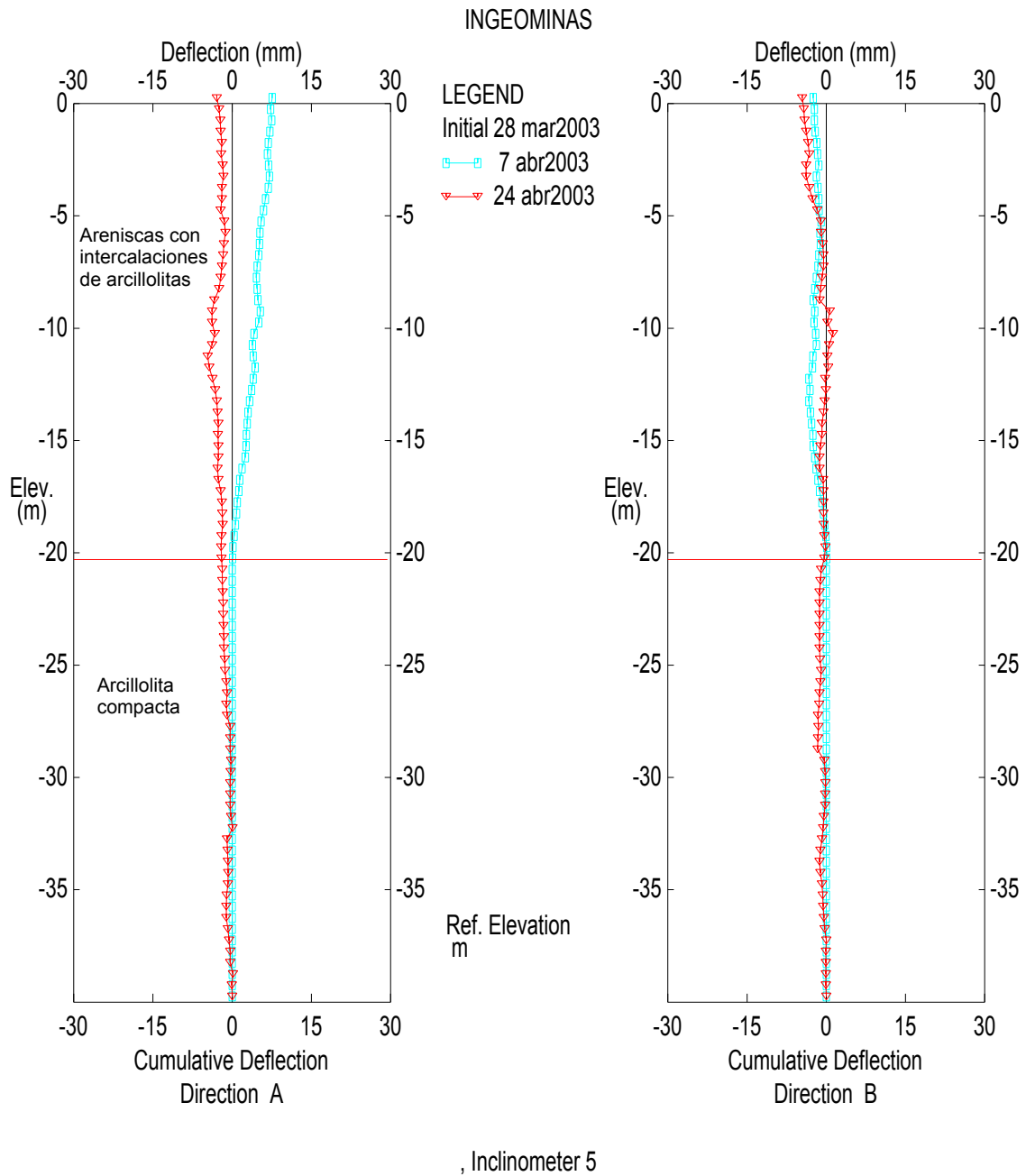
, Inclinator 3  
Deflección acumulada

**Figura 7.29** Deflección acumulada Ejes A y B Inclinatorio 3

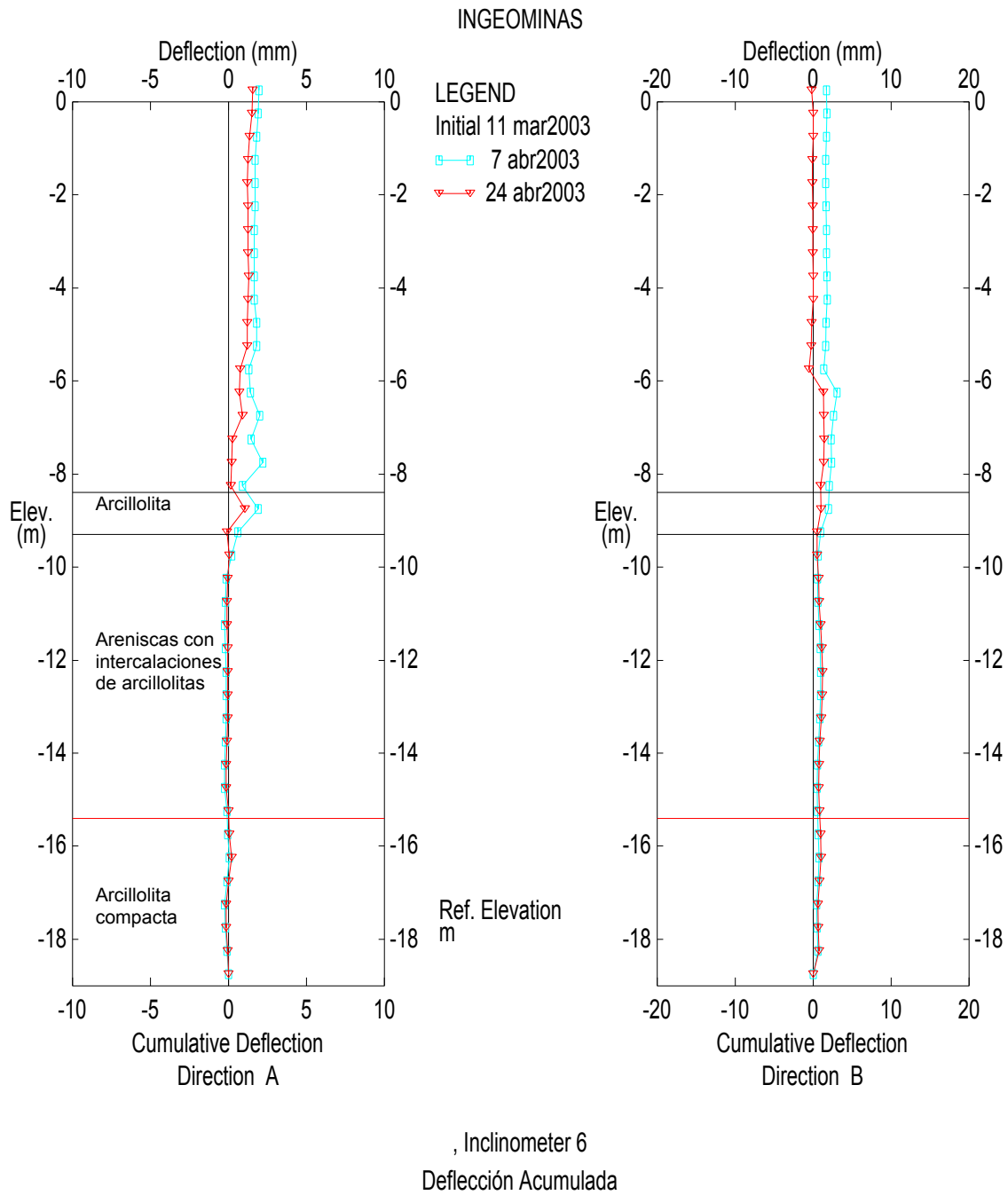


**Figura 7.30** Deflección acumulada e incrementos en deflección Eje A Inclínómetro 4

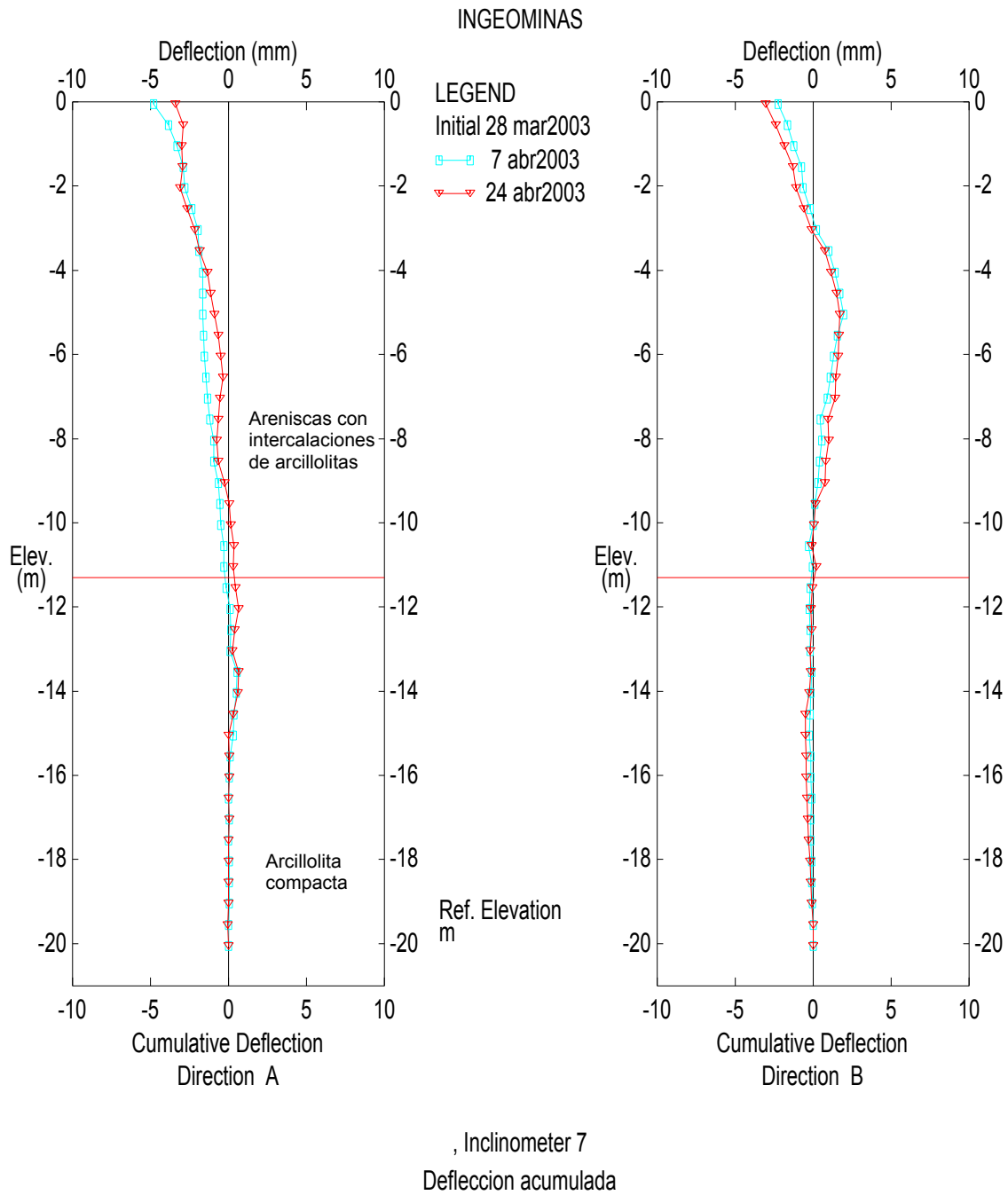




**Figura 7.31** Deflección acumulada Ejes A y B Inclímetro 5



**Figura 7.32** Deflección acumulada Ejes A y B Inclímetro 6



**Figura 7.33** Deflección acumulada Ejes A y B Inclínómetro 7

De los resultados de las mediciones de inclinómetros se puede concluir lo siguiente:

- Inclinómetro 1

Se tomaron registros desde el 26 de Jul/02 hasta el 28 Mar/03 presentando una deflexión acumulada sobre el eje A del orden de -50 mm. El inclinómetro no muestra tendencia a la ruptura y dado que se encuentra ubicado dentro de un bloque desplazado (fallado) se puede concluir que el inclinómetro se desplazó completamente con la masa deslizada. El signo negativo indica que el desplazamiento fue mayor en la base que en la tapa del inclinómetro.

- Inclinómetro 2

Se tomaron registros desde el 26 de Jul/02 hasta el 14 de Feb/03 mostrando deflexiones acumuladas en los ejes A y B cercanos a +2 mm. A pesar que los desplazamientos son muy pequeños, muy cercanos al rango de precisión del sistema (0.1 mm / m), el inclinómetro muestra una tendencia a la ruptura hacia los 18.5 m de profundidad, coincidente con el inicio del estrato de arcillolita compacta. Teniendo en cuenta la posición del inclinómetro, el signo (+) en la deflexión indica que el bloque desplazado es el superior.

- Inclinómetro 3

Se tomaron registros desde el 26 de Jul/02 hasta el 28 de Mar/03 mostrando deflexiones acumuladas en los ejes A y B cercanos a +2 mm. A pesar que los desplazamientos son muy pequeños, muy cercanos al rango de precisión del sistema (0.1 mm / m), el inclinómetro muestra una tendencia a la ruptura hacia los 13 m de profundidad, no coincidente con cambios en la estratigrafía; como en el caso anterior el signo (+) indica que el bloque desplazado es el superior.

- Inclinómetro 4

Se tomaron registros desde el 26 de Jul/02 hasta el 3 de Oct/02 mostrando deflexiones acumuladas en el eje A cercanos a +5 mm; el inclinómetro muestra una tendencia a la ruptura hacia los 20 m de profundidad, coincidente con el inicio del estrato de arcillolita compacta. Teniendo en cuenta la posición del inclinómetro, el signo (+) en la deflexión indica que el bloque desplazado es el superior.

- Inclinómetro 5

Se tomaron registros desde el 28 de Mar/03 hasta el 24 de Abr/03 presentando deflexiones acumuladas en los ejes A y B cercanos a +5 mm; el inclinómetro no muestra una tendencia abrupta a la ruptura sin embargo las deflexiones se presentan desde una profundidad de aproximadamente 20 m hacia la superficie, coincidiendo con el inicio del estrato de arcillolita compacta. El signo (+) en la deflexión indica que el bloque desplazado es el superior.

- Inclinómetro 6

Se tomaron registros desde el 28 de Mar/03 hasta el 24 de Abr/03 presentando deflexiones acumuladas en los ejes A y B cercanos a +2 mm; el inclinómetro no presenta

una tendencia clara a la ruptura, sin embargo las deflecciones se presentan desde una profundidad de aproximadamente 9 m hacia la superficie, coincidente en la estratigrafía con un paquete de arcillolita de 0.9 m de espesor. El signo (+) en la deflección indica que el bloque desplazado es el superior. Dada la ubicación de este inclinómetro (Barrio San Rafael) es importante continuar tomando registros para llevar un seguimiento a la estabilidad del macizo rocoso.

- **Inclinómetro 7**

Se tomaron registros desde el 28 de Mar/03 hasta el 24 de Abr/03 presentando deflecciones acumuladas en los ejes A y B cercanos a -5 mm; el inclinómetro no presenta una tendencia clara a la ruptura, sin embargo las deflecciones se presentan desde una profundidad de aproximadamente 11 m hacia la superficie, coincidente en la estratigrafía con el inicio de la arcillolita compacta. Teniendo en cuenta la posición del inclinómetro (Pie del deslizamiento, zona de levantamientos Barrio El Rodeo); el signo (-) en la deflección indica que el bloque superior (de los 11 m hacia la superficie) se desplaza al SW, movimiento esperado en zona de levantamientos. La figura 7.33 ejes A y B muestra claramente la posición del inclinómetro en el terreno.

### **7.3.6 Registros fotográficos multitemporales**

Los registros fotográficos multitemporales nos sirven para documentar gráficamente los cambios en superficie sucedidos durante el transcurso del presente estudio. Para este fin se escogieron 4 sitios fijos desde donde se realizaron tomas fotográficas en formato sencillo y panorámicas. Los registros fotográficos abarcan un período de un año, de Abril de 2002 hasta Marzo de 2003. En el mapa ES-6 se puede observar la localización de las estaciones fotográficas.

- **Estación paradero**

Este sitio se localiza en el sector de El Rodeo, cerca al paradero de buses del barrio El Perdomo. En la secuencia fotográfica de los meses de Abril, Julio y Octubre de 2002 y Marzo de 2003, se observa el avance del movimiento reflejado superficialmente en el aumento del área en la zona de caída de bloques que inicialmente se presentaba sobre el barrio El Espino III Sector y termina involucrando el barrio el Rodeo; el corrimiento observado tanto en el escarpe como en la pata del deslizamiento de la cantera Santa Rita y el levantamiento presentado sobre el barrio San Rafael. (Ver **fotos 7.4, 7.5, 7.6 y 7.7**)

- **Estación M2**

La estación M2 corresponde al mojón que lleva el mismo nombre. Se presentan 4 fotografías con fechas de Abril, Agosto y Septiembre de 2002 y Marzo de 2003. Se destaca principalmente la aparición y posterior evolución de escarpe principal con diferencias de nivel, en algunos sectores, del orden de -8 metros para un período de 10 meses, así como el levantamiento de la zona en cercanías a la vía de acceso al barrio El Cerro del Diamante por el barrio San Rafael. Otros hechos importantes para destacar son la desaparición del barrio El Cerro El Diamante, como consecuencia del avance del movimiento, la aparición de una grieta incipiente arriba del escarpe principal y el desvío del cauce de la quebrada Santa Rita (Ver **Fotos 7.8, 7.9, 7.10, y 7.11**).

- **Estación cantera Santa Rita**

En esta secuencia fotográfica se muestra el avance del escarpe de la cantera Santa Rita y la aparición de otras grietas longitudinales a lo largo del deslizamiento. Los registros fotográficos corresponden a los meses de Abril y Agosto de 2002 y Marzo de 2003. (Ver fotos 7.12, 7.13 y 7.14).



Foto 7.4 Estación Paradero Abril de 2002. Vista a la cantera Santa Rita desde el sector El Rodeo



Foto 7.5 Estación Paradero Julio de 2002. Vista a la cantera Santa Rita desde el sector El Rodeo



Foto 7.6 Estación Paradero Octubre de 2002. Vista a la cantera Santa Rita desde el sector El Rodeo



Foto 7.7 Estación Paradero Marzo de 2003. Vista a la cantera Santa Rita desde el sector El Rodeo



Foto 7.8 Estación M-2 Abril de 2002. Vista al barrio Cerro El Diamante desde Mirador de La Estancia



Foto 7.9 Estación M-2 Agosto de 2002. Vista al barrio Cerro El Diamante desde Mirador de La Estancia



Foto 7.10 Estación M-2 Septiembre de 2002. Vista al barrio Cerro El Diamante desde Mirador de La Estancia



Foto 7.11 Estación M-2 Marzo de 2003. Vista al barrio Cerro El Diamante desde Mirador de La Estancia



Foto 7.12 Estación Santa Rita Abril de 2002. Vista a la cantera Santa Rita desde Mirador de La Estancia



Foto 7.13 Estación Santa Rita Agosto de 2002. Vista a la cantera Santa Rita desde Mirador de La Estancia



Foto 7.14 Estación Santa Rita Marzo de 2002. Vista a la cantera Santa Rita desde Mirador de La Estancia



- **Estación M-1**

La estación M-1 se localiza sobre el mojón que lleva el mismo nombre. Para destacar en esta secuencia fotográfica el detalle del levantamiento del bloque que da sobre el sector del Barrio Mirador de La Estancia. En las **Fotos 7. 15, 7.16, y 7.17** que corresponden a los meses de Abril, Agosto de 2002 y Febrero de 2003 respectivamente, se observa el levantamiento progresivo, que en un lapso de 10 meses alcanzó un valor de + 4.75 mts.



Foto 7.15 Estación M-1 Abril de 2002



Foto 7.16 Estación M-1 Agosto de 2002



Foto 7.17 Estación M-1 Febrero de 2003

- **Estación San Rafael**

Esta estación se localiza en el costado norte del barrio San Rafael, cerca al mojón de control SR-B3. En las **Fotos 7.18 y 7.19** de Abril y Julio de 2002 respectivamente y **Foto 7.20** de Febrero de 2003 se puede apreciar el avance del levantamiento del escarpe de San Rafael, que alcanzó valores de más de 6 metros y que igualmente destruyó completamente la vía y las construcciones contiguas.

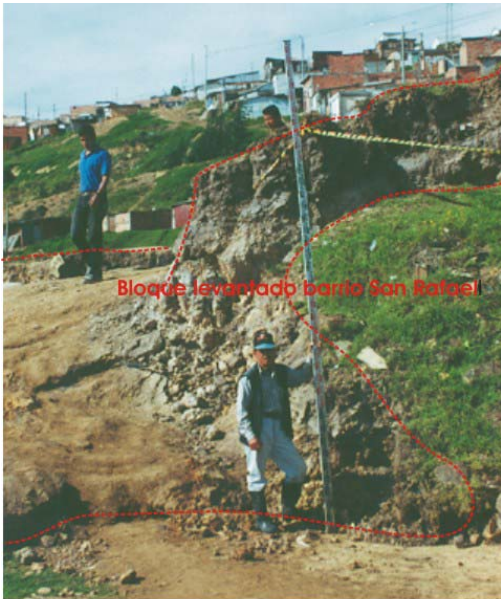


Foto 7.18 Estación San Rafael. Abril de 2002



Foto 7.19 Estación San Rafael. Julio de 2002



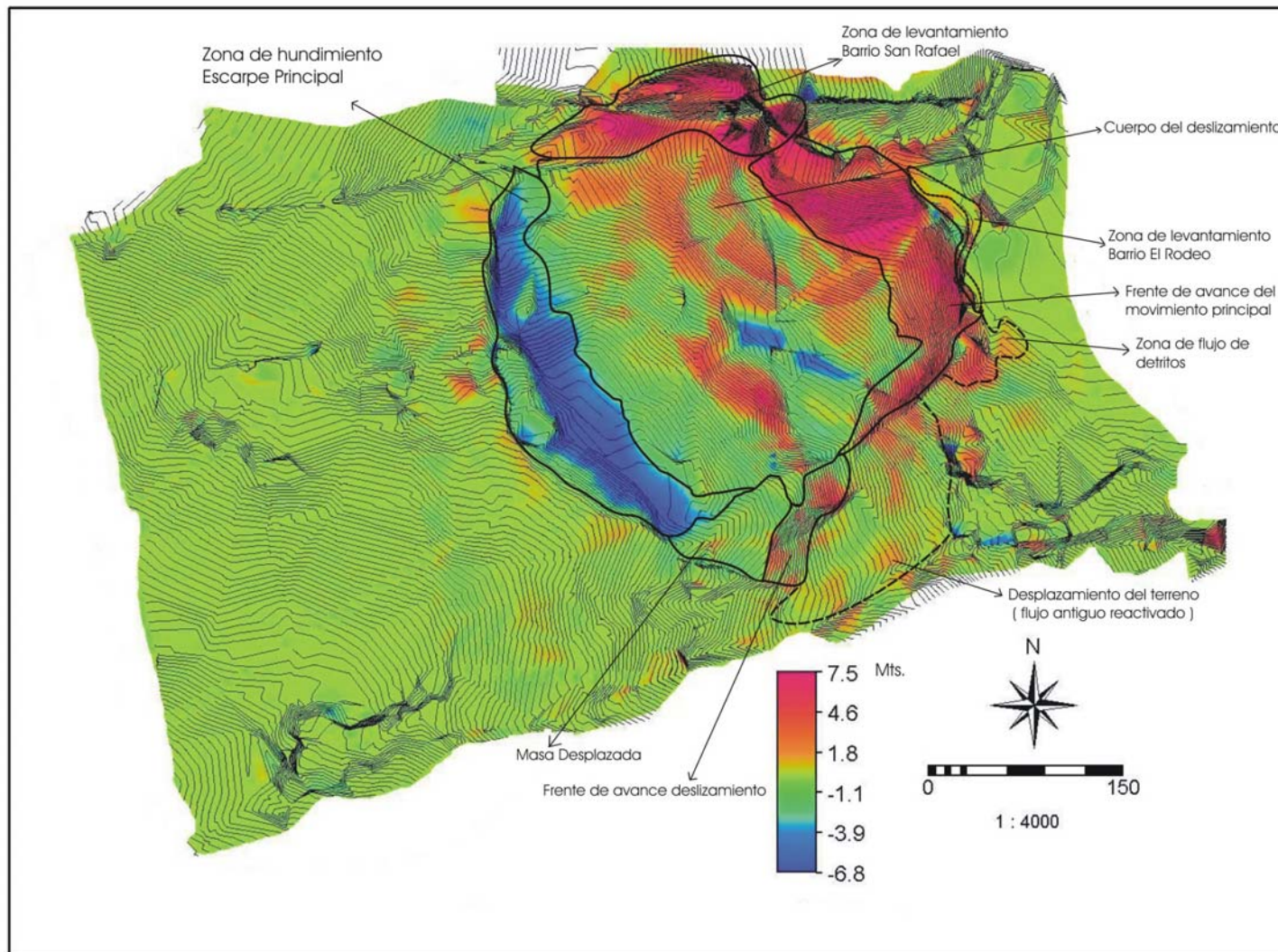
Foto 7.20 Estación San Rafael. Febrero de 2003

### 7.3.7 Análisis de cambios topográficos

Como se ha mencionado en capítulos anteriores para el presente estudio se realizaron 3 levantamientos topográficos en Mayo y Agosto de 2002 y Febrero de 2003 con curvas de nivel cada metro. Con el objetivo de hacer un análisis sobre los cambios topográficos más relevantes, mediante la ayuda del SIG ILWIS se obtuvieron diferencias de altura entre las topografías inicial y final, destacándose algunas zonas de interés presentadas en la **Figura 7.34**.

- **Zona de hundimiento del escarpe principal:** Muestra desplazamientos aproximados de -4 a -7 m, su formación y evolución puede observarse en el registro fotográfico de la estación M2
- **Zona de levantamiento Barrio San Rafael:** Presenta desplazamientos del orden de +7 m al costado norte de Quebrada Santa Rita y de +4 m al sur de la misma. Su formación y evolución se observa en el registro fotográfico de la estación San Rafael.
- **Frente de avance del movimiento principal:** Nos indica una zona que ha sufrido un incremento en la cota debido al corrimiento del terreno como producto del empuje del cuerpo principal del deslizamiento. Su evolución puede observarse en el registro fotográfico de la estación Paradero.
- **Zona de levantamientos Barrio El Rodeo:** Dicha zona es un cordón de aproximadamente 3 a 4 m de ancho con levantamientos del orden de +2 a +3 m. El inclinómetro INC7 está ubicado sobre dicha zona y da una idea de la tendencia del movimiento.

En otras zonas como el cuerpo del deslizamiento principal y el flujo antiguo reactivado se observan cambios de color de rojo a azul que indican ondulaciones del terreno. También son diferenciables zonas como el pequeño flujo de detritos en cercanías al barrio El Espino III Sector y el frente de avance del deslizamiento al sur del escarpe principal.



**Figura 7.34** Diferencias de nivel entre el levantamiento topográfico de Marzo/03 y Mayo/02

## **CAPITULO 8**

---

### **AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ESPINO Y CERROS DEL DIAMANTE**

#### **8.1 ESTIMACION DE LA AMENAZA EN LOS ALREDEDORES DEL DESLIZAMIENTO EL ESPINO**

Como parte de la zonificación de la amenaza se presenta en este capítulo una discusión sobre la posible influencia que han tenido otros fenómenos de inestabilidad como el de la Carbonera, en la activación y ampliación los fenómenos de remoción en masa presentes en el área de El Espino. De otra parte se analiza la posibilidad de que los fenómenos de inestabilidad actualmente en proceso de expansión puedan afectar las áreas aledañas. Los resultados aquí presentados se obtuvieron principalmente a partir de interpretación de fotografías aéreas.

Se observa que existe una relación entre los fenómenos mencionados ya que las condiciones existentes en el terreno son muy similares dentro de las que se destacan: pendientes estructurales, tipos de roca semejantes, existencia de antiguas canteras para extracción de materiales de construcción e intenso proceso de urbanización no planificado en una zona naturalmente inestable. Todos estos factores han contribuido en buena parte a la activación de los fenómenos de inestabilidad, los cuales se han venido agravando debido a las roturas en las redes de acueducto, cuyos aportes de agua en las laderas han aumentado la velocidad de desplazamiento de los materiales pendiente abajo.

##### **8.1.1 Influencia del área de la carbonera**

En este sector se tienen registros de deslizamientos retrogresivos desde la década del 70, cuyas coronas se extienden desde la quebrada La Carbonera hasta la quebrada Rosales (CIMOC-UNIANDES, 2001). Estos fenómenos se activaron debido a la explotación de canteras las cuales han estado en actividad desde hace más de 30 años, causando inestabilidad en el terreno por la forma indiscriminada de la explotación y por la falta de un manejo ambiental adecuado. Además de lo anterior la ocupación de las zonas en los alrededores de las canteras por viviendas carentes de infraestructura de servicios públicos adecuados, incrementó la problemática que es común a la zona de El Espino y La Carbonera.

En el barrio Santa Viviana, sector Vista Hermosa, se realizaron obras de mitigación que consistieron en la remoción del material deslizado, terraceos, construcción de algunas obras de drenaje y reubicación de las familias en mayor riesgo (CIMOC-UNIANDES, 2001).

Según información obtenida a partir de fotografías aéreas, la zona de la carbonera se ha desarrollado sobre un deslizamiento antiguo cuya corona principal está muy

bien definida, la cual aparentemente no se ha reactivado al menos hasta la fecha de toma de la foto (Julio de 2002) (**Figuras 8.1 y 8.2**).

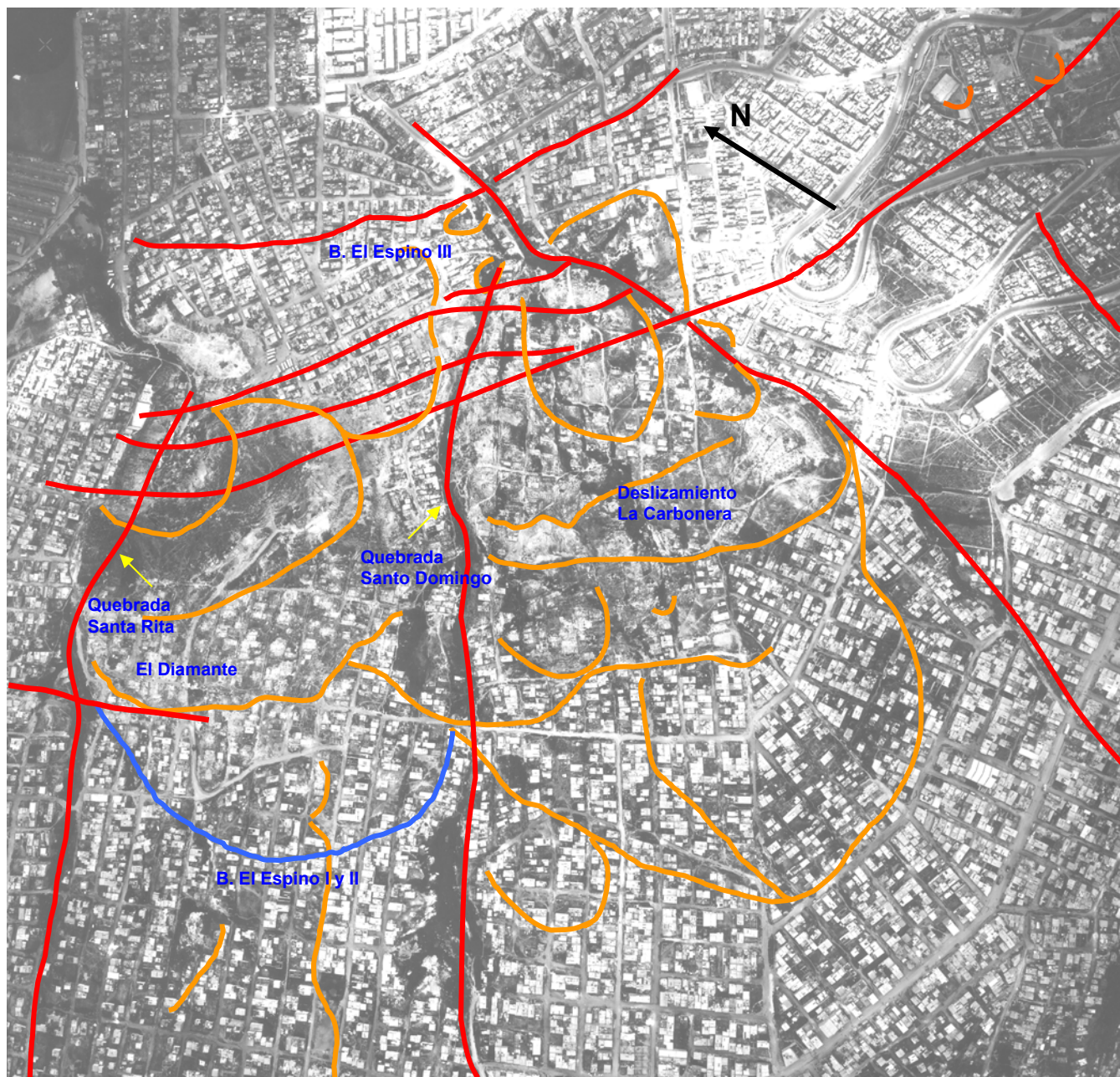
La profundidad del plano de falla de este deslizamiento se asume que puede ser superior a los 25 metros desde la superficie del terreno. Sin embargo hacia la parte media baja de esta zona se observan escarpes asociados a fenómenos superficiales activos ya que se observan deformaciones en el terreno y pequeñas coronas de deslizamiento que atraviesan la zona. Estos deslizamientos superficiales concuerdan con los descritos por CIMOC- UNIANDES (2001) para los cuales se calculan, con reserva, profundidades del plano de falla ubicados a 7 metros desde la superficie.

De otra parte se observa que las fallas de dirección noroeste que provienen de la zona de El Espino pasan a través de La Carbonera coincidiendo con las coronas de deslizamiento de esta zona y con algunas coronas de antiguas canteras. Las viviendas localizadas sobre estas áreas ya fueron demolidas, según se observa en la **Foto 8.1**.



**Foto 8.1.** Depresión del terreno delimitando parte del deslizamiento de la Carbonera.

Estas observaciones hacen pensar que la influencia del empuje de los materiales de La Carbonera, al estar ubicados sobre una ladera contigua al Espino y topográficamente más altos, van a seguir ejerciendo presión pudiendo agravar el problema de El Espino, especialmente en los alrededores de los flujos de detritos localizados sobre la margen izquierda de la quebrada Santo Domingo. Esto afectaría con desplazamientos masivos de roca y detritos toda la zona del Espino sector III.



en color naranja las coronas de los deslizamientos y en azul, una zona de grietas alrededor del deslizamiento El Espino. En color rojo se aprecian las fallas geológicas y lineamientos que delimitan los fenómenos. Foto aérea 241, tomada el 24 de julio de 2002

Finalmente, el avance retrogresivo de los deslizamientos de La Carbonera y El Espino, es incierto, pero depende en gran medida de la influencia de la actividad antrópica como pueden ser la explotación de materiales para construcción, fugas de aguas tanto del acueducto como servidas, cortes en los taludes, deforestación, etc. Esta actividad puede seguir afectando todas las viviendas localizadas encima de las

coronas principales de los deslizamientos, en un radio de varias manzanas alrededor ya que el área corresponde a una pendiente estructural donde los materiales geológicos pueden inestabilizarse, volverse regresivos y moverse pendiente abajo muy fácilmente.

### 8.1.2 Influencia en los alrededores de las quebradas

Las quebradas Santa Rita y Santo Domingo delimitan el deslizamiento El Espino y a lo largo de sus cursos se observa el trazo de dos fallas geológicas, las cuales están cubiertas por flujos de suelos y materiales que han sido transportados y depositados por la acción erosiva, propia de la actividad hídrica de las corrientes. En las rondas de estas quebradas las construcciones que se hagan pueden volverse muy inestables ya que los materiales son muy blandos e inconsolidados, además de saturados, pudiendo fluir muy fácilmente (**Foto 8.2**).



**Foto 8.2.** Quebrada Santa Rita cubierta por materiales blandos saturados y limitada por botaderos de escombros.

### 8.1.3 Influencia en el Barrio El Mirador de La Estancia

Esta zona se encuentra localizada sobre la margen izquierda de la quebrada Santa Rita, parte alta, formando una colina alargada cuyos flancos están limitados por dos



zonas inestables: por el occidente con un área de coronas conectadas, cuyos escarpes están relacionados con antiguas canteras; y por el oriente con una pequeña área inestable que presenta pequeñas deformaciones del terreno, aledaña a la quebrada Santa Rita (**Figuras 8.2 y 8.3**).

Aparentemente no existe influencia del área del deslizamiento El Espino sobre este sector; sin embargo, es conveniente en los alrededores de aquellas dos zonas, evitar cualquier tipo de actividad que modifique las condiciones precarias de estabilidad ya que a partir de estas, se pueden generar movimientos en masa.

#### **8.1.4 Influencia en el Barrio San Rafael**

Este sector al igual que el de El Espino está localizado sobre una pendiente estructural cubierta parcialmente por suelos residuales y depósitos de ladera, además de construcciones, de las cuales no se tiene conocimiento acerca del método constructivo ni de la calidad de los sistemas de alcantarillado y acueducto. Igualmente se encuentran algunas áreas muy inestables asociadas a antiguas explotaciones de materiales (canteras) en cuyos alrededores se han construido canchas de fútbol o baloncesto (**Figuras 8.2 y 8.3**).

A estas áreas inestables se asocian también coronas de antiguos fenómenos de remoción en masa que pueden ser reactivadas si las condiciones de equilibrio actual cambian. Uno de los factores que puede iniciar algún proceso de remoción en masa, es la presión que ejercen los materiales del frente de avance del deslizamiento del Espino hacia la zona de San Rafael (**Fotos 8.3 y 8.4**).

Los fenómenos se pueden iniciar en aquellas zonas de cambios de pendiente, asociados a fallas geológicas o a coronas de antiguos frentes de explotación, donde los materiales están desconfiados o sin soporte inferior (**Figuras 8.2 y 8.3**). Además, en esas áreas se facilitan los procesos de remoción en masa, debido a la infiltración del agua que satura los materiales geológicos y los degrada más rápidamente haciéndolos perder resistencia al corte.

#### **8.1.5 Conclusiones**

Los movimientos en masa presentes en la zona de El Espino y La Carbonera continúan desplazándose en la actualidad y representan gran amenaza para la estabilidad de las viviendas y bienestar de las familias localizadas en los alrededores y dentro de la zona.

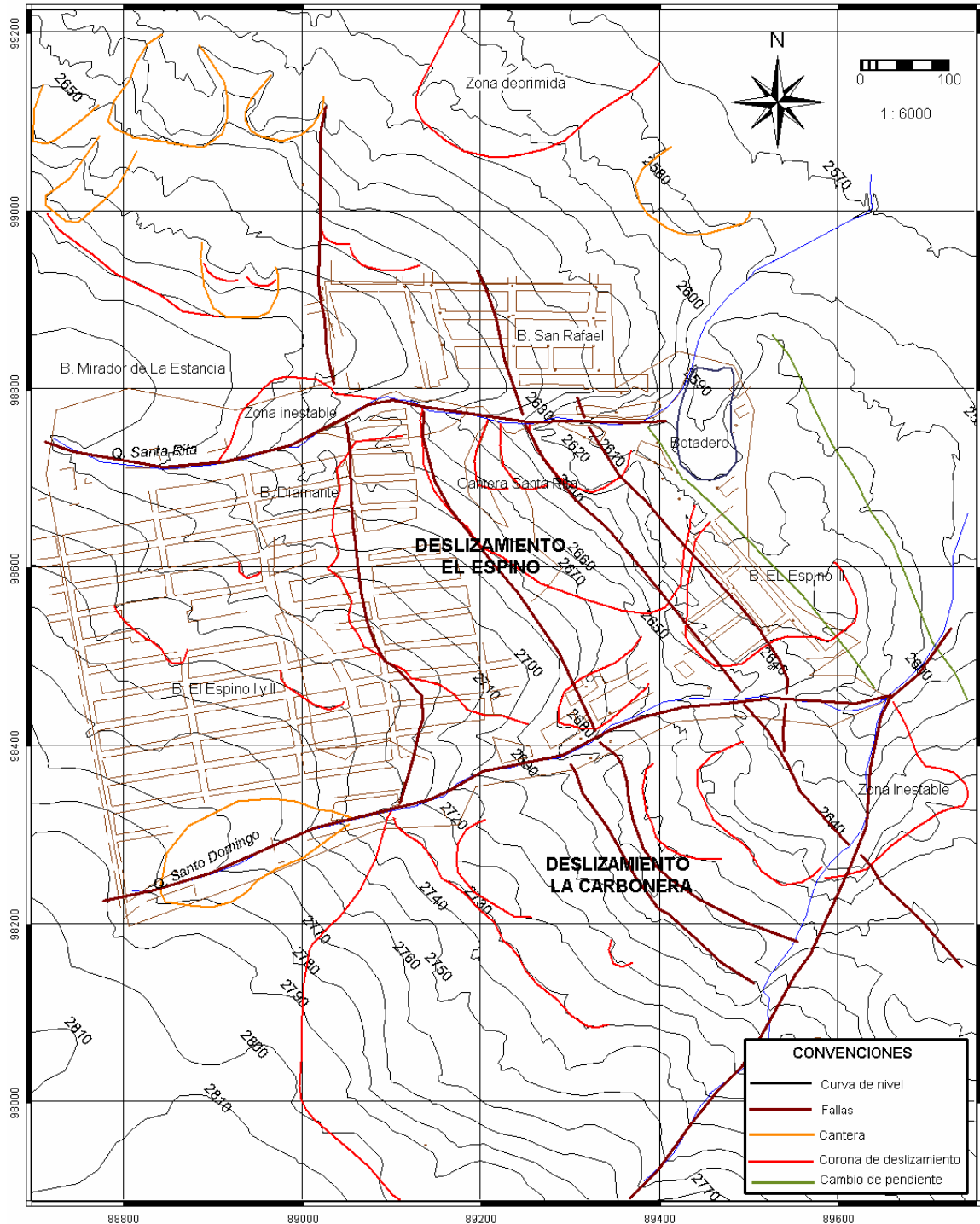
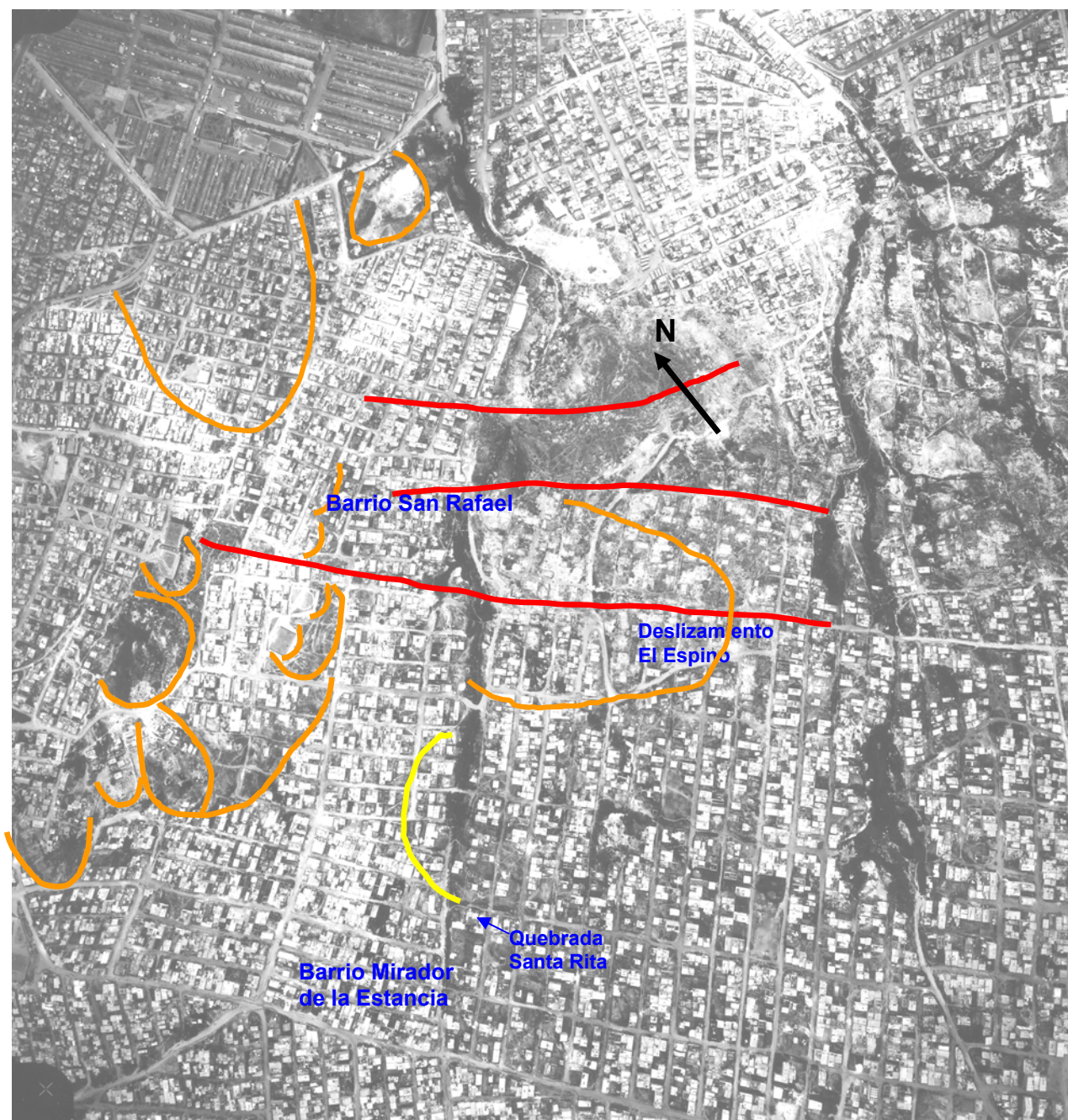


Figura 8.2 Esquema de los deslizamientos de El Espino y La Carbonera con sus áreas de influencia.



**Figura 8.3.** Fotografía aérea de la zona de El Espino y San Rafael, mostrando en color naranja las coronas de antiguos deslizamientos y de canteras. En color rojo las fallas geológicas y lineamiento que atraviesan los fenómenos. En color amarillo se aprecia una zona inestable del barrio mirador de la Estancia. Foto aérea 242, tomada el 24 de julio de 2002.



**Foto 8.3.** Aspecto del empuje que ejercen los materiales geológicos del deslizamiento El Espino sobre la margen izquierda de la quebrada Santa Rita, produciendo un fuerte levantamiento del terreno.

**Foto 8.4.** Detalle de la zona levantada del deslizamiento El Espino en avance progresivo hacia el Barrio San Rafael. Obsérvese los postes de la luz inclinados.



Las casas de los alrededores ya fueron destruidas por el avance de los detritos.

## 8.2 ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL MOVIMIENTO PRINCIPAL – DESLIZAMIENTO DEL ESPINO Y CERRO DEL DIAMANTE

### 8.2.1 Antecedentes

Debido a las incertidumbres surgidas desde la fase de iniciación del presente estudio, sobre el agente o los agentes que contribuyeron a la inestabilidad del cerro el Diamante, se intentará reproducir las diferentes etapas del movimiento, con el fin de entender el fenómeno hasta la situación actual, para posteriormente intentar predecir las posibles zonas de afectación del deslizamiento; Dado la complejidad del fenómeno, en el estudio no se involucró la variable tiempo dentro de los análisis, pero se ha observado que en épocas de fuertes lluvias, se produce la reactivación del movimiento.

Como se deduce de los capítulos anteriores, en el presente estudio no se escatimaron esfuerzos con el fin de esclarecer las diferentes incertidumbres surgidas en la medida en que se conocía el fenómeno; esto llevó a la ejecución de perforaciones adicionales tendientes a identificar plenamente la superficie de falla (P-9), así como ensayos triaxiales (CU) y cortes directos consolidados drenados (hasta 4 días en etapa de falla), con el fin de obtener los parámetros reales del suelo ( en estudios previos y en el actual se obtenían ángulos de fricción por encima de los 30 grados).

### 8.2.2 Identificación del Plano de Falla

La incertidumbre existente sobre la real orientación del plano de falla (ver mapa ES-8), generó la necesidad de realizar una perforación adicional (P-9), con el fin de validar uno de los modelos físicos concebidos previamente (ver capítulo 8 informe semestral). La perforación 9 permitió validar el modelo 2, en el cual se asumía que los estratos buzaban paralelos a las superficies del terreno.

Con el fin de obtener los valores reales del rumbo y buzamiento del plano de falla se ubicaron las coordenadas donde la perforación tocaba la superficie de la falla ( $x_f, y_f, z_f$ ). A partir de esta información se construyeron parejas de vectores definidas por 3 puntos, con los cuales se calculó la normal al plano de la siguiente manera (**Figura 8.4**):

$$\vec{V}_{ab} = (x_b - x_a)i + (y_b - y_a)j + (z_b - z_a)k$$
$$\vec{V}_{ac} = (x_c - x_a)i + (y_c - y_a)j + (z_c - z_a)k$$

El vector normal, a los anteriores vectores es::

$$n = \vec{V}_{ab} \times \vec{V}_{ac}$$

$$= \begin{vmatrix} i & j & k \\ (x_c - x_a) & (y_c - y_a) & (z_c - z_a) \\ (x_b - x_a) & (y_b - y_a) & (z_b - z_a) \end{vmatrix}$$

$$\tilde{n} = [(y_c - y_a)(z_b - z_a) - (y_b - y_a)(z_c - z_a)]i + [x_b - x_a)(z_c - z_a) - (x_c - x_a)(z_b - z_a)]j + [(x_c - x_a)(y_b - y_a) - (x_b - x_a)(y_c - y_a)]k \quad (1.1)$$

Operando con las anteriores expresiones se obtiene:

$$n_x = 0.105$$

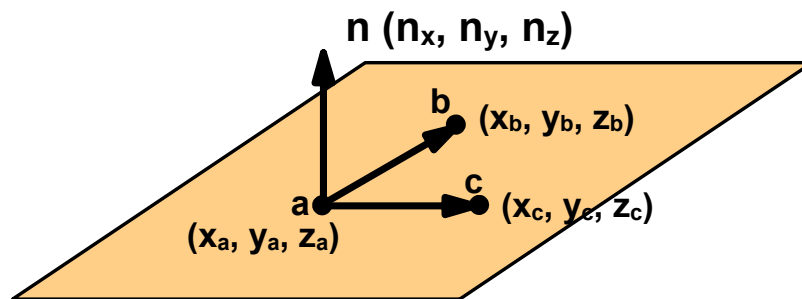
$$n_y = 0.199$$

$$n_z = 0.970$$

Tomando como punto de referencia las coordenadas de la perforación 9, se obtuvo la siguiente ecuación paramétrica del plano de falla:

$$0.105x + 0.199y + 0.97z = 31586$$

La intersección del plano de falla con la superficie del terreno se ilustra en el bloque diagrama de la **Figura 8.5**, donde se aprecia los sitios donde aflora el plano de falla; además se observa que el plano de falla prácticamente se extiende hasta la divisoria.



**Figura 8.4** Determinación de la normal a un plano, conocida la coordenada de 3 puntos

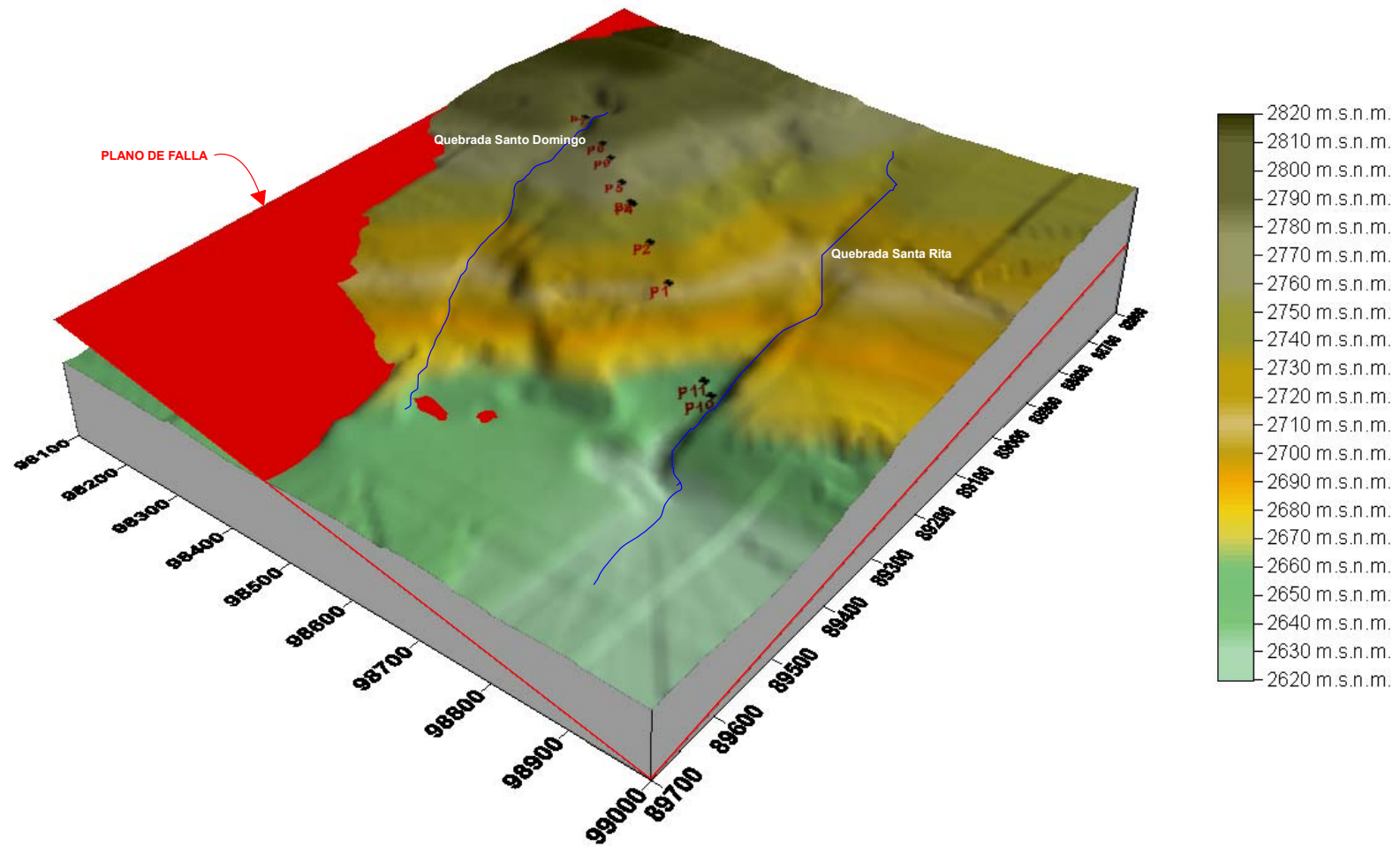


Figura 8.5. Bloque diagrama ilustrado en rojo el plano de falla

Conocido el vector normal, es posible obtener la dirección de buzamiento ( $\alpha$ ) y buzamiento ( $\beta_d$ ) mediante la siguiente expresión [ Priest, 1993]:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{n_y}{n_x}\right) + Q$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{n_z}{\sqrt{n_x^2 + n_y^2}}\right)$$

$$\beta_d = \beta - 90$$

El parámetro Q es un ángulo en grados, el cual asegura que  $\alpha$  cae en el cuadrante correcto y en el rango de 0° a 360° Este parámetro el cual depende de los signos de  $n_x$  y  $n_y$  se presenta en la **Tabla 8.1**.

$n_x$	$n_y$	Q
$\geq 0$	$\geq 0$	0°
$< 0$	$\geq 0$	180°
$< 0$	$< 0$	180°
$\geq 0$	$< 0$	360°

**Tabla 8.1.** Valores del parámetro Q

Teniendo en cuenta los valores de Q se obtuvo los siguientes valores:

$$\alpha = 28^\circ$$

$$\beta = 13^\circ$$

### 8.2.3 Análisis de Estabilidad

Se utilizó el método de equilibrio límite para determinar la estabilidad del macizo rocoso; para ello se intentó reproducir las diferentes etapas del movimiento, así como identificar el agente detonante.

Este análisis de estabilidad se dividió a su vez en dos partes:

- I. Análisis retrospectivo de la estabilidad del terreno y
- II. Análisis de la estabilidad futura del deslizamiento.

Los análisis retrospectivos de estabilidad se realizaron sobre dos perfiles, el B-B' y el C-C' (**Mapa ES-8**) considerando los siguientes factores:

- Corte realizado en la pata de la ladera para explotación de materiales térreos.
- Rompimiento de tuberías del acueducto.



- Ablandamiento de los materiales que conforman la ladera por la acción del agua.

Sobre el perfil B-B', considerado como el eje longitudinal del deslizamiento, se analizaron 3 etapas de desarrollo del movimiento, donde se identifican 3 bloques de material deslizado – Bloques A, B y C – (**Figura 8.6**).

El perfil C-C' se analizó la estabilidad de la ladera para estudiar el levantamiento que ocurrió en el barrio San Rafael.

En el **Anexo 8.1** se encuentran los resultados de estos análisis de estabilidad.

También se realizaron análisis mediante elementos finitos los cuales se presentan en el **Anexo 8.2** junto con las ecuaciones de equilibrio y continuidad. Estos análisis fueron para condición bidimensional; los análisis bajo condición 3D no se realizaron ya que las condiciones de contorno se encuentran muy cercanas a la zona de estudio y afectan de manera ostensible los resultados.

A continuación se identifican y cuantifican las diferentes etapas que se desarrollaron hasta la condición actual.

### **8.2.3.1 Etapa 1 Minería a Cielo Abierto – Bloque A**

Como se mencionó en capítulos anteriores, el mecanismo de falla es de tipo traslacional con una inclinación promedio de los estratos de 13°.

Dentro de los estudios previos, es importante destacar el siguiente párrafo del estudio llevado a cabo por Civiles en 1999: “Los primeros indicios de inestabilidad se generaron en 1996, causados principalmente por la explotación de materiales de construcción y la presencia de aguas infiltradas como resultado de la urbanización de la parte alta del sector. El proceso de urbanización se remonta al último decenio, en tanto que la explotación de materiales ha sido adelantada en los últimos treinta años por los propietarios del área”.

Del anterior párrafo se concluye que la inestabilidad del sector estuvo fuertemente influenciada por la actividad minera, y en menor proporción por la infiltración de las aguas servidas. Con relación al primer factor, este se puede apreciar en el esquema de la **Figura 8.7**, donde un terreno estable es desestabilizado al realizar una excavación en la base del talud.

En la **Figura 8.8** se ilustra el diagrama de cuerpo libre, donde se hace especial énfasis en las diferentes fuerzas actuantes sobre la cuña. A continuación se analizan los agentes que pudieron incidir en la estabilidad de la ladera.

Perfil B-B' Deslizamiento El Espino

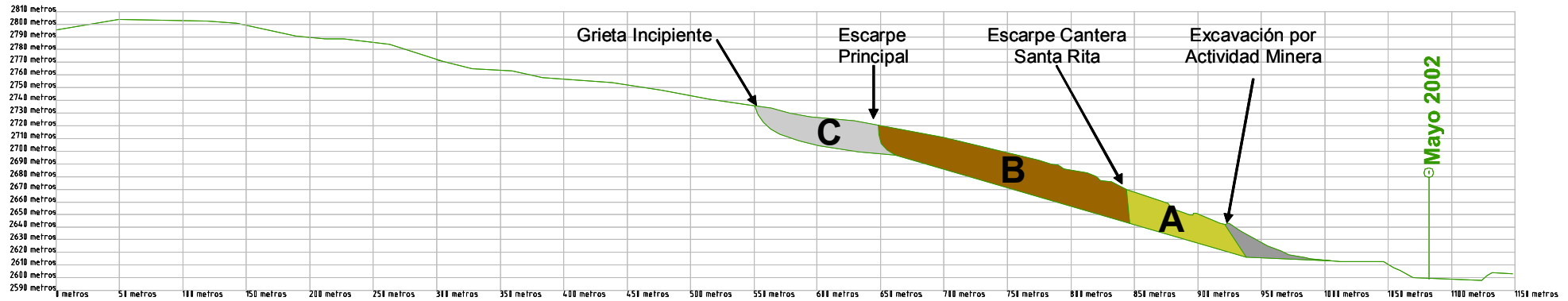
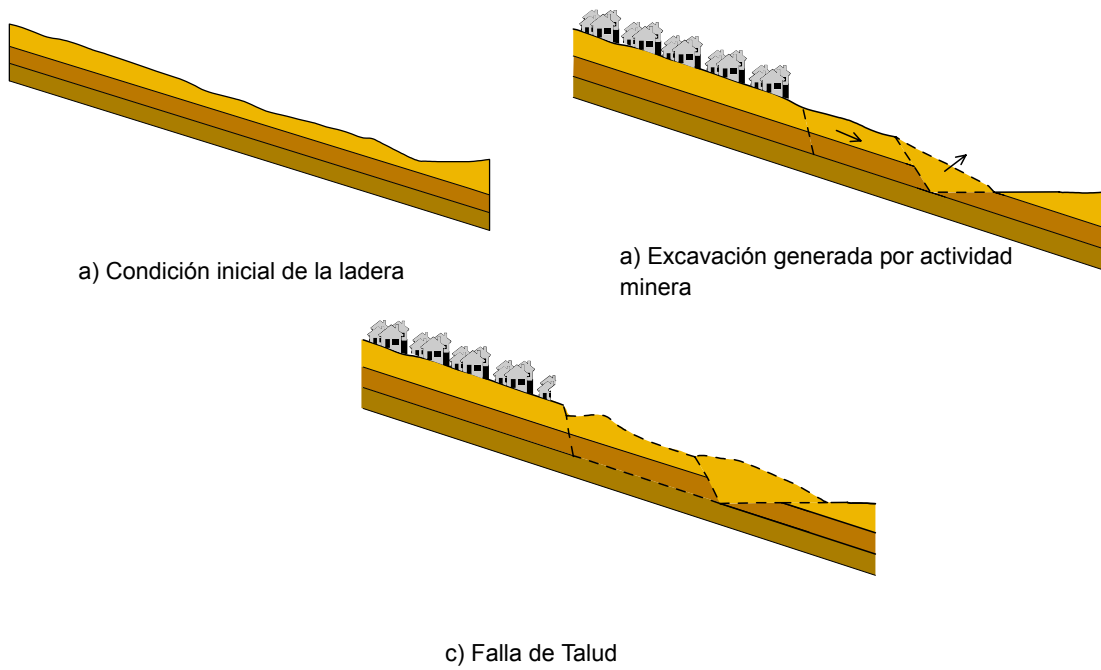
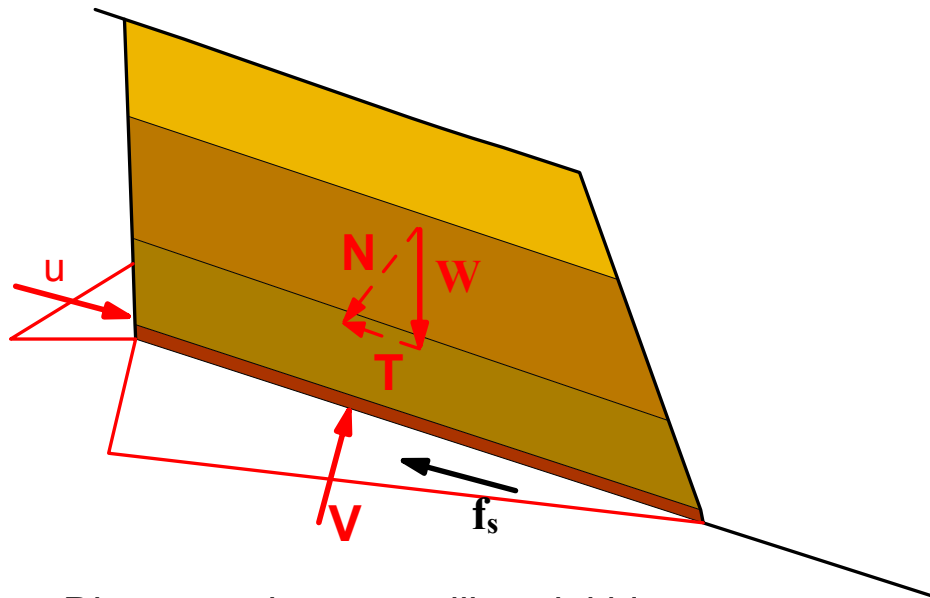


Figura 8.6. Modelamiento del desplazamiento de los diferentes bloques



**Figura 8.7** Inestabilización de un talud por la actividad minera



**Figura 8.8** Diagrama del cuerpo libre del bloque fallado

## Parámetros de Resistencia

El parámetro más importante para llevar a cabo los análisis y que tienen gran incidencia en los resultados, corresponden a los parámetros de resistencia ( $c'$ ,  $\phi'$ ).

En las primeras pruebas ejecutadas se encontraron parámetros de resistencia relativamente altos, y al realizar los respectivos análisis de estabilidad se obtenía que el talud era estable; desafortunadamente, algo similar habían obtenido los estudios previos (Geotecnia y Cimentaciones Civiles, etc.).

El anterior fenómeno reorientó la ejecución de los ensayos, con el fin de obtener parámetros más confiables en la zona de falla; los ensayos se realizaron de la siguiente manera:

- Corte Directo

Tiempo de consolidación 15 horas

Velocidad de aplicación carga en etapa de falla: 0.0001 pul/min.

Tiempo de falla 24 horas

La anterior aplicación lenta de la carga era con el fin de garantizar condición drenada y poder determinar de esta manera los parámetros de resistencia en términos de esfuerzos efectivos.

- Ensayo triaxial

En estos ensayos se aplicaron elevadas presiones de cámara ( $> 8 \text{ kg/cm}^2$ ) con el fin de saturar la muestra y además el esfuerzo desviador se aplicó muy lentamente de manera que en algunos casos la etapa de falla duró 24 horas. Un esquema sobre el mecanismo de falla de algunas muestras se ilustra en la **Figura 8.9**. Nótese que en general la inclinación del plano de falla es  $45 + \phi/2$ ; y además, el ángulo de fricción obtenido en la prueba triaxial fue superior al ensayo de corte directo.

Las anteriores pruebas estaban orientadas a determinar los parámetros de resistencia de la arcillolita gris, por corresponder este material a la superficie de falla según los registros de los inclinómetros; sin embargo los valores más representativos se obtuvieron de la prueba de corte directo, por coincidir el plano de falla con la dirección en que se aplica el corte.

Los parámetros utilizados para la arcillolita en el plano de falla son los siguientes:

$$C'_p = 0.35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$C'_r = 0.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi'_p = 18^\circ$$

$$\phi'_r = 12.5^\circ$$

$$\beta_d = 13^\circ$$

$$B_t = 45$$

Con los anteriores valores se obtiene  $F_s=1.0$ , por lo que la falla del talud era inminente (**Figura 8.6**). Análisis adicionales muestran que la falla del talud era independiente de la inclinación del talud ( $\beta_t$ ); en la medida en que  $\beta_t$  disminuye se produce un ligero incremento del factor de seguridad, pero manteniéndose en todo caso por debajo de la unidad.

Conclusión: los primeros signos de inestabilidad del talud se presentan cuando se realizó la excavación; por lo tanto, dos agentes contribuyeron a la inestabilidad:

Intrínsecos. Bajos parámetros de resistencia

Extrínsecos: Excavación en la base del talud

En menor proporción influyó el agua; para ello se asumió que el nivel de agua esté un metro por encima de la superficie de falla.

### 8.2.3.2 Etapa 2 – Falla del Bloque Principal Bloque B

Una vez identificado el mecanismo de falla del primer tramo (Bloque A), así como los agentes detonantes, se procedió a evaluar el segundo bloque fallado (Bloque B) (ver **Figura 8.6**), el cual presentaba una longitud de 200 metros; para simular el proceso de falla se asumió inicialmente que el desplazamiento del primer bloque (Bloque A), generaba una pérdida de confinamiento lateral en el segundo (Bloque B).

Bajo estas condiciones, se realizó el respectivo análisis, teniendo en cuenta los probables agentes que originaron la inestabilidad. En este punto, se realizó una encuesta a 65 habitantes del sector, sobre las posibles causas que generaron la inestabilidad del terreno; los resultados de tal encuesta se encuentran en la **Figura 8.10**, destacándose lo siguiente:

Las detonantes corresponden en primer lugar a la inadecuada utilización de la dinamita, así como la instalación del alcantarillado que creó fugas en la tubería. Con el fin de verificar parte de la anterior información, se le solicitó a la Empresa de Acueducto de manera reiterativa los estudios geotécnicos del sector, y los diseños, de las redes de aguas instaladas en el sector, la forma de su construcción, así como las denuncias por rompimiento de tubería, desafortunadamente, esta información nunca fue suministrada.



**Figura 8.9.** Planos de falla de la arcillolita en prueba triaxial (CU)

Durante la fase de campo se constató en muchas ocasiones el rompimiento de mangueras que no eran oportunamente atendidas (**Foto 8.5**); en otras ocasiones se generaron flujos de aguas negras hacia la cresta principal por el rompimiento de la tubería del alcantarillado (**Foto 8.6 a 8.8**). El anterior hecho, puede dar la razón a los habitantes de la zona cuando argumentan que la instalación de la tubería tuvo algún efecto en la inestabilidad. A continuación se analizan los posibles agentes que influyeron en la inestabilidad del talud:

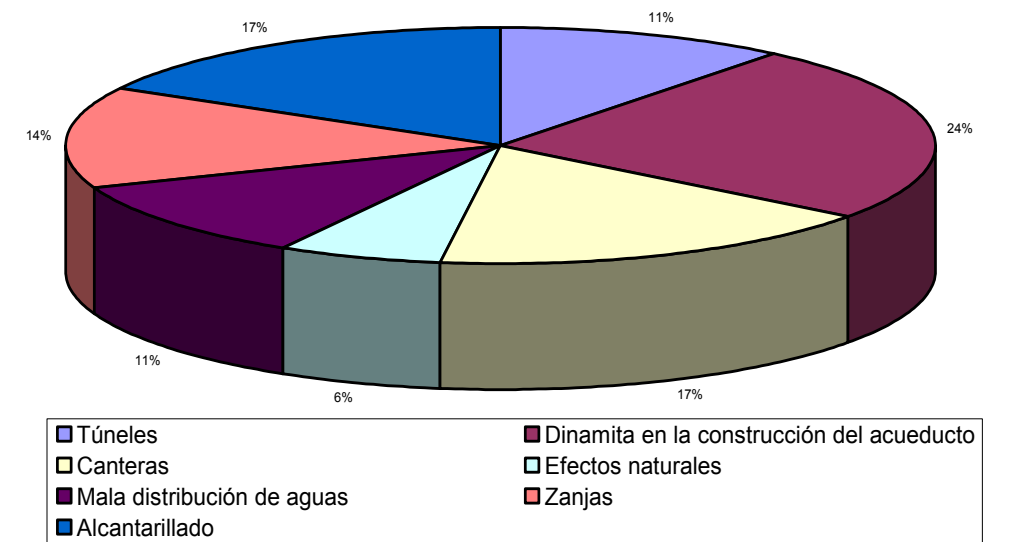
### **Parámetros de resistencia.**

En general la resistencia de un suelo parcialmente saturado tiende a incrementarse con la succión; en la **Figura 8.11**, se ilustran resultados de variación de los parámetros de resistencia ( $c'$  y  $\phi'$ ) con la succión (Escario, 1986), donde se observa que en la medida en que se incrementa la succión, los parámetros  $c'$  y  $\phi'$  se incrementan; estos resultados experimentales de alguna manera explican el hecho de obtener parámetros de resistencia elevados en los anteriores trabajos.

Este fenómeno también mostraría una influencia de las infiltraciones en la pérdida de resistencia del material en la zona de falla.

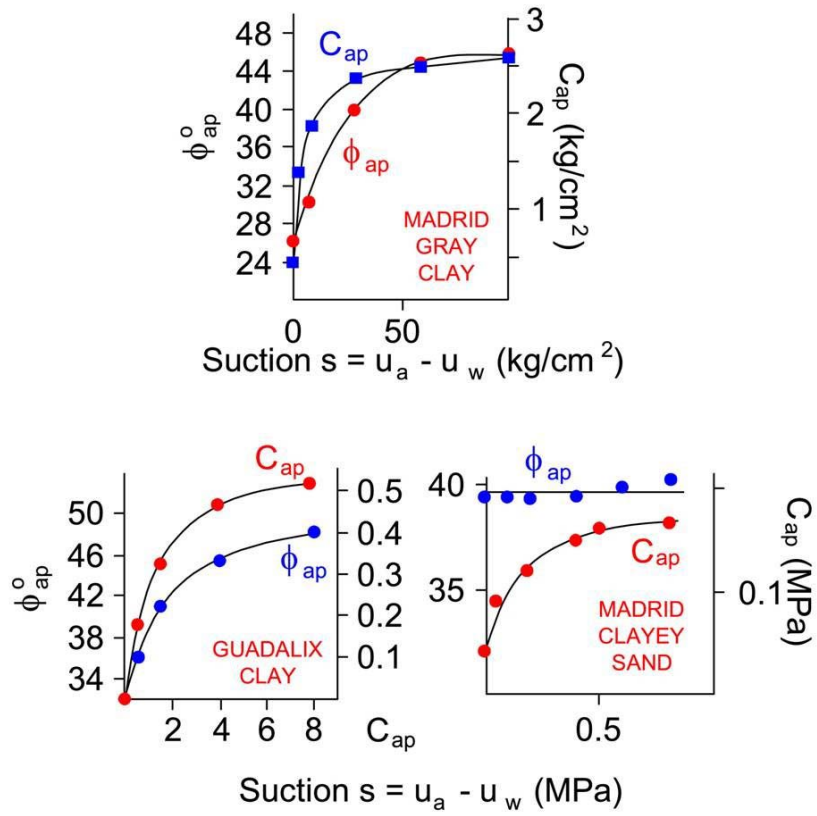
### **Efecto de la lluvia**

En el capítulo 6, se presentaron los valores de precipitación máxima diaria y horario del año 2001, donde se observa que no hay relación directa entre el inicio de movimientos del terreno y lluvias; este fenómeno también se corroboró con las lecturas de los niveles piezométricos.



**Figura 8.10** Distribución de resultados de la encuesta acerca de la posible causa del deslizamiento del Espino y Cerro del Diamante.





**Figura 8.11** Variación de la cohesión y ángulo de fricción con la succión, para tres tipos de suelo (Escario, 1986)



**Foto 8.5** Desacople de mangueras fue otro fuente importante de inestabilidad (agosto 2002)



**Foto 8.6** Aporte de aguas negras al deslizamiento por tubos de alcantarillado rotos



**Foto 8.7** Tubería aflorando en al cara del talud



**Foto 8.8** Ubicación de tubería del alcantarillado paralelo a la greita principal

## **Efecto del rompimiento de tuberías alcantarillado y mangueras.**

Un agente que si pudo tener una incidencia importante fue el agua proveniente del rompimiento de las tuberías acueducto y alcantarillado unidas a la abertura de discontinuidades generadas por la utilización de dinamitas; desafortunadamente no fue posible cuantificar el caudal proveniente de las tuberías, debido a que la Empresa de Acueducto no suministró esta información; Sin embargo, para efectos de análisis se asumió que la infiltración proveniente del rompimiento de la tubería generaba un pequeño ascenso de la red de flujo (la cual se asumió paralela a la superficie de falla).

Teniendo en cuenta los anteriores aspectos se procedió a realizar los respectivos análisis de estabilidad (ver Anexo 8.1); para ello, se asumió que el desplazamiento del primer bloque (Bloque A), genera la pérdida de soporte del bloque B. Adicionalmente, se asumió que el efecto de la lluvia era insignificante debido a que durante esa época las lluvias fueron mínimas; el efecto del rompimiento del tubo llevó a trabajar con los parámetros residuales por lo explicado anteriormente acerca del efecto en los parámetros de consistencia del corte con los cambios en la sección de material parcialmente saturados, así como el hecho de que pequeños movimientos del terreno movilizan la resistencia residual.

## **Conclusiones**

Los agentes que afectan la estabilidad del bloque B son los siguientes:

- Intrínsecos; parámetros de resistencia muy bajos, los cuales están afectados por la succión del material.

Se analizó incrementando la superficie del nivel freático un metro por encima del plano de falla, El perfil analizado se ilustra en al **Figura 8.6** , siendo los resultados los siguientes:

$F_s = 0.801$  utilizando parámetro de resistencia residuales

$F_s = 1.177$  utilizando parámetros de resistencia pico

Si el ascenso del nivel freático es superior al metro ( no se descarta este hecho), el factor de seguridad disminuye aún más.

- Extrínsecos; pérdida de soporte lateral en al base, por el desplazamiento del bloque A.
- Inyección permanente de agua proveniente del rompimiento de tubos del acueducto y alcantarillado
- La condición más realista es como a partir del mes de septiembre del 2002 la velocidad de desplazamiento se desacelera; esta fecha coincide con el taponamiento de los tubos realizado por el Acueducto.

Por último, retomando de nuevo los datos de velocidad de desplazamiento versus lluvia acumulada, se observó que no hay relación directa entre ellas (**Figura 8.12**).

Esta hipótesis no es del todo descabellada si se tienen en cuenta que la reparación de los tubos del acueducto podía durar varios días, por lo que el volumen de agua inyectada al deslizamiento toma importancia. Esto claro está, en los sitios donde era evidente la fuga, porque existían otros que se manifestaban como lloraderos en la cara del talud, pero no se sabía a ciencia cierta el sitio de la fuga.

- Fracturamiento del macizo rocozo por las cargas de explosivos utilizados para la construcción de las zanjas.

Las zanjas fueron construidas aproximadamente paralelas a las curvas de nivel; convirtiéndose en una especie de zanjas de coronación que facilitaban la infiltración tanto del agua de escorrentía como la proveniente del rompimiento de los tubos; de hecho a lo largo de esta excavación se desarrolló la grieta principal.

### **8.2.3.3 Etapa 3 Fallamiento del Bloque C**

Una vez se produce el desplazamiento del bloque B se genera una pérdida de confinamiento lateral del material ubicado en la parte superior (el cual hemos denominado Bloque C); Esta zona al igual que la anterior, se caracteriza por la presencia de tuberías rotas que inyectaban permanentemente agua al deslizamiento.

Para efectos de análisis se asumió que pequeños movimientos del bloque movilizaron la resistencia residual de la arcillolita de manera que al analizar el bloque se obtienen los siguientes factores de seguridad:

Talud Seco  $FS = 1.011$

Talud con agua  $FS = 0.984$

El efecto del agua en el anterior análisis se simuló asumiendo que el rompimiento de la tubería produjo un ascenso del nivel freático de un metro.

### **Conclusiones**

Los agentes que contribuyen a la inestabilidad del bloque C fueron los siguientes:

- Intrínsecos: Bajos parámetros de resistencia de la arcillolita sobre el plano de falla.
- Extrínsecos: Pérdida de soporte lateral por movimiento del bloque B. Aporte de agua proveniente del rompimiento de tuberías instaladas en el sector; al igual que en el caso anterior, una vez taponada la tubería se produce una desaceleración del movimiento.

VARIACION DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO TOTAL (3D) EN EL TIEMPO

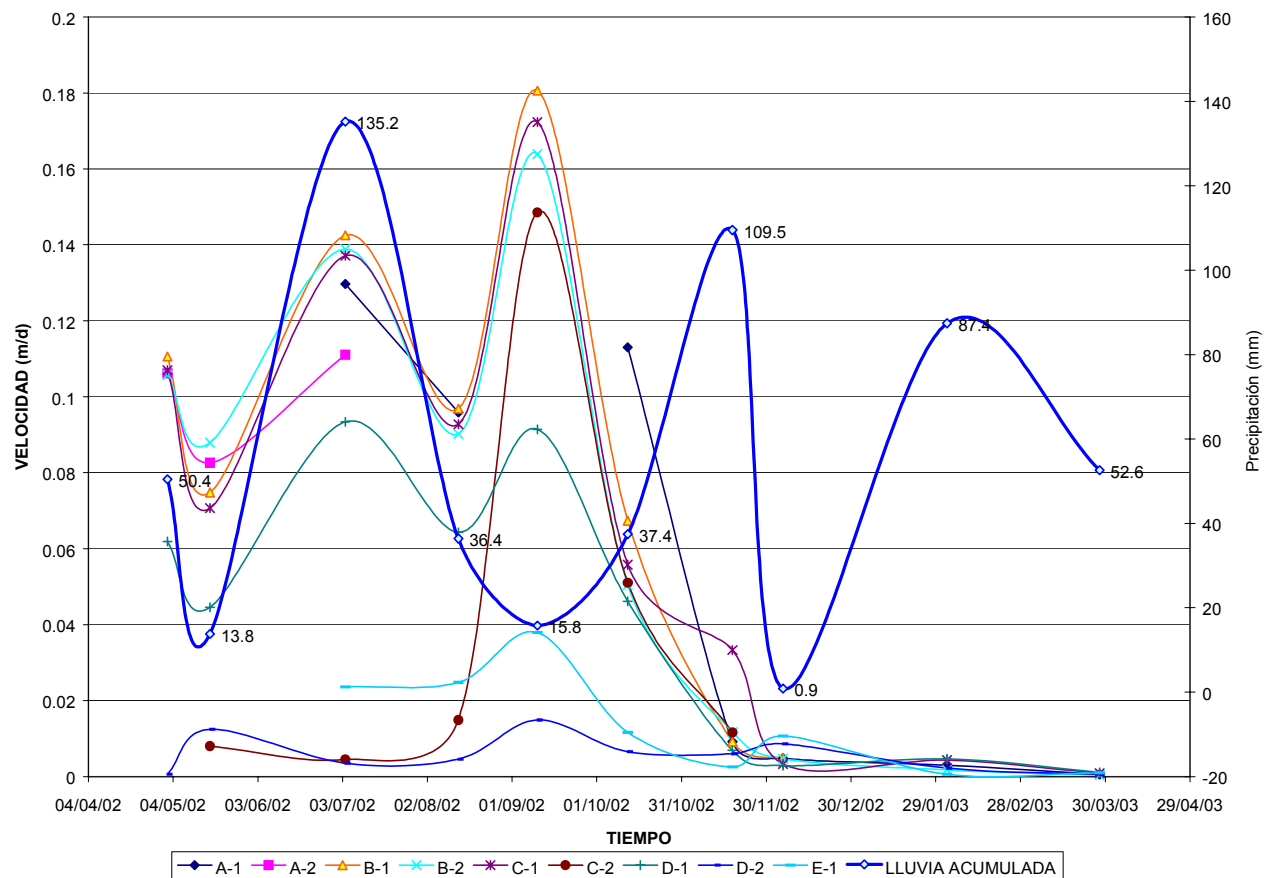


Figura 8.12 .Variación de al velocidad de desplazamiento total (3D) de los mojon ubicados sobre los ejes 1 y 2 en función del tiempo

#### **8.2.3.4 Etapa 4 – Predicción del movimiento**

En los análisis anteriores, se hizo especial énfasis en identificar tanto el mecanismo de falla como los agentes desestabilizadores, y en general, fue posible definir un modelo físico del fenómeno que se presentó. A partir de la anterior información, se intentará hacer un predicción de nuevas zonas falladas bajo las siguientes hipótesis:

- Se asume que la estratigrafía (rumbo y buzamiento) de los estratos se conserva hasta la divisoria.
- Las propiedades de los materiales se mantienen en promedio, fuera de la zona de estudio (realmente, se tiene información hasta la perforación 7).
- Se asume que no se han producido desplazamientos importantes de manera que es posible trabajar con los parámetros de resistencia pico.

Bajo las anteriores hipótesis se analizaron dos escenarios: comportamiento ante un sismo y rompimiento de la tubería.

- **Comportamiento ante un sismo**

Los efectos del sismo se tuvieron en cuenta mediante análisis pseudo-estáticos; según el decreto 074 del 2001, para esta zona se esperan aceleraciones máximas de 0.24 g.

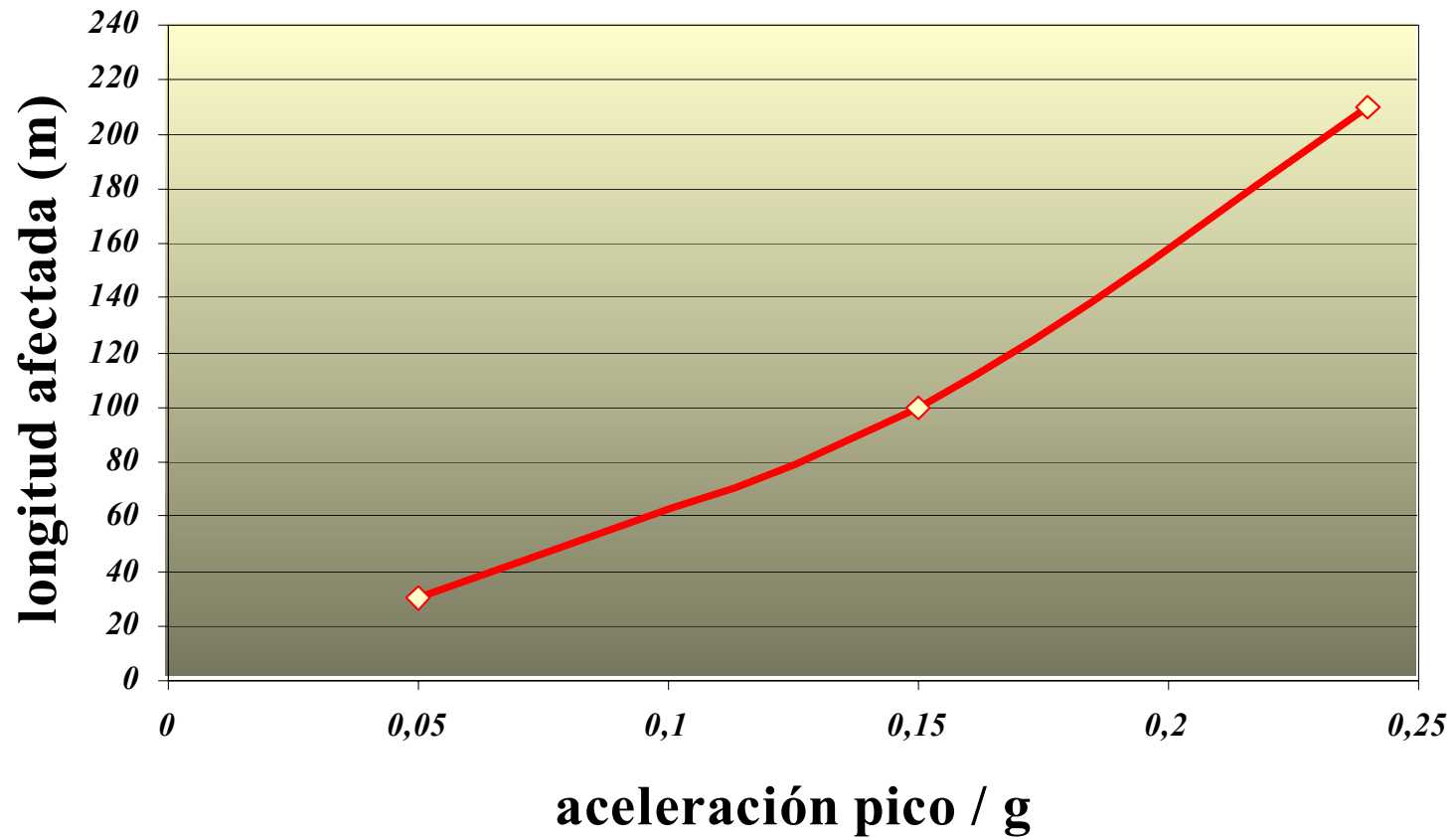
En los análisis se asumió que en esta zona las tuberías de acueducto y alcantarillado, se encuentran en buen estado, y que por lo tanto no son una fuente de aporte al deslizamiento; además se pudo constatar que el nivel freático se encuentra muy profundo, de manera que sobre la superficie de falla se escurre una pequeña lámina de agua que no tiene mayor incidencia sobre los parámetros de resistencia. En este orden de ideas se realizó un análisis de sensibilidad de la aceleración de la gravedad, los resultados obtenidos se ilustran en la **Figura 8.13**, destacándose los siguientes aspectos:

En la medida en que se incremente la aceleración al área afectada será mayor. El sismo tiene un efecto adverso adicional, y es que los desplazamientos del terreno generarán rompimientos de las tuberías, que no de ser tratadas de forma inmediata, generará un efecto domino como el que hasta ahora se viene presentando.

El efecto del sismo se puede tratar en más detalle a partir de un registro de aceleraciones; desafortunadamente en la estación de Sierra Morena no se han registrado sismos importantes.

- **Rompimiento de Tuberías**

Un aspecto en el que se ha venido insistiendo, es sobre la gran incidencia que puede tener el rompimiento de tuberías sobre la estabilidad de una ladera: El rompimiento de tubos tendría varios efectos adversos entre los que se tienen:



**Figura 8.13.** Efecto del sismo sobre el área afectada ladera arriba del bloque C



La arcillolita sobre el plano de falla en estado natural se encuentra sometida a una succión determinada (saturación < 100%); el rompimiento de los tubos genera un caudal variable pero permanente sobre la superficie de falla que puede llegar a saturar el material cercano a la superficie de falla, esto tendrá dos efectos adversos:

- a Reducción de la resistencia por disminución de la succión (en el caso saturado se tienen los menores parámetros de resistencia)
- b El material al saturarse presenta una expansión que se traduce de igual manera en una pérdida de resistencia. Esta se puede verificar en los ensayos edométricos donde se observó que la curva de recompresión es diferente a la curva de descarga.

Al realizar los análisis de estabilidad para el caso de rompimiento de tubería, se obtiene que el área afectada es de 100 metros. En la **Figura 8.14**, se presenta una curva de factor de seguridad versus distancia afectada.

### 8.3 ANÁLISIS DEL LEVANTAMIENTO EN SAN RAFAEL

Un fenómeno que generó una atención especial durante la ejecución del estudio, fue el levantamiento del costado sur del Barrio San Rafael.

Para efectos de análisis se trabajó con los parámetros de resistencia residual, por los motivos expuestos con anterioridad; Adicionalmente, se tuvo en cuenta el efecto del agua inyectada por el rompimiento del tubo, el cual se manifestó como un incremento del nivel freático.

El perfil analizado se ilustra en la **Figura 8.15**; los resultados del análisis de estabilidad son los siguientes:

- Primer escarpe de falla  $F_s=1.096$
- Segundo escarpe de falla  $F_s = 1.060$
- Tercer escarpe de falla  $F_s=1.031$

Por último es importante destacar que no existe evidencia sobre una eventual ampliación de la superficie de falla en la base, aunque no se descarta esta posibilidad; De hecho el inclinómetro instalado por INGEOMINAS (P10\_INC6), hasta el momento ha presentado desplazamiento muy pequeños apreciable (<2mm), que están en el rango de precisión del aparato.

También sobre el perfil C-C' se hizo un análisis de deformabilidad mediante la modelación con elementos finitos donde se halló que los resultados generados son similares al comportamiento real del deslizamiento en cuanto a desplazamientos se refiere, entendiéndose esta conclusión como una calibración del modelo analizado. Sobre el perfil C-C' se pudo verificar que los desplazamientos se presentaba en mayor cantidad hacia el sector de San Rafael; Estos desplazamientos se presentan a partir del escarpe principal, coincidiendo bastante bien con lo observado en campo y teniendo como valor promedio de 15.0 metros. (ver **Anexo 8.2**)

### Factor de Seguridad vs Distancia

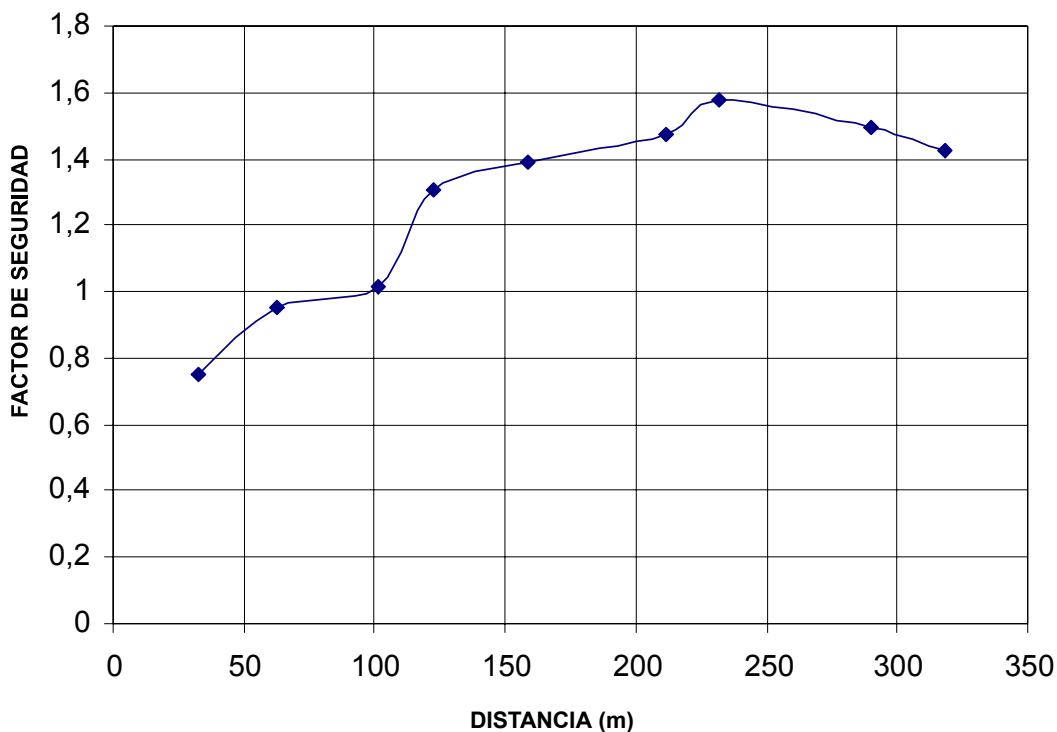


Figura 8.14. Zona afectada por rompimiento de tubería ladera arriba del Blooue C

#### 8.4 ZONIFICACION DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Se define la Amenaza como el agente o grupo de condiciones o eventos que tienen el potencial de causar daño, y para nuestro caso nos referimos a los movimientos en masa. La representación de la amenaza parte de un conocimiento de los procesos que dan lugar al evento amenazante, e involucra las propiedades físicas del fenómeno: tipo, actividad, velocidad, área de afectación, volumen, mecanismos de falla, trayectoria, y probabilidad de ocurrencia, entre otros.

Se entiende por movimiento en masa todo desplazamiento ladera abajo de materiales geológicos como suelo y roca, debido a la fuerza de la gravedad. Como ya se ha mencionado, dentro de los fenómenos de inestabilidad de la ladera observados en el área de estudio se encuentran el deslizamiento principal, flujos de detritos, flujos de suelos, y caídas de material rocoso entre otros.

Como ya se ha dicho el desarrollo de estos movimientos se ve fuertemente influido por las propiedades de los materiales –ubicados en zonas de fallas o cerca de ellas - y la disposición de los mismos – intercalaciones de arcillolitas y areniscas

fracturadas que descansan en un estrato de arcillolita compacta, con buzamientos muy cercanos a las pendientes de las laderas siguiendo una disposición similar a la topografía del terreno. Sin embargo se ha visto durante el estudio que la intervención antrópica ha sido decisiva en la detonación de los fenómenos en lo que se refiere a la instalación de sistemas de redes de aguas servidas que posteriormente han sufrido roturas provocando fugas considerables. Uno de los ejes de las redes instaladas coincide con el eje del escarpe principal del movimiento, que según habitantes del sector fue construido empleando pólvora. La influencia de la lluvia como detonante del movimiento principal no es considerable, sin embargo ésta ha llegado a acelerar movimientos.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones se ha realizado una zonificación de la amenaza por movimientos en masa, en escala 1:1.000, teniendo en cuenta los movimientos que afectan la ladera, su génesis, estado y actividad, tipo de material involucrado, así como su afectación a la comunidad. Se realiza también la evaluación de las zonas ladera arriba del movimiento principal que pueden llegar a inestabilizarse por efectos sísmicos y por la continuación de la acción antrópica - continuo rompimiento de tuberías que como se explicó anteriormente afectan las propiedades de los materiales y la carga del terreno – (Mapa ES 9).

#### **8.4.1 Zona 1: Deslizamiento del Espino y Cerro del Diamante**

Corresponde al movimiento principal de la zona de estudio, es de carácter traslacional retrogresivo e involucra aproximadamente 1.750.000 m<sup>3</sup> de areniscas muy fracturadas con intercalaciones de arcillolitas, y algunos suelos residuales que las sobreyacen. Presenta un escarpe de aproximadamente 450m de longitud y altura entre 8 a 10m. Su desplazamiento horizontal ha sido de 20 a 30 m entre mayo de 2002 y marzo de 2003 (Zona 1A). Se han presentado levantamientos del orden de 7 a 8 m en el sector sur del barrio San Rafael y en los alrededores de la quebrada Santa Rita (Zona 1B). En el sector del Rodeo, al costado occidental del paradero de buses se presentan levantamientos del terreno de aproximadamente 2m.

El movimiento ha registrado velocidades entre 2 y 14 cm/día para el período mayo 2002 – marzo 2003, reportando las mayores velocidades arriba del escarpe de la Cantera Santa Rita, y las menores en la parte sur del escarpe principal. La dirección del movimiento varía entre 30 y 40° NE.

Este deslizamiento afectó 12 manzanas de los barrios Cerro El Diamante y El Espino Sector I, así como el sector sur del barrio San Rafael y El Rodeo.

Por las características del movimiento, este representa una amenaza muy alta para cualquier construcción ubicada dentro del fenómeno.

En el movimiento se distinguen 3 zonas:

**Zona 1A. Suelo y Roca desplazados.** Es la zona de desplazamiento del cuerpo principal del movimiento. En la corona del movimiento se presentan grandes

bloques de material en contrapendiente. En el registro fotográfico Estación Santa Rita, se aprecia el avance del movimiento.

**Zona 1B. Levantamiento de suelo y roca.** Está ubicado en la zona norte del estudio. Este movimiento represó la quebrada de Santa Rita, obligando a modificar su cauce; también se vieron afectadas las vías y las viviendas en el sur del barrio San Rafael (ver registro fotográfico Estación San Rafael).

**Zona 1C. Roca fracturada desplazada.** Es la zona ubicada en el flanco derecho del movimiento. El avance del fenómeno ha originado el gran fracturamiento de los primeros metros del material compuesto de arcillolitas y areniscas, generándose grandes bloques sueltos. En el registro fotográfico Paradero se aprecia el movimiento desde su frente de avance.

#### **8.4.2 Zona 2: Bloque desplazado detrás del escarpe principal**

Movimiento de carácter traslacional que involucra areniscas fracturadas con intercalaciones de arcillolitas, producto de la regresión del deslizamiento principal y de la intervención antrópica. La grieta del bloque fallado se encuentra aproximadamente 100m ladera arriba del escarpe principal y ha registrado desplazamientos desde 4 hasta 32 cm en el período de julio de 2002 a marzo de 2003, con tasas de movimiento entre 0.02 a 0.14 cm/día. La dirección del movimiento está entre 30 y 40° NE.

Este movimiento afectó las viviendas, así como la infraestructura vial y redes de acueducto y aguas servidas.

Por las características del movimiento, este representa una amenaza muy alta para cualquier construcción ubicada dentro del fenómeno.

#### **8.4.3 Zona 3: Deslizamiento Quebrada Santo Domingo**

Este movimiento se encuentra en el costado sur del deslizamiento del Espino. El desplazamiento va en dirección occidente-oriente sobre la vertiente de la quebrada Santo Domingo. Este deslizamiento ejerce presión sobre el flujo de detritos antiguo y ahora activado.

Presentó una tasa de movimiento de 11 mm/día para el período Abril 2002 – Marzo 2003. Representa una amenaza muy alta para cualquier construcción ubicada dentro de la zona.

#### **8.4.4 Zona 4: Flujo de Detritos Quebrada Santo Domingo**

Ocurren típicamente al suroriente de la zona, sobre la margen izquierda de la quebrada Santo Domingo. Se diferenciaron dos tipos de flujos:

Flujo antiguo reactivado posiblemente como consecuencia del empuje de los materiales del deslizamiento de la zona 3 y de otros fenómenos ubicados en la

margen derecha de la quebrada Santo Domingo – Deslizamiento de La Carbonera. Su extensión, no supera los 200 metros de largo y 100 metros de ancho y en su parte media e inferior el espesor del material no sobrepasa los 8 m. Presentó una tasa de movimiento de 0.4 mm/día para el período Diciembre 2002 – Marzo 2003.

Flujo activo de pequeñas dimensiones: 100 m de longitud, y aproximadamente 3 m de espesor. Se ubica al nororiente del anterior. Su forma es estrecha y alargada. Presentó una tasa de desplazamiento de 0.1 mm/día para el período Diciembre 2002 – Marzo 2003. Su desplazamiento está ejerciendo presión sobre algunas viviendas que ya han sido demolidas, y representa una amenaza muy alta para las demás casas de los alrededores.

Estos flujos representan una amenaza muy alta para cualquier construcción en la zona.

#### **8.4.5 Zona 5: Caída de Rocas del Espino Sector III**

En el sureste del área de estudio se encuentra una zona que presenta caídas de bloques de roca provenientes del material fracturado que está sometido a empujes del deslizamiento de La Carbonera y del flujo de detritos arriba del área.

Representa una amenaza muy alta para cualquier construcción ubicada dentro de este sector.

#### **8.4.6 Zona 6: Escarpe y Depósitos de Talus**

En el sector sur del barrio San Rafael se presenta un escarpe del macizo rocoso (margen izquierda de la quebrada Santa Rita - al sur del levantamiento ocasionado por el movimiento principal) entre 15 y 20m aproximadamente de altura.

En esta zona se desarrollan talus o depósitos de talud a partir del desprendimiento por gravedad de rocas, cuyos materiales se depositan en el cambio de pendiente. Estos materiales representan gran amenaza por su ubicación debajo de zonas escarpadas además de ser muy inestables ya que han empezado a sufrir el efecto de la presión y empuje de los materiales del deslizamiento de El Espino por lo cual se están deformando.

#### **8.4.7 Zona 7: Parte Alta Quebrada Santo Domingo**

Comprende la zona desde los escarpes de roca, ladera arriba en la quebrada Santo Domingo hasta la zona del flujo antiguo depositado en la margen izquierda de la quebrada. En la actualidad no tienen mayores problemas por movimientos en masa sin embargo la estabilidad de las laderas vecinas –Espino y Carbonera- pueden llegar a afectar su estabilidad.

#### **8.4.8 Zona 8: Ladera Arriba Deslizamiento El Espino y Cerro Del Diamante - Escenario de Amenaza por Sismo**

Con el fin de evaluar la amenaza por el avance del movimiento ladera arriba del movimiento principal se consideró un escenario de amenaza debida a efectos sísmicos. Siguiendo los decretos de regulación de diseño y construcción sismo resistentes de Bogotá, así como los estudios de Microzonificación Sísmica de la Ciudad, se definió aceleraciones de diseño para esta zona de cerros del orden de 0.24g. Sin embargo, se analizó la estabilidad de la ladera teniendo en cuenta el efecto de tres aceleraciones horizontales: 0.05g, 0.15g y 0.24g, siguiendo el método de equilibrio límite, obteniéndose los límites de las siguientes zonas para los cuales se provocaría la falla del talud en primera instancia. De no tomar ninguna medida para la estabilización del movimiento se tendría que seguir el análisis ladera arriba pues el efecto del movimiento es retrogresivo.

##### **8.4.8.1 Zona 8A – Efecto sísmico de 0.05g de aceleración horizontal.**

Se obtuvo una zona con una longitud aproximada de 30m y una superficie de falla a los 20m en el contacto arenisca-arcillolita.

Esta zona puede inestabilizarse presentando un movimiento de carácter traslacional. De no tomarse medidas que estabilicen el movimiento principal cualquier construcción ubicada dentro de la zona puede verse gravemente afectada.

##### **8.4.8.2 Zona 8B – Efecto sísmico de 0.15g de aceleración horizontal**

Se obtuvo una zona con una longitud aproximada de 101m y una superficie de falla a los 20m en el contacto arenisca-arcillolita.

Este sector junto con la zona 8A puede inestabilizarse presentando un movimiento de carácter traslacional. De no tomarse medidas que estabilicen el movimiento principal cualquier construcción ubicada dentro de la zona puede verse gravemente afectada.

##### **8.4.8.3 Zona 8C - Efecto sísmico de 0.24g de aceleración horizontal**

Se obtuvo una zona con una longitud aproximada de 210m y una superficie de falla a los 20m en el contacto arenisca-arcillolita.

Este sector junto con las zonas 8A y 8B puede inestabilizarse presentando un movimiento de carácter traslacional. De no tomarse medidas que estabilicen el movimiento principal cualquier construcción ubicada dentro de la zona puede verse gravemente afectada.

#### **8.4.9 Zona 9: Ladera Arriba Deslizamiento El Espino y Cerro Del Diamante -**

### **Escenario de Amenaza por Intervención Antrópica**

Así mismo se quiso conocer el escenario de amenaza debido a un efecto antrópico en lo que se refiere al rompimiento de tuberías de acueducto y aguas servidas que aumenten la carga del agua, cambien las condiciones de succión de los materiales parcialmente saturados y provoquen la disminución de la resistencia al corte de los materiales según se explicó anteriormente.

Se obtuvo el límite de la zona para el cual se provocaría la falla del talud en primera instancia, alojando una longitud aproximada de 100m y una superficie de falla a los 20m en el contacto arenisca-arcillolita.

Esta zona puede inestabilizarse presentando un movimiento de carácter traslacional considerando una intervención antrópica que provoque la infiltración de aguas y alteración de las propiedades de los materiales del subsuelo. De no tomarse medidas que estabilicen el movimiento principal cualquier construcción ubicada dentro de la zona puede verse gravemente afectada.

Se advierte que una vez inestabilizada esta zona el movimiento puede continuar ladera arriba debido a su carácter retrogresivo.

#### **8.4.10 Zona 10: Ladera Abajo Deslizamiento El Espino y Cerro Del Diamante - Escenario de Amenaza por Avance del Movimiento**

Se realizó un análisis de avance para el movimiento principal teniendo en cuenta dos zonas del frente de avance: La zona de la cantera Santa Rita y la zona del flanco derecho correspondiente a la zona 1C. Se tuvo en cuenta el volumen del material que falla en primera instancia y el volumen del material que se deposita una vez fallado y desplazado en condiciones secas (1.5 veces el volumen del material antes de desplazarse). Se considera que el material una vez desplazado se deposita con una pendiente en superficie igual al ángulo de resistencia al corte residual, que para este caso está entre 12 y 17°.

##### **8.4.10.1 Zona 10a: Avance del movimiento ladera abajo de la zona 1c**

Esta zona corresponde al avance del movimiento de la zona 1C. Para un volumen de material a fallar en primera instancia de 367000m<sup>3</sup> se obtuvo una zona de depositación de 90m a partir del pie del talud, lo que afectaría en gran parte a la zona destinada al parqueadero de los buses del sector.

Este movimiento podría afectar en gran parte a la zona destinada al parqueadero de los buses del sector. De no tomarse medidas que estabilicen el movimiento principal cualquier construcción ubicada dentro de la zona podría verse gravemente afectada.

##### **8.4.10.2 Zona 10b: avance del movimiento ladera abajo de la zona 1a**

Esta zona corresponde al avance del movimiento de la zona 1A. Para un volumen de material a fallar en primera instancia de 430000m<sup>3</sup> –correspondiente a la zona de la cantera Santa Rita en la zona 1A- se obtuvo una zona de depositación que se llevó hasta el actual botadero.

Este movimiento podría afectar el cauce de la quebrada Santa Rita pudiendo represarla. De no tomarse medidas que estabilicen el movimiento principal cualquier construcción ubicada dentro de la zona puede verse gravemente afectada.

#### **8.4.11 Zona 11: Influencia en San Rafael**

Este sector se puede ver afectado por caídas de rocas, y agrietamiento del terreno debido al empuje del deslizamiento del Espino y Cerro del Diamante, por lo que la zona se encuentra en amenaza alta.

Esta zona puede ampliarse si el monitoreo de la instrumentación instalada registra movimientos de consideración.



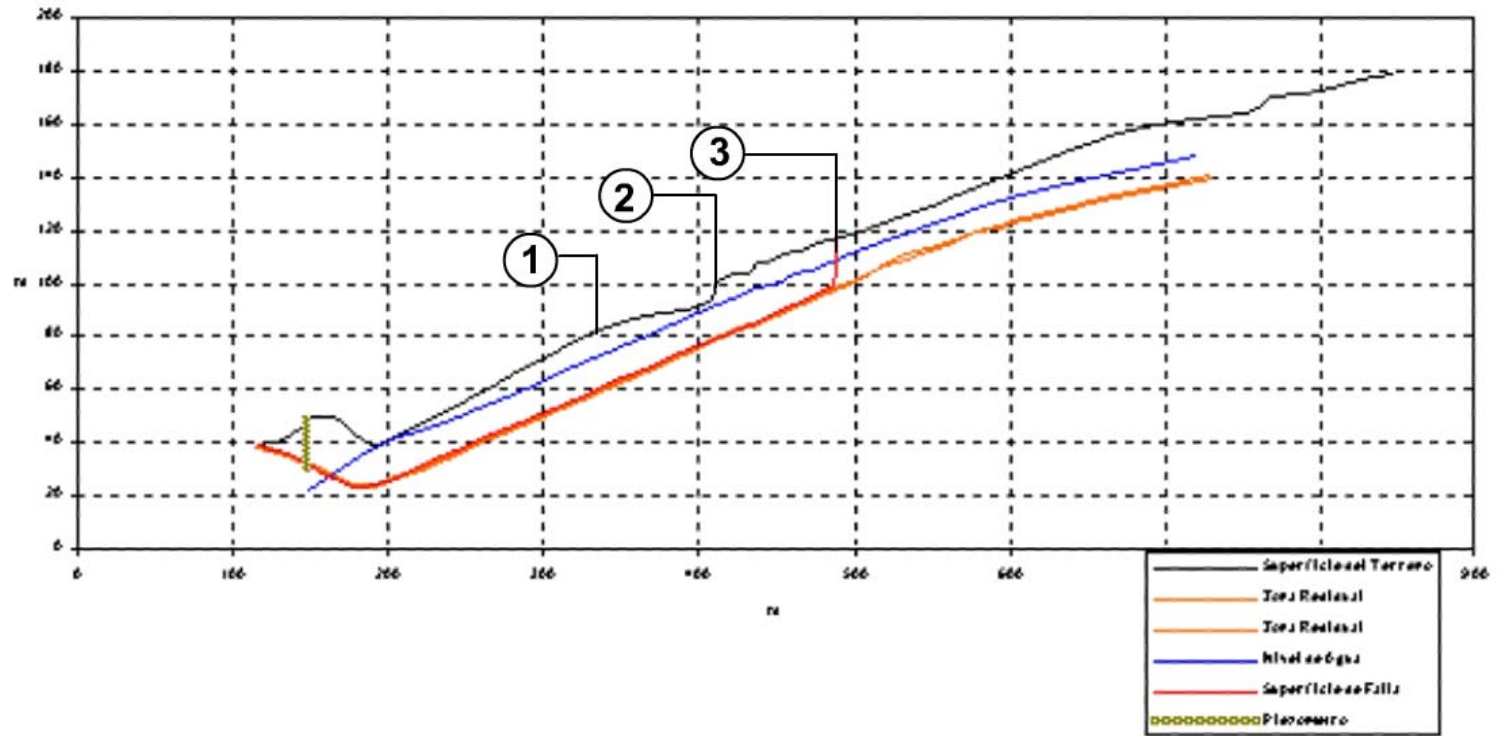


Figura 8.15 Análisis de Estabilidad - Perfil CC

---

## CAPITULO 9

---

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 9.1 CONCLUSIONES

La zona de El Espino y Cerro del Diamante está conformada por rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Guaduas, consistente de intercalaciones de arenisca y arcillolita, inclinadas en la misma dirección de la pendiente y afectadas por fallamiento. Esta circunstancia las hace naturalmente muy inestables y susceptibles a los movimientos en masa.

Las fallas principales que atraviesan el sector, son inversas, de dirección N80°E a E-W, controlan los cauces de las quebradas Santa Rita y Santo Domingo y delimitan el deslizamiento El Espino y Cerro del Diamante. También se presentan fallas de rumbo, posiblemente dextrales, con dirección NNW. Estas marcan cambios de pendiente bruscos en la parte media del cuerpo mayor del movimiento en masa.

La acción antrópica consistente en explotación incontrolada de materiales rocosos utilizados en la construcción (Cantera Santa Rita), y la acción de las aguas de infiltración (naturales y antrópicas), han modificado las condiciones naturales originando inestabilidad y ocurrencia de movimientos en masa en la zona.

El movimiento principal del Espino y Cerro del Diamante se ha considerado como un deslizamiento traslacional de detritos con corona retrogresiva. A partir de este fenómeno se han originado gran cantidad de grietas de distensión que afectaron las viviendas de los barrios Cerros del Diamante y El Espino.

Las dimensiones del fenómeno hasta la fecha son de aproximadamente 350 metros tanto de largo como de ancho y se calcula que el plano del deslizamiento se encuentra ubicado aproximadamente a los 20 metros de profundidad. Estas dimensiones generan aproximadamente un volumen de material desplazado al menos de 1.750.000 m<sup>3</sup>.

Asociados al deslizamiento principal se presentan deslizamientos superficiales de suelo y roca, flujos de suelo y de Detritos, talus o depósitos de talud y caídas de roca. Todos estos movimientos en masa están activos, son regresivos y se desplazan actualmente a diferentes velocidades representando alta amenaza para toda la zona estudiada

El deslizamiento de La Carbonera continúa desplazándose en la actualidad y ejerciendo empujes sobre El Espino, por lo cual este problema puede continuar y afectar áreas en sus alrededores como El Espino III, San Rafael, El Mirador de la Estancia. El control del problema depende en gran parte del control que se pueda ejercer sobre las aguas superficiales y subterráneas que circulan por la zona.

En cuanto a información hidrometeorológica detallada para el caso específico de movimiento en el Barrio El Espino, no se cuenta con registros simultáneos de

parámetros hidrometeorológicos ni de niveles freáticos que permitan realizar un análisis en el tiempo de las variaciones de niveles de agua en el subsuelo. No se contó además con registros de las estaciones climatológicas cercanas a Sierra Morena ya que son manejadas por entidades diferentes a la DPAE y a la fecha de procesamiento de la información se encontraba en proceso de oficialización parte de la información hidrometeorológica del periodo 2001 a 2003 por parte de las entidades a cargo de las mismas.

El régimen de precipitación es bimodal con periodos de lluvia entre marzo — junio y septiembre — noviembre. Los periodos de menor precipitación al año se presentan en los meses de diciembre — enero y julio — agosto. Los valores de precipitación media mensual varían entre 10 y 85 mm y el total anual hasta ahora registrado por la Estación Sierra Morena, sobrepasa los 500 mm en promedio. Las estaciones de mayor correlación con la estación Sierra Morena son en su orden Casablanca y Acueducto Bosa. Con el fin de observar el comportamiento histórico de la precipitación diaria en el movimiento, se deberán utilizar los registros de la estación Casablanca (manejada por la EAAB) hasta que la estación Sierra Morena cuente con mínimo 5 a 10 años de registros continuos.

La evapotranspiración potencial mensual (ETP) y un estimativo de la real (ETR) se calcularon a partir de datos de temperatura mensual utilizando la fórmula de Thornthwaite. El valor promedio de ETP es de 653.1 mm anuales y el de ETR es de 489.8 anuales. Los promedios mensuales varían entre los rangos 48.9 mm — 58.3 mm y 36.7 mm — 43.7 mm respectivamente.

La escorrentía promedio anual en el sector del barrio El Espino es de 82.53mm, teniendo en cuenta que el promedio de los valores obtenidos de las estaciones del sector refleja sin mayor variación las condiciones del mismo ( $Q_{\text{escorrentía}} = 0.85 \cdot (P_{\text{promedio}} - ETR)$ ). Los valores base para el cálculo fueron:  $P_{\text{promedio}} = 587$  mm (Estación Casablanca) y  $ETR_{\text{promedio}} = 489.8$  mm (Promedio estaciones del sector).

Un estimativo del volumen total de agua de escorrentía suponiendo el diseño de un alcantarillado pluvial es de mínimo 7.28 LPS, el cual deberá ser sumado a los valores estimados de aguas subterráneas y aportes por infiltración de sistemas de abastecimiento y drenaje superficial existentes.

Se considera que los fenómenos de interceptación de escorrentía y percolación profunda propios de la infiltración de agua por **causas naturales** al escurrir sobre el suelo, pueden representar una reducción del total del caudal de escorrentía hasta en un 85%. Se dedujo entonces que el volumen de infiltración y percolación profunda de agua en el suelo puede ser del orden de un 15% de la diferencia entre la precipitación promedio y la evapotranspiración real promedio. El valor así estimado de infiltración en este sector puede estar alrededor de 14.56 mm al año. Por otra parte, para la parte inferior del movimiento, dada la presencia de grietas y en general el estado de remoción del material, podría considerarse que en el cuerpo

del movimiento la infiltración correspondiera al 95% de dicha diferencia, o sea, 92.25 mm.

Es importante resaltar en este punto, que la incorporación de agua al suelo aquí expuesta corresponde a la originada por eventos de “precipitación”, descartando las cantidades atribuibles a intervención humana por obras de infraestructura como acueductos y alcantarillados.

Se obtuvo un valor de potencial de infiltración de aguas lluvias en el suelo para el área de estudio mediante la realización de 9 ensayos de infiltración utilizando el infiltrómetro. Los resultados obtenidos de los ensayos de capacidad de infiltración muestran las siguientes variaciones  $0.1 < f_c < 0.8$  cm/min para capacidad de infiltración de equilibrio, y  $3.1 < f_o < 28.9$  cm/min como capacidad de infiltración inicial.

Con relación a la estimación de la infiltración de agua por **causas antrópicas** al movimiento las cuales en un principio fueron rústicamente implementadas en el sector, siendo recientemente sustituidas por sistemas modernos construidos parcialmente hasta la fecha, se anota que durante el desarrollo del presente estudio se realizó la consulta respectiva a las entidades competentes, y a su vez se solicitó a la DPAE suministrara toda la información concerniente a diseños y construcción de los sistemas de acueducto y alcantarillado del sector.

Al respecto se cita el oficio RO-7475 de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de la Alcaldía Mayor de Bogotá dirigido a la Doctora Astrid Alvarez (Gerente General de la EAAB – ESP), el cual fue despachado el día 12 de Abril de 2002 con referencia 2/1757, donde se recalca la importancia de la infiltración en la estabilidad del sector y ***“se reitera la solicitud a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá de realizar una investigación sobre las versiones de la comunidad relacionadas con la utilización de explosivos durante la construcción del alcantarillado reciente así como una inmediata inspección y evaluación de las condiciones de estabilidad de las redes de alcantarillado”***. Desafortunadamente, INGEOMINAS no recibió información relacionada con este tema de manera que pudiera realizar algún estimativo del volumen de agua infiltrado por causas antrópicas y se recalca que en el informe semestral así como en las reuniones de interventoría del convenio DPAE – INGEOMINAS fue tratado este punto y a su vez la interventoría gestionó oportunamente al respecto ante la EAAB sin respuesta a la fecha.

Un estimativo real del caudal que probablemente ingresa al cuerpo del deslizamiento por causas antrópicas en un tiempo y punto dado tan solo es posible conociendo las redes de distribución de acueducto y alcantarillado, y a su vez la cronología de los daños ocurridos.

Para estudiar la relación de la precipitación con el movimiento en masa se determina la magnitud de la precipitación “extrema” ocurrida con una duración dada, la cual es capaz de detonar un movimiento y puede ser asociada estadísticamente a

un periodo de recurrencia de este tipo de evento en función de los registros de una estación dada. Este concepto es conocido como “Lluvia Crítica”, y ha sido aplicado en diversos estudios realizados por INGEOMINAS.

Dentro de este estudio se estableció para el sector, que lluvias continuas diarias a lo largo de 30 y 60 días son poco frecuentes y por ello se obtuvieron las curvas de lluvias máximas acumuladas y promedios multianuales para lluvias con duraciones entre 1 y 24 horas (para el caso del análisis horario), y adicionalmente para lluvias con duraciones entre 1 y 60 días (para el caso del análisis diario). Así mismo se obtuvieron las curvas de periodo de recurrencia en función de la precipitación máxima acumulada como herramienta futura de análisis.

El estudio “Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santa Fe de Bogotá D. C.” realizado para FOPAE por la firma INGEOCIM Ltda., ha sido citado en diferentes conceptos técnicos emitidos por la DPAE dentro del análisis hidrológico, donde textualmente se dice “**La distribución anual de las lluvias en la zona es bimodal, con dos periodos lluviosos intercalados con dos periodos secos, con una precipitación media multianual de 600 mm y la precipitación crítica varía entre 210 mm a 220 mm, con un periodo de retorno de 10 a 15 años**”, pero del análisis realizado se deduce que entre los 10 y 15 años de periodo de retorno ( $T_r$ ), con precipitación acumulada (crítica) en el rango de 210 mm a 220 mm, se requeriría de un periodo entre 30 y 60 días acumulados de lluvia para que se detonara un deslizamiento, lo cual aunque valida las consideraciones del análisis efectuado en este estudio, no implica que lluvias acumuladas en menores lapsos de tiempo sean de importancia.

Esta es una de las razones que explican el porqué no se encontró relación entre los tres (3) reportes de eventos con la ocurrencia de lluvias acumuladas precedentes al mismo. Al no ser posible establecer la fecha exacta de los eventos destacados en los informes de la DPAE (DI-1383 de marzo 19 al 23 de 2002, DI-1377 de marzo 1 al 8 de 2002 y DI-1242 de septiembre 15 de 2001), la incertidumbre sobre la fecha del evento se hace más grande y por ello se realizó un análisis de precipitación diaria y máxima horaria (para 1 y 3 horas acumuladas) con base en los registros de la estación Sierra Morena.

Se calcularon las lluvias máximas mensuales a nivel horario y diario en la estación Sierra Morena por cada año de registro (considerando en año hidrológico como el comprendido entre los meses de enero y diciembre) tomando como fechas de posible ocurrencia de movimientos las siguientes:

- Agosto 16 de 2001: por haber observado apertura de diaclasas en el macizo entre el 14 y el 16 de agosto reportado por escrito en un informe de la DPAE (DI-1221).
- Septiembre 13 de 2001 por presentar el máximo valor de precipitación horaria y diaria de todos los registros.
- Abril 9 de 2002: por ser el mes más lluvioso de todos los registros hasta ahora obtenidos y el día 9 por ser el de mayor número de horas consecutivas de lluvia en ese mes.

Se encontró que ninguna de las curvas supera los máximos de la estación, lo cual indica que estas fechas no corresponden a un evento extremo de lluvia acumulada.

Se concluye finalmente que la lluvia diaria generalmente corresponde con la lluvia máxima acumulada de 3 horas y que en ocasiones la lluvia máxima horaria es equivalente a la diaria. La mayoría de los datos diarios no son superados por los máximos de 1 y 3 horas, por lo cual se establece la posible relación de una lluvia crítica para recurrencias entre 1 y 5 años con duraciones entre 1 y 24 horas donde la magnitud no superaría los 70 mm, teniendo en cuenta la incertidumbre de los datos obtenidos.

Eventos de recurrencias entre 10 y 15 años con magnitudes superiores a 120 mm corresponderían a lluvias acumuladas continuas de más de 10 días, lo cual con base en las consultas realizadas en el sector correspondería a algo excepcional.

No se encontró una relación entre la lluvia y la detonación de los eventos analizados en fechas de posibles movimientos.

Es importante hacia el futuro, continuar con el registro continuo de la precipitación en el área y si es posible, instalar un pluviógrafo para poder determinar realmente cual es la intensidad de los aguaceros en el sector. Este proceso requiere de por lo menos 10 años de registros de precipitación, y para el análisis de los aguaceros, aunque se puede trabajar con registros pluviográficos de por lo menos 5 años para algunos análisis especiales.

Con el objetivo de controlar y monitorear los desplazamientos en superficie se instaló la siguiente instrumentación: 25 mojones ubicados en forma de red y 8 mojones de referencia sobre los barrios El Espino Sectores I y El Cerro el Diamante construidos en Abril 2002 y 40 mojones adicionales instalados en Diciembre de 2002 para controlar la influencia del movimiento sobre sectores como el Barrio San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector. Se instalaron 8 extensómetros de polea para controlar el avance de la grieta principal y 9 extensómetros de estacas sobre grietas incipientes ladera arriba de la misma. Otros mecanismos de monitoreo utilizados fueron los registros fotográficos multitemporales y el análisis temporal de los levantamientos topográficos.

Para controlar los desplazamientos en profundidad se instalaron inicialmente 4 inclinómetros de precisión arriba del escarpe principal (Mayo – Junio/02) y posteriormente 3 inclinómetros mas (Febrero – Marzo/03) en zonas de influencia del movimiento principal. Así mismo se instalaron 4 piezómetros tipo Casagrande para controlar la variación del nivel freático.

De los desplazamientos en superficie se puede concluir que la velocidad de avance del movimiento principal, controlada mediante los mojones de los ejes 1 y 2 de la red principal de mojones, registró velocidades de desplazamiento desde mediados

de abril a finales de julio del orden de 0.04 – 0.14 m/d, desde inicio de agosto a mediados de septiembre se presenta la aceleración máxima del movimiento con velocidades de 0.10 – 0.18 m/d, de allí comienza la máxima desaceleración hasta finales de noviembre con velocidades inferiores a 0.02 m/d, finalmente continua disminuyendo su velocidad hasta terminar a finales de marzo de 2003 con velocidades inferiores a 0.01 m/d. La dirección de los desplazamientos varía entre 30 y 40° NE.

Es importante resaltar que de acuerdo a oficio enviado por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá a la Dirección de Prevención y Atención de emergencias con fecha de 18 de Sep/02 informan que la red de acueducto del sector fue sellada en días anteriores a la fecha de envío de la carta. Dicha fecha (mediados de septiembre/02) coincide con el inicio de la desaceleración del movimiento. Adicionalmente la DPAE junto con la EAAB realizaron obras de canalización de aguas ejecutadas en el mes de Septiembre de 2002.

Los mojones ubicados sobre los ejes 3, 4 y 5 no registraron desplazamientos en el periodo de medición de Abril/02 hasta Marzo/03. Los desplazamientos de los extensómetros de polea ubicados sobre la grieta principal en el periodo Abril – Julio/02 fueron coincidentes con los de mojones para el mismo periodo (0.03 – 0.09 m/d).

Los desplazamientos de los extensómetros EE6, EE7 EE8 y EE9 en el tiempo son un indicativo de los desplazamientos y velocidades del nuevo bloque conformado entre el escarpe principal y la grieta incipiente, así, y con lo observado en las figuras de desplazamiento contra tiempo, los extensómetros presentan 2 tasas de movimiento evidenciadas en los cambios de pendiente de las mismas: La primera desde su creación hasta mediados de Noviembre de 2002 con valores entre 0.02 y 0.13 cm/d con desplazamientos totales de 3 a 29 cm y la segunda desde mediados de Noviembre hasta el 13 de Marzo de 2003 con valores entre 0.01 a 0.03 cm/d y desplazamientos totales de 1 a 3 cm.

Teniendo en cuenta lo anterior el periodo de culminación de la primera tasa de movimiento (aceleración) en el bloque incipiente, coincide con la culminación de la etapa de desaceleración del movimiento principal (Aproximadamente mediados de Noviembre).

Los mojones ES4, ES7 y ES8 nos muestran la tendencia del movimiento del flujo del terreno al norte de la quebrada Santo Domingo y al sur del escarpe principal cuya tasa de movimiento promedio en la horizontal es de 0.131 m con un azimut de 75° y un hundimiento de –0.028 m.

Los mojones ES10 y M16 están ubicados en la parte norte del desplazamiento del barrio La Carbonera y presenta el primero un desplazamiento horizontal acumulado de 0.340 m con azimut de 56° y un hundimiento de –0.033 m y el segundo un desplazamiento de 1.077 m con azimut de 60° y hundimiento de 0.037 m.

Los desplazamientos de los demás mojones salvo algunos ubicados en el barrio El Rodeo que han registrado algunos pequeños desplazamientos han permanecido sin

movimiento y sus desplazamientos están considerados dentro del rango de precisión del sistema de medición.

Los desplazamientos en profundidad en la zona de retrogresión del movimiento principal evidenciados en los inclinómetros 2, 4 y 5 nos muestran una tendencia a la ruptura (superficie de falla) en el inicio del estrato de arcillolitas compactas, cercano a los 20 m de profundidad, desplazándose el bloque superior sobre el inferior. En general los desplazamientos en los ejes A y B de los inclinómetros son inferiores a +5 mm (cercanos al límite de precisión del sistema de 0.1 mm/m, y sus velocidades son prácticamente imperceptibles, sin embargo dada la profundidad de la superficie de ruptura coincidente con el estrato de arcillolitas compactas y la dirección de movimiento de los bloques, estos desplazamientos deben ser considerados.

A pesar que los mojones sobre el barrio San Rafael no presentan ningún tipo de movimiento, el inclinómetro INC 6 ha presentado deflecciones acumuladas en los ejes A y B cercanos a +2 mm; el inclinómetro no presenta una tendencia clara a la ruptura, sin embargo las deflecciones se presentan desde una profundidad de aproximadamente 9 m hacia la superficie, coincidente en la estratigrafía con un paquete de arcillolita de 0.9 m de espesor. El signo (+) en la deflección indica que el bloque desplazado es el superior. Dada su ubicación es importante continuar tomando registros para llevar un seguimiento a la estabilidad del macizo rocoso.

Sobre el levantamiento del barrio El Rodeo se ubicó el inclinómetro INC 7, para el periodo de medición registra deflecciones acumuladas en los ejes A y B cercanos a -5 mm; el inclinómetro no presenta una tendencia clara a la ruptura, sin embargo las deflecciones se presentan desde una profundidad de aproximadamente 11 m hacia la superficie, coincidente en la estratigrafía con el inicio de la arcillolita compacta. Teniendo en cuenta la posición del inclinómetro (Pie del deslizamiento, zona de levantamientos Barrio El Rodeo); el signo (-) en la deflección indica que el bloque superior (de los 11 m hacia la superficie) se desplaza al SW, movimiento esperado en zona de levantamientos.

En general no se encontró un nivel freático base para los perfiles de estudio sin embargo el INC 1 y el PC2 mostraron una tendencia a mantener el nivel del agua cerca de los 16 m y el INC 5 registró la misma tendencia a 30 m de profundidad.

Se puede afirmar que la instrumentación instalada en la zona tanto en superficie como en profundidad cumplió con los objetivos requeridos detectando desplazamientos, velocidades, direcciones, superficies de ruptura en profundidad, sirviendo como base para la caracterización en forma rigurosa de los desplazamientos, direcciones, y volúmenes de las diferentes zonas presentes en el área de estudio.

A partir de las perforaciones se obtuvo que el plano de falla tiene una dirección de buzamiento de  $28^{\circ}$  y un buzamiento de  $13^{\circ}$  sin embargo no se descarta la presencia de pequeños pliegues en profundidad.

Los parámetros de resistencia representativos de la arcillolita sobre la superficie de falla son los siguientes:



$$\sigma'_p = 18.5^\circ$$

$$\sigma'_r = 12,5^\circ$$

Un factor que influyó en la disminución de los parámetros de resistencia del material, fue la pérdida de succión de la arcillolita al entrar en contacto con el agua.

El desarrollo del movimiento en masa que afecta El Espino y Cerro del Diamante se ve fuertemente influido por las propiedades de los materiales –ubicados en zonas de fallas o cerca de ellas con bajos parámetros de resistencia al corte en condición residual - y la disposición de los mismos – intercalaciones de arcillolitas y areniscas fracturadas que descansan en un estrato de arcillolita compacta, con buzamientos muy cercanos a las pendientes de las laderas siguiendo una disposición similar a la topografía del terreno. Sin embargo se ha visto durante el estudio que la intervención antrópica ha sido decisiva en la detonación del fenómeno en lo que se refiere a la instalación de sistemas de redes de acueducto y aguas servidas que posteriormente han sufrido roturas provocando fugas considerables. Uno de los ejes de las redes instaladas coincide con el eje del escarpe principal del movimiento, que según habitantes del sector fue construido realizando explosiones. La influencia de la lluvia como detonante del movimiento principal no es considerable, sin embargo esta ha llegado a acelerar movimientos.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones se realizó una zonificación de la amenaza por movimientos en masa, en escala 1:1.000, teniendo en cuenta los movimientos que afectan la ladera, su génesis, estado y actividad, tipo de material involucrado, así como su afectación a la comunidad. Se realizó también la evaluación de las zonas ladera arriba del movimiento principal que pueden llegar a inestabilizarse por efectos sísmicos y por la continuación de la acción antrópica - continuo rompimiento de tuberías que como se explicó anteriormente afectan las propiedades de los materiales y la carga del terreno – (Mapa ES 9). Los análisis de estabilidad muestran que futuros rompimientos de tubos podrán generar el fallamiento de un bloque de 100 metros de longitud ladera arriba de la grieta que delimita el bloque C, mientras que el efecto de un sismo, dependiendo de la aceleración máxima, la longitud afectada fluctuará entre 30 y 200 metros.

Sobre el perfil C-C' se hizo un análisis de deformabilidad mediante la modelación con elementos finitos donde se halló que los resultados generados son similares al comportamiento real del deslizamiento en cuanto a desplazamientos se refiere, entendiéndose esta conclusión como una calibración del modelo analizado. Sobre el perfil C-C' se pudo verificar que los desplazamientos se presentaba en mayor cantidad hacia el sector de San Rafael; Estos desplazamientos se presentan a partir del escarpe principal, coincidiendo bastante bien con lo observado en campo y teniendo como valor promedio de 15.0 metros.

## 9.2 RECOMENDACIONES DE MEDIDAS Y OBRAS DE MITIGACIÓN

Con base en los resultados del estudio, se sugieren enseguida algunas medidas generales para la mitigación del riesgo en la zona del estudio y sectores aledaños. Ellas se han dividido en inmediatas y a corto o mediano plazo, siendo las primeras aquellas que deben implementarse en el menor tiempo posible y las segundas las que tomarían un mayor tiempo debido a que requieren un diseño detallado. Las primeras tienen el objeto principal de controlar parcialmente las aguas de infiltración que actúan como detonante del movimiento y evitar que este se acelere, pero que no garantizan la estabilización del terreno. Las segundas corresponden a la solución definitiva, tomando en cuenta la ocurrencia de eventos extraordinarios como lluvias y sismos fuertes. Es importante aclarar que las obras que se proponen deben ser estudiadas y diseñadas con el detalle requerido.

En la **Tabla 9.1** se presenta una sectorización de la zona teniendo en cuenta criterios de estabilidad y algunas de las posibles medidas y obras de mitigación de riesgos a inmediato y mediano o largo plazo, aplicables a cada uno de los sectores. En el **Mapa ES 10** se observa la distribución de estos y la posible ubicación de algunas obras de mitigación propuestas.

### 9.2.1 MEDIDAS INMEDIATAS

- Realizar un levantamiento detallado de todas las redes de instalaciones hidráulicas y sanitarias con el objeto de identificar escapes y rectificarlos, o eliminar totalmente los conductos defectuosos. Durante visitas realizadas en el mes de Mayo de 2003, se observaron algunos tubos de alcantarillado con fugas de caudales importantes.
- Impermeabilizar las superficies a la intemperie ladera arriba de la grieta incipiente, principalmente las vías, con el objeto de evitar cualquier infiltración. Esto se debe complementar con una red de zanjias o cunetas también impermeables y en materiales muy flexibles. Se debe asegurar que estos conductos entreguen el agua recolectada en alguna de las quebradas naturales que bordean el deslizamiento, mediante una estructura de entrega adecuada que evite la socavación del terreno.
- Sellar con materiales arcillosos todas las grietas ladera arriba del escarpe principal, sectores II y III del **Mapa ES 10**

SECTOR	CONDICIÓN DE ESTABILIDAD	MEDIDAS DE MITIGACION	
		INMEDIATAS	MEDIANO Y LARGO PLAZO
I	<p>ZONA MUY INESTABLE – MOVIMIENTO ACTIVO</p> <p>Zonas muy inestables en las que el terreno presenta movimientos considerables continuos o discontinuos en el tiempo.</p> <p>Se estima que en el futuro continúen estos movimientos tal como se han venido presentando y aún se agraven en caso de eventos detonantes extraordinarios como lluvias o sismos fuertes.</p>	<p>Realizar un levantamiento detallado de instalaciones hidráulicas y sanitarias para identificar escapes, rectificarlos o sellarlos.</p> <p>Impermeabilizar las superficies a la intemperie para evitar infiltraciones y complementar con red de zanjas o cunetas impermeables y flexibles.</p> <p>Reconformar los cauces de las quebradas. Es recomendable suspender toda actividad humana para proteger la vida y bienes de dichas personas.</p> <p>Inspeccionar los antiguos túneles de minería y determinar su posible uso como galerías de drenaje.</p> <p>Mantener el monitoreo de la instrumentación instalada.</p> <p>No se recomienda ninguna intervención que involucre movimiento de tierras hasta no garantizar la estabilidad de los Sectores II y III, a menos que se trate de una reconformación superficial para manejo de aguas.</p>	<p>Reconformación del terreno mediante terraceo. Debe complementarse con obras de drenaje superficial, profundo y revegetalización. Eventualmente esta alternativa requerirá de un muro de contención o la construcción de un contrapeso a lo largo de la pata del deslizamiento, empleando para ello el mismo material del derrumbe. Esta solución debe ser diseñada con detalle teniendo en cuenta que uno de los flancos de la presa puede presentar desplazamiento (Barrio San Rafael – Inclinómetro 6)</p> <p>De acuerdo con los resultados de la inspección de los antiguos túneles de minería, estos pueden ser empleados como galerías de drenaje para ayudar a estabilizar la ladera</p>
II	<p>ZONA INESTABLE</p> <p>Zona inestable en la que se han medido movimientos incipientes del terreno. Son áreas de influencia directa de los movimientos del Sector I, las cuales se caracterizan por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los movimientos son evidentes aunque de menor magnitud que los del Sector I.</li> <li>-</li> <li>- El terreno presenta</li> </ul>	<p>Sellar todas las grietas con materiales arcillosos.</p> <p>Realizar un levantamiento detallado de instalaciones hidráulicas y sanitarias para identificar escapes, rectificarlos o sellarlos.</p> <p>Impermeabilizar las superficies a la intemperie para evitar infiltraciones.</p> <p>Complementar con red de zanjas o cunetas impermeables y flexibles.</p>	<p>Reconformación del terreno mediante terraceo. Debe complementarse con obras de drenaje superficial, profundo y revegetalización. Eventualmente esta alternativa requerirá de un muro de contención o la construcción de un contrapeso a lo largo de la pata del deslizamiento, empleando para ello el mismo material del derrumbe. Esta solución debe ser diseñada con detalle teniendo en cuenta que uno de los flancos de la presa puede presentar desplazamiento (Barrio San Rafael – Inclinómetro 6)</p>

		<p>agrietamientos y deformaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>- Terrenos cuya estabilidad está en función directa de las estabilidad del Sector I.</li> <li>-</li> </ul> <p>En vista de que el movimiento del Sector I puede aumentar rápidamente, la estabilidad en este sector puede disminuir drásticamente.</p>	<p>Reconformar los cauces de las quebradas.</p> <p>Es recomendable suspender toda actividad humana para proteger la vida y bienes de dichas personas.</p> <p>Inspeccionar los antiguos túneles de minería y determinar su posible uso como galerías de drenaje.</p> <p>Mantener el monitoreo de la instrumentación instalada.</p>	<p>De acuerdo con los resultados de la inspección de los antiguos túneles de minería, estos pueden ser empleados como galerías de drenaje para ayudar a estabilizar la ladera</p>
10	ZONA DE ESTABILIDAD MARGINAL	<p>Zonas cuya estabilidad está condicionada a la dinámica de los Sectores I y II, y a la ocurrencia de eventos extremos o la implementación de las medidas de mitigación propuestas.</p> <p>Sobre estas zonas aún no hay evidencia de inestabilidad pero dado el avance retrogresivo del movimiento, podrían fallar siguiendo un patrón semejante al de los Sectores I y II especialmente en caso de eventos extremos como lluvias o sismos fuertes.</p>	<p>Sellar todas las grietas con materiales arcillosos.</p> <p>Reconformar los cauces de las quebradas.</p> <p>Es recomendable suspender toda actividad humana para proteger la vida y bienes de dichas personas.</p> <p>Inspeccionar los antiguos túneles de minería y determinar su posible uso como galerías de drenaje.</p> <p>Mantener el monitoreo de la instrumentación instalada.</p>	<p>Estabilización mediante la utilización de anclajes o pilotes empotrados en la roca. El número, distribución, longitud y demás detalles del sistema de refuerzo deberá diseñarse para la condición más crítica de agua y sismo.</p> <p>De acuerdo con los resultados de la inspección de los antiguos túneles de minería, estos pueden ser empleados como galerías de drenaje para ayudar a estabilizar la ladera</p>
11	ZONA ESTABLE CON POTENCIAL DE DAÑO INDIRECTO	<p>Zonas que corresponden a terrenos que se estiman estables pero que pueden ser muy afectadas por el material proveniente de sectores inestables.</p> <p>En el corto plazo serán los sectores más afectados aún con movimientos moderados.</p>	<p>Es recomendable suspender toda actividad humana para proteger la vida y bienes de dichas personas.</p>	

**Tabla 9.1** Sectorización de la zona teniendo en cuenta criterios de estabilidad y posibles medidas y obras de mitigación

- Reconformar los cauces de la quebradas Santa Rita y Santo Domingo con el objeto de controlar posibles flujos de lodos y detritos, sería recomendable la construcción de pequeñas presas transversales de retención, aguas abajo de las quebradas, especialmente de la Quebrada Santa Rita. Esto requerirá una evaluación geotécnica e hidráulica de las condiciones de los cauces para determinar el número, distribución, localización y dimensiones de estas presas.
- Inspeccionar los antiguos túneles de minería y determinar su alineamiento y dimensiones con el objeto de evaluar su eventual uso como galerías de drenaje.
- Mantener el monitoreo y ampliar la instrumentación en algunos sectores vecinos como el barrio Rincón del Porvenir.
- Por el momento no es recomendable ninguna intervención que involucre movimiento de tierras en los sectores I y II del **Mapa ES 10**, a menos que se trate de una reconformación superficial para manejo de aguas.
- Es recomendable suspender toda actividad humana en los Sectores I, II, III y IV, bien sea para evitar que estas actividades exacerben el movimiento o para proteger la vida de quienes las realizan. Los asentamientos futuros en dichos Sectores dependen de la realización de obras que garanticen su estabilidad.

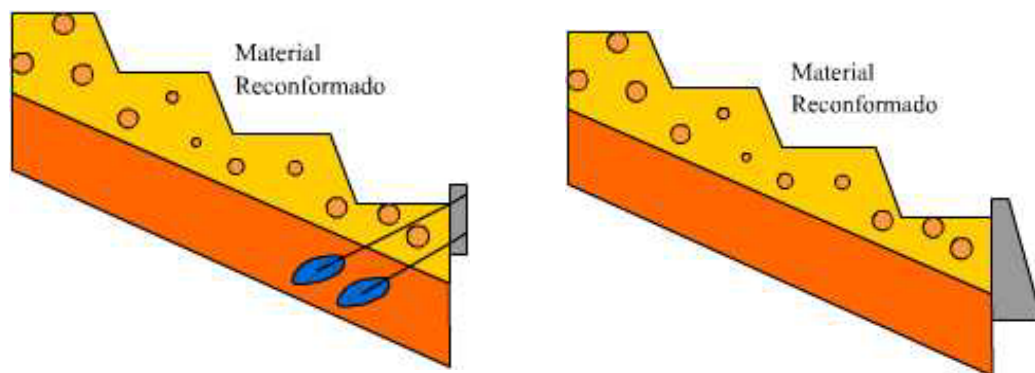
### 9.2.2 RECOMENDACIONES A MEDIANO Y LARGO PLAZO

Para estas medidas se ha tenido en cuenta que el terreno por arriba de la llamada “Grieta Incipiente”, corresponde a un bloque rocoso cuyo mecanismo de falla probable sería un deslizamiento traslacional a lo largo del contacto arenisca/arcillolita compacta, tal como ha ocurrido en la zona actualmente inestable. Por su parte, el terreno en esta zona inestable limitada por la grieta incipiente hasta el escarpe principal, se compone de una serie de bloques rocosos formados a partir de la ruptura del macizo rocoso original. Y del escarpe principal hacia abajo, se trataría principalmente de un material de suelo y roca desplazado conformado por areniscas muy fracturadas con intercalaciones de arcillolitas y algunos suelos residuales que las sobreyacen.

- Estabilización del sector III del **Mapa ES 10** (ladera arriba de la grieta incipiente) mediante la utilización de pilotes empotrados en la roca. El número, distribución, longitud y demás detalles del sistema de refuerzo deberá diseñarse para la condición más crítica de agua y sismo.
- Reconformación del terreno mediante terraceo en los Sectores I y II del **Mapa ES 10**. Este debe complementarse con obras de drenaje superficial, drenaje profundo y revegetalización. Eventualmente, esta alternativa requerirá de un muro de contención como se muestra en la **Figura 9.1**, o la construcción de un contrapeso a lo largo de la pata del deslizamiento, empleando para ello el mismo material del derrumbe. Al igual que la recomendación anterior esta solución

debe ser diseñada con detalle, teniendo en cuenta que uno de los flancos de la presa puede presentar desplazamiento ( Barrio San Rafael – Inclínómetro 6)

- De acuerdo con los resultados de la inspección de los antiguos túneles de minería, estos pueden ser empleados como galerías de drenaje para ayudar a estabilizar la ladera.



**Figura 9.1** Esquema de la estructura de contención (El muro debe cimentarse en material rocoso fresco y estable)

Desafortunadamente, desde un principio no se tuvo en cuenta la interrelación que podía tener el movimiento con las zonas adyacentes, y realmente, el área de estudio se quedó pequeña frente a la magnitud del problema. Aunque el estudio siempre se orientó a determinar la amenaza dado el carácter retrogresivo del mismo, surgieron problemas adicionales como el efecto sobre el Barrio San Rafael, interrelación con el deslizamiento de la Carbonera y aún más importante, cuál es el comportamiento de los depósitos ubicados en la parte inferior ante un sismo (amenaza sobre el barrio El Rodeo). Se hace especial énfasis, en los depósitos inferiores, ya que al saturarse el comportamiento es el de un flujo y la distancia recorrida por el mismo es motivo de investigación con el fin de evaluar el área de amenaza de manera más confiable.

Aunque se tienen definidos los correctivos de manera general, para el presente estudio, no se ha tenido en cuenta el efecto de la Carbonera sobre El Espino, el cual puede ser muy importante, requiriéndose validar algunas de las hipótesis mencionadas con anterioridad.

Por último, se recomienda seguir con el plan de instrumentación adelantado por INGEOMINAS, con el fin de medir posibles tendencias del movimiento debido a que esta instrumentación es costosa y por ningún motivo se debe abandonar, y más ahora cuando se acerca un nuevo período invernal.

---

## CAPITULO 10

---

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. K. (1984). Predicting ground-water response to precipitation. *Journal of Geotechnical Engineering*, 110(7):957—975.

Bates, R.L, Jackson J. A., 1980, *Glossary of Geology*, 2nd de. American Geological Institute, Falls church, Va., 751 pp.

Babuska, 1971 Babuska, I. (1971). Error bounds for finite element methods. *Num. Math.*, pages 322—333.

Biot, 1941 Biot, M. A. (1941). General theory of three dimensional consolidation. *J. Appl. Physics*. 12, pages 155—164.

Biot, 1955 Biot, M. A. (1955). Theory of elasticity and consolidation for a porous anisotropic solid. *J. Appl. Physics*. 26, pages 182—185.

Biot, 1956 Biot, M. A. (1956). Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid. part i: Low frequency range. part ii: higher frequency range. *J. Acoust. Soc. Am.* 28, pages 168—191.

Brezzi, 1990 Brezzi, F., B. K. J. (1990). A discourse on the stability condition for mixed finite elements formulations. *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.*, 82, pages 27—57.

Caro P. y García J., 1988, *Zonificación Geotécnica de Bogotá*, Ingeominas, Bogotá.

Consortio Civiles Ltda & Hidroconsulta Ltda, 1999, *Estudio geotécnico, evaluación de alternativas de medidas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas paraestabilizar la zona comprendida entre las quebradas Santo Domingo y Santa Rita, Barrio El Espino, Localidad Ciudad Bolívar, Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE, Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá, Santafé de Bogotá.*

Clements T.S.F., *La falla de Bogotá, Colombia, Suramerica. Servicio Geológico Nacional. Informe No69, Santafé de Bogotá.*

Convenio Interadministrativo Corpes-Ingeominas-Gobernación de Cundinamarca, 1998, *Informe de Geología del Mapa de Amenazas Geológicas por Erosión y Remoción en Masa del Departamento de Cundinamarca - Fase II, Bogotá.*

Cimoc (Centro de Investigación en materiales y obras civiles, UNIANDES), 2001. Monitoreo y seguimiento de fenómenos de remoción en masa de los barrios San Antonio del mirador, Santa Helena y Santa Viviana de la ciudad de Bogotá, DC, Informe Final presentado a la DPAE, Dirección de prevención y Atención de Emergencias. Contrato CCS-273/2000. Universidad de Los Andes, Bogotá.

Chan, 1988 Chan, A. (1988). A unified finite element solution to static and dynamic problems in Geomechanics. PhD thesis, University College of Swansea, UK.

Durán R. y Mójica P., 1981, Evaluación de reservas de carbón en siete zonas de Colombia, Ingeominas, Santafé de Bogotá.

Dunniclif., J. And Green, G (1993) Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance. Jhon Wiley & Sons.

Dwight et al., 1984 Dwight, A., Sangrey, Kingsley, O., Harrop-Williams, and Je.rey,

EAAB, 2002 EAAB, E. (2002). Información hidrometereorológica. estaciones con referencia a la cuenca del río tunjuelo. Technical report, Empresa de Acueducto Alcantarillado de Bogotá.

Goldschmidt, 1960 Goldschmidt (1960). Hydrometeorological methods of quantitative estimation of annual underground water replenishment. Internacional Associate of Science Hydrology, (52):272—278.

Geotecnia & Cimentaciones (2001) . Diseño, Instalación y Monitoreo de Instrumentación para zonas inestables en el Espino — Ciudad Bolívar, DPAE.

Green, 1969 Green, A. E. (1969). On basic equations for mixtures. Q. J. Mech. Appl. Math. 22, pages 428—438. 12

Hoek and Bray, 1977 Hoek, E. and Bray, J. (1977). Rock slope engineering. Technical report, Institutions of Mining and Matellurgy, London.

Horton, 1940 Horton, R. (1940). An approach towards a physical interpretation of infiltration capacity. Soil science society of America proceedings, (5):399—417.

Hettner A, 1892. Die Kordillere von Bogotá. Peterm. Mitt., Erg.-Bd. 22, Heft No104, 131 pp., 9 fig., 2 Taf. ( Kart., Prof.).

Hubach E, 1931b. - Geología Petrolífera del Dpto de Norte de Santander. Serv. Geol. Nal., Informe No 176 (inédito), parte A, pp. 1-218; parte B, pp. 219-416; parte C (láminas)), 26 lám., Bogotá.

Hubach E, 1945c (escrito en 1933). - La región de Panga Panga, al noreste de Choachí (Cundinamarca). Ibid., t. 6, pp. 27-37, 1 foto, lám VII-IX, Bogotá.



Hubach E, 1957a (escrito en 1951). - Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Bol. Geol., Inst. Geol. Nal., Vol.5, No 2, pp. 93-112, 2 lám., Bogotá.

Hubach E. y Alvarado B., 1932a. - Estudios geológicos en la ruta Popayán-Bogotá. Serv. Geol. Nal., informe No 213 (inédito), 132 pp., 1 mapa. f. t., Bogotá.

INGEOMINAS, 1955, Evaluación de Susceptibilidad y Amenaza Preliminar en las localidades de Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe, Usme y San Cristóbal, Santafé de Bogotá.

INGEOMINAS, 1997, Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá (Mapa geológico 1:50.000).

Ingeocim, (1997). Zonificación de riesgo por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santafé de Bogotá. Technical report, FOPAE. Bogota D.C.

INVIAS, 1998. Manual de Estabilidad de Taludes. Editorial de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, 1998.

Jonson, 1977 Jonson, K. H. (1977). A predictive method for groundwater levels. Master's thesis, University Ithaca, N.Y.

Julivert M., 1965. Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de las estructuras. Ibid., No 13-14, 1 vol. texto, pp. 1-104. 31 fig., 2 lám.; 1 vol. mapas, 4 mapas, 2 lám., Bucaramanga.

Julivert M., 1968, Léxico Estratigráfico Internacional, Volumen V, Unión Internacional de Ciencias Geológicas.

Muñoz, F. (2001). "Perspectivas para la evaluación de Amenazas y Riesgos Geológicos en INGEOMINAS – Colombia." III Simposio Panamericano de Deslizamientos, Cartagena, Colombia. Julio de 2001.

Newmark, 1959 Newmark, N. M. (1959). A method of computation for structural dynamics. Proc. Am. Soc. Civ. Engrs. 8, pages 67—94.

Priest, 1993] Priest, S. (1993). Discontinuity Analysis for Rock Engineering. Chapman Hall.

[Thorntwaite, 1948] Thorntwaite, C. (1948). An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, (38):55—94.

Renzoni G., 1962, Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este-sureste de Bogotá. Boletín geológico, Servicio Geológico Nacional, Volumen X, No1-3, pp 59-79 Santafé de Bogotá D.C.

Suárez J., 1998, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, Bucaramanga.

Varnes, D.J., 1978. Slope movements types and processes, Special report 176: Landslides: Analysis and control (R.L. Schuster and R.J. Krizek, EDS), TRB, National research council, Washington D.C. pp. 11-33.

Xie, 1990 Xie, Y. M. (1990). Finite element solution and adaptative analysis for static and dynamics problems of saturated - unsaturated porous media. PhD thesis, University College of Swansea.

Zienkiewics, 1982 Zienkiewics, O. C. (1982). Basic formulations of static and dynamic behavior of soil and other porous material. In Numerical Methods in Geomechanics, chapter 2, pages 12—48. J. B. Martin.

Zienkiewicz, 1980 Zienkiewicz, O. C., C. C. T. B. P. (1980). Drained, undrained, consolidation dynamic behavior assumptions in soils. Geotechnique, 30, pages 385—395.

Zienkiewicz, 1984 Zienkiewicz, O. C., S. T. (1984). Dynamic behavior of saturated porous media: The generalised biot formulation and its numerical solutions. Int. J. Num. Analyt. Meth. Geomech. 8, pages 71—96.13



Convenio 076/2002



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

## **ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR DESLIZAMIENTO DE LOS BARRIOS EL ESPINO Y CERROS DEL DIAMANTE, CIUDAD BOLIVAR - BOGOTÁ**



**INFORME FINAL**

**A N E X O S**

Bogotá D. C., mayo de 2003

República de Colombia  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIÉNTIFICA,  
MINERO - AMBIENTAL Y NUCLEAR - INGEOMINAS

**SUBDIRECCIÓN DE AMENAZAS GEOAMBIENTALES**

## **ANEXO 5.1**

**REGISTRO DE PERFORACION PROYECTO EL ESPINO**

**POZO No.**

**1**

**FECHA: 25/04/2002**

Muestra	Profundidad (m)		DESCRIPCIÓN
	DESDE	HASTA	
1	0,0	0,6	Suelo residual arenoso gris algo oxidado, con gravas angulosas, consistencia blanda- firme,seco.
2	0,6	2,2	Arcillolita abigarrada, compacta, maleable, con cantos y fragmentos angulares hasta de 4 cm de arenisca cuarzosa, gris clara, grano fino a medio, friable.
3	2,2	3,4	Arenisca gris oscura embebida en matriz arcillosa blanda color gris claro.
4	3,4	4,5	Fragmentos de arenisca gris embebidos en matriz arcillosa amarilla algo oxidada ,seca.
5	4,5	5,1	Arenisca gris de consistencia firme algo oxidada,seca
6	5,1	7,3	Arenisca gris oscura de consistencia firme algo oxidada,seca, con matriz arcillosa escasa
7	7,3	7,6	Arcillolita gris clara con fragmentos de arenisca, algo oxidada, ligeramente húmeda.
8	7,6	9,8	Arenisca cuarzosa color gris claro, altamente fracturada, con fracturas rellenas de arcilla
9	9,8	12,2	Arenisca cuarzosa color gris de consistencia firme algo oxidada, seca, poca fracturación
10	12,2	14,4	Arcillolita gris clara amarillenta blanda con tintes rojizos, contiene inclusiones de fragmentos angulares de arenisca cuarzosa
11	14,4	16,9	Arcillolita gris clara amarillenta, con tintes rojizos, blanda, maleable. En algunos sectores se vuelve más dura debido a costras de oxidación presentes hacia la superficie, de colores marrón a rojo oscuro.
12	16,9	18,9	Arcillolita gris con tintes amarillentos, blanda, maleable, con presencia esporádica de fragmentos angulares de arcillolita silíceas hasta de 1 cm, marrón oscuro, dura.
13	18,9	20,4	Arcillolita gris clara, con tintes amarillos, blanda, con fragmentos esporádicos de arcillolita dura, marrón oscuro (oxidada). En algunos tramos la arcillolita se vuelve más dura y compacta.
14	20,4	21,4	Arcillolita oscura, compacta, dura, rica en materia orgánica, hacia la base presenta laminillas de carbón intercaladas. También se observan estrías de fallamiento que afectan la roca.
15	21,4	21,7	Arcillolita gris oscura blanda, maleable con presencia de materia orgánica, no presenta fracturación marcada.
16	21,7	22,3	Arcillolita gris con algunos fragmentos de arenisca gris oscura,consistencia firme, ligeramente húmeda.
17	22,3	24,4	Arcillolita gris clara, consistencia media, seca
18	24,4	26,3	Arcillolita gris oscura consistencia media, húmeda.
19	26,3	27,0	Arcillolita color café amarillento compacta y de estratificación gruesa (1 – 2 mm)
	27,0	27,1	Carbón
20	27,0	30,1	Arcillolita gris oscura de consistencia firme,algo oxidada,ligeramente húmeda.

**REGISTRO DE PERFORACION PROYECTO EL ESPINO**

**POZO No.**

**2**

**FECHA: 04/05/2002**

Muestra	Profundidad (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
<b>1</b>	<b>1,3</b>	<b>3,15</b>	Arenisca cuarzosa color pardo con betas blancas, grano fino redondeado a subredondeado
<b>2</b>	<b>3,15</b>	<b>4,7</b>	Fragmentos de arenisca embebidos en matriz arcillosa
<b>3</b>	<b>4,7</b>	<b>7,65</b>	Arenisca cuarzosa, gris clara amarillenta, con tonalidades rojizas y marrones oscuras debido a la oxidación, matriz arcillosa escasa. La roca es dura, con fracturamiento a lo largo del cual hay relleno de material arcilloso, marrón oscuro.
<b>4</b>	<b>7,65</b>	<b>8,5</b>	Arcillolita gris clara algo oxidada, presencia de gravas angulares, ligeramente húmeda.
<b>5</b>	<b>8,5</b>	<b>9,3</b>	Arcillolita gris amarillenta, planos de estratificación, algo oxidada, seca.
<b>6</b>	<b>9,3</b>	<b>12,1</b>	Arcillolita gris clara amarillenta, blanda presenta planos de estratificación, muy fracturada, algo oxidada, seca.
<b>7</b>	<b>12,1</b>	<b>12,8</b>	Arcillolita amarillo rojizo con betas color morado, fracturada consistencia media-firme, algo oxidada, seca.
<b>8</b>	<b>12,8</b>	<b>14,4</b>	Arcillolita gris oscura con fragmentos granulares de arenisca cuarzosa, algo oxidada, ligeramente húmeda.
	<b>14,4</b>	<b>15,1</b>	Arenisca cuarzosa gris clara con tintes marrones por oxidación, intercalada con niveles delgados de arcillolita marrón
<b>9</b>	<b>15,1</b>	<b>17</b>	Arcillolita amarilla totalmente blanda algo oxidada con gravas angulares de arenisca y arcillolita marrón, seca.
<b>10</b>	<b>17</b>	<b>18,5</b>	Arcillolita gris clara de consistencia firme algo oxidada, seca.
	<b>18,5</b>	<b>19,8</b>	Arcillolita gris clara, con tintes amarillentos y rojizos, medianamente compacta, maleable. En los primeros 0.70 m se presentan láminas intercaladas de colores amarillo y gris. También se observan estrías oxidadas de fallamiento y esporádicamente se encuentran fragmentos angulares hasta de 0.5 cm de arcillolita silíceas, dura, marrón oscura, oxidada.
<b>11</b>	<b>19,8</b>	<b>20,8</b>	Arcillolita gris oscura con planos de estratificación, consistencia firme pero fracturada, algo oxidada, seca.
	<b>20,8</b>	<b>22,6</b>	Arenisca cuarzosa, amarilla a parda, de grano medio a grueso, subangular a subredondeado, con matriz arcillosa escasa. La roca es dura con baja incidencia de fracturación.
<b>12</b>	<b>22,6</b>	<b>24</b>	Arena suelta, cuarzosa, de color marrón, hacia la parte media superior presenta principalmente fragmentos hasta de 3cm de arcillolita negra, rica en materia orgánica, con tintes carbonosos.
<b>13</b>	<b>24</b>	<b>25,6</b>	Arcillolita gris, medianamente compacta, con presencia esporádica de materia orgánica principalmente hacia el tope.
<b>14</b>	<b>25,6</b>	<b>28,9</b>	Arcillolita café amarillenta oscura, consistencia firme, seca.

**REGISTRO DE PERFORACION PROYECTO EL ESPINO**

POZO No.

3

FECHA: 10/05/2002

Muestra	Prof. (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
1	0	7,14	Arenisca cuarzosa gris amarillenta, muy fracturada, friable en alguno: tramos, algo oxidada, matriz arcillosa escasa, seca.
2	7,14	7,26	Arcillolita gris con bandas amarillas por oxidación, blanda, masiva. Hacia la base se presentan láminas intercaladas de colores grises claras y amarillentas.
3	7,26	8,17	Arenisca gris parda con intercalaciones de arcillolita gris, bandas café ligeramente húmeda.
3A	8,17	9,1	Arenisca gris parda con intercalaciones de arcillolita gris, bandas café ligeramente húmeda.
3B	9,1	10	Arenisca gris parda con intercalaciones de arcillolita gris, bandas café ligeramente húmeda.
4	10,6	12,6	Arenisca cuarzosa gris parda, bandas marrón algo oxidada, compacta, seca.
5	12,6	14,1	Arenisca con intercalaciones de arcillolita gris parda banda: café, ligeramente húmeda.
6	14,1	15,28	Arenisca cuarzosa gris verdosa con intercalaciones de arcillolita: gris, seca.
6A	15,28	16,45	Arenisca cuarzosa gris verdosa con intercalaciones de arcillolita: gris, seca.
6B	16,45	17,62	Arenisca cuarzosa gris verdosa con intercalaciones de arcillolita: gris, seca.
6C	17,62	18,8	Arenisca cuarzosa gris verdosa con intercalaciones de arcillolita: gris, seca.
7	18,8	21,4	Arenisca gris parda poco friable muy fracturada, con intercalaciones de arcillolita gris, seca.
8	21,4	25,8	Arenisca parda bandas café, consistencia firme, fracturada al final de tramo, seca.
9	25,8	27,4	Arcillolita gris parda, compacta, consistencia firme, seca.
10	27,4	27,6	Arcillolita gris parda en matriz orgánica carbonosa, algo oxidada, seca.
11	27,6	28	Arcillolita gris compacta, consistencia firme, seca.
12	28	28,9	Arcillolita gris compacta algo oxidada, seca.
13	28,9	30,4	Arcillolita café amarillenta oscura puntos de oxidación, seca.

**REGISTRO DE PERFORACION PROYECTO EL ESPINO**

POZO No.

4

FECHA: 15/05/2002

Muestra	Prof. (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
1	0	4,6	Areniscas embebidas en matriz arcillosa. R=34 cm
2	4,6	5,6	Areniscas color café amarillento claro fracturado. R= 18 cm
3	5,6	8	Arenisca con intercalaciones arcillolitas muy fracturada. R= 55 cm color amarillenta.
	8	8,3	Arenisca triturada en matriz arcillosa color café - amarillenta.
4	8,3	8,36	Arcillolita blanda color gris claro con fragmentos de arenisca.
5	8,36	8,6	Arenisca gris parda, bandas cafés,seca.
6	8,6	8,8	Arcillolita color café amarillento oscuro con fragmentos arenisca angulares de 2-3 cm.
7	8,8	8,9	Arenisca color gris claro con bandas de arcilla de 1-2 mm presenta puntos negros.
8	8,9	9,2	Arcillolita color gris claro, seca compacta.
9	9,2	9,25	Polvo de arcilla seca color habano oscuro con fragmentos arcillosos.
10	9,25	10	Arenisca gris parda, bandas cafés,algo oxidada,seca.
11	10	10,9	Arenisca gris amarillenta consistencia firme algo oxidada,seca.
12	10,9	12,85	Arenisca cuarzosa color gris amarillenta fracturada dura.
	12,85	13,28	Areniscas embebidas en matriz arcillosa.
13	13,28	16,3	Arenisca cuarzosa color gris claro con bandas cafés, presenta en su tramo medio discontinuidades rellenas de material arcilloso.
14	16,3	19,2	Arenisca color habano oscuro oxidada, altamente fracturada y con vestigios de arcilla. Cementada.
15	19,2	20,5	Arcillolita color gris claro con bandas habanas. Compacta.
16	20,5	20,7	Areniscas color gris oscuro algo oxidado presentan planos de estratificación gruesos entre 1-2 mm.
17	20,7	21,2	Arenisca color gris claro con bandas cafés, compacta dura.
18	21,2	23,8	Arcillolita color gris claro, húmeda compacta.



**REGISTRO DE PERFORACION PROYECTO EL ESPINO**

POZO No.

5

FECHA: 20/05/2002

Muestra	Prof (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
1	0,0	0,5	Suelo residual areno-limoso color café oscuro. Con presencia de trazas orgánicas.
2	0,5	0,8	Arcillolita gris clara algo oxidada seca
3	0,8	2,2	Areniscas altamente fracturada color gris claro. No se recuperó.
4	2,2	2,7	Arcillolita gris clara algo oxidada de baja plasticidad, seca
5	2,7	3,3	Arenisca color gris claro altamente fracturada con presencia de material arcilloso.
6	3,3	3,5	Arcillolita color gris claro oxidada consistencia media
	3,5	5,3	Arenisca color gris clara altamente fracturada. R=28 cm
7	5,3	5,8	Arenisca color gris claro con bandas cafés compacta, presenta discontinuidades rellenas con arcilla.
8	5,8	6,2	Arcillolita gris clara oxidada con fragmentos de arenisca en la parte baja.
9	6,2	6,8	Arcillolita color gris pardo húmeda-plástica, consistencia blanda.
10	6,8	7,2	Fragmentos de arenisca embebidos en matriz arcillosa, plastica.
11	7,2	8,1	Arenisca color gris clara pardo con bandas cafés, compacta en los extremos y fracturada hacia el centro.
12	8,1	8,3	Arcillolita gris clara, húmeda, consistencia media alta
13	8,3	11,1	Arenisca color gris amarillenta presenta fracturas rellenas de material arcilloso, poco friable.
13 A	11,1	11,4	Fragmentos de areniscas embebidas en matriz arcillosa
14	11,4	15,4	Arenisca cuarzoza de color gris claro pardo compacta poco friable.
	15,4	15,9	Arenisca cuarzoza color gris pardo altamente fracturada
15	15,9	18,5	Arenisca cuarzoza color gris rojizo, presenta en algunos tramos fracturas rellenas de material arcilloso, presenta bandas color café oscuro compacta y dura.
16	18,5	21,5	Arcillolita color gris claro compacta

POZO No.

6

FECHA: 25/05/2002

Muestra	Prof (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
	0,0	1,6	Suelo residual areno limoso café amarillento oscuro, seco
1	1,6	5,1	Arcillolita con intercalaciones areniscas altamente fracturada color gris claro con betas rojizas.
	5,1	8,4	Arenisca color gris fracturada, recuperación 65 cm
2A	8,4	11,2	Arenisca color gris pardo altamente fracturada
2B	11,2	13,6	Arenisca color gris pardo altamente fracturada
2C	13,6	16,8	Arenisca color gris pardo altamente fracturada
3	16,8	18,4	Arenisca color habano oscuro con bandas cafés, poco friable
3A	18,4	20,0	Arenisca color habano oscuro con bandas cafés, poco friable
3B	20,0	21,6	Arenisca color habano oscuro con bandas cafés, poco friable y altamente fracturada
4	21,6	26,1	Arcillolita gris algo oxidada consistencia firme, fragmentos de arenisca, seca.

**REGISTRO DE PERFORACION PROYECTO EL ESPINO**

POZO No.

7

FECHA: 03/06/2002

Muestra	Prof (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
1	0,0	2,7	Suelo residual areno limoso café oscuro,presencia de raíces,seco.
2	2,7	2,8	Arenisca gris amarillenta algo oxidada,seca
3	2,8	3,3	Arenisca color habano claro friable
4	3,3	3,7	Arenisca friable embebida en matriz areno-limosa
5	3,7	3,8	Arcillolita gris oscura algo oxidada húmeda
6	3,8	4,8	Arcillolita gris seca con bandas de oxidación,presenta planos de estratificación.
	4,8	6,4	Arenisca habana altamente fracturada, recuperación 10 cm
7	6,4	8,0	Arenisca color pardo amarillenta altamente fracturada
8	8,0	8,2	Arcillolita gris húmeda con planos de estratificación
9	8,2	10,9	Arenisca color pardo amarillenta altamente fracturada, presenta diaclasas en varias direcciones.
			Arcillolita con intercalaciones de arenisca color gris amarillenta fracturada.
11	12,5	14,1	Arenisca color pardo amarillenta de consistencia firme poco friable algo oxidada y fracturada.
12	14,1	14,3	Arenisca color pardo amarillento con vetas rojizas , consistencia firme.
13	14,3	17,5	Arenisca color pardo amarillenta muy fracturada friable con presencia de vetas oxidadas.
13A	17,5	20,7	Arenisca color pardo amarillenta muy fracturada friable con presencia de vetas oxidadas.
14	20,7	23,1	Arcillolita gris oscura consistencia firme algo oxidada,seca

POZO No.

8

FECHA: 12/06/2002

Muestra	Prof (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
	0,0	0,5	Suelo residual
1	0,5	2,3	Arcillolita color gris con vetas rojas y pequeñas intercalaciones de arenisca.
2	2,3	3,7	Arenisca color pardo algo fracturada consistencia firme,algo oxidada,ligeramente húmeda.
3	3,7	9,6	Areniscas color pardo muy fracturadas con pequeñas intercalaciones de arcillolita húmeda color gris , blanda.
4	9,6	14,9	Areniscas color pardo amarillenta fracturada, consistencia firme.
5	14,9	16,9	Areniscas color pardo amarillento altamente fracturadas
6	16,9	19,9	Arenisca parda amarilla muy fracturada con intercalaciones de arcillolita gris algo oxidada,seca.
7	19,9	22,4	Arcillolita gris con bandas rojizas consistencia firme,algo oxidada,seca.
8	22,4	22,8	Arenisca parda fracturada consistencia firme algo oxidada,seca.
9	22,8	24,5	Arcillolita parda rojiza,consistencia firme,algo oxidada,seca
10	24,5	28,3	Arcillolita gris oscura consistencia firme ligeramente húmeda.
	28,3	28,9	Carbón
11	28,9	30,1	Arcillolita gris oscura consistencia firme algo oxidada,ligeramente húmeda.

**REGISTRO DE PERFORACION PROYECTO EL ESPINO**

POZO No.

9

FECHA: 01/02/2003

Muestra	Prof (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
	0,0	0,2	Materia orgánico
	0,2	3,0	Material de recebo con fragmentos de roca, color rojizo
1	3,0	5,3	Arcilla habana arcilla-arenosa gris
	5,3	6,8	Arcilla arenosa amarilla
2	6,8	8,2	Arenisco amarillo con tamaño del núcleo menor a rocas. Presencia a discontinuidad 1 núcleo.
3	8,2	8,3	Arcillolito gris
	8,3	9,0	Arenisco muy fracturado
4	9,0	10,5	Arena amarilla que tiende a fluir hacia la perforación. Toma un color rojizo
5	10,5	12,3	Fragmentos de arenisca muy fracturados. Arcillolita gris habana.
	12,3	13,0	Arenisca amarilla friable
	13,0	13,4	Arena arcillosa amarilla
6	13,4	14,9	Arenisca amarilla muy friable
7	14,9	20,3	Arenisca tamaño > 30 cm, se torna rojizo, muy fracturado, arenisco de grano más fino y compacta
	20,3	20,5	Arcillolita amarillo
8,9	20,5	25,4	Arcillolita habano gris clara, arcillolita habano
	25,4	26,0	
10	26,0	26,5	Arcillolita rojiza
11	26,5	29,0	Arcillolita amarillo - habana
	29,0	30,7	A. Carbón
12, 13	30,7	33,0	Arcillolita gris muy expansiva ocasiona problemas perforación.
14	33,0	36,0	Carbón
15	36,0	37,7	Arcillolita gris

POZO No.

10

FECHA: 01/02/2003

Muestra	Prof (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
	0,0	0,7	Arcilla negra con fragmentos de grava
	0,7	2,0	Recebo amarillo
	2,0	4,0	Arenisca amarilla muy fracturada
1	4,0	4,4	Arcillolita gris
	4,4	5,0	Arcillolita gris con fragmentos de arenisco rojiza
	5,0	5,6	Arcillolita gris muy plástica
2	5,6	8,4	Arenisca gris a rojizo muy fracturada con pequeñas intercalaciones de arcilla gris
	8,4	9,3	Arcillolita gris
3	9,3	13,4	Arenisca con intercalaciones de arcillolita, el espesor de la arcillolito 1.5 cms potencial capa de debilidad. Tamaño del núcleo > 10 cm.
4	13,4	14,0	Arcillolita gris
	14,0	14,45	Arcillolita gris con fragmentos de arenisca
	14,45	15,35	Arenisca rojiza fracturada con intercalaciones de arcillolita
5	15,35	15,95	Arcillolita gris
6	15,95	19,2	Arcillolita gris con oxidacione, consistencia dura ligeramente húmeda..

**REGISTRO DE PERFORACION PROYECTO EL ESPINO**

POZO No.

11

FECHA: 01/02/2003

Muestra	Prof (m)		DESCRIPCIÓN
	desde	hasta	
	0,0	1,8	Recebo - arcilla limosa en fragmentos de grava
1, 2	1,8	9,0	Arenica amarilla fracturada se recupero testigo >30 cm posiblemente bloque aislado 5.70 a 90 se encuentra muy fracturado
3	9,0	10,0	Arcillolita habana clara
4	10,0	10,4	Arenisca blanca de grano grueso
5	10,4	10,7	Arenisca rojiza fracturada
6	10,7	11,3	Arcillolita negra
7	11,3	17,4	Arcillolita gris, se rompe por planos de fisilidad, fácilmente alterable y poco resistente 30 cm iniciales rojizo por oxidación
8	17,4	17,9	
9	17,9	19,3	Veta de carbón
10	19,3	21,1	Arcillolita gris
	21,1		Carbón indicatico

## **ANEXO 5.2**

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**HUMEDAD NATURAL**

**PROYECTO:** Deslizamiento El Espino

**LOCALIZACIÓN:** Ciudad Bolívar

**HUMEDAD A 105 °C**

**FECHA:** 10/05/2002

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
1	1	0,00 - 0,61		109,10	103,01	7,67	6,4
	2	0,61 - 2,20		88,80	76,22	7,87	18,4
	3	2,20 - 3,35		127,57	108,26	7,63	19,2
	4	3,35 - 4,50		129,62	110,93	8,03	18,2
	7	7,40 - 7,63		130,51	108,83	7,93	21,5
	10	12,85 - 14,35		126,84	99,89	7,83	29,3
	11	14,35 - 16,85	14,55 .	117,47	100,88	8,43	17,9
	12	16,85-18,90		73,57	61,83	7,58	21,7
	13	18,90 - 20,40	19,90	103,13	86,73	7,85	20,8
	14	20,40 - 21,70	20,45	83,15	74,86	7,60	12,3
	16	21,70 - 22,30	22,25	68,11	57,58	8,20	21,3
	17	22,85 - 24,43	23,15	135,04	114,26	8,08	19,6
	18	24,43 - 26,30	24,85	101,74	86,43	8,06	19,5
	20	27,10 - 30,10	27,40	107,80	89,30	7,98	22,7

**FECHA:** 22-May-02

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
2	2	3,15 - 4,70	3,25	119,71	104,57	7,96	15,7
	4	7,65 8,50	7,85	79,43	63,59	7,83	28,4
	6	10,90 12,10	11,90	77,23	67,87	8,08	15,6
	7	12,10 12,80	12,30	77,12	67,85	8,21	15,5
	8	12,80 -14,40	13,00	91,07	76,10	7,48	21,8
	9	15,85 - 16,40	16,10	54,48	46,85	7,94	19,6
	10	17,00 - 18,50	17,05	72,80	63,18	7,95	17,4
	11	19,80 - 20,80	20,75	112,53	99,30	7,78	14,5
	12	22,60 - 24,00	22,63	70,76	58,17	7,85	25,0
	13	24,00 - 25,60	24,30	125,02	109,84	7,79	14,9
	14	25,60 - 28,97	27,30	89,03	80,14	7,95	12,3

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**HUMEDAD NATURAL**

**PROYECTO:** Deslizamiento El Espino

**LOCALIZACIÓN:** Ciudad Bolívar

**HUMEDAD A 105 °C**

**FECHA:** 22-Jun-02

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
3	1	0,00-7,14	2,70	130,60	121,00	8,23	8,5
	2	7,14-7,26	7,16	99,94	84,30	7,78	20,4
	3	7,26-10,00	9,25	97,72	76,67	7,78	30,6
	3A	7,26-10,00	8,30	93,98	81,50	8,01	17,0
	3B	7,26-10,00	9,50	89,63	74,10	7,73	23,4
	5	12,60-14,10	13,83	125,60	101,55	7,93	25,7
	6	14,10-18,80	15,13	118,75	99,54	7,38	20,8
	6A	14,10-18,80	15,72	103,38	91,41	7,94	14,3
	6B	14,10-18,80	16,96	50,92	42,13	7,82	25,6
	6C	14,10-18,80	18,20	107,62	89,34	8,16	22,5
	9	25,80-27,40	26,00	119,34	102,95	7,90	17,2
	11	27,60-28,00	27,65	121,50	109,78	7,80	11,5
	12	28,00-28,90	28,13	108,28	96,10	7,57	13,8
	13	28,90-30,40	28,95	148,90	131,60	7,96	14,0

**FECHA:** 23-Jul-02

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
4	1	0,00 - 4,60	4,36	74,52	64,39	7,88	17,9
	4	8,30 - 8,36	8,33	111,10	93,91	7,98	20,0
	6	8,60 - 8,80	8,70	98,79	75,59	7,98	34,3
	7	8,80 - 8,90	8,85	91,56	76,58	7,94	21,8
	8	8,90 - 9,20	8,99	99,09	86,96	7,95	15,3
	9	9,20 - 9,25	9,22	82,93	70,12	7,63	20,5
	15	19,20 - 20,50	19,22	136,35	112,60	7,86	22,7
	18	21,20 - 23,80	22,63	144,42	124,24	8,05	17,4

**FECHA:** 16-Jul-02

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
5	1	0,00 - 0,50	0,25	91,90	82,25	8,44	13,1
	2	0,50 - 0,83	0,52	92,40	80,89	8,15	15,8
	4	2,20 - 2,70	2,22	127,15	105,26	7,89	22,5
	5	2,70-3,30	3,29	83,97	67,36	8,22	28,1
	6	3,30 - 3,50	3,32	85,66	67,87	7,88	29,7
	8	5,75 - 6,20	5,78	94,93	77,99	7,89	24,1
	9	6,60 - 6,80	6,70	99,53	73,22	7,68	40,1
	10	6,80-7,23	7,21	101,63	83,53	7,75	23,9
	12	8,10 - 8,25	8,23	88,44	73,75	7,94	22,3
	16	18,50-21,50	20,07	105,51	88,12	8,15	21,7

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**HUMEDAD NATURAL**

**PROYECTO:** Deslizamiento El Espino  
**LOCALIZACIÓN:** Ciudad Bolívar

**HUMEDAD A 105 °C**

**FECHA:** 23-Jul-02

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	Ensyo Realizado a (m).	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
6	1	1,60-5,10	2,85	86,45	68,51	7,63	29,5
	4	21,60-26,10		104,65	90,00	7,67	17,8

**FECHA:** 23-Jul-02

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	Ensyo Realizado a (m).	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
7	1	2,30-2,70	2,45	99,88	83,06	8,11	22,4
	4	3,30-3,70	3,40	79,86	76,81	8,33	4,4
	5	3,70 - 3,80	3,75	35,50	31,72	8,17	16,0
	6	3,80-4,70	3,85	117,88	100,61	8,05	18,7
	7	6,40-8,00	6,70	105,20	94,17	7,83	12,8
	8	8,00 - 8,15	8,07	140,82	112,65	7,93	26,9
	10	10,90-12,50	11,20	128,76	107,51	7,83	21,3
	12	14,10-14,30	14,20	121,23	109,58	7,89	11,5
	14	20,70-23,10	21,10	66,80	56,56	7,92	21,1

**FECHA:** 23-Jul-02

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	Ensyo Realizado a (m).	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
8	1	0,70-2,30	0,73	96,66	77,48	7,94	27,6
	3	3,70-9,60	3,82	74,01	57,95	7,95	32,1
	7	19,90-22,40	22,22	66,89	56,76	7,89	20,7
	9	22,80-24,40	24,36	87,45	77,44	7,43	14,3
	10	24,40-28,30	27,92	55,44	45,57	7,97	26,2
	11	28,30-30,10		74,74	62,00	7,93	23,6

**FECHA:** 05-Mar-03

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
9	1	4,90-5,00	96,04	88,35	7,95	9,6
	4	9,00-9,40	99,79	94,48	7,99	6,1
	5	13,00-13,20	101,80	86,07	7,76	20,1
	8	20,60-21,20	110,45	96,25	7,78	16,1
	9	24,50-26,50	71,23	63,08	8,06	14,8
	10	26,00-26,50	84,75	73,82	7,99	16,6
	11	27,5	58,71	50,71	8,24	18,8



**INGEOMINAS  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
HUMEDAD NATURAL**

**PROYECTO:** Deslizamiento El Espino  
**LOCALIZACIÓN:** Ciudad Bolívar

**HUMEDAD A 105 °C**

**FECHA:** 05-Mar-03

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
10	1	4,00	71,30	63,52	7,75	13,9
	2	8,10-8,40	334,00	315,60	26,22	6,4
	4	13,40-13,80	113,34	108,00	28,85	6,8
	5	15,40-15,70	109,10	97,92	8,18	12,5
	6	18,60-19,20	77,16	69,69	8,02	12,1

**FECHA:** 05-Mar-03

POZO	MUESTRA Número	PROFUNDIDAD (m)	P1 gr	P2 gr	P3 gr	Wn %
11	6	11,00-11,30	86,92	76,26	7,93	15,6
	7	12,50-13,00	92,65	82,83	7,88	13,1
	8	17,00-17,40	114,96	104,58	7,58	10,7
	10	20,200-20,40	82,29	73,36	7,60	13,6
11	6SI		42,21	37,41	7,95	16,3
	7SI		46,96	41,32	7,85	16,8

## **ANEXO 5.3**

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M2  
 PROF:(m) 0,61 - 2,20

FECHA: May-02

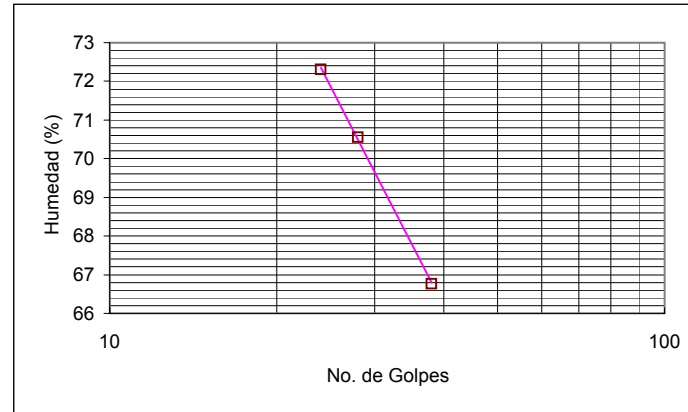
OBSERVACIONES.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
24	34,124	23,139	7,947	72,3
28	32,766	22,46	7,851	70,5
38	34,689	23,97	7,916	66,8
3 sumatoria				209,62

### LIMITE LIQUIDO

LL =	71,9	LL= a+b*log(N)	
		b=	-27,8581
		a=	110,79888
coef de correlacion		r=	-1,000



### LIMITE PLASTICO

P1	22,235	21,828
P2	19,746	19,4
P3	7,782	7,791
HUM	20,8	20,9

LP = 20,9

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	71,9
LIMITE PLASTICO LP=	20,9
IND.PLASTICIDAD IP	51,0

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 4  
 PROF: (m) 3,35 - 4,50

FECHA: May-02

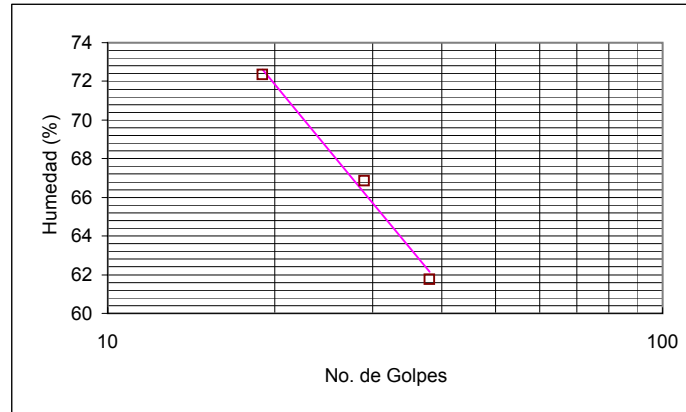
OBSERVACIONES.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
19	31,715	21,794	8,082	72,4
29	35,067	24,186	7,912	66,9
38	35,272	24,832	7,929	61,8
3 sumatoria				200,98

### LIMITE LIQUIDO

LL =	68,5	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-34,70982
		a =	116,98567
coef de correlacion		r =	-0,995



### LIMITE PLASTICO

P1	23,418	21,497
P2	20,578	19,042
P3	7,95	8,214
HUM	22,5	22,7

LP = 22,6

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	68,5
LIMITE PLASTICO LP=	22,6
IND.PLASTICIDAD IP	45,9

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 7  
 PROF: (m) 7,40-7,63

FECHA: May-02

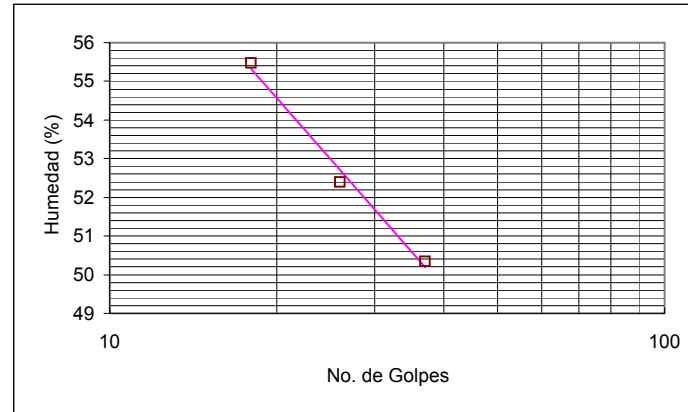
OBSERVACIONES.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
18	30,493	22,453	7,96	55,5
26	31,685	23,483	7,827	52,4
37	31,129	23,239	7,567	50,3
3 sumatoria				158,21

### LIMITE LIQUIDO

LL =	53,0	LL= a+b*log(N)	
		b=	-16,41567
		a=	75,928486
coef de correlacion		r=	-0,995



### LIMITE PLASTICO

P1	19,548	23,849
P2	17,647	21,197
P3	8,05	7,862
HUM	19,8	19,9

LP = 19,8

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	53,0
LIMITE PLASTICO LP=	19,8
IND.PLASTICIDAD IP	33,1

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 10  
 PROF:(m) 12,85 - 14,35

FECHA: May-02

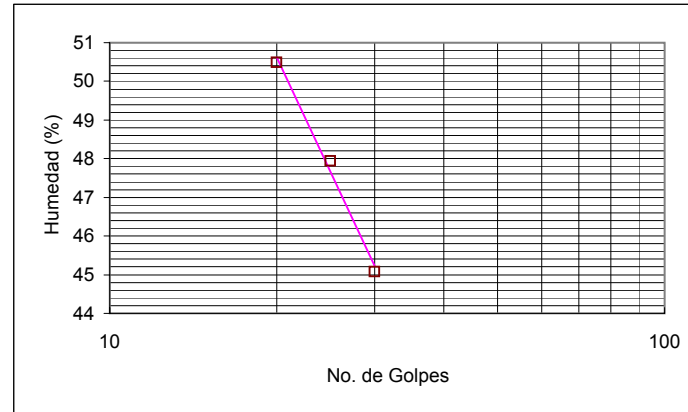
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 14,15 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
20	30,197	22,576	7,482	50,5
25	33,701	25,392	8,061	47,9
30	29,129	22,6	8,114	45,1
3 sumatoria				143,50

### LIMITE LIQUIDO

LL =	47,7	LL= a+b*log(N)	
		b=	-30,60942
		a=	90,444034
coef de correlacion		r=	-0,996



### LIMITE PLASTICO

P1	23,578	21,318
P2	21,002	19,086
P3	8,205	8,122
HUM	20,1	20,4

LP = 20,2

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	47,7
LIMITE PLASTICO LP=	20,2
IND.PLASTICIDAD IP	27,4

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 11  
 PROF: (m) 14,35 - 16,65

FECHA: May-02

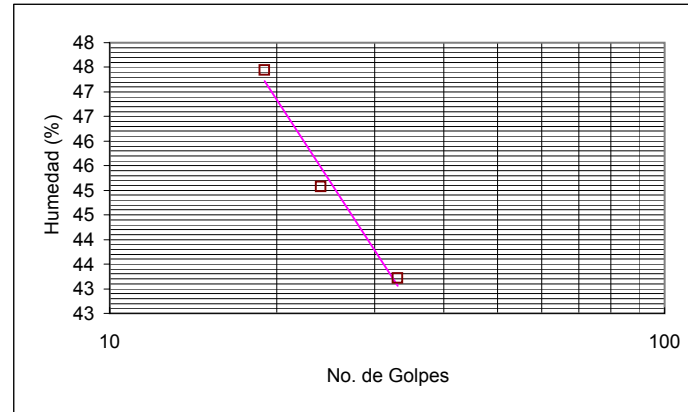
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 14,60 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
19	34,727	26,112	7,953	47,4
24	29,889	23,07	7,942	45,1
33	30,457	23,643	7,876	43,2
3 sumatoria				135,73

### LIMITE LIQUIDO

LL =	45,2	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-17,37721
		a =	69,442391
coef de correlacion		r =	-0,988



### LIMITE PLASTICO

P1	22,492	20,863
P2	20,089	18,722
P3	7,924	7,918
HUM	19,8	19,8

LP = 19,8

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	45,2
LIMITE PLASTICO LP=	19,8
IND.PLASTICIDAD IP	25,4

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 12  
 PROF:(m) 16,85 - 18,90

FECHA: May-02

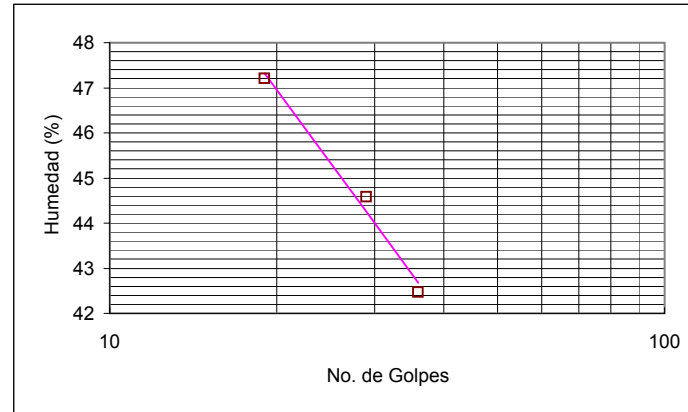
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 16,45

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
19	29,186	22,276	7,64	47,2
29	32,154	24,667	7,874	44,6
36	32,355	25,087	7,974	42,5
3 sumatoria				134,27

### LIMITE LIQUIDO

LL =	45,3	$LL = a + b \cdot \log(N)$ b = -16,70217 a = 68,681279
coef de correlacion		r = -0,993



### LIMITE PLASTICO

P1	22,03	20,262
P2	19,66	18,172
P3	7,919	7,897
HUM	20,2	20,3

LP = 20,3

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	45,3
LIMITE PLASTICO LP=	20,3
IND.PLASTICIDAD IP	25,1



## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 13  
 PROF:(m) 18,90 - 20,40

FECHA: May-02

OBSERVACIONES. Muestra tomada a 18,60

#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	31,869	23,709	7,881	51,6
28	36,462	27,003	7,989	49,7
37	34,68	25,994	7,897	48,0

3 sumatoria 149,30

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	50,5	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-14,4616
		a =	70,675673
coef de correlacion		r =	-1,000



#### LIMITE PLASTICO

P1	19,417	21,102
P2	17,485	18,916
P3	7,589	7,742
HUM	19,5	19,6

LP = 19,5

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	50,5
LIMITE PLASTICO LP=	19,5
IND.PLASTICIDAD IP	30,9

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 14  
 PROF:(m) 20,40 - 21,40

FECHA: May-02

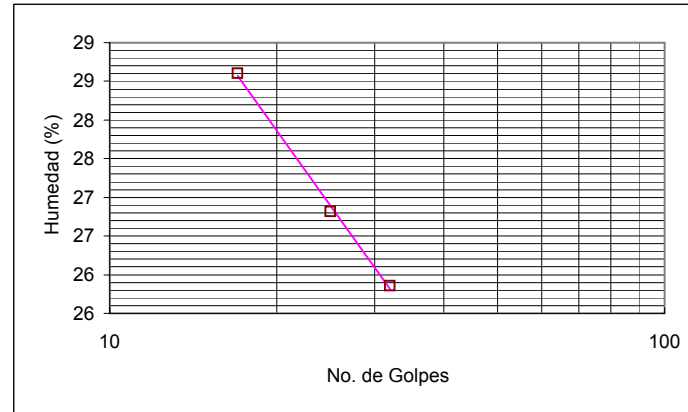
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 20,55 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
17	34,994	28,939	7,769	28,6
25	33,854	28,388	8,005	26,8
32	29,539	25,072	7,797	25,9
3 sumatoria				81,28

### LIMITE LIQUIDO

LL =	26,9	$LL = a + b \cdot \log(N)$ b = -10,04661 a = 40,934832
coef de correlacion		r = -0,999



### LIMITE PLASTICO

P1	19,34	19,12
P2	17,52	17,39
P3	7,76	8,08
HUM	18,7	18,7

LP = 18,7

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	26,9
LIMITE PLASTICO LP=	18,7
IND.PLASTICIDAD IP	8,2

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 16  
 PROF:(m) 21,70 - 22,30

FECHA: May-02

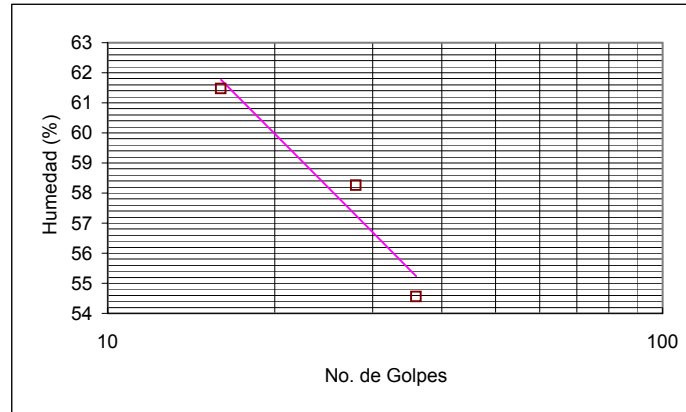
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 20,55 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
16	29,305	21,057	7,637	61,5
28	30,439	22,217	8,101	58,2
36	31,955	23,564	8,183	54,6
3 sumatoria				174,26

### LIMITE LIQUIDO

LL =	58,2	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-18,54454
		a =	84,09614
coef de correlacion		r =	-0,967



### LIMITE PLASTICO

P1	20,911	19,619
P2	18,574	17,61
P3	7,843	8,114
HUM	21,8	21,2

LP = 21,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	58,2
LIMITE PLASTICO LP=	21,5
IND.PLASTICIDAD IP	36,7

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 17  
 PROF:(m) 22,85 - 24,43

FECHA: 23-May-02

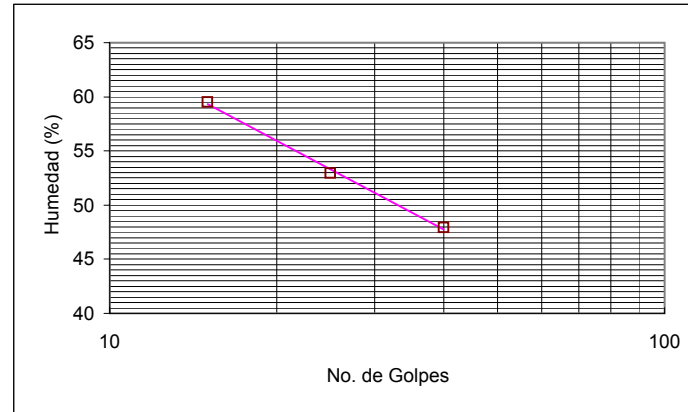
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 23,45 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
15	42,971	29,872	7,849	59,5
25	39,171	28,353	7,915	52,9
40	35,53	26,586	7,912	47,9
3 sumatoria				160,31

### LIMITE LIQUIDO

LL =	53,3	LL= a+b*log(N)	
		b=	-27,22628
		a=	91,334817
coef de correlacion		r=	-0,999



### LIMITE PLASTICO

P1	19,75	19,33
P2	17,44	16,91
P3	8,21	7,48
HUM	25,0	25,7

LP = 25,4

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	53,3
LIMITE PLASTICO LP=	25,4
IND.PLASTICIDAD IP	27,9

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 18  
 PROF:(m) 24,43 - 26,30

FECHA: 23-May-02

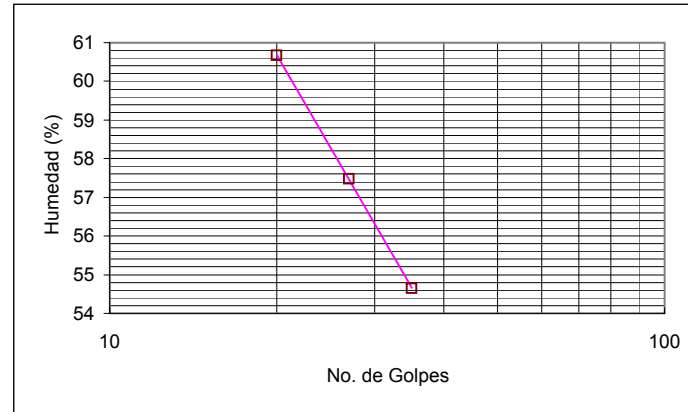
OBSERVACIONES. Tomada a 25,01 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
20	30,171	21,635	7,565	60,7
27	32,949	23,827	7,958	57,5
35	31,32	23,054	7,929	54,7
3 sumatoria				172,80

### LIMITE LIQUIDO

LL =	58,3	LL= a+b*log(N)	
		b=	-24,74853
		a=	92,879543
coef de correlacion		r=	-1,000



### LIMITE PLASTICO

P1	21,727	22,189
P2	19,253	19,64
P3	7,821	7,791
HUM	21,6	21,5

LP = 21,6

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	58,3
LIMITE PLASTICO LP=	21,6
IND.PLASTICIDAD IP	36,7

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 1 M 20  
 PROF:(m) 27,00 - 30,10

FECHA: 23-May-02

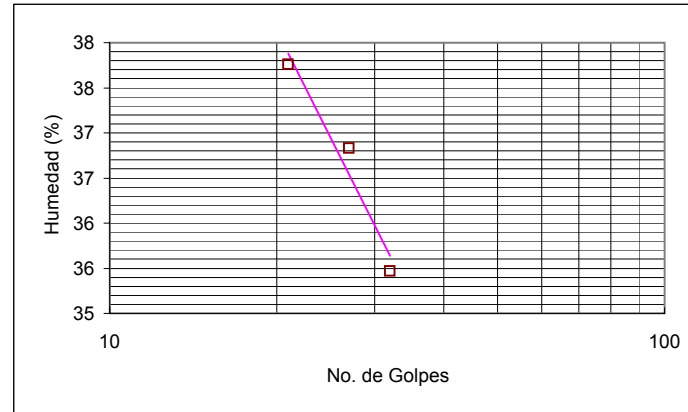
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 27,47 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	35,614	28,004	7,851	37,8
27	29,173	23,449	7,906	36,8
32	29,767	24,055	7,951	35,5
3 sumatoria				110,06

### LIMITE LIQUIDO

LL =	37,0	LL= a+b*log(N)	
		b=	-12,22628
		a=	54,041972
coef de correlacion		r=	-0,976



### LIMITE PLASTICO

P1	20,194	20,278
P2	18,373	18,384
P3	7,939	7,626
HUM	17,5	17,6

LP = 17,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	37,0
LIMITE PLASTICO LP=	17,5
IND.PLASTICIDAD IP	19,4

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 2  
 PROF:(m). 3,15 - 4,70

FECHA: 23-May-02

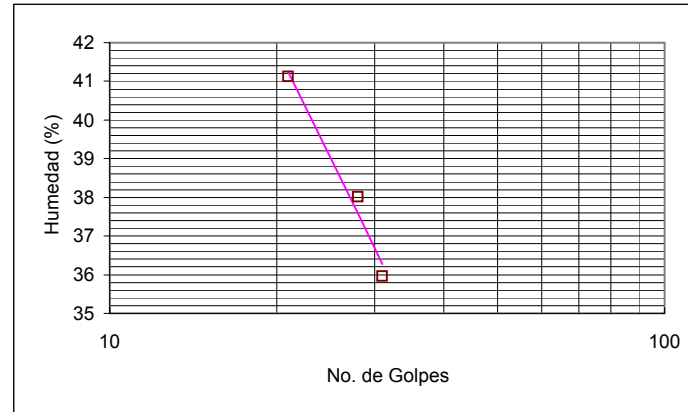
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 3,30 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	33,08	25,738	7,885	41,1
28	35,797	28,148	8,025	38,0
31	33,094	26,372	7,68	36,0
3 sumatoria				115,10

### LIMITE LIQUIDO

LL =	39,0	LL= a+b*log(N)	
		b=	-29,29949
		a=	79,978447
coef de correlacion		r=	-0,989



### LIMITE PLASTICO

P1	23,319	22,535
P2	21,107	20,489
P3	7,804	8,072
HUM	16,6	16,5

LP = 16,6

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	39,0
LIMITE PLASTICO LP=	16,6
IND.PLASTICIDAD IP	22,5

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 4  
 PROF:(m). 7,65 - 8,50

FECHA: 23-May-02

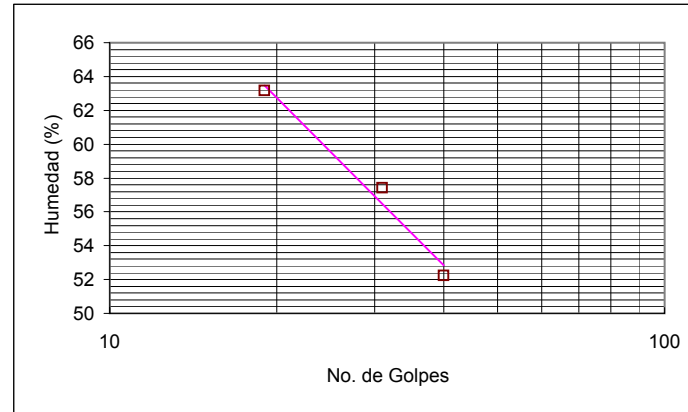
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 7,75 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
19	44,805	30,559	7,998	63,1
31	41,726	29,432	8,019	57,4
40	40,216	29,257	8,281	52,2
3 sumatoria				172,80

### LIMITE LIQUIDO

LL =	59,6	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-32,80708
		a =	105,41394
coef de correlacion		r =	-0,989



### LIMITE PLASTICO

P1	16,623	17,231
P2	14,8	15,308
P3	7,942	8,116
HUM	26,6	26,7

LP = 26,7

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	59,6
LIMITE PLASTICO LP=	26,7
IND.PLASTICIDAD IP	32,9



# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 6  
 PROF:(m). 10,90 - 12,10

FECHA: 23-May-02

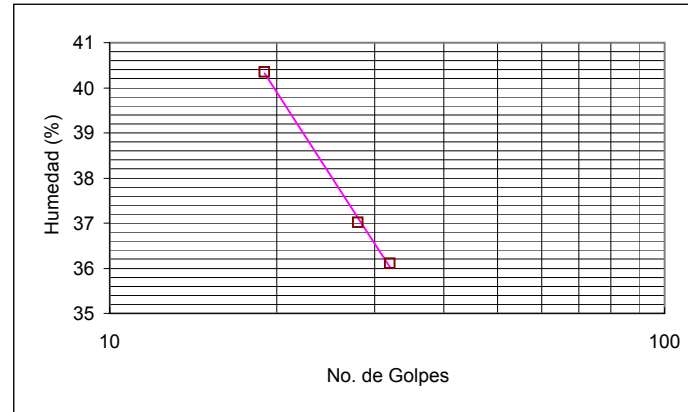
OBSERVACIONES.Muestra tomada a 11,90 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
19	31,574	24,819	8,077	40,3
28	33,776	26,702	7,589	37,0
32	31,185	25,008	7,897	36,1
3 sumatoria				113,46

### LIMITE LIQUIDO

LL =	38,1	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-18,9983
		a =	64,613877
coef de correlacion		r =	-0,999



### LIMITE PLASTICO

P1	22,011	21,608
P2	19,774	19,447
P3	7,742	7,874
HUM	18,6	18,7

LP = 18,6

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	38,1
LIMITE PLASTICO LP=	18,6
IND.PLASTICIDAD IP	19,4

## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 7  
 PROF:(m). 12,10 - 12,80

FECHA: 23-May-02

OBSERVACIONES.

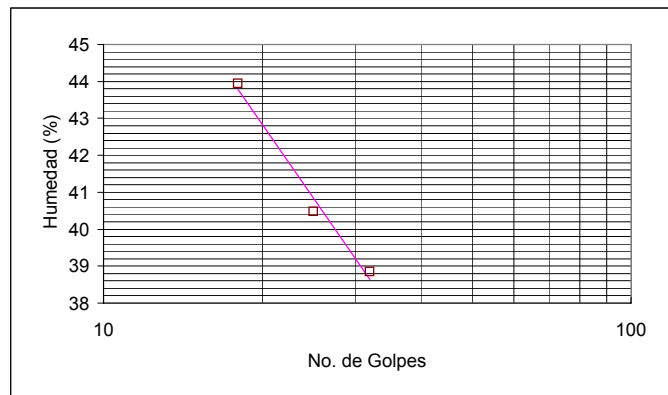
#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
18	30,646	23,714	7,942	44,0
25	29,501	23,284	7,923	40,5
32	29,15	23,219	7,951	38,8

3 sumatoria 123,27

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	40,8	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-20,643444
		a =	69,704269
coef de correlacion		r =	-0,992



#### LIMITE PLASTICO

P1	20,956	18,965
P2	18,863	17,225
P3	7,817	7,987
HUM	18,9	18,8

LP = 18,9

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	40,8
LIMITE PLASTICO LP=	18,9
IND.PLASTICIDAD IP	22,0

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 8  
 PROF(m): 12,80 - 14,40

FECHA: 23-May-02

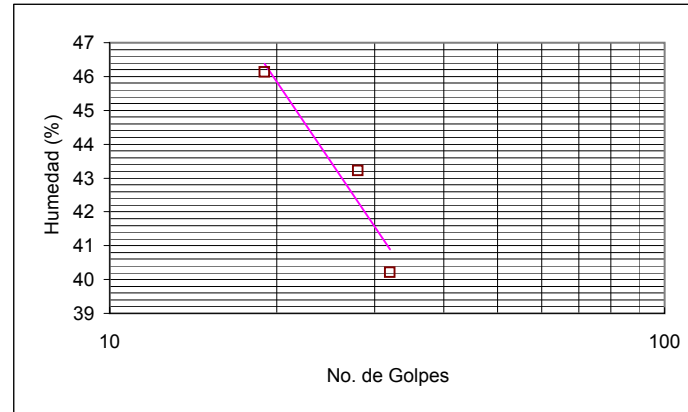
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 13,25

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
19	25,8	20,116	7,796	46,1
28	30,404	23,569	7,757	43,2
32	34,209	26,66	7,883	40,2
3 sumatoria				129,57

### LIMITE LIQUIDO

LL =	43,5	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-24,20534
		a =	77,326918
coef de correlacion		r =	-0,960



### LIMITE PLASTICO

P1	24,286	22,811
P2	21,632	20,365
P3	7,899	7,873
HUM	19,3	19,6

LP = 19,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	43,5
LIMITE PLASTICO LP=	19,5
IND.PLASTICIDAD IP	24,0

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 9  
 PROF:(m). 15,10 - 16,40

FECHA: 23-May-02

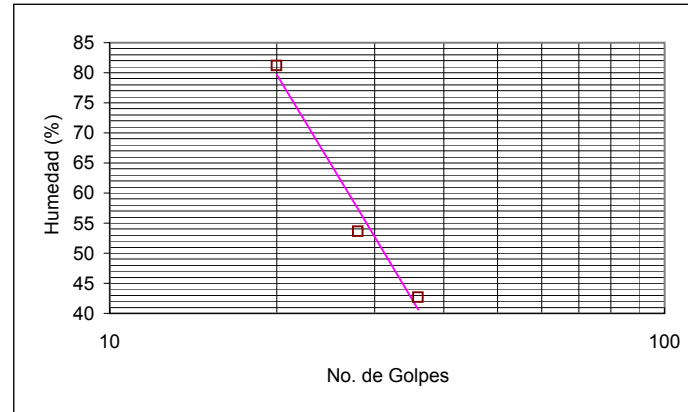
OBSERVACIONES.Muestra tomsada a 16,10 m .

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
20	30,589	20,303	7,637	81,2
28	28,479	21,301	7,915	53,6
36	28,668	22,476	7,976	42,7
3 sumatoria				177,54

### LIMITE LIQUIDO

LL =	64,8	LL= a+b*log(N)	
		b=	-152,9261
		a=	278,60175
coef de correlacion		r=	-0,987



### LIMITE PLASTICO

P1	19,665	17,526
P2	17,739	15,905
P3	8	7,769
HUM	19,8	19,9

LP = 19,8

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	64,8
LIMITE PLASTICO LP=	19,8
IND.PLASTICIDAD IP	45,0

## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 10  
 PROF:(m).. 17,00 - 18,50

FECHA: 23-May-02

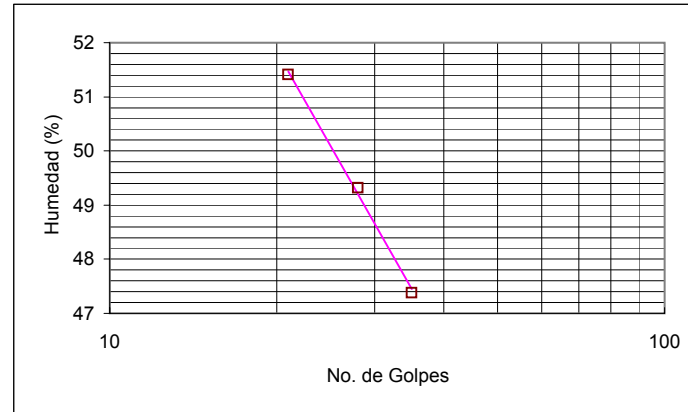
OBSERVACIONES.Muestra tomada a 17,15 m.

#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	26,263	20,056	7,983	51,4
28	30,798	23,229	7,881	49,3
35	31,92	24,3	8,217	47,4
3 sumatoria				148,11

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	50,1	LL= a+b*log(N)	
		b=	-18,1131
		a=	75,412394
coef de correlacion		r=	-0,999



#### LIMITE PLASTICO

P1	25,825	15,782
P2	22,742	14,408
P3	8,059	7,886
HUM	21,0	21,1

LP = 21,0

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	50,1
LIMITE PLASTICO LP=	21,0
IND.PLASTICIDAD IP	29,1

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 11  
 PROF:(m). 19,80 - 20,80

FECHA: 24-May-02

OBSERVACIONES.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
18	29,994	24,174	8,146	36,3
28	33,636	27,168	8,242	34,2
36	30,566	24,936	7,745	32,7
3 sumatoria				103,24

### LIMITE LIQUIDO

LL =	34,7	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-11,75227
		a =	51,095384
coef de correlacion		r =	-0,999



### LIMITE PLASTICO

P1	19,773	20,449
P2	17,906	18,474
P3	7,876	7,927
HUM	18,6	18,7

LP = 18,7

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	34,7
LIMITE PLASTICO LP=	18,7
IND.PLASTICIDAD IP	16,0

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 13  
 PROF: 24,00 - 25,60

FECHA: 23-May-02

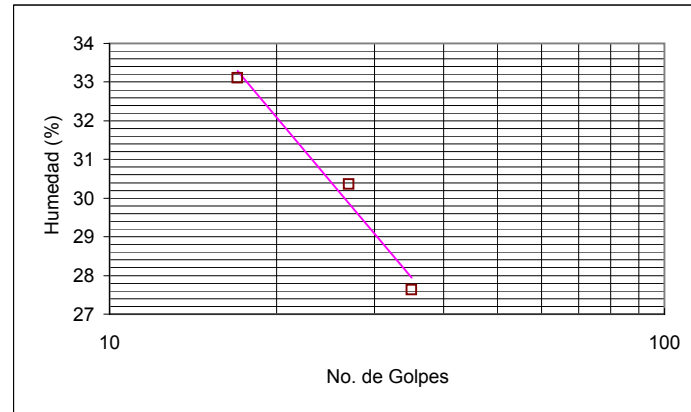
OBSERVACIONES.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
17	33,265	27,017	8,149	33,1
27	34,797	28,538	7,918	30,4
35	30,787	25,851	7,986	27,6
3 sumatoria				91,10

### LIMITE LIQUIDO

LL =	30,4	$LL = a + b \cdot \log(N)$
		b = -17,04986
		a = 54,269136
coef de correlacion		r = -0,988



### LIMITE PLASTICO

P1	20,476	21,332
P2	18,554	19,285
P3	8,253	8,067
HUM	18,7	18,2

LP = 18,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	30,4
LIMITE PLASTICO LP=	18,5
IND.PLASTICIDAD IP	12,0

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 2 M 14  
 PROF:(m) 25,60 - 28,97

FECHA: 27-May-02

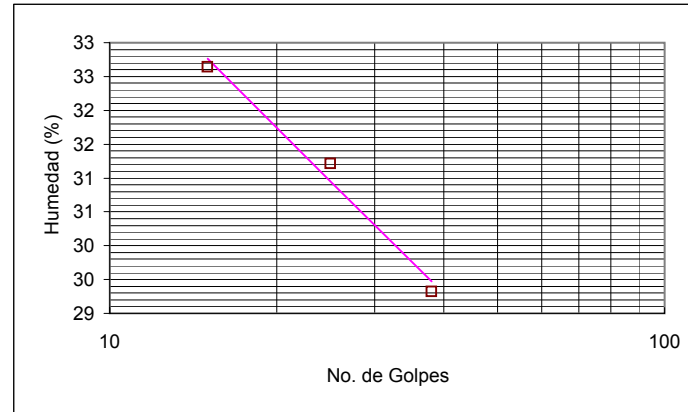
OBSERVACIONES.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
15	44,895	35,858	8,172	32,6
25	48,325	38,81	8,329	31,2
38	44,859	36,518	8,074	29,3
3 sumatoria				93,18

### LIMITE LIQUIDO

LL =	31,0	LL= a+b*log(N)	
		b=	-8,151162
		a=	42,34664
coef de correlacion		r=	-0,990



### LIMITE PLASTICO

P1	17,312	16,518
P2	15,784	15,17
P3	7,849	8,049
HUM	19,3	18,9

LP = 19,1

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	31,0
LIMITE PLASTICO LP=	19,1
IND.PLASTICIDAD IP	11,9



## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 2  
 PROF: (m). 7,14 - 7,26

FECHA: 21-Jun-02

OBSERVACIONES. Muestra tomada a 7,20 m.

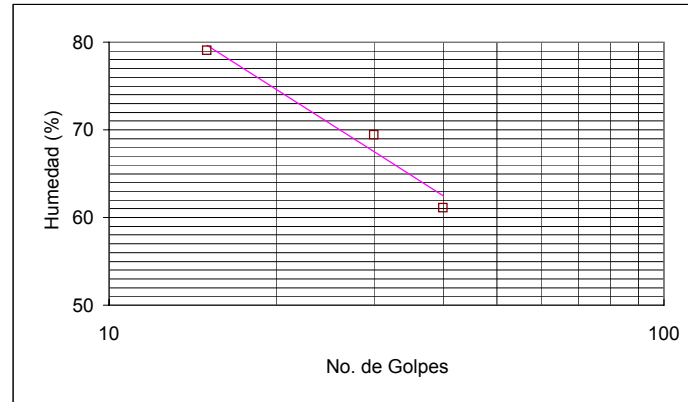
#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
15	40,64	26,152	7,828	79,1
30	35,659	24,263	7,848	69,4
40	42,439	29,285	7,753	61,1

3 sumatoria                      209,58

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	70,7	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-40,32444
		a =	127,05732
coef de correlacion		r =	-0,982



#### LIMITE PLASTICO

P1	15,876	16,017
P2	14,277	14,457
P3	8,08	8,206
HUM	25,8	25,0

LP = 25,4

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	70,7
LIMITE PLASTICO LP=	25,4
IND.PLASTICIDAD IP	45,3

## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 3  
 PROF: ( m ). 7,26 - 10,00

FECHA: 21-Jun-02

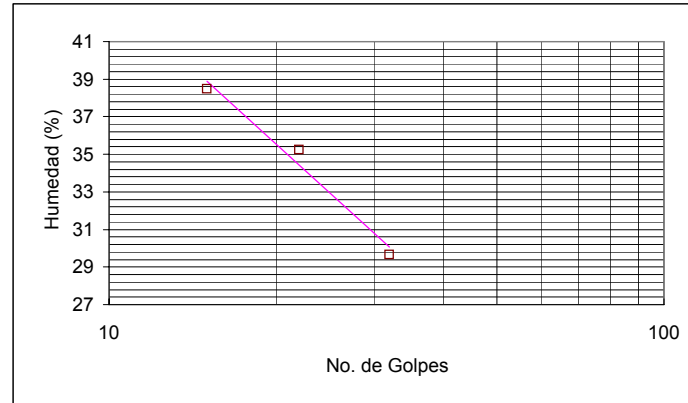
OBSERVACIONES. Muestra tomada entre 7,26-7,80 m.

#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
15	42,433	32,859	7,972	38,5
22	41,252	32,582	7,982	35,2
32	42,025	34,21	7,844	29,6
3 sumatoria				103,35

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	32,9	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-26,805
		a =	70,40279
coef de correlacion		r =	-0,987



#### LIMITE PLASTICO

P1	16,449	18,24
P2	15,292	16,872
P3	7,861	8,103
HUM	15,6	15,6

LP = 15,6

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	32,9
LIMITE PLASTICO LP =	15,6
IND. PLASTICIDAD IP	17,3

## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 3A  
 PROF: (m). 7,26-10,00

FECHA: 21-Jun-02

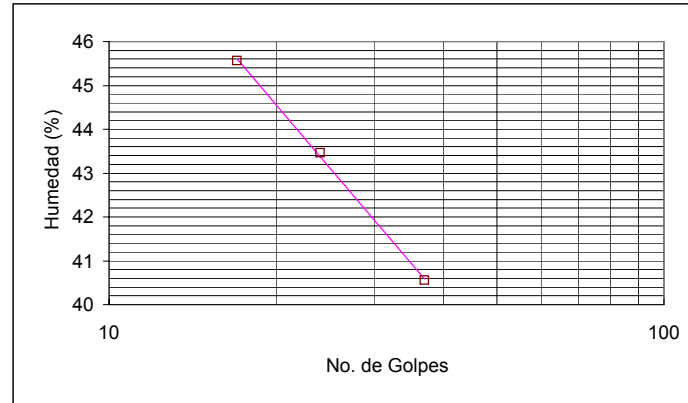
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 8,75 m.

#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
17	44,941	33,442	8,202	45,6
24	47,458	35,591	8,284	43,5
37	43,774	33,472	8,068	40,6
3 sumatoria				129,57

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	43,1	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-14,8478
		a =	63,872
coef de correlacion		r =	-1,000



#### LIMITE PLASTICO

P1	16,755	15,886
P2	15,373	14,645
P3	7,859	7,759
HUM	18,4	18,0

LP = 18,2

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	43,1
LIMITE PLASTICO LP=	18,2
IND. PLASTICIDAD IP	24,9

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 3B  
 PROF: (m). 7,26-10,00

FECHA: 21-Jun-02

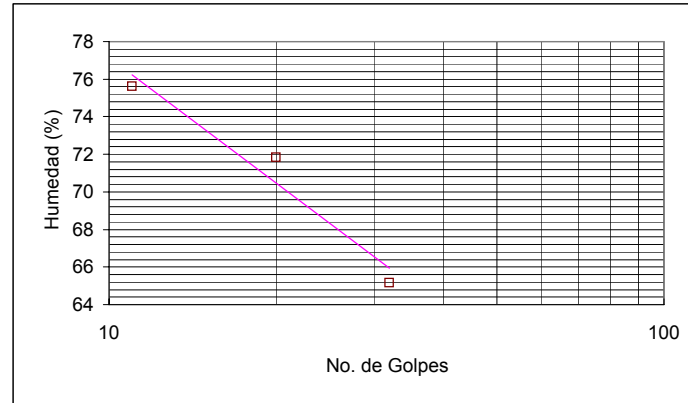
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 9,41 m.

LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
11	41,38	26,912	7,777	75,6
20	39,723	26,385	7,821	71,8
32	40,573	27,771	8,123	65,2
	3 sumatoria			212,62

LIMITE LIQUIDO

LL =	68,3	LL= a+b*log(N)
		b= -22,1825
		a= 99,32147
coef de correlacion		r= -0,974



LIMITE PLASTICO

P1	15,959	18,439
P2	14,36	16,35
P3	7,827	7,801
HUM	24,5	24,4

LP =	24,5
------	------

RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	68,3
LIMITE PLASTICO LP=	24,5
IND. PLASTICIDAD IP	43,9

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 6  
 PROF:(m). 14,10-18,80

FECHA: 21-Jun-02

OBSERVACIONES.Muestra tomada a 15,17 m.

LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
15	43,851	29,273	8,161	69,1
27	40,724	28,13	7,604	61,4
38	45,845	32,363	8,193	55,8
	3 sumatoria			186,19

LIMITE LIQUIDO

LL =	62,0	LL= a+b*log(N)	
		b=	-32,5759
		a=	107,53
coef de correlacion		r=	-0,998



LIMITE PLASTICO

P1	17,305	17,512
P2	15,523	15,654
P3	7,865	7,744
HUM	23,3	23,5

LP = 23,4

RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	62,0
LIMITE PLASTICO LP=	23,4
IND.PLASTICIDAD IP	38,6

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 6A  
 PROF:(m). 14,10-18,80

FECHA: 21-Jun-02

OBSERVACIONES.Muestra tomada a 15,65 m.

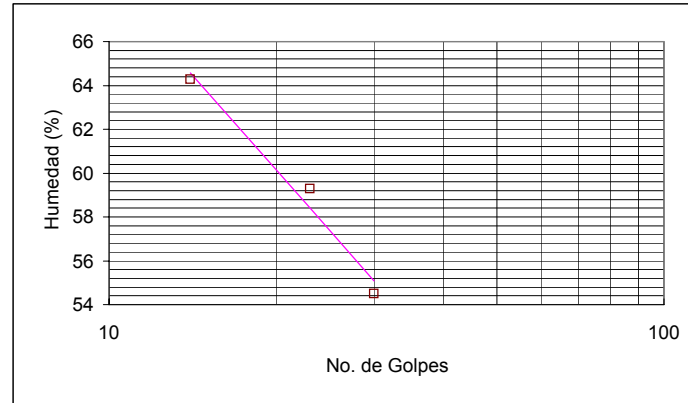
LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
14	38,601	26,407	7,434	64,3
23	41,931	29,218	7,774	59,3
30	44,867	31,793	7,806	54,5

3 sumatoria 178,06

LIMITE LIQUIDO

LL =	57,4	LL= a+b*log(N)	
		b=	-28,6905
		a=	97,4635
coef de correlacion		r=	-0,987



LIMITE PLASTICO

P1	17,31	17,51
P2	15,52	15,65
P3	7,87	7,74
HUM	23,27	23,49

LP = 23,4

RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	57,4
LIMITE PLASTICO LP=	23,4
IND.PLASTICIDAD IP	34,0

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 6B  
 PROF:(m). 14,10-18,80

FECHA: 21-Jun-02

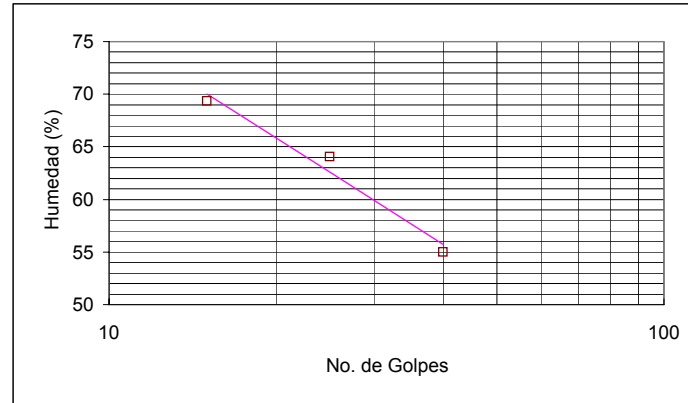
OBSERVACIONES.Muestra tomada a 17,00 m.

LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
15	45,5	30,129	7,955	69,3
25	38,765	26,734	7,945	64,0
40	43,316	30,76	7,922	55,0
	3 sumatoria			188,33

LIMITE LIQUIDO

LL =	62,6	LL= a+b*log(N)	
		b=	-33,5257
		a=	109,4456
coef de correlacion		r=	-0,985



LIMITE PLASTICO

P1	17,467	17,671
P2	15,486	15,618
P3	7,989	7,797
HUM	26,4	26,2

LP =	26,3
------	------

RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	62,6
LIMITE PLASTICO LP=	26,3
IND.PLASTICIDAD IP	36,2

## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 6C  
 PROF:(m). 14,10-18,80

FECHA: 21-Jun-02

OBSERVACIONES. Muestra tomada a 18,26 m.

#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
11	38,305	25,137	7,895	76,4
21	42,887	28,522	7,884	69,6
33	36,183	24,993	7,758	64,9
3 sumatoria				210,90

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	67,8	$LL = a + b \cdot \log(N)$ b = -23,9964 a = 101,3531
coef de correlacion		r = -1,000



#### LIMITE PLASTICO

P1	17,688	18,209
P2	15,613	16,001
P3	7,917	7,872
HUM	27,0	27,2

LP = 27,1

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	67,8
LIMITE PLASTICO LP=	27,1
IND.PLASTICIDAD IP	40,7



## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 9  
 PROF:(m). 25,80-27,40

FECHA: 21-Jun-02

OBSERVACIONES. Muestra tomada a 26,07 m.

#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	30,093	23	7,883	46,9
28	29,297	22,908	7,751	42,2
37	32,105	25,312	7,909	39,0
3 sumatoria				128,11

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	44,2	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-32,0967
		a =	89,10949
coef de correlacion		r =	-0,994



#### LIMITE PLASTICO

P1	24,432	28,909
P2	21,582	25,362
P3	7,974	8
HUM	20,9	20,4

LP = 20,7

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	44,2
LIMITE PLASTICO LP=	20,7
IND.PLASTICIDAD IP	23,6

## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 11  
 PROF:(m). 27,60 - 28,90

FECHA: 21-Jun-02

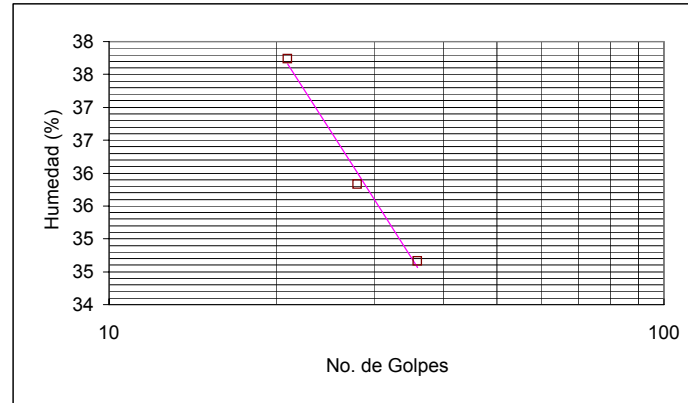
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 27,70 m.

#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	29,588	23,61	7,769	37,7
28	35,146	27,891	7,643	35,8
36	33,538	26,943	7,915	34,7
3 sumatoria				108,23

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	36,7	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-13,2001
		a =	55,10902
coef de correlacion		r =	-0,995



#### LIMITE PLASTICO

P1	23,361	21,9
P2	20,732	19,481
P3	7,904	7,593
HUM	20,5	20,3

LP = 20,4

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	36,7
LIMITE PLASTICO LP=	20,4
IND.PLASTICIDAD IP	16,2

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 3 M 13  
 PROF: (m). 29,80-30,40 .

FECHA: 21-Jun-02

OBSERVACIONES. Muestra tomada a 29,11 m.

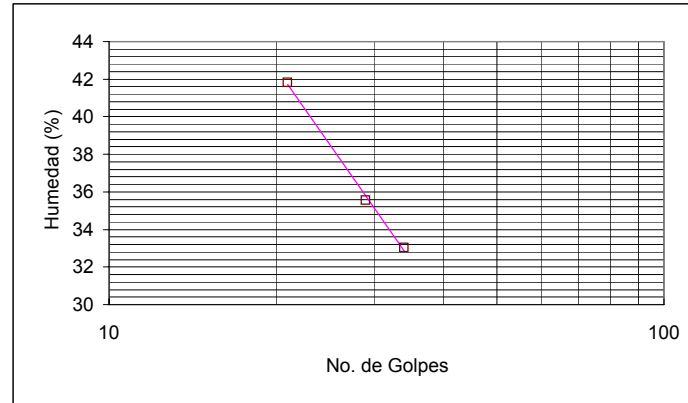
LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	29,352	23,01	7,841	41,8
29	30,169	24,326	7,884	35,5
34	28,69	23,573	8,085	33,0

3 sumatoria 110,38

LIMITE LIQUIDO

LL =	38,5	LL= a+b*log(N)	
		b=	-42,3255
		a=	97,6884
coef de correlacion		r=	-0,999



LIMITE PLASTICO

P1	24,337	23,627
P2	21,623	21,029
P3	7,946	7,779
HUM	19,8	19,6

LP = 19,7

RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	38,5
LIMITE PLASTICO LP=	19,7
IND.PLASTICIDAD IP	18,8

## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 5 M 2  
 PROF: (m). 0,50-0,83

FECHA: 15-Jul-02

OBSERVACIONES. Muestra tomada a 0,65 m.

#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	34,953	28,021	7,879	34,4
27	32,594	26,296	7,745	33,9
35	32,892	26,6	7,888	33,6
3 sumatoria				101,99

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	34,1	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-3,558017
		a =	39,093966
coef de correlacion		r =	-0,994



#### LIMITE PLASTICO

P1	20,2	22,3
P2	18,6	20,5
P3	7,9	8,0
HUM	15,1	15,0

LP = 15,0

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	34,1
LIMITE PLASTICO LP=	15,0
IND.PLASTICIDAD IP	19,1

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

**ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

FECHA: 15-Jul-02

LOCALIZACION: Ciudad Bolivar

POZO 5 M 4

PROF: (m). 2,20 - 2,70

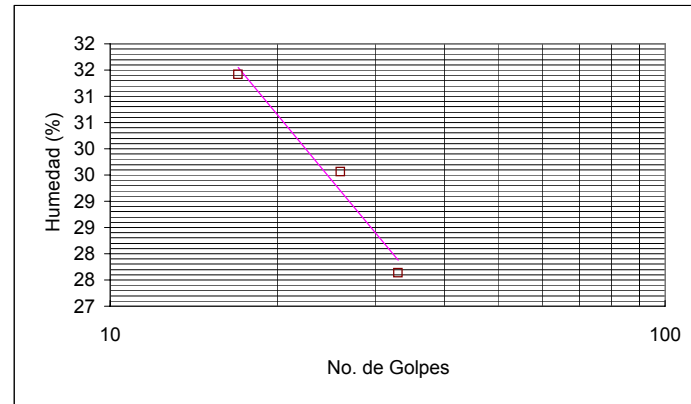
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 2,28 m.

**LIMITE LIQUIDO**

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
17	32,411	26,6	8,104	31,4
26	36,321	29,906	8,206	29,6
33	36,073	29,957	7,828	27,6
3 sumatoria				88,62

**LIMITE LIQUIDO**

LL =	29,4	LL= a+b*log(N)	
		b=	-12,7622
		a=	47,25297
coef de correlacion		r=	-0,985



**LIMITE PLASTICO**

P1	21,9	24,9
P2	20,1	22,7
P3	8,1	7,9
HUM	14,5	14,6

LP = 14,6

**RESUMEN DE RESULTADOS**

LIMITE LIQUIDO LL	29,4
LIMITE PLASTICO LP=	14,6
IND. PLASTICIDAD IP	14,8

## INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

### ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 5 M 6  
 PROF: (m). 3,30 - 3,50 m

FECHA: 15-Jul-02

OBSERVACIONES. Muestra tomada a 3,40 m.

#### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
22	26,995	17,8	7,802	92,0
28	30,244	19,781	7,859	87,8
35	29,181	19,561	7,762	81,5

3 sumatoria 261,26

#### LIMITE LIQUIDO

LL =	89,5	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-51,59881
		a =	161,62466
coef de correlacion		r =	-0,991



#### LIMITE PLASTICO

P1	20,7	22,2
P2	17,7	18,9
P3	7,8	7,8
HUM	30,3	30,3

LP = 30,3

#### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	89,5
LIMITE PLASTICO LP=	30,3
IND.PLASTICIDAD IP	59,2

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

**ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 5 M 8  
 PROF: (m). 5,75- 6,20

FECHA: 15-Jul-02

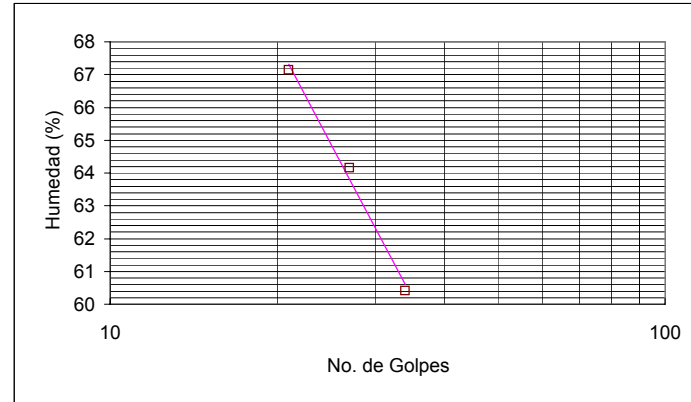
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 6,00 m.

**LIMITE LIQUIDO**

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	30,558	21,492	7,99	67,1
27	28,075	20,191	7,904	64,2
34	29,894	21,635	7,964	60,4
3 sumatoria				191,72

**LIMITE LIQUIDO**

LL =	64,9	LL= a+b*log(N)	
		b=	-32,1026
		a=	109,7617
coef de correlacion		r=	-0,996



**LIMITE PLASTICO**

P1	22,9	21,1
P2	20,2	18,8
P3	7,7	7,8
HUM	21,2	21,5

LP = 21,3

**RESUMEN DE RESULTADOS**

LIMITE LIQUIDO LL	64,9
LIMITE PLASTICO LP=	21,3
IND. PLASTICIDAD IP	43,6

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 5 M 10  
 PROF: (m). 6,90 - 7,20

FECHA: 15-Jul-02

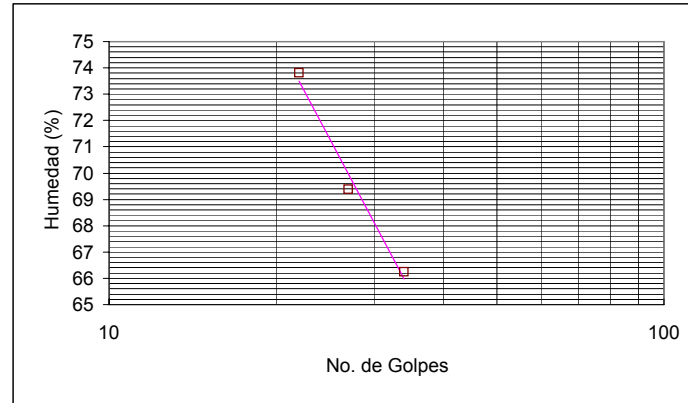
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 7,05 m.

LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
22	28,075	19,53	7,951	73,8
27	30,106	20,963	7,787	69,4
34	29,706	21,089	8,079	66,2
3 sumatoria				209,42

LIMITE LIQUIDO

LL =	71,3	LL= a+b*log(N)	
		b=	-39,8313
		a=	126,9689
coef de correlacion		r=	-0,992



LIMITE PLASTICO

P1	22,247	22,139
P2	19,514	19,494
P3	7,911	8,072
HUM	23,6	23,2

LP = 23,4

RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	71,3
LIMITE PLASTICO LP=	23,4
IND.PLASTICIDAD IP	47,9



**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 5 M 12  
 PROF: (m). 8,10 - 8,25

FECHA: 15-Jul-02

OBSERVACIONES. Muestra tomada a 8,17 m.

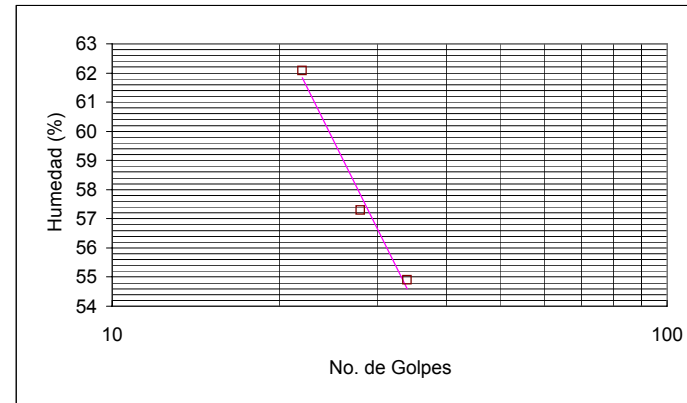
LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
22	27,164	19,89	8,171	62,1
28	27,346	20,341	8,114	57,3
34	34,063	24,943	8,329	54,9

3 sumatoria 174,25

LIMITE LIQUIDO

LL =	59,7	LL= a+b*log(N)	
		b=	-38,2652
		a=	113,2003
coef de correlacion		r=	-0,992



LIMITE PLASTICO

P1	24,4	24,0
P2	21,2	20,9
P3	8,1	8,0
HUM	24,6	24,3

LP = 24,5

RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	59,7
LIMITE PLASTICO LP=	24,5
IND. PLASTICIDAD IP	35,2

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA**

ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 5 M 16  
 PROF: (m). 18,50-21,50

FECHA: 15-Jul-02

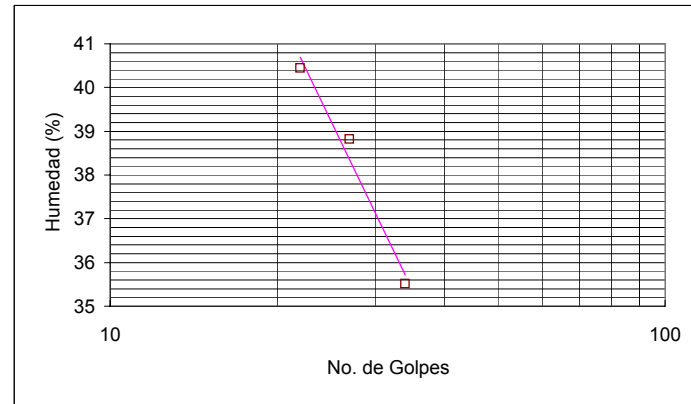
OBSERVACIONES. Muestra tomada a 20,00 m.

LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
22	31,173	24,35	7,48	40,4
27	30,998	24,527	7,855	38,8
34	32,425	26,082	8,217	35,5
3 sumatoria				114,76

LIMITE LIQUIDO

LL =	39,2	LL= a+b*log(N)	
		b=	-26,2708
		a=	75,9554
coef de correlacion		r=	-0,987



LIMITE PLASTICO

P1	23,8	21,6
P2	21,3	19,5
P3	7,5	8,0
HUM	18,1	18,1

LP = 18,1

RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	39,2
LIMITE PLASTICO LP=	18,1
IND. PLASTICIDAD IP	21,1

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 6 M 1  
 PROF:(m) 1,60-5,10

FECHA: 23-Jul-02

Observación: La muestra se tomó a 2,85 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
16	40,514	26,163	7,787	78,1
29	42,088	27,964	7,926	70,5
40	45,949	31,2	8,225	64,2
				212,78

### LIMITE LIQUIDO

LL =	71,8	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-34,24667
		a =	119,65431
coef de correlacion		r =	-0,993



### LIMITE PLASTICO

P1	P2	P3
17,7	17,5	15,2
15,4	15,2	7,8
7,8	7,8	31,2
HUM	31,3	31,2

LP = 31,3

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	71,8
LIMITE PLASTICO LP=	31,3
IND.PLASTICIDAD IP	40,5

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 7 M 11  
 PROF:(m) 10,90-12,50

FECHA: 23-Jul-02

Observación: La muestra se tomó a 11,20 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
23	28,957	19,664	7,99	79,6
27	26,368	18,543	8,34	76,7
36	28,733	19,819	7,748	73,8

230,14

### LIMITE LIQUIDO

LL =	78,2	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-28,78545
		a =	118,44768
coef de correlacion		r =	-0,986



### LIMITE PLASTICO

P1	14,1	16,0
P2	12,6	14,1
P3	7,9	7,9
HUM	30,7	30,7

LP = 30,7

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	78,2
LIMITE PLASTICO LP=	30,7
IND.PLASTICIDAD IP	47,5

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 7 M 5  
 PROF:(m) 3,70-3,80

FECHA: 23-Jul-02

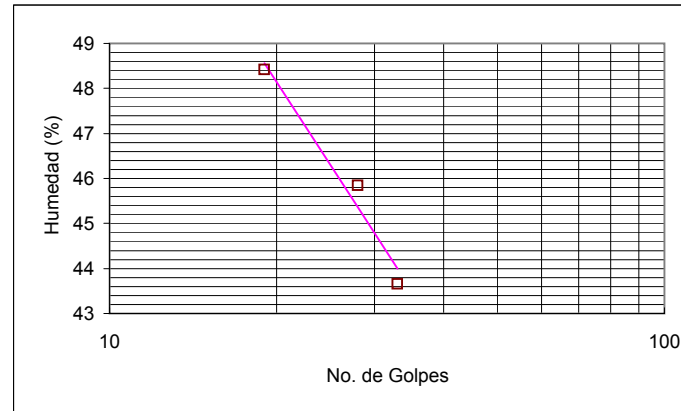
Observación: La muestra se tomó a 3,75 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
19	28,822	22,01	7,941	48,4
28	28,915	22,326	7,953	45,8
33	32,777	25,204	7,854	43,6
				137,91

### LIMITE LIQUIDO

LL =	46,3	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-19,06834
		a =	72,947992
coef de correlacion		r =	-0,983



### LIMITE PLASTICO

P1	15,4	15,3
P2	14,1	14,1
P3	8,1	8,2
HUM	20,8	20,2

LP = 20,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	46,3
LIMITE PLASTICO LP=	20,5
IND.PLASTICIDAD IP	25,8

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 7 M 6  
 PROF(m): 3,80-4,70

FECHA: 23-Jul-02

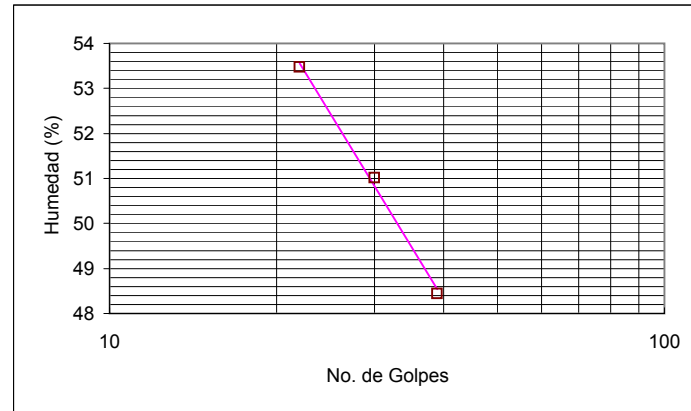
Observación: Muestra tomada a 4,20 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
22	29,48	21,993	7,992	53,5
30	29,361	22,057	7,738	51,0
39	29,688	22,442	7,483	48,4
				152,92

### LIMITE LIQUIDO

LL =	52,4	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-20,19416
		a =	80,663838
coef de correlacion		r =	-0,998



### LIMITE PLASTICO

P1	15,2	15,3
P2	14,1	14,1
P3	7,8	7,9
HUM	18,7	18,7

LP = 18,7

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	52,4
LIMITE PLASTICO LP=	18,7
IND.PLASTICIDAD IP	33,7

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 7 M 8  
 PROF:(m) 8,00 - 8,15

FECHA: 23-Jul-02

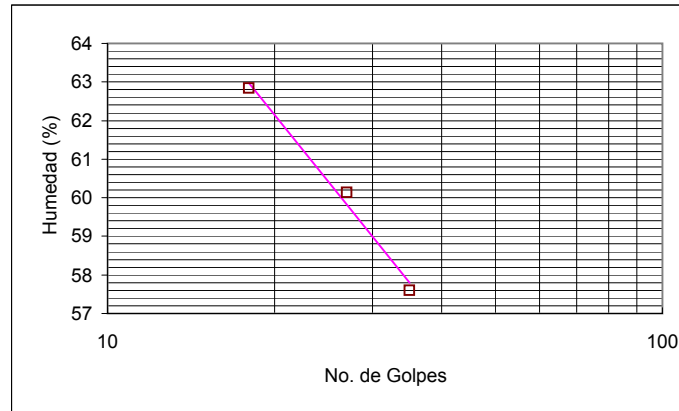
### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
18	29,398	20,997	7,629	62,8
27	27,08	19,86	7,855	60,1
35	27,789	20,513	7,88	57,6

180,58

### LIMITE LIQUIDO

LL =	60,4	LL= a+b*log(N)	
		b=	-17,92687
		a=	85,47473
coef de correlacion		r=	-0,994



### LIMITE PLASTICO

P1	15,0	15,6
P2	13,6	14,0
P3	8,1	8,1
HUM	26,2	26,8

LP = 26,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	60,4
LIMITE PLASTICO LP=	26,5
IND.PLASTICIDAD IP	33,9

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 8 M 1  
 PROF:(m) 0,70-2,30

FECHA: 23-Jul-02

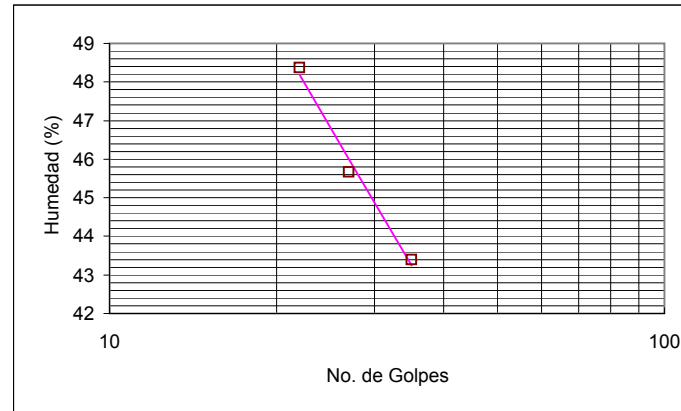
Observación : Muestra tomada a 1,10 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
22	25,1	19,481	7,866	48,4
27	33,213	25,27	7,876	45,7
35	30,371	23,528	7,756	43,4
				137,43

### LIMITE LIQUIDO

LL =	46,8	$LL = a + b \cdot \log(N)$
		b = -24,54869
		a = 81,142313
coef de correlacion		r = -0,993



### LIMITE PLASTICO

P1	21,2	21,3
P2	19,1	19,3
P3	7,8	7,7
HUM	17,9	17,1

LP = 17,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	46,8
LIMITE PLASTICO LP=	17,5
IND.PLASTICIDAD IP	29,3



# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 8 M 3  
 PROF:(m) 3,70-9,60

FECHA: 23-Jul-02

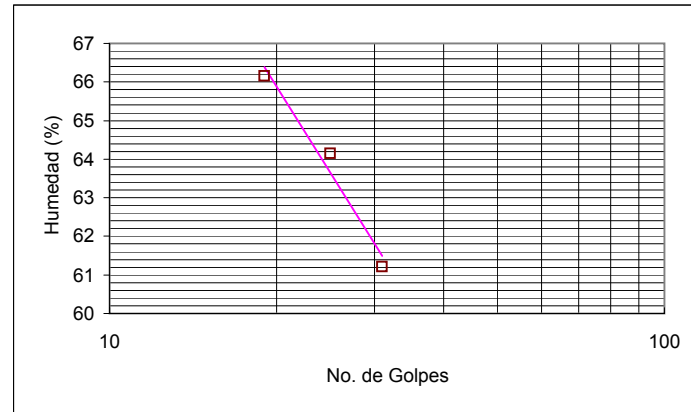
Observación : Muestra tomada a 5,05 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
19	25,827	18,585	7,639	66,2
25	26,862	19,415	7,807	64,2
31	25,906	19,103	7,989	61,2
				191,53

### LIMITE LIQUIDO

LL =	63,6	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-22,99225
		a =	95,786411
coef de correlacion		r =	-0,984



### LIMITE PLASTICO

P1	21,4	22,4
P2	18,9	19,7
P3	7,9	7,9
HUM	22,9	22,5

LP = 22,7

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	63,6
LIMITE PLASTICO LP=	22,7
IND.PLASTICIDAD IP	40,9

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 8 M 7  
 PROF:(m) 19,90-22,40

FECHA: 23-Jul-02

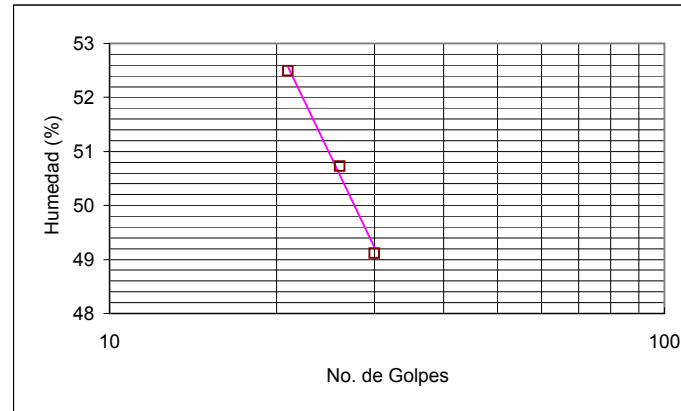
Observación : Muestra tomada a 20,07 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
21	29,046	21,793	7,975	52,5
26	29,177	21,963	7,741	50,7
30	29,248	22,219	7,909	49,1
				152,33

### LIMITE LIQUIDO

LL =	50,9	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-21,54367
		a =	81,04167
coef de correlacion		r =	-0,996



### LIMITE PLASTICO

P1	22,5	21,9
P2	20,0	19,5
P3	7,9	7,8
HUM	20,6	20,4

LP = 20,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	50,9
LIMITE PLASTICO LP=	20,5
IND.PLASTICIDAD IP	30,4

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 8 M 9  
 PROF:(m) 22,80-24,40

FECHA: 23-Jul-02

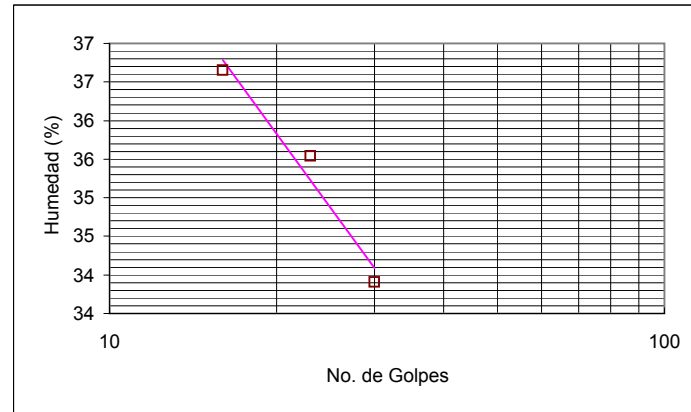
Observación : Muestra tomada a 24,05 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
16	29,533	23,757	7,998	36,7
23	31,077	25,047	8,079	35,5
30	28,952	23,615	7,876	33,9
				106,10

### LIMITE LIQUIDO

LL =	34,9	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-9,870759
		a =	48,668708
coef de correlacion		r =	-0,981



### LIMITE PLASTICO

P1	24,9	23,0
P2	22,1	20,4
P3	8,0	7,6
HUM	20,1	19,6

LP = 19,8

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	34,9
LIMITE PLASTICO LP=	19,8
IND.PLASTICIDAD IP	15,0

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 8 M 10  
 PROF:(m) 24,40-28,30

FECHA: 23-Jul-02

Observación : Muestra tomada a 28,02 m.

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
22	26,72	19,614	7,955	60,9
26	29,146	21,129	7,432	58,5
35	31,809	23,294	7,88	55,2
				174,72

### LIMITE LIQUIDO

LL =	59,2	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-27,9712
		a =	98,346265
coef de correlacion		r =	-0,997



### LIMITE PLASTICO

P1	20,6	20,7
P2	18,2	18,3
P3	7,9	7,9
HUM	23,0	22,8

LP = 22,9

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	59,2
LIMITE PLASTICO LP=	22,9
IND.PLASTICIDAD IP	36,3

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 8 M 11  
 PROF:(m) 28,90-30,10

FECHA: 23-Jul-02

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
11	40,665	32,487	7,946	33,3
22	42,81	34,554	8,212	31,3
39	45,035	36,911	8,122	28,2
				92,88

### LIMITE LIQUIDO

LL =	30,3	$LL = a + b \cdot \log(N)$
		b = -9,193101
		a = 43,141997
coef de correlacion		r = -0,983



### LIMITE PLASTICO

P1	18,4	19,6
P2	16,7	17,7
P3	7,4	8,0
HUM	18,8	19,2

LP = 19,0

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	30,3
LIMITE PLASTICO LP=	19,0
IND.PLASTICIDAD IP	11,3

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 9 M 1  
 PROF:(m) 4,90-5,00

FECHA: 7-Mar-03

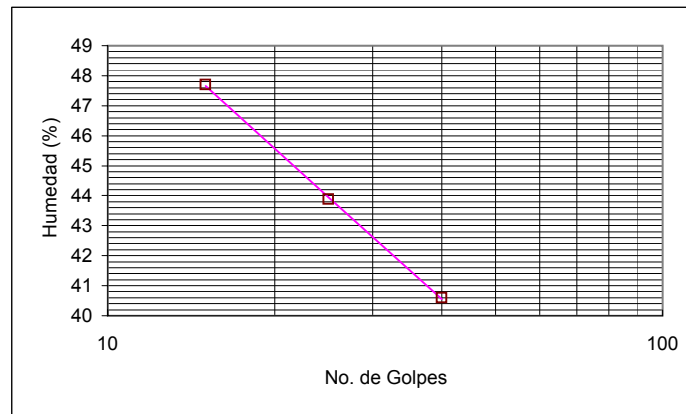
### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
40	35,48	27,56	8,07	40,6
25	32,848	25,252	7,939	43,9
15	31,34	23,826	8,068	47,7

132,16

### LIMITE LIQUIDO

LL =	44,0	LL= a+b*log(N)
		b= -16,68622
		a= 67,282039
coef de correlacion		r= -1,000



### LIMITE PLASTICO

P1	18,9	18,0
P2	17,1	16,3
P3	7,9	7,8
HUM	20,5	20,5

LP = 20,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	44,0
LIMITE PLASTICO LP=	20,5
IND.PLASTICIDAD IP	23,5

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 9 M 8  
 PROF:(m) 20,60-21,20

FECHA: 7-Mar-03

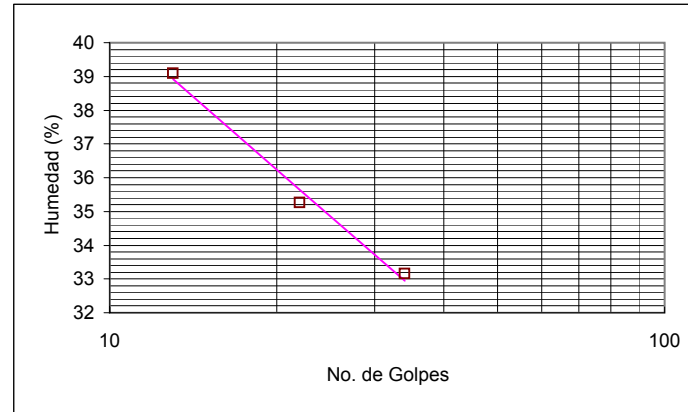
### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
13	34,30	26,92	8,055	39,1
22	36,569	29,23	8,42	35,3
34	32,66	26,458	7,752	33,1

107,51

### LIMITE LIQUIDO

LL =	34,9	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-14,31944
		a =	54,87094
coef de correlacion		r =	-0,994



### LIMITE PLASTICO

P1	17,5	17,4
P2	16,0	15,9
P3	8,0	8,3
HUM	19,8	19,7

LP = 19,8

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	34,9
LIMITE PLASTICO LP=	19,8
IND.PLASTICIDAD IP	15,1

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 9 M 9  
 PROF:(m) 24,50-25,00

FECHA: 7-Mar-03

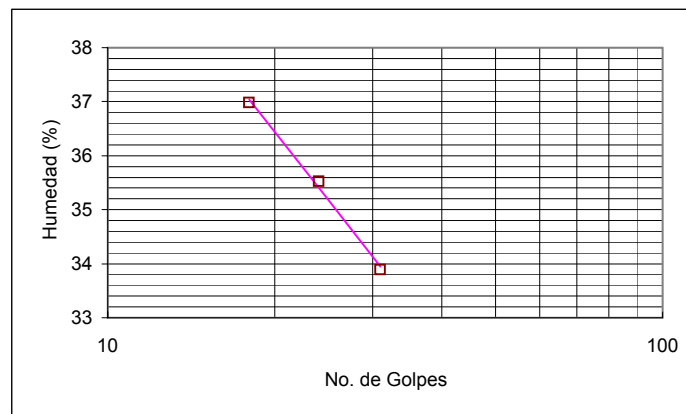
### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
31	32,05	25,90	7,771	33,9
24	31,147	25,026	7,796	35,5
18	31,49	25,062	7,675	37,0

106,40

### LIMITE LIQUIDO

LL =	35,2	$LL = a + b \cdot \log(N)$
		b = -13,06418
		a = 53,437039
coef de correlacion		r = -0,998



### LIMITE PLASTICO

P1	16,0	15,6
P2	14,6	14,2
P3	7,8	7,6
HUM	21,2	21,0

LP = 21,1

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	35,2
LIMITE PLASTICO LP=	21,1
IND.PLASTICIDAD IP	14,1



# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 9 M 11  
 PROF:(m) 27,50

FECHA: 7-Mar-03

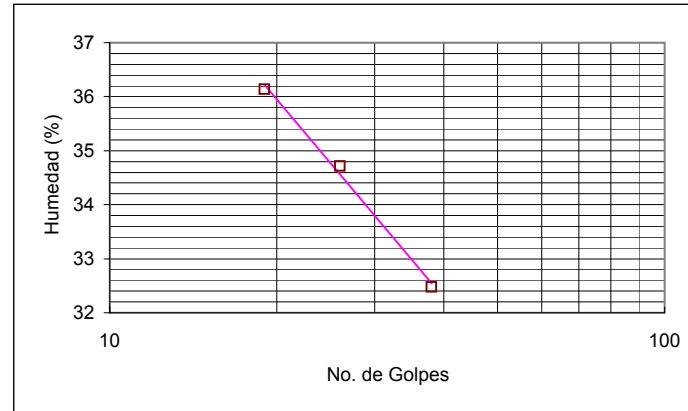
### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
38	32,66	26,68	8,273	32,5
26	31,274	25,204	7,715	34,7
19	33,57	26,733	7,817	36,1

103,31

### LIMITE LIQUIDO

LL =	34,8	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-12,20766
		a =	51,827881
coef de correlacion		r =	-0,997



### LIMITE PLASTICO

P1	14,9	15,5
P2	13,7	14,2
P3	8,0	7,7
HUM	21,1	21,1

LP = 21,1

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	34,8
LIMITE PLASTICO LP=	21,1
IND.PLASTICIDAD IP	13,7

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 10 M 1  
 PROF:(m) 4,00

FECHA: 7-Mar-03

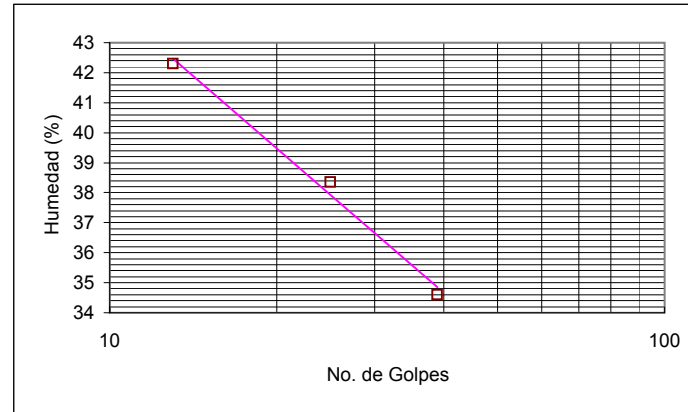
### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
13	61,38	45,50	7,941	42,3
25	60,77	46,17	8,105	38,4
39	59,80	46,46	7,917	34,6

115,24

### LIMITE LIQUIDO

LL =	37,9	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-15,95037
		a =	60,228517
coef de correlacion		r =	-0,995



### LIMITE PLASTICO

P1	20,0	19,8
P2	18,1	17,9
P3	8,1	7,9
HUM	19,2	19,2

LP = 19,2

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	37,9
LIMITE PLASTICO LP=	19,2
IND.PLASTICIDAD IP	18,7

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 11 M 6  
 PROF:(m) 11,00-11,30

FECHA: 7-Mar-03

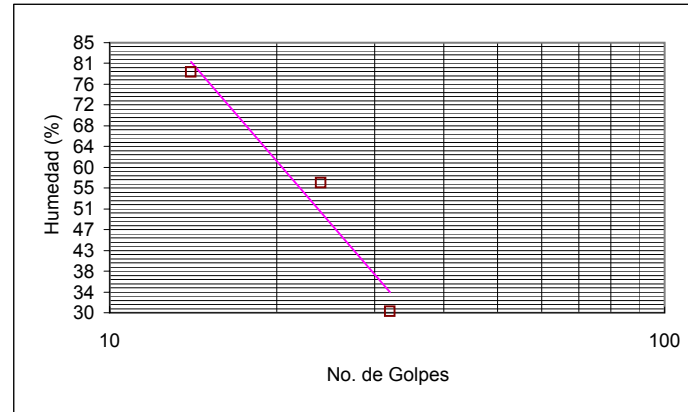
### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
32	34,91	28,62	7,865	30,3
24	39,506	28,083	7,83	56,4
14	34,29	22,527	7,632	79,0

165,71

### LIMITE LIQUIDO

LL =	48,2	LL= a+b*log(N)	
		b=	-130,5826
		a=	230,71629
coef de correlacion		r=	-0,977



### LIMITE PLASTICO

P1	19,9	20,5
P2	18,3	18,7
P3	7,8	7,9
HUM	15,3	16,1

LP = 15,7

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	48,2
LIMITE PLASTICO LP=	15,7
IND.PLASTICIDAD IP	32,5

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 11\* M 6  
 PROF:(m)

FECHA: 7-Mar-03

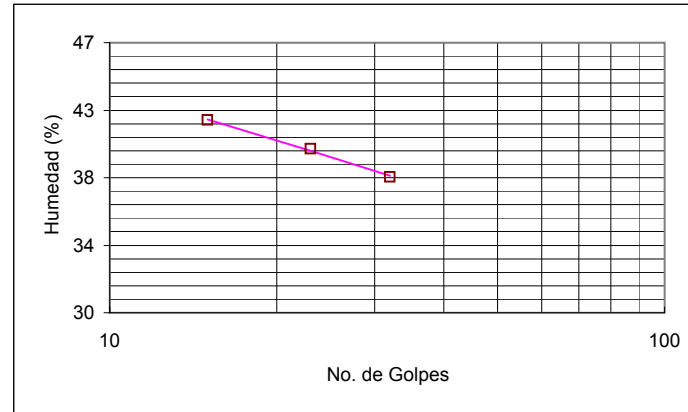
### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
32	34,29	26,95	7,886	38,5
23	33,14	25,774	7,481	40,3
15	32,80	25,518	8,198	42,0

120,81

### LIMITE LIQUIDO

LL =	39,7	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-10,74957
		a =	54,756671
coef de correlacion		r =	-0,997



### LIMITE PLASTICO

P1	18,8	17,8
P2	16,8	16,0
P3	7,8	7,7
HUM	22,3	22,7

LP = 22,5

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	39,7
LIMITE PLASTICO LP=	22,5
IND.PLASTICIDAD IP	17,2

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 11 M 8  
 PROF:(m) 24,50-25,00

FECHA: 7-Mar-03

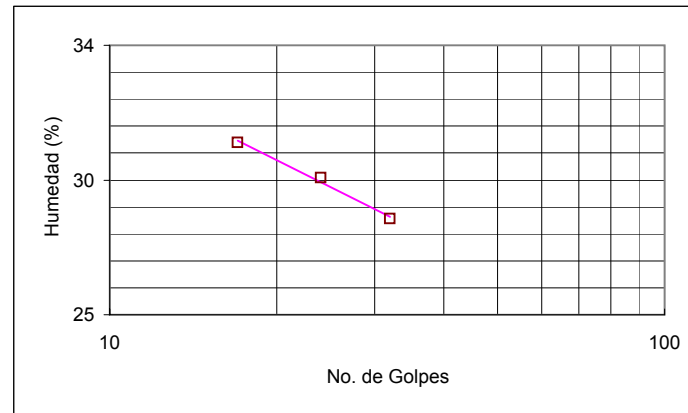
### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
32	37,33	30,89	8,186	28,4
24	33,636	27,758	7,925	29,6
17	35,97	29,361	7,883	30,8

88,75

### LIMITE LIQUIDO

LL =	29,4	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-8,700423
		a =	41,51982
coef de correlacion		r =	-0,996



### LIMITE PLASTICO

P1	16,2	16,0
P2	14,8	14,7
P3	8,1	8,2
HUM	19,7	19,7

LP = 19,7

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	29,4
LIMITE PLASTICO LP=	19,7
IND.PLASTICIDAD IP	9,7

# INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANICA

## ENSAYO DE LIMITES DE PLASTICIDAD

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
 LOCALIZACION: Ciudad Bolivar  
 POZO 11 M 10  
 PROF:(m) 20,00-20,40

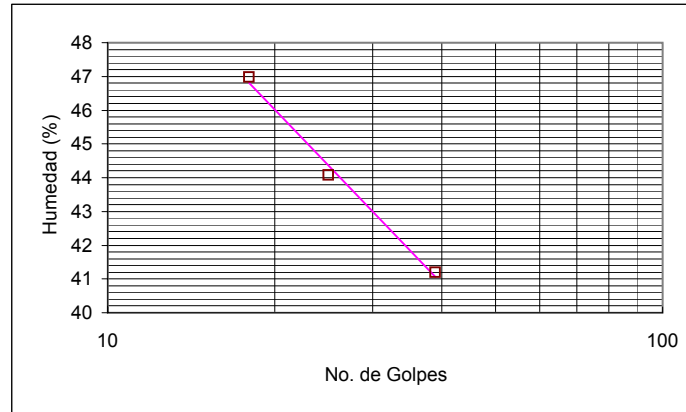
FECHA: 7-Mar-03

### LIMITE LIQUIDO

GOLPES	p1	p2	p3	w(%)
39	32,42	25,25	7,839	41,2
25	30,73	23,746	7,903	44,1
18	30,74	23,316	7,513	47,0
132,24				

### LIMITE LIQUIDO

LL =	44,4	$LL = a + b \cdot \log(N)$	
		b =	-17,09848
		a =	68,270983
coef de correlacion		r =	-0,996



### LIMITE PLASTICO

P1	18,3	18,7
P2	16,4	16,8
P3	7,9	8,0
HUM	22,0	21,9

LP = 21,9

### RESUMEN DE RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO LL	44,4
LIMITE PLASTICO LP=	21,9
IND.PLASTICIDAD IP	22,4

## **ANEXO 5.4**

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolivar

**Fecha:** 10-May-02

<b>POZO 1</b>	<b>M 1</b>  SUELO RESIDUAL	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	87,70	92,00	40,70	1,87
		2	52,40	55,10	24,70	1,90
		3	35,30	37,30	16,10	1,84
		Prom.				
<b>POZO 1</b>	<b>M 2</b>  ARENISCA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	130,70	136,40	66,60	2,04
		2	153,60	159,70	76,70	2,00
		3	185,90	193,60	95,20	2,05
		Prom.				
<b>POZO 1</b>	<b>M 4</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	85,00	90,20	42,30	2,00
		2	153,70	158,90	77,40	2,02
		3	101,90	106,80	50,60	1,99
		Prom.				
<b>POZO 1</b>	<b>M 5</b>  ARENISCA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	168,50	173,80	83,30	1,98
		2	116,80	123,40	58,70	2,01
		3	183,60	191,00	94,50	2,06
		Prom.				
<b>POZO 1</b>	<b>M 6</b>  ARENISCA Tomada a 5,85 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	91,50	94,90	51,40	2,29
		2	128,40	133,30	72,20	2,29
		3	189,50	195,80	107,20	2,31
		Prom.				
<b>POZO 1</b>	<b>M 8</b>  ARCILLOLITA Tomada a 8,95 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	170,70	179,30	97,90	2,35
		2	107,60	112,00	61,90	2,36
		3	88,90	93,50	50,60	2,33
		Prom.				
<b>POZO 1</b>	<b>M 9</b>  ARENISCA Tomada a 10,45 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	100,10	103,60	55,20	2,23
		2	109,50	113,20	60,40	2,23
		3	93,40	96,40	51,60	2,24
		Prom.				
<b>POZO 1</b>	<b>M 12</b>  ARCILLOLITA Tomada a 17,35 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	194,00	198,90	102,90	2,13
		2	172,30	176,20	91,20	2,13
		3	197,10	220,00	103,10	2,11
		Prom.				
<b>POZO 1</b>	<b>M 13</b>  ARCILLOLITA Tomada a 19,35 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	133,90	138,50	69,30	2,08
		2	106,90	111,00	53,10	1,99
		3	101,70	105,10	51,40	2,02
		Prom.				



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

<b>POZO 1</b>	<b>M 14</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 20.86 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	178,90	184,30	95,20	2,14
		2	156,90	162,50	84,70	2,18
		3	146,90	151,50	79,50	2,18
		Prom.				<b>2,17</b>
<b>POZO 1</b>	<b>M 14A</b>  ARENISCA  Tomada a 21,20 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	261,00	268,80	154,80	2,46
		2	195,40	200,90	115,40	2,45
		3	126,70	131,00	75,60	2,48
		Prom.				<b>2,46</b>
<b>POZO 1</b>	<b>M 15</b>  ARENISCA  Tomada a 21.55 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	54,90	57,40	29,90	2,20
		2	78,30	82,10	43,20	2,24
		3	53,70	55,40	29,70	2,24
		Prom.				<b>2,23</b>
<b>POZO 1</b>	<b>M 16</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 21.67 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	57,20	58,30	21,40	1,60
		2	33,20	34,00	11,45	1,53
		3	39,60	40,40	14,40	1,57
		Prom.				<b>1,57</b>
<b>POZO 1</b>	<b>M 17</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 23.25 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	169,10	173,90	89,45	2,13
		2	131,95	135,90	68,30	2,08
		3	169,80	175,00	89,40	2,11
		Prom.				<b>2,11</b>
<b>POZO 1</b>	<b>M 18</b>  ARCILLOLITA  tomada a 25,33 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	128,40	132,35	67,95	2,13
		2	219,50	225,20	117,10	2,15
		3	172,50	177,90	93,00	2,17
		Prom.				<b>2,15</b>
<b>POZO 1</b>	<b>M 19</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 26,40 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	139,00	144,10	76,90	2,24
		2	151,00	157,69	84,20	2,27
		3	56,40	60,04	30,98	2,23
		Prom.				<b>2,24</b>
<b>POZO 1</b>	<b>M 20</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 27,55 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	191,90	196,90	105,50	2,22
		2	159,70	165,00	88,05	2,23
		3	161,40	169,65	88,80	2,23
		Prom.				<b>2,23</b>

Fecha: 24-May-02

<b>POZO 2</b>	<b>M 1</b>  ARENISCA  Tomada a 1,50 m .	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	113,75	116,32	64,21	2,30
		2	103,12	107,40	58,80	2,33
		3	132,60	136,80	75,20	2,31
		Prom.				<b>2,31</b>

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

<b>POZO 2</b>	<b>M 3</b>  ARENISCA  Tomada a 6,65 m .	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	120,09	125,00	67,00	2,27
		2	107,40	110,07	59,69	2,25
		3	103,00	103,30	56,45	2,21
		Prom.				
<b>POZO 2</b>	<b>M 5</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 8,60 m .	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	99,00	102,50	54,40	2,22
		2	89,15	91,69	48,70	2,21
		3	117,11	121,05	64,80	2,24
		Prom.				
<b>POZO 2</b>	<b>M 7</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 12,70 m .	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	137,10	142,09	70,90	2,07
		2	116,50	121,60	60,20	2,07
		3	118,10	124,60	61,39	2,09
		Prom.				
<b>POZO 2</b>	<b>M 8</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 13,30 m .	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	85,10	90,05	44,20	2,09
		2	82,70	85,20	42,82	2,08
		3	62,20	65,30	32,11	2,07
		Prom.				
<b>POZO 2</b>	<b>M 10</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 17,25 m .	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	86,05	89,75	44,55	2,08
		2	87,05	90,85	45,22	2,08
		3	59,50	62,70	30,40	2,05
		Prom.				
<b>POZO 2</b>	<b>M 11</b>    Tomada a 20,20 m .	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	154,60	151,90	83,70	2,18
		2	163,90	169,20	89,07	2,19
		3	170,50	176,20	92,50	2,19
		Prom.				
<b>POZO 2</b>	<b>M 11 A</b>  Roca	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	187,75	192,20	109,80	2,41
		2	151,10	167,20	87,90	2,40
		3	156,60	172,30	91,50	2,42
		Prom.				
<b>POZO 2</b>	<b>M 13</b>  ARCILLA  Tomada a 25,15 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	241,00	246,90	133,40	2,24
		2	196,70	201,55	108,80	2,24
		3	167,40	172,40	92,20	2,23
		Prom.				
<b>POZO 2</b>	<b>M 14</b>  ARCILLA  Tomada a 28,00 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	135,70	140,05	75,49	2,26
		2	164,10	168,45	92,12	2,28
		3	165,20	169,50	92,30	2,27
		Prom.				

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

Fecha: 21-Jun-02

<b>POZO 3</b>	<b>M1</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>					
							1	150,20	154,40	81,00	2,17
							2	191,10	196,00	103,30	2,18
							3	154,51	162,05	82,50	2,15
							Prom.				
	ARENISCA	Tomada a 5,22 m.									
<b>POZO 3</b>	<b>M3</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>					
							1	77,70	80,50	45,05	2,38
							2	68,40	7,26	39,75	2,29
							3	54,35	56,20	32,00	2,44
							Prom.				
	ARENISCA	Tomada a 8,85 m.									
<b>POZO 3</b>	<b>M4</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>					
							1	110,52	113,10	62,80	2,32
							2	127,89	131,70	72,45	2,31
							3	116,30	120,20	65,85	2,31
							Prom.				
	ARENISCA	Tomada a 11,35 m.									
<b>POZO 3</b>	<b>M5</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>					
							1	105,00	107,50	59,30	2,30
							2	107,90	111,30	63,35	2,43
							3	122,20	125,30	72,10	2,44
							Prom.				
	ARENISCA	Tomada a 12,83 m.									
<b>POZO 3</b>	<b>M6</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>					
							1	152,80	156,80	86,05	2,29
							2	148,75	153,50	85,05	2,34
							3	149,25	153,80	85,30	2,34
							Prom.				
	ARENISCA	Tomada a 16,69 m.									
<b>POZO 3</b>	<b>M7</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>					
							1	113,30	116,85	66,89	2,45
							2	129,90	133,41	75,60	2,40
							3	105,85	109,01	61,39	2,38
							Prom.				
	ARENISCA	Tomada a 20,25 m.									
<b>POZO 3</b>	<b>M8</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>					
							1	109,70	112,70	62,95	2,35
							2	142,70	146,35	81,95	2,35
							3	127,91	133,30	73,35	2,35
							Prom.				
	ARENISCA	Tomada a 21,86 m.									

Fecha: 22-Jul-02

<b>POZO 4</b>	<b>M2</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>					
							1	104,40	108,20	58,50	2,28
							2	94,50	97,50	53,00	2,28
							3	61,70	64,30	34,50	2,27
							Prom.				
	ARENISCA										
<b>POZO 4</b>	<b>M3</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>					
							1	63,90	67,00	36,00	2,30
							2	50,20	51,90	28,60	2,33
							3	35,80	37,80	20,10	2,29
							Prom.				
	ARENISCA	Tomada a 7,15 m.									

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

<b>POZO 4</b>	<b>M5</b>  ARENISCA  Tomada a 8,51 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	161,60	164,80	95,40	2,44
		2	123,20	126,90	72,50	2,43
		3	39,80	40,90	23,60	2,46
		Prom.				<b>2,45</b>
<b>POZO 4</b>	<b>M8</b>  ARCILLA  Tomada a 9,14 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	93,10	100,90	46,50	2,00
		2	84,40	92,00	42,30	2,01
		3	69,80	76,90	32,90	1,90
		Prom.				<b>1,97</b>
<b>POZO 4</b>	<b>M10</b>  ARENISCA  Tomada a 9,41 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	140,70	143,90	83,40	2,46
		2	142,60	145,50	84,70	2,47
		3	43,90	45,70	26,00	2,46
		Prom.				<b>2,46</b>
<b>POZO 4</b>	<b>M11</b>  ARENISCA  Tomada a 10,28 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	146,50	149,70	81,30	2,25
		2	109,80	114,60	60,20	2,22
		3	53,00	55,50	29,20	2,23
		Prom.				<b>2,23</b>
<b>POZO 4</b>	<b>M12</b>  ARENISCA  Tomada a 12,65 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	71,70	73,70	41,30	2,36
		2	65,00	66,70	37,40	2,36
		3	62,10	64,30	36,20	2,40
		Prom.				<b>2,37</b>
<b>POZO 4</b>	<b>M13</b>  ARENISCA  Tomada a 14,15 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	132,00	135,40	75,30	2,33
		2	119,50	121,90	68,20	2,33
		3	90,90	93,20	51,60	2,32
		Prom.				<b>2,33</b>
<b>POZO 4</b>	<b>M14</b>  ARENISCA  Tomada a 16,40 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	194,80	199,60	110,00	2,30
		2	162,50	165,70	92,10	2,31
		3	127,20	133,00	71,70	2,30
		Prom.				<b>2,30</b>
<b>POZO 4</b>	<b>M15</b>  ARCILLOLITA  Tomada a 19,43 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	171,00	181,90	88,90	2,09
		2	167,20	176,20	87,30	2,10
		3	103,10	108,70	53,20	2,07
		Prom.				<b>2,09</b>
<b>POZO 4</b>	<b>M16</b>  ARENISCA  Tomada a 20,60 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	195,10	209,90	107,90	2,25
		2	58,20	60,00	32,80	2,29
		3	50,20	52,30	28,10	2,28
		Prom.				<b>2,27</b>
<b>POZO 4</b>	<b>M17</b>  ARENISCA  Tomada a 21,15 m.	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	100,00	106,20	57,80	2,38
		2	82,70	86,70	47,60	2,36
		3	43,70	46,60	24,90	2,33
		Prom.				<b>2,36</b>

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

POZO 4	M18	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARCILLOLITA	1	127,40	134,98	66,00	2,08
		2	103,70	108,90	54,40	2,11
		3	94,20	98,50	49,10	2,09
		Prom.				<b>2,09</b>

Fecha: 15-Jul-02

POZO 5	M3	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARENISCA Tomada a 2,10 m.	1	190,50	195,10	113,40	2,47
		2	181,00	186,80	108,10	2,49
		3	135,30	141,20	80,30	2,47
		Prom.				<b>2,48</b>

POZO 5	M4	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARCILLA Tomada a 2,37 m.	1	46,30	48,60	23,00	1,99
		2	28,70	30,80	14,30	2,00
		3	27,20	28,60	13,70	2,02
		Prom.				<b>2,00</b>

POZO 5	M5	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARENISCA Tomada a 3,10 m.	1	123,60	128,30	69,40	2,28
		2	67,50	71,80	37,90	2,29
		3	48,20	51,20	27,10	2,29
		Prom.				<b>2,29</b>

POZO 5	M7	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARENISCA Tomada a 5,50 m.	1	166,70	172,20	94,20	2,30
		2	133,30	137,90	74,80	2,28
		3	138,90	144,20	79,10	2,33
		Prom.				<b>2,30</b>

POZO 5	M8	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARCILLA Tomada a 5,95 m.	1	79,00	84,60	40,10	2,04
		2	74,40	77,30	38,10	2,05
		3	51,00	53,40	25,40	2,00
		Prom.				<b>2,03</b>

POZO 5	M11	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARENISCA Tomada a 8,05 m.	1	164,40	168,30	97,40	2,46
		2	104,90	108,00	61,80	2,44
		3	95,30	97,80	56,30	2,45
		Prom.				<b>2,45</b>

POZO 5	M13	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARENISCA Tomada a 8,88 m.	1	89,00	91,90	51,50	2,38
		2	73,10	75,70	42,30	2,38
		3	72,20	74,80	42,00	2,39
		Prom.				<b>2,38</b>

POZO 5	M13B	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARCILLOLITA Tomada a 11,05 m.	1	46,30	48,40	25,00	2,18
		2	35,30	37,30	18,70	2,13
		3	20,70	22,30	11,00	2,14
		Prom.				<b>2,15</b>

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

POZO	M	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt	
5	M14 ARENISCA Tomada a 13,30 m.	1	130,00	138,20	75,80	2,41	
		2	127,70	136,80	74,90	2,43	
		3	71,90	78,40	42,00	2,42	
		Prom.					<b>2,42</b>
5	M16 Arcillolita Tomada a 18,63 m.	1	75,80	81,50	39,00	2,07	
		2	60,90	65,60	31,10	2,05	
		3	55,40	59,90	28,40	2,06	
		Prom.					<b>2,06</b>

Fecha: 15-Jul-02

POZO	M	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt	
6	M1 ARCILLA Tomada a 2,85 m.	1	75,50	80,20	36,10	1,92	
		2	52,50	56,10	25,20	1,93	
		3	44,50	46,90	21,70	1,96	
		Prom.					<b>1,94</b>
6	M2 ARENISCA Tomada a 13,70 m.	1	46,70	49,10	25,60	2,22	
		2	52,70	54,70	28,60	2,19	
		3	38,90	41,20	21,00	2,18	
		Prom.					<b>2,20</b>
6	M2A ARENISCA Tomada a 16,25 m.	1	121,80	126,00	68,00	2,27	
		2	97,20	101,00	54,40	2,28	
		3	95,80	99,50	53,20	2,25	
		Prom.					<b>2,27</b>
6	M2B ARENISCA Tomada a 16,30 m.	1	166,70	170,80	96,10	2,36	
		2	155,30	160,20	89,10	2,35	
		3	120,30	123,90	69,00	2,35	
		Prom.					<b>2,35</b>
6	M2C ARCILLA Tomada a 16,35 m.	1	134,40	137,00	77,90	2,38	
		2	145,00	148,20	83,60	2,36	
		3	133,70	136,80	73,60	2,23	
		Prom.					<b>2,32</b>
6	M3 ARENISCA Tomada a 18,50 m.	1	113,70	116,20	63,20	2,25	
		2	84,10	86,00	47,00	2,27	
		3	76,50	78,30	42,70	2,27	
		Prom.					<b>2,26</b>
6	M3A ARENISCA Tomada a 19,20 m.	1	126,20	128,70	71,90	2,33	
		2	97,10	99,20	55,40	2,33	
		3	87,60	89,60	49,50	2,30	
		Prom.					<b>2,32</b>

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:** Deslizamiento El Espino  
**LOCALIZACIÓN:** Ciudad Bolívar

POZO 6	M3B	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
ARENISCA	Tomada a 20,05 m.	1	107,20	111,20	59,10	2,23
		2	85,20	88,30	46,90	2,23
		3	84,00	87,00	46,10	2,22
		Prom.				<b>2,23</b>
POZO 6	M4	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
ARCILLOLITA	Tomada a 25,15 m.	1	105,50	111,10	54,90	2,09
		2	125,30	131,50	65,70	2,11
		3	68,00	72,70	35,00	2,07
		Prom.				<b>2,09</b>

Fecha: 23-Jul-02

POZO 7	M2	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
ARENISCA	Tomada a 2,75 m.	1	122,50	126,50	69,80	2,33
		2	109,20	112,60	61,90	2,31
		3	96,00	100,00	54,20	2,30
		Prom.				<b>2,31</b>
POZO 7	M3	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
ARENISCA	Tomada a 2,90 m.	1	124,40	126,60	68,50	2,23
		2	128,30	131,00	71,00	2,24
		3	116,90	118,90	64,00	2,21
		Prom.				<b>2,23</b>
POZO 7	M9	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
ARENISCA	Tomada a 9,10 m.	1	154,10	157,70	85,90	2,26
		2	148,70	153,10	82,30	2,24
		3	89,50	92,00	49,70	2,25
		Prom.				<b>2,25</b>
POZO 7	M10	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
ARENISCA		1	185,50	191,40	105,20	2,31
		2	164,10	168,00	92,60	2,30
		3	117,00	119,50	67,10	2,35
		Prom.				<b>2,32</b>
POZO 7	M11	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
ARENISCA	Tomada a 13,45 m.	1	122,70	126,30	69,00	2,29
		2	98,00	100,60	55,10	2,29
		3	82,60	84,70	46,50	2,29
		Prom.				<b>2,29</b>
POZO 7	M12	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
ARENISCA	Tomada a 14,20 m.	1	131,80	136,60	72,60	2,23
		2	129,20	133,60	72,10	2,27
		3	106,20	110,10	59,10	2,26
		Prom.				<b>2,25</b>
POZO 7	M13	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
ARENISCA	Tomada a 16,40 m.	1	114,80	119,10	63,00	2,22
		2	107,30	111,10	59,40	2,24
		3	100,50	104,40	54,90	2,21
		Prom.				<b>2,22</b>

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

POZO 7	M13A	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt	
	ARENISCA Tomada a 18,10 m.	1	143,10	147,90	78,90	2,23	
		2	109,00	113,90	60,60	2,26	
		3	119,00	123,40	66,30	2,26	
		Prom.					<b>2,25</b>
		POZO 7	M14	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr
	ARCILLOLITA	1	136,70	143,00	71,60	2,10	
		2	144,10	149,90	75,30	2,10	
		3	113,50	119,00	58,00	2,05	
		Prom.					<b>2,08</b>

Fecha: 23-Jul-02

POZO 8	M2	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt	
	ARCILLOLITA Tomada a 3,27 m.	1	99,70	103,30	54,90	2,23	
		2	127,00	130,60	69,00	2,19	
		3	90,70	92,90	48,70	2,16	
		Prom.					<b>2,19</b>
		POZO 8	M3	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr
	ARENISCA Tomada a 4,98 m.	1	29,30	30,70	16,30	2,26	
		2	31,30	32,20	17,70	2,30	
		3	37,30	38,20	21,20	2,32	
		Prom.					<b>2,29</b>
		POZO 8	M4	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr
	ARENISCA Tomada a 12,25 m.	1	104,20	106,60	57,00	2,21	
		2	120,60	124,30	65,70	2,20	
		3	107,70	110,10	58,60	2,20	
		Prom.					<b>2,20</b>
		POZO 8	M5	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr
	ARENISCA Tomada a 15,00 m.	1	96,00	98,40	53,20	2,25	
		2	96,20	99,40	53,20	2,24	
		3	88,70	91,70	48,90	2,23	
		Prom.					<b>2,24</b>
		POZO 8	M6	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr
	ARENISCA Tomada a 17,32 m.	1	121,10	123,30	71,10	2,42	
		2	152,60	155,80	90,70	2,47	
		3	151,70	154,90	87,90	2,38	
		Prom.					<b>2,42</b>
		POZO 8	M8	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr
	ARENISCA Tomada a 22,62 m.	1	38,50	40,00	22,70	2,44	
		2	49,60	51,50	29,10	2,42	
		3	32,20	33,20	18,60	2,37	
		Prom.					<b>2,41</b>
		POZO 8	M11	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr
	ARENISCA	1	164,80	171,50	89,90	2,20	
		2	164,50	171,30	89,80	2,21	
		3	129,40	135,70	70,70	2,21	
		Prom.					<b>2,21</b>



**INGEOMINAS  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

Fecha: 07-Mar-03

<b>POZO 9</b>	<b>M 1</b>  ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	107,70	115,10	56,30	2,10
		2	104,40	106,60	55,80	2,15
		3	67,90	69,20	35,80	2,12
		Prom.				
<b>POZO 9</b>	<b>M 2</b>  ARENISCA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	154,60	158,60	87,70	2,31
		2	130,00	132,90	73,80	2,32
		3	88,00	91,10	49,00	2,26
		Prom.				
<b>POZO 9</b>	<b>M 3</b>  ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	130,40	134,30	64,70	1,99
		2	106,30	109,50	52,90	1,99
		3	145,20	149,50	73,30	2,02
		Prom.				
<b>POZO 9</b>	<b>M 5</b>  ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	139,90	143,00	69,80	2,00
		2	128,29	132,80	64,35	2,01
		3	116,16	120,45	58,50	2,02
		Prom.				
<b>POZO 9</b>	<b>M 6</b>  ARENISCA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	243,50	246,20	136,70	2,28
		2	201,30	204,80	113,00	2,28
		3	115,80	117,30	64,50	2,26
		Prom.				
<b>POZO 9</b>	<b>M 7</b>  ARENISCA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	226,90	231,50	126,40	2,26
		2	108,30	110,70	59,40	2,22
		3	112,00	113,80	61,80	2,23
		Prom.				
<b>POZO 9</b>	<b>M 8</b>  ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	100,10	103,60	51,50	2,06
		2	109,50	113,20	58,00	2,13
		3	93,40	96,40	49,85	2,15
		Prom.				
<b>POZO 9</b>	<b>M 10</b>  ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	106,79	110,00	57,00	2,15
		2	106,90	111,00	57,45	2,17
		3	117,70	120,50	64,20	2,20
		Prom.				
<b>POZO 9</b>	<b>M 11</b>  ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	111,20	114,30	59,00	2,13
		2	154,00	160,60	80,00	2,08
		3	127,50	131,40	68,00	2,15
		Prom.				

**INGEOMINAS  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

POZO 9	M 9	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARCILLOLITA	1	145,60	152,20	77,50	2,14
		2	145,00	151,60	75,40	2,09
		3	172,50	179,60	91,00	2,12
		Prom.				<b>2,12</b>

Fecha: 07-Mar-03

POZO 10	M 1	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARCILLOLITA	1	81,70	85,70	44,20	2,18
		2	72,90	77,30	38,90	2,15
		3	85,00	88,10	45,60	2,16
		Prom.				<b>2,16</b>

POZO 10	M 2	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARENISCA	1	160,00	167,10	91,00	2,32
		2	102,70	107,10	58,50	2,33
		3	49,50	52,30	28,00	2,31
		Prom.				<b>2,32</b>

POZO 10	M 3	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARENISCA	1	109,20	114,50	62,90	2,36
		2	56,30	59,00	32,90	2,41
		3	68,50	71,60	40,00	2,41
		Prom.				<b>2,39</b>

POZO 10	M 4	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARCILLOLITA	1	99,50	105,70	53,70	2,18
		2	111,30	116,50	63,40	2,33
		3	70,50	72,70	40,10	2,32
		Prom.				<b>2,28</b>

POZO 10	M 5	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARCILLOLITA	1	59,30	62,40	32,50	2,22
		2	31,00	33,00	17,10	2,24
		3	23,70	25,40	13,20	2,26
		Prom.				<b>2,24</b>

POZO 10	M 6	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARCILLOLITA	1	167,70	178,30	93,10	2,25
		2	105,60	101,20	57,60	2,20
		3	87,60	90,70	48,10	2,22
		Prom.				<b>2,22</b>

Fecha: 07-Mar-03

POZO 11	M 1	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARENISCA	1	131,30	135,50	71,20	2,19
		2	128,50	132,90	70,40	2,22
		3	113,60	117,80	62,50	2,23
		Prom.				<b>2,21</b>

POZO 11	M 2	PRUEBA	W total gr	W paraf. gr	W paraf.sum. gr	γt
	ARENISCA	1	177,90	182,50	99,30	2,27
		2	113,50	116,90	63,40	2,27
		3	92,40	95,80	51,40	2,26
		Prom.				<b>2,26</b>

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**PESO UNITARIO**

**PROYECTO:**  
**LOCALIZACIÓN:**

Deslizamiento El Espino  
Ciudad Bolívar

POZO 11	M 3 ARENISCA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	181,30	185,10	106,20	2,42
		2	179,50	183,30	105,00	2,41
		3	153,20	157,00	89,60	2,41
		Prom.				<b>2,41</b>
POZO 11	M 4 ARENISCA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	108,70	111,80	62,50	2,36
		2	133,00	136,40	75,30	2,31
		3	119,40	117,50	66,10	2,24
		Prom.				<b>2,30</b>
POZO 11	M 5 ARENISCA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	135,90	139,00	78,80	2,38
		2	132,00	135,20	82,30	2,66
		3	118,00	120,80	69,10	2,42
		Prom.				<b>2,49</b>
POZO 11	M 6 ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	116,40	120,10	60,00	2,07
		2	107,30	110,60	55,00	2,05
		3	78,80	82,60	41,00	2,09
		Prom.				<b>2,07</b>
POZO 11	M 7 ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	226,90	231,50	117,95	2,08
		2	108,30	110,70	57,60	2,14
		3	112,00	111,10	61,20	2,20
		Prom.				<b>2,14</b>
POZO 11	M 8	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	194,00	198,90		1,00
		2	172,30	176,20		1,00
		3	197,10	220,00		1,00
		Prom.				<b>1,00</b>
POZO 11	M 10 ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	132,36	135,50	70,85	2,15
		2	133,37	136,80	70,49	2,12
		3	98,78	101,80	53,00	2,16
		Prom.				<b>2,15</b>
POZO 11	M 6 SI ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	163,50	166,90	88,55	2,18
		2	141,20	146,50	75,20	2,14
		3	146,90	151,50	78,50	2,15
		Prom.				<b>2,16</b>
POZO 11	M 7SI ARCILLOLITA	<b>PRUEBA</b>	<b>W total gr</b>	<b>W paraf. gr</b>	<b>W paraf.sum. gr</b>	<b>γt</b>
		1	177,00	186,00	95,30	2,17
		2	145,90	151,20	78,65	2,17
		3	101,2	106,5	54	2,15
		Prom.				<b>2,16</b>

## **ANEXO 5.5**

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECANICA**  
**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS Gs**

**PROYECTO:** DESLIZAMIENTO EL ESPINO  
**LOCALIZACION:** CIUDAD BOLIVA

W1=Wpic+Wmuestra+Wagua

W2=Wsuelo+Wrecip

W4=Wpic+Wagua

W3=Wrecip

Fecha: 10-May-02

Pozo	Muestra	Profundidad (m).	Ensayo Realizado a (m).	W1 gr.	TEMP. °C	W2 gr.	W3 gr.	W4 gr.	γw gr/cm3	Gs
1	1	0,00-0,61		710,60	66,2	115,10	55,40	673,71	0,98687523	2,59
	2	0,61-2,20		709,00	73,0	111,90	52,90	671,82	0,98520243	2,67
	4	3,35-4,50		709,40	71,9	112,50	52,50	672,14	0,98547303	2,60
	11	14,35-16,85	15,10	709,60	74,0	117,10	57,20	671,53	0,98495643	2,71
	17	22,85-24,43	23,45	710,80	63,0	99,20	42,40	674,55	0,98766243	2,73
	18	24,43-26,30	25,00	710,00	63,0	111,50	54,70	674,55	0,98766243	2,63
	20	27,00-30,10	27,50	709,90	71,0	101,90	42,60	672,39	0,98569443	2,69

Fecha: 23-May-02

Pozo	Muestra	Profundidad (m).	Ensayo Realizado a (m).	W1 gr.	TEMP. °C	W2 gr.	W3 gr.	W4 gr.	γw gr/cm3	Gs
2	2	3,15-4,70	3,3	710,70	65,0	101,30	42,50	674,55	0,98717043	2,63
	4	7,65-8,50	7,75	711,30	63,0	101,00	42,00	674,55	0,98766243	2,62
	6	10,90-12,10	11,9	711,80	63,0	113,80	54,30	674,29	0,98766243	2,64
	7	12,10-12,80	12,45	710,80	64,0	100,90	42,60	674,03	0,98741643	2,65
	8	12,80-14,40	13,25	711,40	65,0	101,00	42,50	671,53	0,98717043	2,74
	9	15,10-16,40	16,1	708,20	74,0	107,10	49,10	674,27	0,98495643	2,68
	10	17,00-18,50	17,15	710	64,1	100,30	42,9	670,95	0,98739183	2,62
	11	19,80-20,80		708,5	76	113,2	53,8	671,21	0,98446443	2,68
	13	24,00-25,60		709,1	75,1	113,7	53,8	672,95	0,98468583	2,68
	14	25,60-28,97		710,4	69,00	111,9	52,4	685,32	0,98618643	2,67

Fecha: 21-Jun-02

Pozo	Muestra	Profundidad (m).	Ensayo Realizado a (m).	W1 gr.	TEMP. °C	W2 gr.	W3 gr.	W4 gr.	γw gr/cm3	Gs
3	1	0,00-7,14	5,00	710,00	72,1	109,20	49,20	672,05	0,98542383	2,68
	2	7,14-7,26	7,20	709,50	72,2	100,80	42,60	672,05	0,98539923	2,77
	3B	7,26-10,00	9,41	709,60	72,2	114,10	54,70	672,53	0,98539923	2,68
	6C	14,10-18,80	18,26	709,60	70,5	113,00	54,90	672,67	0,98581743	2,73
	9	25,80-27,40	26,07	711,30	70,0	102,00	42,50	671,56	0,98594043	2,81
	11	27,60-28,00	27,70	709,60	73,9	102,30	42,60	672,36	0,98498103	2,72
	13	28,90-30,40	29,11	710	71,1	111,70	52,5	685,32	0,98566983	2,71

Fecha: 22-Jul-02

POZO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	W1 gr.	TEMP. °C	W2 gr.	W3 gr.	W4 gr.	γw gr/cm3	Gs
4	1	0,00-4,60	4,36	709,20	71,0	101,90	42,60	672,39	0,98569443	2,60
	8	8,90-9,20	9,05	709,50	73,0	113,90	55,10	671,82	0,98520243	2,75
	9	9,20-9,25	9,22	709,70	75,0	115,00	54,70	671,24	0,98471043	2,72
	15	19,20-20,50	19,28	709,70	72,0	112,70	54,00	672,11	0,98544843	2,74
	18	21,20-23,80	22,65	708,90	75,0	114,70	55,20	671,24	0,98471043	2,69

Fecha: 15-Jul-02

POZO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	W1 gr.	TEMP. °C	W2 gr.	W3 gr.	W4 gr.	γw gr/cm3	Gs
5	2	0,50-0,83	0,65	711,10	69,5	112,50	52,80	672,81	0,98606343	2,75
	4	2,20-2,70	2,28	710,80	69,1	114,00	54,00	672,92	0,98616183	2,68
	6	3,30-3,50	3,49	710,30	69,8	102,30	42,80	672,73	0,98598963	2,68
	8	5,90-6,10	6,00	710,10	69,0	115,10	55,60	672,95	0,98618643	2,63
	10	6,90-7,20	7,05	710,90	68,5	110,60	52,10	673,09	0,98630943	2,79
	12	8,10-8,25	8,17	709,80	71,2	102,10	42,50	672,33	0,98564523	2,66
	16	18,50-21,50	20,00	710,7	68,9	109,00	49,0	672,98	0,98621103	2,66

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECANICA**  
**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS Gs**

Fecha: 22-Jul-02

POZO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	W1 gr.	TEMP. °C	W2 gr.	W3 gr.	W4 gr.	γw gr/cm3	Gs
6	1	1,60-5,10	2,85	709,40	74,0	108,10	49,20	671,53	0,98495643	2,76
	4	21,60-26,10	22,20	709,30	74,0	113,80	53,80	671,53	0,98495643	2,66

Fecha: 17-Jul-02

POZO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	W1 gr.	TEMP. °C	W2 gr.	W3 gr.	W4 gr.	γw gr/cm3	Gs
7	5	3,70-3,80	3,75	710,30	71,0	112,10	53,00	672,39	0,98569443	2,75
	6	3,80-4,70	4,20	709,30	73,0	113,40	54,50	671,82	0,98520243	2,71
	8	8,00-8,15	8,07	711,10	70,0	113,70	55,60	672,67	0,98594043	2,92
	10	10,90-12,50	11,20	710,40	73,0	100,20	42,40	671,82	0,98520243	2,97
	14	20,70-23,10	21,75	710,00	73,0	101,50	42,60	671,82	0,98520243	2,80

Fecha: 17-Jul-02

POZO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	Ensayo Realizado a (m).	W1 gr.	TEMP. °C	W2 gr.	W3 gr.	W4 gr.	γw gr/cm3	Gs
8	1	0,70-2,30	1,1	711,10	69,0	114,40	55,40	672,95	0,98618643	2,79
	3	3,70-9,60	5,05	709,20	73,0	112,30	53,25	671,82	0,98520243	2,69
	7	19,90-22,40	20,07	708,70	77,0	102,40	42,60	670,65	0,98421843	2,71
	9	22,80-24,40	34,05	710,00	73,0	102,20	42,50	671,82	0,98520243	2,74
	10	24,40-28,30	28,02	710,00	72,5	113,00	54,20	671,97	0,98532543	2,79

Fecha: 10-Mar-03

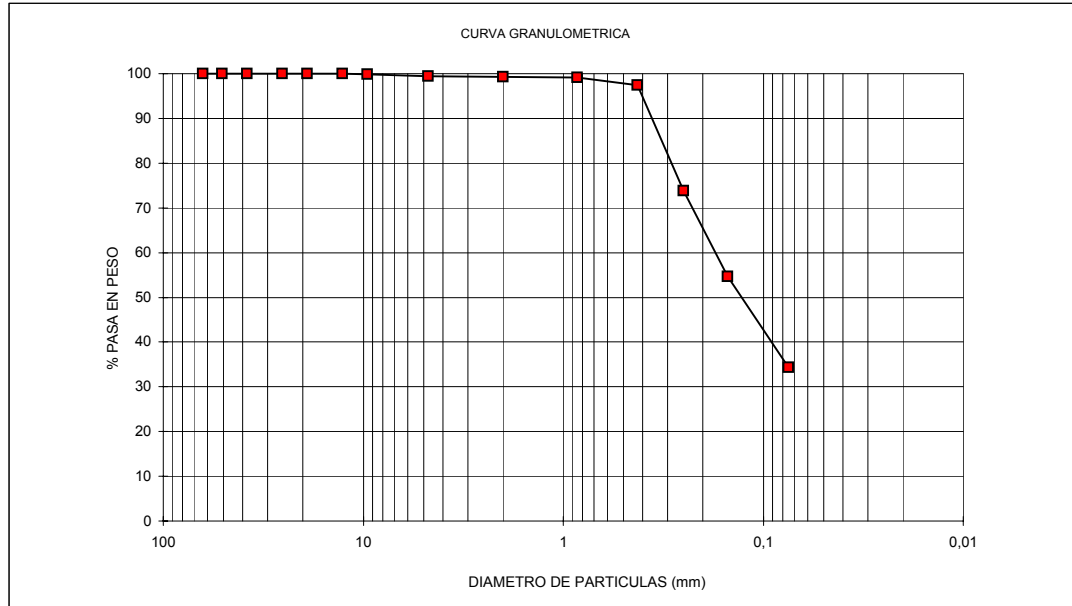
Pozo	Muestra	Profundidad (m).	Ensayo Realizado a (m).	W1 gr.	TEMP. °C	W2 gr.	W3 gr.	W4 gr.	γw gr/cm3	Gs
10	5	15,40-15,70		710,60	72,0	114,10	53,00	672,11	0,98544843	2,67
	6	18,60-19,20		706,60	71,5	99,50	45,40	672,25	0,98557143	2,70
11	8	20,60-21,20		710,20	70,0	102,00	43,20	672,67	0,98594043	2,73
	9	24,50-25,00		710,90	69,0	114,20	54,40	672,95	0,98618643	2,70
	10	26,00-26,50		710,70	71,0	101,50	42,40	672,39	0,98569443	2,81
12	6	11,00-11,30		708,90	68,0	111,70	52,10	673,22	0,98643243	2,46
	8	17,00-17,40		710,00	71,0	102,20	42,00	672,39	0,98569443	2,63
	10	20,00,20,40		710,40	70,0	112,30	54,30	672,67	0,98594043	2,82
12*	7			709,90	71,0	113,13	54,4	672,39	0,98569443	2,73
	6			709,5	73	113,3	54,4	671,82	0,98520243	2,74

## **ANEXO 5.6**

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECANICA**  
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

<b>PROYECTO:</b> Deslizamiento El Espino		<b>FECHA:</b> 23-Jul-02	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Ciudad Bolivar		<b>PROFUNDIDAD (m)</b> 2,30 - 2,39	
<b>Pozo 7</b>	<b>M 1</b>	<b>WTMH+R:</b>	887
<b>W RECIP</b>	42,7	<b>WTMS+R</b>	738,50
		<b>WLT200+R</b>	501,60
		<b>Humedad%</b>	21,34

Observación: La muestra se tomó a 2,35 m.



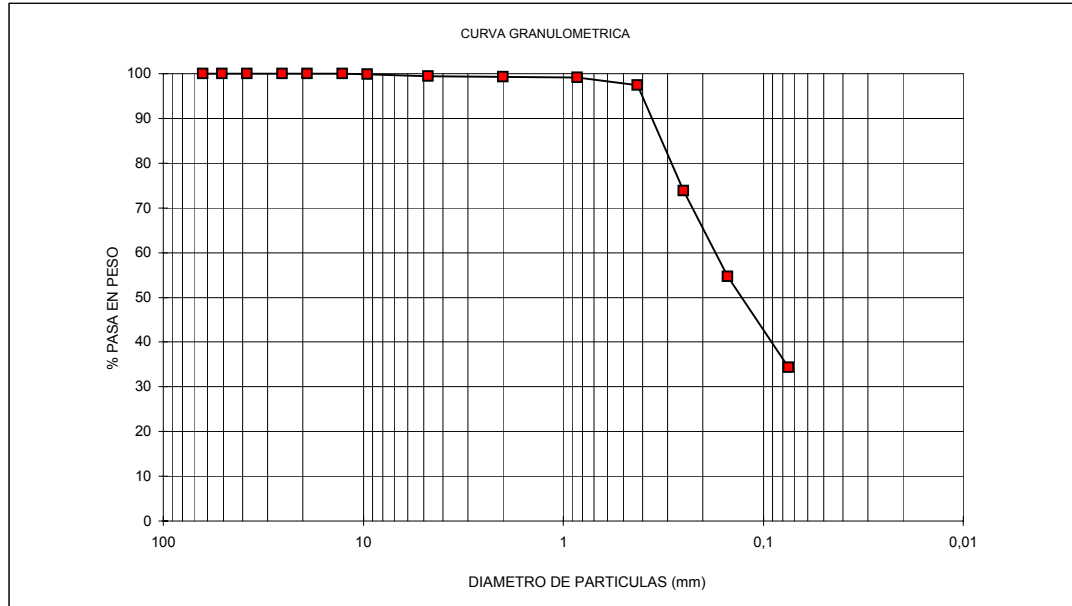
TAMIZ	W RET+REC	W RET	W RET CORREG	%RET	%RET ACUM	% PASA
2 1/2"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	43,50	0,80	0,80	0,12	0,12	99,88
No4	45,40	2,70	2,71	0,39	0,50	99,50
N 10	44,30	1,60	1,61	0,23	0,74	99,26
N 20	43,30	0,60	0,60	0,09	0,82	99,18
N 40	55,30	12,60	12,64	1,82	2,64	97,36
N 60	206,10	163,40	163,97	23,57	26,21	73,79
N 100	175,90	133,20	133,67	19,21	45,42	54,58
N 200	183,10	140,40	140,89	20,25	65,66	34,34
FONDO	44,70	2,00	238,91	34,34	100,00	0,00
<b>SUMATORIA</b>		457,30	695,800	<b>% FINOS</b>		34,34
<b>ERROR(gr)</b>	1,60			<b>% ARENAS</b>		65,16
<b>ERROR (%)</b>	0,349			<b>% GRAVAS</b>		0,50
				<b>% TOTAL</b>		100,00



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECANICA**  
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

<b>PROYECTO:</b> Deslizamiento El Espino		<b>FECHA:</b> 23-Jul-02	
<b>LOCALIZACIÓN:</b> Ciudad Bolivar		<b>PROFUNDIDAD (m)</b> 2,30 - 2,39	
<b>Pozo 7</b>	<b>M 1</b>	<b>WTMH+R:</b>	887
<b>W RECIP</b>	42,7	<b>WTMS+R</b>	738,50
		<b>WLT200+R</b>	501,60
		<b>Humedad%</b>	21,34

Observación: La muestra se tomó a 2,35 m.

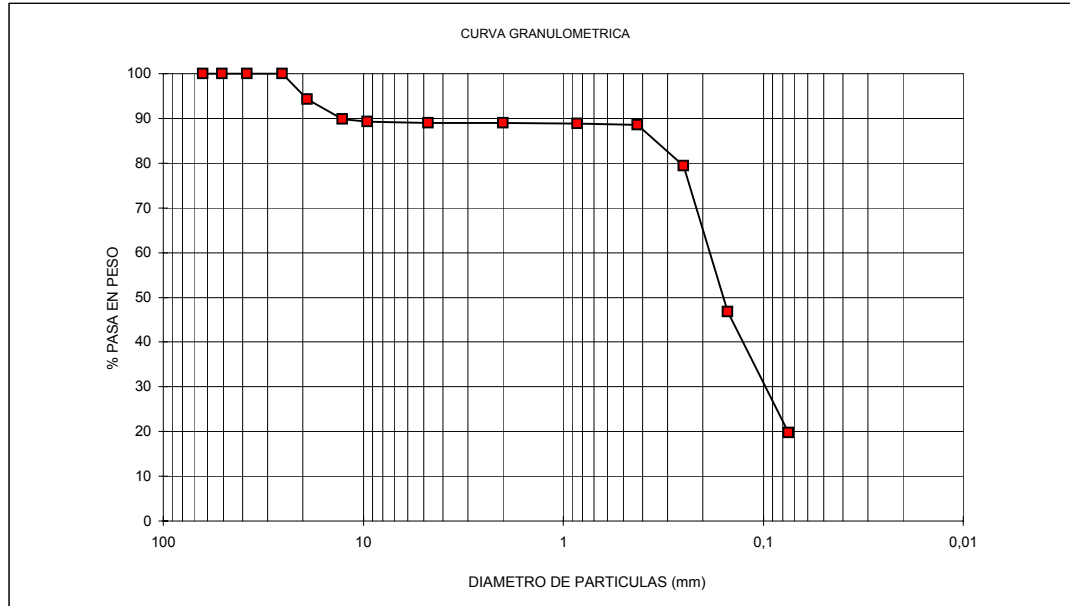


TAMIZ	W RET+REC	W RET	W RET CORREG	%RET	%RET ACUM	% PASA
2 1/2"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	42,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	43,50	0,80	0,80	0,12	0,12	99,88
No4	45,40	2,70	2,71	0,39	0,50	99,50
N 10	44,30	1,60	1,61	0,23	0,74	99,26
N 20	43,30	0,60	0,60	0,09	0,82	99,18
N 40	55,30	12,60	12,64	1,82	2,64	97,36
N 60	206,10	163,40	163,97	23,57	26,21	73,79
N 100	175,90	133,20	133,67	19,21	45,42	54,58
N 200	183,10	140,40	140,89	20,25	65,66	34,34
FONDO	44,70	2,00	238,91	34,34	100,00	0,00
<b>SUMATORIA</b>		457,30	695,800	<b>% FINOS</b>		34,34
<b>ERROR(gr)</b>	1,60			<b>% ARENAS</b>		65,16
<b>ERROR (%)</b>	0,349			<b>% GRAVAS</b>		0,50
				<b>% TOTAL</b>		100,00

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECANICA**  
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

**PROYECTO:** Deslizamiento El Espino **FECHA:** 23-Jul-02  
**LOCALIZACIÓN:** Ciudad Bolivar **PROFUNDIDAD (m)** 3,30 - 3,50  
**Pozo 7 M 4** **WTMH+R:** 739,1  
**W RECIP** 42,5 **WTMS+R** 705,30 **WLT200+R** 577,20  
**Humedad%** 5,10

Observación : Lamuestra se tomó a 3,35 m.



TAMIZ	W RET+REC	W RET	W RET CORREG	%RET	%RET ACUM	% PASA
2 1/2"	42,50	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	42,50	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	42,50	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	42,50	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	80,40	37,90	37,97	5,73	5,73	94,27
1/2"	71,70	29,20	29,25	4,41	10,14	89,86
3/8"	46,20	3,70	3,71	0,56	10,70	89,30
No4	44,50	2,00	2,00	0,30	11,00	89,00
N 10	43,00	0,50	0,50	0,08	11,08	88,92
N 20	42,80	0,30	0,30	0,05	11,13	88,87
N 40	44,70	2,20	2,20	0,33	11,46	88,54
N 60	102,60	60,10	60,21	9,08	20,54	79,46
N 100	259,00	216,50	216,91	32,73	53,27	46,73
N 200	220,70	178,20	178,53	26,94	80,20	19,80
FONDO	45,60	3,10	131,21	19,80	100,00	0,00
<b>SUMATORIA</b>		533,70	662,800	% FINOS		19,80
<b>ERROR(gr)</b>	1,00			% ARENAS		69,20
<b>ERROR (%)</b>	0,187			% GRAVAS		11,00
				% TOTAL		100,00

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECANICA**  
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

**PROYECTO:** Deslizamiento El Espino

**FECHA:**

22-May-02

**LOCALIZACIÓN:**Ciudad Bolivar

**PROFUNDIDAD (m)** 12,85 - 14,35

**Pozo 1 M10**

**WTMH+R:**

1011,6

**W RECIP** 111,6

**WTMS+R**

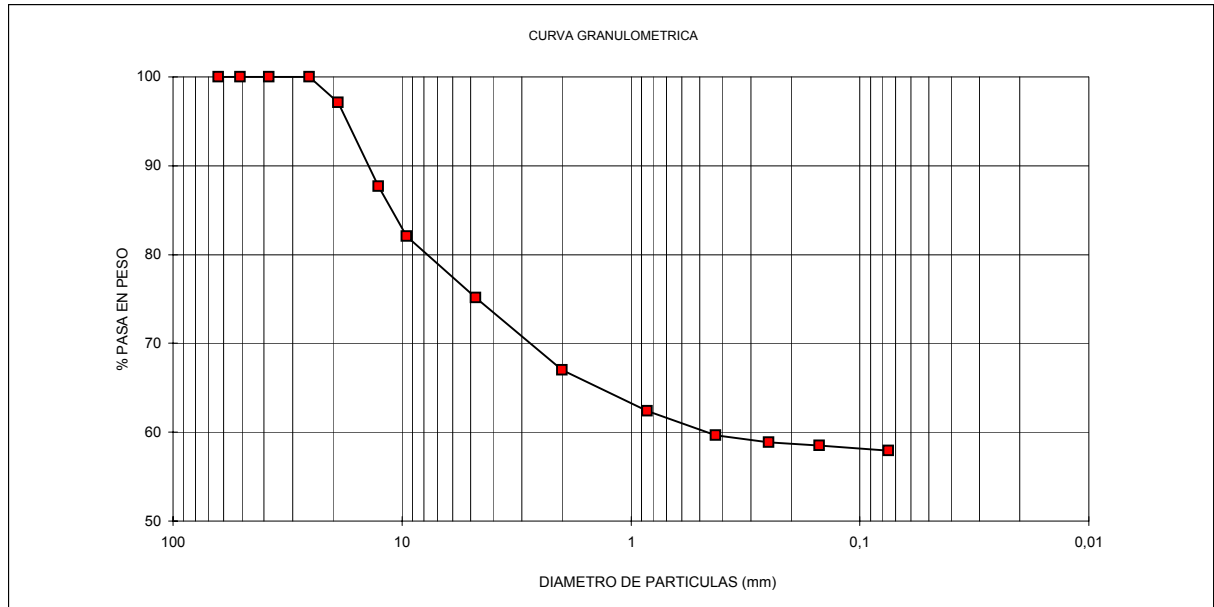
836,10

**WLT200+R**

416,60

**Humedad%** 24,22

**OBSERVACIONES:** Tomada a 13 90 m.



TAMIZ	W RET+REC	W RET	W RET CORREG	%RET	%RET ACUM	% PASA
2 1/2"	111,60	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	111,60	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	111,60	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	111,60	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	132,30	20,70	20,75	2,86	2,86	97,14
1/2"	180,10	68,50	68,66	9,48	12,34	87,66
3/8"	152,20	40,60	40,69	5,62	17,96	82,04
No4	161,30	49,70	49,81	6,88	24,83	75,17
N 10	170,50	58,90	59,04	8,15	32,98	67,02
N 20	145,30	33,70	33,78	4,66	37,64	62,36
N 40	131,20	19,60	19,65	2,71	40,35	59,65
N 60	117,20	5,60	5,61	0,77	41,13	58,87
N 100	114,50	2,90	2,91	0,40	41,53	58,47
N 200	115,50	3,90	3,91	0,54	42,07	57,93
FONDO	111,80	0,20	419,70	57,93	100,00	0,00

<b>SUMATORIA</b>		304,30	724,500	% FINOS	57,93
<b>ERROR(gr)</b>	0,70			% ARENAS	17,24
<b>ERROR (%)</b>	0,230			% GRAVAS	24,83
				% TOTAL	100,00

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECANICA**  
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

**PROYECTO:** Deslizamiento El Espino

**FECHA:** 23-May-02

**LOCALIZACIÓN:**Ciudad Bolivar

**PROFUNDIDAD (m)** 22,60 -24,00

**Pozo 2 M 12**

**WTMH+R:** 1131,3

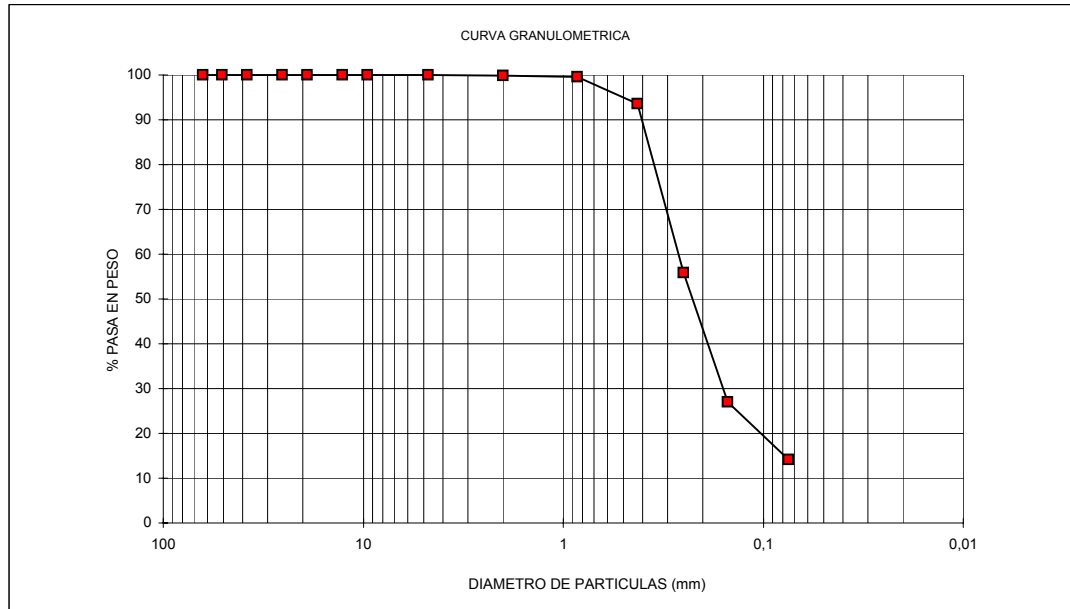
**W RECIP** 113,3

**WTMS+R** 928,20

**WLT200+R** 813,90

**Humedad%** 24,92

**DESCRIPCION VISUAL:**



TAMIZ	W RET+REC	W RET	W RET CORREG	%RET	%RET ACUM	% PASA
2 1/2"	113,30	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	113,30	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	113,30	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	113,30	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	113,30	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	113,30	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	113,30	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No4	113,30	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
N 10	114,10	0,80	0,80	0,10	0,10	99,90
N 20	115,60	2,30	2,30	0,28	0,38	99,62
N 40	162,50	49,20	49,31	6,05	6,43	93,57
N 60	419,70	306,40	307,06	37,68	44,11	55,89
N 100	348,00	234,70	235,20	28,86	72,97	27,03
N 200	218,10	104,80	105,02	12,89	85,86	14,14
FONDO	114,20	0,90	115,20	14,14	100,00	0,00
<b>SUMATORIA</b>		699,10	814,900			
<b>ERROR(gr)</b>	1,50					
<b>ERROR (%)</b>	0,214					
				<b>% FINOS</b>		14,14
				<b>% ARENAS</b>		85,86
				<b>% GRAVAS</b>		0,00
				<b>% TOTAL</b>		100,00

## **ANEXO 5.7**

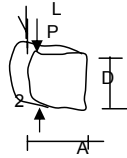
**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CARGA PUNTUAL**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino  
LOCALIZACIÓN: Ciudad Bolívar

RESULTADO OBTENIDO: Índice de Resistencia IS:

$$IS = P/D^2$$

P= Carga máxima  
D= Separación c



Se presentan como datos complementarios de la muestra sus dimensiones en las direcciones perpendiculares al plano de rotura (largo L y espesor W) y sentido de la rotura respecto a los planos de estratificación observados en la muestra

FECHA DE ENSAYO: May-02

POZO	MUESTRA	Prof (m)	prueba No	Orientación		D (cm)	L(cm)	A (cm)	Fuerza (kN)	IS (Kg/cm2)	Is(50) (Kg/cm2)	Prom paral	Prom per
				paral	perp								
1	5	4,50 - 5,05	1	X		5,1	15,5	6,4	14,2	55,71	56,207	52,137	79,494
			2	X		4,8	9,43	6,29	15,5	68,65	67,398		
			3	X		6,3	6,83	6,27	11,5	29,57	32,806		
			4		X	4,6	6,33	4,78	15,9	76,68	73,852		
			5		X	3,5	6,3	4,05	12	99,96	85,136		
6	5,05 - 7,25	5,05 - 7,25	1	X		6,6	15,68	6,31	11,7	27,41	31,055	32,457	83,702
			2	X		6,5	7,19	6,34	12,9	31,16	35,060		
			3	X		6,5	8,56	6,32	11,5	27,77	31,255		
			4		X	4,2	6,53	5,1	13,2	76,36	70,595		
			5		X	2,5	6,3	3,09	8,1	132,24	96,809		
			6										
8	8,35 - 9,80	8,35 - 9,80	1	X		5,7	14,93	5,73	14,6	45,85	48,639	35,037	40,816
			2	X		6,5	13,02	6,38	11,3	27,29	30,711		
			3	X		4,5	6,62	6,28	9	45,35	43,251		
			4		X	5	6,3	4,62	10	40,82	40,816		
			5		X	6,2	14,93	6,32	6	15,93	17,546		
9	9,80 - 12,22	9,80 - 12,22	1	X		6,6	16	6,29	17,9	41,93	47,511	38,003	94,361
			2	X		6,5	7,56	6,32	13,2	31,88	35,875		
			3	X		6,4	10,94	6,32	11	27,40	30,623		
			4		X	2,4	6,32	2,34	8,1	143,49	103,132		
			5		X	3	6,33	2,99	9,5	107,71	85,590		
15	21,40 - 24,70	21,40 - 24,70	1	X		6,2	12,45	6,36	---	0,00			
			2	X		5	12	6,2	---	0,00			
			3		X	6,5	6,56	6,29	---	0,00			
			4		X	5,5	6,32	5,43	---	0,00			
			5		X	3,8	5,76	3,81	---	0,00			

FECHA DE ENSAYO: 23-May-02

POZO	MUESTRA	Prof (m)	prueba No	Orientación		D (cm)	L(cm)	A (cm)	Fuerza (kN)	IS (Kg/cm2)	Is(50) (Kg/cm2)	promedio
				paral	perp							
2	1	1,30-3,15	1			6	15,1	6,38	4	11,34	12,307	33,487
			2			4,1	14,8	6,3	6,5	39,46	36,086	
			3			4,5	7,92	5,14	6	30,23	28,834	
			4			3,5	9,7	3,54	4,5	37,48	31,926	
			5			2,2	6,64	2,9	4	84,33	58,283	
3	6,10-7,65	6,10-7,65	1			4,1	8,5	3,83	8,5	51,60	47,189	67,138
			2			3,1	8,2	3,5	9	95,56	77,067	
			3			3,9	6,39	3,92	12	80,51	71,989	
			4			4	6,38	4,08	13	82,91	74,987	
			5			4,3	6,5	4	12,5	68,98	64,457	
			6									
5	8,50-9,30	8,50-9,30	1			6,5	14,82	5,41	11	26,57	29,896	31,861
			2			6,4	7,76	6,33	9	22,42	25,055	
			3			6,2	7,85	6,13	10	26,55	29,244	
			4			3,2	6,32	3,28	5	49,82	40,759	
			5			3,8	6,36	3,89	5,5	38,87	34,351	









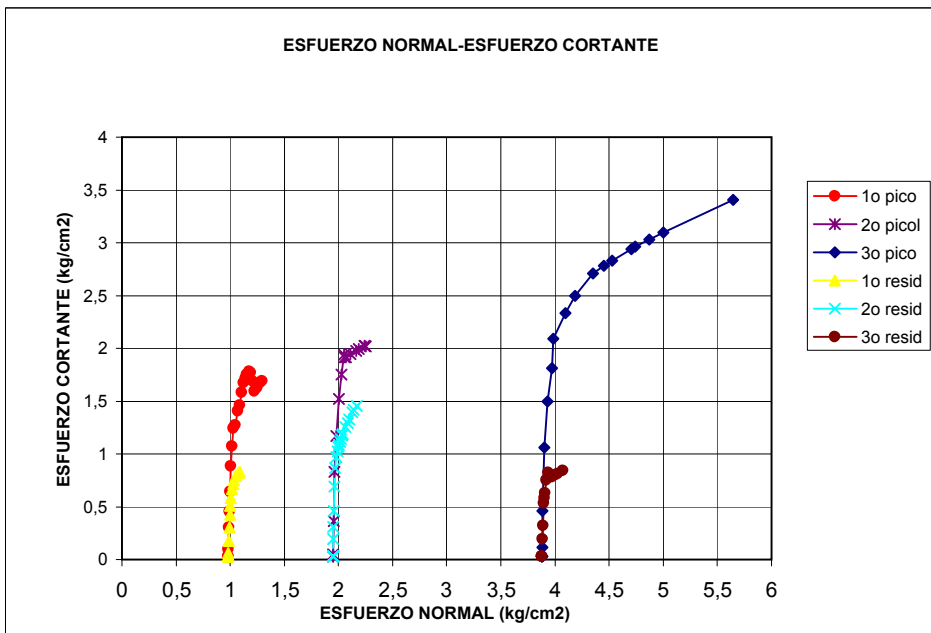


## **ANEXO 5.8**

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Espino  
 Localización: Bogotá

**Muestra P10-M4**

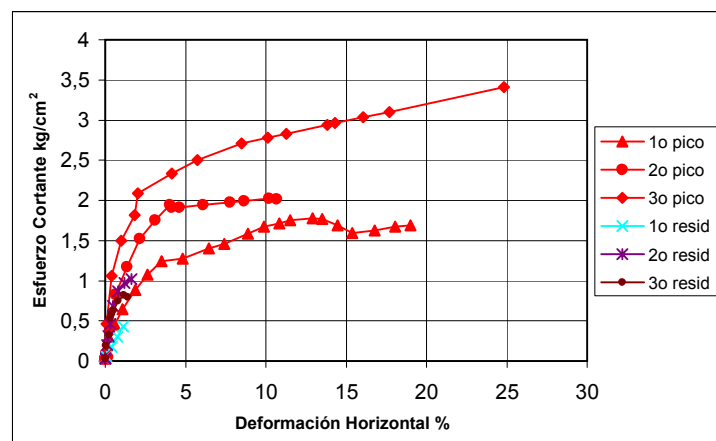
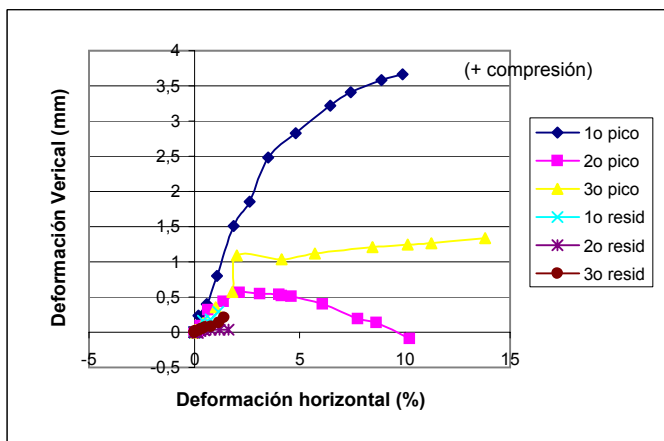


CONDICIÓN PICO

$\Phi =$ (GRADOS)	22,6
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,1

CONDICIÓN RESIDUAL

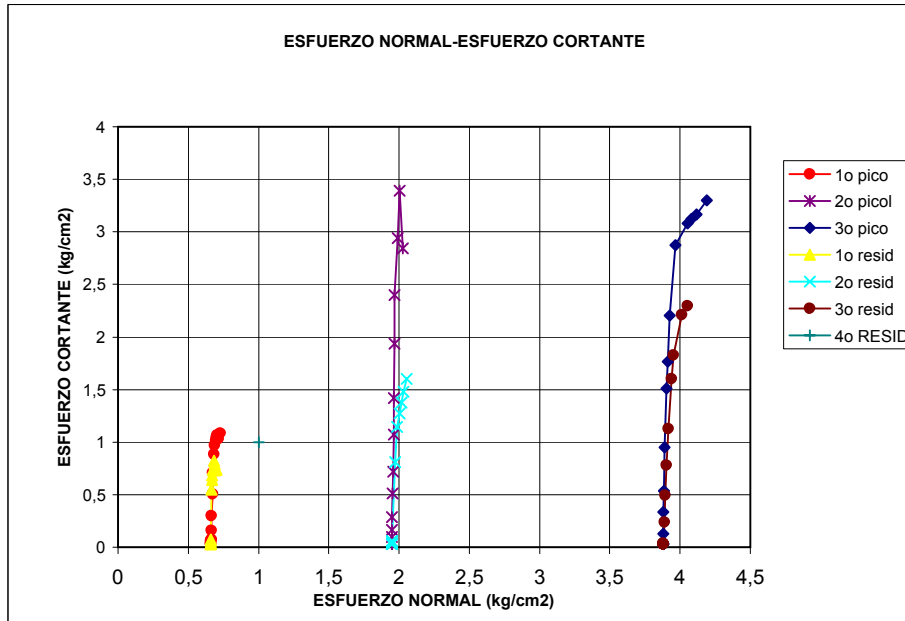
$\Phi =$ (GRADOS)	16,7
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,5



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Espino  
 Localización: Bogotá

**Muestra P10-M5**

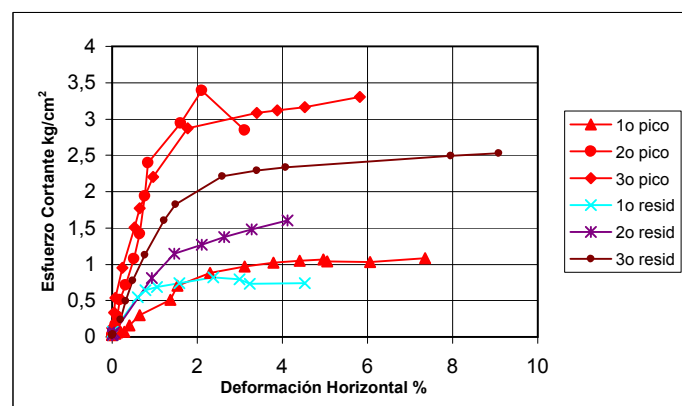
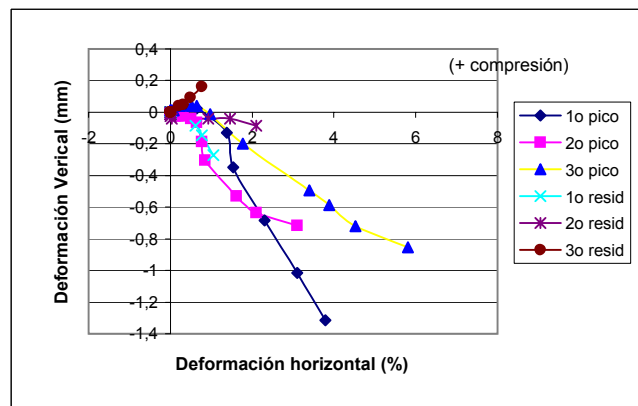


CONDICIÓN PICO

$\Phi =$ (GRADOS)	28,5
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,7

CONDICIÓN RESIDUAL

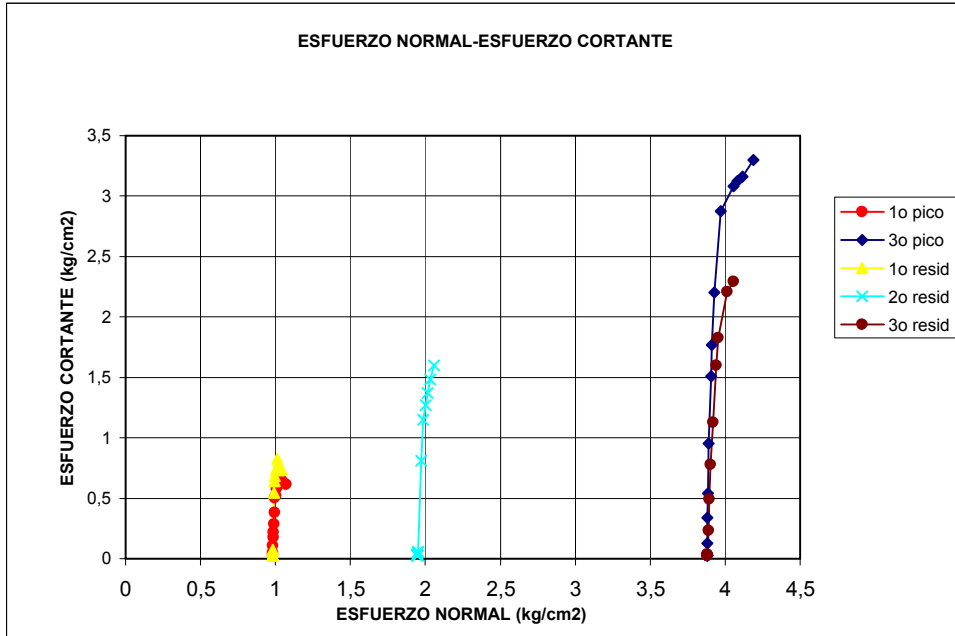
$\Phi =$ (GRADOS)	24
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,4



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Espino  
 Localización: Bogotá

**Muestra P10-M5**

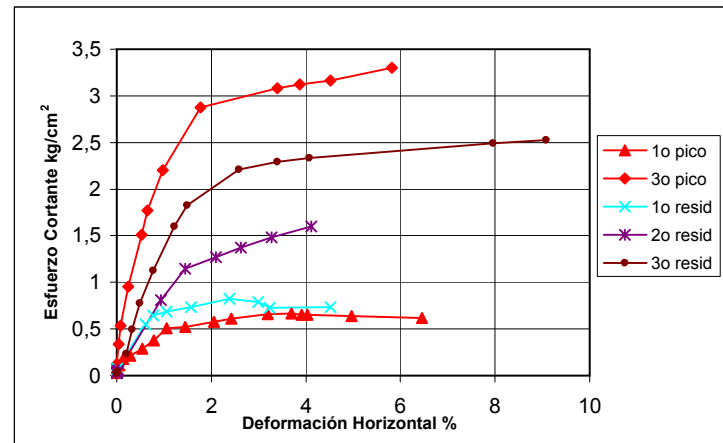
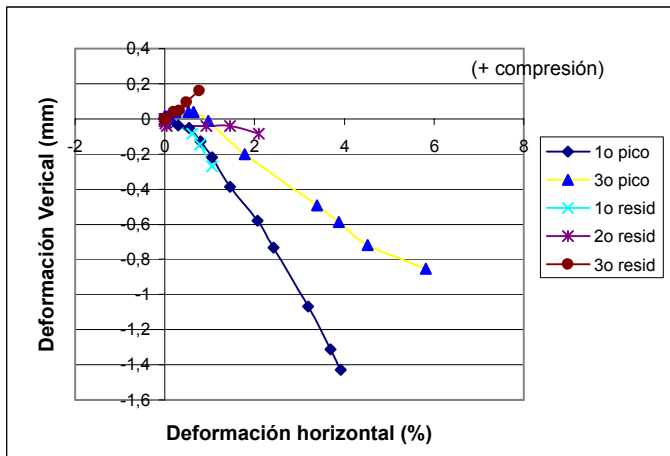


**CONDICIÓN PICO**

$\Phi =$ (GRADOS)	33
$C =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,2

**CONDICIÓN RESIDUAL**

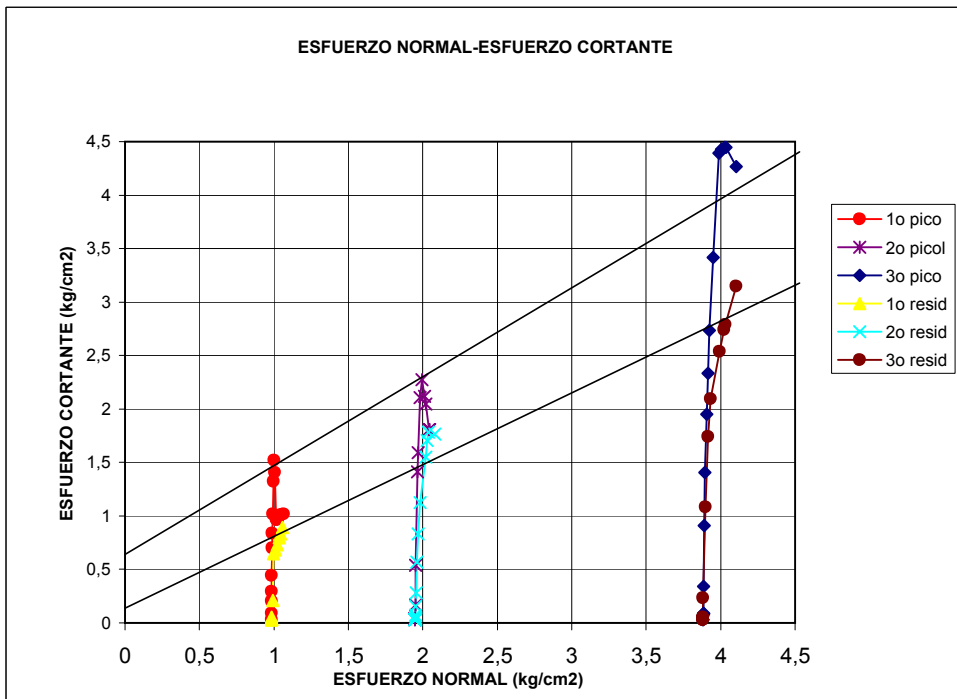
$\Phi =$ (GRADOS)	26
$C =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Espino  
 Localización: Bogotá

**Muestra P11-M7**

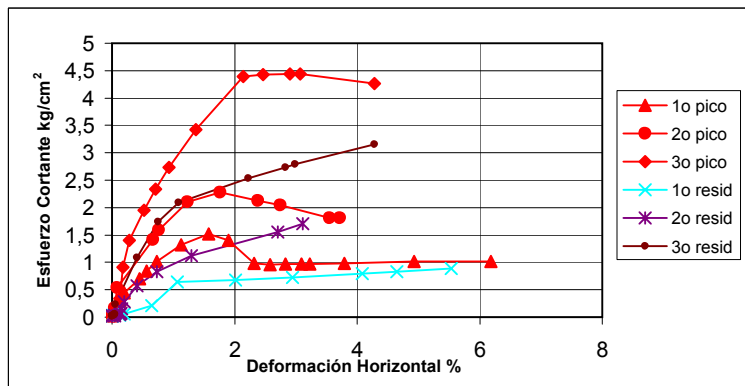
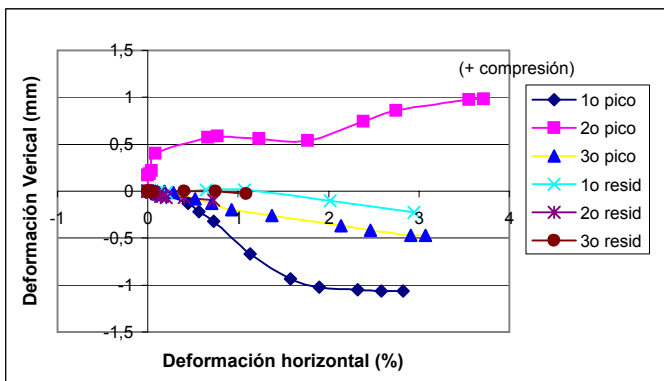


CONDICIÓN PICO

$\Phi=$ (GRADOS)	39
$C=$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,7

CONDICIÓN RESIDUAL

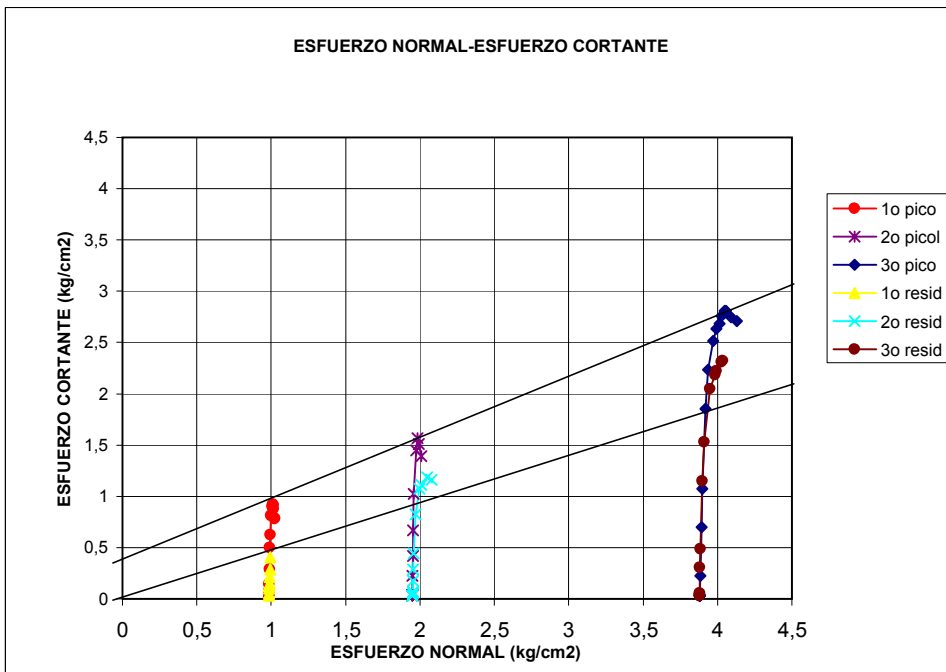
$\Phi=$ (GRADOS)	33,6
$C=$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,2



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Espino  
 Localización: Bogotá

**Muestra P9-M11**

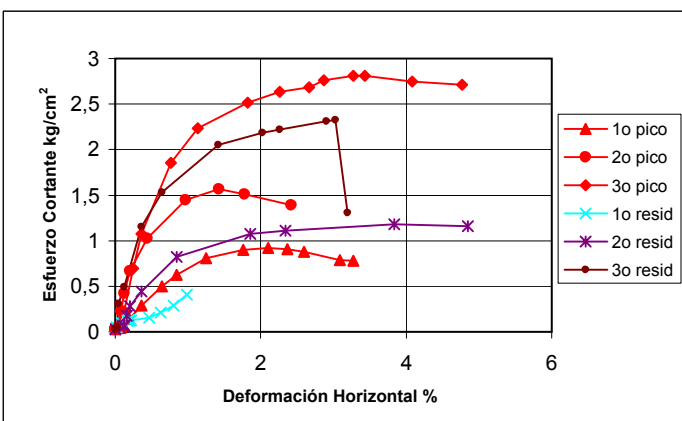
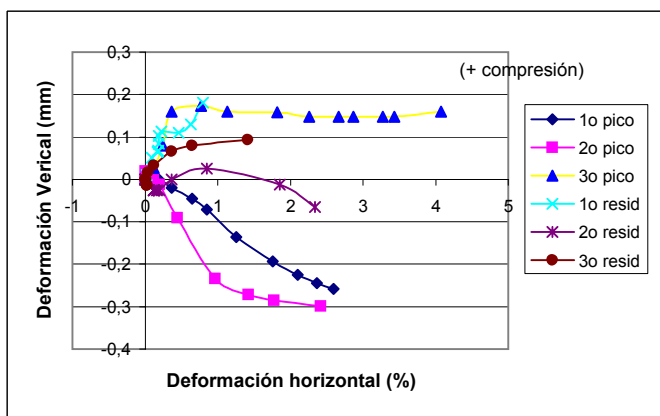


**CONDICIÓN PICO**

$\Phi =$ (GRADOS)	33
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,4

**CONDICIÓN RESIDUAL**

$\Phi =$ (GRADOS)	25
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0

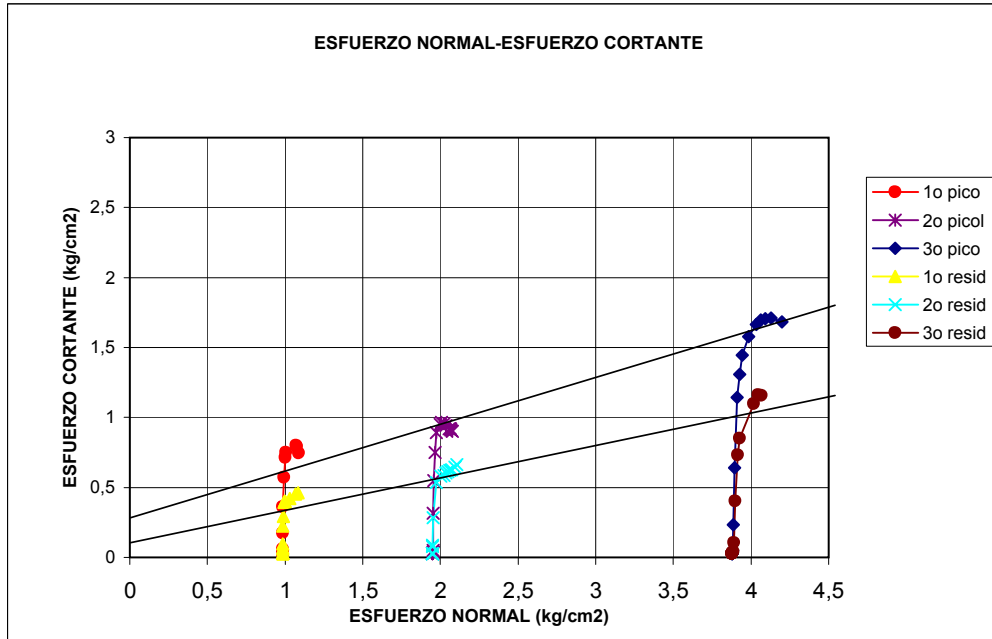




**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Espino  
 Localización: Bogotá

**Muestra P9-M5**

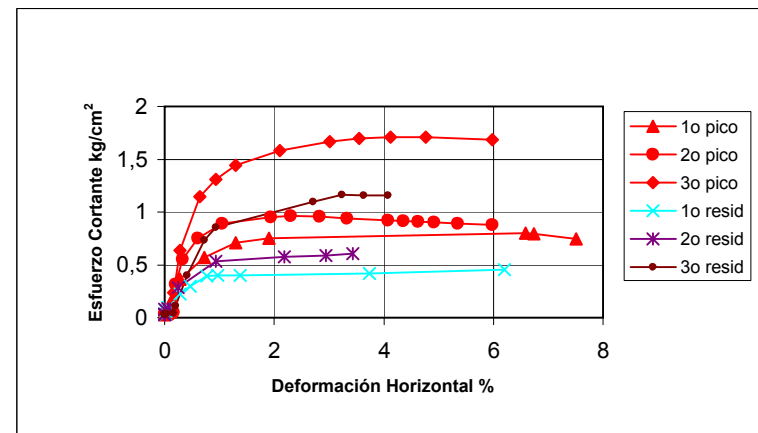
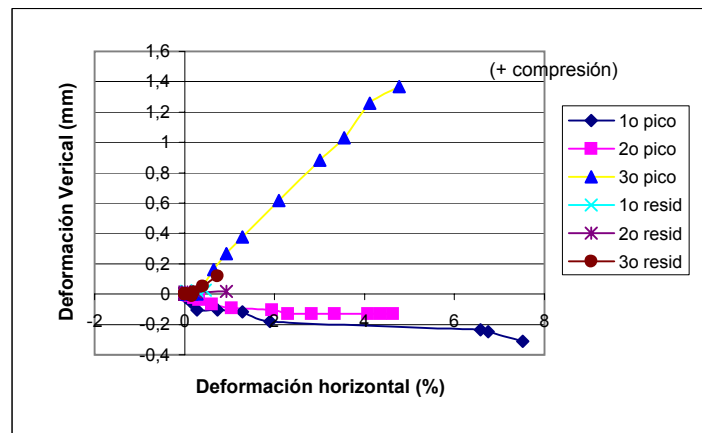


CONDICIÓN PICO

$\Phi =$ (GRADOS)	18,4
$C =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,35

CONDICIÓN RESIDUAL

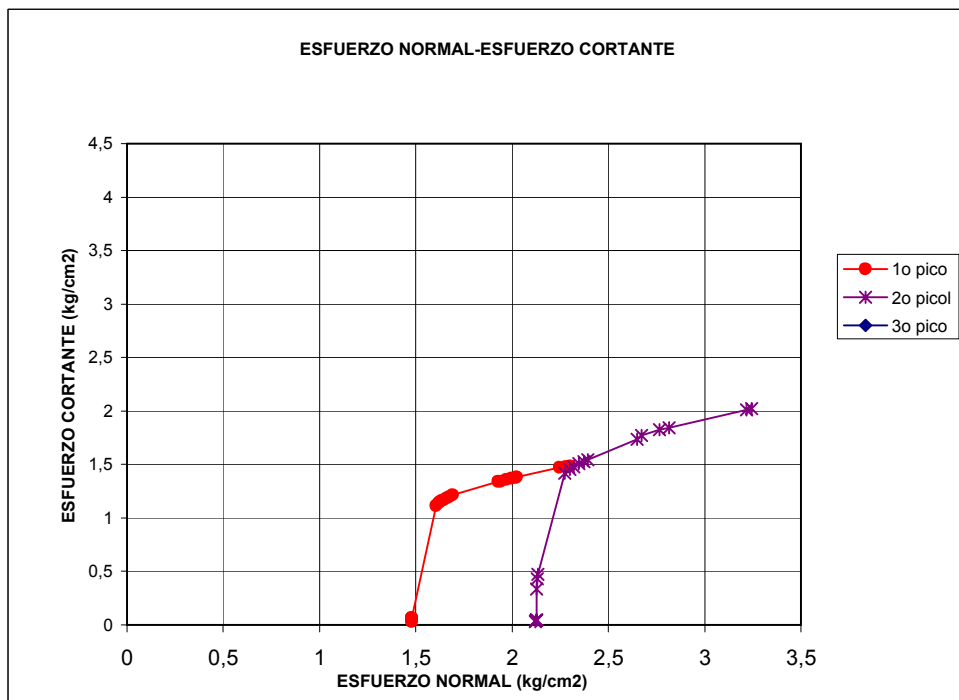
$\Phi =$ (GRADOS)	12,5
$C =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,2



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Espino  
 Localización: Bogotá

**Muestra P1-M11**

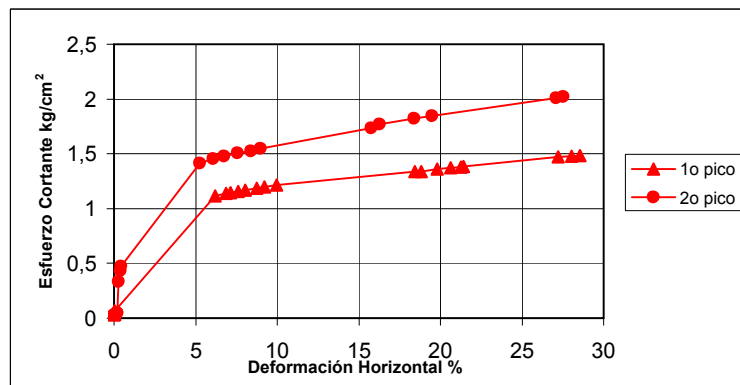
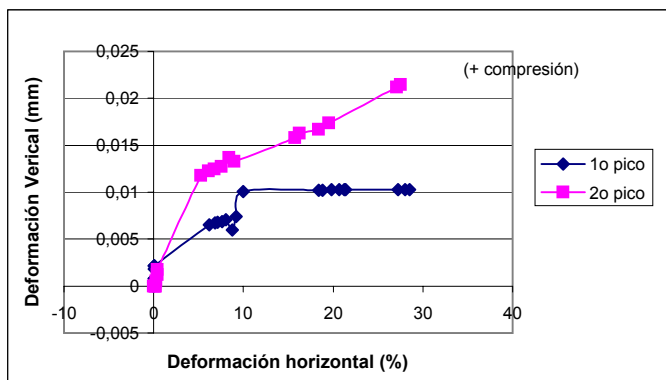


CONDICIÓN PICO

$\Phi =$ (GRADOS)	
$C =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

CONDICIÓN RESIDUAL

$\Phi =$ (GRADOS)	33
$C =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,2

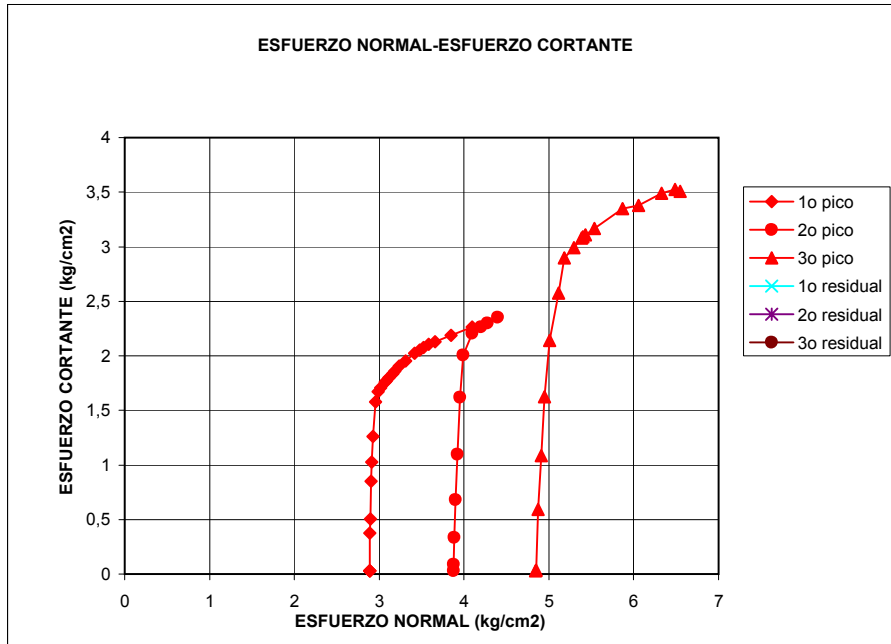


**INGEOMINAS  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Espino  
Localización: Bogotá

**Muestra P1-M13**

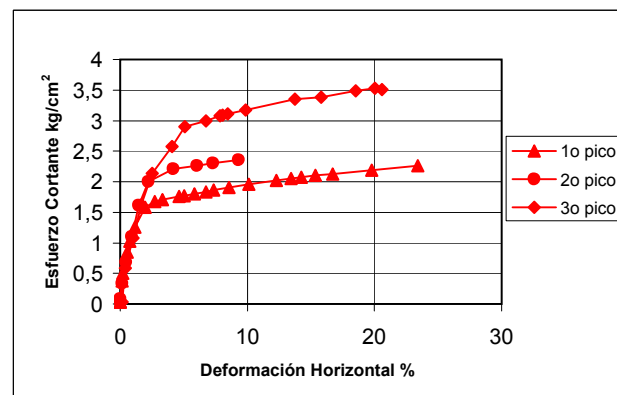
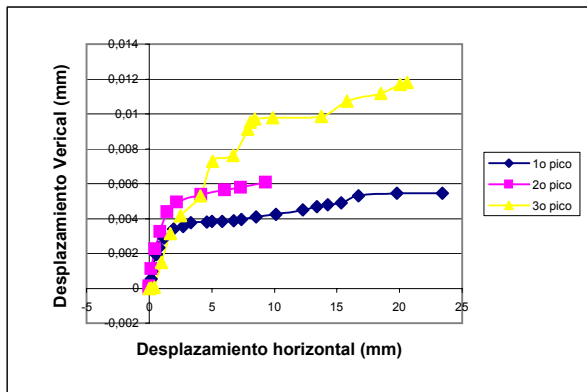


CONDICIÓN PICO

$\Phi =$ (GRADOS)	
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	

CONDICIÓN RESIDUAL

$\Phi =$ (GRADOS)	30
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0

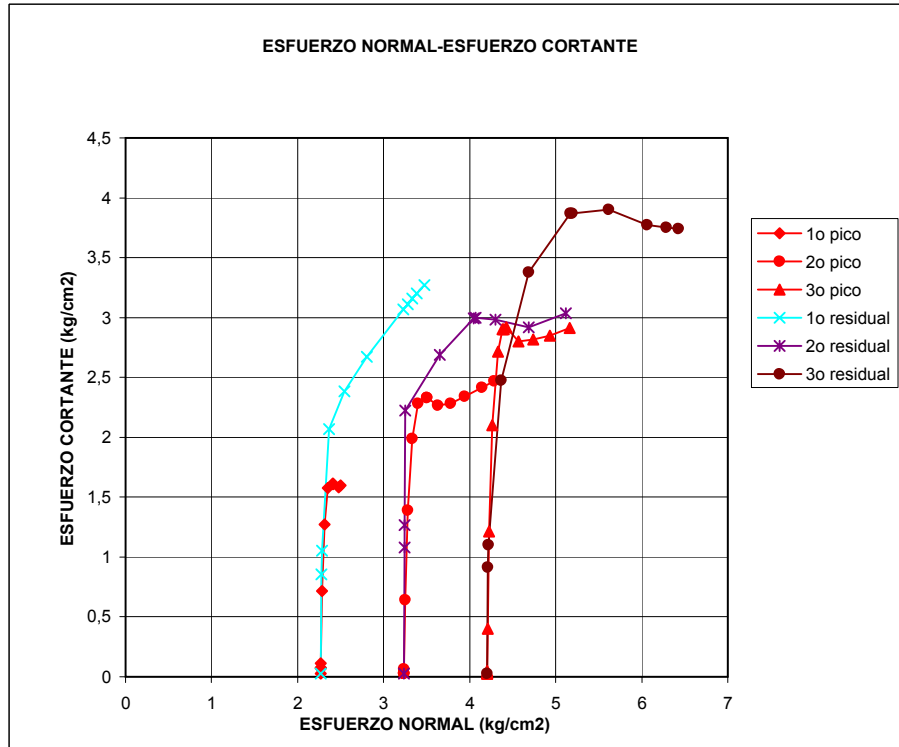


**INGEOMINAS  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**

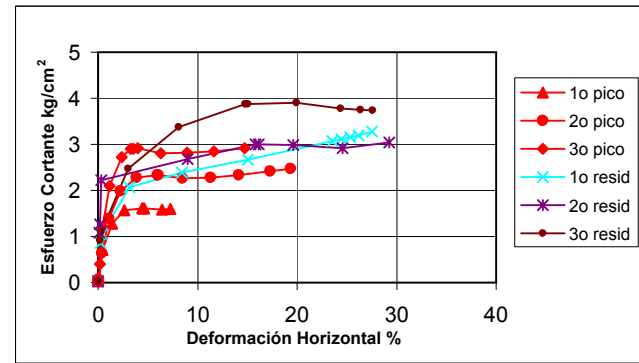
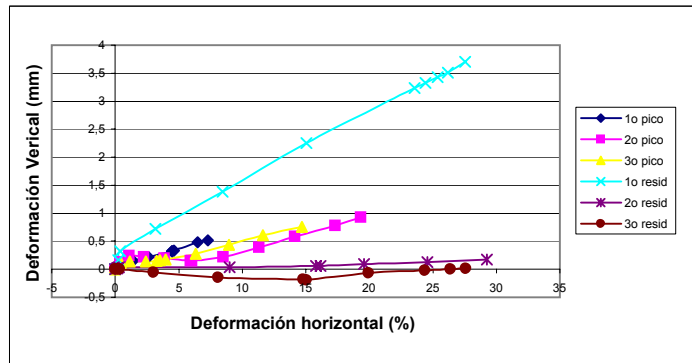
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Emergencia Municipio Bojayá  
Localización: Bojayá

**Muestra P4-15**



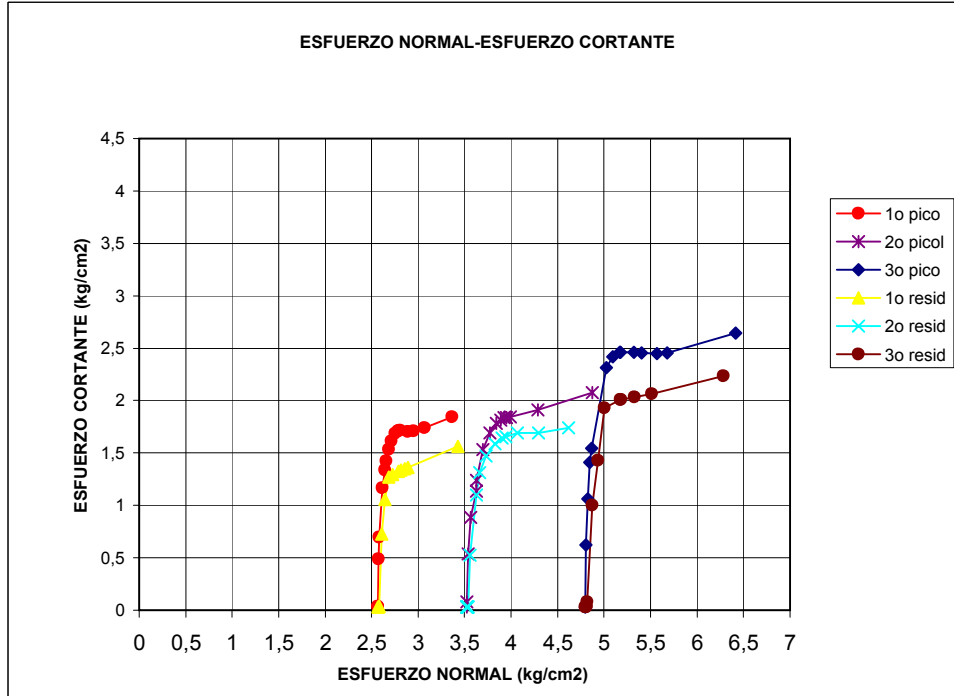
CONDICIÓN PICO	
$\Phi =$ (GRADOS)	35
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,1



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Proyecto: Espino  
 Localización: Bogotá

**Muestra P4-M18**

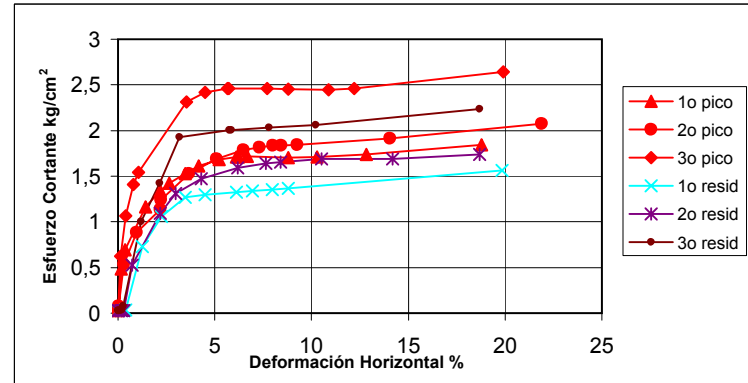
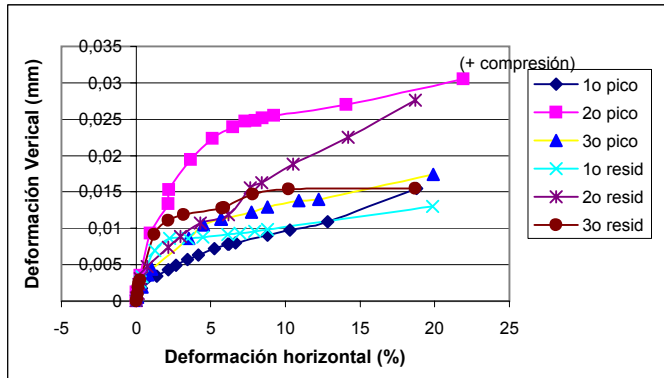


CONDICIÓN PICO

$\Phi =$ (GRADOS)	17,5
$C =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,7

CONDICIÓN RESIDUAL

$\Phi =$ (GRADOS)	16,2
$C =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,4

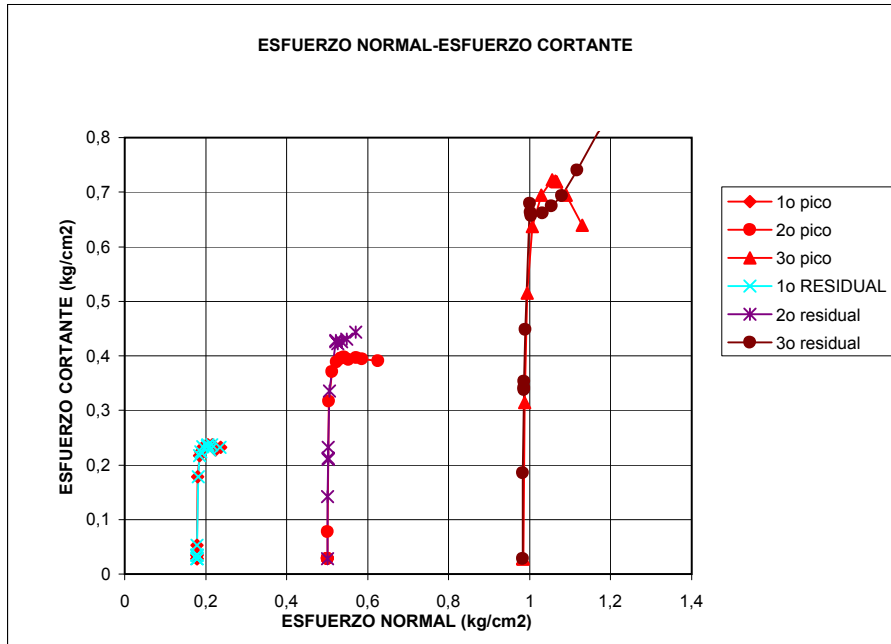


**INGEOMINAS  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

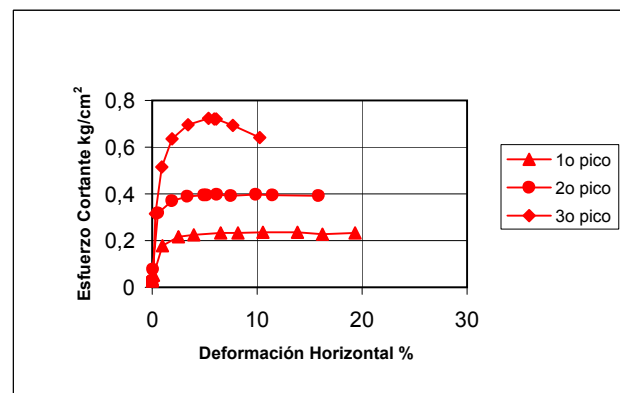
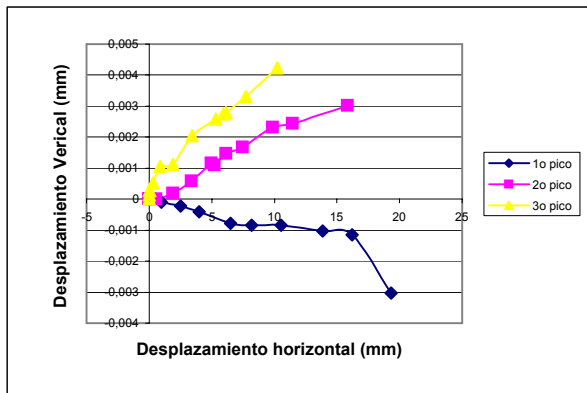
Proyecto: Espino  
Localización: Bogotá

**Muestra P5-M4**



CONDICIÓN PICO

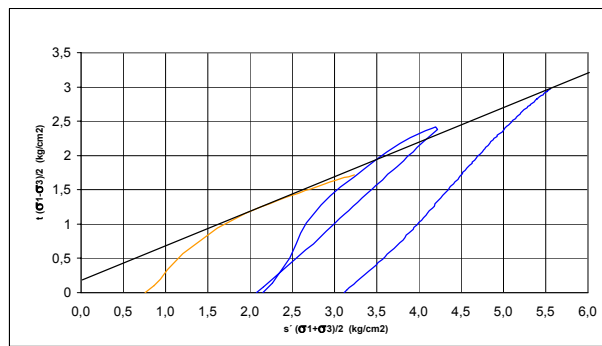
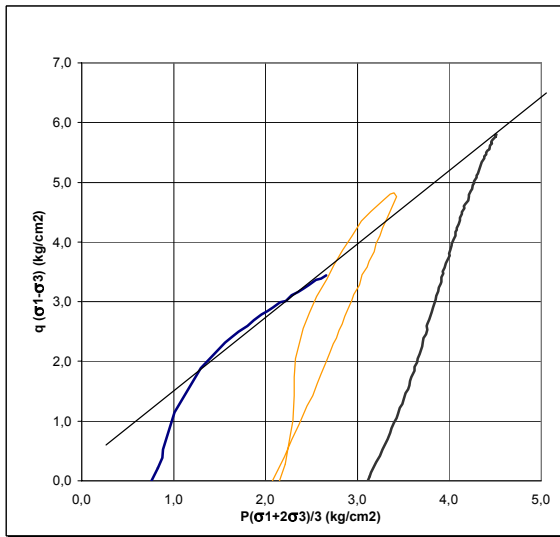
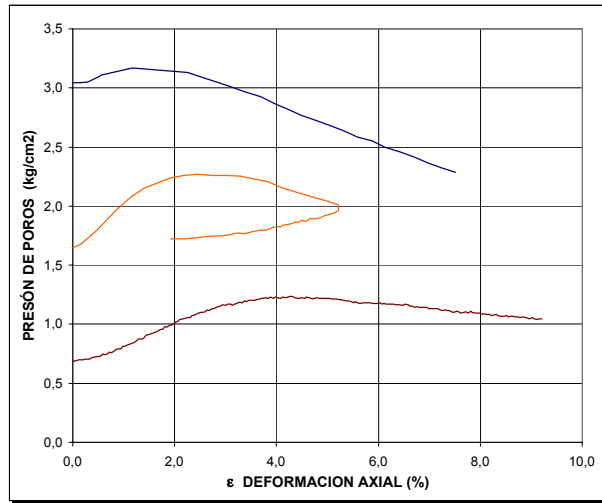
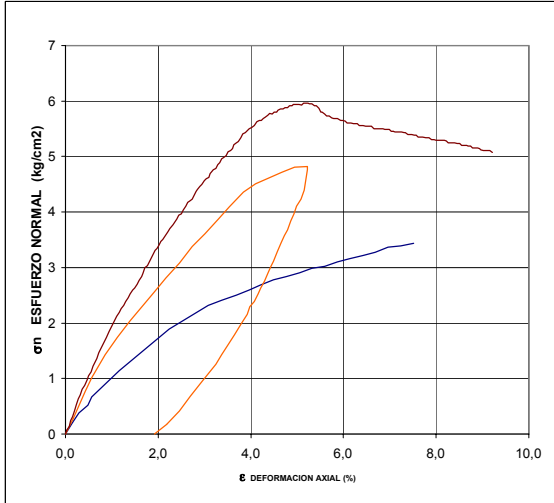
$\Phi =$ (GRADOS)	33,7
$C =$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,1



## **ANEXO 5.9**

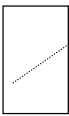
**INGEOMINAS**  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
ENSAYO TRIAXIAL CU

EL ESPINO      fecha de ensayo:    marzo 25 de 2003  
Sondeo 11 M3 SI    Profundidad            20,6-21,2  
Arcilla gris clara de consistencia firme pero con planos de debilidad paralelos a la estratificación  
Los tres puntos se realizaron con la misma muestra

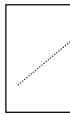


$\phi = 31,8^\circ$   
 $c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2$


**Primer punto**

Pres. camara	kg/cm2	3,8	
Pp. Inicial	kg/cm2	3,0	
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	0,8	
Humedad inicial	%	18,4	
Humedad final	%	19,6	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,04	

**Segundo punto**

Pres. camara	kg/cm2	3,8	
Pp. Inicial	kg/cm2	1,6	
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	2,2	
Humedad inicial	%	18,4	
Humedad final	%	19,6	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,04	

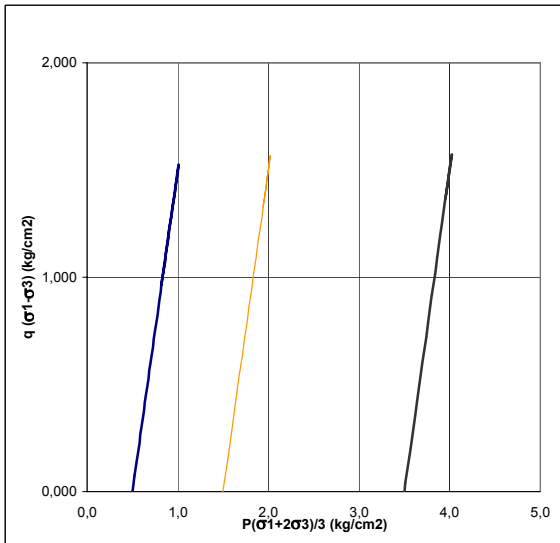
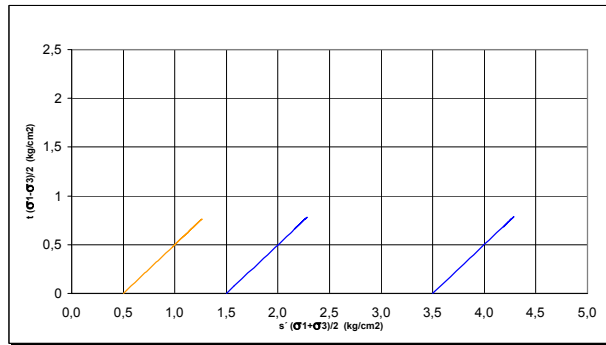
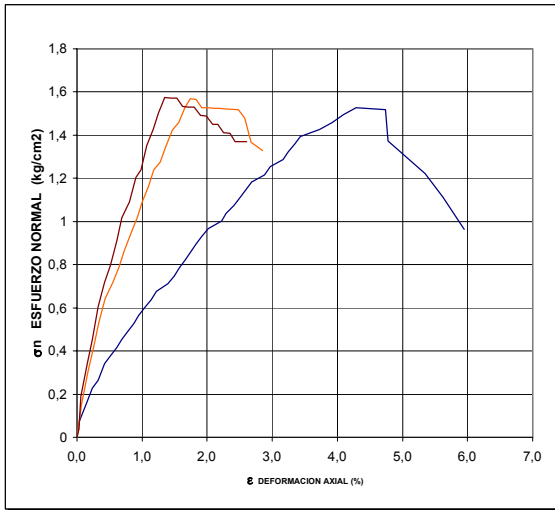
**Tercer punto**

Pres. camara	kg/cm2	3,8	
Pp. Inicial	kg/cm2	0,7	
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	3,1	
Humedad inicial	%	18,4	
Humedad final	%	19,6	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,04	



**INGEOMINAS**  
 LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
 ENSAYO TRIAXIAL UU

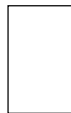
EL ESPINO      fecha de ensayo:    Abril 10 de 2003  
 Sondeo 11 M7 SI  
 Arcillita gris clara con planos de debilidad algo arenosos.  
 Sin saturar - compresión confinada



Cu = 0.7 kg/cm<sup>2</sup>

**Primer punto**

Pres. cámara      kg/cm2 0,5  
 Pp. Inicial      kg/cm2 0,0  
 Esfuerz. Efectivo inic    kg/cm2 0,5  
 Humedad inicial      %    15,4  
 Humedad final      %    17,5  
 Peso Unit. (gr/cm3)      2,14



**Segundo punto**

Pres. cámara      kg/cm2 0,0  
 Pp. Inicial      kg/cm2 0,0  
 Esfuerz. Efectivo inic    kg/cm2 0,0  
 Humedad inicial      %    0,0  
 Humedad final      %    0,0  
 Peso Unit. (gr/cm3)      0,00



**Tercer punto**

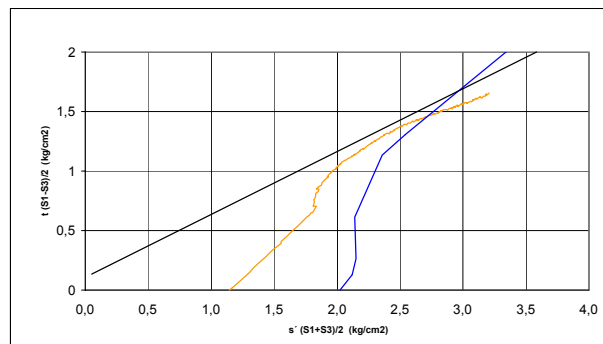
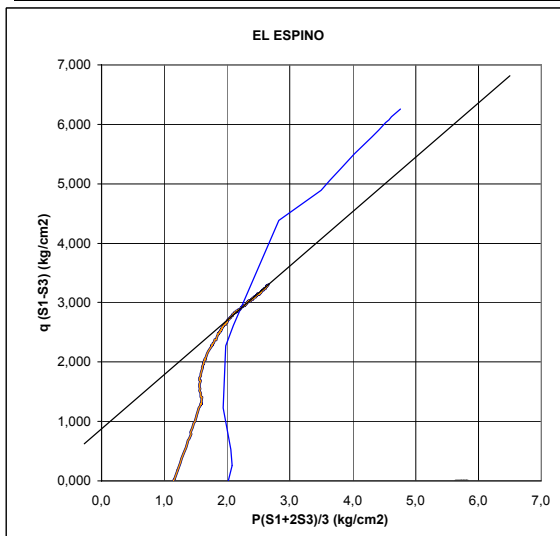
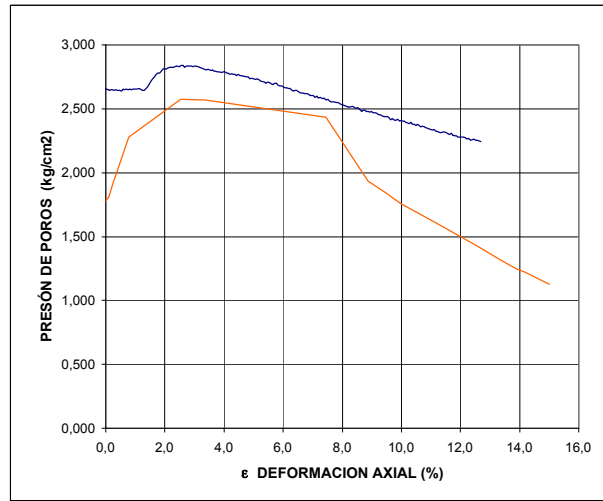
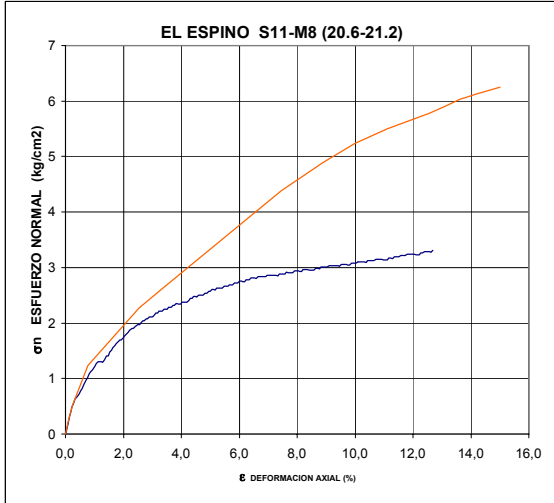
Pres. cámara      kg/cm2 0,0  
 Pp. Inicial      kg/cm2 0,0  
 Esfuerz. Efectivo inic    kg/cm2 0,0  
 Humedad inicial      %    0,0  
 Humedad final      %    0,0  
 Peso Unit. (gr/cm3)      0,00



**INGEOMINAS**  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
ENSAYO TRIAXIAL CU

EL ESPINO      fecha de ensayo:    marzo 12 de 2003  
Sondeo 11 M8    Profundidad            20,6-21,2

Arcilla gris clara de consistencia firme pero con planos de debilidad paralelos a la estratificación



$\phi = 33,7^\circ$   
 $c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2$

**Primer punto**

Pres. camara	kg/cm2	3,8
Pp. Inicial	kg/cm2	2,7
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	1,1
Humedad inicial	%	17,3
Humedad final	%	19,0

**Segundo punto**

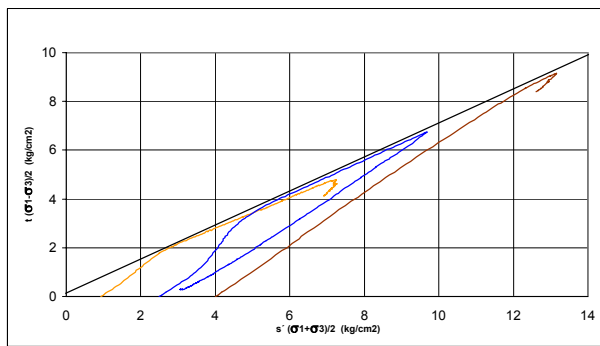
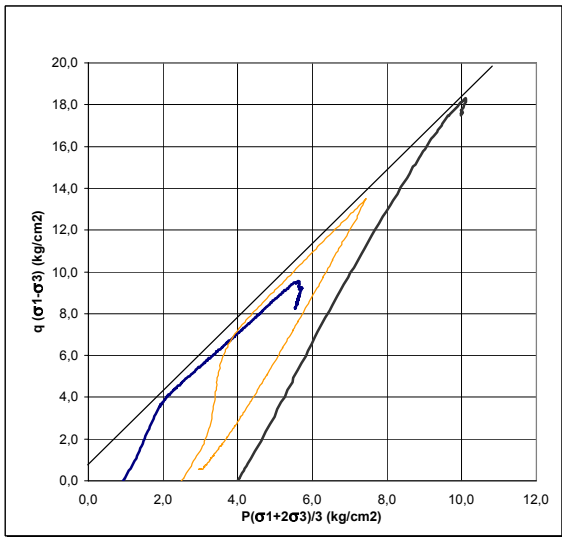
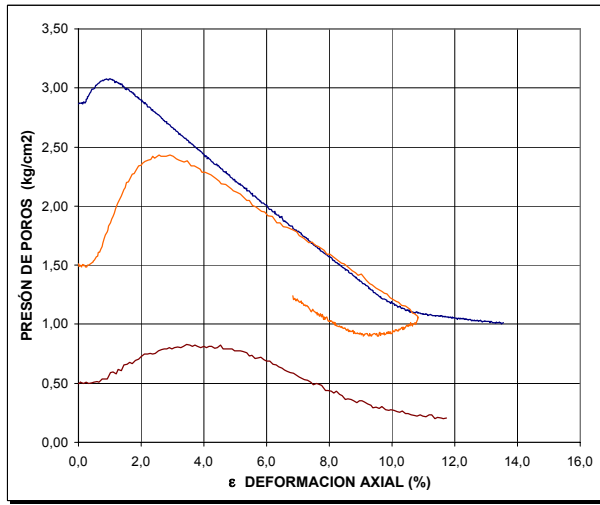
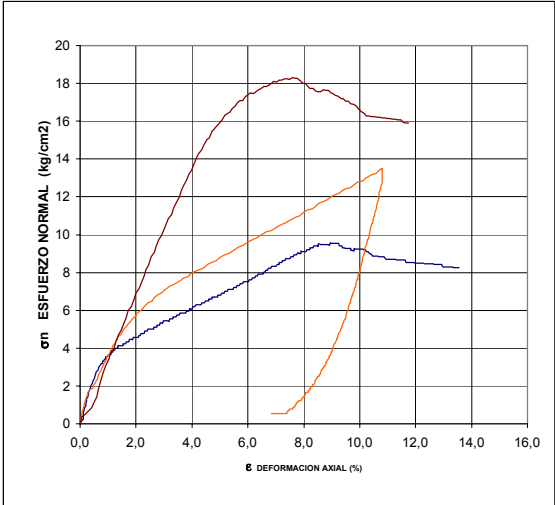
Pres. camara	kg/cm2	3,8
Pp. Inicial	kg/cm2	1,8
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	2,0
Humedad inicial	%	16,0
Humedad final	%	20,5

**Tercer punto**

Falló en la etapa de consolidación		
Pres. camara	kg/cm2	6,4
Pp. Inicial	kg/cm2	3,4
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	3,0
Humedad inicial	%	16,6
Humedad final	%	0,0

**INGEOMINAS**  
 LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
 ENSAYO TRIAXIAL CU

EL ESPINO      fecha de ensayo:    Abril 07 de 2003  
 Sondeo 11 M9    Profundidad            24.50-25.00  
 Arcillolita gris con partes oxidadas  
 Los tres puntos se realizaron con la misma muestra



$\phi =$	43,8°
$c' =$	0 kg/cm <sup>2</sup>

**Primer punto**

Pres. camara	kg/cm2	3,8	
Pp. Inicial	kg/cm2	2,9	
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	0,9	
Humedad inicial	%	15,6	
Humedad final	%	20,1	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,12	

**Segundo punto**

La misma muestra para el punto dos y tres

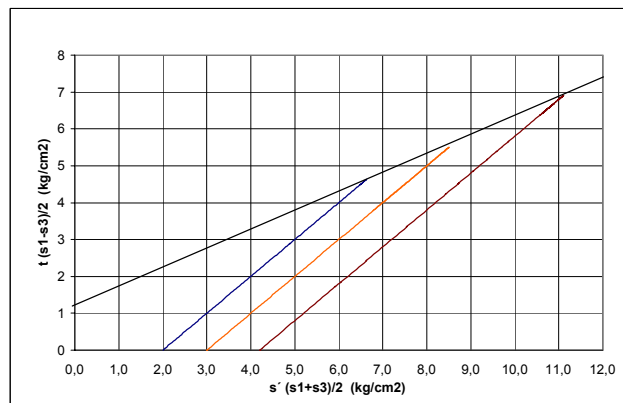
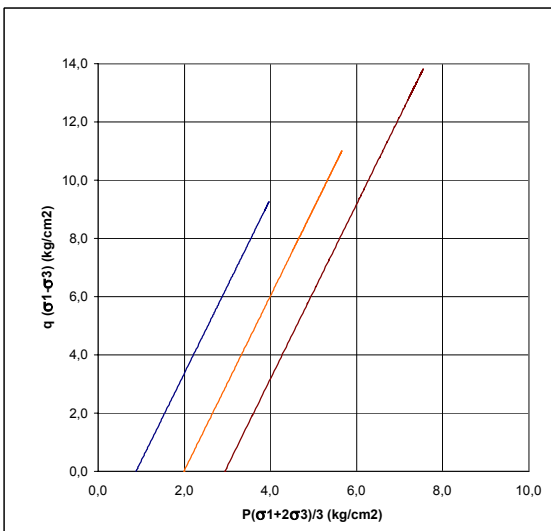
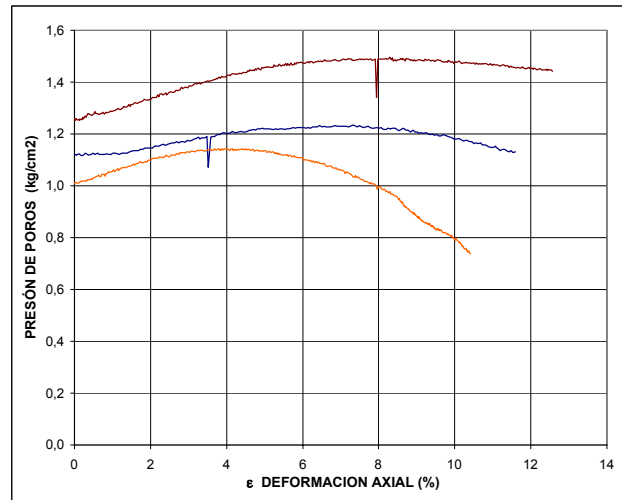
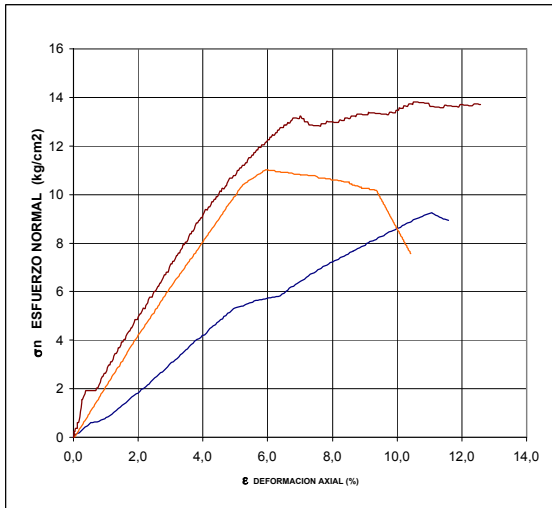
Pres. camara	kg/cm2	4,0	
Pp. Inicial	kg/cm2	1,5	
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	2,5	
Humedad inicial	%	16,6	
Humedad final	%	#jDIV/0!	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,12	

**Tercer punto**

Pres. camara	kg/cm2	4,5	
Pp. Inicial	kg/cm2	0,5	
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	3,0	
Humedad inicial	%	16,6	
Humedad final	%	#jDIV/0!	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,11	

**INGEOMINAS**  
LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
ENSAYO TRIAXIAL CU

EL ESPINO Profundidad 18.90- 19.55  
Muestra. **P1-M13**  
Arcilla limosa habano claro con oxidaciones



$\Phi = 38^\circ$   
 $c' = 1.1 \text{ kg/cm}^2$

**Primer punto**

Pres. camara	kg/cm2	2,0
Pp. Inicial	kg/cm2	1,1
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	0,9
Humedad inicial	%	19,0
Humedad final	%	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,09

**Segundo punto**

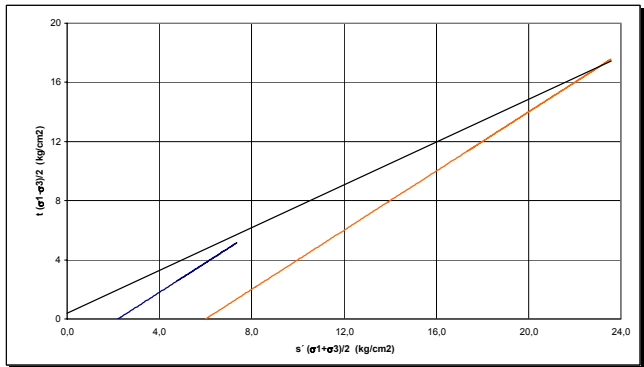
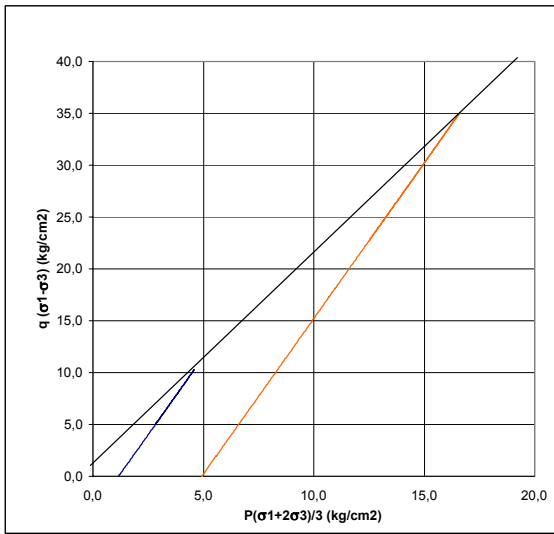
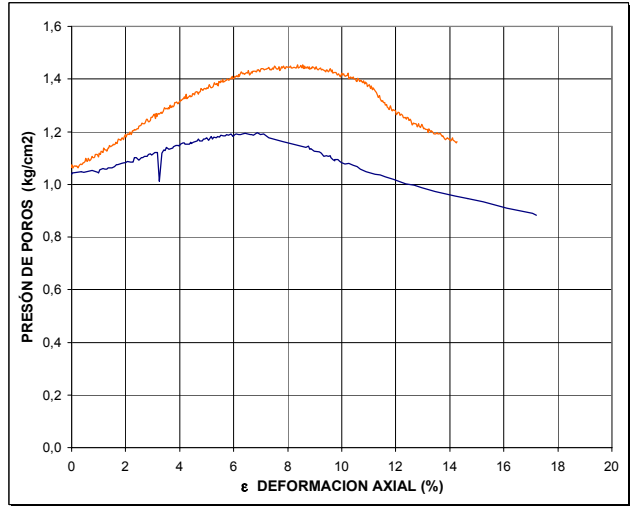
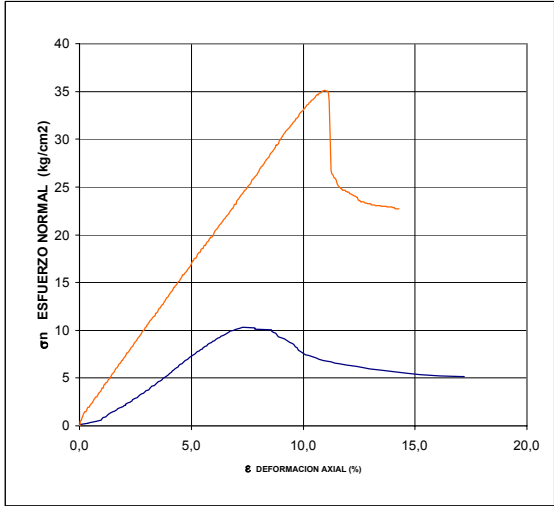
Pres. camara	kg/cm2	3,0
Pp. Inicial	kg/cm2	1,0
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	2,0
Humedad inicial	%	19
Humedad final	%	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,13

**Tercer punto**

Pres. camara	kg/cm2	4,2
Pp. Inicial	kg/cm2	1,3
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	2,9
Humedad inicial	%	16,2
Humedad final	%	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,16

**INGEOMINAS**  
 LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
 ENSAYO TRIAXIAL CU

EL ESPINO Profundidad 27.10-30.10  
 Muestra. **P1-M20**  
 Arcilla limosa gris oscuro



$\phi = 50^\circ$   
 $c' = 0.9 \text{ kg/cm}^2$

**Primer punto**

Pres. camara	kg/cm2	2,2
Pp. Inicial	kg/cm2	1,0
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	1,2
Humedad inicial	%	13,9
Humedad final	%	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,20

**Segundo punto**

Pres. camara	kg/cm2	6,0
Pp. Inicial	kg/cm2	1,1
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	4,9
Humedad inicial	%	12,5
Humedad final	%	
Peso Unit. (gr/cm3)		2,25

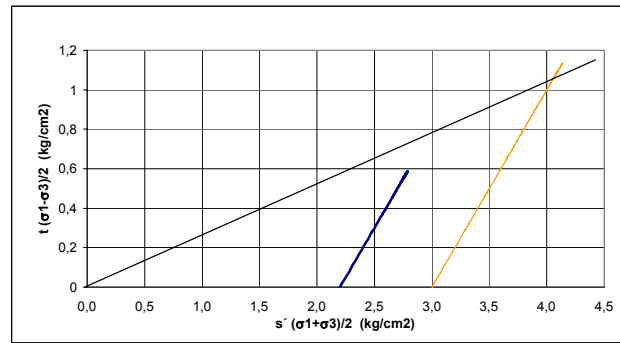
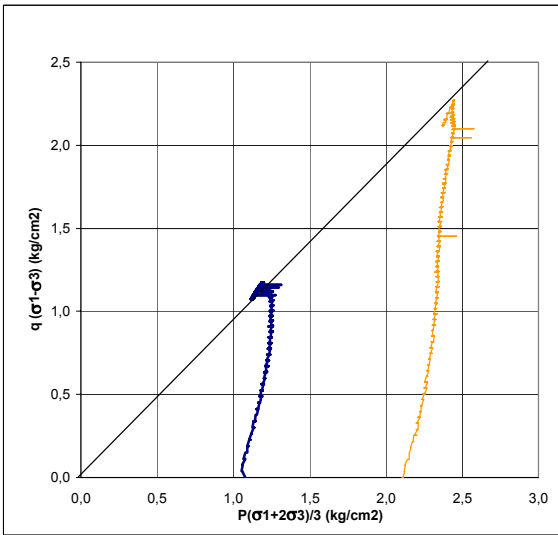
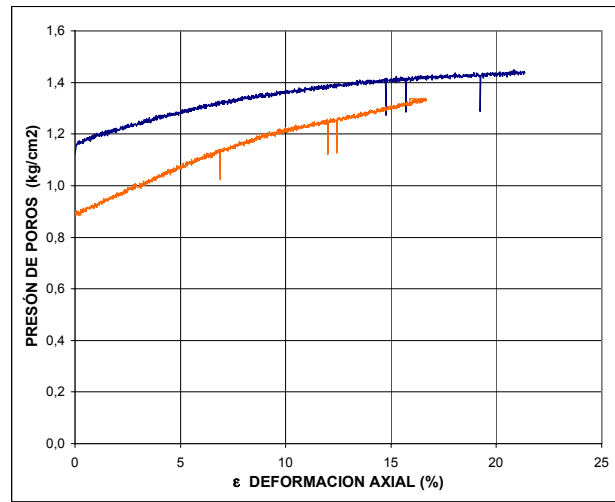
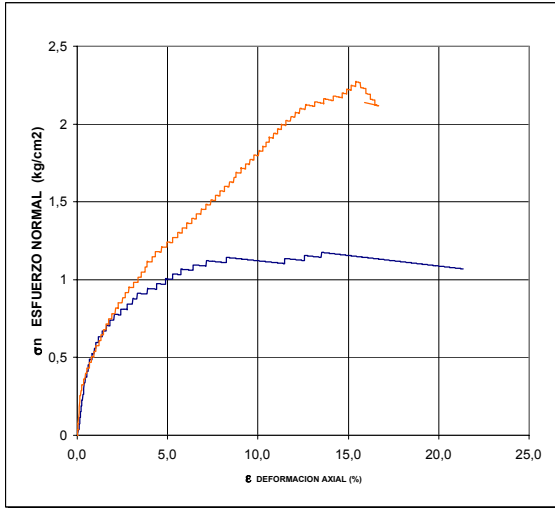
**Tercer punto**

Pres. camara	kg/cm2	
Pp. Inicial	kg/cm2	
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	
Humedad inicial	%	
Humedad final	%	
Peso Unit. (gr/cm3)		

### INGEOMINAS

LABORATORIO DE GEOMECÁNICA  
ENSAYO TRIAXIAL CU

EL DIAMANTE - P2                      Profundidad 10.90 - 11.10  
Muestra. **P2M6**                      Remoldeada  
Arcilla habano grisáceo con oxidaciones



$\phi = 24^\circ$   
 $c' = 0 \text{ kg/cm}^2$

**Primer punto**

Pres. camara	kg/cm2	2,2
Pp. Inicial	kg/cm2	1,1
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	1,1
Humedad inicial	%	33,3
Humedad final	%	
Peso Unit. (gr/cm3)		1,96

**Segundo punto**

Pres. camara	kg/cm2	3,0
Pp. Inicial	kg/cm2	0,9
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	2,1
Humedad inicial	%	
Humedad final	%	16,2
Peso Unit. (gr/cm3)		2,16

**Tercer punto**

Pres. camara	kg/cm2	
Pp. Inicial	kg/cm2	
Esfuerz. Efectivo inic	kg/cm2	
Humedad inicial	%	
Humedad final	%	
Peso Unit. (gr/cm3)		

## **ANEXO 5.10**

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolívar

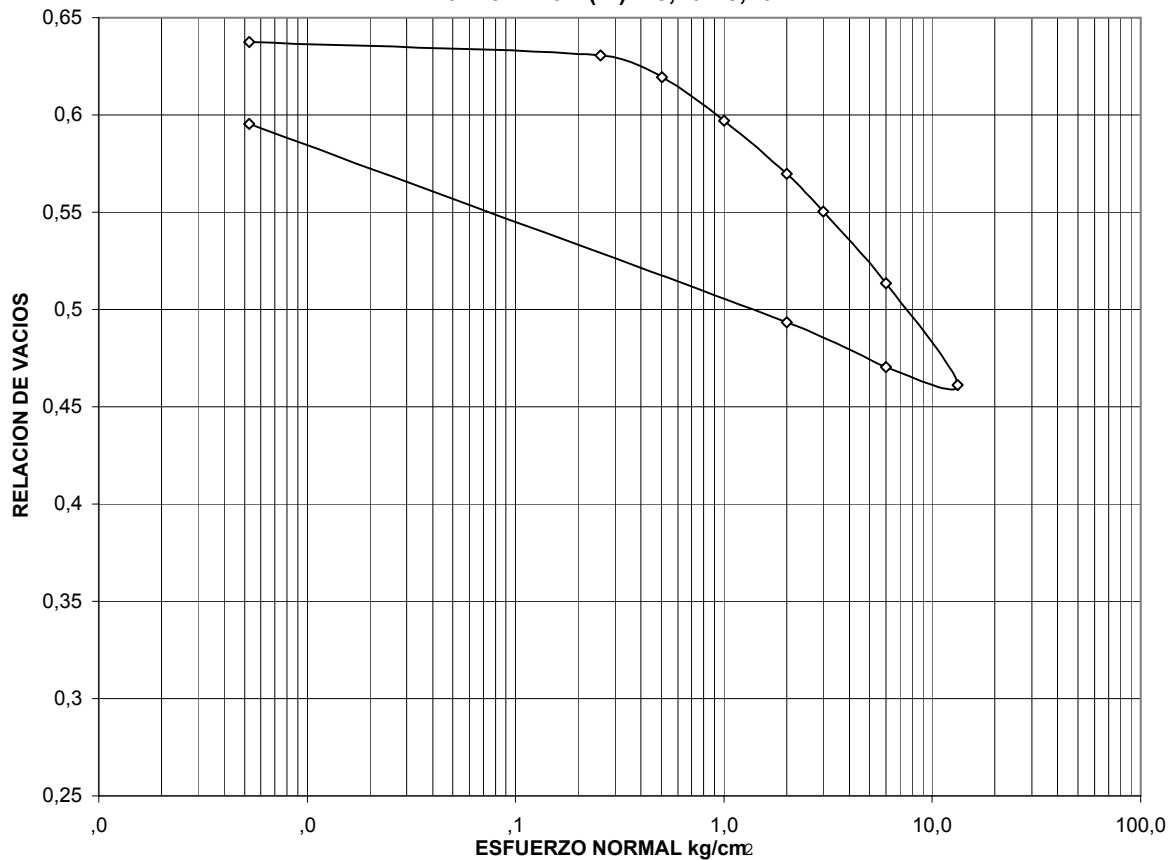
Pozo 10 MUESTRA: 5 PROFUNDIDAD: 15,40-15,70 FECHA MARZO 10/03

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	85	Z11
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	105,74	wr + m	P1[g]	91,5	90,7
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,67	Wr + ms	P2[g]	75,4	77,3
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	531,0	Wr	P3[g]	7,7	8,1
W anillo [g]	60,89	Altura final [cm.]	1,968	Humedad w(%)		23,8	19,3
W (anillo + m)INI [g]	142,55	Altura de solidos [cm]	1,233	S INI. %=	99,6	S FIN. %=	86,6
W (muestra)INI [g]	81,66	R. vacios ini (eo)	0,638				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,02		0,255056441				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P10-M5 Prof: (m) 15,40-15,70**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolívar

Pozo 10 MUESTRA: 6 PROFUNDIDAD: 18,60-19,20

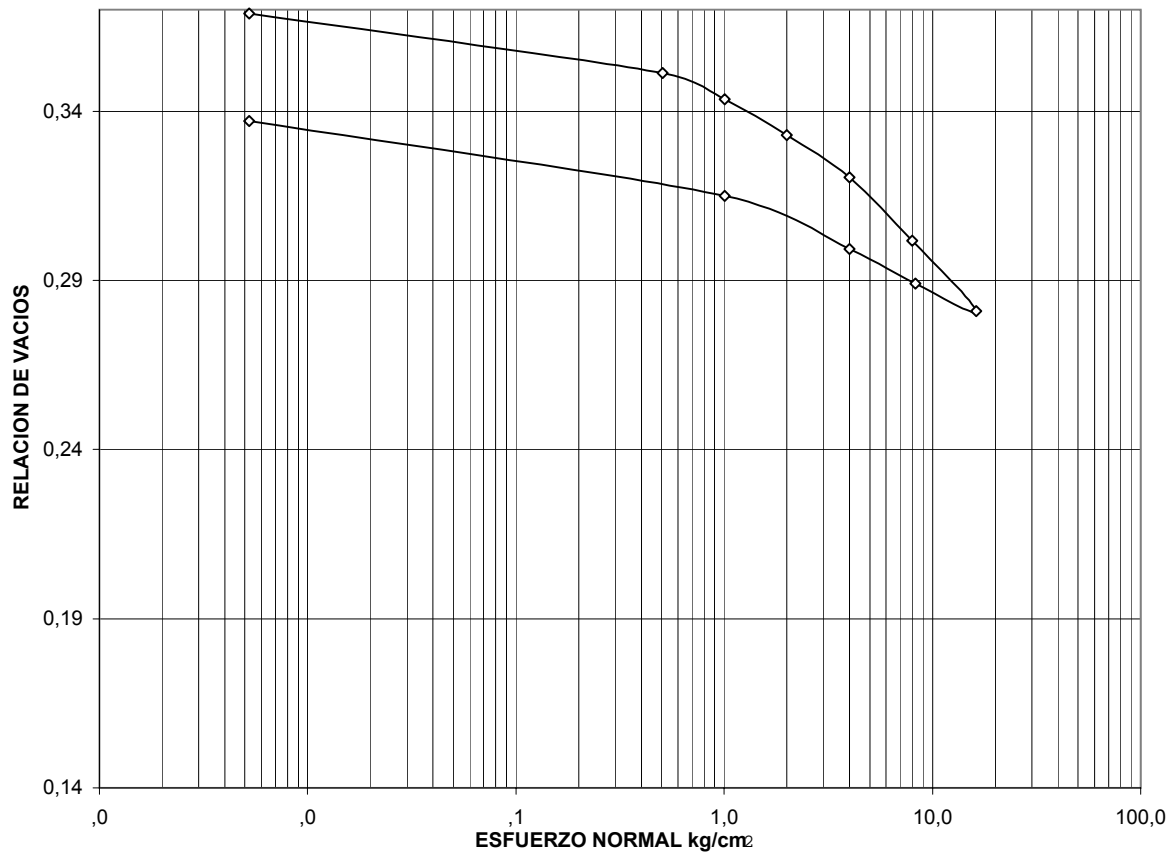
FECHA MARZO 10/03

DESCRIPCION: Arcilla gris consistencia muy dura con oxidaciones, ligeramente húmeda.

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	85	Z11
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	104,93	wr + m	P1[g]	77,2	90,9
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,70	Wr + ms	P2[g]	69,6	82,9
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	594,0	Wr	P3[g]	8,0	7,6
W anillo [g]	60,89	Altura final [cm.]	1,973	Humedad w(%)		12,3	10,7
W (anillo + m)INI [g]	150,55	Altura de solidos [cm]	1,476	S INI. %=	90,4	S FIN. %=	86,0
W (muestra)INI [g]	89,66	R. vacios ini (eo)	0,369				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,22		0,147553801				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P10-M6 Prof: (m) 18,60-19,20**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

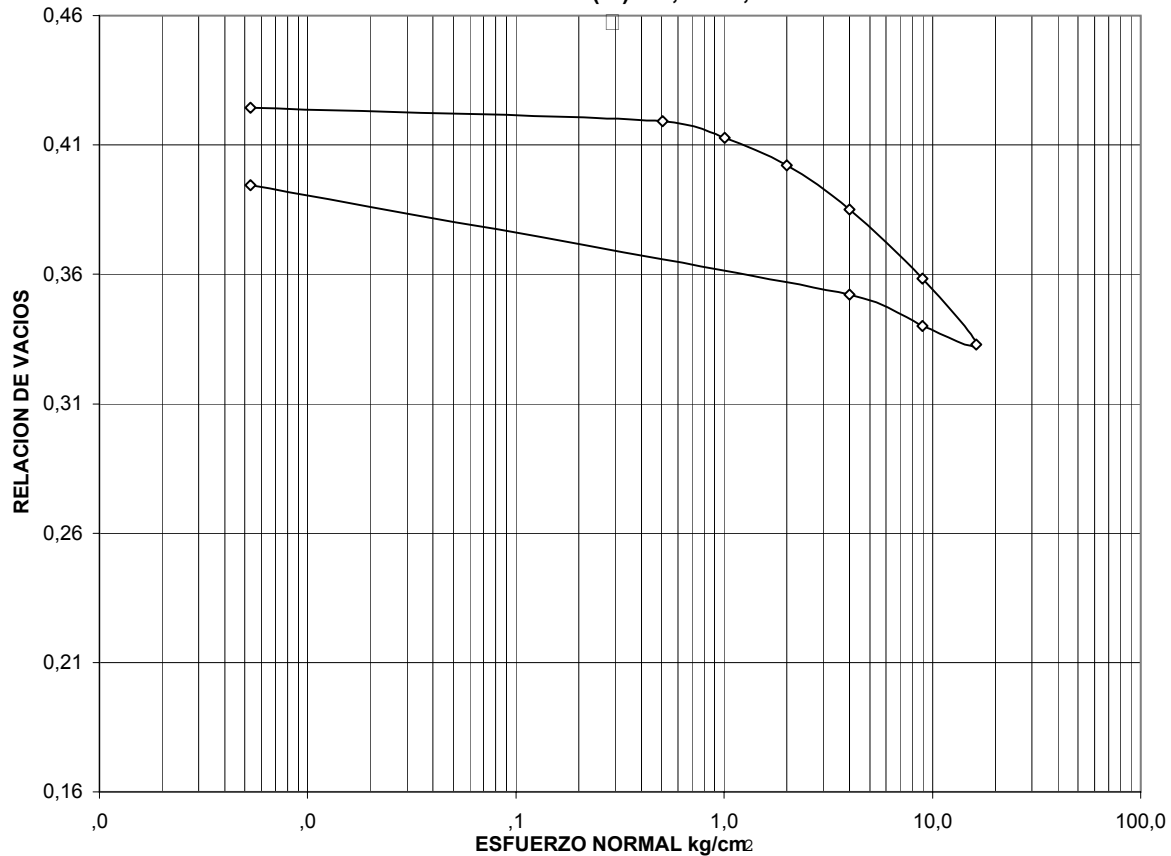
Pozo 11 MUESTRA: 10 PROFUNDIDAD: 20,00-20,40 FECHA MARZO 10/03

DESCRIPCION: Arcillolita gris con limo algo orgánico consistencia dura con oxidaciones, ligeramente húmeda.

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	85	Z11
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	106,04	wr + m	P1[g]	72,1	114,9
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,82	Wr + ms	P2[g]	63,7	104,7
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	573,0	Wr	P3[g]	8,1	27,3
W anillo [g]	60,89	Altura final [cm.]	1,977	Humedad w(%)		15,0	13,2
W (anillo + m)INI [g]	153,00	Altura de solidos [cm]	1,418	S INI. %=	99,7	S FIN. %=	94,0
W (muestra)INI [g]	92,11	R. vacios ini (eo)	0,424				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,28		0,169791666				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P12-M10 Prof: (m) 20,00-20,40**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

Pozo 11 MUESTRA: 6 11,00-11,30

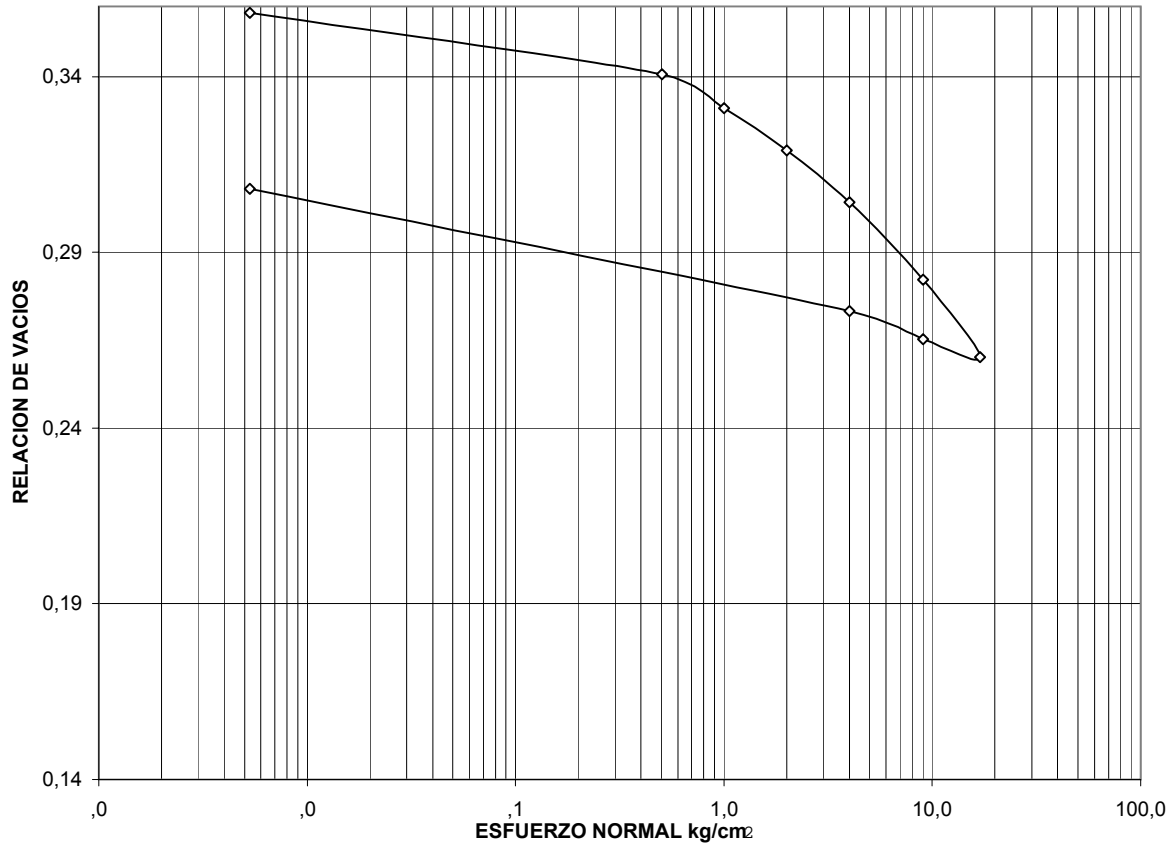
FECHA MARZO 10/03

DESCRIPCION: Arcillolita gris con limo algo orgánico consistencia dura con oxidaciones, ligeramente húmeda.

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	85	Z11
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	106,24	wr + m	P1[g]	85,4	104,3
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,46	Wr + ms	P2[g]	75,6	95,9
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	701,0	Wr	P3[g]	8,0	27,3
W anillo [g]	58,56	Altura final [cm.]	1,946	Humedad w(%)		14,5	12,2
W (anillo + m)INI [g]	142,50	Altura de solidos [cm]	1,487	S INI. % =	99,9	S FIN. % =	97,2
W (muestra)INI [g]	83,94	R. vacios ini (eo)	0,358				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,07		0,143253405				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P12-M6 Prof: (m) 11,00-11,30**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

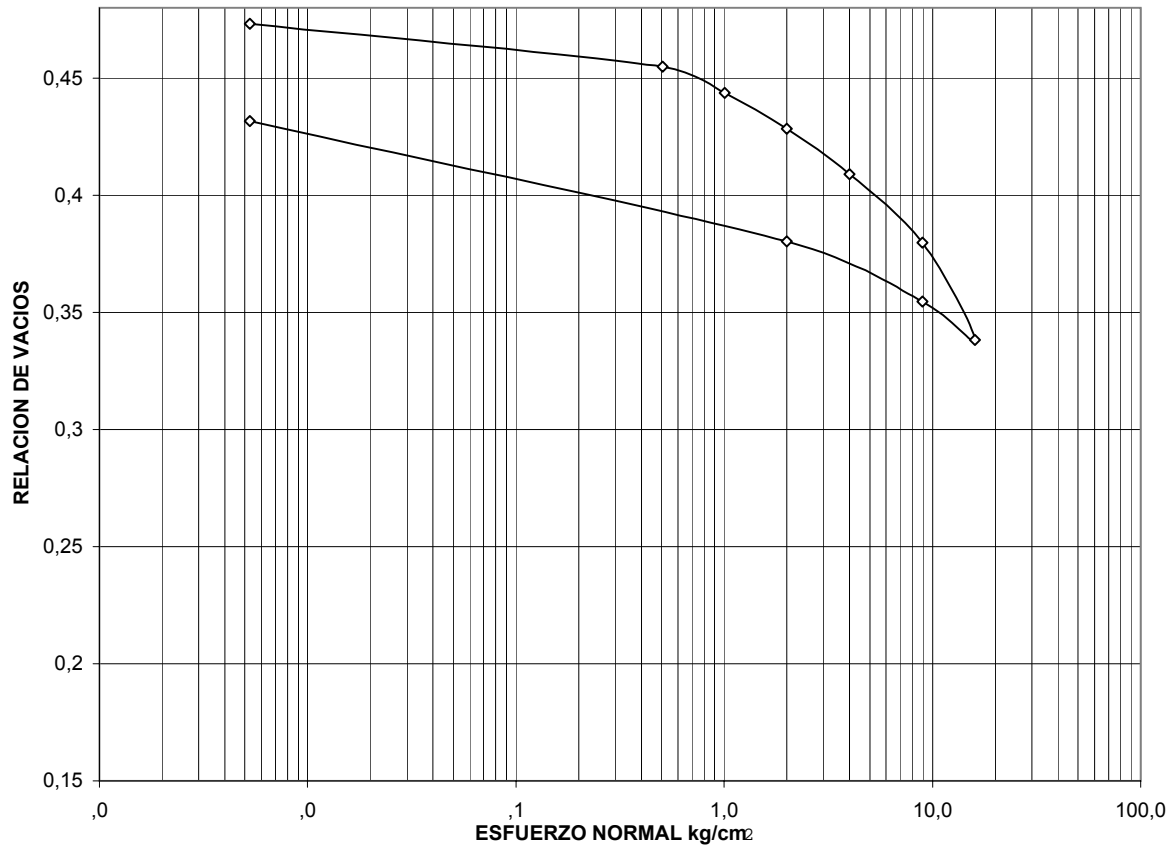
Pozo 11\* MUESTRA: 6 PROFUNDIDAD: FECHA MARZO 10/03

DESCRIPCION: Arcilla gris consistencia dura con oxidaciones, ligeramente húmeda.

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	85	Z11
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	105,86	wr + m	P1[g]	42,2	114,9
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,74	Wr + ms	P2[g]	37,4	103,8
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	627,0	Wr	P3[g]	7,9	27,3
W anillo [g]	58,56	Altura final [cm.]	1,963	Humedad w(%)		16,3	14,5
W (anillo + m)INI [g]	146,06	Altura de solidos [cm]	1,371	S INI. % =	94,3	S FIN. % =	92,0
W (muestra)INI [g]	87,50	R. vacios ini (eo)	0,473				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,16		0,189312223				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P\*12-M6 Prof: (m)**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolívar

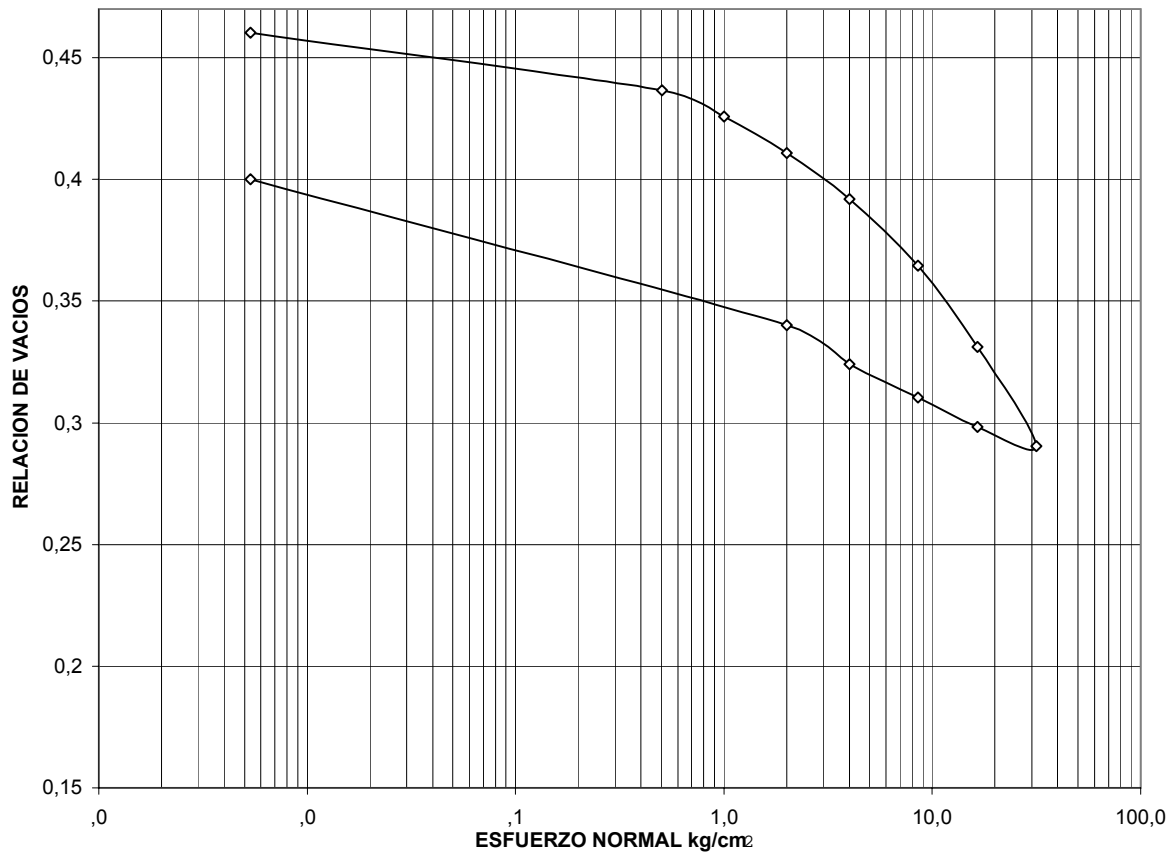
Pozo 11\* MUESTRA: 7 PROFUNDIDAD: FECHA MARZO 10/03

DESCRIPCION: Arcillolita gris consistencia dura con oxidaciones, ligeramente húmeda.

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	85	Z11
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	106,80	wr + m	P1[g]	47,0	95,8
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,73	Wr + ms	P2[g]	41,3	87,1
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	681,5	Wr	P3[g]	7,8	27,3
W anillo [g]	58,56	Altura final [cm.]	1,937	Humedad w(%)		16,8	14,5
W (anillo + m)INI [g]	146,93	Altura de solidos [cm]	1,383	S INI. %=	99,9	S FIN. %=	98,8
W (muestra)INI [g]	88,37	R. vacios ini (eo)	0,460				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,18		0,184154316				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P\*12-M7 Prof: (m)**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

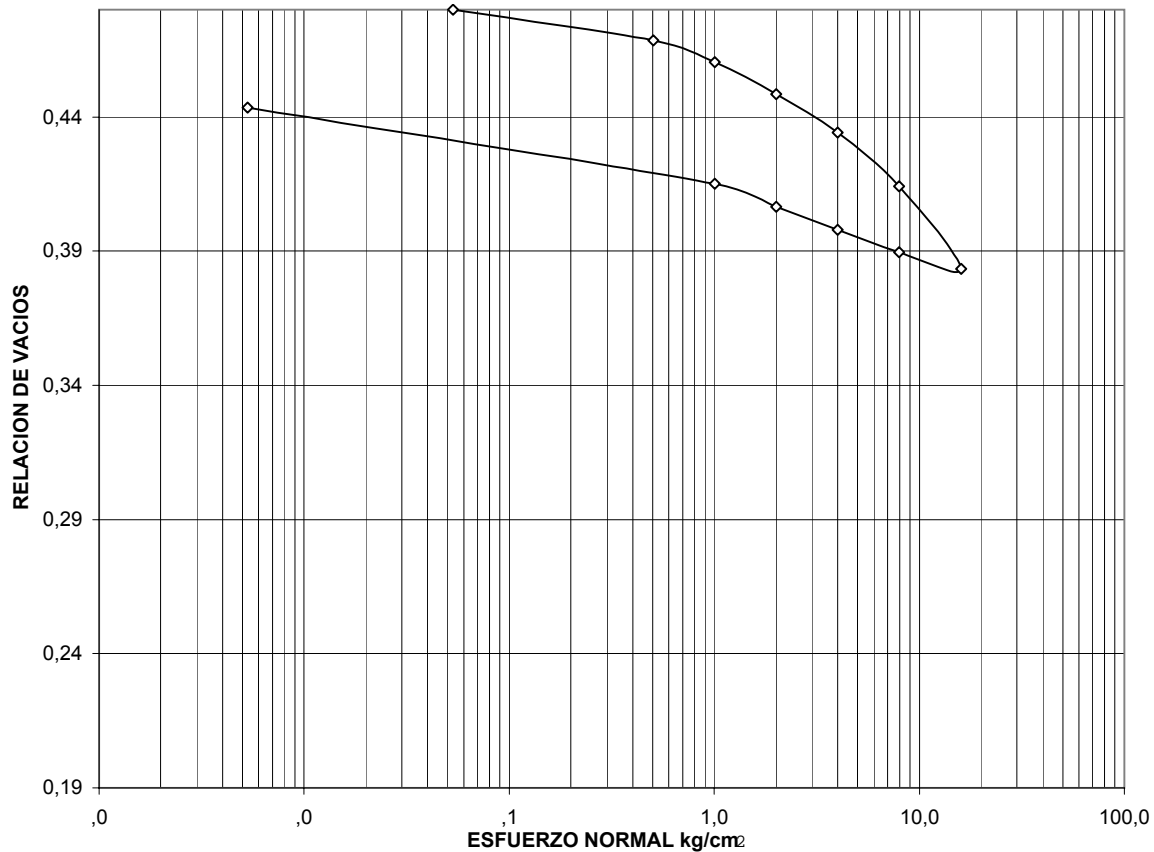
Pozo 1 MUESTRA: 13 PROFUNDIDAD 18,90-20,40 FECHA 25-Jul-02

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES: La muestra se ensayo a 19,55 m.

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	l	k
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	106,45	wr + m	P1[g]	98,1	101,8
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,68	Wr + ms	P2[g]	84,4	89,7
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	603,0	Wr	P3[g]	7,6	16,3
W anillo [g]	61,00	Altura final [cm.]	1,970	Humedad w(%)		17,8	16,5
W (anill + m)INI [g]	147,30	Altura de solidos [cm]	1,365	S INI. %=	99,3	S FIN. %=	99,8
W (muestra)INI [g]	86,30	R. vacios ini (eo)	0,480				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,13		0,192014628				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P1-M13 Prof: (m) 18,90-20,40**



Cc	
Cr	
σ <sub>pre</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

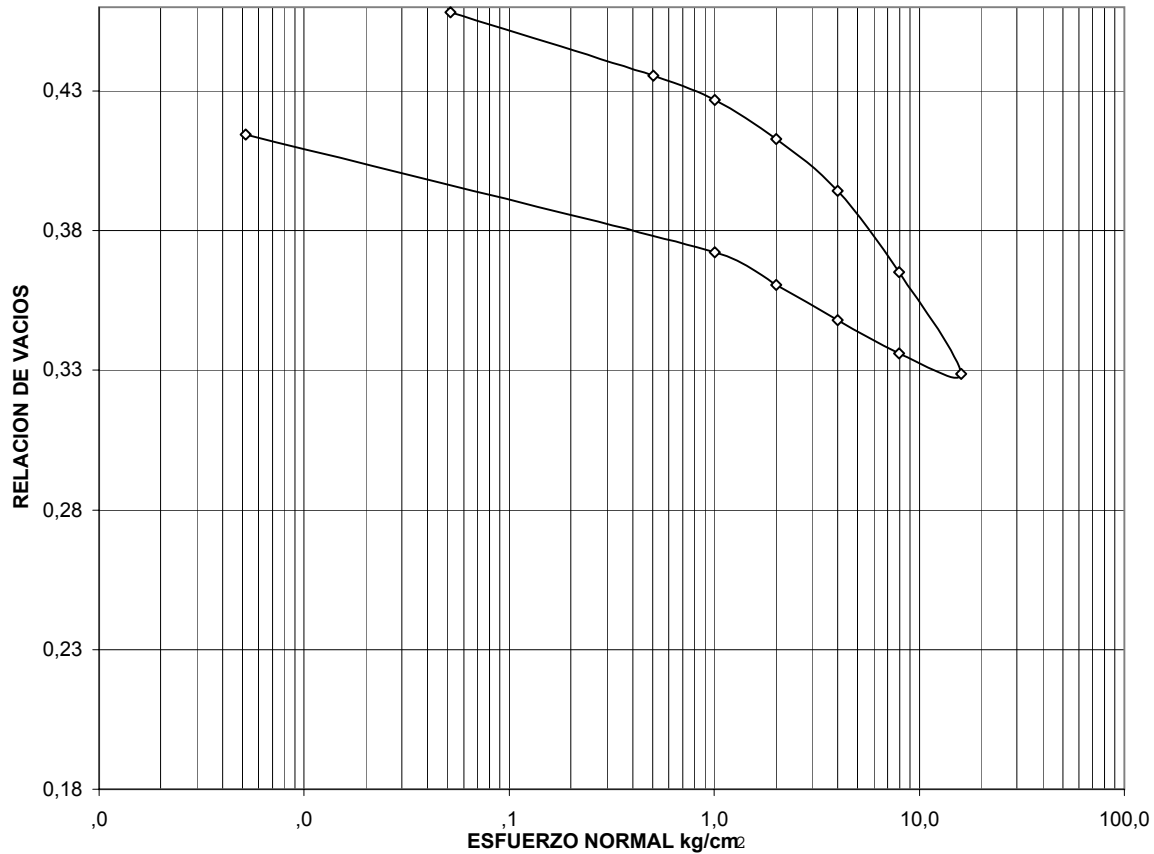
Pozo 2 MUESTRA: 10 PROFUNDIDAD 17,00-18,50 FECHA 25-Jul-02

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES: Muestra tomada a 18,55 m.

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	l	k
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	103,51	wr + m	P1[g]	63,9	137,9
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,62	Wr + ms	P2[g]	55,6	126,3
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	579,0	Wr	P3[g]	8,0	52,8
W anillo [g]	60,90	Altura final [cm.]	1,960	Humedad w(%)		17,5	15,8
W (anillo + m)INI [g]	146,30	Altura de solidos [cm]	1,385	S INI. %=	99,9	S FIN. %=	99,9
W (muestra)INI [g]	85,40	R. vacios ini (eo)	0,458				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,11		0,183221145				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P2-M10 Prof: (m) 17,00-18,50**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

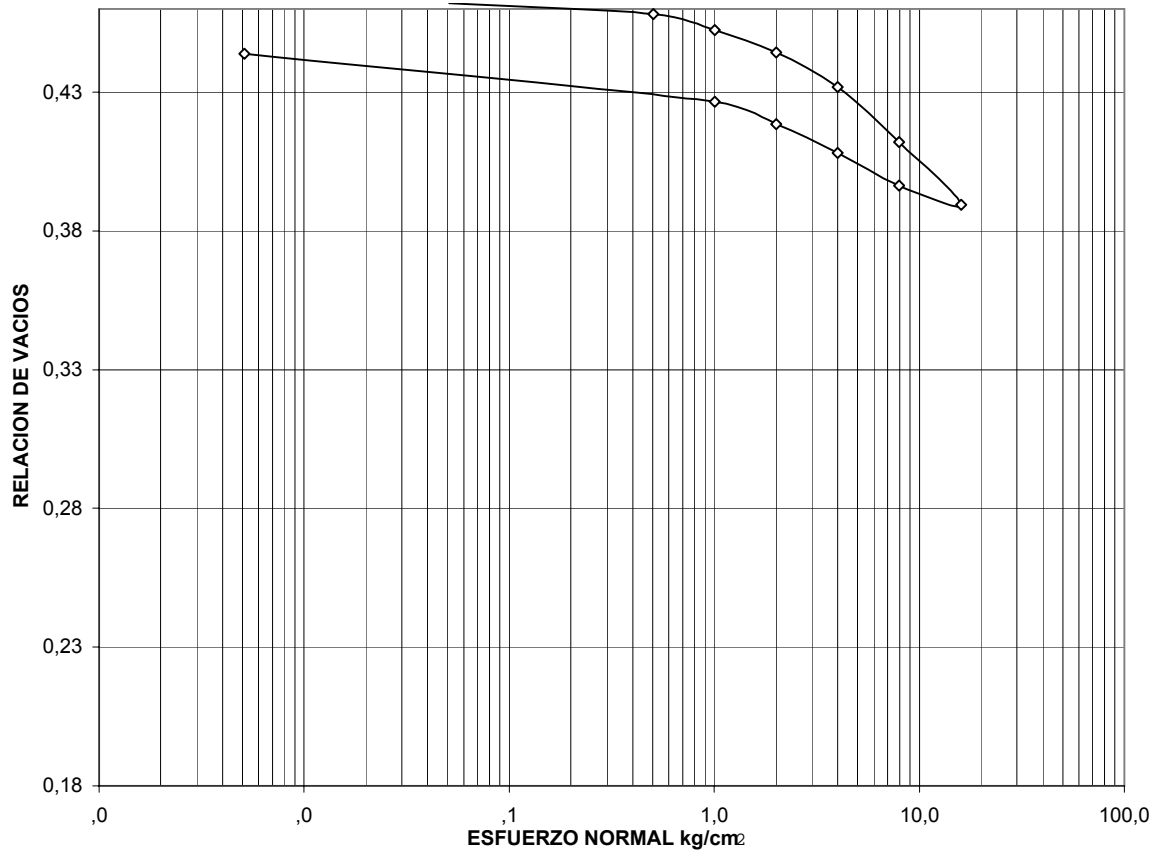
Pozo 3 MUESTRA: 9 PROFUNDIDAD 25,80-27,40 m. FECHA 25-Jul-02

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	l	k
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	102,23	wr + m	P1[g]	39,6	98,6
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,81	Wr + ms	P2[g]	35,2	86,7
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	594,0	Wr	P3[g]	8,0	8,0
W anillo [g]	60,90	Altura final [cm.]	1,971	Humedad w(%)		16,3	15,1
W (anillo + m)INI [g]	151,30	Altura de solidos [cm]	1,382	S INI. %=	98,9	S FIN. %=	99,6
W (muestra)INI [g]	90,40	R. vacios ini (eo)	0,462				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,23		0,184860748				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P3-M9 Prof: (m) 25,80-27,10**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	



**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

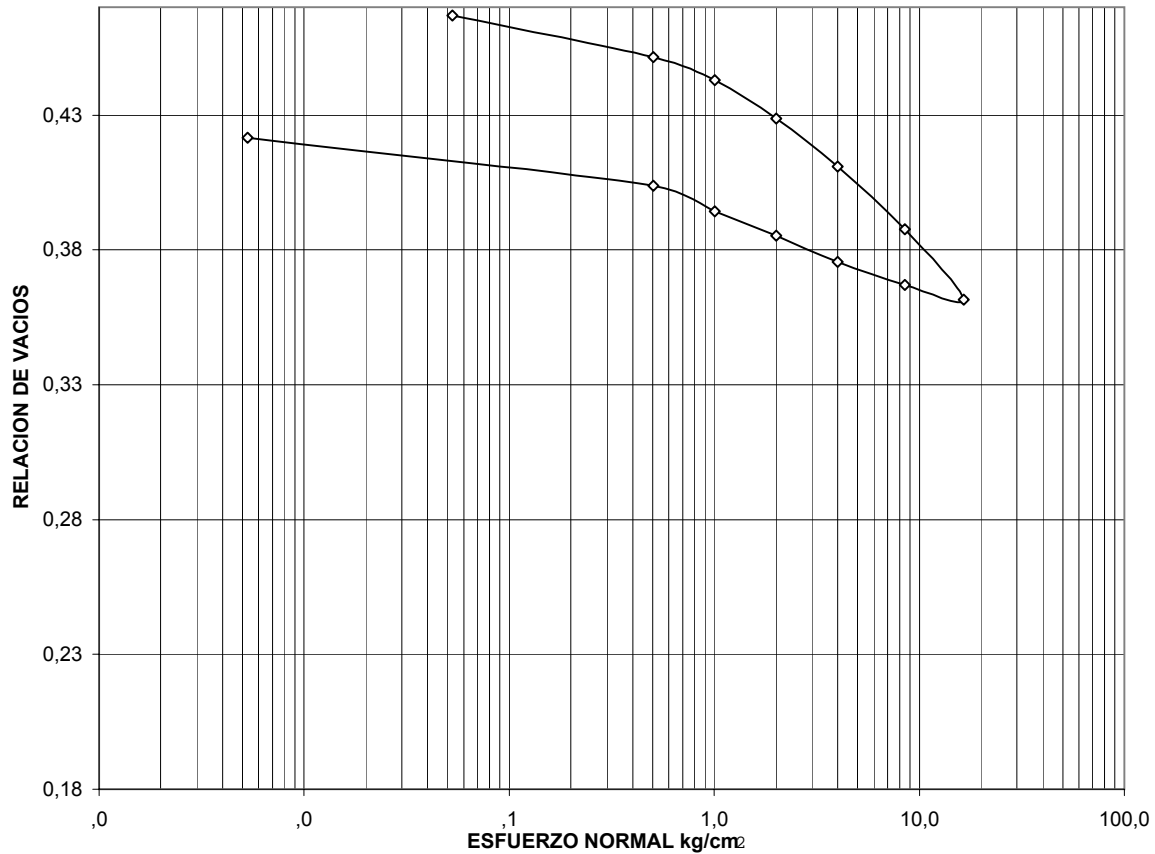
Pozo 4 MUESTRA: 15 PROFUNDIDAD 19,20-19,50 FECHA 25-Jul-02

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES: Muestra tomada a 19,35 m.

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	l	k
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	106,19	wr + m	P1[g]	68,4	129,1
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,74	Wr + ms	P2[g]	59,9	117,7
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	651,0	Wr	P3[g]	7,6	42,9
W anillo [g]	60,90	Altura final [cm.]	1,958	Humedad w(%)		16,2	15,2
W (anillo + m)INI [g]	148,70	Altura de solidos [cm]	1,377	S INI. %=	95,0	S FIN. %=	99,0
W (muestra)INI [g]	87,80	R. vacios ini (eo)	0,467				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,17		0,186750375				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P4-M15 Prof: (m) 19,20-19,50**



Cc	
Cr	
σ <sub>pre</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

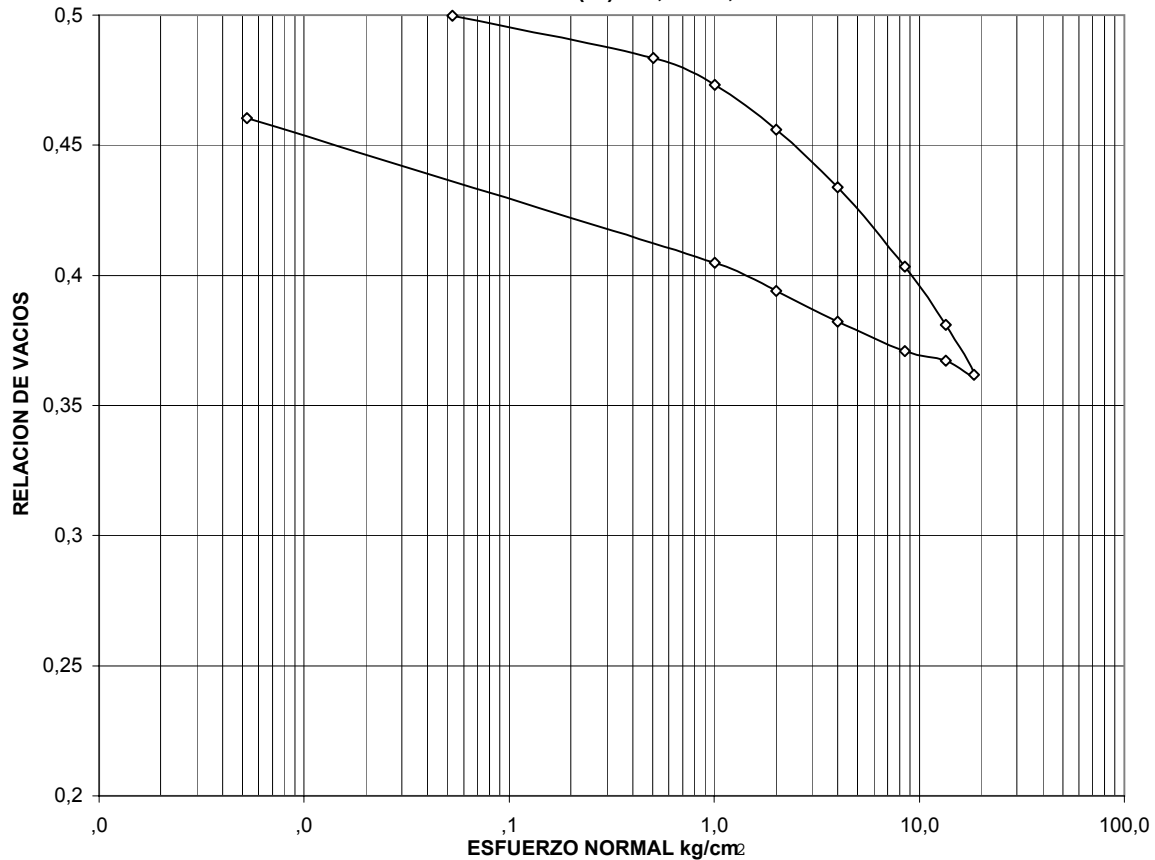
Pozo 5 MUESTRA: 16 PROFUNDIDAD 18,50-21,50 FECHA 25-Jul-02

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	l	k
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	105,65	wr + m	P1[g]	48,2	123,0
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,66	Wr + ms	P2[g]	42,0	106,8
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	612,9	Wr	P3[g]	8,0	12,5
W anillo [g]	58,57	Altura final [cm.]	1,967	Humedad w(%)		18,4	17,2
W (anillo + m)INI [g]	143,50	Altura de solidos [cm]	1,347	S INI. % =	97,7	S FIN. % =	99,6
W (muestra)INI [g]	84,93	R. vacios ini (eo)	0,500				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,10		0,199949578				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P5-M16 Prof: (m) 18,50-21,50**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

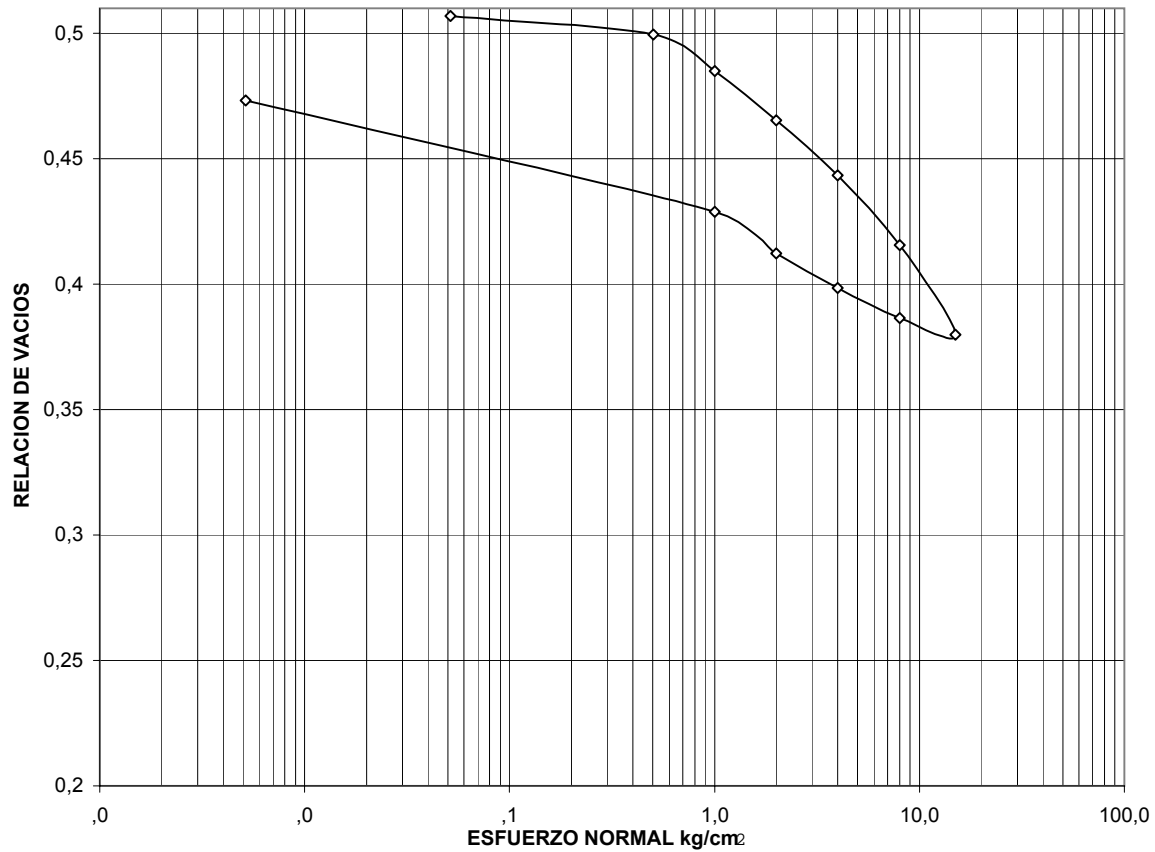
Pozo 6 MUESTRA: 4 PROFUNDIDAD 21,60-26,10 FECHA 25-Jul-02

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	l	k
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	103,27	wr + m	P1[g]	63,8	127,0
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,66	Wr + ms	P2[g]	55,1	114,3
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	578,0	Wr	P3[g]	7,9	42,3
W anillo [g]	60,90	Altura final [cm.]	1,975	Humedad w(%)		18,6	17,7
W (anillo + m)INI [g]	145,61	Altura de solidos [cm]	1,340	S INI. %=	97,7	S FIN. %=	99,7
W (muestra)INI [g]	84,72	R. vacios ini (eo)	0,507				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,09		0,20276553				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P6-M14 Prof: (m) 21,60-26,10**



Cc	
Cr	
σ <sub>pre</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

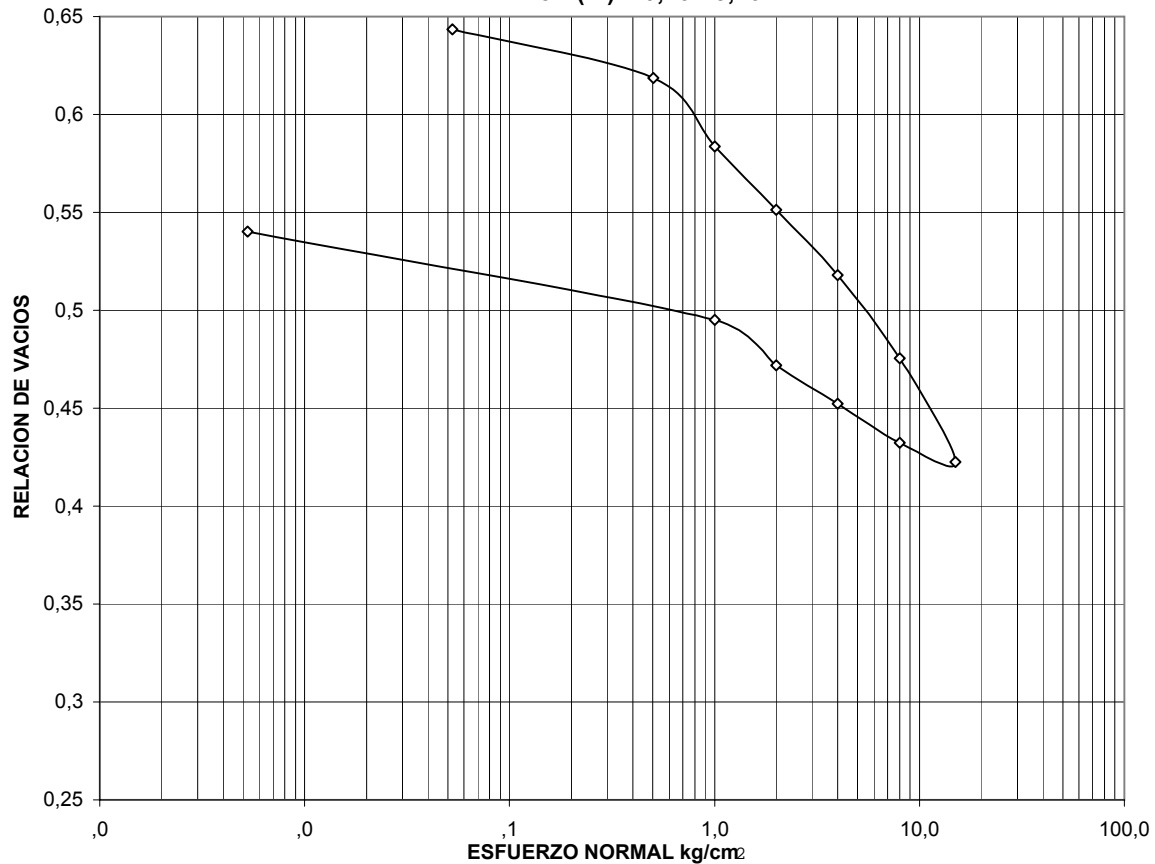
Pozo 7 MUESTRA: 14 PROFUNDIDAD 20,70-23,10 FECHA 25-Jul-02

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	l	k
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	105,23	wr + m	P1[g]	66,8	132,2
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,80	Wr + ms	P2[g]	56,6	118,8
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	900,0	Wr	P3[g]	7,9	48,9
W anillo [g]	58,57	Altura final [cm.]	1,893	Humedad w(%)		21,1	19,2
W (anill + m)INI [g]	142,02	Altura de solidos [cm]	1,229	S INI. %=	91,7	S FIN. %=	99,4
W (muestra)INI [g]	83,45	R. vacios ini (eo)	0,644				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,06		0,25741111				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P7-M14 Prof: (m) 20,70-23,10**



Cc	
Cr	
σ <sub>pre</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

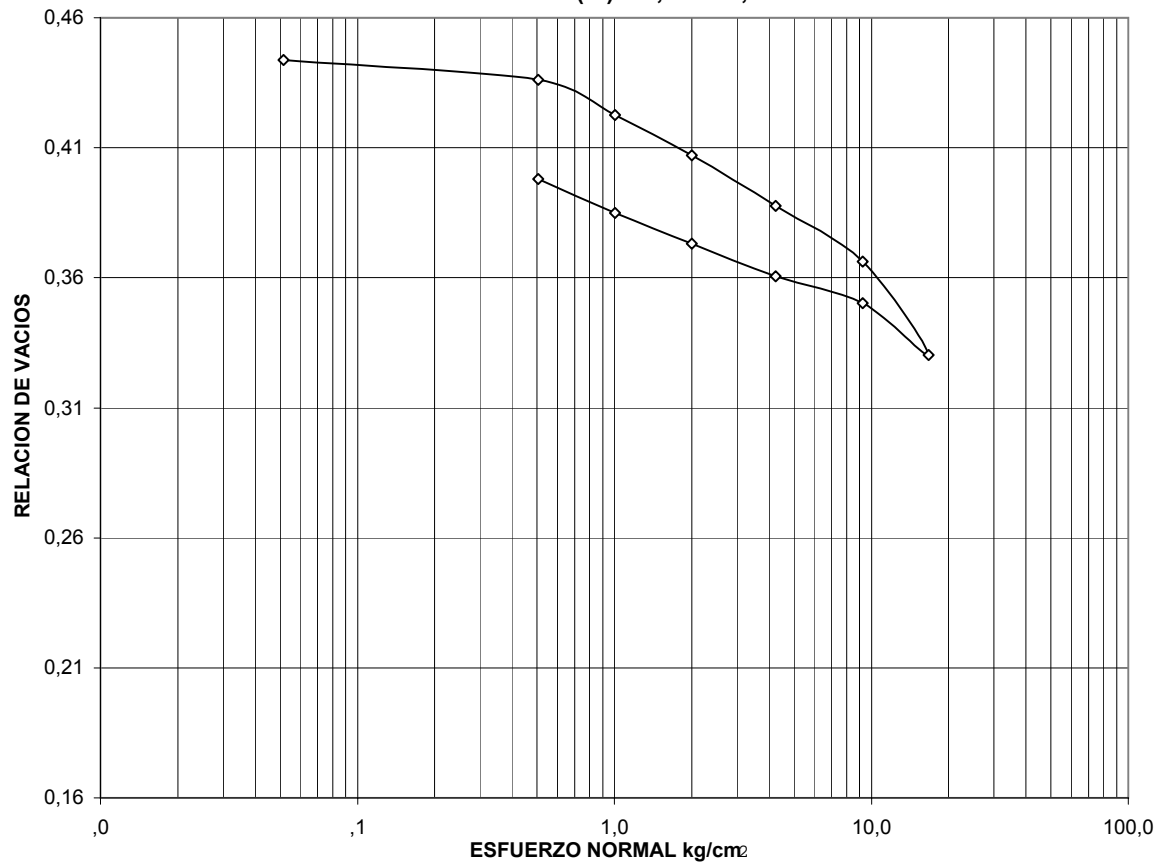
Pozo 8 MUESTRA: 10 PROFUNDIDAD 24,40 - 28,30 FECHA 25-Ago-02

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	A58	D5
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	103,51	wr + m	P1[g]	82,5	127,7
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,62	Wr + ms	P2[g]	72,7	116,1
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	567,0	Wr	P3[g]	7,9	42,8
W anillo [g]	58,57	Altura final [cm.]	1,979	Humedad w(%)		15,2	15,8
W (anillo + m)INI [g]	143,14	Altura de solidos [cm]	1,399	S INI. %=	89,6	S FIN. %=	100,1
W (muestra)INI [g]	84,57	R. vacios ini (eo)	0,444				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,09		0,177457409				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P8-M10 Prof: (m) 24,40 - 28,30**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

**INGEOMINAS**  
**LABORATORIO DE GEOMECÁNICA**  
**ENSAYO DE CONSOLIDACION**

PROYECTO: Deslizamiento El Espino

LUGAR: Ciudad Bolivar

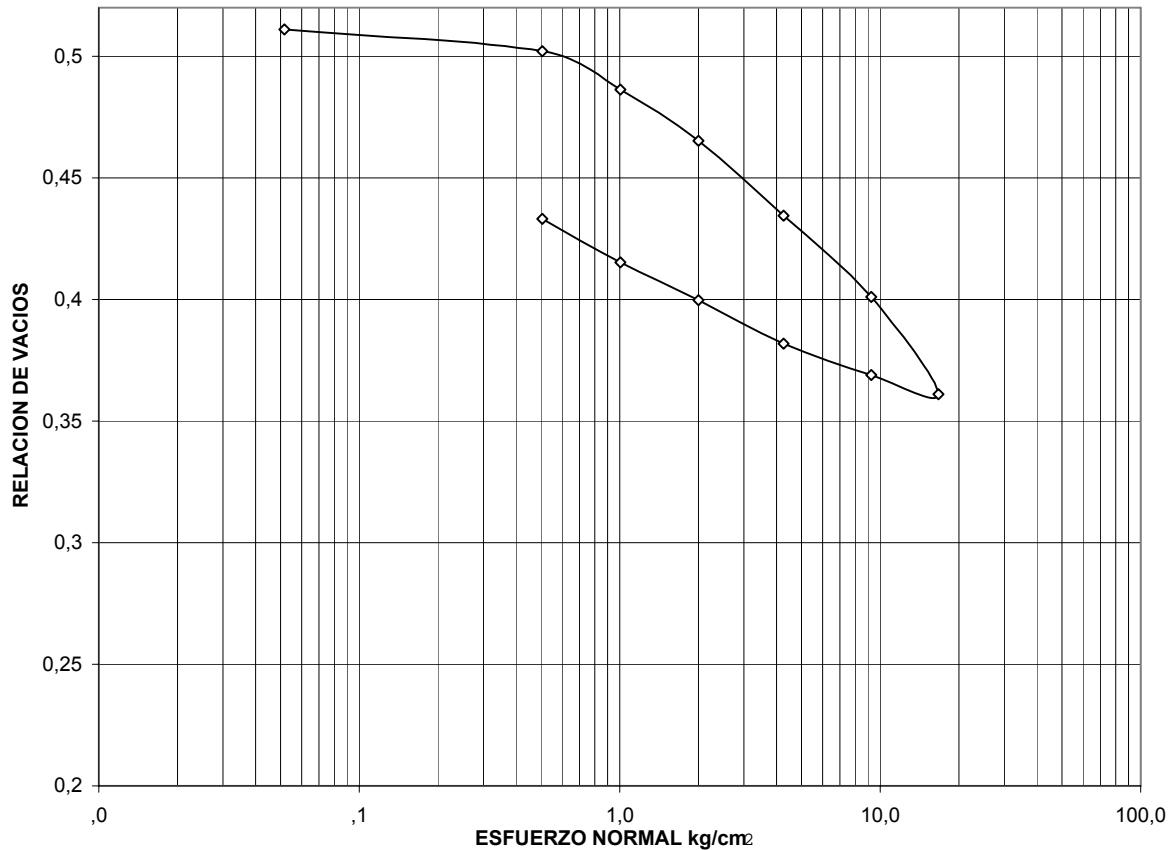
Pozo 8 MUESTRA: 7 PROFUNDIDAD: 19,90 - 22,40 FECHA 25-Ago-02

DESCRIPCION:

OBSERVACIONES:

DATOS DEL ANILLO		DATOS GENERALES		DATOS DE HUMEDAD		Condicion inicial	Condicion final
Diametro [cm]	5,05	Relacion de brazo 1:	10	Recipiente No.	A7	85	Z11
Area [cm <sup>2</sup> ]	20,03	W (bl + p.p + esf)[g]	103,51	wr + m	P1[g]	65,1	139,2
Altura [cm]	2,02	Peso especifico (Gs)	2,62	Wr + ms	P2[g]	55,7	125,6
Volumen [cm <sup>3</sup> ]	40,46	lectura final	579,0	Wr	P3[g]	7,6	55,8
W anillo [g]	60,89	Altura final [cm.]	1,975	Humedad w(%)		19,5	19,5
W (anillo + m)INI [g]	144,73	Altura de solidos [cm]	1,337	S INI. %=	100,0	S FIN. %=	106,9
W (muestra)INI [g]	83,84	R. vacios ini (eo)	0,511				
Peso unitario T/m <sup>3</sup>	2,07		0,204382502				

**Emergencia Deslizamiento el Espino**  
**P8-M97 Prof: (m) 19,90 - 22,40**



Cc	
Cr	
$\sigma_{pre}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	

## **ANEXO 5.11**

**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANIC/  
ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA**

PROYECTO:Deslizamiento El Espino  
LOCALIZACION: Ciudad Bolivar

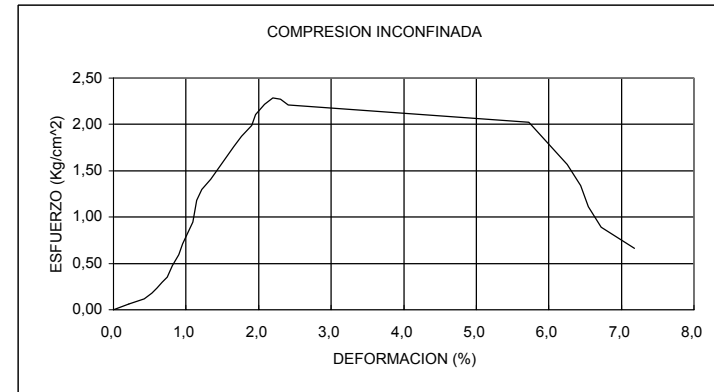
MUESTRA P9 -M 10

Prof (m):26,00-26,50

FECHA:07/03/03

**DATOS DE LA MUESTRA**

Diametro (Cm)	3,61	Area (Ao) (Cm^2)	10,24	Altura (Cm)	7,19
Volumen (Cm^3)	73,59	Peso (gr)	159,40	Peso Unit (gr/cm^3)	2,17
HUMEDAD(%)	15,80	qu (kg/cm2)=	2,30	P U Seco (gr/cm^3)	1,87
fuerza vert (Kg)=					



Lectura Deformimetro vertical in*10-3	Lectura anillo Carga mm*2*10-3	Deformacion Muestra L(cm)	Deformacion Unitario e= L/L0	(1-e)	Area Corregida A'	fuerza vertical (kg)	esfuerzo vertical (Kg/cm²)
0	0	0,0000	0,00000	1,00000	10,23541	0,00000	0,00000
6	5	0,0153	0,21213	0,99788	10,25717	0,61050	0,05952
12	10	0,0305	0,42426	0,99576	10,27902	1,22100	0,11879
15	15	0,0381	0,53032	0,99470	10,28998	1,83150	0,17799
17	20	0,0432	0,60103	0,99399	10,29730	2,44200	0,23715
19	25	0,0483	0,67174	0,99328	10,30463	3,05250	0,29623
21	30	0,0534	0,74245	0,99258	10,31197	3,66300	0,35522
23	40	0,0585	0,81316	0,99187	10,31932	4,88400	0,47329
25,5	50	0,0648	0,90154	0,99098	10,32853	6,10500	0,59108
27	60	0,0686	0,95458	0,99045	10,33406	7,32600	0,70892
29	70	0,0737	1,02529	0,98975	10,34144	8,54700	0,82648
31	80	0,0788	1,09599	0,98904	10,34883	9,76800	0,94387
32,5	100	0,0826	1,14903	0,98851	10,35439	12,21000	1,17921
34,5	110	0,0877	1,21974	0,98780	10,36180	13,43100	1,29620
38	120	0,0966	1,34348	0,98657	10,37479	14,65200	1,41227
41	130	0,1042	1,44954	0,98550	10,38596	15,87300	1,52831
44	140	0,1118	1,55561	0,98444	10,39715	17,09400	1,64410
47	150	0,1195	1,66167	0,98338	10,40836	18,31500	1,75964
50	160	0,1271	1,76773	0,98232	10,41960	19,53600	1,87493
54	170	0,1373	1,90915	0,98091	10,43462	20,75700	1,98924
55,5	180	0,1411	1,96218	0,98038	10,44027	21,97800	2,10512
59	190	0,1500	2,08592	0,97914	10,45346	23,19900	2,21926
62	196	0,1576	2,19199	0,97808	10,46480	23,93160	2,28687
65	195	0,1652	2,29805	0,97702	10,47616	23,80950	2,27273
68	190	0,1729	2,40412	0,97596	10,48754	23,19900	2,21205
162	180	0,4118	5,72745	0,94273	10,85726	21,97800	2,02427
177	140	0,4499	6,25777	0,93742	10,91868	17,09400	1,56557
182	120	0,4626	6,43455	0,93565	10,93931	14,65200	1,33939
185	100	0,4703	6,54061	0,93459	10,95172	12,21000	1,11489
190	80	0,4830	6,71739	0,93283	10,97247	9,76800	0,89023
203	60	0,5160	7,17700	0,92823	11,02680	7,32600	0,66438



**INGEOMINAS - LABORATORIO DE GEOMECANIC/  
ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA**

PROYECTO:Deslizamiento El Espino  
LOCALIZACION: Ciudad Bolivar

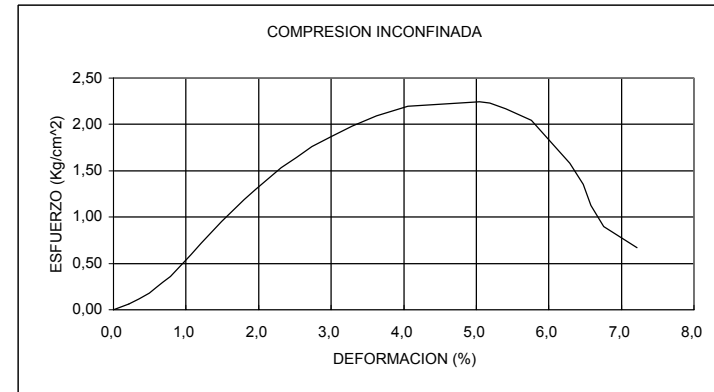
MUESTRA P11 -M 10

Prof (m):20,00-20,40

FECHA:07/03/03

**DATOS DE LA MUESTRA**

Diametro (Cm)	3,59	Area (Ao) (Cm^2)	10,12	Altura (Cm)	7,15
Volumen (Cm^3)	72,37	Peso (gr)	155,30	Peso Unit (gr/cm^3)	2,15
HUMEDAD(%)	13,60	qu (kg/cm2)=	2,30	P U Seco (gr/cm^3)	1,89
fuerza vert (Kg)=					



Lectura Deformimetro vertical in*10-3	Lectura anillo Carga mm*2*10-3	Deformacion Muestra L(cm)	Deformacion Unitario e= L/Lo	(1-e)	Area Corregida A'	fuerza vertical (kg)	esfuerzo vertical (Kg/cm²)
0	0	0,0000	0,00000	1,00000	10,12231	0,00000	0,00000
6	5	0,0153	0,21331	0,99787	10,14395	0,61050	0,06018
10	10	0,0254	0,35552	0,99644	10,15843	1,22100	0,12020
14	15	0,0356	0,49773	0,99502	10,17295	1,83150	0,18004
16,5	20	0,0419	0,58662	0,99413	10,18204	2,44200	0,23983
19	25	0,0483	0,67550	0,99325	10,19115	3,05250	0,29952
22	30	0,0559	0,78215	0,99218	10,20211	3,66300	0,35904
26	40	0,0661	0,92436	0,99076	10,21675	4,88400	0,47804
30	50	0,0763	1,06657	0,98933	10,23144	6,10500	0,59669
34	60	0,0864	1,20878	0,98791	10,24617	7,32600	0,71500
38	70	0,0966	1,35099	0,98649	10,26094	8,54700	0,83296
42	80	0,1068	1,49320	0,98507	10,27575	9,76800	0,95059
50,5	100	0,1284	1,79540	0,98205	10,30737	12,21000	1,18459
55	110	0,1398	1,95538	0,98045	10,32419	13,43100	1,30093
60	120	0,1525	2,13315	0,97867	10,34294	14,65200	1,41662
65	130	0,1652	2,31091	0,97689	10,36176	15,87300	1,53188
71	140	0,1805	2,52422	0,97476	10,38444	17,09400	1,64612
77	150	0,1957	2,73754	0,97262	10,40722	18,31500	1,75984
84,5	160	0,2148	3,00418	0,96996	10,43582	19,53600	1,87201
92,5	170	0,2351	3,28860	0,96711	10,46652	20,75700	1,98318
102	180	0,2593	3,62635	0,96374	10,50320	21,97800	2,09251
114	190	0,2898	4,05298	0,95947	10,54990	23,19900	2,19898
142	196	0,3610	5,04845	0,94952	10,66050	23,93160	2,24488
146	195	0,3711	5,19066	0,94809	10,67649	23,80950	2,23009
152	190	0,3864	5,40397	0,94596	10,70057	23,19900	2,16802
162	180	0,4118	5,75950	0,94241	10,74094	21,97800	2,04619
177	140	0,4499	6,29278	0,93707	10,80206	17,09400	1,58248
182	120	0,4626	6,47055	0,93529	10,82259	14,65200	1,35383
185	100	0,4703	6,57720	0,93423	10,83495	12,21000	1,12691
190	80	0,4830	6,75497	0,93245	10,85561	9,76800	0,89981
203	60	0,5160	7,21715	0,92783	10,90968	7,32600	0,67151

## ANEXO 6.1



Paso 1 – Hincado del infiltrómetro en el terreno.



Paso 2 – Preparación del infiltrómetro para el ensayo



Paso 3 – Inicio del ensayo. Vertimiento de agua inicial



Paso 4 – En un tiempo dado se mide la cantidad de agua para mantener una cabeza constante.



Punto 1 – Kr 89 con CL 56 A. Zona de escarpe de la grieta principal



Punto 2 – Vista por la CL 56 A hacia el cuerpo del movimiento.



Puntos 3 y 9 - Vista desde el punto 3 hacia el punto 9. Nótese el material excavado que corresponde al material residual superficial predominante en el área



Punto 4 – KR 88 con CL 56. Zona de material removido. Notense las grietas y estado del terreno. No existen vías ni viviendas.



Punto 4 – KR 88 con CL 56. Zona de material removido. Nótense el perfil del terreno en el escarpe.



Punto 5 – KR 89 con CL 54. Nótense el material arcilloso que aflora en este punto.



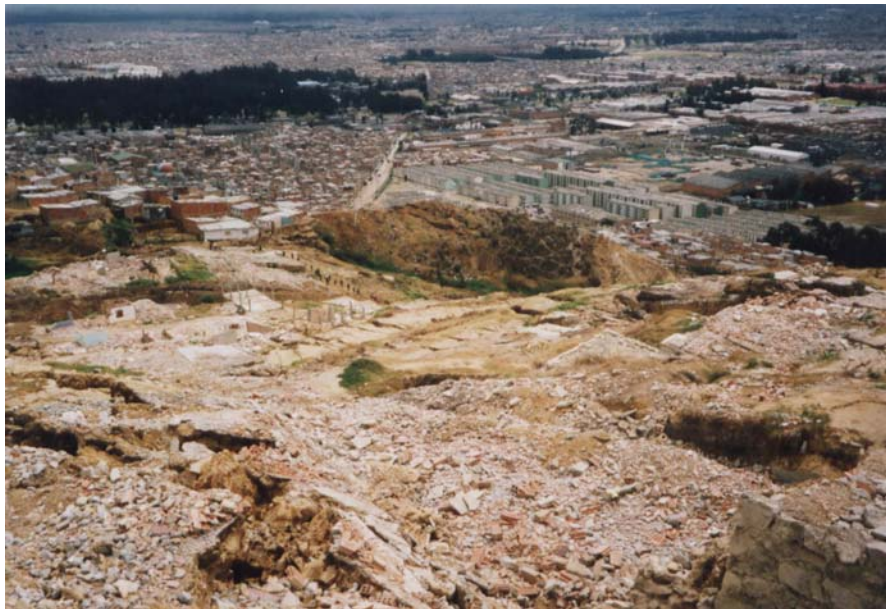
Punto 6 – KR 90 con CL 54. Vista hacia el cuerpo del deslizamiento. Nótese en el perfil el material residual, la arcilla carbonosa y la roca arenisca subyacente.



Punto 8 – KR 89 con CL 59 A. Vista por la margen derecha de la Quebrada Santa Rita. Nótese el material removido y las grietas sobre la superficie.



Punto 11 – KR 88 con CL 56 A. Una de las zonas donde se inició el movimiento. Nótese la roca al fondo y el material removido sobre el cual se realiza el ensayo.



Vista del sector afectado por el movimiento desde el punto 1 de ensayo de infiltración

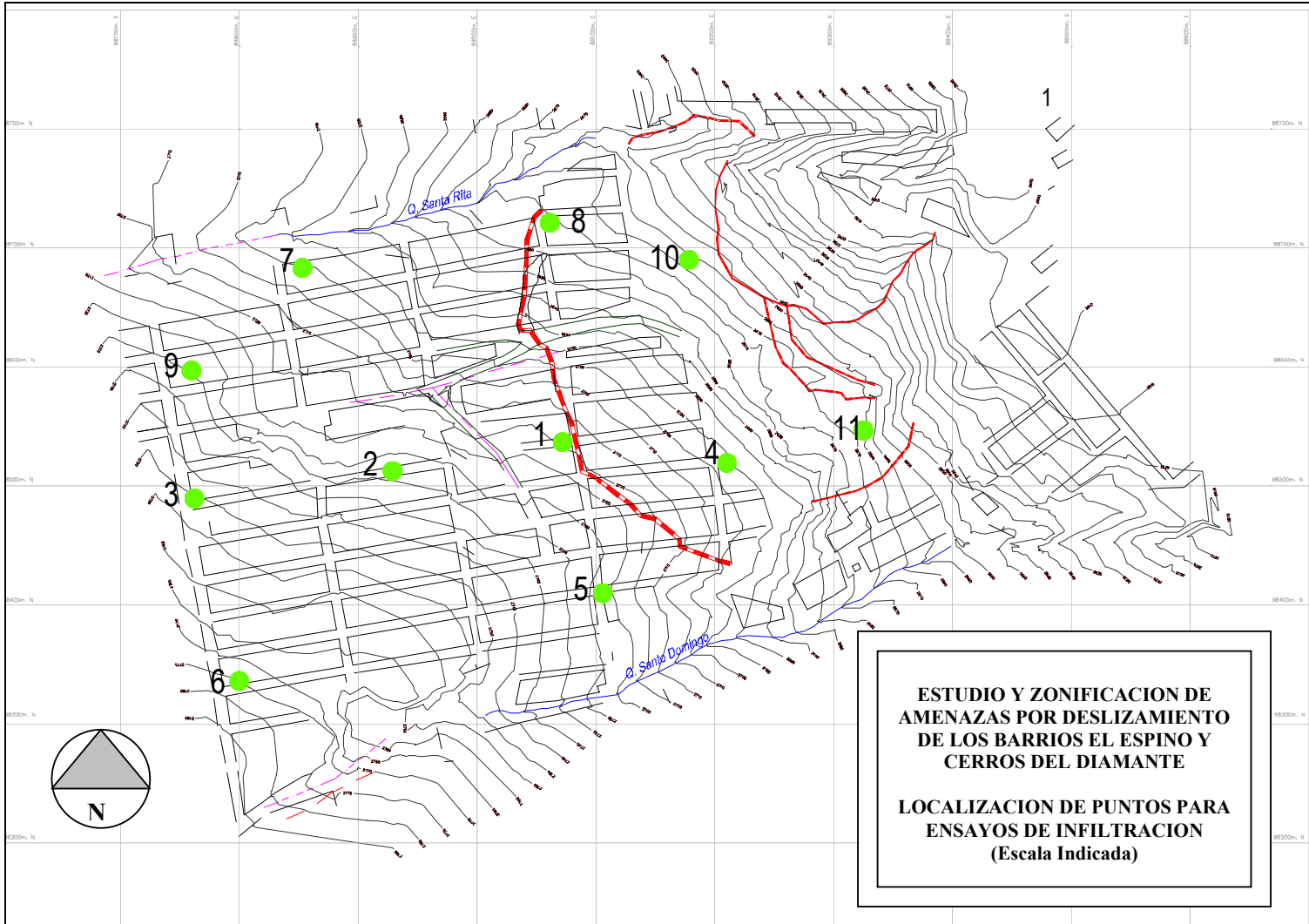




Vista panorámica del material removido el Barrio El Diamante. Nótese el espesor de la cobertura del suelo, el paquete de material residual y la roca alterada y fracturada intercalada con delgados paquetes de arcillas.

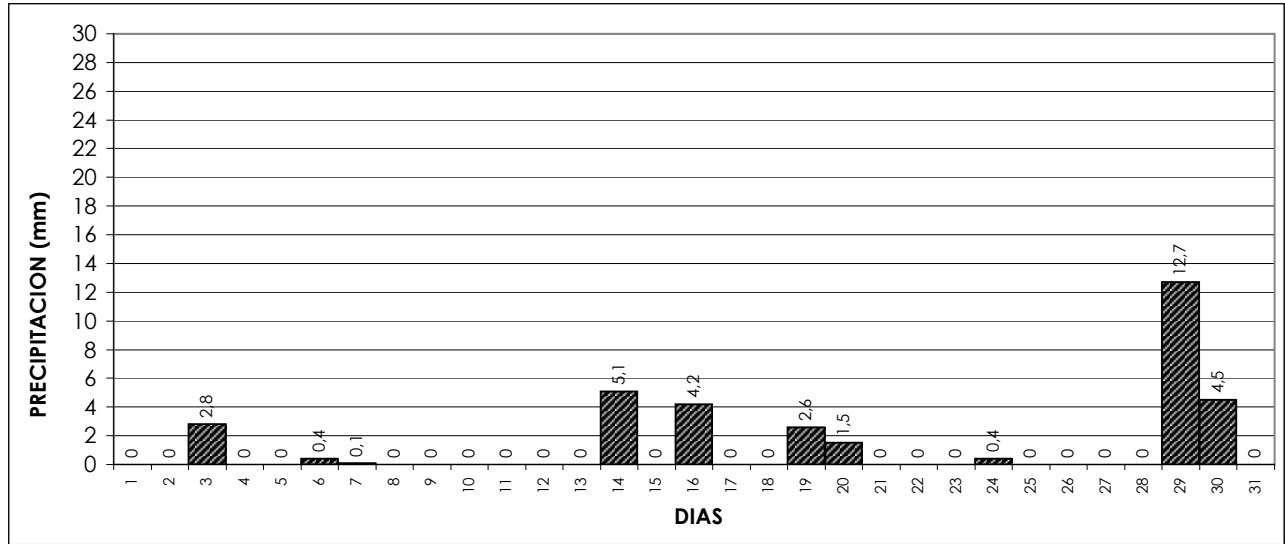


Vista panorámica del material removido en escalones, evidencia del comportamiento retrogresivo del movimiento. Nótese el delgado material de superficie y bajo este el material residual intensamente fracturado.

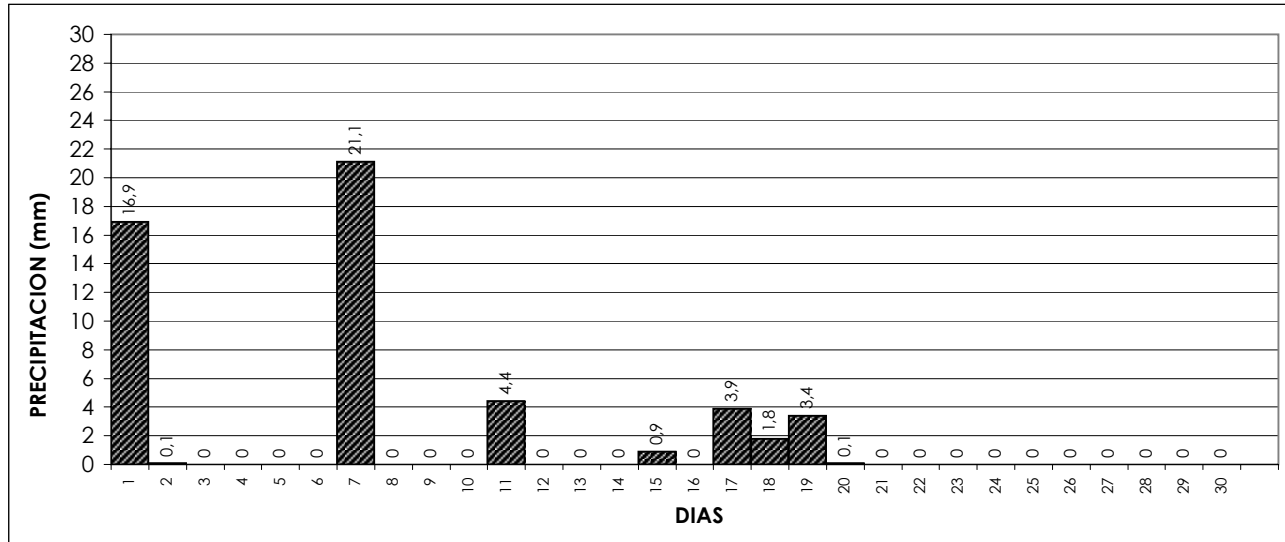


## **ANEXO 6.2**

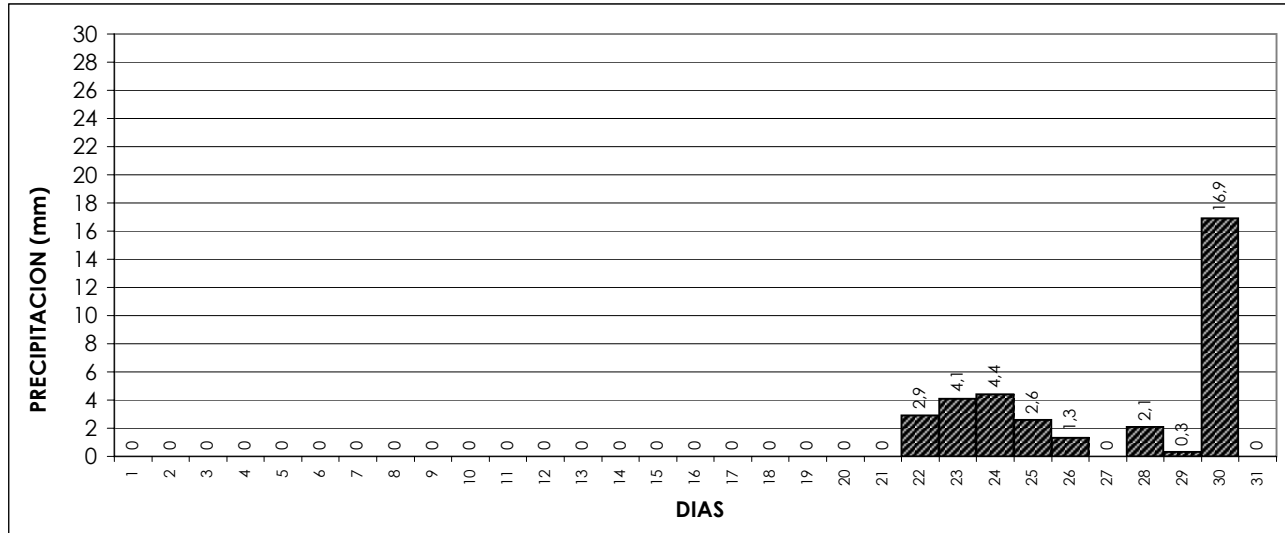
DICIEMBRE DE 2000



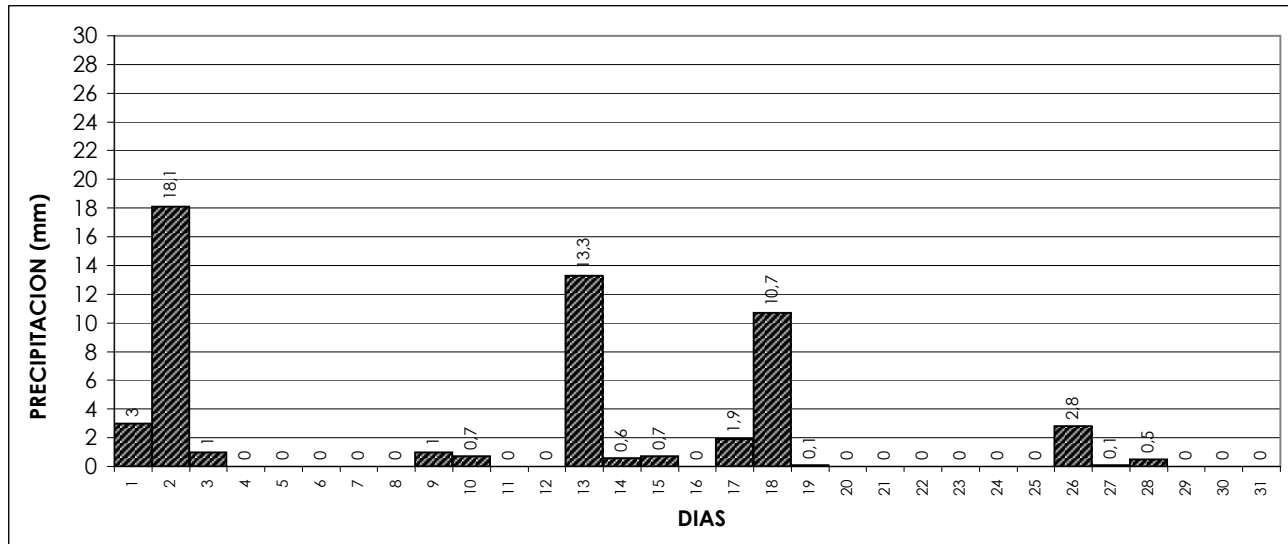
NOVIEMBRE DE 2000



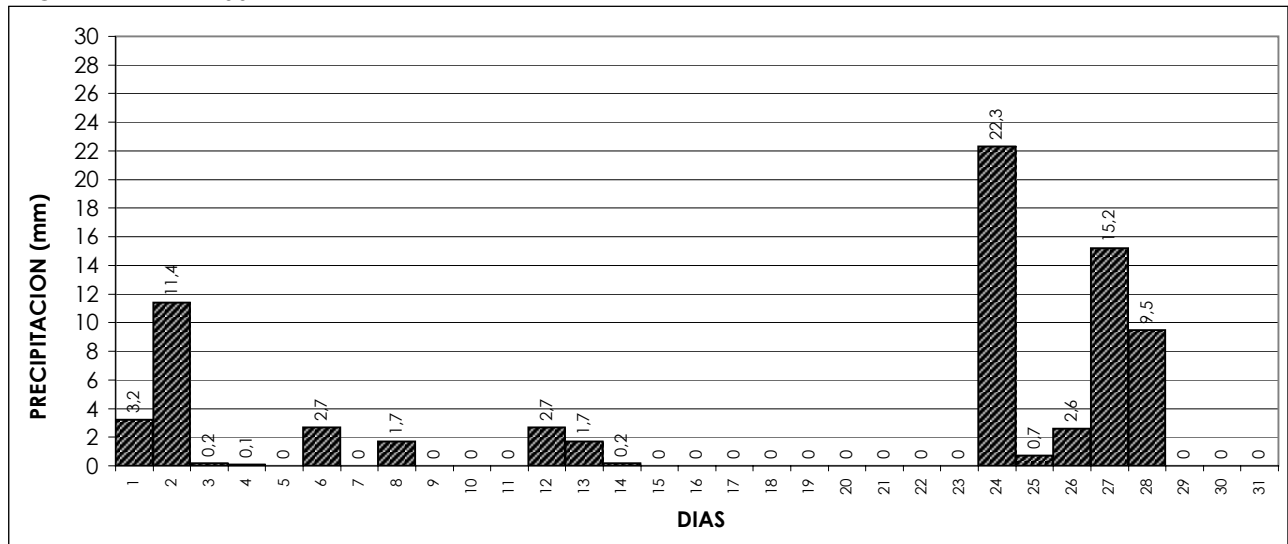
OCTUBRE DE 2000



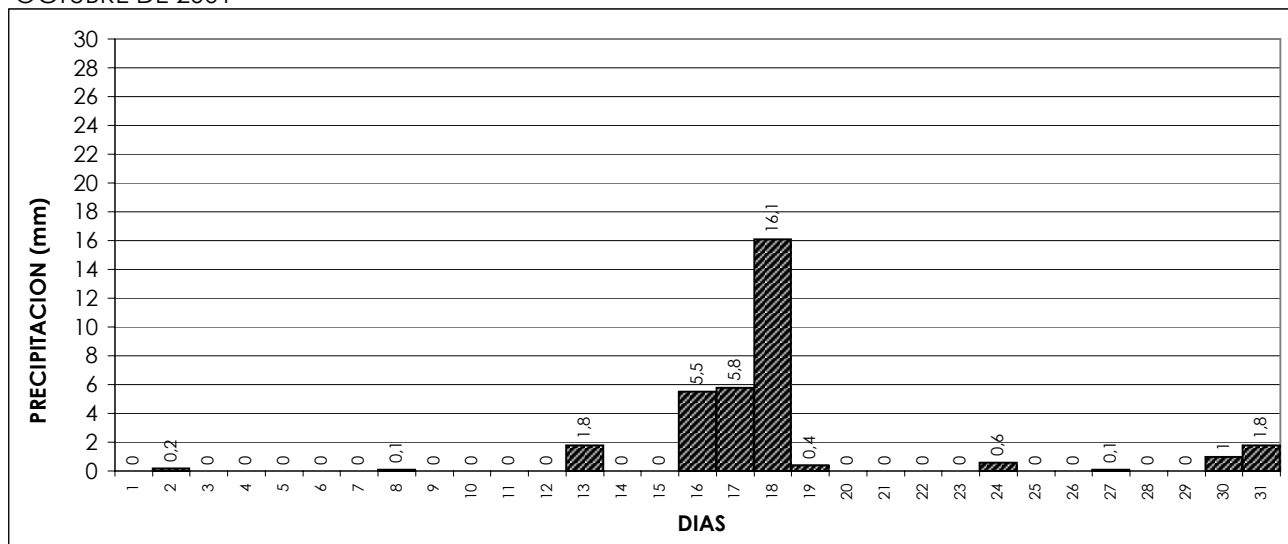
DICIEMBRE DE 2001



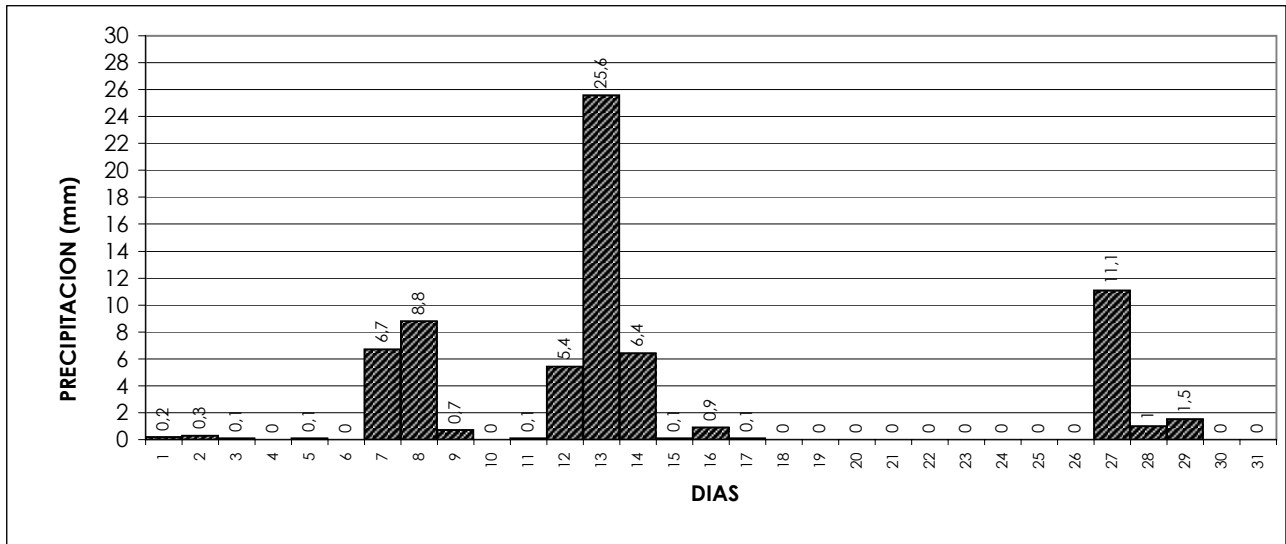
NOVIEMBRE DE 2001



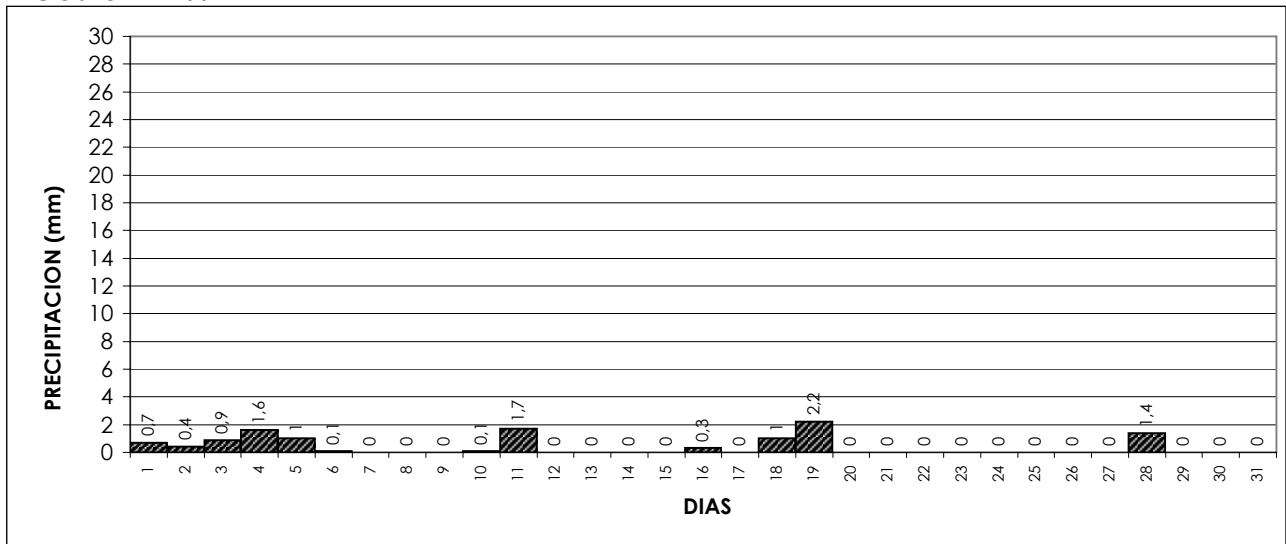
OCTUBRE DE 2001



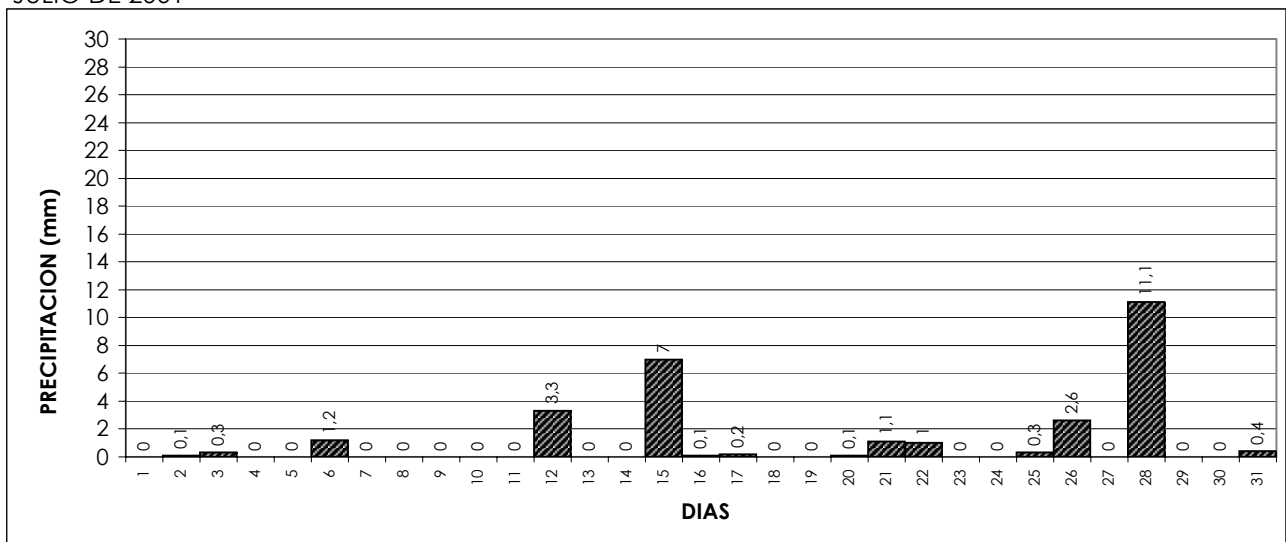
SEPTIEMBRE DE 2001



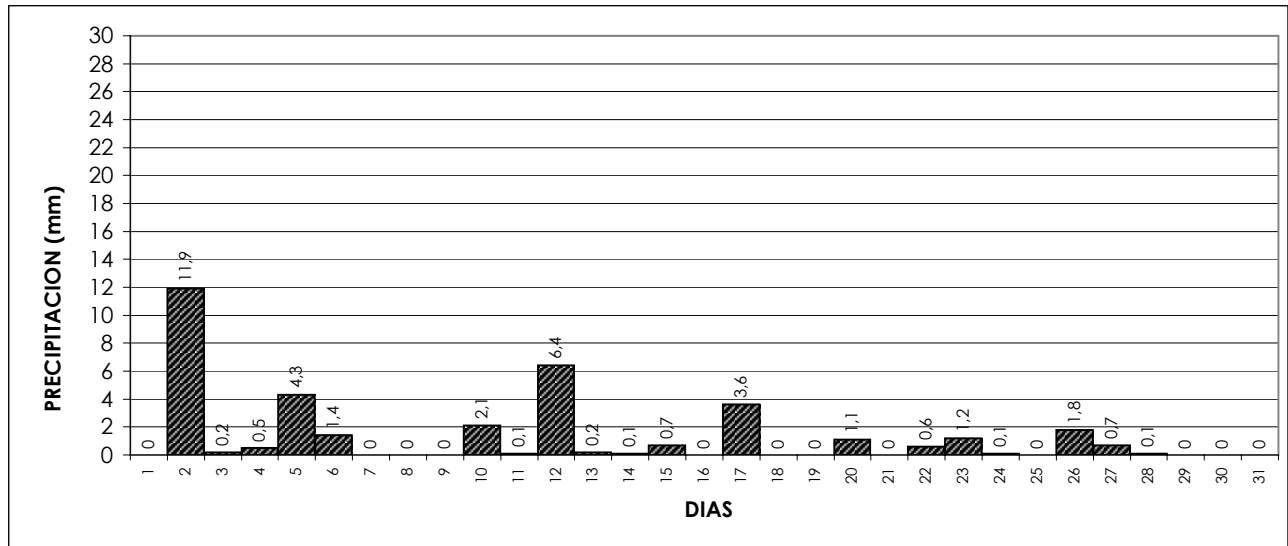
AGOSTO DE 2001



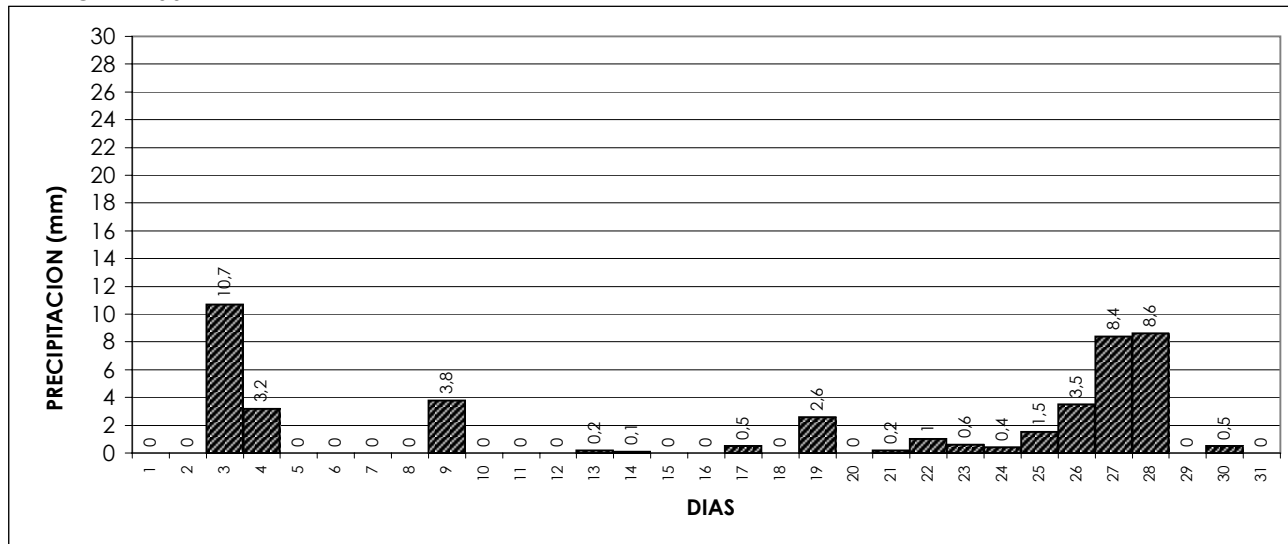
JULIO DE 2001



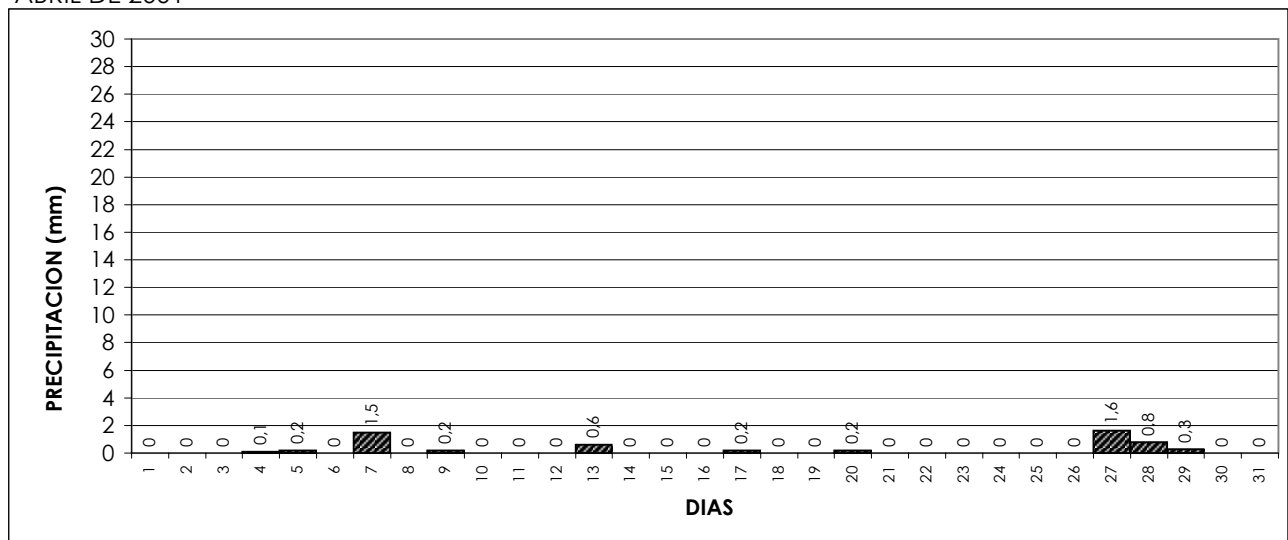
JUNIO DE 2001



MAYO DE 2001

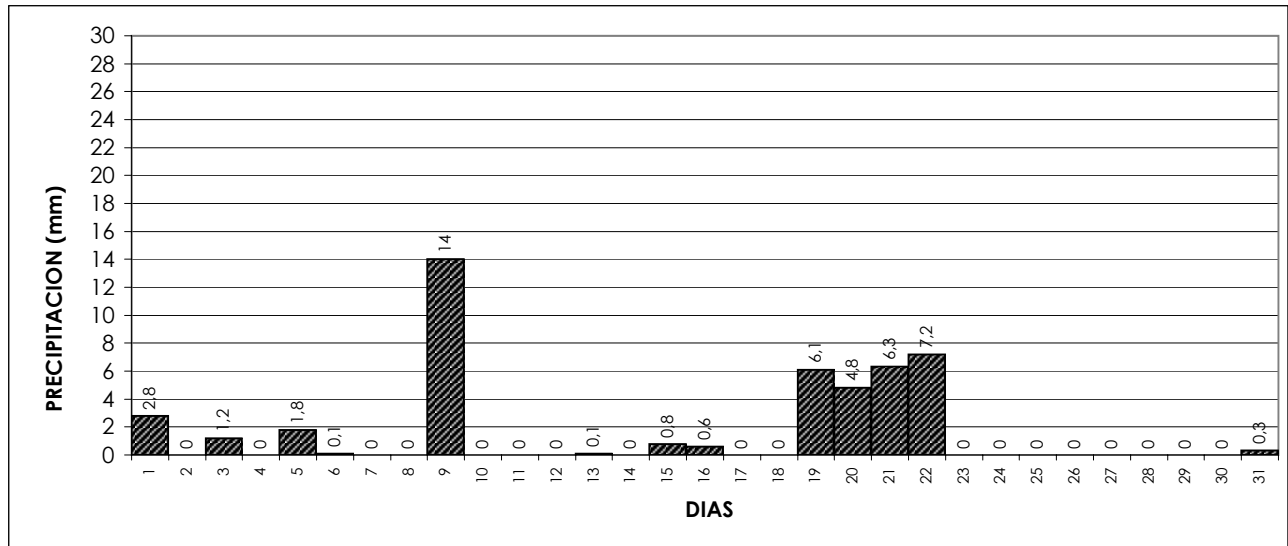


ABRIL DE 2001

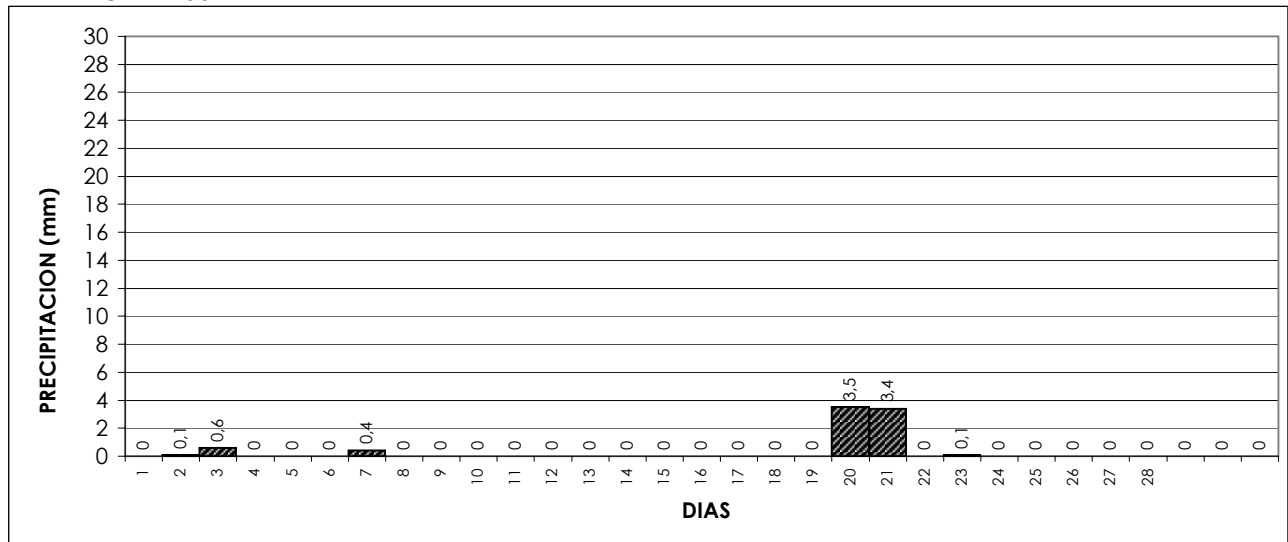




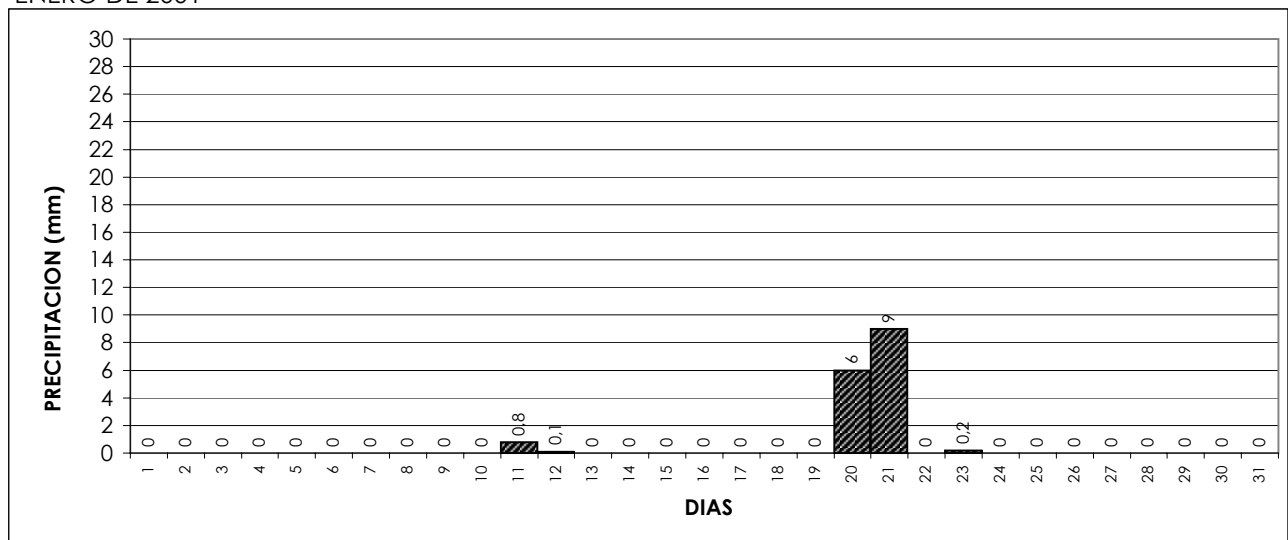
MARZO DE 2001



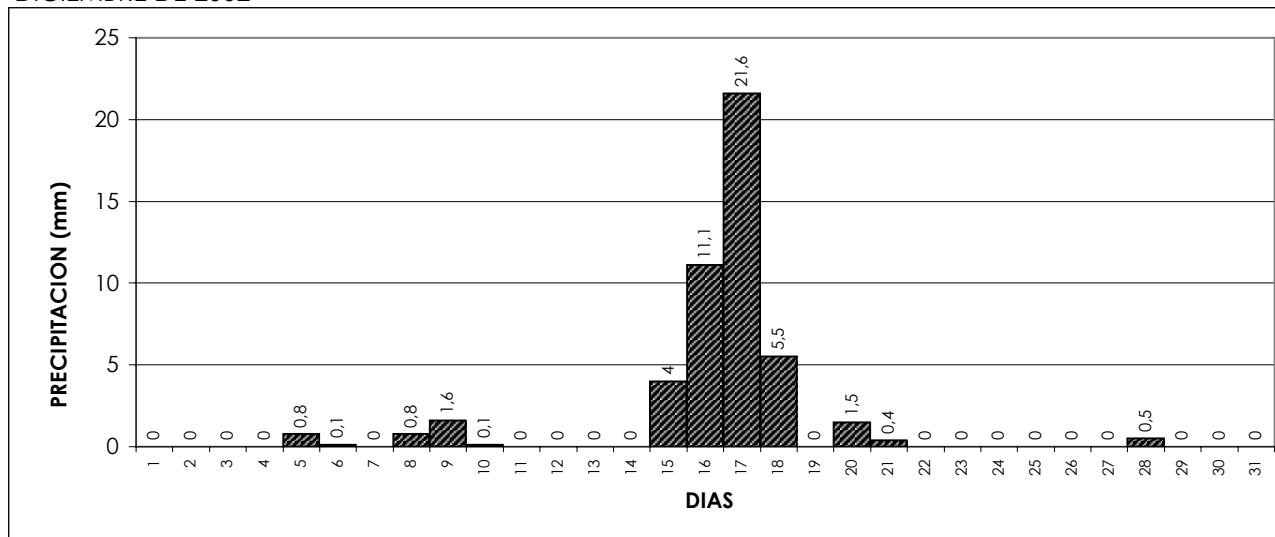
FEBRERO DE 2001



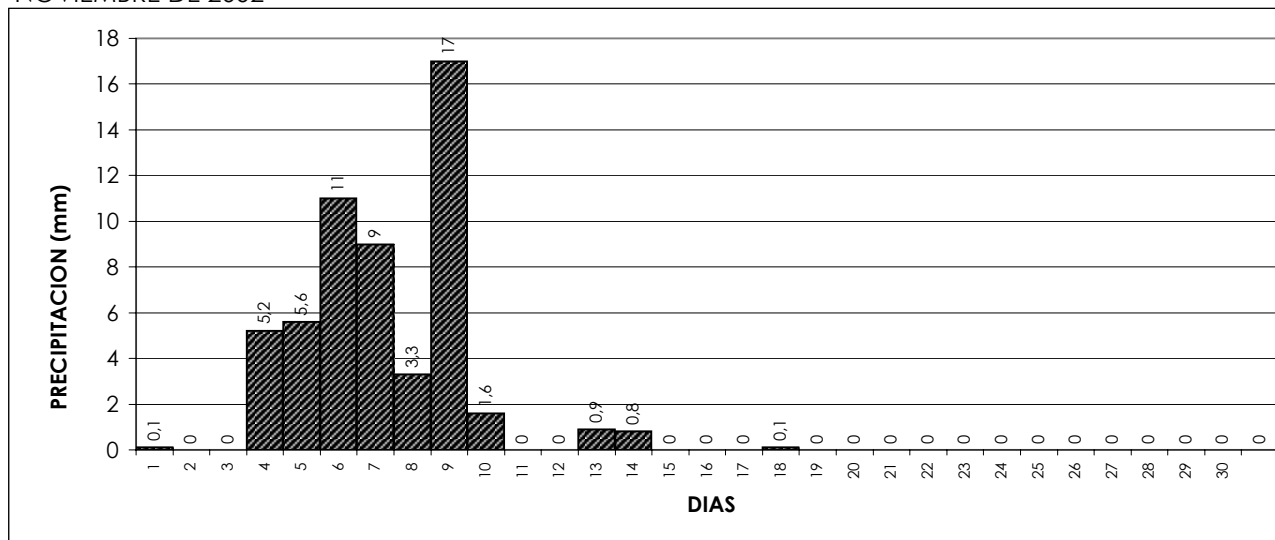
ENERO DE 2001



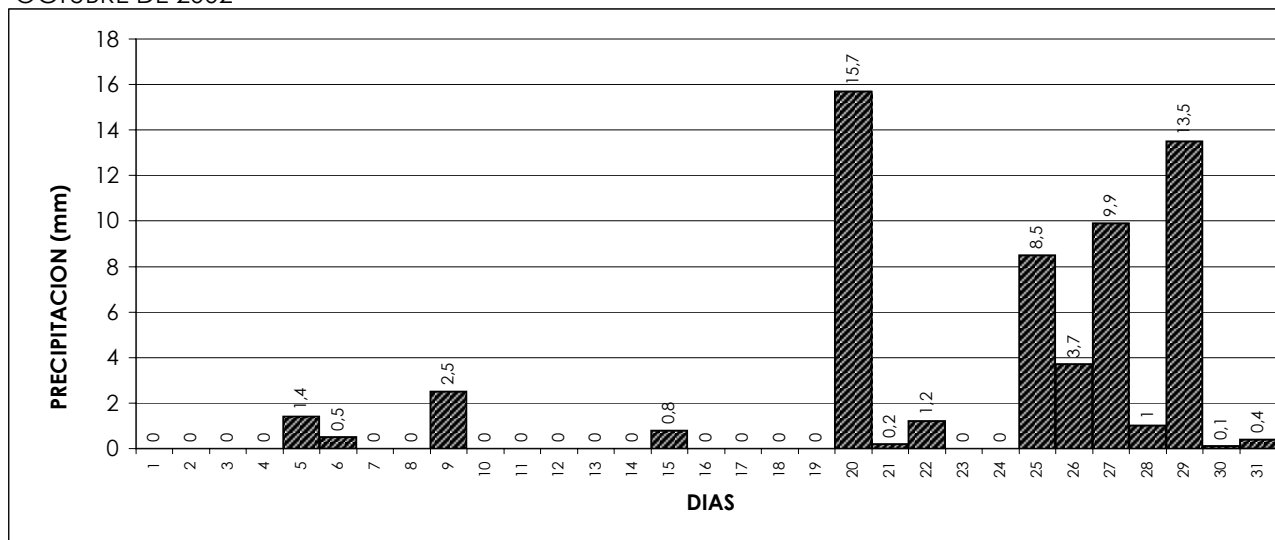
DICIEMBRE DE 2002



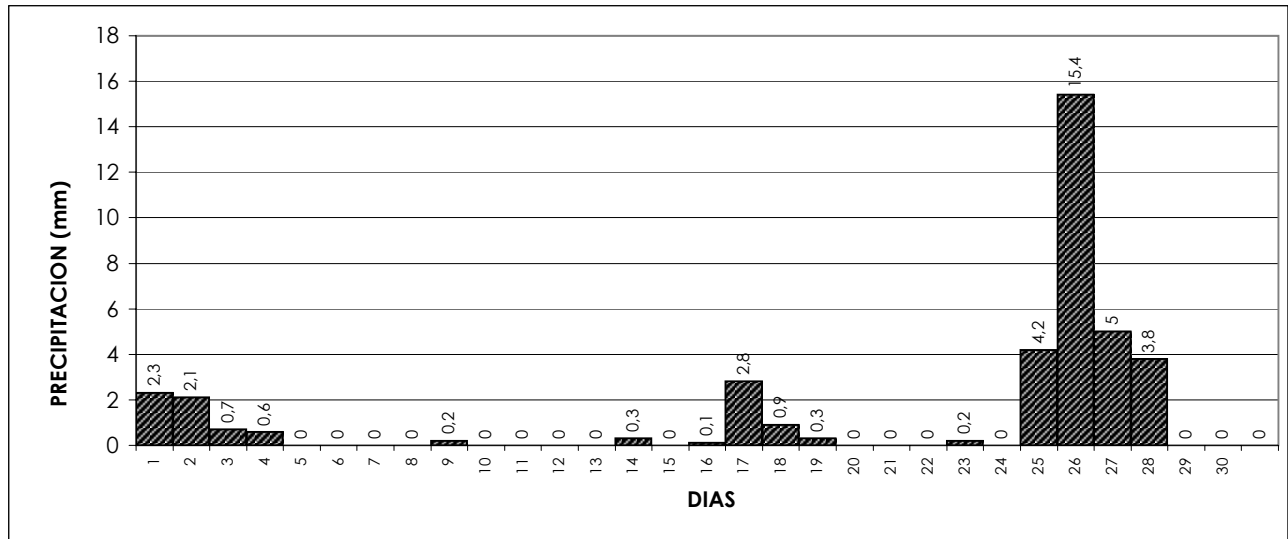
NOVIEMBRE DE 2002



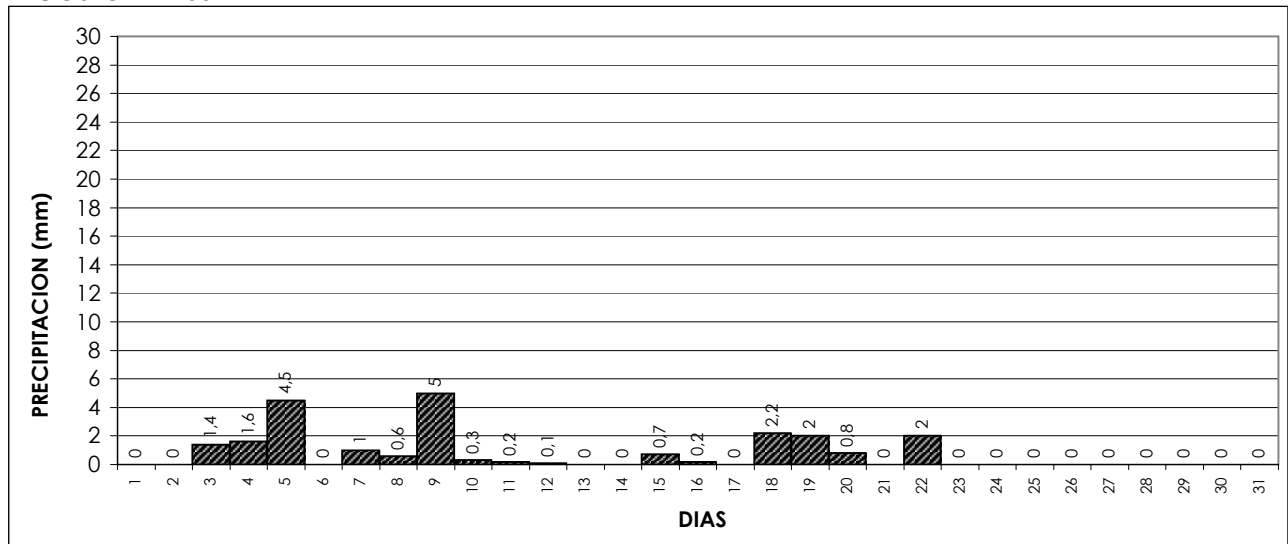
OCTUBRE DE 2002



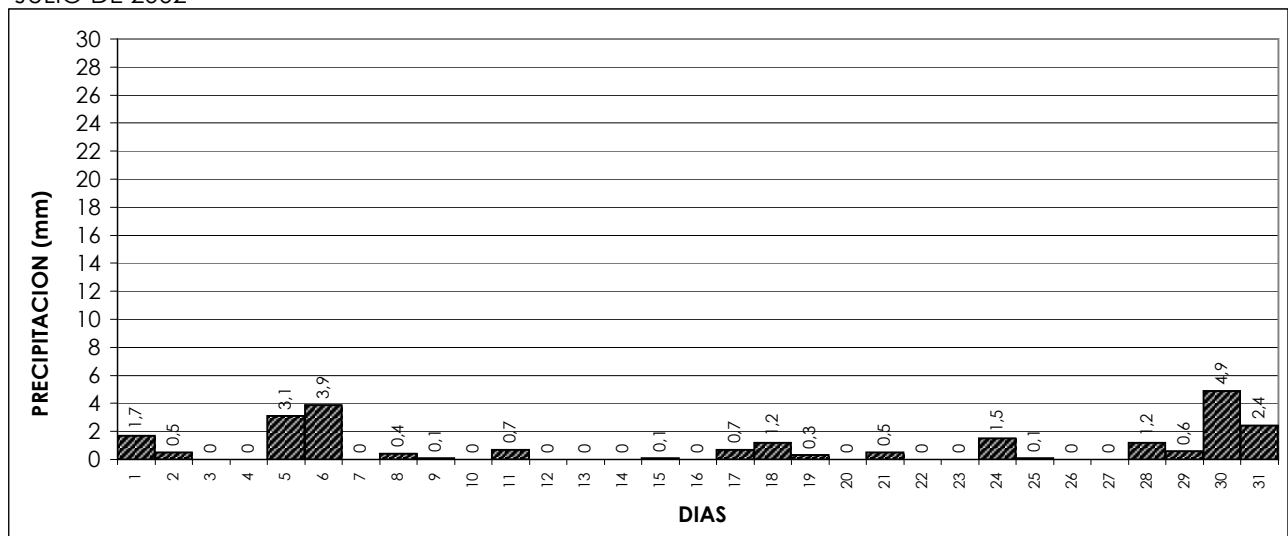
SEPTIEMBRE DE 2002



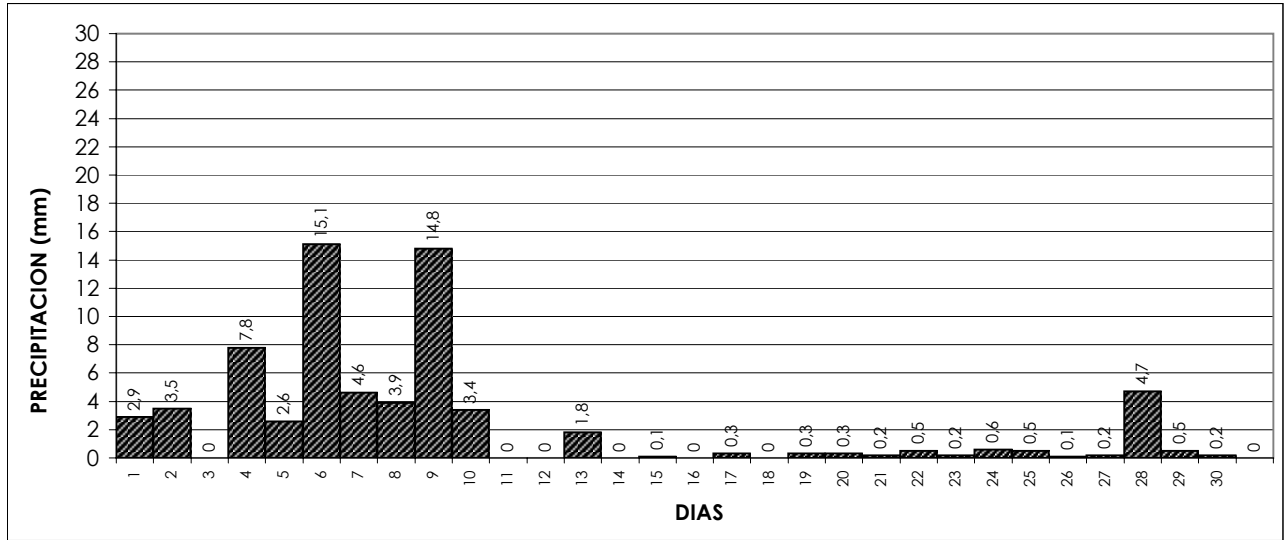
AGOSTO DE 2002



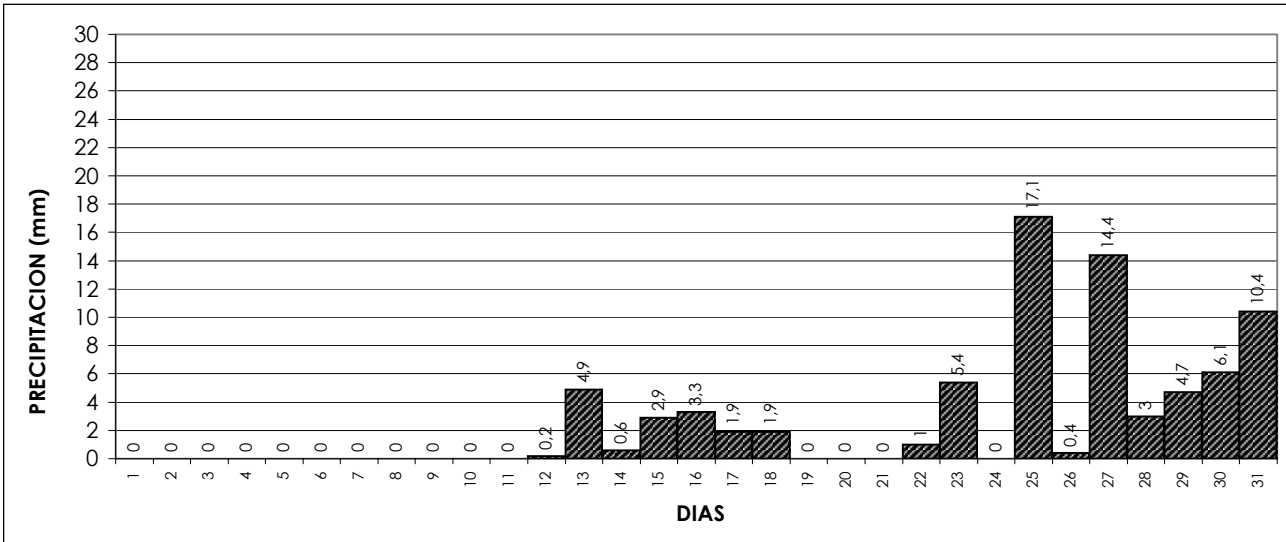
JULIO DE 2002



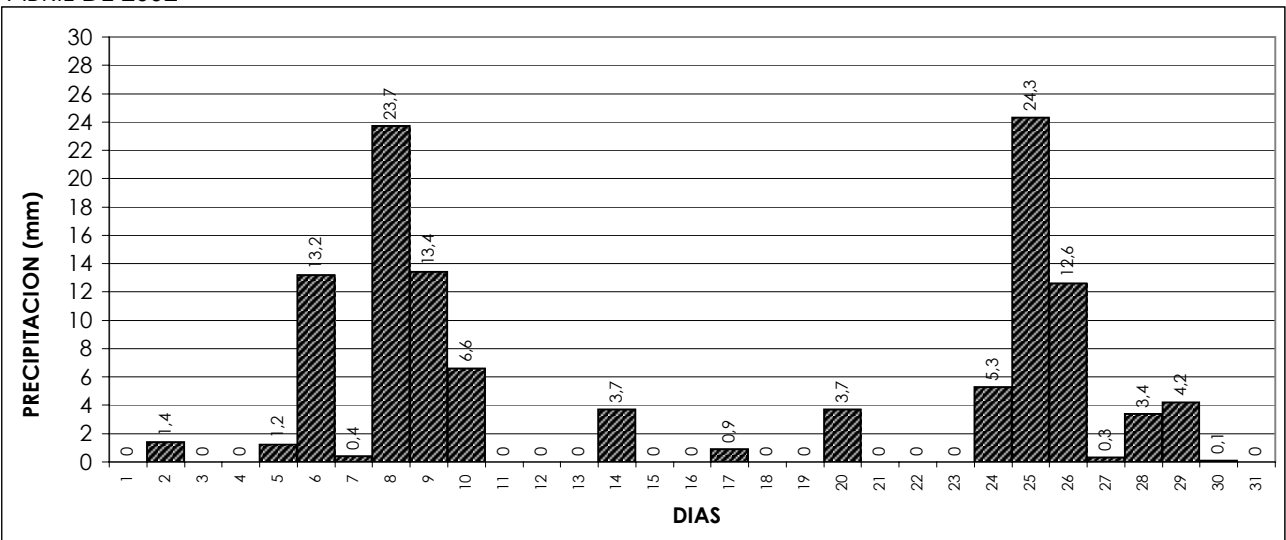
JUNIO DE 2002



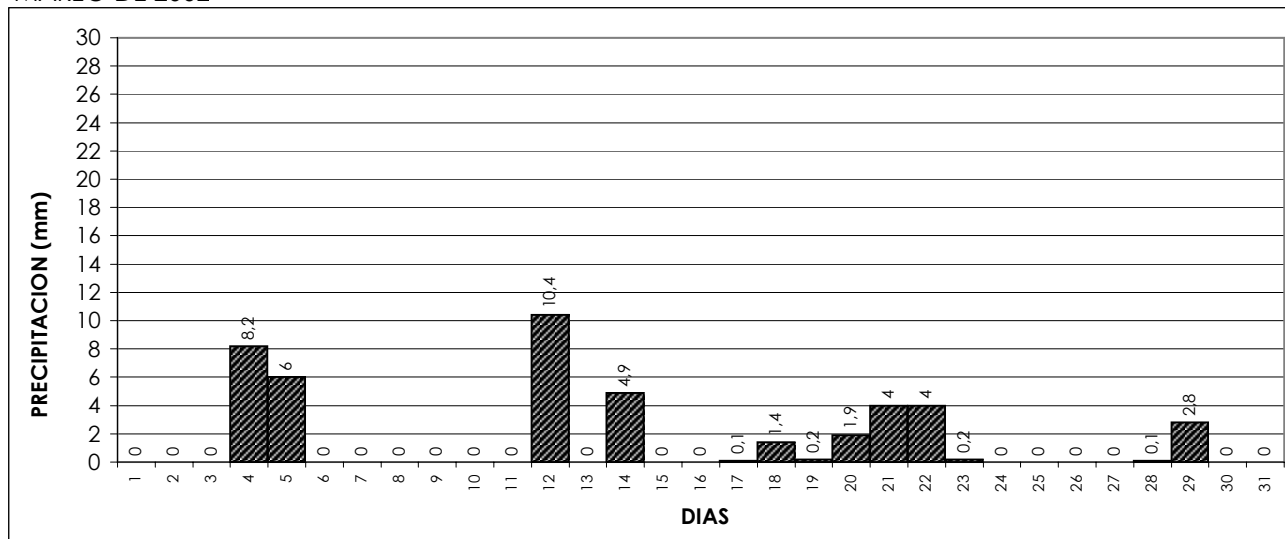
MAYO DE 2002



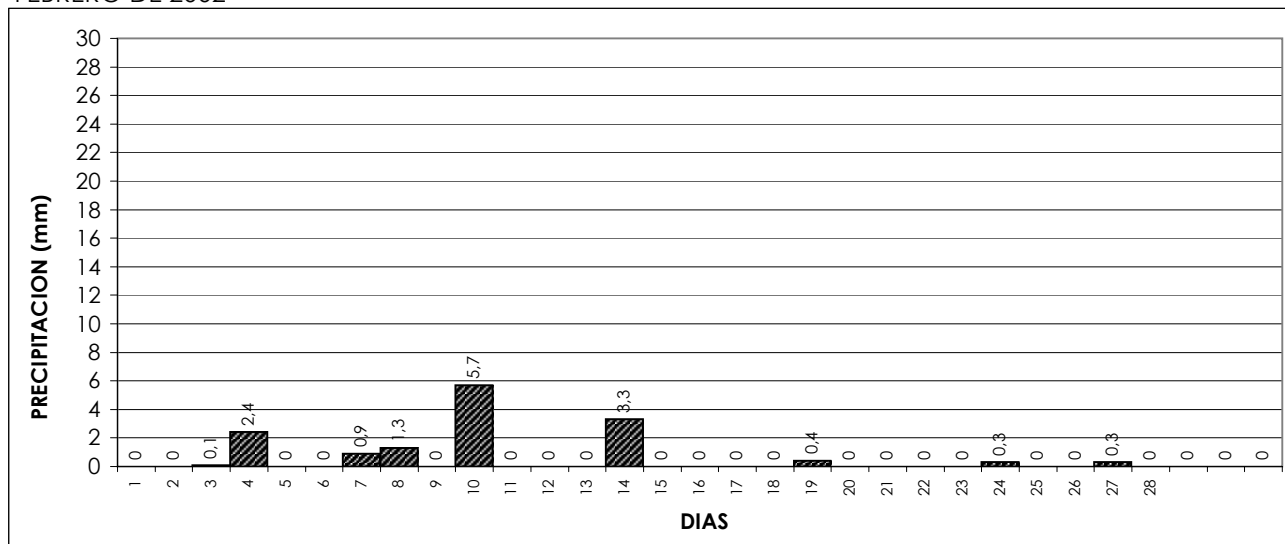
ABRIL DE 2002



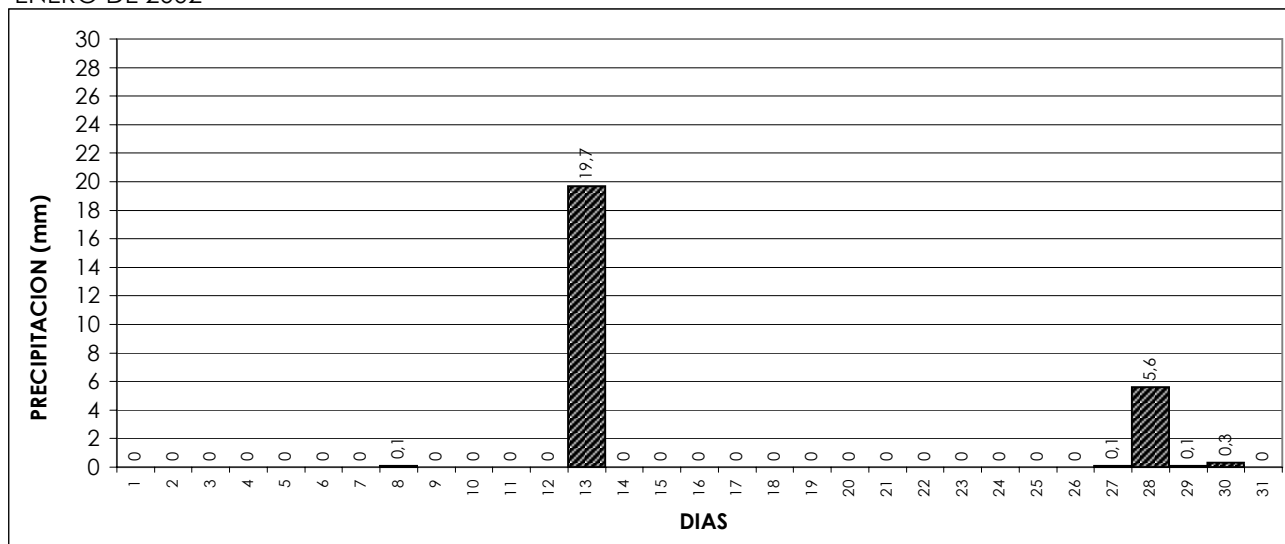
MARZO DE 2002



FEBRERO DE 2002



ENERO DE 2002



**ANEXO A7**  
**INSTRUMENTACION Y MONITOREO**

## **ANEXO A7-1**

- **Coordenadas de los mojones de la red principal**
- **Desplazamientos en cada una de las campañas para los mojones de la red principal**
- **Velocidades en cada una de las campañas para los mojones de la red principal**

FECHA MOJON	Primera Campaña 22/04/2002			Segunda Campaña 02/05/2002			Tercera Campaña 17/05/2002			Cuarta Campaña 04/07/2002			Quinta Campaña 13/08/2002			Sexta Campaña 10/09/2002		
	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA
A-1	89155,1700	98739,1500	2658,7390				89055,3550	98729,0190	2675,3500	89161,7700	98745,7000	2656,9350	89164,6520	98748,1560	2656,3370			
A-2	89054,1680	98727,1470	2675,9600	89054,7150	98728,0240	2675,7180	88937,3970	98713,1750	2693,0480	89057,9700	98733,2700	2673,4740						
A-3	88937,4450	98713,0990	2692,8880	88937,4450	98713,0990	2693,0240	88828,8190	98700,2686	2703,7910	88828,8200	98700,2800	2703,7840	88828,8163	98700,2509	2703,7860	88828,8062	98700,2512	2703,7700
A-4							88726,2380	98662,5605	2723,4730	88726,3200	98662,5600	2723,4730	88726,3320	98662,5430	2723,4620	88726,3342	98662,5414	2723,4680
A-5																		
B-1	89173,3710	98649,4600	2679,5090	89174,0410	98650,2670	2679,1590	89174,4360	98651,2240	2678,7250	89178,5900	98656,2500	2676,6560	89181,1100	98659,0310	2675,6990	89184,3722	98662,6421	2674,3260
B-2	89068,9280	98632,8290	2694,5640	89069,3450	98633,6950	2694,1240	89069,8230	98634,7510	2693,4960	89072,7200	98640,1900	2690,9570	89074,3100	98643,1150	2689,5630	89076,2937	98646,8371	2687,7560
B-3							88955,8873	98614,7512	2701,3210				88955,9110	98614,7540	2701,2890	88955,9000	98614,7439	2701,2867
B-4							88847,4729	98597,4644	2719,2030	88847,4800	98597,4700	2719,1900	88847,4841	98597,4560	2719,2040	88847,4849	98597,4516	2719,1880
B-5							88740,5376	98580,4981	2740,0220	88740,5500	98580,5300	2740,0200	88740,5450	98580,5120	2740,0110	88740,5558	98580,5117	2740,0170
C-1	89186,1470	98586,5670	2693,2650	89186,7680	98587,3760	2692,9410	89186,9030	98588,3120	2692,4620	89190,7800	98593,2900	2690,5820	89193,0520	98596,0120	2689,4860	89195,8777	98599,5532	2687,8280
C-2	89065,5490	98566,8930	2714,9970	89065,5490	98566,8930	2714,9970	89065,4370	98566,9070	2715,0380	89065,5400	98567,0700	2714,9440	89065,8400	98567,5350	2714,7270	89066,8286	98570,9033	2712,4960
C-3							88967,8787	98550,9577	2723,9590	88967,9000	98550,9800	2723,7870	88967,8910	98550,9530	2723,9360	88967,9101	98550,9461	2723,9300
C-4							88854,4642	98564,0278	2723,1130	88854,3700	98564,0200	2723,0760	88854,4570	98564,0180	2723,1130	88854,4576	98564,0144	2723,1130
C-5							88750,8902	98515,5463	2746,3620	88750,8800	98515,5600	2746,3650	88750,8730	98515,5400	2746,3550	88750,8767	98515,5320	2746,3600
D-1	89204,3850	98489,9240	2708,0660	89204,7560	98490,3460	2707,8070	89204,3060	98490,7390	2707,5070	89207,0500	98493,7600	2705,6480	89208,6050	98495,5880	2704,7190	89209,9199	98497,4685	2703,5850
D-2	89095,9720	98478,5480	2728,4520	89095,9720	98478,5480	2728,4580	89095,8100	98478,5440	2728,3660	89095,9000	98478,6800	2728,3240	89095,9820	98478,8340	2728,2681	89096,2503	98479,1518	2728,2681
D-3							88984,2610	98459,1342	2741,4100	88984,3100	98459,1500	2741,3127	88984,2780	98459,1260	2741,3980	88984,2849	98459,1339	2741,3854
D-4							88877,1736	98440,4386	2752,2030	88877,0200	98440,4200	2752,1730	88877,1710	98440,4420	2752,1990	88877,1883	98440,4354	2752,1630
D-5							88765,8791	98421,2273	2759,5780	88765,8800	98421,2700	2759,5790	88765,8760	98421,2590	2759,5740	88765,8769	98421,2523	2759,5730
E-1							89212,2452	98436,7211	2704,1360	89213,1000	98437,0700	2703,4760	89213,8840	98437,2880	2702,9120	89214,6172	98437,6404	2702,2285
E-2							89103,0549	98415,2905	2729,3750	89103,1000	98415,3600	2729,4300	89103,2260	98415,4810	2729,1880	89103,4577	98415,6468	2729,0710
E-3							88994,2239	98397,3455	2752,6440	88994,2200	98397,2600	2752,5940	88994,1590	98397,2720	2752,6360	88994,1728	98397,2832	2752,6350
E-4							88888,4681	98374,5034	2763,9420	88888,2800	98374,4300	2763,9420	88888,4900	98374,5100	2763,9490	88888,4910	98374,5039	2763,9360
E-5							88776,4114	98355,0611	2771,1090	88776,4100	98355,0800	2771,1090	88776,4020	98355,0640	2771,1070	88776,4076	98355,0571	2771,1070
M-1							89137,0318	98824,8929	2667,3110				89137,0507	98824,9192	2667,3080			
M-2							89041,9148	98804,7885	2676,7490	89041,9148	98804,7885	2676,7490	89041,9148	98804,7885	2676,7490	89041,9148	98804,7885	2676,7490
M-3							88926,1378	98773,1637	2697,6320	88926,1378	98773,1637	2697,6320	88926,1378	98773,1637	2697,6320	88926,1378	98773,1637	2697,6320
M-4							88812,1831	98791,5714	2712,7980	88812,1831	98791,5714	2712,7980	88812,1831	98791,5714	2712,7980	88812,1831	98791,5714	2712,7980
M-5							88926,8847	98193,0322	2785,6980	88926,8847	98193,0322	2785,6980	88926,8847	98193,0322	2785,6980	88926,8847	98193,0322	2785,6980
M-6							89035,1137	98239,5837	2759,4220	89035,1137	98239,5837	2759,4220	89035,1137	98239,5837	2759,4220	89035,1137	98239,5837	2759,4220
M-7							89144,4465	98199,1055	2750,3720	89144,4465	98199,1055	2750,3720	89144,4465	98199,1055	2750,3720	89144,4465	98199,1055	2750,3720
M-8							89213,7184	98424,5183	2702,5900	89213,7500	98424,5500	2702,7110	89213,8770	98424,5890	2702,7720	89214,0575	98424,6400	2702,6744
M-9							89195,0826	98390,1364	2705,5060	89195,0500	98390,1400	2705,5520	89195,0800	98390,1630	2705,6050	89195,0988	98390,1416	2705,5599
M-12													89123,8662	98874,4324	2664,4920			
M-18	89218,5800	98666,9600	2664,4600							89232,3100	98680,6600	2655,4100	89236,4746	98684,3362	2654,0408			
GPS44	89145,4100	98790,4500	2665,0400							89154,2600	98795,0000	2668,3300	89157,5500	98796,6760	2669,3660			



Septima Campaña			Octava Campaña			Novena Campaña			Decima Campaña			Onceava Campaña		
12/10/2002			18/11/2002			06/12/2002			02/02/2003			28/03/2003		
ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA
89169,8935	98752,3236	2655,27581	89170,1581	98752,5331	2655,231567	89170,2320	98752,5764	2655,2200	89170,3759	98752,6684	2655,2084	89170,3985	98752,6881	2655,2137
88937,4048	98713,1534	2693,0090	88937,4040	98713,1576	2693,0161	88937,3945	98713,1570	2693,0161	88937,3989	98713,1621	2693,0110	88937,3996	98713,1622	2693,0100
88726,3334	98662,5467	2723,4620	88726,3347	98662,5468	2723,4600	88726,3426	98662,5456	2723,4610	88726,3389	98662,5425	2723,4660	88726,3389	98662,5425	2723,4660
89186,0245	98663,9845	2673,9875	89186,2287	98664,2297	2673,8686	89186,2926	98664,2805	2673,8372	89077,2965	98648,6361	2686,9150	89077,3027	98648,6545	2686,9052
89076,9908	98648,1531	2687,1352	89077,2275	98648,4797	2686,9749	89077,2630	98648,5551	2686,9608	89077,2965	98648,6361	2686,9150	89077,3027	98648,6545	2686,9052
88955,9171	98614,7415	2701,2942	88955,9169	98614,7427	2701,2953	88955,8992	98614,7395	2701,2891	88955,9296	98614,7474	2701,2880	88955,9268	98614,7451	2701,2900
88847,4847	98597,4526	2719,1902	88847,4842	98597,4558	2719,1852	88847,4986	98597,4566	2719,1948	88847,4994	98597,4522	2719,2010	88847,4986	98597,4563	2719,2020
88740,5632	98580,5136	2740,0130	88740,5591	98580,5119	2740,0010	88740,5608	98580,5147	2740,0050	88740,5646	98580,5049	2740,0090	88740,5641	98580,5081	2740,0100
89197,5909	98599,8999	2687,4701	89197,5516	98601,1105	2687,2353	89197,5892	98601,1570	2687,2337	89197,8121	98601,3626	2687,1812	89197,8435	98601,3019	2687,1812
89067,1506	98572,2380	2711,6130	89067,3040	98572,5866	2711,4131	88967,9698	98551,0126	2723,9392	88967,9920	98551,0128	2723,9410	88967,9170	98550,9509	2723,9430
88967,9102	98550,9515	2723,9303	88967,9641	98550,9907	2723,9392	88967,9698	98551,0126	2723,9392	88967,9920	98551,0128	2723,9410	88967,9170	98550,9509	2723,9430
88854,4637	98564,0180	2723,1079	88750,8808	98515,5334	2746,3590	88750,8810	98515,5323	2746,3520	88750,8847	98515,5359	2746,3530	88750,8836	98515,5428	2746,3560
88750,8808	98515,5334	2746,3590	88750,8810	98515,5323	2746,3520	88750,8847	98515,5359	2746,3530	88750,8836	98515,5428	2746,3550	88750,8938	98515,5237	2746,3560
89211,0012	98498,4138	2703,2457	89211,1422	98498,5929	2703,1333	89211,1727	98498,6348	2703,1323	89211,4519	98498,8350	2703,0764	89211,4691	98498,7725	2703,0980
89096,3834	98479,2976	2728,2000	89096,5067	98479,4804	2728,1730	89096,6552	98479,4366	2728,1640	89096,5325	98479,4717	2728,1580	89096,5407	98479,4905	2728,1347
88984,3147	98459,1349	2741,3812	88984,3084	98459,1345	2741,3694	88984,2590	98459,1546	2741,3843	88984,2617	98459,1596	2741,4000	88984,3048	98459,1372	2741,4020
88877,1744	98440,4345	2752,1990	88877,1761	98440,4350	2752,1618	88877,1842	98440,4387	2752,1956	88877,1875	98440,4303	2752,2010	88877,1841	98440,4300	2752,2010
88765,8890	98421,2478	2759,5740	88765,8884	98421,2517	2759,5690	88765,8884	98421,2512	2759,5730	88765,8893	98421,2456	2759,5750	88765,8891	98421,2468	2759,5750
89214,8841	98437,7696	2702,0023	89214,9635	98437,8043	2701,9663	89215,1530	98437,7950	2701,9367	89215,1437	98437,8228	2701,9203	89215,1953	98437,8188	2701,9259
89103,5867	98415,7530	2728,9870	89103,6653	98415,7973	2728,9490	89103,8489	98415,8377	2728,9350	89103,8404	98415,8539	2728,9200	89103,8424	98415,8608	2728,9070
88994,2157	98397,2826	2752,6410	88994,2014	98397,2890	2752,6278	88994,1903	98397,2982	2752,6216	88994,1957	98397,2995	2752,6380	88994,2175	98397,2828	2752,6350
88888,4853	98374,5009	2763,9450	88888,4793	98374,4998	2763,9400	88888,4789	98374,5019	2763,9360	88888,4826	98374,4813	2763,9430	88888,4820	98374,4845	2763,9430
			88776,4229	98355,0590	2771,2440	88776,4115	98355,0604	2771,2450	88776,4205	98355,0461	2771,2450	88776,4170	98355,0542	2771,2420
			89137,0237	98824,8731	2667,4350									
89041,9148	98804,7885	2676,7490	89041,9148	98804,7885	2676,7490	89041,9148	98804,7885	2676,7490	89041,9148	98804,7885	2676,7490	89041,9148	98804,7885	2676,7490
88926,1378	98773,1637	2697,6320	88926,1378	98773,1637	2697,6320	88926,1378	98773,1637	2697,6320	88926,1378	98773,1637	2697,6320	88926,1378	98773,1637	2697,6320
88812,1831	98791,5714	2712,7980	88812,1831	98791,5714	2712,7980	88812,1831	98791,5714	2712,7980	88812,1831	98791,5714	2712,7980	88812,1831	98791,5714	2712,7980
88926,8847	98193,0322	2785,6980	88926,8847	98193,0322	2785,6980	88926,8847	98193,0322	2785,6980	88926,8847	98193,0322	2785,6980	88926,8847	98193,0322	2785,6980
89035,1137	98239,5837	2759,4220	89035,1137	98239,5837	2759,4220	89035,1137	98239,5837	2759,4220	89035,1137	98239,5837	2759,4220	89035,1137	98239,5837	2759,4220
89144,4465	98199,1055	2750,3720	89144,4465	98199,1055	2750,3720	89144,4465	98199,1055	2750,3720	89144,4465	98199,1055	2750,3720	89144,4465	98199,1055	2750,3720
89214,1695	98424,6771	2702,6353	89214,2340	98424,6841	2702,6036	89214,3951	98424,6777	2702,5944						
89195,0987	98390,1448	2705,5789	89195,1126	98390,1338	2705,5615	89195,2526	98390,1320	2705,5647						
			89123,8487	98874,4039	2664,4800				89123,8600	98874,4140	2664,4870			

DESPLAZAMIENTOS PRESENTADOS EN CADA UNA DE LAS CAMPAÑAS (m)

MOJON	02/05/2002					17/05/2002					04/07/2002					13/08/2002					10/09/2002					
	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	Δacum	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	Δacum	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	Δacum	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	Δacum	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	Δacum	
A-1																										
A-2	0,5470	0,8770	1,0336	-0,2420	-0,2420	0,6400	0,9950	1,1831	-0,3680	-0,6100	6,6000	6,5500	9,2985	-1,8040	-1,8040	2,8820	2,4560	3,7865	-0,5980	-2,4020						-2,4020
A-3	0,0000	0,0000	0,0000	0,1360	0,1360	-0,0480	0,0760	0,0899	0,0240	0,1600	2,6150	4,2510	4,9909	-1,8760	-2,4860	0,0293	0,0020	-0,0050	-0,0101	0,0002	0,0101	0,0030	0,1230			-2,4860
A-4											0,0010	0,0114	0,0114	-0,0070	-0,0070	-0,0037	-0,0291	0,0293	0,0020	-0,0050	-0,0101	0,0002	0,0101	-0,0160	-0,0210	
A-5											0,0820	-0,0005	0,0820	0,0000	0,0000	0,0120	-0,0170	0,0208	-0,0110	-0,0110	0,0022	-0,0016	0,0027	0,0060	-0,0050	
B-1	0,6700	0,8070	1,0489	-0,3500	-0,3500	0,3950	0,9570	1,0353	-0,4340	-0,7840	4,1540	5,0260	6,5205	-2,0690	-2,8530	2,5200	2,7810	3,7529	-0,9570	-3,8100	3,2622	3,6111	4,8664	-1,3730	-5,1830	
B-2	0,4170	0,8660	0,9612	-0,4400	-0,4400	0,4780	1,0560	1,1591	-0,6280	-1,0680	2,8970	5,4390	6,1624	-2,5390	-3,6070	1,5900	2,9250	3,3292	-1,3940	-5,0010	1,9837	3,7221	4,2177	-1,8070	-6,8080	
B-3																0,0237	0,0028	0,0239	-0,0320	-0,0320	-0,0110	-0,0101	0,0149	-0,0023	-0,0343	
B-4											0,0071	0,0056	0,0090	-0,0130	-0,0130	0,0041	-0,0140	0,0146	0,0140	0,0010	0,0008	-0,0045	0,0045	-0,0160	-0,0150	
B-5											0,0124	0,0319	0,0342	-0,0020	-0,0020	-0,0050	-0,0180	0,0187	-0,0090	-0,0110	0,0108	-0,0003	0,0108	0,0060	-0,0050	
C-1	0,6210	0,8090	1,0199	-0,3240	-0,3240	0,1350	0,9360	0,9457	-0,4790	-0,8030	3,8770	4,9780	6,3096	-1,8800	-2,6830	2,2720	2,7220	3,5456	-1,0960	-3,7790	2,8257	3,5412	4,5304	-1,6580	-5,4370	
C-2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,1120	0,0140	0,1129	0,0410	0,0410	0,1030	0,1630	0,1928	-0,0940	-0,0530	0,3000	0,4650	0,5534	-0,2170	-0,2700	0,9886	3,3683	3,5104	-2,2310	-2,5010	
C-3											0,0213	0,0223	0,0308	-0,1720	-0,1720	-0,0090	-0,0270	0,0285	0,1490	-0,0230	0,0191	-0,0069	0,0203	-0,0060	-0,0290	
C-4											-0,0942	-0,0078	0,0945	-0,0370	-0,0370	0,0870	-0,0020	0,0870	0,0370	0,0000	0,0006	-0,0036	0,0037	0,0000	0,0000	
C-5											-0,0102	0,0137	0,0171	0,0030	0,0030	-0,0070	-0,0200	0,0212	-0,0100	-0,0070	0,0037	-0,0080	0,0088	0,0050	-0,0020	
D-1	0,3710	0,4220	0,5619	-0,2590	-0,2590	-0,4500	0,3930	0,5975	-0,3000	-0,5590	2,7440	3,0210	4,0812	-1,8590	-2,4180	1,5550	1,8280	2,3999	-0,9290	-3,3470	1,3149	1,8805	2,2946	-1,1340	-4,4810	
D-2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0060	0,0060	-0,1620	-0,0040	0,1620	-0,0920	-0,0860	0,0900	0,1360	0,1631	-0,0420	-0,1280	0,0820	0,1540	0,1745	-0,0559	-0,1839	0,2683	0,3178	0,4159	0,0000	-0,1839	
D-3											0,0490	0,0158	0,0515	-0,0973	-0,0973	-0,0320	-0,0240	0,0400	0,0853	-0,0120	0,0069	0,0079	0,0105	-0,0126	-0,0246	
D-4											-0,1536	-0,0186	0,1547	-0,0300	-0,0300	0,1510	0,0220	0,1526	0,0260	-0,0040	0,0173	-0,0066	0,0186	-0,0360	-0,0400	
D-5											0,0009	0,0427	0,0427	0,0010	0,0010	-0,0040	-0,0110	0,0117	-0,0050	-0,0040	0,0009	-0,0067	0,0068	-0,0010	-0,0050	
E-1											0,8548	0,3489	0,9233	-0,6600	-0,6600	0,7840	0,2180	0,8137	-0,5640	-1,2240	0,7332	0,3524	0,8135	-0,6835	-1,9075	
E-2											0,0451	0,0695	0,0829	0,0550	0,0550	0,1260	0,1210	0,1747	-0,2420	-0,1870	0,2317	0,1658	0,2849	-0,1170	-0,3040	
E-3											-0,0039	-0,0855	0,0856	-0,0500	-0,0500	-0,0610	0,0120	0,0622	0,0420	-0,0080	0,0138	0,0112	0,0178	-0,0010	-0,0090	
E-4											-0,1881	-0,0734	0,2019	0,0000	0,0000	0,2100	0,0800	0,2247	0,0070	0,0070	0,0010	-0,0061	0,0062	-0,0130	-0,0060	
E-5											-0,0014	0,0189	0,0190	0,0000	0,0000	-0,0080	-0,0160	0,0179	-0,0020	-0,0020	0,0056	-0,0069	0,0089	0,0000	-0,0020	
M-1																0,0189	0,0263	0,0324	-0,0030	-0,0030					-0,0030	
M-2																										
M-3																										
M-4																										
M-5																										
M-6																										
M-7																										
M-8											0,0316	0,0317	0,0448	0,1210	0,1210	0,1270	0,0390	0,1329	0,0610	0,1820	0,1805	0,0510	0,1875	-0,0976	0,0844	
M-9											-0,0326	0,0036	0,0328	0,0460	0,0460	0,0300	0,0230	0,0378	0,0530	0,0990	0,0188	-0,0214	0,0285	-0,0451	0,0539	
M-12																										
M-18											13,7300	13,7000	19,3960	-9,0500	-9,0500	4,1646	3,6762	5,5550	-1,3692	-10,4192					-10,4192	
GPS44											8,8500	4,5500	9,9511	3,2900	3,2900	3,2900	1,6760	3,6923	1,0360	4,3260					4,3260	

DESPLAZAMIENTOS PRESENTADOS EN CADA UNA DE LAS CAMPAÑAS (m)

MOJON	12/10/2002						18/11/2002						12/12/2002					
	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	AZIMUT	ΔCOTA	Δacum	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	AZIMUT	ΔCOTA	Δacum	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	AZIMUT	ΔCOTA	Δacum
A-1	5,2415	4,1676	6,6964	51,5108	-1,0612	-3,4632	0,2646	0,2094	0,3375	51,6397	-0,0442	-3,5074	0,0739	0,0433	0,0857	59,6501	-0,0116	-3,5190
A-2						-2,4860						-2,4860						-2,4860
A-3	0,0004	-0,0020	0,0021	169,3667	-0,0020	0,1210	-0,0008	0,0042	0,0042	349,3667	0,0071	0,1281	-0,0095	-0,0006	0,0096	266,2503	0,0000	0,1281
A-4						-0,0210	0,0154	0,0034	0,0158	77,6769	0,0140	-0,0070	0,0061	-0,0084	0,0104	144,0852	-0,0100	-0,0170
A-5	-0,0008	0,0053	0,0054	351,4417	-0,0060	-0,0110	0,0014	0,0001	0,0014	86,2358	-0,0020	-0,0130	0,0079	-0,0012	0,0079	98,7682	0,0010	-0,0120
B-1	1,6523	1,3424	2,1288	50,9081	-0,3385	-5,5215	0,2042	0,2453	0,3182	39,7867	-0,1189	-5,6404	0,0639	0,0507	0,0816	51,5464	-0,0313	-5,6718
B-2	0,6971	1,3160	1,4892	27,9117	-0,6208	-7,4288	0,2367	0,3266	0,4033	35,9305	-0,1602	-7,5891	0,0355	0,0754	0,0834	25,2297	-0,0142	-7,6032
B-3	0,0171	-0,0024	0,0173	97,8648	0,0075	-0,0268	-0,0002	0,0012	0,0012	349,3542	0,0011	-0,0257	-0,0177	-0,0032	0,0180	259,6084	-0,0062	-0,0319
B-4	-0,0002	0,0011	0,0011	349,6931	0,0022	-0,0128	-0,0006	0,0032	0,0032	349,6931	-0,0050	-0,0178	0,0144	0,0008	0,0145	86,6391	0,0096	-0,0082
B-5	0,0075	0,0019	0,0077	75,9439	-0,0040	-0,0090	-0,0042	-0,0017	0,0045	248,1316	-0,0120	-0,0210	0,0018	0,0028	0,0033	32,0197	0,0040	-0,0170
C-1	1,7131	0,3467	1,7478	78,5596	-0,3579	-5,7949	-0,0392	1,2106	1,2112	358,1452	-0,2348	-6,0297	0,0376	0,0465	0,0598	38,9267	-0,0016	-6,0313
C-2	0,3220	1,3347	1,3730	13,5632	-0,8830	-3,3840	0,1534	0,3486	0,3808	23,7523	-0,1999	-3,5839						-3,5839
C-3	0,0001	0,0053	0,0053	1,1853	0,0003	-0,0287	0,0540	0,0392	0,0667	54,0149	0,0089	-0,0198	0,0056	0,0219	0,0226	14,3572	0,0000	-0,0198
C-4	0,0062	0,0036	0,0072	59,7016	-0,0051	-0,0051						-0,0051						-0,0051
C-5	0,0041	0,0014	0,0043	70,4800	-0,0010	-0,0030	0,0002	-0,0011	0,0011	170,9703	-0,0070	-0,0100	0,0037	0,0036	0,0052	45,9000	0,0010	-0,0090
D-1	1,0814	0,9453	1,4363	48,8402	-0,3393	-4,8203	0,1410	0,1791	0,2279	38,2141	-0,1123	-4,9327	0,0305	0,0419	0,0518	36,0580	-0,0010	-4,9337
D-2	0,1332	0,1458	0,1974	42,4128	-0,0681	-0,2520	0,1233	0,1828	0,2205	34,0082	-0,0270	-0,2790	0,1485	-0,0437	0,1548	106,4125	-0,0090	-0,2880
D-3	0,0297	0,0010	0,0297	87,9995	-0,0043	-0,0288	-0,0062	-0,0004	0,0062	265,9957	-0,0118	-0,0406	-0,0494	0,0201	0,0533	292,1615	0,0149	-0,0257
D-4	-0,0139	-0,0009	0,0140	266,4651	0,0360	-0,0040	0,0017	0,0005	0,0017	72,6242	-0,0372	-0,0412	0,0081	0,0037	0,0089	65,7592	0,0338	-0,0074
D-5	0,0121	-0,0045	0,0129	110,1968	0,0010	-0,0040	-0,0006	0,0039	0,0040	350,9667	-0,0050	-0,0090	0,0001	-0,0005	0,0005	170,9667	0,0040	-0,0050
E-1	0,2669	0,1292	0,2965	64,1634	-0,2262	-2,1337	0,0794	0,0347	0,0867	66,4067	-0,0361	-2,1697	0,1895	-0,0093	0,1897	92,8042	-0,0295	-2,1993
E-2	0,1289	0,1063	0,1671	50,5041	-0,0840	-0,3880	0,0787	0,0443	0,0903	60,6396	-0,0380	-0,4260	0,1836	0,0404	0,1879	77,5852	-0,0140	-0,4400
E-3	0,0429	-0,0006	0,0429	90,8439	0,0060	-0,0030	-0,0143	0,0065	0,0157	294,2317	-0,0132	-0,0162	-0,0111	0,0092	0,0144	309,6585	-0,0062	-0,0224
E-4	-0,0057	-0,0030	0,0065	241,9271	0,0090	0,0030	-0,0061	-0,0011	0,0062	259,6616	-0,0050	-0,0020	-0,0004	0,0022	0,0022	349,6333	-0,0040	-0,0060
E-5						-0,0020	0,0153	0,0019	0,0154	82,9895	0,1370	0,1350	-0,0114	0,0014	0,0114	277,0451	0,0010	0,1360
M-1						-0,0030	-0,0270	-0,0460	0,0534	210,4003	0,1270	0,1240						0,1240
M-2																		
M-3																		
M-4																		
M-5																		
M-6																		
M-7																		
M-8	0,1121	0,0371	0,1181	71,6879	-0,0391	0,0453	0,0645	0,0070	0,0649	83,7906	-0,0317	0,0136	0,1611	-0,0064	0,1612	92,2656	-0,0092	0,0044
M-9	-0,0001	0,0033	0,0033	357,7511	0,0191	0,0729	0,0139	-0,0110	0,0177	128,2519	-0,0175	0,0555	0,1400	-0,0018	0,1400	90,7417	0,0032	0,0587
M-12						0,0000	-0,0175	-0,0285	0,0335	211,5859	-0,0120	-0,0120						-0,0120
M-18						-10,4192						-10,4192						-10,4192
GPS44						4,3260						4,3260						4,3260

DESPLAZAMIENTOS PRESENTADOS EN CADA UNA DE LAS CAMPAÑAS (m)

MOJON	02/02/2003						28/03/2003					
	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	AZIMUT	ΔCOTA	Δacum	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	AZIMUT	ΔCOTA	Δacum
A-1	0,1439	0,0920	0,1708	57,4129	-0,0116	-3,5306	0,0225	0,0197	0,0299	48,7907	0,0053	-3,5253
A-2						-2,4860					0,0000	-2,4860
A-3	0,0045	0,0051	0,0068	41,0249	-0,0051	0,1230	0,0006	0,0001	0,0006	81,5860	-0,0010	0,1220
A-4	-0,0030	0,0040	0,0050	322,7269	-0,0100	-0,0270	-0,0006	0,0030	0,0031	349,6722	0,0050	-0,0220
A-5	-0,0037	-0,0031	0,0048	230,1195	0,0050	-0,0070	-0,0003	0,0023	0,0023	351,4397	0,0010	-0,0060
B-1						-5,6718						-5,6718
B-2	0,0334	0,0810	0,0877	22,4338	-0,0458	-7,6490	0,0062	0,0184	0,0194	18,5517	-0,0098	-7,6588
B-3	0,0303	0,0079	0,0313	75,4583	-0,0011	-0,0330	-0,0028	-0,0023	0,0036	230,3585	0,0020	-0,0310
B-4	0,0008	-0,0044	0,0045	169,6889	0,0062	-0,0020	-0,0007	0,0041	0,0042	349,6889	0,0010	-0,0010
B-5	0,0038	-0,0098	0,0105	158,9506	0,0040	-0,0130	-0,0005	0,0032	0,0032	350,9681	0,0010	-0,0120
C-1	0,2190	0,1177	0,2486	61,7477	-0,0415	-6,0728	0,0353	0,0273	0,0446	52,3075	-0,0109	-6,0838
C-2						-3,5839						-3,5839
C-3	-0,0577	-0,0650	0,0869	221,6298	0,0018	-0,0180	0,0050	0,0032	0,0059	56,8429	0,0020	-0,0160
C-4						-0,0051						-0,0051
C-5	0,0021	-0,0135	0,0136	170,9694	0,0020	-0,0070	0,0069	0,0013	0,0071	79,3186	0,0010	-0,0060
D-1	0,2455	0,1089	0,2686	66,0668	-0,0389	-4,9726	0,0509	0,0288	0,0585	60,5296	0,0046	-4,9680
D-2	-0,1227	0,0351	0,1276	285,9611	-0,0060	-0,2940	0,0082	0,0188	0,0205	23,5517	-0,0233	-0,3173
D-3	0,0076	-0,0241	0,0253	162,4760	0,0157	-0,0100	0,0381	0,0067	0,0387	79,9590	0,0020	-0,0080
D-4	0,0033	-0,0084	0,0091	158,5109	0,0054	-0,0020	-0,0035	-0,0003	0,0035	264,9569	0,0000	-0,0020
D-5	0,0009	-0,0056	0,0057	170,9667	0,0020	-0,0030	-0,0002	0,0012	0,0012	350,9667	0,0000	-0,0030
E-1	-0,0094	0,0278	0,0293	341,3137	-0,0164	-2,2157	0,0517	-0,0039	0,0518	94,3652	0,0056	-2,2101
E-2	-0,0085	0,0162	0,0183	332,3497	-0,0150	-0,4550	0,0020	0,0069	0,0072	15,7532	-0,0130	-0,4680
E-3	0,0089	-0,0181	0,0202	153,7900	0,0164	-0,0060	0,0183	0,0028	0,0185	81,4457	-0,0030	-0,0090
E-4	0,0038	-0,0206	0,0210	169,6333	0,0070	0,0010	-0,0006	0,0032	0,0032	349,6333	0,0000	0,0010
E-5	0,0090	-0,0143	0,0169	147,9204	0,0000	0,1360	-0,0035	0,0081	0,0088	336,4781	-0,0030	0,1330
M-1						0,1240						0,1240
M-2												
M-3	-0,0176	-0,0151	0,0232	229,2921	0,0000	0,0000						0,0000
M-4												
M-5												
M-6												
M-7												
M-8						0,0044						0,0044
M-9						0,0587						0,0587
M-12	0,0113	0,0101	0,0152	48,1785	0,0070	-0,0050						-0,0050
M-18						-10,4192						-10,4192
GPS44						4,3260						4,3260

MOJONES	02/05/2002				17/05/2002				04/07/2002				13/08/2002				10/09/2002			
	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA
A-1									0,0904	0,0897	0,1274	-0,0247	0,0720	0,0614	0,0947	-0,0149				
A-2	0,0547	0,0877	0,1034	-0,0242	0,0427	0,0663	0,0789	-0,0245	0,0545	0,0886	0,1040	-0,0391								
A-3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0136	-0,0032	0,0051	0,0060	0,0016	0,0003	-0,0001	0,0003	-0,0007	-0,0002	-0,0003	0,0004	-0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
A-4					0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002	-0,0001	-0,0001	-0,0007	0,0007	0,0000	-0,0004	0,0000	0,0004
A-5					0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0000	0,0017	0,0000	0,0003	-0,0004	0,0005	-0,0003	0,0001	-0,0001	0,0001	0,0002
B-1	0,0670	0,0807	0,1049	-0,035	0,0263	0,0638	0,0690	-0,0289	0,0865	0,1047	0,1358	-0,0431	0,0630	0,0695	0,0938	-0,0239	0,1165	0,1290	0,1738	-0,0490
B-2	0,0417	0,0866	0,0961	-0,044	0,0319	0,0704	0,0773	-0,0419	0,0604	0,1133	0,1284	-0,0529	0,0397	0,0731	0,0832	-0,0348	0,0708	0,1329	0,1506	-0,0645
B-3													0,0003	0,0000	0,0003	-0,0004	-0,0004	-0,0004	0,0005	-0,0001
B-4									0,0001	0,0001	0,0002	-0,0003	0,0001	-0,0003	0,0004	0,0004	0,0000	-0,0002	0,0002	-0,0006
B-5									0,0003	0,0007	0,0007	0,0000	-0,0001	-0,0004	0,0005	-0,0002	0,0004	0,0000	0,0004	0,0002
C-1	0,0621	0,0809	0,1020	-0,0324	0,0090	0,0624	0,0630	-0,0319	0,0808	0,1037	0,1315	-0,0392	0,0568	0,0681	0,0886	-0,0274	0,1009	0,1265	0,1618	-0,0592
C-2	0,0000	0,0000	0,0000	0	-0,0075	0,0009	0,0075	0,0027	0,0021	0,0034	0,0040	-0,0020	0,0075	0,0116	0,0138	-0,0054	0,0353	0,1203	0,1254	-0,0797
C-3									0,0004	0,0005	0,0006	-0,0036	-0,0002	-0,0007	0,0007	0,0037	0,0007	-0,0002	0,0007	-0,0002
C-4									-0,0020	-0,0002	0,0020	-0,0008	0,0022	-0,0001	0,0022	0,0009	0,0000	-0,0001	0,0001	0,0000
C-5									-0,0002	0,0003	0,0004	0,0001	-0,0002	-0,0005	0,0005	-0,0002	0,0001	-0,0003	0,0003	0,0002
D-1	0,0371	0,0422	0,0562	-0,0259	-0,0300	0,0262	0,0398	-0,0200	0,0572	0,0629	0,0850	-0,0387	0,0389	0,0457	0,0600	-0,0232	0,0470	0,0672	0,0819	-0,0405
D-2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	-0,0108	-0,0003	0,0108	-0,0061	0,0019	0,0028	0,0034	-0,0009	0,0021	0,0039	0,0044	-0,0014	0,0096	0,0113	0,0149	0,0000
D-3									0,0010	0,0003	0,0011	-0,0020	-0,0008	-0,0006	0,0010	0,0021	0,0002	0,0003	0,0004	-0,0004
D-4									-0,0032	-0,0004	0,0032	-0,0006	0,0038	0,0005	0,0038	0,0007	0,0006	-0,0002	0,0007	-0,0013
D-5									0,0000	0,0009	0,0009	0,0000	-0,0001	-0,0003	0,0003	-0,0001	0,0000	-0,0002	0,0002	0,0000
E-1									0,0178	0,0073	0,0192	-0,0137	0,0196	0,0054	0,0203	-0,0141	0,0262	0,0126	0,0291	-0,0244
E-2									0,0009	0,0014	0,0017	0,0011	0,0031	0,0030	0,0044	-0,0060	0,0083	0,0059	0,0102	-0,0042
E-3									-0,0001	-0,0018	0,0018	-0,0010	-0,0015	0,0003	0,0016	0,0010	0,0005	0,0004	0,0006	0,0000
E-4									-0,0039	-0,0015	0,0042	0,0000	0,0053	0,0020	0,0056	0,0002	0,0000	-0,0002	0,0002	-0,0005
E-5									0,0000	0,0004	0,0004	0,0000	-0,0002	-0,0004	0,0004	0,0000	0,0002	-0,0002	0,0003	0,0000
M-1													0,0002	0,0003	0,0004	0,0000				
M-2																				
M-3																				
M-4																				
M-5																				
M-6																				
M-7																				
M-8									0,0007	0,0007	0,0009	0,0025	0,0032	0,0010	0,0033	0,0015	0,0064	0,0018	0,0067	-0,0035
M-9									-0,0007	0,0001	0,0007	0,0010	0,0007	0,0006	0,0009	0,0013	0,0007	-0,0008	0,0010	-0,0016
M-18													0,1041	0,0919	0,1389	-0,0342				
GPS44													0,0823	0,0419	0,0923	0,0259				



## **ANEXO A7-2**

- **Coordenadas de los mojones de los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector**
- **Desplazamientos en cada una de las campañas para los mojones de los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector**
- **Veolocidades en cada una de las campañas para los mojones de los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector**

COORDENADAS

FECHA	06/12/2002			02/02/2003			28/03/2003		
MOJON	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA
ES1	89432,4475	98630,0922	2610,6590	89432,4414	98630,0908	2610,6510	89432,4404	98630,0931	2610,6600
ES3	89431,7870	98595,0436	2617,2040	89431,8007	98595,0513	2617,1960	89431,8051	98595,0542	2617,2080
ES4	89318,5433	98465,4258	2670,8200	89318,6780	98465,4683	2670,7730	89318,7010	98465,4668	2670,7650
ES5	89429,5970	98529,9540	2631,5100	89429,5838	98529,9517	2631,4920	89429,6260	98529,9640	2631,4970
ES6	89482,8389	98576,5405	2613,6060	89482,8354	98576,5417	2613,5960	89482,8385	98576,5435	2613,6050
ES7	89311,9834	98407,3458	2676,7180	89312,0825	98407,3858	2676,6750	89312,0962	98407,3759	2676,6750
ES8	89344,5485	98435,8934	2669,6420	89344,6442	98435,9420	2669,6080	89344,6624	98435,9216	2669,6070
ES9	89442,2411	98504,5131	2636,1990	89442,2344	98504,5151	2636,1780	89442,2332	98504,5192	2636,1820
ES10	89345,6632	98404,3623	2673,9240	89345,8619	98404,5021	2673,8200	89345,9458	98404,5518	2673,7870
ES11	89454,9807	98464,1440	2650,2170	89454,9759	98464,1427	2650,1920	89454,9751	98464,1454	2650,1960
ES12	89522,9682	98528,3035	2619,7370	89522,9615	98528,2997	2619,7290	89522,9671	98528,3051	2619,7280
ES13	89549,7329	98539,8128	2616,9860	89549,7298	98539,8118	2616,9760	89549,7309	98539,8156	2616,9820
R1	89315,9238	98745,7425	2618,4120	89316,0276	98745,8473	2618,3920	89315,9997	98745,8128	2618,3970
R2	89352,0326	98773,5553	2608,6310	89352,0417	98773,5553	2608,6220	89352,0491	98773,5597	2608,6280
R3	89486,5249	98758,6431	2604,7910	89486,5258	98758,6496	2604,7830	89486,5252	98758,6464	2604,7850
R4	89397,7334	98739,0380	2613,5380	89397,7363	98739,0493	2613,5160	89397,7316	98739,0570	2613,5180
R5	89394,9626	98716,5591	2613,6780	89394,9750	98716,5655	2613,6620	89394,9712	98716,5684	2613,6720
R6	89403,4563	98699,0678	2614,7310	89403,4927	98699,0861	2614,7290	89403,4932	98699,0767	2614,7390
R7	89420,9404	98705,7605	2612,1750	89420,9571	98705,7708	2612,1390	89421,0099	98705,7973	2612,0960
R8	89464,8739	98688,9042	2608,2650	89464,8666	98688,8982	2608,2540	89464,8731	98688,9070	2608,2580
R9	89422,3560	98676,2135	2610,3760	89422,3912	98676,2298	2610,3640	89422,3884	98676,2348	2610,3770
SRA0	89357,2641	98794,7773	2621,7880	89357,2561	98794,7668	2621,7800	89357,2594	98794,7634	2621,7800
SRA1	89332,6888	98820,4604	2625,3880	89332,6842	98820,4526	2625,3850	89332,6865	98820,4499	2625,3850
SRA1A	89283,3964	98821,0623	2636,6990	89283,3994	98821,0545	2636,6930	89283,3984	98821,0548	2636,6960
SRB1	89326,3802	98848,1215	2627,6300	89326,3755	98848,1161	2627,6260	89326,3772	98848,1185	2627,6260
SRB1A	89275,6182	98848,0234	2637,0440	89275,6203	98848,0174	2637,0410	89275,6222	98848,0173	2637,0420
SRB2	89236,9004	98848,2416	2643,6030	89236,9010	98848,2388	2643,5990	89236,8997	98848,2388	2643,6000
SRB3	89157,6902	98848,9336	2660,5590	89157,6911	98848,9282	2660,5580	89157,6915	98848,9296	2660,5580
SRC1	89326,5794	98879,1698	2625,5390	89326,5734	98879,1728	2625,5350	89326,5774	98879,1718	2625,5350
SRC2	89231,6078	98880,7895	2638,3320	89231,6047	98880,7920	2638,3270	89231,6055	98880,7927	2638,3280
SRC3	89154,3890	98885,1912	2656,7470	89154,3870	98885,1932	2656,7450	89154,3866	98885,1921	2656,7470
SRC5	89033,9349	98871,2057	2682,5260	89033,9347	98871,2026	2682,5260	89033,9341	98871,2047	2682,5290
SRD1	89328,9906	98913,4973	2618,8420	89328,9903	98913,4973	2618,8380	89328,9909	98913,4994	2618,8370
SRD2	89235,7635	98914,7804	2633,9820	89235,7633	98914,7794	2633,9790	89235,7617	98914,7741	2633,9780
SRD3	89145,1023	98915,9487	2653,7630	89145,1007	98915,9473	2653,7630	89145,1003	98915,9470	2653,7620
SRD4	89114,8801	98914,4170	2660,3020	89114,8803	98914,4160	2660,3010	89114,8809	98914,4134	2660,3010
SRD5	89023,1898	98912,0587	2673,4460	89023,1896	98912,0595	2673,4480	89023,1852	98912,0616	2673,4490
SRE1	89001,6371	99028,5736	2649,6893	89001,6375	99028,5746	2649,6729	89001,6359	99028,5734	2649,6793
M16	89323,6168	98385,0212	2680,6300	89324,2125	98385,3682	2680,5230	89324,5483	98385,5625	2680,4856
M15	89272,8024	98478,8895	2680,6350	89272,9168	98478,9510	2680,4910	89273,0079	98478,9206	2680,4360



DESPLAZAMIENTOS (m)

FECHA MOJON	02/02/2003						03/28/2003					
	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	AZIMUT	ΔCOTA	Δacum	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	AZIMUT	ΔCOTA	Δacum
ES1	-0,0061	-0,0014	0,0063	256,9452	-0,0080	-0,0080	-0,0010	0,0022	0,0025	335	0,0090	0,0010
ES3	0,0137	0,0077	0,0157	60,6576	-0,0080	-0,0080	0,0044	0,0029	0,0053	56	0,0120	0,0040
ES4	0,1347	0,0425	0,1413	72,4786	-0,0470	-0,0470	0,0229	-0,0016	0,0230	94	-0,0080	-0,0550
ES5	-0,0132	-0,0023	0,0134	260,2718	-0,0180	-0,0180	0,0422	0,0123	0,0439	74	0,0050	-0,0130
ES6	-0,0035	0,0012	0,0037	288,7585	-0,0100	-0,0100	0,0032	0,0019	0,0037	59	0,0090	-0,0010
ES7	0,0992	0,0400	0,1069	68,0209	-0,0430	-0,0430	0,0137	-0,0099	0,0169	126	0,0000	-0,0430
ES8	0,0957	0,0485	0,1073	63,1212	-0,0340	-0,0340	0,0182	-0,0204	0,0273	138	-0,0010	-0,0350
ES9	-0,0067	0,0020	0,0070	286,6257	-0,0210	-0,0210	-0,0012	0,0041	0,0042	344	0,0040	-0,0170
ES10	0,1987	0,1398	0,2429	54,8742	-0,1040	-0,1040	0,0839	0,0497	0,0976	59	-0,0330	-0,1370
ES11	-0,0049	-0,0013	0,0050	255,5263	-0,0250	-0,0250	-0,0008	0,0026	0,0028	344	0,0040	-0,0210
ES12	-0,0066	-0,0037	0,0076	240,8100	-0,0080	-0,0080	0,0056	0,0054	0,0078	46	-0,0010	-0,0090
ES13	-0,0031	-0,0010	0,0033	251,6241	-0,0100	-0,0100	0,0011	0,0037	0,0039	16	0,0060	-0,0040
R1	0,1038	0,1048	0,1475	44,7167	-0,0200	-0,0200	-0,0279	-0,0345	0,0444	219	0,0050	-0,0150
R2	0,0090	0,0000	0,0090	90,2661	-0,0090	-0,0090	0,0074	0,0044	0,0086	59	0,0060	-0,0030
R3	0,0010	0,0065	0,0066	8,4036	-0,0080	-0,0080	-0,0007	-0,0032	0,0033	192	0,0020	-0,0060
R4	0,0030	0,0112	0,0116	14,8224	-0,0220	-0,0220	-0,0048	0,0077	0,0090	328	0,0020	-0,0200
R5	0,0124	0,0063	0,0139	63,0231	-0,0160	-0,0160	-0,0038	0,0029	0,0048	308	0,0100	-0,0060
R6	0,0364	0,0182	0,0407	63,4001	-0,0020	-0,0020	0,0005	-0,0094	0,0094	177	0,0100	0,0080
R7	0,0167	0,0103	0,0197	58,2833	-0,0360	-0,0360	0,0528	0,0265	0,0591	63	-0,0430	-0,0790
R8	-0,0074	-0,0060	0,0095	231,0385	-0,0110	-0,0110	0,0066	0,0088	0,0110	37	0,0040	-0,0070
R9	0,0352	0,0162	0,0388	65,2859	-0,0120	-0,0120	-0,0028	0,0051	0,0058	331	0,0130	0,0010
SRA0	-0,0080	-0,0105	0,0132	217,2715	-0,0080	-0,0080	0,0033	-0,0034	0,0047	135	0,0000	-0,0080
SRA1	-0,0046	-0,0079	0,0091	210,2628	-0,0030	-0,0030	0,0023	-0,0026	0,0035	139	0,0000	-0,0030
SRA1A	0,0029	-0,0078	0,0083	159,2898	-0,0060	-0,0060	-0,0009	0,0003	0,0010	286	0,0030	-0,0030
SRB1	-0,0047	-0,0054	0,0072	221,1949	-0,0040	-0,0040	0,0017	0,0024	0,0030	35	0,0000	-0,0040
SRB1A	0,0021	-0,0060	0,0064	160,3261	-0,0030	-0,0030	0,0018	0,0000	0,0018	90	0,0010	-0,0020
SRB2	0,0006	-0,0027	0,0028	167,7140	-0,0040	-0,0040	-0,0014	0,0000	0,0014	270	0,0010	-0,0030
SRB3	0,0008	-0,0054	0,0055	171,3048	-0,0010	-0,0010	0,0004	0,0014	0,0015	15	0,0000	-0,0010
SRC1	-0,0060	0,0030	0,0067	296,5240	-0,0040	-0,0040	0,0040	-0,0010	0,0041	104	0,0000	-0,0040
SRC2	-0,0032	0,0024	0,0040	307,4991	-0,0050	-0,0050	0,0008	0,0007	0,0011	50	0,0010	-0,0040
SRC3	-0,0020	0,0020	0,0028	315,2298	-0,0020	-0,0020	-0,0005	-0,0011	0,0012	203	0,0020	0,0000
SRC5	-0,0002	-0,0031	0,0031	183,3532	0,0000	0,0000	-0,0006	0,0021	0,0022	345	0,0030	0,0030
SRD1	-0,0003	0,0000	0,0003	278,8659	-0,0040	-0,0040	0,0006	0,0021	0,0022	15	-0,0010	-0,0050
SRD2	-0,0002	-0,0010	0,0010	191,7173	-0,0030	-0,0030	-0,0016	-0,0053	0,0055	197	-0,0010	-0,0040
SRD3	-0,0016	-0,0014	0,0021	229,3181	0,0000	0,0000	-0,0003	-0,0003	0,0005	227	-0,0010	-0,0010
SRD4	0,0002	-0,0010	0,0010	167,2953	-0,0010	-0,0010	0,0006	-0,0026	0,0027	167	0,0000	-0,0010
SRD5	-0,0002	0,0008	0,0008	348,6578	0,0020	0,0020	-0,0044	0,0021	0,0049	296	0,0010	0,0030
SRE1	0,0004	0,0010	0,0010	22,0893	-0,0164	-0,0164	-0,0015	-0,0012	0,0019	233	0,0064	-0,0100
M16	0,5957	0,3470	0,6894	59,7796	-0,1070	-0,1070	0,3358	0,1943	0,3880	60	-0,0374	-0,1444
M15	0,1143	0,0615	0,1298	61,7388	-0,1440	-0,1440	0,0912	-0,0304	0,0961	108	-0,0550	-0,1990

VELOCIDADES (m/d)

FECHA MOJON	02/02/2003				28/03/2003			
	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA	ΔESTE	ΔNORTE	Δtotal	ΔCOTA
ES1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
ES3	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
ES4	0,0006	0,0002	0,0006	-0,0002	0,0004	0,0000	0,0004	-0,0001
ES5	-0,0001	0,0000	0,0001	-0,0001	0,0008	0,0002	0,0008	0,0001
ES6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002
ES7	0,0004	0,0002	0,0005	-0,0002	0,0003	-0,0002	0,0003	0,0000
ES8	0,0004	0,0002	0,0005	-0,0001	0,0003	-0,0004	0,0005	0,0000
ES9	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001
ES10	0,0008	0,0006	0,0010	-0,0004	0,0016	0,0009	0,0018	-0,0006
ES11	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001
ES12	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000
ES13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001
R1	0,0004	0,0004	0,0006	-0,0001	-0,0005	-0,0006	0,0008	0,0001
R2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001
R3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0001	0,0000
R4	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	-0,0001	0,0001	0,0002	0,0000
R5	0,0001	0,0000	0,0001	-0,0001	-0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
R6	0,0002	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	-0,0002	0,0002	0,0002
R7	0,0001	0,0000	0,0001	-0,0002	0,0010	0,0005	0,0011	-0,0008
R8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001
R9	0,0001	0,0001	0,0002	-0,0001	-0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
SRA0	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	-0,0001	0,0001	0,0000
SRA1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
SRA1A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
SRB1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
SRB1A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRB2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRB3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRC1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000
SRC2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRC3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRC5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
SRD1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRD2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0001	0,0000
SRD3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRD4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SRD5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0001	0,0000
SRE1	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
M16	0,0025	0,0015	0,0029	-0,0005	0,0062	0,0036	0,0072	-0,0007
M15	0,0005	0,0003	0,0006	-0,0006	0,0017	-0,0006	0,0018	-0,0010

**ANEXO A7-3**

**Registros de Extensómetros de Polea**

**EXTENSOMETRO DE POLEA No 1**

FECHA	Tiempo (Días)	HORA	Le (cm)	Cambios	Lz (Plomo)	Lx (nivel)	Angulo (°)	Desplazamiento (cm)	Delta x (cm)	Delta Z (cm)	Acum X (cm)	Acum Z (cm)	Desplazamiento total (cm)	Velocidad (cm/día)
23/04/2002	0	12:30	9,20		3,00	16,30	21,44				0,00	0,00	0,00	
24/04/2002	1	13:48	9,40		3,00	16,40	21,32	0,20	0,19	0,07	0,19	0,07	0,20	0,20
25/04/2002	2	09:30	10,60		3,00	15,60	22,31	1,20	1,11	0,46	1,30	0,53	1,40	1,20
26/04/2002	3	11:10	14,30		3,00	15,30	22,70	3,70	3,41	1,43	4,71	1,96	5,10	3,70
27/04/2002	4	13:20	18,30		3,00	16,00	21,80	4,00	3,71	1,49	8,42	3,44	9,10	4,00
29/04/2002	6	11:10	28,40		3,00	15,00	23,11	10,10	9,29	3,96	17,71	7,41	19,20	5,05
30/04/2002	7	11:10	35,50		3,00	15,00	23,11	7,10	6,53	2,79	24,24	10,19	26,30	7,10
01/05/2002	8	11:10	39,80		3,00	15,00	23,11	4,30	3,96	1,69	28,20	11,88	30,60	4,30
02/05/2002	9	11:05	46,60		3,00	14,30	24,11	6,80	6,21	2,78	34,41	14,66	37,40	6,80
03/05/2002	10	08:40	51,00		3,00	14,50	23,82	4,40	4,03	1,78	38,43	16,43	41,80	4,40
04/05/2002	11	15:00	59,60		3,00	12,60	26,93	8,60	7,67	3,89	46,10	20,33	50,40	8,60
05/05/2002	12	09:15	62,00		3,00	14,50	23,82	2,40	2,20	0,97	48,29	21,30	52,80	2,40
06/05/2002	13	16:50	67,50		3,00	14,00	24,57	5,50	5,00	2,29	53,30	23,58	58,30	5,50
07/05/2002	14	14:10	70,00		3,00	13,70	25,04	2,50	2,27	1,06	55,56	24,64	60,80	2,50
08/05/2002	15	07:50	71,20		3,00	13,50	25,36	1,20	1,08	0,51	56,65	25,16	62,00	1,20
09/05/2002	16	08:00	74,00		3,00	13,70	25,04	2,80	2,54	1,19	59,18	26,34	64,80	2,80
10/05/2002	17	09:10	76,80	10,50	3,00	13,80	24,88	2,80	2,54	1,18	61,72	27,52	67,60	2,80
11/05/2002	18	09:00	10,60		3,00	13,80	24,88	0,10	0,09	0,04	61,81	27,56	67,70	0,10
13/05/2002	20	14:00	13,50		3,00	13,50	25,36	2,90	2,62	1,24	64,43	28,80	70,60	1,45
14/05/2002	21	14:00	14,10		3,00	13,40	25,53	0,60	0,54	0,26	64,98	29,06	71,20	0,60
15/05/2002	22	14:45	17,30		3,00	13,60	25,20	3,20	2,90	1,36	67,87	30,42	74,40	3,20
16/05/2002	23	16:00	18,60		3,00	11,50	29,10	1,30	1,14	0,63	69,01	31,06	75,70	1,30
20/05/2002	27	08:45	27,30		3,00	13,40	25,53	8,70	7,85	3,75	76,86	34,81	84,40	2,18
22/05/2002	29	10:10	30,50		3,00	12,50	27,11	3,20	2,85	1,46	79,71	36,26	87,60	1,60
24/05/2002	31	09:00	38,50		3,00	13,50	25,36	8,00	7,23	3,43	86,93	39,69	95,60	4,00
26/05/2002	33	15:30	42,90		3,00	13,00	26,21	4,40	3,95	1,94	90,88	41,64	100,00	2,20
27/05/2002	34	14:00	42,90		3,00	13,00	26,21	0,00	0,00	0,00	90,88	41,64	100,00	0,00
28/05/2002	35	15:00	48,00		3,00	13,00	26,21	5,10	4,58	2,25	95,46	43,89	105,10	5,10
29/05/2002	36	09:10	46,80		3,00	12,50	27,11	-1,20	-1,07	-0,55	94,39	43,34	103,90	-1,20
30/05/2002	37	09:30	48,07		3,00	13,05	26,12	1,27	1,14	0,56	95,53	43,90	105,17	1,27
31/05/2002	38	11:00	52,40		3,00	11,00	30,19	4,33	3,74	2,18	99,27	46,08	109,50	4,33
01/06/2002	39	10:00	63,00		3,00	12,00	28,07	10,60	9,35	4,99	108,63	51,07	120,10	10,60
02/06/2002	40	10:30	63,50		3,00	12,00	28,07	0,50	0,44	0,24	109,07	51,30	120,60	0,50
05/06/2002	43	10:00	79,00	19,50	3,00	13,00	26,21	15,50	13,91	6,85	122,97	58,15	136,10	5,17
08/06/2002	46	15:00	35,00		3,00	12,00	28,07	15,50	13,68	7,29	136,65	65,44	151,60	5,17
10/06/2002	48	09:00	45,00		3,00	12,00	28,07	10,00	8,82	4,71	145,47	70,15	161,60	5,00
11/06/2002	49	15:00	50,00		3,00	12,00	28,07	5,00	4,41	2,35	149,88	72,50	166,60	5,00
13/06/2002	51	15:00	58,50		3,00	12,50	27,11	8,50	7,57	3,87	157,45	76,37	175,10	4,25

**EXTENSOMETRO DE POLEA No 2**

FECHA	Tiempo (Días)	HORA	Le (cm)	Cambios	Lz (Plomo)	Lx (nivel)	Angulo (°)	Desplazamiento (cm)	Delta x (cm)	Delta Z (cm)	Acum X (cm)	Acum Z (cm)	Desplazamiento total (cm)	Velocidad (cm/día)
23/04/2002	0	12:30	10,00		3,00	9,60	33,69				0,00	0,00	0,00	
24/04/2002	1	13:48	9,00		3,00	9,30	34,53	-1,00	-0,82	-0,57	-0,82	-0,57	-1,00	-1,00
25/04/2002	2	09:30	7,40		3,00	9,20	34,82	-1,60	-1,31	-0,91	-2,14	-1,48	-2,60	-1,60
26/04/2002	3	11:10	5,50	38,00	3,00	9,00	35,42	-1,90	-1,55	-1,10	-3,69	-2,58	-4,50	-1,90
27/04/2002	4	13:20	37,00		3,00	9,50	33,97	-1,00	-0,83	-0,56	-4,52	-3,14	-5,50	-1,00
29/04/2002	6	11:10	36,10		3,00	9,10	35,12	-0,90	-0,74	-0,52	-5,25	-3,66	-6,40	-0,45
30/04/2002	7	11:10	34,90		3,00	9,20	34,82	-1,20	-0,99	-0,69	-6,24	-4,34	-7,60	-1,20
01/05/2002	8	11:10	34,50		3,00	9,40	34,25	-0,40	-0,33	-0,23	-6,57	-4,57	-8,00	-0,40
02/05/2002	9	11:06	38,80		3,00	9,10	35,12	4,30	3,52	2,47	-3,05	-2,09	-3,70	4,30
03/05/2002	10	08:40	33,10		3,00	9,00	35,42	-5,70	-4,65	-3,30	-7,69	-5,40	-9,40	-5,70
04/05/2002	11	15:00	34,00		3,00	9,30	34,53	0,90	0,74	0,51	-6,95	-4,89	-8,50	0,90
05/05/2002	12	09:15	33,30		3,00	9,10	35,12	-0,70	-0,57	-0,40	-7,53	-5,29	-9,20	-0,70
06/05/2002	13	16:50	32,90		3,00	8,60	36,66	-0,40	-0,32	-0,24	-7,85	-5,53	-9,60	-0,40
07/05/2002	14	14:10	32,80		3,00	9,00	35,42	-0,10	-0,08	-0,06	-7,93	-5,59	-9,70	-0,10
08/05/2002	15	07:50	32,40		3,00	9,00	35,42	-0,40	-0,33	-0,23	-8,25	-5,82	-10,10	-0,40
09/05/2002	16	08:00	32,20		3,00	9,10	35,12	-0,20	-0,16	-0,12	-8,42	-5,93	-10,30	-0,20
10/05/2002	17	09:10	32,00		3,00	9,10	35,12	-0,20	-0,16	-0,12	-8,58	-6,05	-10,50	-0,20
11/05/2002	18	09:00	32,00		3,00	9,10	35,12	0,00	0,00	0,00	-8,58	-6,05	-10,50	0,00
13/05/2002	20	14:00	31,50		3,00	9,10	35,12	-0,50	-0,41	-0,29	-8,99	-6,34	-11,00	-0,25
14/05/2002	21	14:00	30,30		3,00	9,20	34,82	-1,20	-0,99	-0,69	-9,98	-7,02	-12,20	-1,20
15/05/2002	22	14:45	30,70		3,00	9,40	34,25	0,40	0,33	0,23	-9,65	-6,80	-11,80	0,40
16/05/2002	23	16:00	30,50		3,00	9,50	33,97	-0,20	-0,17	-0,11	-9,81	-6,91	-12,00	-0,20
20/05/2002	27	08:45	29,90		3,00	9,90	32,88	-0,60	-0,50	-0,33	-10,31	-7,23	-12,60	-0,15
22/05/2002	29	10:10	30,00		3,00	10,50	31,36	0,10	0,09	0,05	-10,23	-7,18	-12,50	0,05
24/05/2002	31	09:00	29,50		3,00	10,50	31,36	-0,50	-0,43	-0,26	-10,66	-7,44	-13,00	-0,25
26/05/2002	33	15:30	24,70		3,00	9,00	35,42	-4,80	-3,91	-2,78	-14,57	-10,22	-17,80	-2,40
27/05/2002	34	14:00	24,70		3,00	9,00	35,42	0,00	0,00	0,00	-14,57	-10,22	-17,80	0,00
28/05/2002	35	15:00	24,70		3,00	9,00	35,42	0,00	0,00	0,00	-14,57	-10,22	-17,80	0,00
29/05/2002	36	09:10	23,50		3,00	9,00	35,42	-1,20	-0,98	-0,70	-15,55	-10,92	-19,00	-1,20
30/05/2002	37	09:30	23,00		3,00	9,00	35,42	-0,50	-0,41	-0,29	-15,95	-11,21	-19,50	-0,50
31/05/2002	38	11:00	22,00		3,00	10,50	31,36	-1,00	-0,85	-0,52	-16,81	-11,73	-20,50	-1,00

**EXTENSOMETRO DE POLEA No 3**

FECHA	Tiempo (Días)	HORA	Le (cm)	Cambios	Lz (Plomo)	Lx (nivel)	Angulo (°)	Desplazamiento (cm)	Delta x (cm)	Delta Z (cm)	Acum X (cm)	Acum Z (cm)	Desplazamiento total (cm)	Velocidad (cm/día)	
23/04/2002	0	12:30	8,80		3,00	22,50	15,88				0,00	0,00	0,00		
24/04/2002	1	13:48	12,20		2,00	18,50	16,27	3,40	3,26	0,95	3,26	0,95	3,40	3,40	
25/04/2002	2	09:30	13,40		2,00	18,30	16,44	1,20	1,15	0,34	4,41	1,29	4,60	1,20	
26/04/2002	3	11:10	20,50		2,00	17,60	17,06	7,10	6,79	2,08	11,20	3,37	11,70	7,10	
27/04/2002	4	13:20	26,20		3,00	21,20	16,80	5,70	5,46	1,65	16,66	5,02	17,40	5,70	
29/04/2002	6	11:10	31,10		3,00	19,70	18,00	4,90	4,66	1,51	21,32	6,54	22,30	2,45	
30/04/2002	7	11:10		NUEVAS LECTURAS POR DAÑO								21,32	6,54	22,30	0,00
01/05/2002	8	11:10	18,00		2,00	21,00	14,42		0,00	0,00	21,32	6,54	22,30	0,00	
02/05/2002	9	11:06	26,40		1,00	16,50	14,93	8,40	8,12	2,16	29,44	8,70	30,70	8,40	
03/05/2002	10	08:40	32,40		1,00	15,70	15,66	6,00	5,78	1,62	35,21	10,32	36,70	6,00	
04/05/2002	11	15:00	48,60		1,00	15,50	15,85	16,20	15,58	4,42	50,80	14,74	52,90	16,20	
05/05/2002	12	09:15	54,90		1,00	22,50	11,06	6,30	6,18	1,21	56,98	15,95	59,20	6,30	
06/05/2002	13	16:50	68,10		1,00	14,50	16,88	13,20	12,63	3,83	69,61	19,79	72,40	13,20	
07/05/2002	14	14:10	75,10		1,00	15,00	16,35	7,00	6,72	1,97	76,33	21,76	79,40	7,00	
08/05/2002	15	07:50	80,10	11,50	1,00	16,00	15,38	5,00	4,82	1,33	81,15	23,08	84,40	5,00	
09/05/2002	16	08:00	15,40		1,00	15,00	16,35	3,90	3,74	1,10	84,89	24,18	88,30	3,90	
10/05/2002	17	09:10	23,60		1,00	14,70	16,66	8,20	7,86	2,35	92,75	26,53	96,50	8,20	
11/05/2002	18	09:00	30,80		1,00	14,40	16,99	7,20	6,89	2,10	99,63	28,63	103,70	7,20	
13/05/2002	20	14:00	48,50		1,00	14,50	16,88	17,70	16,94	5,14	116,57	33,77	121,40	8,85	
14/05/2002	21	14:00	51,40		1,00	14,50	16,88	2,90	2,78	0,84	119,35	34,62	124,30	2,90	
15/05/2002	22	14:45	61,40		1,00	14,00	17,45	10,00	9,54	3,00	128,89	37,61	134,30	10,00	
16/05/2002	23	16:00	69,20		1,00	5,00	41,35	7,80	5,86	5,15	134,74	42,77	142,10	7,80	
20/05/2002	27	08:45	96,80	7,00	3,00	18,90	18,71	27,60	26,14	8,85	160,88	51,62	169,70	6,90	
22/05/2002	29	10:10	21,40		3,00	19,00	18,62	14,40	13,65	4,60	174,53	56,22	184,10	7,20	
24/05/2002	31	09:00	46,50		3,00	18,90	18,71	25,10	23,77	8,05	198,30	64,27	209,20	12,55	
26/05/2002	33	15:30	57,50		3,00	19,00	18,62	11,00	10,42	3,51	208,73	67,78	220,20	5,50	
27/05/2002	34	14:00	57,50		3,00	19,00	18,62	0,00	0,00	0,00	208,73	67,78	220,20	0,00	
28/05/2002	35	15:00	72,50		3,00	18,50	19,08	15,00	14,18	4,90	222,90	72,68	235,20	15,00	
29/05/2002	36	09:10	81,00	19,00	3,00	10,00	32,62	8,50	7,16	4,58	230,06	77,26	243,70	8,50	
30/05/2002	37	09:30	24,00		3,00	18,05	19,52	5,00	4,71	1,67	234,78	78,94	248,70	5,00	
31/05/2002	38	11:00	36,50		3,00	17,50	20,09	12,50	11,74	4,29	246,52	83,23	261,20	12,50	
01/06/2002	39	10:00	50,40		3,00	15,00	23,11	13,90	12,78	5,45	259,30	88,68	275,10	13,90	
02/06/2002	40	10:30	72,00	15,00	3,00	15,00	23,11	21,60	19,87	8,48	279,17	97,16	296,70	21,60	
05/06/2002	43	10:00	35,00		3,00	20,00	17,74	20,00	19,05	6,10	298,22	103,26	316,70	6,67	
08/06/2002	46	10:00	95,00	20,00	3,00	17,00	20,63	60,00	56,15	21,14	354,37	124,40	376,70	20,00	
10/06/2002	48	09:00	46,50		3,00	17,00	20,63	26,50	24,80	9,34	379,17	133,73	403,20	13,25	
11/06/2002	49	15:00	72,50	0,00	3,00	16,00	21,80	26,00	24,14	9,66	403,31	143,39	429,20	26,00	
13/06/2002	51	15:00	40,50		3,00	18,00	19,57	40,50	38,16	13,57	441,47	156,96	469,70	20,25	

**EXTENSOMETRO DE POLEA No 4**

FECHA	Tiempo (Días)	HORA	Le (cm)	Cambios	Lz (Plomo)	Lx (nivel)	Angulo (°)	Desplazamiento (cm)	Delta x (cm)	Delta Z (cm)	Acum X (cm)	Acum Z (cm)	Desplazamiento total (cm)	Velocidad (cm/día)
20/04/2002	0	09:54	14,70		10,00	16,10	39,77				0,00	0,00	0,00	
23/04/2002	3	12:30	27,00		5,00	10,30	39,20	12,30	9,53	7,77	9,53	7,77	12,30	4,10
24/04/2002	4	13:48	31,70		3,00	8,10	38,31	4,70	3,69	2,91	13,22	10,69	17,00	4,70
25/04/2002	5	09:30	32,50		3,00	8,20	37,97	0,80	0,63	0,49	13,85	11,18	17,80	0,80
26/04/2002	6	11:10	41,50		3,00	8,00	38,66	9,00	7,03	5,62	20,88	16,80	26,80	9,00
27/04/2002	7	13:20	45,00		3,00	8,10	38,31	3,50	2,75	2,17	23,62	18,97	30,30	3,50
29/04/2002	9	11:10	76,70		3,00	7,50	40,48	31,70	24,11	20,58	47,74	39,55	62,00	15,85
30/04/2002	10	11:10	85,00		3,00	7,50	40,48	8,30	6,31	5,39	54,05	44,94	70,30	8,30
01/05/2002	11	11:10	96,20	27,20	3,00	8,10	38,31	11,20	8,79	6,94	62,84	51,88	81,50	11,20
02/05/2002	12	11:06	30,90		3,00	7,40	40,86	3,70	2,80	2,42	65,64	54,30	85,20	3,70
03/05/2002	13	08:40	38,60		3,00	7,20	41,63	7,70	5,76	5,12	71,39	59,42	92,90	7,70
04/05/2002	14	15:00	55,00		3,00	7,50	40,48	16,40	12,48	10,65	83,87	70,06	109,30	16,40
05/05/2002	15	09:15	63,90		3,00	7,30	41,24	8,90	6,69	5,87	90,56	75,93	118,20	8,90
06/05/2002	16	16:50	80,00	9,30	3,00	6,50	44,56	16,10	11,47	11,30	102,03	87,22	134,30	16,10
07/05/2002	17	14:10	14,70		3,00	7,30	41,24	5,40	4,06	3,56	106,09	90,78	139,70	5,40
08/05/2002	18	07:50	19,80		3,00	7,10	42,03	5,10	3,79	3,41	109,88	94,20	144,80	5,10
09/05/2002	19	08:00	26,20		3,00	7,00	42,44	6,40	4,72	4,32	114,61	98,52	151,20	6,40
10/05/2002	20	09:10	33,50		3,00	7,00	42,44	7,30	5,39	4,93	119,99	103,44	158,50	7,30
11/05/2002	21	09:00	41,50		3,00	7,10	42,03	8,00	5,94	5,36	125,94	108,80	166,50	8,00
13/05/2002	23	14:00	60,80		3,00	7,00	42,44	19,30	14,24	13,02	140,18	121,82	185,80	9,65
14/05/2002	24	14:00	63,60		3,00	6,90	42,85	2,80	2,05	1,90	142,23	123,73	188,60	2,80
15/05/2002	25	14:45	71,50		3,00	6,70	43,69	7,90	5,71	5,46	147,94	129,18	196,50	7,90
16/05/2002	26	16:00	83,50	11,00	3,00	6,80	43,26	12,00	8,74	8,22	156,68	137,41	208,50	12,00
20/05/2002	30	08:45	40,40	1,00	3,00	7,30	41,24	29,40	22,11	19,38	178,79	156,79	237,90	7,35
22/05/2002	32	10:10	15,00		3,00	7,00	42,44	14,00	10,33	9,45	189,12	166,24	251,90	7,00
24/05/2002	34	09:00	51,00		3,00	7,00	42,44	36,00	26,57	24,29	215,69	190,53	287,90	18,00
26/05/2002	36	15:30	53,00		3,00	7,00	42,44	2,00	1,48	1,35	217,17	191,88	289,90	1,00
27/05/2002	37	14:00	53,00		3,00	7,00	42,44	0,00	0,00	0,00	217,17	191,88	289,90	0,00
28/05/2002	38	15:00	79,50	15,00	3,00	7,00	42,44	26,50	19,56	17,88	236,73	209,76	316,40	26,50
29/05/2002	39	09:10	16,00		3,00	6,50	44,56	1,00	0,71	0,70	237,44	210,46	317,40	1,00
30/05/2002	40	09:30	21,05		3,00	6,05	46,61	5,05	3,47	3,67	240,91	214,13	322,45	5,05
31/05/2002	41	11:00	30,00		3,00	7,00	42,44	8,95	6,61	6,04	247,51	220,17	331,40	8,95
01/06/2002	42	10:00	65,50		3,00	7,00	42,44	35,50	26,20	23,95	273,71	244,12	366,90	35,50
02/06/2002	43	10:30	65,50		3,00	7,00	42,44	0,00	0,00	0,00	273,71	244,12	366,90	0,00

**EXTENSOMETRO DE POLEA No 5**

FECHA	Tiempo (Días)	HORA	Le (cm)	Cambios	Lz (Plomo)	Lx (nivel)	Angulo (°)	Desplazamiento (cm)	Delta x (cm)	Delta Z (cm)	Acum X (cm)	Acum Z (cm)	Desplazamiento total (cm)	Velocidad (cm/día)
23/04/2002	0	12:30	8,50		3,00	7,20	41,63				0,00	0,00	0,00	
24/04/2002	1	13:48	13,20		3,00	7,10	42,03	4,70	3,49	3,15	3,49	3,15	4,70	4,70
25/04/2002	2	09:30	18,60		3,00	7,00	42,44	5,40	3,99	3,64	7,48	6,79	10,10	5,40
26/04/2002	3	11:10	28,40		3,00	6,90	42,85	9,80	7,19	6,66	14,66	13,46	19,90	9,80
27/04/2002	4	13:20	36,30		3,00	6,70	43,69	7,90	5,71	5,46	20,37	18,91	27,80	7,90
29/04/2002	6	11:10	62,70		3,00	6,50	44,56	26,40	18,81	18,52	39,19	37,43	54,20	13,20
30/04/2002	7	11:10	76,70		3,00	6,80	43,26	14,00	10,19	9,60	49,38	47,03	68,20	14,00
01/05/2002	8	11:10	88,50		3,00	6,60	44,12	11,80	8,47	8,21	57,85	55,24	80,00	11,80
02/05/2002	9	11:06	94,90	9,50	3,00	6,40	45,00	6,40	4,53	4,53	62,38	59,77	86,40	6,40
03/05/2002	10	08:40	14,70		3,00	6,50	44,56	5,20	3,71	3,65	66,08	63,42	91,60	5,20
04/05/2002	11	15:00	31,10		3,00	6,30	45,45	16,40	11,50	11,69	77,59	75,11	108,00	16,40
05/05/2002	12	09:15	36,00		3,00	6,50	44,56	4,90	3,49	3,44	81,08	78,54	112,90	4,90
06/05/2002	13	16:50	71,00	10,50	3,00	6,50	44,56	35,00	24,94	24,56	106,02	103,10	147,90	35,00
07/05/2002	14	14:10	17,70		3,00	6,40	45,00	7,20	5,09	5,09	111,11	108,19	155,10	7,20
08/05/2002	15	07:50	19,00		3,00	6,50	44,56	1,30	0,93	0,91	112,04	109,10	156,40	1,30
09/05/2002	16	08:00	28,20		3,00	6,50	44,56	9,20	6,56	6,45	118,59	115,56	165,60	9,20
10/05/2002	17	09:10	33,90		3,00	6,50	44,56	5,70	4,06	4,00	122,65	119,56	171,30	5,70
11/05/2002	18	09:00	42,80		3,00	6,40	45,00	8,90	6,29	6,29	128,95	125,85	180,20	8,90
13/05/2002	20	14:00	60,70		3,00	6,40	45,00	17,90	12,66	12,66	141,60	138,51	198,10	8,95
14/05/2002	21	14:00	61,30		3,00	6,40	45,00	0,60	0,42	0,42	142,03	138,93	198,70	0,60
15/05/2002	22	14:45	72,00		3,00	6,50	44,56	10,70	7,62	7,51	149,65	146,44	209,40	10,70
16/05/2002	23	16:00	80,50	7,00	3,00	6,50	44,56	8,50	6,06	5,96	155,71	152,40	217,90	8,50
20/05/2002	27	08:45	31,70		3,00	7,20	41,63	24,70	18,46	16,41	174,17	168,81	242,60	6,18
22/05/2002	29	10:10	46,50		3,00	7,00	42,44	14,80	10,92	9,99	185,09	178,80	257,40	7,40
24/05/2002	31	09:00	70,00	12,50	3,00	7,00	42,44	23,50	17,34	15,86	202,44	194,66	280,90	11,75
26/05/2002	33	15:30	24,00		3,00	7,00	42,44	11,50	8,49	7,76	210,92	202,42	292,40	5,75
27/05/2002	34	14:00	27,00		3,00	7,00	42,44	3,00	2,21	2,02	213,14	204,44	295,40	3,00
28/05/2002	35	15:00	33,00		3,00	7,00	42,44	6,00	4,43	4,05	217,57	208,49	301,40	6,00
29/05/2002	36	09:10	42,00		3,00	6,50	44,56	9,00	6,41	6,31	223,98	214,80	310,40	9,00
30/05/2002	37	09:30	53,05		3,00	5,05	51,72	11,05	6,84	8,67	230,82	223,48	321,45	11,05
31/05/2002	38	11:00	56,00		3,00	6,50	44,56	2,95	2,10	2,07	232,93	225,55	324,40	2,95
01/06/2002	39	10:00	88,50	35,00	3,00	7,00	42,44	32,50	23,99	21,93	256,91	247,48	356,90	32,50
02/06/2002	40	10:30	42,00		3,00	7,00	42,44	7,00	5,17	4,72	262,08	252,20	363,90	7,00
05/06/2002	43	10:00	69,00		3,00	7,00	42,44	27,00	19,93	18,22	282,01	270,42	390,90	9,00
08/06/2002	46	10:00	66,00	25,00	3,00	6,50	44,56	-3,00	-2,14	-2,10	279,87	268,31	387,90	-1,00
10/06/2002	48	09:00	33,00		3,00	8,00	38,66	8,00	6,25	5,00	286,12	273,31	395,90	4,00
11/06/2002	49	15:00	62,50		3,00	7,00	42,44	29,50	21,77	19,91	307,89	293,22	425,40	29,50
13/06/2002	51	15:00	88,00	13,00	3,00	7,00	42,44	25,50	18,82	17,21	326,71	310,42	450,90	12,75



**EXTENSOMETRO DE POLEA No 6**

FECHA	Tiempo (Días)	HORA	Le (cm)	Cambios	Lz (Plomo)	Lx (nivel)	Angulo (°)	Desplazamiento (cm)	Delta x (cm)	Delta Z (cm)	Acum X (cm)	Acum Z (cm)	Desplazamiento total (cm)	Velocidad (cm/día)
27/04/2002	0	13:20	11,00		3,00	12,30	27,49				0,00	0,00	0,00	
29/04/2002	2	14:30	30,50		3,00	12,30	27,49	19,50	17,30	9,00	17,30	9,00	19,50	9,75
30/04/2002	3	15:40	40,70		3,00	12,00	28,07	10,20	9,00	4,80	26,30	13,80	29,70	10,20
01/05/2002	4	10:50	49,00		3,00	11,60	28,89	8,30	7,27	4,01	33,57	17,81	38,00	8,30
02/05/2002	5	11:06	61,90		3,00	12,10	27,88	12,90	11,40	6,03	44,97	23,84	50,90	12,90
03/05/2002	6	08:40	66,60		3,00	11,50	29,10	4,70	4,11	2,29	49,08	26,13	55,60	4,70
04/05/2002	7	15:00	94,00	11,00	3,00	11,00	30,19	27,40	23,68	13,78	72,76	39,91	83,00	27,40
05/05/2002	8	09:15	16,70		3,00	11,20	29,74	5,70	4,95	2,83	77,71	42,73	88,70	5,70
06/05/2002	9	16:50	29,50		3,00	11,00	30,19	12,80	11,06	6,44	88,77	49,17	101,50	12,80
07/05/2002	10	14:10	36,00		3,00	11,30	29,53	6,50	5,66	3,20	94,43	52,37	108,00	6,50
08/05/2002	11	07:50	41,00		3,00	11,00	30,19	5,00	4,32	2,51	98,75	54,89	113,00	5,00
09/05/2002	12	08:00	47,30		3,00	11,10	29,97	6,30	5,46	3,15	104,21	58,04	119,30	6,30
10/05/2002	13	09:10	53,20		3,00	11,10	29,97	5,90	5,11	2,95	109,32	60,98	125,20	5,90
11/05/2002	14	09:00	60,50		3,00	10,60	31,12	7,30	6,25	3,77	115,57	64,76	132,50	7,30
13/05/2002	16	14:00	79,60	8,50	3,00	10,70	30,88	19,10	16,39	9,80	131,96	74,56	151,60	9,55
14/05/2002	17	14:00	10,00		3,00	10,60	31,12	1,50	1,28	0,78	133,24	75,34	153,10	1,50
15/05/2002	18	14:45	19,50		3,00	10,70	30,88	9,50	8,15	4,88	141,40	80,21	162,60	9,50
16/05/2002	19	16:00	24,00		3,00	10,70	30,88	4,50	3,86	2,31	145,26	82,52	167,10	4,50
20/05/2002	23	08:45	49,60		3,00	8,20	37,97	25,60	20,18	15,75	165,44	98,27	192,70	6,40
22/05/2002	25	10:10	50,50		3,00	7,00	42,44	0,90	0,66	0,61	166,10	98,88	193,60	0,45
24/05/2002	27	09:00	84,50	22,50	3,00	10,50	31,36	34,00	29,03	17,70	195,14	116,58	227,60	17,00
26/05/2002	29	15:30	34,00		3,00	11,00	30,19	11,50	9,94	5,78	205,08	122,36	239,10	5,75
27/05/2002	30	14:00	34,00		3,00	11,00	30,19	0,00	0,00	0,00	205,08	122,36	239,10	0,00
28/05/2002	31	15:00	49,00		3,00	10,50	31,36	15,00	12,81	7,81	217,88	130,17	254,10	15,00
29/05/2002	32	09:10	52,00		3,00	11,00	30,19	3,00	2,59	1,51	220,48	131,68	257,10	3,00

**EXTENSOMETRO DE POLEA No 7**

FECHA	Tiempo (Días)	HORA	Le (cm)	Cambios	Lz (Plomo)	Lx (nivel)	Angulo (°)	Desplazamiento (cm)	Delta x (cm)	Delta Z (cm)	Acum X (cm)	Acum Z (cm)	Desplazamiento total (cm)	Velocidad (cm/día)
27/04/2002	0	13:20	10,30		3,00	13,30	25,70				0,00	0,00	0,00	
29/04/2002	2	14:30	26,40		3,00	11,20	29,74	16,10	13,98	7,99	13,98	7,99	16,10	8,05
30/04/2002	3	15:40	32,60		3,00	11,70	28,68	6,20	5,44	2,98	19,42	10,96	22,30	6,20
01/05/2002	4	10:50	37,80		3,00	11,10	29,97	5,20	4,50	2,60	23,92	13,56	27,50	5,20
02/05/2002	5	11:06	49,20		3,00	11,50	29,10	11,40	9,96	5,54	33,88	19,10	38,90	11,40
03/05/2002	6	08:40	54,80		3,00	11,00	30,19	5,60	4,84	2,82	38,72	21,92	44,50	5,60
04/05/2002	7	15:00	66,40	8,90	3,00	11,50	29,10	11,60	10,14	5,64	48,86	27,56	56,10	11,60
05/05/2002	8	09:15	13,00		3,00	11,00	30,19	4,10	3,54	2,06	52,40	29,62	60,20	4,10
06/05/2002	9	16:50	21,40		3,00	10,50	31,36	8,40	7,17	4,37	59,58	34,00	68,60	8,40
07/05/2002	10	14:10	27,00		3,00	10,40	31,61	5,60	4,77	2,93	64,35	36,93	74,20	5,60
08/05/2002	11	07:50	29,30		3,00	10,20	32,11	2,30	1,95	1,22	66,29	38,15	76,50	2,30
09/05/2002	12	08:00	35,70		3,00	10,50	31,36	6,40	5,46	3,33	71,76	41,48	82,90	6,40
10/05/2002	13	09:10	40,30		3,00	10,50	31,36	4,60	3,93	2,39	75,69	43,88	87,50	4,60
11/05/2002	14	09:00	46,10		3,00	10,00	32,62	5,80	4,89	3,13	80,57	47,00	93,30	5,80
13/05/2002	16	14:00	58,20		3,00	10,20	32,11	12,10	10,25	6,43	90,82	53,44	105,40	6,05
14/05/2002	17	14:00	58,50		3,00	10,20	32,11	0,30	0,25	0,16	91,08	53,59	105,70	0,30
15/05/2002	18	14:45	65,00		3,00	10,40	31,61	6,50	5,54	3,41	96,61	57,00	112,20	6,50
16/05/2002	19	16:00	70,40	8,00	3,00	10,00	32,62	5,40	4,55	2,91	101,16	59,91	117,60	5,40

**ANEXO A7-4**

**Registros de Extensómetros de Estacas**

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No1							DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE1(cm)						
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4
29-Abr		61,00	193,20	62,00	180,00	196,50	196,50						
30-Abr		61,00	193,20	62,10	180,10	196,50	196,50	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00
1-May		61,10	193,20	62,10	180,30	196,40	196,50	0,10	0,00	0,10	0,30	-0,10	0,00
2-May	11:10	61,10	193,10	62,00	180,00	196,40	196,30	0,10	-0,10	0,00	0,00	-0,10	-0,20
3-May	08:32	61,10	193,10	62,00	180,00	196,40	196,30	0,10	-0,10	0,00	0,00	-0,10	-0,20
4-May	03:09	61,20	193,10	62,00	180,10	196,40	196,50	0,20	-0,10	0,00	0,10	-0,10	0,00
5-May	09:30	61,20	193,00	62,00	180,00	196,20	196,50	0,20	-0,20	0,00	0,00	-0,30	0,00
6-May	16:55	61,20	193,00	62,00	180,00	196,30	196,60	0,20	-0,20	0,00	0,00	-0,20	0,10
7-May	14:20	61,20	193,00	62,00	180,00	196,20	196,50	0,20	-0,20	0,00	0,00	-0,30	0,00
8-May	08:00	61,20	193,00	62,10	180,10	196,20	196,40	0,20	-0,20	0,10	0,10	-0,30	-0,10
9-May	08:10	61,20	193,00	62,00	180,10	196,20	196,40	0,20	-0,20	0,00	0,10	-0,30	-0,10
10-May	09:20	61,20	193,00	62,00	180,00	196,20	196,30	0,20	-0,20	0,00	0,00	-0,30	-0,20
11-May	09:10	61,20	193,00	62,00	180,10	196,10	196,50	0,20	-0,20	0,00	0,10	-0,40	0,00
13-May	14:00	61,20	193,10	61,90	180,00	196,10	196,50	0,20	-0,10	-0,10	0,00	-0,40	0,00
14-May	09:00	61,30	193,05	62,00	180,00	196,10	196,50	0,30	-0,15	0,00	0,00	-0,40	0,00
15-May	09:00	61,60	193,00	62,00	180,00	196,00	196,50	0,60	-0,20	0,00	0,00	-0,50	0,00
16-May	16:10	61,50	193,00	62,10	180,20	196,00	196,50	0,50	-0,20	0,10	0,20	-0,50	0,00
20-May	09:00	61,00	192,80	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,40	0,00	0,00	-0,50	-0,50
22-May	10:35	61,00	193,00	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,20	0,00	0,00	-0,50	-0,50
23-May	10:30	61,00	193,00	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,20	0,00	0,00	-0,50	-0,50
24-May	15:00	61,30	193,00	62,00	180,00	196,00	196,00	0,30	-0,20	0,00	0,00	-0,50	-0,50
26-May	15:00	61,00	193,00	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,20	0,00	0,00	-0,50	-0,50
27-May	10:30	61,00	193,00	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,20	0,00	0,00	-0,50	-0,50
28-May	15:30	61,00	193,00	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,20	0,00	0,00	-0,50	0,00
29-May	09:00	61,00	192,50	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,70	0,00	0,00	-0,50	-0,50
30-May	10:00	61,00	192,50	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,70	0,00	0,00	-0,50	-0,50
31-May	10:00	61,00	192,50	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,70	0,00	0,00	-0,50	-0,50
1-Jun	18:30	61,00	192,50	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,70	0,00	0,00	-0,50	-0,50
2-Jun	09:00	61,00	192,80	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,40	0,00	0,00	-0,50	-0,50
5-Jun	11:20	61,00	193,00	62,00	180,00	195,50	196,00	0,00	-0,20	0,00	0,00	-1,00	-0,50
7-Jun	15:00	61,00	192,50	62,00	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,70	0,00	0,00	-0,50	-0,50
11-Jun	15:00	61,00	192,50	62,50	180,00	196,00	196,00	0,00	-0,70	0,50	0,00	-0,50	-0,50
13-Jun	15:00	61,00	192,00	62,00	180,00	196,00	196,50	0,00	-1,20	0,00	0,00	-0,50	0,00
24-Jun	11:20	61,00	192,00	62,00	179,50	195,00	196,00	0,00	-1,20	0,00	-0,50	-1,50	-0,50
28-Jun	14:00	60,00	192,50	63,00	180,00	193,30	196,00	-1,00	-0,70	1,00	0,00	-3,20	-0,50
4-Jul	08:30	60,70	192,00	62,50	179,40	194,60	196,00	-0,30	-1,20	0,60	-0,60	-1,90	-0,50
11-Jul	13:00	61,00	192,00	62,50	179,00	194,50	196,00	0,00	-1,20	0,50	-1,00	-2,00	-0,50
27-Jul	13:00	61,00	193,00	68,00	180,00	197,00	197,00	0,00	-0,20	6,00	0,00	0,50	0,50

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No2							DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE1(cm)						
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4
29-Abr		61,50	289,50	61,50	291,30	302,20	291,30						
30-Abr		61,50	289,60	61,50	291,40	302,00	291,50	0,00	0,10	0,00	0,10	-0,20	0,20
1-May		61,50	289,60	61,50	291,40	301,90	292,40	0,00	0,10	0,00	0,10	-0,30	1,10
2-May	11:10	61,40	289,50	61,50	291,10	301,80	291,40	-0,10	0,00	0,00	-0,20	-0,40	0,10
3-May	08:32	61,40	289,40	61,50	291,40	301,90	291,60	-0,10	-0,10	0,00	0,10	-0,30	0,30
4-May	03:09	61,40	289,40	61,50	291,40	301,80	291,60	-0,10	-0,10	0,00	0,10	-0,40	0,30
5-May	09:30	61,40	289,40	61,50	291,20	301,90	291,50	-0,10	-0,10	0,00	-0,10	-0,30	0,20
6-May	16:55	61,40	289,80	61,50	291,40	301,80	292,00	-0,10	0,30	0,00	0,10	-0,40	0,70
7-May	14:20	61,50	289,90	61,50	291,20	301,90	292,00	0,00	0,40	0,00	-0,10	-0,30	0,70
8-May	08:00	61,50	289,90	61,50	291,30	301,80	292,20	0,00	0,40	0,00	0,00	-0,40	0,90
9-May	08:10	61,50	289,80	61,40	291,30	301,90	291,90	0,00	0,30	-0,10	0,00	-0,30	0,60
10-May	09:20	61,50	289,90	61,40	291,40	301,90	291,90	0,00	0,40	-0,10	0,10	-0,30	0,60
11-May	09:10	61,50	289,90	61,40	291,30	301,90	291,90	0,00	0,40	-0,10	0,00	-0,30	0,60
13-May	14:00	61,40	289,80	61,50	291,10	301,70	292,00	-0,10	0,30	0,00	-0,20	-0,50	0,70
14-May	09:00	61,50	289,90	62,50	291,20	301,70	292,00	0,00	0,40	1,00	-0,10	-0,50	0,70
15-May	09:00	61,50	289,90	61,50	291,10	301,80	292,00	0,00	0,40	0,00	-0,20	-0,40	0,70
16-May	16:10	61,40	289,40	61,50	291,30	301,80	292,00	-0,10	-0,10	0,00	0,00	-0,40	0,70
20-May	09:00	62,00	289,10	61,30	291,20	301,60	291,30	0,50	-0,40	-0,20	-0,10	-0,60	0,00
22-May	10:35	61,50	289,10	61,30	291,00	301,60	291,30	0,00	-0,40	-0,20	-0,30	-0,60	0,00
23-May	10:30	62,00	289,10	61,30	291,00	301,00	291,30	0,50	-0,40	-0,20	-0,30	-1,20	0,00
24-May	15:00	62,00	289,10	61,30	291,00	301,20	291,00	0,50	-0,40	-0,20	-0,30	-1,00	-0,30
26-May	15:00	61,50	289,00	61,50	291,00	301,00	291,00	0,00	-0,50	0,00	-0,30	-1,20	-0,30
27-May	10:30	61,50	289,00	61,50	291,00	301,00	291,00	0,00	-0,50	0,00	-0,30	-1,20	-0,30
28-May	15:30	61,50	288,50	61,50	291,00	301,00	291,00	0,00	-1,00	0,00	-0,30	-1,20	-0,30
29-May	09:00	61,50	289,00	61,50	290,80	301,30	291,00	0,00	-0,50	0,00	-0,50	-0,90	-0,30
30-May	10:00	61,05	288,05	61,00	290,05	301,00	291,00	-0,45	-1,45	-0,50	-1,25	-1,20	-0,30
31-May	10:00	61,50	288,00	61,50	290,50	301,00	290,50	0,00	-1,50	0,00	-0,80	-1,20	-0,80
1-Jun	18:30	61,50	288,00	61,50	290,30	301,00	290,50	0,00	-1,50	0,00	-1,00	-1,20	-0,80
2-Jun	09:00	61,50	289,00	61,50	290,50	301,20	290,50	0,00	-0,50	0,00	-0,80	-1,00	-0,80
5-Jun	11:20	61,50	288,50	61,00	291,50	301,00	291,00	0,00	-1,00	-0,50	0,20	-1,20	-0,30
7-Jun	15:00	61,50	288,80	61,30	291,00	301,00	291,00	0,00	-0,70	-0,20	-0,30	-1,20	-0,30
11-Jun	15:00	61,50	289,00	61,50	291,00	301,00	291,00	0,00	-0,50	0,00	-0,30	-1,20	-0,30
13-Jun	15:00	61,50	288,50	61,30	291,00	301,00	291,00	0,00	-1,00	-0,20	-0,30	-1,20	-0,30
24-Jun	11:20	62,00	289,00	61,00	291,00	301,50	291,00	0,50	-0,50	-0,50	-0,30	-0,70	-0,30
28-Jun	14:00	62,00	290,00	62,00	292,00	301,50	292,00	0,50	0,50	0,50	0,70	-0,70	0,70
4-Jul	08:30	61,80	289,50	61,50	291,80	301,50	291,90	0,30	0,00	0,00	0,50	-0,70	0,60
11-Jul	13:00	62,00	290,00	61,00	292,00	301,00	292,00	0,50	0,50	-0,50	0,70	-1,20	0,70
27-Jul	13:00	62,00	289,00	61,00	292,00	302,00	292,00	0,50	-0,50	-0,50	0,70	-0,20	0,70
2-Ago	08:30	62,00	294,00	64,00	294,00	304,00	296,00	0,50	4,50	2,50	2,70	1,80	4,70
15-Ago	15:00	63,00	296,00	63,00	297,00	305,00	300,00	1,50	6,50	1,50	5,70	2,80	8,70
22-Ago	15:00	65,00	298,00	62,00	299,00	307,00	302,00	3,50	8,50	0,50	7,70	4,80	10,70
28-Ago	10:00	78,00	284,00	70,00	284,00	298,00	285,00	16,50	-8,50	8,50	-7,30	-4,20	-8,30

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No3								DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE3 (cm)					
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4
29-Abr		59.50	227.50	58.30	246.70	243.00	245.20						
30-Abr		59.50	227.70	58.30	246.70	243.10	245.50	0.00	0.20	0.00	0.00	0.10	0.30
1-May		59.40	227.80	58.20	247.00	243.20	245.60	-0.10	0.30	-0.10	0.30	0.20	0.40
2-May	11:10	59.70	227.90	58.30	247.30	243.20	245.50	0.20	0.40	0.00	0.60	0.20	0.30
3-May	08:32	59.70	227.90	58.30	247.30	243.30	245.20	0.20	0.40	0.00	0.60	0.30	0.00
4-May	03:09	59.60	227.80	58.60	247.00	243.30	245.70	0.10	0.30	0.50	0.30	0.30	0.50
5-May	09:30	59.60	227.90	58.50	247.10	243.40	245.70	0.10	0.40	0.20	0.40	0.40	0.50
6-May	16:55	59.60	228.00	58.30	247.30	243.40	245.50	0.10	0.50	0.00	0.60	0.40	0.70
7-May	14:20	59.60	228.00	58.20	247.40	243.60	246.00	0.10	0.60	-0.10	0.70	0.60	0.80
8-May	08:00	59.60	228.20	58.20	247.50	243.60	246.00	0.10	0.70	-0.10	0.80	0.60	0.80
9-May	08:10	59.60	228.20	58.30	247.50	243.70	246.00	0.10	0.70	0.00	0.80	0.70	0.80
10-May	09:20	59.60	228.30	58.20	247.50	243.70	246.00	0.10	0.80	-0.10	0.80	0.70	0.80
11-May	09:10	59.60	228.40	58.20	247.60	243.80	246.20	0.10	0.90	-0.10	0.90	0.80	1.00
13-May	14:00	59.60	228.50	58.20	247.90	243.80	246.20	0.10	1.00	-0.10	1.20	0.80	1.00
14-May	09:00	59.60	228.60	58.10	247.90	244.00	246.40	0.10	1.10	-0.20	1.20	1.00	1.20
15-May	09:00	59.60	228.60	58.20	248.00	243.90	246.50	0.10	1.10	-0.10	1.30	0.90	1.30
16-May	16:10	59.60	228.70	58.10	248.00	244.00	246.30	0.10	1.20	-0.20	1.30	1.00	1.10
20-May	09:00	59.50	229.00	58.30	248.00	244.20	246.20	0.00	1.50	0.00	1.30	1.20	1.00
22-May	10:35	59.50	229.00	58.30	248.00	244.00	246.20	0.00	1.50	0.00	1.30	1.00	1.00
23-May	10:30	59.50	229.00	58.30	248.00	244.00	246.20	0.00	1.50	0.00	1.30	1.00	1.00
24-May	15:00	59.50	229.00	58.30	248.00	244.00	246.20	0.00	1.50	0.00	1.30	1.00	1.00
26-May	15:00	59.50	229.00	58.50	248.00	244.00	246.50	0.00	1.50	0.20	1.30	1.00	1.30
27-May	10:30	59.50	229.00	58.50	248.00	244.00	246.50	0.00	1.50	0.20	1.30	1.00	1.30
28-May	15:30	60.00	228.80	59.00	248.00	244.00	246.50	0.50	1.30	0.70	1.30	1.00	1.30
29-May	09:00	59.50	229.00	58.50	248.00	244.00	246.50	0.00	1.50	0.20	1.30	1.00	1.30
30-May	10:00	59.05	229.00	58.05	248.00	244.05	247.00	-0.45	1.50	-0.25	1.30	1.05	1.80
31-May	10:00	59.50	229.00	58.50	248.00	244.00	246.50	0.00	1.50	0.20	1.30	1.00	1.30
1-Jun	18:30	59.50	229.00	58.50	248.00	244.00	246.50	0.00	1.50	0.20	1.30	1.00	1.30
2-Jun	09:00	59.50	229.00	58.50	248.00	244.00	246.50	0.00	1.50	0.20	1.30	1.00	1.30
5-Jun	11:20	59.50	229.00	58.50	248.00	244.00	247.00	0.00	1.50	0.20	1.30	1.00	1.80
7-Jun	15:00	59.50	229.00	59.00	248.00	247.00	244.00	0.00	1.50	0.70	1.30	4.00	-1.20
11-Jun	15:00	60.00	229.00	58.30	248.00	247.50	244.00	0.50	1.50	0.70	2.30	4.50	-0.70
13-Jun	15:00	59.50	229.50	58.80	248.00	248.00	244.50	0.00	2.00	0.50	2.30	5.00	-0.70
24-Jun	11:20	62.00	233.00	61.00	221.00	248.00	245.00	2.50	5.50	2.70	-25.70	5.00	-0.20
28-Jun	14:00	60.00	233.00	58.00	250.00	250.00	248.00	0.50	5.50	-0.30	3.30	7.00	2.80
4-Jul	08:30	61.80	232.50	58.00	251.50	247.00	252.00	2.30	5.00	-0.30	4.80	4.00	6.80
11-Jul	13:00	60.00	234.00	58.00	252.50	248.00	252.00	0.50	6.50	-0.30	5.80	5.00	6.80
27-Jul	13:00	59.00	238.00	58.00	258.00	252.00	257.00	-0.50	10.50	-0.30	11.30	9.00	11.80
2-Ago	08:30	60.00	245.00	61.00	262.00	256.00	264.00	0.50	17.50	2.70	15.30	13.00	18.80
15-Ago	09:30	62.00	312.00	60.00	325.00	319.00	348.00	2.50	84.50	1.70	78.30	76.00	102.80
22-Ago	10:30	63.00	359.00	58.00	376.00	362.00	381.00	3.50	131.50	-0.30	129.30	119.00	135.80
28-Ago	11:30	63.00	433.00	66.00	448.00	434.00	456.00	3.50	205.50	7.70	201.30	191.00	210.80
10-Sep	12:30	64.00	480.00	67.00	476.00	480.00	482.00	4.50	252.50	8.70	229.30	237.00	236.80

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No4a								DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE4a (cm)					
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4
7-Jun	15:00	60.50	352.50	65.00	358.50	376.50	377.00						
11-Jun	15:00	61.00	364.00	65.00	368.00	388.00	354.00	0.50	11.50	0.00	9.50	11.50	-23.00
13-Jun	15:00	61.00	378.00	65.50	380.00	402.00	365.00	0.50	25.50	0.50	21.50	25.50	-12.00
24-Jun	11:20	62.00	380.00	65.00	385.00	405.00	390.00	1.50	27.50	0.00	26.50	28.50	13.00
28-Jun	14:00	62.00	390.00	66.00	400.00	410.00	420.00	1.50	37.50	1.00	41.50	33.50	43.00
4-Jul	08:30	61.00	400.00	67.00	420.00	420.00	450.00	0.50	47.50	2.00	61.50	43.50	73.00

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No4b								DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE4b (cm)						
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4	
11-Jul		65.00	701.00	65.00	726.00	715.00	715.00							
27-Jul		58.00	750.00	66.00	777.00	766.00	765.00		-7.00	49.00	1.00	51.00	51.00	50.00
2-Ago		65.00	809.00	64.00	824.00	815.00	816.00	0.00	108.00	-1.00	98.00	100.00	100.00	
22-Ago		65.00	916.00	67.00	947.00	933.00	936.00	0.00	215.00	2.00	221.00	218.00	221.00	
28-Ago		70.00	932.00	71.00	963.00	948.00	950.00	5.00	231.00	6.00	237.00	233.00	235.00	

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No5								DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE5 (cm)					
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4
29-Abr		67.00	375.80	68.30	375.50	381.80	381.00						
30-Abr		66.70	377.90	68.80	377.20	383.70	383.00	0.50	1.70	1.90	2.00	0.30	2.10
1-May		66.60	379.40	68.30	379.30	385.50	384.90	0.00	3.80	3.70	3.90	0.40	3.60
2-May		66.70	381.40	68.20	380.80	386.70	386.60	-0.10	5.30	4.90	5.60	0.50	5.60
3-May	08:32	66.70	382.60	68.20	382.10	387.20	388.40	-0.10	6.60	5.40	7.40	0.50	6.80
4-May	03:09	66.70	384.90	68.10	384.50	390.10	390.90	-0.20	9.00	8.30	9.90	0.50	9.10
5-May	09:30	66.70	385.90	68.10	385.70	391.50	391.90	-0.20	10.20	9.70	10.90	0.50	10.10
6-May	16:55	66.70	387.70	68.20	387.60	393.30	393.90	-0.10	12.10	11.50	12.90	0.50	11.90
7-May	14:20	66.70	388.50	68.20	388.60	393.50	394.90	-0.10	13.10	11.70	13.90	0.50	12.70
8-May	08:00	66.60	389.40	68.20	389.60	394.80	395.70	-0.10	14.10	13.00	14.70	0.60	13.60
9-May	08:10	66.60	390.70	68.60	391.10	396.10	397.00	0.30	15.60	14.30	16.00	0.60	14.90
10-May	09:20	66.90	391.60	68.70	391.90	396.60	398.10	0.40	16.40	14.80	17.10	0.90	15.80
11-May	09:10	66.90	392.20	68.80	393.30	397.60	399.20	0.50	17.80	15.80	18.20	0.90	16.40
13-May	14:00	67.00	394.90	69.00	396.00	400.40	402.10	0.70	20.50	18.60	21.10	1.00	19.10
14-May	09:00	67.00	396.00	69.00	397.30	401.40	403.10	0.70	21.80	19.60	22.10	1.00	20.20
15-May	09:00	67.00	397.00	69.10	398.40	402.30	404.50	0.80	22.90	20.50	23.50	1.00	21.20
16-May	16:10	67.00	398.20	69.10	399.50	403.20	405.40	0.80	24.00	21.40	24.40	1.00	22.40
20-May	09:00	67.00	402.00	68.50	404.50	407.90	410.00	0.20	29.00	21.00	29.00	1.00	26.20
22-May	10:35	67.00	404.30	69.50	410.00	410.00	410.00	1.20	34.50	28.20	29.00	1.00	28.50
23-May	10:30	67.00	404.30	69.50	410.00	410.00	410.00	1.20	34.50	28.20	29.00	1.00	28.50
24-May	15:00	67.00	407.50	70.00	410.00	410.40	410.70	1.70	34.50	28.60	29.70	1.00	31.70
26-May	15:00	67.00	407.50	70.00	410.00	410.50	410.70	1.70	34.50	28.70	29.70	1.00	31.70
27-May	10:30	67.00	407.50	70.00	410.00	410.50	410.70	1.70	34.50	28.70	29.70	1.00	31.70
28-May	15:30	67.00	412.00	69.50	418.00	418.50	422.00	1.20	42.50	36.70	41.00	1.00	36.20
29-May	09:00	67.00	413.00	70.00	419.00	420.00	423.00	1.70	43.50	38.20	42.00	1.00	37.20
30-May	10:00	66.05	414.05	70.00	421.05	421.00	425.00	1.70	45.55	39.20	44.00	1.95	38.25
31-May	10:00	67.00	415.50	70.00	424.50	423.00	427.00	1.70	49.00	41.20			

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No6b							DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE6b (cm)						
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4
3-Oct		105.00	550.00	100.00	552.00	565.00	562.00						
17-Oct		105.00	552.00	100.00	555.00	565.00	565.00	0.00	2.00	0.00	3.00	0.00	3.00
24-Oct		105.00	552.00	102.00	555.00	570.00	565.00	0.00	2.00	2.00	3.00	5.00	3.00
31-Oct		104.00	555.00	102.00	557.00	570.00	565.00	-1.00	5.00	2.00	5.00	5.00	3.00
5-Nov		104.00	555.00	104.00	557.00	572.00	567.00	-1.00	5.00	4.00	5.00	7.00	5.00
13-Nov		102.00	560.00	104.00	560.00	572.00	567.00	-3.00	10.00	4.00	8.00	7.00	5.00
21-Nov		101.00	560.00	103.00	561.00	572.00	567.00	0.00	-4.00	10.00	3.00	9.00	7.00
29-Nov		102.00	560.00	104.00	560.00	572.00	567.00	0.00	-3.00	10.00	4.00	8.00	7.00
5-Dic		102.00	560.00	104.00	561.00	572.00	567.00	0.00	-3.00	10.00	4.00	9.00	7.00
11-Dic		102.00	560.00	103.00	562.00	572.00	567.00	-3.00	10.00	3.00	10.00	7.00	5.00
17-Dic		101.00	560.00	104.00	561.00	572.00	567.00	-4.00	10.00	4.00	9.00	7.00	5.00
9-Ene		102.00	561.00	103.00	562.00	573.00	567.00	-3.00	11.00	3.00	10.00	8.00	5.00
16-Ene		102.00	560.00	103.00	562.00	573.00	567.00	-3.00	10.00	3.00	10.00	8.00	5.00
23-Ene		102.00	560.00	103.00	562.00	573.00	567.00	-3.00	10.00	3.00	10.00	8.00	5.00
30-Ene		102.00	561.00	104.00	562.00	573.00	568.00	-3.00	11.00	4.00	10.00	8.00	6.00
14-Feb		102.00	561.00	104.00	562.00	568.00	573.00	-3.00	11.00	4.00	10.00	3.00	11.00
20-Feb		102.00	561.00	103.00	562.00	567.00	573.00	-3.00	11.00	3.00	10.00	2.00	11.00
28-Feb		102.00	560.00	103.00	562.00	567.00	573.00	-3.00	10.00	3.00	10.00	2.00	11.00
6-Mar		102.00	561.00	103.00	562.00	568.00	573.00	-3.00	11.00	3.00	10.00	3.00	11.00
13-Mar		102.00	560.00	103.00	562.00	567.00	573.00	-3.00	10.00	3.00	10.00	2.00	11.00

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No7							DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE7 (cm)						
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4
27-Jul		118.00	308.00	85.00	322.00	326.00	333.00						
2-Ago		106.00	312.00	86.00	326.00	330.00	336.00	-10.00	4.00	1.00	4.00	4.00	3.00
15-Ago		105.00	314.00	87.00	330.00	332.00	338.00	-11.00	6.00	2.00	8.00	6.00	5.00
22-Ago		105.00	316.00	88.00	332.00	339.00	340.00	-11.00	8.00	3.00	10.00	13.00	7.00
28-Ago		106.00	325.00	87.00	338.00	345.00	345.00	-10.00	17.00	2.00	16.00	19.00	12.00
10-Sep		106.00	330.00	88.00	343.00	348.00	346.00	-10.00	22.00	3.00	21.00	22.00	13.00
23-Sep		105.00	330.00	86.00	344.00	350.00	347.00	-11.00	22.00	1.00	22.00	24.00	14.00
3-Oct		106.00	330.00	86.00	345.00	352.00	348.00	-10.00	22.00	1.00	23.00	26.00	15.00
17-Oct		106.00	330.00	86.00	345.00	352.00	348.00	-10.00	22.00	1.00	23.00	26.00	15.00
24-Oct		105.00	330.00	85.00	346.00	352.00	348.00	-11.00	22.00	0.00	24.00	26.00	15.00
31-Oct		104.00	330.00	85.00	347.00	352.00	349.00	-12.00	22.00	0.00	25.00	26.00	16.00
5-Nov		104.00	332.00	86.00	350.00	355.00	350.00	-12.00	24.00	1.00	26.00	29.00	17.00
13-Nov		105.00	335.00	86.00	352.00	357.00	352.00	-11.00	27.00	1.00	30.00	31.00	19.00
21-Nov		104.00	335.00	87.00	351.00	358.00	352.00	-12.00	27.00	2.00	29.00	32.00	19.00
29-Nov		105.00	337.00	87.00	354.00	360.00	354.00	-11.00	29.00	2.00	32.00	34.00	21.00
5-Dic		104.00	336.00	86.00	352.00	358.00	354.00	-12.00	28.00	1.00	30.00	32.00	21.00
11-Dic		104.00	336.00	87.00	352.00	358.00	355.00	-12.00	28.00	2.00	30.00	32.00	22.00
17-Dic		104.00	337.00	86.00	352.00	359.00	354.00	-12.00	29.00	1.00	30.00	33.00	21.00
9-Ene		104.00	337.00	86.00	352.00	360.00	355.00	-12.00	29.00	1.00	30.00	34.00	22.00
16-Ene		104.00	337.00	86.00	352.00	360.00	355.00	-12.00	29.00	1.00	30.00	34.00	22.00
23-Ene		103.00	338.00	86.00	353.00	360.00	355.00	-13.00	30.00	1.00	31.00	34.00	22.00
30-Ene		104.00	338.00	96.00	353.00	360.00	356.00	-12.00	30.00	11.00	31.00	34.00	23.00
14-Feb		105.00	338.00	86.00	353.00	360.00	356.00	-11.00	30.00	1.00	31.00	34.00	23.00
20-Feb		104.00	336.00	86.00	354.00	360.00	359.00	-12.00	30.00	1.00	32.00	34.00	23.00
28-Feb		104.00	339.00	87.00	354.00	361.00	357.00	-12.00	31.00	2.00	32.00	35.00	24.00
6-Mar		104.00	339.00	86.00	354.00	361.00	357.00	-12.00	31.00	1.00	32.00	35.00	24.00
13-Mar		104.00	339.00	87.00	354.00	361.00	357.00	-12.00	31.00	2.00	32.00	35.00	24.00

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No 8							DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE 8 (cm)						
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4
23-Sep		100.00	438.00	100.00	427.00	446.00	440.00						
3-Oct		103.00	440.00	98.00	428.00	459.00	442.00	3.00	2.00	-2.00	1.00	13.00	2.00
17-Oct		103.00	440.00	98.00	428.00	455.00	442.00	3.00	2.00	-2.00	1.00	9.00	2.00
24-Oct		102.00	440.00	98.00	430.00	450.00	442.00	2.00	2.00	-2.00	3.00	4.00	2.00
31-Oct		100.00	440.00	97.00	430.00	449.00	443.00	0.00	2.00	-3.00	3.00	3.00	3.00
5-Nov		100.00	442.00	95.00	430.00	450.00	445.00	0.00	4.00	-5.00	3.00	4.00	5.00
13-Nov		100.00	445.00	99.00	432.00	452.00	445.00	0.00	7.00	-1.00	5.00	6.00	6.00
21-Nov		99.00	442.00	97.00	433.00	452.00	444.00	-1.00	4.00	-3.00	6.00	6.00	4.00
29-Nov		99.00	444.00	97.00	433.00	452.00	445.00	-1.00	6.00	-3.00	6.00	6.00	5.00
5-Dic		99.00	443.00	97.00	434.00	452.00	445.00	-1.00	5.00	-3.00	7.00	6.00	5.00
11-Dic		99.00	444.00	97.00	434.00	452.00	446.00	-1.00	6.00	-3.00	7.00	6.00	6.00
17-Dic		99.00	443.00	97.00	433.00	453.00	445.00	-1.00	5.00	-3.00	6.00	7.00	5.00
9-Ene		99.00	443.00	97.00	434.00	454.00	445.00	-1.00	5.00	-3.00	7.00	8.00	5.00
16-Ene		99.00	445.00	98.00	436.00	454.00	447.00	-1.00	7.00	-2.00	9.00	8.00	7.00
23-Ene		99.00	445.00	98.00	436.00	454.00	447.00	-1.00	7.00	-2.00	9.00	8.00	7.00
30-Ene		99.00	445.00	98.00	435.00	454.00	447.00	-1.00	7.00	-2.00	8.00	8.00	7.00
14-Feb		98.00	444.00	98.00	434.00	455.00	446.00	-2.00	6.00	-2.00	7.00	9.00	6.00
20-Feb		98.00	444.00	97.00	435.00	454.00	446.00	-2.00	6.00	-3.00	8.00	8.00	6.00
28-Feb		98.00	444.00	98.00	434.00	454.00	446.00	-2.00	6.00	-2.00	7.00	8.00	6.00
6-Mar		98.00	444.00	97.00	435.00	455.00	446.00	-2.00	6.00	-3.00	8.00	9.00	6.00
13-Mar		98.00	444.00	98.00	435.00	455.00	446.00	-2.00	6.00	-2.00	8.00	9.00	6.00

MEDICIONES EXTENSÓMETRO DE ESTACAS No9							DESPLAZAMIENTO ACUMULADO EE9 (cm)						
Fecha	HORA	1 - 2 (cm)	2 - 3 (cm)	3 - 4 (cm)	1 - 4 (cm)	1 - 3 (cm)	2 - 4 (cm)	1 - 2	2 - 3	3 - 4	1 - 4	1 - 3	2 - 4
23-Sep		100.00	357.00	100.00	307.00	349.00	370.00						
3-Oct		98.00	360.00	102.00	337.00	351.00	373.00	-2.00	3.00	2.00	30.00	2.00	3.00
17-Oct		98.00	360.00	102.00	337.00	350.00	372.00	-2.00	3.00	2.00	30.00	1.00	2.00
24-Oct		97.00	358.00	101.00	337.00	349.00	371.00	-3.00	1.00	1.00	30.00	0.00	1.00
31-Oct		97.00	358.00	101.00	337.00	349.00	370.00	-3.00	1.00	1.00	30.00	0.00	0.00
5-Nov		97.00	358.00	101.00	338.00	350.00	370.00	-3.00	1.00	1.00	31.00	1.00	0.00
13-Nov		96.00	358.00	101.00	338.00	351.00	372.00	-4.00	1.00	1.00	31.00	2.00	2.00
21-Nov		97.00	358.00	101.00	337.00	351.00	371.00	-3.00	1.00	1.00	31.00	2.00	1.00
29-Nov		97.00	359.00	101.00	338.00	352.00	372.00	-3.00	2.00	1.00	30.00	3.00	2.00
5-Dic		96.00	359.00	101.00	338.00	351.00	372.00	-4.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00
11-Dic		97.00	360.00	101.00	337.00	351.00	373.00	-3.00	3.00	1.00	1.00	2.00	3.00
17-Dic		97.00	359.00	101.00	337.00	352.00	371.00	-3.00	2.00	1.00	1.00	3.00	1.00
9-Ene		96.00	359.00	100.00	338.00	352.00	372.00	-4.00	2.00	0.00	2.00	3.00	2.00
16-Ene		96.00	359.00	101.00	339.00	351.00	372.00	-4.00	2.00	1.00	3.00	2.00	2.00
23-Ene		96.00	360.00	101.00	340.00	352.00	373.00	-4.00	3.00	1.00	4.00	3.00	3.00
3													

**ANEXO A7-5**

**Registros Piezómetros Casagrande**

**REGISTROS DE NIVEL FREATICO DE LOS PIEZOMETROS CASAGRANDE PC1, PC2, PC3, INC1, INC5, INC7**

PIEZOMETRO DE CASAGRANDE PC1			
FECHA	HORA	PROF (m)	N.F (m)
18/05/2002	10:30	6,20	Seco
21/05/2002	11:50	6,00	Seco
22/05/2002	08:40	6,00	Seco
23/05/2002	14:00	6,00	Seco
24/05/2002	12:35	6,00	Seco
25/05/2002	15:30	6,00	Seco
26/05/2002	14:20	6,00	Seco
27/05/2002	08:30	6,00	Seco
28/05/2002	09:30	6,00	Seco
29/05/2002	10:30	6,00	Seco
30/05/2002	11:30	6,00	Seco
07/06/2002	14:00	6,00	Seco
08/06/2002	15:00	6,00	Seco
09/06/2002	08:00	6,00	Seco
10/06/2002	09:00	6,00	Seco
11/06/2002	15:00	6,00	Seco
13/06/2002	15:00	6,00	Seco
20/06/2002	DESTRUCCION DEL POZO		

PIEZOMETRO DE CASAGRANDE PC2			
FECHA	HORA	PROF (m)	N.F (m)
18/05/2002	08:30	22,00	10,27
20/05/2002	10:50	22,00	12,85
21/05/2002	11:30	22,00	14,10
22/05/2002	08:00	22,00	14,90
23/05/2002	13:45	22,00	14,90
24/05/2002	10:35	22,00	14,97
25/05/2002	12:42	22,00	15,02
26/05/2002	15:30	22,00	15,36
27/05/2002	08:30	22,00	15,35
28/05/2002		20,20	15,94
29/05/2002		20,20	16,24
30/05/2002		20,20	16,68
31/05/2002		20,20	16,70
02/06/2002	09:30	20,20	17,90
03/06/2002	15:00	20,20	17,70
04/06/2002	09:00	20,20	17,12
05/06/2002	10:00	20,20	17,16
07/06/2002	14:00	20,20	16,70
08/06/2002	15:00	20,20	16,70
09/06/2002	08:00	20,20	16,40
10/06/2002	09:00	20,20	16,60
11/06/2002	15:00	20,20	16,50
13/06/2002	15:00	20,20	16,50
20/06/2002	13:55	20,20	16,50
24/06/2002	11:00	20,20	16,30
28/06/2002	11:00	20,00	17,50
04/07/2002	08:00	19,90	17,50
25/07/2002	08:00	19,80	17,12
02/08/2002	10:00	17,8	16,22
22/08/2002	11:10	15,4	15,4
05/09/2002	10:30	Destrucción pozo	

INCLINOMETRO INC1(P4)			
FECHA	HORA	PROF (m)	N.F (m)
29/11/2002	09:45	20,00	14,76
05/12/2002	09:30	20,00	14,50
11/12/2002	14:00	20,00	14,83
17/12/2002	09:30	20,00	14,05
09/01/2003		20,00	15,78
23/01/2003	10:00	20,00	14,7
14/02/2003	TAPA ENTERRADA		
27/02/2003	TAPA ENTERRADA		
11/03/2003	TAPA ENTERRADA		
28/03/2003	08:40	20	15,75
07/04/2003	09:00	20	15,64
24/04/2003	08:50	20	9,84

PIEZOMETRO DE CASAGRANDE PC3			
FECHA	HORA	PROF (m)	N.F (m)
18/05/2002	08:05	29,90	18,75
20/05/2002	11:10	29,90	21,75
21/05/2002	11:30	29,90	22,69
22/05/2002	07:50	29,90	22,40
23/05/2002	13:30	29,60	22,40
24/05/2002	10:30	29,60	22,56
25/05/2002	12:35	29,60	22,65
26/05/2002	15:30	29,60	22,36
27/05/2002	08:30	29,60	22,36
28/05/2002		29,40	22,92
29/05/2002		29,40	23,24
30/05/2002		29,40	23,60
31/05/2002		29,40	23,64
02/06/2002	09:30	29,40	23,30
03/06/2002	15:00	29,40	24,70
04/06/2002	09:00	29,40	25,10
05/06/2002	10:00	29,40	25,10
07/06/2002	14:00	29,40	25,70
08/06/2002	15:00	29,45	25,70
09/06/2002	08:00	29,40	25,35
10/06/2002	09:00	29,40	25,70
11/06/2002	15:00	29,40	26,50
13/06/2002	15:00	29,40	26,00
20/06/2002	13:55	28,30	28,00
24/06/2002	11:00	28,10	27,25
28/06/2002	11:00	28,60	28,60
04/07/2002	08:00	28,50	Seco
25/07/2002	08:00	28,30	Seco
02/08/2002	10:00	28,30	Seco
22/08/2002	11:10	28,00	Seco
05/09/2002	10:30	28,00	Seco
23/09/2002	11:30	28,00	Seco
03/10/2002	11:00	28,00	Seco
10/10/2002	11:30	28,00	Seco
24/10/2002	11:15	28,00	Seco
13/11/2002	11:45	28,00	Seco
29/11/2002	09:30	28,00	Seco
05/12/2002	10:00	28,00	Seco
11/12/2002	14:00	28,00	Seco
17/12/2002	09:30	28,00	Seco
09/01/2003		27,00	Seco
23/01/2003	10:00	27,00	Seco
14/02/2003	11:30	27,00	Seco
27/02/2003		27,00	Seco
11/03/2003	10:10	27,00	Seco
28/03/2003	10:50	27,00	Seco
07/04/2003	09:30	27,00	Seco
24/04/2003	09:00	27,00	Seco

INCLINOMETRO INC5 (P9)			
FECHA	HORA	PROF (m)	N.F (m)
28/03/2003	10:00	39,50	29,40
07/04/2003	09:50	39,50	30,05
24/04/2003	10:30	39,50	29,87

INCLINOMETRO INC7 (P11)			
FECHA	HORA	PROF (m)	N.F (m)
28/03/2003	11:30	20,50	10,43
07/04/2003	11:05	20,50	10,45
24/04/2003	11:15	20,50	10,36

**ANEXO A7-6**

**Registros Inclínómetros de Precisión**



REGISTROS DE INSTRUMENTACION  
INCLINOMETRO 1

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0004"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 11:06 ON 26/07/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0034,+0.0105,-0.1951,-0.1955          -0.5,-0.0036,+0.0113,-0.1951,-0.1955          -1.0,-0.0042,+0.0116,-0.1951,-0.1955          -1.5,-0.0044,+0.0118,-0.1951,-0.1955          -2.0,-0.0043,+0.0110,-0.1950,-0.1955          -2.5,-0.0041,+0.0115,-0.1950,-0.1955          -3.0,-0.0040,+0.0114,-0.1951,-0.1955          -3.5,-0.0038,+0.0113,-0.1951,-0.1955          -4.0,-0.0038,+0.0112,-0.1951,-0.1955          -4.5,-0.0038,+0.0112,-0.1951,-0.1955          -5.0,-0.0042,+0.0116,-0.1950,-0.1955          -5.5,-0.0048,+0.0122,-0.1950,-0.1955          -6.0,-0.0046,+0.0121,-0.1950,-0.1955          -6.5,-0.0046,+0.0120,-0.1950,-0.1955          -7.0,-0.0047,+0.0121,-0.1950,-0.1955          -7.5,-0.0049,+0.0123,-0.1950,-0.1955          -8.0,-0.0049,+0.0121,-0.1950,-0.1955          -8.5,-0.0047,+0.0121,-0.1950,-0.1955          -9.0,-0.0048,+0.0122,-0.1950,-0.1955          -9.5,-0.0054,+0.0124,-0.1950,-0.1955          -10.0,-0.0045,+0.0123,-0.1950,-0.1955          -10.5,-0.0059,+0.0124,-0.1950,-0.1955          -11.0,-0.0054,+0.0128,-0.1950,-0.1956          -11.5,-0.0049,+0.0129,-0.1950,-0.1955          -12.0,-0.0057,+0.0128,-0.1950,-0.1955          -12.5,-0.0048,+0.0126,-0.1950,-0.1955          -13.0,-0.0050,+0.0124,-0.1950,-0.1955          -13.5,-0.0047,+0.0122,-0.1950,-0.1955          -14.0,-0.0049,+0.0120,-0.1950,-0.1955          -14.5,-0.0054,+0.0129,-0.1950,-0.1955          -15.0,-0.0051,+0.0125,-0.1950,-0.1955          -15.5,-0.0047,+0.0122,-0.1950,-0.1955          -16.0,-0.0043,+0.0118,-0.1950,-0.1955          -16.5,-0.0043,+0.0118,-0.1950,-0.1955          -17.0,-0.0042,+0.0118,-0.1950,-0.1955          -17.5,-0.0045,+0.0117,-0.1950,-0.1955          -18.0,-0.0043,+0.0118,-0.1950,-0.1955          -18.5,-0.0046,+0.0121,-0.1950,-0.1955          -19.0,-0.0049,+0.0124,-0.1950,-0.1955          -19.5,-0.0054,+0.0128,-0.1950,-0.1955          -20.0,-0.0059,+0.0134,-0.1950,-0.1955</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0004"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 10:55 ON 02/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0034,+0.0110,-0.1952,-0.1955          -0.5,-0.0037,+0.0106,-0.1951,-0.1955          -1.0,-0.0042,+0.0117,-0.1952,-0.1956          -1.5,-0.0043,+0.0119,-0.1951,-0.1956          -2.0,-0.0043,+0.0113,-0.1952,-0.1955          -2.5,-0.0041,+0.0116,-0.1951,-0.1955          -3.0,-0.0040,+0.0115,-0.1951,-0.1955          -3.5,-0.0038,+0.0113,-0.1952,-0.1955          -4.0,-0.0038,+0.0113,-0.1951,-0.1955          -4.5,-0.0038,+0.0112,-0.1952,-0.1956          -5.0,-0.0042,+0.0117,-0.1952,-0.1956          -5.5,-0.0047,+0.0123,-0.1952,-0.1956          -6.0,-0.0046,+0.0121,-0.1951,-0.1956          -6.5,-0.0046,+0.0121,-0.1951,-0.1955          -7.0,-0.0047,+0.0122,-0.1952,-0.1956          -7.5,-0.0049,+0.0124,-0.1951,-0.1956          -8.0,-0.0049,+0.0121,-0.1951,-0.1956          -8.5,-0.0047,+0.0122,-0.1952,-0.1956          -9.0,-0.0047,+0.0122,-0.1951,-0.1956          -9.5,-0.0048,+0.0123,-0.1951,-0.1956          -10.0,-0.0048,+0.0124,-0.1951,-0.1956          -10.5,-0.0048,+0.0126,-0.1951,-0.1956          -11.0,-0.0055,+0.0128,-0.1951,-0.1956          -11.5,-0.0054,+0.0130,-0.1951,-0.1956          -12.0,-0.0054,+0.0129,-0.1951,-0.1956          -12.5,-0.0052,+0.0127,-0.1951,-0.1956          -13.0,-0.0050,+0.0125,-0.1951,-0.1956          -13.5,-0.0048,+0.0123,-0.1951,-0.1956          -14.0,-0.0054,+0.0123,-0.1951,-0.1956          -14.5,-0.0054,+0.0130,-0.1951,-0.1956          -15.0,-0.0050,+0.0126,-0.1951,-0.1956          -15.5,-0.0047,+0.0123,-0.1952,-0.1956          -16.0,-0.0042,+0.0118,-0.1951,-0.1955          -16.5,-0.0043,+0.0119,-0.1951,-0.1956          -17.0,-0.0042,+0.0118,-0.1951,-0.1956          -17.5,-0.0045,+0.0118,-0.1951,-0.1955          -18.0,-0.0043,+0.0118,-0.1951,-0.1955          -18.5,-0.0046,+0.0122,-0.1951,-0.1955          -19.0,-0.0049,+0.0124,-0.1951,-0.1955          -19.5,-0.0054,+0.0129,-0.1951,-0.1956          -20.0,-0.0060,+0.0135,-0.1951,-0.1956</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0004"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 08:18 ON 22/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0071,+0.0099,+0.0085,-0.0083          -0.5,-0.0075,+0.0085,+0.0069,-0.0068          -1.0,-0.0079,+0.0091,+0.0042,-0.0040          -1.5,-0.0081,+0.0091,+0.0012,-0.0010          -2.0,-0.0085,+0.0084,+0.0003,+0.0006          -2.5,-0.0077,+0.0087,-0.0006,+0.0008          -3.0,-0.0076,+0.0086,-0.0012,+0.0014          -3.5,-0.0075,+0.0084,-0.0018,+0.0019          -4.0,-0.0075,+0.0085,-0.0023,+0.0025          -4.5,-0.0074,+0.0083,-0.0028,+0.0030          -5.0,-0.0078,+0.0088,-0.0030,+0.0032          -5.5,-0.0084,+0.0093,-0.0029,+0.0031          -6.0,-0.0081,+0.0091,-0.0027,+0.0029          -6.5,-0.0081,+0.0091,-0.0027,+0.0029          -7.0,-0.0082,+0.0091,-0.0026,+0.0028          -7.5,-0.0086,+0.0095,-0.0022,+0.0024          -8.0,-0.0085,+0.0092,-0.0021,+0.0021          -8.5,-0.0082,+0.0091,-0.0025,+0.0027          -9.0,-0.0081,+0.0091,-0.0022,+0.0024          -9.5,-0.0083,+0.0093,-0.0017,+0.0019          -10.0,-0.0084,+0.0092,-0.0010,+0.0012          -10.5,-0.0083,+0.0094,-0.0004,+0.0005          -11.0,-0.0091,+0.0100,+0.0003,-0.0005          -11.5,-0.0092,+0.0102,+0.0009,-0.0007          -12.0,-0.0092,+0.0101,+0.0013,-0.0011          -12.5,-0.0089,+0.0098,+0.0019,-0.0016          -13.0,-0.0087,+0.0097,+0.0023,-0.0020          -13.5,-0.0085,+0.0094,+0.0026,-0.0024          -14.0,-0.0090,+0.0087,+0.0031,-0.0028          -14.5,-0.0092,+0.0101,+0.0029,-0.0027          -15.0,-0.0087,+0.0098,+0.0021,-0.0018          -15.5,-0.0083,+0.0094,+0.0010,-0.0008          -16.0,-0.0074,+0.0084,-0.0014,+0.0016          -16.5,-0.0077,+0.0088,-0.0012,+0.0014          -17.0,-0.0077,+0.0091,-0.0005,+0.0002          -17.5,-0.0081,+0.0086,+0.0021,-0.0011          -18.0,-0.0079,+0.0089,+0.0017,-0.0014          -18.5,-0.0082,+0.0093,+0.0015,-0.0012          -19.0,-0.0085,+0.0096,+0.0012,-0.0009          -19.5,-0.0090,+0.0101,+0.0010,-0.0008          -20.0,-0.0097,+0.0108,+0.0007,-0.0004</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0004"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 11:45 ON 28/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0040,+0.0113,-0.1947,-0.1953          -0.5,-0.0044,+0.0118,-0.1947,-0.1953          -1.0,-0.0049,+0.0122,-0.1946,-0.1953          -1.5,-0.0050,+0.0123,-0.1946,-0.1953          -2.0,-0.0054,+0.0117,-0.1946,-0.1953          -2.5,-0.0046,+0.0120,-0.1946,-0.1953          -3.0,-0.0045,+0.0120,-0.1946,-0.1953          -3.5,-0.0044,+0.0118,-0.1946,-0.1953          -4.0,-0.0045,+0.0118,-0.1946,-0.1953          -4.5,-0.0044,+0.0117,-0.1946,-0.1952          -5.0,-0.0048,+0.0122,-0.1946,-0.1953          -5.5,-0.0053,+0.0126,-0.1946,-0.1953          -6.0,-0.0050,+0.0124,-0.1946,-0.1952          -6.5,-0.0051,+0.0124,-0.1946,-0.1953          -7.0,-0.0052,+0.0125,-0.1945,-0.1952          -7.5,-0.0055,+0.0129,-0.1945,-0.1953          -8.0,-0.0055,+0.0125,-0.1946,-0.1953          -8.5,-0.0051,+0.0124,-0.1945,-0.1952          -9.0,-0.0051,+0.0124,-0.1945,-0.1952          -9.5,-0.0053,+0.0126,-0.1945,-0.1952          -10.0,-0.0044,+0.0126,-0.1945,-0.1952          -10.5,-0.0048,+0.0124,-0.1945,-0.1952          -11.0,-0.0056,+0.0132,-0.1945,-0.1952          -11.5,-0.0062,+0.0134,-0.1945,-0.1952          -12.0,-0.0061,+0.0133,-0.1945,-0.1952          -12.5,-0.0058,+0.0131,-0.1944,-0.1952          -13.0,-0.0056,+0.0129,-0.1944,-0.1952          -13.5,-0.0053,+0.0126,-0.1945,-0.1952          -14.0,-0.0058,+0.0120,-0.1944,-0.1951          -14.5,-0.0060,+0.0133,-0.1944,-0.1952          -15.0,-0.0056,+0.0130,-0.1944,-0.1952          -15.5,-0.0052,+0.0125,-0.1944,-0.1951          -16.0,-0.0042,+0.0115,-0.1944,-0.1951          -16.5,-0.0046,+0.0120,-0.1944,-0.1951          -17.0,-0.0049,+0.0124,-0.1944,-0.1951          -17.5,-0.0049,+0.0119,-0.1944,-0.1951          -18.0,-0.0048,+0.0121,-0.1944,-0.1951          -18.5,-0.0052,+0.0125,-0.1944,-0.1951          -19.0,-0.0055,+0.0129,-0.1944,-0.1951          -19.5,-0.0061,+0.0134,-0.1945,-0.1951          -20.0,-0.0067,+0.0141,-0.1945,-0.1952</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0004"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 10:02 ON 23/09/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0081,+0.0092,+0.0085,-0.0082          -0.5,-0.0085,+0.0094,+0.0070,-0.0067          -1.0,-0.0090,+0.0098,+0.0043,-0.0040          -1.5,-0.0090,+0.0099,+0.0014,-0.0011          -2.0,-0.0093,+0.0091,+0.0005,+0.0003          -2.5,-0.0085,+0.0094,-0.0002,+0.0005          -3.0,-0.0085,+0.0094,-0.0008,+0.0011          -3.5,-0.0084,+0.0092,-0.0014,+0.0017          -4.0,-0.0084,+0.0093,-0.0020,+0.0024          -4.5,-0.0083,+0.0092,-0.0026,+0.0029          -5.0,-0.0086,+0.0095,-0.0028,+0.0031          -5.5,-0.0090,+0.0099,-0.0028,+0.0032          -6.0,-0.0087,+0.0096,-0.0028,+0.0031          -6.5,-0.0087,+0.0095,-0.0029,+0.0032          -7.0,-0.0089,+0.0097,-0.0029,+0.0032          -7.5,-0.0093,+0.0102,-0.0022,+0.0026          -8.0,-0.0093,+0.0100,-0.0016,+0.0019          -8.5,-0.0087,+0.0095,-0.0023,+0.0026          -9.0,-0.0087,+0.0095,-0.0022,+0.0025          -9.5,-0.0089,+0.0097,-0.0016,+0.0019          -10.0,-0.0089,+0.0098,-0.0008,+0.0011          -10.5,-0.0091,+0.0100,+0.0000,+0.0003          -11.0,-0.0097,+0.0105,+0.0006,-0.0003          -11.5,-0.0097,+0.0106,+0.0006,-0.0002          -12.0,-0.0097,+0.0106,+0.0011,-0.0008          -12.5,-0.0095,+0.0103,+0.0020,-0.0016          -13.0,-0.0094,+0.0103,+0.0026,-0.0023          -13.5,-0.0093,+0.0102,+0.0030,-0.0027          -14.0,-0.0098,+0.0091,+0.0037,-0.0030          -14.5,-0.0099,+0.0108,+0.0034,-0.0030          -15.0,-0.0096,+0.0106,+0.0026,-0.0022          -15.5,-0.0090,+0.0100,+0.0015,-0.0011          -16.0,-0.0073,+0.0081,-0.0024,+0.0027          -16.5,-0.0081,+0.0091,-0.0014,+0.0016          -17.0,-0.0085,+0.0098,+0.0002,-0.0004          -17.5,-0.0086,+0.0089,+0.0018,-0.0008          -18.0,-0.0086,+0.0095,+0.0015,-0.0012          -18.5,-0.0088,+0.0097,+0.0016,-0.0012          -19.0,-0.0094,+0.0103,+0.0013,-0.0010          -19.5,-0.0100,+0.0109,+0.0017,-0.0014          -20.0,-0.0108,+0.0117,+0.0017,-0.0013</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0004"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 10:11 ON 03/10/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0081,+0.0092,+0.0085,-0.0083          -0.5,-0.0084,+0.0094,+0.0069,-0.0067          -1.0,-0.0089,+0.0099,+0.0042,-0.0040          -1.5,-0.0090,+0.0100,+0.0013,-0.0011          -2.0,-0.0093,+0.0093,+0.0005,+0.0002          -2.5,-0.0085,+0.0096,-0.0003,+0.0005          -3.0,-0.0085,+0.0095,-0.0009,+0.0010          -3.5,-0.0083,+0.0093,-0.0014,+0.0016          -4.0,-0.0083,+0.0093,-0.0020,+0.0023          -4.5,-0.0083,+0.0092,-0.0027,+0.0028          -5.0,-0.0086,+0.0096,-0.0029,+0.0031          -5.5,-0.0091,+0.0100,-0.0030,+0.0032          -6.0,-0.0087,+0.0097,-0.0029,+0.0030          -6.5,-0.0087,+0.0097,-0.0030,+0.0031          -7.0,-0.0088,+0.0098,-0.0030,+0.0032          -7.5,-0.0093,+0.0103,-0.0024,+0.0026          -8.0,-0.0093,+0.0101,-0.0017,+0.0018          -8.5,-0.0086,+0.0096,-0.0024,+0.0025          -9.0,-0.0086,+0.0096,-0.0022,+0.0024          -9.5,-0.0088,+0.0097,-0.0017,+0.0019          -10.0,-0.0089,+0.0098,-0.0009,+0.0011          -10.5,-0.0091,+0.0100,-0.0001,+0.0003          -11.0,-0.0096,+0.0107,+0.0004,-0.0003          -11.5,-0.0098,+0.0107,+0.0004,-0.0002          -12.0,-0.0097,+0.0107,+0.0010,-0.0009          -12.5,-0.0095,+0.0105,+0.0019,-0.0017          -13.0,-0.0094,+0.0104,+0.0026,-0.0024          -13.5,-0.0093,+0.0103,+0.0030,-0.0028          -14.0,-0.0092,+0.0093,+0.0038,-0.0035          -14.5,-0.0098,+0.0108,+0.0033,-0.0031          -15.0,-0.0096,+0.0106,+0.0025,-0.0023          -15.5,-0.0091,+0.0101,+0.0014,-0.0012          -16.0,-0.0073,+0.0082,-0.0026,+0.0027          -16.5,-0.0081,+0.0092,-0.0015,+0.0015          -17.0,-0.0085,+0.0098,+0.0001,-0.0006          -17.5,-0.0086,+0.0090,+0.0016,-0.0008          -18.0,-0.0086,+0.0095,+0.0014,-0.0012          -18.5,-0.0089,+0.0098,+0.0015,-0.0014          -19.0,-0.0094,+0.0104,+0.0012,-0.0011          -19.5,-0.0101,+0.0110,+0.0016,-0.0015          -20.0,-0.0109,+0.0118,+0.0016,-0.0015</p>
---	---

<p>INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0004"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 15:13 ON 13/11/02"  "DEPTH OF TUBE : -020.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"  "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0049,-0.0032,-0.1952,-0.1953  -0.5,-0.0052,-0.0004,-0.1953,-0.1953  -1.0,-0.0057,+0.0025,-0.1953,-0.1954  -1.5,-0.0058,+0.0031,-0.1954,-0.1954  -2.0,-0.0061,+0.0039,-0.1954,-0.1954  -2.5,-0.0055,+0.0045,-0.1954,-0.1953  -3.0,-0.0054,+0.0051,-0.1954,-0.1953  -3.5,-0.0053,+0.0058,-0.1954,-0.1953  -4.0,-0.0053,+0.0063,-0.1954,-0.1954  -4.5,-0.0052,+0.0064,-0.1954,-0.1953  -5.0,-0.0056,+0.0068,-0.1954,-0.1953  -5.5,-0.0060,+0.0067,-0.1954,-0.1953  -6.0,-0.0057,+0.0069,-0.1954,-0.1953  -6.5,-0.0057,+0.0069,-0.1954,-0.1953  -7.0,-0.0058,+0.0069,-0.1954,-0.1953  -7.5,-0.0063,+0.0061,-0.1954,-0.1953  -8.0,-0.0063,+0.0054,-0.1954,-0.1953  -8.5,-0.0055,+0.0060,-0.1954,-0.1953  -9.0,-0.0055,+0.0058,-0.1954,-0.1953  -9.5,-0.0056,+0.0054,-0.1954,-0.1953  -10.0,-0.0058,+0.0046,-0.1953,-0.1952  -10.5,-0.0060,+0.0036,-0.1953,-0.1953  -11.0,-0.0066,+0.0026,-0.1953,-0.1953  -11.5,-0.0067,+0.0033,-0.1953,-0.1952  -12.0,-0.0067,+0.0025,-0.1953,-0.1952  -12.5,-0.0065,+0.0016,-0.1952,-0.1952  -13.0,-0.0063,+0.0009,-0.1952,-0.1952  -13.5,-0.0062,+0.0005,-0.1952,-0.1952  -14.0,-0.0066,-0.0008,-0.1952,-0.1952  -14.5,-0.0066,+0.0004,-0.1952,-0.1952  -15.0,-0.0065,+0.0011,-0.1952,-0.1952  -15.5,-0.0060,+0.0022,-0.1952,-0.1952  -16.0,-0.0042,+0.0066,-0.1954,-0.1951  -16.5,-0.0050,+0.0052,-0.1953,-0.1951  -17.0,-0.0054,+0.0034,-0.1953,-0.1951  -17.5,-0.0055,+0.0023,-0.1952,-0.1951  -18.0,-0.0055,+0.0022,-0.1952,-0.1951  -18.5,-0.0058,+0.0021,-0.1952,-0.1951  -19.0,-0.0064,+0.0024,-0.1952,-0.1951  -19.5,-0.0071,+0.0019,-0.1952,-0.1951  -20.0,-0.0078,+0.0017,-0.1952,-0.1951  -20.5,-0.0082,+0.0016,-0.1952,-0.1951</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0004"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 10:22 ON 29/11/02"  "DEPTH OF TUBE : -020.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"  "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0082,+0.0093,+0.0085,-0.0083  -0.5,-0.0086,+0.0095,+0.0069,-0.0066  -1.0,-0.0090,+0.0099,+0.0041,-0.0038  -1.5,-0.0091,+0.0100,+0.0013,-0.0010  -2.0,-0.0093,+0.0094,+0.0005,+0.0002  -2.5,-0.0087,+0.0097,-0.0002,+0.0005  -3.0,-0.0087,+0.0096,-0.0007,+0.0011  -3.5,-0.0085,+0.0094,-0.0013,+0.0016  -4.0,-0.0085,+0.0094,-0.0020,+0.0023  -4.5,-0.0084,+0.0093,-0.0026,+0.0029  -5.0,-0.0087,+0.0097,-0.0030,+0.0033  -5.5,-0.0092,+0.0101,-0.0031,+0.0034  -6.0,-0.0089,+0.0098,-0.0030,+0.0033  -6.5,-0.0089,+0.0098,-0.0031,+0.0034  -7.0,-0.0090,+0.0099,-0.0030,+0.0033  -7.5,-0.0095,+0.0103,-0.0023,+0.0026  -8.0,-0.0095,+0.0102,-0.0016,+0.0018  -8.5,-0.0087,+0.0095,-0.0023,+0.0026  -9.0,-0.0086,+0.0095,-0.0022,+0.0025  -9.5,-0.0088,+0.0097,-0.0018,+0.0021  -10.0,-0.0090,+0.0106,-0.0010,+0.0008  -10.5,-0.0092,+0.0102,-0.0001,+0.0004  -11.0,-0.0099,+0.0108,+0.0004,-0.0004  -11.5,-0.0100,+0.0108,+0.0004,+0.0000  -12.0,-0.0099,+0.0108,+0.0011,-0.0008  -12.5,-0.0097,+0.0106,+0.0020,-0.0016  -13.0,-0.0096,+0.0105,+0.0027,-0.0023  -13.5,-0.0095,+0.0104,+0.0031,-0.0027  -14.0,-0.0099,+0.0093,+0.0038,-0.0031  -14.5,-0.0099,+0.0108,+0.0033,-0.0030  -15.0,-0.0098,+0.0107,+0.0026,-0.0022  -15.5,-0.0092,+0.0102,+0.0015,-0.0012  -16.0,-0.0073,+0.0080,-0.0028,+0.0030  -16.5,-0.0082,+0.0091,-0.0014,+0.0015  -17.0,-0.0088,+0.0099,+0.0004,-0.0004  -17.5,-0.0087,+0.0091,+0.0016,-0.0009  -18.0,-0.0087,+0.0096,+0.0016,-0.0012  -18.5,-0.0090,+0.0099,+0.0017,-0.0013  -19.0,-0.0097,+0.0106,+0.0014,-0.0011  -19.5,-0.0103,+0.0111,+0.0019,-0.0015  -20.0,-0.0110,+0.0119,+0.0019,-0.0016</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0004"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 10:23 ON 12/12/02"  "DEPTH OF TUBE : -020.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,-0.0083,+0.0096,+0.0084,-0.0080  -0.5,-0.0087,+0.0096,+0.0069,-0.0066  -1.0,-0.0091,+0.0100,+0.0041,-0.0038  -1.5,-0.0091,+0.0100,+0.0013,-0.0010  -2.0,-0.0093,+0.0095,+0.0005,+0.0002  -2.5,-0.0088,+0.0097,-0.0001,+0.0005  -3.0,-0.0087,+0.0096,-0.0007,+0.0011  -3.5,-0.0086,+0.0094,-0.0013,+0.0017  -4.0,-0.0086,+0.0094,-0.0019,+0.0024  -4.5,-0.0085,+0.0093,-0.0026,+0.0030  -5.0,-0.0088,+0.0097,-0.0030,+0.0033  -5.5,-0.0093,+0.0101,-0.0031,+0.0035  -6.0,-0.0090,+0.0098,-0.0031,+0.0034  -6.5,-0.0090,+0.0098,-0.0031,+0.0034  -7.0,-0.0091,+0.0100,-0.0029,+0.0032  -7.5,-0.0095,+0.0103,-0.0022,+0.0026  -8.0,-0.0094,+0.0102,-0.0015,+0.0019  -8.5,-0.0087,+0.0095,-0.0022,+0.0026  -9.0,-0.0087,+0.0095,-0.0022,+0.0025  -9.5,-0.0088,+0.0097,-0.0017,+0.0021  -10.0,-0.0090,+0.0098,-0.0010,+0.0013  -10.5,-0.0092,+0.0101,-0.0001,+0.0004  -11.0,-0.0099,+0.0108,+0.0004,-0.0002  -11.5,-0.0100,+0.0109,+0.0004,+0.0000  -12.0,-0.0100,+0.0108,+0.0011,-0.0007  -12.5,-0.0098,+0.0106,+0.0020,-0.0016  -13.0,-0.0097,+0.0105,+0.0027,-0.0023  -13.5,-0.0095,+0.0104,+0.0031,-0.0027  -14.0,-0.0100,+0.0094,+0.0038,-0.0033  -14.5,-0.0100,+0.0108,+0.0033,-0.0029  -15.0,-0.0098,+0.0108,+0.0026,-0.0022  -15.5,-0.0092,+0.0102,+0.0016,-0.0011  -16.0,-0.0073,+0.0080,-0.0028,+0.0031  -16.5,-0.0083,+0.0093,-0.0014,+0.0016  -17.0,-0.0088,+0.0098,+0.0005,-0.0003  -17.5,-0.0086,+0.0093,+0.0015,-0.0009  -18.0,-0.0088,+0.0096,+0.0016,-0.0012  -18.5,-0.0091,+0.0099,+0.0017,-0.0013  -19.0,-0.0097,+0.0107,+0.0014,-0.0011  -19.5,-0.0104,+0.0112,+0.0019,-0.0015  -20.0,-0.0111,+0.0119,+0.0019,-0.0016</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0004"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 10:49 ON 17/12/02"  "DEPTH OF TUBE : -020.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,-0.0085,+0.0094,+0.0085,-0.0081  -0.5,-0.0087,+0.0096,+0.0070,-0.0066  -1.0,-0.0091,+0.0100,+0.0041,-0.0038  -1.5,-0.0091,+0.0100,+0.0013,-0.0009  -2.0,-0.0093,+0.0095,+0.0004,+0.0002  -2.5,-0.0087,+0.0097,-0.0001,+0.0005  -3.0,-0.0087,+0.0096,-0.0007,+0.0011  -3.5,-0.0085,+0.0095,-0.0012,+0.0016  -4.0,-0.0085,+0.0095,-0.0019,+0.0023  -4.5,-0.0084,+0.0094,-0.0026,+0.0030  -5.0,-0.0088,+0.0097,-0.0029,+0.0033  -5.5,-0.0092,+0.0101,-0.0030,+0.0034  -6.0,-0.0089,+0.0098,-0.0030,+0.0033  -6.5,-0.0089,+0.0098,-0.0031,+0.0034  -7.0,-0.0090,+0.0099,-0.0030,+0.0034  -7.5,-0.0095,+0.0104,-0.0023,+0.0027  -8.0,-0.0095,+0.0102,-0.0016,+0.0019  -8.5,-0.0087,+0.0096,-0.0022,+0.0026  -9.0,-0.0087,+0.0095,-0.0022,+0.0025  -9.5,-0.0088,+0.0097,-0.0017,+0.0021  -10.0,-0.0089,+0.0098,-0.0009,+0.0013  -10.5,-0.0092,+0.0101,-0.0001,+0.0005  -11.0,-0.0099,+0.0108,+0.0004,-0.0001  -11.5,-0.0100,+0.0108,+0.0004,+0.0000  -12.0,-0.0099,+0.0109,+0.0011,-0.0007  -12.5,-0.0097,+0.0106,+0.0020,-0.0016  -13.0,-0.0096,+0.0105,+0.0027,-0.0024  -13.5,-0.0095,+0.0104,+0.0031,-0.0027  -14.0,-0.0099,+0.0099,+0.0037,-0.0034  -14.5,-0.0098,+0.0108,+0.0034,-0.0029  -15.0,-0.0098,+0.0108,+0.0026,-0.0022  -15.5,-0.0092,+0.0102,+0.0016,-0.0011  -16.0,-0.0073,+0.0080,-0.0028,+0.0030  -16.5,-0.0082,+0.0093,-0.0014,+0.0017  -17.0,-0.0087,+0.0100,+0.0003,-0.0005  -17.5,-0.0087,+0.0091,+0.0017,-0.0007  -18.0,-0.0086,+0.0095,+0.0017,-0.0013  -18.5,-0.0090,+0.0100,+0.0017,-0.0013  -19.0,-0.0098,+0.0107,+0.0014,-0.0010  -19.5,-0.0103,+0.0112,+0.0019,-0.0015  -20.0,-0.0108,+0.0119,+0.0019,-0.0015</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0004"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 10:52 ON 09/01/03"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0085,+0.0096,+0.0083,-0.0081          -0.5,-0.0088,+0.0097,+0.0068,-0.0065          -1.0,-0.0092,+0.0101,+0.0041,-0.0038          -1.5,-0.0091,+0.0100,+0.0012,-0.0010          -2.0,-0.0094,+0.0097,+0.0004,+0.0001          -2.5,-0.0088,+0.0097,-0.0001,+0.0005          -3.0,-0.0088,+0.0097,-0.0007,+0.0010          -3.5,-0.0086,+0.0095,-0.0013,+0.0016          -4.0,-0.0086,+0.0095,-0.0020,+0.0023          -4.5,-0.0085,+0.0094,-0.0026,+0.0029          -5.0,-0.0088,+0.0097,-0.0030,+0.0033          -5.5,-0.0093,+0.0102,-0.0032,+0.0035          -6.0,-0.0090,+0.0098,-0.0031,+0.0034          -6.5,-0.0090,+0.0098,-0.0031,+0.0034          -7.0,-0.0091,+0.0100,-0.0029,+0.0032          -7.5,-0.0096,+0.0104,-0.0023,+0.0026          -8.0,-0.0096,+0.0102,-0.0017,+0.0018          -8.5,-0.0087,+0.0096,-0.0022,+0.0025          -9.0,-0.0086,+0.0096,-0.0022,+0.0025          -9.5,-0.0089,+0.0098,-0.0018,+0.0020          -10.0,-0.0090,+0.0098,-0.0010,+0.0013          -10.5,-0.0091,+0.0102,-0.0001,+0.0005          -11.0,-0.0099,+0.0108,+0.0004,-0.0002          -11.5,-0.0100,+0.0109,+0.0003,+0.0000          -12.0,-0.0100,+0.0109,+0.0010,-0.0007          -12.5,-0.0098,+0.0107,+0.0020,-0.0017          -13.0,-0.0097,+0.0106,+0.0027,-0.0024          -13.5,-0.0096,+0.0105,+0.0031,-0.0028          -14.0,-0.0099,+0.0099,+0.0042,-0.0035          -14.5,-0.0100,+0.0109,+0.0033,-0.0030          -15.0,-0.0099,+0.0108,+0.0026,-0.0022          -15.5,-0.0092,+0.0103,+0.0016,-0.0012          -16.0,-0.0073,+0.0080,-0.0029,+0.0031          -16.5,-0.0083,+0.0091,-0.0014,+0.0015          -17.0,-0.0089,+0.0101,+0.0005,-0.0005          -17.5,-0.0085,+0.0091,+0.0014,-0.0007          -18.0,-0.0088,+0.0096,+0.0016,-0.0012          -18.5,-0.0091,+0.0100,+0.0017,-0.0013          -19.0,-0.0098,+0.0107,+0.0014,-0.0011          -19.5,-0.0104,+0.0113,+0.0019,-0.0016          -20.0,-0.0111,+0.0115,+0.0019,-0.0016</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0004"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 12:28 ON 23/01/03"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0085,+0.0096,+0.0082,-0.0080          -0.5,-0.0088,+0.0097,+0.0068,-0.0065          -1.0,-0.0092,+0.0100,+0.0041,-0.0038          -1.5,-0.0091,+0.0100,+0.0012,-0.0010          -2.0,-0.0093,+0.0097,+0.0003,+0.0001          -2.5,-0.0088,+0.0097,-0.0001,+0.0005          -3.0,-0.0088,+0.0096,-0.0008,+0.0010          -3.5,-0.0086,+0.0095,-0.0013,+0.0016          -4.0,-0.0086,+0.0095,-0.0020,+0.0023          -4.5,-0.0085,+0.0093,-0.0027,+0.0030          -5.0,-0.0088,+0.0097,-0.0030,+0.0033          -5.5,-0.0093,+0.0101,-0.0033,+0.0036          -6.0,-0.0090,+0.0098,-0.0032,+0.0034          -6.5,-0.0090,+0.0098,-0.0031,+0.0034          -7.0,-0.0092,+0.0100,-0.0028,+0.0031          -7.5,-0.0096,+0.0104,-0.0022,+0.0025          -8.0,-0.0095,+0.0102,-0.0015,+0.0018          -8.5,-0.0087,+0.0095,-0.0022,+0.0025          -9.0,-0.0087,+0.0095,-0.0023,+0.0025          -9.5,-0.0089,+0.0097,-0.0017,+0.0021          -10.0,-0.0092,+0.0098,-0.0009,+0.0013          -10.5,-0.0094,+0.0101,-0.0001,+0.0004          -11.0,-0.0099,+0.0108,+0.0004,-0.0002          -11.5,-0.0101,+0.0108,+0.0003,+0.0000          -12.0,-0.0101,+0.0109,+0.0010,-0.0007          -12.5,-0.0099,+0.0106,+0.0020,-0.0017          -13.0,-0.0098,+0.0105,+0.0027,-0.0024          -13.5,-0.0096,+0.0104,+0.0031,-0.0028          -14.0,-0.0100,+0.0103,+0.0036,-0.0034          -14.5,-0.0099,+0.0108,+0.0033,-0.0030          -15.0,-0.0099,+0.0108,+0.0026,-0.0022          -15.5,-0.0093,+0.0102,+0.0016,-0.0011          -16.0,-0.0073,+0.0079,-0.0029,+0.0031          -16.5,-0.0083,+0.0091,-0.0015,+0.0015          -17.0,-0.0088,+0.0100,+0.0005,-0.0005          -17.5,-0.0087,+0.0091,+0.0015,-0.0008          -18.0,-0.0088,+0.0096,+0.0016,-0.0013          -18.5,-0.0091,+0.0100,+0.0017,-0.0013          -19.0,-0.0098,+0.0107,+0.0014,-0.0011          -19.5,-0.0104,+0.0112,+0.0019,-0.0016          -20.0,-0.0109,+0.0119,+0.0020,-0.0017</p>
---	---

INCLINOMETER DATA"

"SITE CODE : ABAB"  
"BOREHOLE CODE : 0004"  
"FACES LOGGED : ABCD"  
"TIME/DATE TAKEN : 10:52 ON 28/03/03"  
"DEPTH OF TUBE : -020.0"  
"READING INTERVAL : 0.5m"  
"OPERATING UNITS : metres"

"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"

"metres", "metres", "metres", "metres", "metres"

-0.0,-0.0085,+0.0096,+0.0083,-0.0081  
-0.5,-0.0088,+0.0097,+0.0068,-0.0065  
-1.0,-0.0092,+0.0101,+0.0041,-0.0038  
-1.5,-0.0091,+0.0100,+0.0012,-0.0010  
-2.0,-0.0094,+0.0097,+0.0004,+0.0001  
-2.5,-0.0088,+0.0097,-0.0001,+0.0005  
-3.0,-0.0088,+0.0097,-0.0007,+0.0010  
-3.5,-0.0086,+0.0095,-0.0013,+0.0016  
-4.0,-0.0086,+0.0095,-0.0020,+0.0023  
-4.5,-0.0085,+0.0094,-0.0026,+0.0029  
-5.0,-0.0088,+0.0097,-0.0030,+0.0033  
-5.5,-0.0093,+0.0102,-0.0032,+0.0035  
-6.0,-0.0090,+0.0098,-0.0031,+0.0034  
-6.5,-0.0090,+0.0098,-0.0031,+0.0034  
-7.0,-0.0091,+0.0100,-0.0029,+0.0032  
-7.5,-0.0096,+0.0104,-0.0023,+0.0026  
-8.0,-0.0096,+0.0102,-0.0017,+0.0018  
-8.5,-0.0087,+0.0096,-0.0022,+0.0025  
-9.0,-0.0086,+0.0096,-0.0022,+0.0025  
-9.5,-0.0089,+0.0098,-0.0018,+0.0020  
-10.0,-0.0090,+0.0098,-0.0010,+0.0013  
-10.5,-0.0091,+0.0102,-0.0001,+0.0005  
-11.0,-0.0099,+0.0108,+0.0004,-0.0002  
-11.5,-0.0100,+0.0109,+0.0003,+0.0000  
-12.0,-0.0100,+0.0109,+0.0010,-0.0007  
-12.5,-0.0098,+0.0107,+0.0020,-0.0017  
-13.0,-0.0097,+0.0106,+0.0027,-0.0024  
-13.5,-0.0096,+0.0105,+0.0031,-0.0028  
-14.0,-0.0099,+0.0099,+0.0042,-0.0035  
-14.5,-0.0100,+0.0109,+0.0033,-0.0030  
-15.0,-0.0099,+0.0108,+0.0026,-0.0022  
-15.5,-0.0092,+0.0103,+0.0016,-0.0012  
-16.0,-0.0073,+0.0080,-0.0029,+0.0031  
-16.5,-0.0083,+0.0091,-0.0014,+0.0015  
-17.0,-0.0089,+0.0101,+0.0005,-0.0005  
-17.5,-0.0085,+0.0091,+0.0014,-0.0007  
-18.0,-0.0088,+0.0096,+0.0016,-0.0012  
-18.5,-0.0091,+0.0100,+0.0017,-0.0013  
-19.0,-0.0098,+0.0107,+0.0014,-0.0011  
-19.5,-0.0104,+0.0113,+0.0019,-0.0016  
-20.0,-0.0111,+0.0115,+0.0019,-0.0016



REGISTROS DE INSTRUMENTACION  
INCLINOMETRO 2

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0005"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 11:42 ON 26/07/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0172,-0.0162,-0.0041,+0.0043          -0.5,+0.0166,-0.0158,-0.0042,+0.0044          -1.0,+0.0161,-0.0152,-0.0045,+0.0046          -1.5,+0.0153,-0.0145,-0.0046,+0.0047          -2.0,+0.0140,-0.0132,-0.0039,+0.0039          -2.5,+0.0128,-0.0120,-0.0031,+0.0033          -3.0,+0.0119,-0.0110,-0.0030,+0.0031          -3.5,+0.0118,-0.0110,-0.0034,+0.0035          -4.0,+0.0118,-0.0109,-0.0036,+0.0037          -4.5,+0.0119,-0.0111,-0.0039,+0.0040          -5.0,+0.0117,-0.0109,-0.0043,+0.0044          -5.5,+0.0116,-0.0108,-0.0048,+0.0049          -6.0,+0.0099,-0.0091,-0.0049,+0.0049          -6.5,+0.0099,-0.0091,-0.0045,+0.0046          -7.0,+0.0101,-0.0093,-0.0043,+0.0044          -7.5,+0.0104,-0.0095,-0.0042,+0.0043          -8.0,+0.0105,-0.0097,-0.0044,+0.0044          -8.5,+0.0108,-0.0099,-0.0043,+0.0044          -9.0,+0.0114,-0.0108,-0.0044,+0.0045          -9.5,+0.0115,-0.0107,-0.0044,+0.0045          -10.0,+0.0117,-0.0108,-0.0042,+0.0043          -10.5,+0.0116,-0.0108,-0.0041,+0.0042          -11.0,+0.0117,-0.0108,-0.0041,+0.0042          -11.5,+0.0118,-0.0110,-0.0040,+0.0042          -12.0,+0.0114,-0.0108,-0.0042,+0.0044          -12.5,+0.0110,-0.0102,-0.0049,+0.0050          -13.0,+0.0109,-0.0100,-0.0054,+0.0055          -13.5,+0.0106,-0.0098,-0.0060,+0.0061          -14.0,+0.0104,-0.0096,-0.0066,+0.0067          -14.5,+0.0102,-0.0093,-0.0073,+0.0073          -15.0,+0.0104,-0.0096,-0.0072,+0.0073          -15.5,+0.0109,-0.0101,-0.0068,+0.0069          -16.0,+0.0111,-0.0102,-0.0069,+0.0070          -16.5,+0.0115,-0.0107,-0.0068,+0.0070          -17.0,+0.0122,-0.0113,-0.0070,+0.0071          -17.5,+0.0129,-0.0121,-0.0072,+0.0073          -18.0,+0.0137,-0.0130,-0.0078,+0.0079          -18.5,+0.0142,-0.0133,-0.0086,+0.0087          -19.0,+0.0139,-0.0131,-0.0084,+0.0085          -19.5,+0.0137,-0.0129,-0.0083,+0.0084          -20.0,+0.0135,-0.0127,-0.0081,+0.0082          -20.5,+0.0134,-0.0126,-0.0078,+0.0079</p>	<p>INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0005"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 11:57 ON 02/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0172,-0.0163,-0.0041,+0.0044          -0.5,+0.0166,-0.0159,-0.0042,+0.0044          -1.0,+0.0161,-0.0153,-0.0045,+0.0047          -1.5,+0.0153,-0.0145,-0.0045,+0.0047          -2.0,+0.0140,-0.0132,-0.0038,+0.0040          -2.5,+0.0128,-0.0120,-0.0031,+0.0033          -3.0,+0.0118,-0.0110,-0.0029,+0.0031          -3.5,+0.0120,-0.0110,-0.0034,+0.0036          -4.0,+0.0118,-0.0110,-0.0035,+0.0037          -4.5,+0.0118,-0.0111,-0.0038,+0.0041          -5.0,+0.0117,-0.0109,-0.0042,+0.0044          -5.5,+0.0116,-0.0108,-0.0047,+0.0050          -6.0,+0.0099,-0.0091,-0.0048,+0.0050          -6.5,+0.0099,-0.0091,-0.0044,+0.0046          -7.0,+0.0101,-0.0094,-0.0042,+0.0045          -7.5,+0.0103,-0.0095,-0.0042,+0.0044          -8.0,+0.0105,-0.0097,-0.0043,+0.0045          -8.5,+0.0108,-0.0100,-0.0043,+0.0045          -9.0,+0.0115,-0.0109,-0.0044,+0.0046          -9.5,+0.0115,-0.0108,-0.0043,+0.0045          -10.0,+0.0116,-0.0109,-0.0042,+0.0044          -10.5,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043          -11.0,+0.0116,-0.0109,-0.0040,+0.0043          -11.5,+0.0118,-0.0110,-0.0040,+0.0042          -12.0,+0.0115,-0.0109,-0.0041,+0.0044          -12.5,+0.0109,-0.0102,-0.0048,+0.0050          -13.0,+0.0108,-0.0100,-0.0053,+0.0056          -13.5,+0.0106,-0.0098,-0.0059,+0.0061          -14.0,+0.0104,-0.0096,-0.0065,+0.0067          -14.5,+0.0102,-0.0094,-0.0072,+0.0073          -15.0,+0.0104,-0.0096,-0.0071,+0.0073          -15.5,+0.0109,-0.0102,-0.0068,+0.0070          -16.0,+0.0111,-0.0103,-0.0068,+0.0070          -16.5,+0.0115,-0.0108,-0.0068,+0.0070          -17.0,+0.0121,-0.0114,-0.0069,+0.0071          -17.5,+0.0129,-0.0121,-0.0071,+0.0073          -18.0,+0.0137,-0.0131,-0.0077,+0.0080          -18.5,+0.0141,-0.0134,-0.0085,+0.0087          -19.0,+0.0139,-0.0131,-0.0083,+0.0085          -19.5,+0.0137,-0.0129,-0.0082,+0.0084          -20.0,+0.0135,-0.0128,-0.0080,+0.0082          -20.5,+0.0133,-0.0125,-0.0077,+0.0079</p>
--	---

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0005"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 09:31 ON 22/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0173,-0.0215,-0.0042,+0.0046          -0.5,+0.0166,-0.0158,-0.0042,+0.0045          -1.0,+0.0160,-0.0152,-0.0045,+0.0048          -1.5,+0.0152,-0.0144,-0.0045,+0.0048          -2.0,+0.0139,-0.0131,-0.0038,+0.0041          -2.5,+0.0128,-0.0120,-0.0030,+0.0034          -3.0,+0.0119,-0.0110,-0.0029,+0.0032          -3.5,+0.0117,-0.0109,-0.0033,+0.0036          -4.0,+0.0118,-0.0109,-0.0035,+0.0038          -4.5,+0.0119,-0.0111,-0.0038,+0.0042          -5.0,+0.0117,-0.0109,-0.0042,+0.0045          -5.5,+0.0116,-0.0107,-0.0047,+0.0050          -6.0,+0.0099,-0.0091,-0.0048,+0.0050          -6.5,+0.0099,-0.0091,-0.0044,+0.0046          -7.0,+0.0101,-0.0093,-0.0042,+0.0045          -7.5,+0.0103,-0.0095,-0.0041,+0.0044          -8.0,+0.0105,-0.0097,-0.0043,+0.0045          -8.5,+0.0108,-0.0099,-0.0042,+0.0046          -9.0,+0.0115,-0.0108,-0.0044,+0.0046          -9.5,+0.0115,-0.0107,-0.0043,+0.0045          -10.0,+0.0116,-0.0108,-0.0041,+0.0044          -10.5,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043          -11.0,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043          -11.5,+0.0118,-0.0110,-0.0040,+0.0043          -12.0,+0.0115,-0.0108,-0.0041,+0.0045          -12.5,+0.0109,-0.0101,-0.0048,+0.0051          -13.0,+0.0108,-0.0100,-0.0053,+0.0056          -13.5,+0.0106,-0.0097,-0.0059,+0.0061          -14.0,+0.0104,-0.0096,-0.0065,+0.0068          -14.5,+0.0102,-0.0093,-0.0071,+0.0074          -15.0,+0.0103,-0.0096,-0.0071,+0.0074          -15.5,+0.0109,-0.0102,-0.0067,+0.0070          -16.0,+0.0111,-0.0102,-0.0068,+0.0070          -16.5,+0.0115,-0.0107,-0.0067,+0.0070          -17.0,+0.0121,-0.0114,-0.0069,+0.0072          -17.5,+0.0129,-0.0121,-0.0071,+0.0074          -18.0,+0.0137,-0.0130,-0.0077,+0.0080          -18.5,+0.0141,-0.0133,-0.0085,+0.0087          -19.0,+0.0138,-0.0130,-0.0083,+0.0086          -19.5,+0.0136,-0.0129,-0.0082,+0.0085          -20.0,+0.0135,-0.0127,-0.0080,+0.0083          -20.5,+0.0134,-0.0126,-0.0077,+0.0080</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0005"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 12:24 ON 28/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0172,-0.0163,-0.0045,+0.0044          -0.5,+0.0166,-0.0159,-0.0043,+0.0044          -1.0,+0.0160,-0.0152,-0.0047,+0.0047          -1.5,+0.0152,-0.0145,-0.0046,+0.0048          -2.0,+0.0140,-0.0132,-0.0039,+0.0040          -2.5,+0.0127,-0.0120,-0.0032,+0.0033          -3.0,+0.0119,-0.0111,-0.0030,+0.0031          -3.5,+0.0117,-0.0110,-0.0034,+0.0035          -4.0,+0.0118,-0.0110,-0.0036,+0.0037          -4.5,+0.0119,-0.0111,-0.0039,+0.0041          -5.0,+0.0117,-0.0109,-0.0043,+0.0044          -5.5,+0.0116,-0.0108,-0.0048,+0.0049          -6.0,+0.0099,-0.0092,-0.0049,+0.0050          -6.5,+0.0099,-0.0091,-0.0044,+0.0045          -7.0,+0.0100,-0.0094,-0.0042,+0.0044          -7.5,+0.0103,-0.0095,-0.0042,+0.0043          -8.0,+0.0105,-0.0098,-0.0043,+0.0044          -8.5,+0.0108,-0.0100,-0.0043,+0.0045          -9.0,+0.0115,-0.0108,-0.0045,+0.0046          -9.5,+0.0115,-0.0108,-0.0044,+0.0045          -10.0,+0.0116,-0.0109,-0.0042,+0.0043          -10.5,+0.0116,-0.0109,-0.0041,+0.0042          -11.0,+0.0116,-0.0108,-0.0041,+0.0042          -11.5,+0.0118,-0.0110,-0.0041,+0.0042          -12.0,+0.0114,-0.0109,-0.0042,+0.0044          -12.5,+0.0109,-0.0102,-0.0049,+0.0050          -13.0,+0.0108,-0.0100,-0.0054,+0.0055          -13.5,+0.0106,-0.0098,-0.0060,+0.0061          -14.0,+0.0104,-0.0097,-0.0066,+0.0067          -14.5,+0.0102,-0.0094,-0.0072,+0.0073          -15.0,+0.0104,-0.0096,-0.0072,+0.0073          -15.5,+0.0109,-0.0102,-0.0068,+0.0069          -16.0,+0.0111,-0.0103,-0.0069,+0.0069          -16.5,+0.0115,-0.0108,-0.0068,+0.0070          -17.0,+0.0121,-0.0114,-0.0070,+0.0071          -17.5,+0.0129,-0.0121,-0.0072,+0.0073          -18.0,+0.0137,-0.0130,-0.0078,+0.0079          -18.5,+0.0141,-0.0134,-0.0086,+0.0087          -19.0,+0.0138,-0.0131,-0.0085,+0.0085          -19.5,+0.0137,-0.0130,-0.0083,+0.0084          -20.0,+0.0135,-0.0127,-0.0081,+0.0082          -20.5,+0.0134,-0.0127,-0.0078,+0.0078</p>
--	--

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0005"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 10:37 ON 23/09/02"  "DEPTH OF TUBE : -020.5"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0173,-0.0164,-0.0043,+0.0046  -0.5,+0.0166,-0.0159,-0.0043,+0.0046  -1.0,+0.0160,-0.0152,-0.0046,+0.0049  -1.5,+0.0152,-0.0144,-0.0046,+0.0049  -2.0,+0.0139,-0.0131,-0.0038,+0.0041  -2.5,+0.0128,-0.0120,-0.0031,+0.0034  -3.0,+0.0118,-0.0110,-0.0029,+0.0032  -3.5,+0.0117,-0.0109,-0.0033,+0.0036  -4.0,+0.0118,-0.0110,-0.0034,+0.0038  -4.5,+0.0119,-0.0111,-0.0038,+0.0042  -5.0,+0.0117,-0.0109,-0.0042,+0.0045  -5.5,+0.0116,-0.0107,-0.0047,+0.0050  -6.0,+0.0098,-0.0091,-0.0047,+0.0050  -6.5,+0.0099,-0.0091,-0.0043,+0.0047  -7.0,+0.0101,-0.0094,-0.0041,+0.0045  -7.5,+0.0103,-0.0095,-0.0041,+0.0045  -8.0,+0.0105,-0.0097,-0.0042,+0.0045  -8.5,+0.0107,-0.0100,-0.0042,+0.0046  -9.0,+0.0114,-0.0108,-0.0044,+0.0047  -9.5,+0.0115,-0.0108,-0.0042,+0.0046  -10.0,+0.0116,-0.0108,-0.0041,+0.0044  -10.5,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043  -11.0,+0.0116,-0.0109,-0.0040,+0.0043  -11.5,+0.0118,-0.0110,-0.0039,+0.0043  -12.0,+0.0115,-0.0108,-0.0040,+0.0045  -12.5,+0.0109,-0.0102,-0.0048,+0.0051  -13.0,+0.0109,-0.0100,-0.0053,+0.0056  -13.5,+0.0106,-0.0098,-0.0058,+0.0062  -14.0,+0.0104,-0.0096,-0.0065,+0.0068  -14.5,+0.0102,-0.0093,-0.0071,+0.0074  -15.0,+0.0103,-0.0095,-0.0070,+0.0074  -15.5,+0.0109,-0.0101,-0.0067,+0.0070  -16.0,+0.0110,-0.0103,-0.0067,+0.0070  -16.5,+0.0115,-0.0107,-0.0067,+0.0070  -17.0,+0.0122,-0.0114,-0.0069,+0.0072  -17.5,+0.0129,-0.0121,-0.0070,+0.0074  -18.0,+0.0137,-0.0130,-0.0076,+0.0080  -18.5,+0.0141,-0.0133,-0.0085,+0.0088  -19.0,+0.0138,-0.0130,-0.0083,+0.0086  -19.5,+0.0137,-0.0128,-0.0082,+0.0085  -20.0,+0.0136,-0.0127,-0.0079,+0.0083  -20.5,+0.0135,-0.0127,-0.0077,+0.0080</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0004"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 14:41 ON 13/11/02"  "DEPTH OF TUBE : -020.5"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0176,-0.0164,-0.0034,+0.0040  -0.5,+0.0168,-0.0159,-0.0039,+0.0044  -1.0,+0.0160,-0.0151,-0.0044,+0.0048  -1.5,+0.0152,-0.0143,-0.0044,+0.0048  -2.0,+0.0140,-0.0130,-0.0037,+0.0041  -2.5,+0.0129,-0.0120,-0.0030,+0.0034  -3.0,+0.0119,-0.0109,-0.0028,+0.0032  -3.5,+0.0118,-0.0109,-0.0032,+0.0037  -4.0,+0.0119,-0.0108,-0.0034,+0.0039  -4.5,+0.0119,-0.0111,-0.0037,+0.0042  -5.0,+0.0118,-0.0108,-0.0041,+0.0046  -5.5,+0.0116,-0.0107,-0.0046,+0.0051  -6.0,+0.0100,-0.0091,-0.0047,+0.0051  -6.5,+0.0100,-0.0090,-0.0043,+0.0047  -7.0,+0.0102,-0.0093,-0.0041,+0.0045  -7.5,+0.0104,-0.0094,-0.0041,+0.0045  -8.0,+0.0105,-0.0097,-0.0041,+0.0046  -8.5,+0.0108,-0.0099,-0.0042,+0.0046  -9.0,+0.0115,-0.0107,-0.0043,+0.0047  -9.5,+0.0116,-0.0107,-0.0042,+0.0046  -10.0,+0.0117,-0.0108,-0.0040,+0.0045  -10.5,+0.0116,-0.0108,-0.0039,+0.0044  -11.0,+0.0117,-0.0108,-0.0040,+0.0044  -11.5,+0.0119,-0.0109,-0.0039,+0.0043  -12.0,+0.0116,-0.0107,-0.0040,+0.0045  -12.5,+0.0110,-0.0101,-0.0047,+0.0051  -13.0,+0.0109,-0.0099,-0.0052,+0.0057  -13.5,+0.0107,-0.0098,-0.0058,+0.0062  -14.0,+0.0105,-0.0096,-0.0064,+0.0068  -14.5,+0.0103,-0.0093,-0.0070,+0.0075  -15.0,+0.0105,-0.0096,-0.0070,+0.0075  -15.5,+0.0110,-0.0101,-0.0066,+0.0071  -16.0,+0.0112,-0.0102,-0.0067,+0.0071  -16.5,+0.0116,-0.0107,-0.0066,+0.0071  -17.0,+0.0123,-0.0113,-0.0068,+0.0072  -17.5,+0.0130,-0.0120,-0.0070,+0.0074  -18.0,+0.0138,-0.0129,-0.0076,+0.0081  -18.5,+0.0141,-0.0132,-0.0084,+0.0088  -19.0,+0.0139,-0.0129,-0.0083,+0.0087  -19.5,+0.0137,-0.0128,-0.0081,+0.0086  -20.0,+0.0136,-0.0127,-0.0080,+0.0083  -20.5,+0.0135,-0.0126,-0.0079,+0.0081</p>
--	--

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0005"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 09:33 ON 29/11/02"  "DEPTH OF TUBE : -020.5"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0171,-0.0163,-0.0034,+0.0037  -0.5,+0.0167,-0.0159,-0.0040,+0.0042  -1.0,+0.0159,-0.0151,-0.0044,+0.0047  -1.5,+0.0150,-0.0142,-0.0045,+0.0048  -2.0,+0.0139,-0.0131,-0.0038,+0.0041  -2.5,+0.0128,-0.0120,-0.0031,+0.0034  -3.0,+0.0118,-0.0110,-0.0029,+0.0032  -3.5,+0.0117,-0.0109,-0.0033,+0.0037  -4.0,+0.0118,-0.0109,-0.0034,+0.0038  -4.5,+0.0119,-0.0111,-0.0038,+0.0042  -5.0,+0.0117,-0.0109,-0.0042,+0.0045  -5.5,+0.0116,-0.0107,-0.0047,+0.0050  -6.0,+0.0099,-0.0091,-0.0048,+0.0051  -6.5,+0.0099,-0.0091,-0.0044,+0.0047  -7.0,+0.0101,-0.0093,-0.0042,+0.0045  -7.5,+0.0103,-0.0095,-0.0041,+0.0044  -8.0,+0.0105,-0.0097,-0.0042,+0.0045  -8.5,+0.0107,-0.0099,-0.0043,+0.0045  -9.0,+0.0114,-0.0107,-0.0044,+0.0047  -9.5,+0.0115,-0.0108,-0.0043,+0.0046  -10.0,+0.0116,-0.0108,-0.0041,+0.0044  -10.5,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043  -11.0,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043  -11.5,+0.0118,-0.0110,-0.0039,+0.0043  -12.0,+0.0116,-0.0107,-0.0041,+0.0044  -12.5,+0.0109,-0.0101,-0.0048,+0.0051  -13.0,+0.0109,-0.0103,-0.0053,+0.0058  -13.5,+0.0106,-0.0096,-0.0059,+0.0068  -14.0,+0.0104,-0.0093,-0.0065,+0.0074  -14.5,+0.0102,-0.0096,-0.0071,+0.0074  -15.0,+0.0104,-0.0102,-0.0071,+0.0070  -15.5,+0.0109,-0.0103,-0.0067,+0.0070  -16.0,+0.0111,-0.0107,-0.0068,+0.0070  -16.5,+0.0115,-0.0107,-0.0067,+0.0070  -17.0,+0.0121,-0.0113,-0.0069,+0.0072  -17.5,+0.0129,-0.0121,-0.0071,+0.0074  -18.0,+0.0137,-0.0129,-0.0077,+0.0080  -18.5,+0.0141,-0.0133,-0.0085,+0.0088  -19.0,+0.0138,-0.0130,-0.0083,+0.0086  -19.5,+0.0136,-0.0128,-0.0082,+0.0085  -20.0,+0.0135,-0.0127,-0.0080,+0.0083  -20.5,+0.0135,-0.0127,-0.0077,+0.0080</p>	<p>INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0005"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 09:35 ON 12/12/02"  "DEPTH OF TUBE : -020.5"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0172,-0.0151,-0.0035,+0.0038  -0.5,+0.0166,-0.0158,-0.0040,+0.0043  -1.0,+0.0159,-0.0150,-0.0044,+0.0047  -1.5,+0.0150,-0.0141,-0.0046,+0.0049  -2.0,+0.0139,-0.0130,-0.0038,+0.0041  -2.5,+0.0128,-0.0119,-0.0031,+0.0034  -3.0,+0.0118,-0.0109,-0.0029,+0.0032  -3.5,+0.0118,-0.0109,-0.0033,+0.0036  -4.0,+0.0118,-0.0108,-0.0035,+0.0038  -4.5,+0.0119,-0.0110,-0.0038,+0.0042  -5.0,+0.0117,-0.0108,-0.0042,+0.0045  -5.5,+0.0116,-0.0106,-0.0047,+0.0050  -6.0,+0.0098,-0.0091,-0.0047,+0.0050  -6.5,+0.0099,-0.0090,-0.0043,+0.0047  -7.0,+0.0101,-0.0093,-0.0042,+0.0045  -7.5,+0.0103,-0.0095,-0.0042,+0.0045  -8.0,+0.0105,-0.0097,-0.0043,+0.0045  -8.5,+0.0108,-0.0099,-0.0042,+0.0046  -9.0,+0.0115,-0.0107,-0.0044,+0.0047  -9.5,+0.0116,-0.0107,-0.0043,+0.0046  -10.0,+0.0117,-0.0108,-0.0041,+0.0044  -10.5,+0.0115,-0.0108,-0.0040,+0.0043  -11.0,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043  -11.5,+0.0118,-0.0110,-0.0040,+0.0043  -12.0,+0.0115,-0.0107,-0.0041,+0.0044  -12.5,+0.0110,-0.0101,-0.0048,+0.0051  -13.0,+0.0109,-0.0099,-0.0053,+0.0056  -13.5,+0.0106,-0.0097,-0.0059,+0.0062  -14.0,+0.0105,-0.0096,-0.0065,+0.0068  -14.5,+0.0102,-0.0093,-0.0071,+0.0075  -15.0,+0.0104,-0.0095,-0.0070,+0.0074  -15.5,+0.0109,-0.0101,-0.0067,+0.0070  -16.0,+0.0111,-0.0102,-0.0068,+0.0070  -16.5,+0.0115,-0.0107,-0.0067,+0.0071  -17.0,+0.0122,-0.0113,-0.0069,+0.0072  -17.5,+0.0129,-0.0120,-0.0071,+0.0074  -18.0,+0.0138,-0.0129,-0.0067,+0.0080  -18.5,+0.0141,-0.0132,-0.0085,+0.0088  -19.0,+0.0139,-0.0129,-0.0083,+0.0086  -19.5,+0.0137,-0.0128,-0.0082,+0.0085  -20.0,+0.0136,-0.0127,-0.0079,+0.0083  -20.5,+0.0135,-0.0127,-0.0077,+0.0080</p>
--	---

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0004"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 10:52 ON 09/01/03"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0085,+0.0096,+0.0083,-0.0081          -0.5,-0.0088,+0.0097,+0.0068,-0.0065          -1.0,-0.0092,+0.0101,+0.0041,-0.0038          -1.5,-0.0091,+0.0100,+0.0012,-0.0010          -2.0,-0.0094,+0.0097,+0.0004,+0.0001          -2.5,-0.0088,+0.0097,-0.0001,+0.0005          -3.0,-0.0088,+0.0097,-0.0007,+0.0010          -3.5,-0.0086,+0.0095,-0.0013,+0.0016          -4.0,-0.0086,+0.0095,-0.0020,+0.0023          -4.5,-0.0085,+0.0094,-0.0026,+0.0029          -5.0,-0.0088,+0.0097,-0.0030,+0.0033          -5.5,-0.0093,+0.0102,-0.0032,+0.0035          -6.0,-0.0090,+0.0098,-0.0031,+0.0034          -6.5,-0.0090,+0.0098,-0.0031,+0.0034          -7.0,-0.0091,+0.0100,-0.0029,+0.0032          -7.5,-0.0096,+0.0104,-0.0023,+0.0026          -8.0,-0.0096,+0.0102,-0.0017,+0.0018          -8.5,-0.0087,+0.0096,-0.0022,+0.0025          -9.0,-0.0086,+0.0096,-0.0022,+0.0025          -9.5,-0.0089,+0.0098,-0.0018,+0.0020          -10.0,-0.0090,+0.0098,-0.0010,+0.0013          -10.5,-0.0091,+0.0102,-0.0001,+0.0005          -11.0,-0.0099,+0.0108,+0.0004,-0.0002          -11.5,-0.0100,+0.0109,+0.0003,+0.0000          -12.0,-0.0100,+0.0109,+0.0010,-0.0007          -12.5,-0.0098,+0.0107,+0.0020,-0.0017          -13.0,-0.0097,+0.0106,+0.0027,-0.0024          -13.5,-0.0096,+0.0105,+0.0031,-0.0028          -14.0,-0.0099,+0.0099,+0.0042,-0.0035          -14.5,-0.0100,+0.0109,+0.0033,-0.0030          -15.0,-0.0099,+0.0108,+0.0026,-0.0022          -15.5,-0.0092,+0.0103,+0.0016,-0.0012          -16.0,-0.0073,+0.0080,-0.0029,+0.0031          -16.5,-0.0083,+0.0091,-0.0014,+0.0015          -17.0,-0.0089,+0.0101,+0.0005,-0.0005          -17.5,-0.0085,+0.0091,+0.0014,-0.0007          -18.0,-0.0088,+0.0096,+0.0016,-0.0012          -18.5,-0.0091,+0.0100,+0.0017,-0.0013          -19.0,-0.0098,+0.0107,+0.0014,-0.0011          -19.5,-0.0104,+0.0113,+0.0019,-0.0016          -20.0,-0.0111,+0.0115,+0.0019,-0.0016</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0005"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 10:10 ON 17/12/02"          "DEPTH OF TUBE : -020.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,+0.0175,-0.0150,-0.0037,+0.0038          -0.5,+0.0166,-0.0157,-0.0040,+0.0043          -1.0,+0.0159,-0.0150,-0.0045,+0.0047          -1.5,+0.0150,-0.0141,-0.0046,+0.0048          -2.0,+0.0139,-0.0130,-0.0038,+0.0040          -2.5,+0.0128,-0.0119,-0.0031,+0.0034          -3.0,+0.0118,-0.0109,-0.0029,+0.0032          -3.5,+0.0118,-0.0109,-0.0033,+0.0036          -4.0,+0.0118,-0.0109,-0.0035,+0.0038          -4.5,+0.0120,-0.0110,-0.0038,+0.0041          -5.0,+0.0117,-0.0108,-0.0042,+0.0045          -5.5,+0.0116,-0.0107,-0.0047,+0.0050          -6.0,+0.0099,-0.0091,-0.0047,+0.0050          -6.5,+0.0099,-0.0091,-0.0044,+0.0046          -7.0,+0.0102,-0.0093,-0.0042,+0.0045          -7.5,+0.0104,-0.0095,-0.0042,+0.0044          -8.0,+0.0105,-0.0097,-0.0042,+0.0045          -8.5,+0.0108,-0.0099,-0.0042,+0.0045          -9.0,+0.0115,-0.0107,-0.0044,+0.0047          -9.5,+0.0116,-0.0107,-0.0043,+0.0046          -10.0,+0.0117,-0.0108,-0.0041,+0.0044          -10.5,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043          -11.0,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043          -11.5,+0.0119,-0.0110,-0.0040,+0.0042          -12.0,+0.0115,-0.0107,-0.0041,+0.0044          -12.5,+0.0109,-0.0101,-0.0048,+0.0050          -13.0,+0.0109,-0.0099,-0.0053,+0.0056          -13.5,+0.0106,-0.0097,-0.0059,+0.0061          -14.0,+0.0104,-0.0096,-0.0065,+0.0068          -14.5,+0.0102,-0.0093,-0.0071,+0.0074          -15.0,+0.0104,-0.0096,-0.0071,+0.0074          -15.5,+0.0109,-0.0101,-0.0067,+0.0070          -16.0,+0.0111,-0.0102,-0.0067,+0.0070          -16.5,+0.0122,-0.0107,-0.0069,+0.0070          -17.0,+0.0130,-0.0113,-0.0071,+0.0071          -17.5,+0.0137,-0.0120,-0.0077,+0.0074          -18.0,+0.0138,-0.0129,-0.0077,+0.0080          -18.5,+0.0141,-0.0131,-0.0085,+0.0088          -19.0,+0.0138,-0.0130,-0.0083,+0.0086          -19.5,+0.0137,-0.0128,-0.0082,+0.0085          -20.0,+0.0136,-0.0127,-0.0080,+0.0083</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0005"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 10:18 ON 09/01/03"  "DEPTH OF TUBE : -020.5"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0169,-0.0151,-0.0035,+0.0035  -0.5,+0.0165,-0.0157,-0.0040,+0.0042  -1.0,+0.0157,-0.0149,-0.0046,+0.0047  -1.5,+0.0148,-0.0140,-0.0047,+0.0048  -2.0,+0.0139,-0.0131,-0.0039,+0.0040  -2.5,+0.0128,-0.0120,-0.0032,+0.0033  -3.0,+0.0118,-0.0110,-0.0030,+0.0031  -3.5,+0.0117,-0.0109,-0.0034,+0.0036  -4.0,+0.0118,-0.0109,-0.0036,+0.0037  -4.5,+0.0120,-0.0111,-0.0039,+0.0041  -5.0,+0.0117,-0.0109,-0.0043,+0.0044  -5.5,+0.0116,-0.0107,-0.0048,+0.0050  -6.0,+0.0098,-0.0091,-0.0048,+0.0050  -6.5,+0.0099,-0.0091,-0.0044,+0.0046  -7.0,+0.0101,-0.0094,-0.0042,+0.0044  -7.5,+0.0104,-0.0096,-0.0042,+0.0044  -8.0,+0.0105,-0.0097,-0.0043,+0.0044  -8.5,+0.0108,-0.0100,-0.0043,+0.0045  -9.0,+0.0115,-0.0108,-0.0045,+0.0046  -9.5,+0.0115,-0.0108,-0.0043,+0.0045  -10.0,+0.0117,-0.0108,-0.0042,+0.0043  -10.5,+0.0116,-0.0108,-0.0041,+0.0042  -11.0,+0.0116,-0.0109,-0.0041,+0.0043  -11.5,+0.0119,-0.0111,-0.0040,+0.0042  -12.0,+0.0115,-0.0107,-0.0042,+0.0044  -12.5,+0.0110,-0.0101,-0.0049,+0.0050  -13.0,+0.0109,-0.0100,-0.0054,+0.0055  -13.5,+0.0106,-0.0098,-0.0059,+0.0061  -14.0,+0.0105,-0.0096,-0.0066,+0.0067  -14.5,+0.0102,-0.0094,-0.0072,+0.0073  -15.0,+0.0104,-0.0096,-0.0071,+0.0073  -15.5,+0.0109,-0.0102,-0.0068,+0.0069  -16.0,+0.0111,-0.0103,-0.0068,+0.0069  -16.5,+0.0115,-0.0107,-0.0068,+0.0069  -17.0,+0.0122,-0.0114,-0.0069,+0.0071  -17.5,+0.0129,-0.0121,-0.0071,+0.0073  -18.0,+0.0138,-0.0130,-0.0078,+0.0079  -18.5,+0.0141,-0.0132,-0.0086,+0.0087  -19.0,+0.0138,-0.0130,-0.0084,+0.0086  -19.5,+0.0137,-0.0129,-0.0083,+0.0085  -20.0,+0.0136,-0.0127,-0.0080,+0.0082  -20.5,+0.0135,-0.0127,-0.0077,+0.0078</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0005"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 11:48 ON 23/01/03"  "DEPTH OF TUBE : -020.5"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0166,-0.0143,-0.0031,+0.0034  -0.5,+0.0164,-0.0157,-0.0039,+0.0043  -1.0,+0.0156,-0.0149,-0.0046,+0.0048  -1.5,+0.0147,-0.0140,-0.0047,+0.0049  -2.0,+0.0138,-0.0131,-0.0038,+0.0041  -2.5,+0.0127,-0.0119,-0.0032,+0.0034  -3.0,+0.0118,-0.0110,-0.0029,+0.0032  -3.5,+0.0117,-0.0109,-0.0033,+0.0036  -4.0,+0.0117,-0.0109,-0.0034,+0.0038  -4.5,+0.0118,-0.0111,-0.0038,+0.0041  -5.0,+0.0117,-0.0109,-0.0042,+0.0045  -5.5,+0.0116,-0.0108,-0.0047,+0.0050  -6.0,+0.0098,-0.0091,-0.0048,+0.0050  -6.5,+0.0098,-0.0091,-0.0044,+0.0046  -7.0,+0.0101,-0.0094,-0.0042,+0.0045  -7.5,+0.0103,-0.0096,-0.0042,+0.0044  -8.0,+0.0104,-0.0097,-0.0043,+0.0045  -8.5,+0.0107,-0.0100,-0.0042,+0.0045  -9.0,+0.0114,-0.0108,-0.0044,+0.0046  -9.5,+0.0115,-0.0108,-0.0043,+0.0046  -10.0,+0.0116,-0.0109,-0.0041,+0.0044  -10.5,+0.0115,-0.0109,-0.0040,+0.0043  -11.0,+0.0116,-0.0109,-0.0040,+0.0043  -11.5,+0.0118,-0.0111,-0.0039,+0.0043  -12.0,+0.0115,-0.0108,-0.0041,+0.0044  -12.5,+0.0109,-0.0102,-0.0048,+0.0051  -13.0,+0.0108,-0.0100,-0.0053,+0.0056  -13.5,+0.0105,-0.0098,-0.0059,+0.0061  -14.0,+0.0104,-0.0097,-0.0065,+0.0068  -14.5,+0.0102,-0.0094,-0.0071,+0.0074  -15.0,+0.0103,-0.0097,-0.0071,+0.0074  -15.5,+0.0109,-0.0102,-0.0067,+0.0070  -16.0,+0.0111,-0.0103,-0.0067,+0.0070  -16.5,+0.0114,-0.0108,-0.0068,+0.0070  -17.0,+0.0121,-0.0115,-0.0069,+0.0071  -17.5,+0.0128,-0.0121,-0.0071,+0.0073  -18.0,+0.0137,-0.0130,-0.0077,+0.0080  -18.5,+0.0140,-0.0133,-0.0085,+0.0088  -19.0,+0.0138,-0.0130,-0.0083,+0.0086  -19.5,+0.0136,-0.0129,-0.0082,+0.0085  -20.0,+0.0135,-0.0128,-0.0080,+0.0083  -20.5,+0.0135,-0.0127,-0.0077,+0.0079</p>
--	--

"INCLINOMETER DATA"  
"SITE CODE : ABAB"  
"BOREHOLE CODE : 0005"  
"FACES LOGGED : ABCD"  
"TIME/DATE TAKEN : 09:00 ON 14/02/03"  
"DEPTH OF TUBE : -020.5"  
"READING INTERVAL : 0.5m"  
"OPERATING UNITS : metres"

"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"  
"metres", "metres", "metres", "metres", "metres"

-0.0,+0.0171,-0.0152,-0.0037,+0.0041  
-0.5,+0.0164,-0.0156,-0.0041,+0.0044  
-1.0,+0.0155,-0.0147,-0.0047,+0.0050  
-1.5,+0.0147,-0.0139,-0.0048,+0.0051  
-2.0,+0.0138,-0.0130,-0.0038,+0.0041  
-2.5,+0.0127,-0.0119,-0.0032,+0.0035  
-3.0,+0.0119,-0.0110,-0.0029,+0.0032  
-3.5,+0.0117,-0.0109,-0.0033,+0.0036  
-4.0,+0.0118,-0.0109,-0.0034,+0.0038  
-4.5,+0.0119,-0.0111,-0.0038,+0.0042  
-5.0,+0.0118,-0.0109,-0.0042,+0.0045  
-5.5,+0.0116,-0.0107,-0.0047,+0.0051  
-6.0,+0.0099,-0.0091,-0.0048,+0.0051  
-6.5,+0.0099,-0.0091,-0.0044,+0.0047  
-7.0,+0.0101,-0.0094,-0.0042,+0.0045  
-7.5,+0.0104,-0.0096,-0.0041,+0.0045  
-8.0,+0.0105,-0.0098,-0.0042,+0.0045  
-8.5,+0.0108,-0.0100,-0.0043,+0.0046  
-9.0,+0.0115,-0.0108,-0.0044,+0.0046  
-9.5,+0.0116,-0.0108,-0.0043,+0.0045  
-10.0,+0.0116,-0.0109,-0.0041,+0.0044  
-10.5,+0.0116,-0.0109,-0.0040,+0.0043  
-11.0,+0.0116,-0.0108,-0.0040,+0.0043  
-11.5,+0.0118,-0.0111,-0.0039,+0.0042  
-12.0,+0.0116,-0.0107,-0.0041,+0.0044  
-12.5,+0.0110,-0.0102,-0.0048,+0.0051  
-13.0,+0.0109,-0.0100,-0.0053,+0.0056  
-13.5,+0.0107,-0.0098,-0.0059,+0.0061  
-14.0,+0.0105,-0.0096,-0.0065,+0.0068  
-14.5,+0.0103,-0.0093,-0.0071,+0.0074  
-15.0,+0.0104,-0.0096,-0.0070,+0.0074  
-15.5,+0.0109,-0.0102,-0.0067,+0.0070  
-16.0,+0.0112,-0.0103,-0.0068,+0.0070  
-16.5,+0.0116,-0.0108,-0.0067,+0.0070  
-17.0,+0.0122,-0.0114,-0.0069,+0.0071  
-17.5,+0.0130,-0.0121,-0.0070,+0.0074  
-18.0,+0.0138,-0.0130,-0.0077,+0.0080  
-18.5,+0.0141,-0.0133,-0.0085,+0.0088  
-19.0,+0.0138,-0.0130,-0.0083,+0.0087  
-19.5,+0.0137,-0.0129,-0.0082,+0.0085  
-20.0,+0.0136,-0.0128,-0.0080,+0.0083  
-20.5,+0.0135,-0.0127,-0.0077,+0.0079



REGISTROS DE INSTRUMENTACION  
INCLINOMETRO 3

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0006"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 12:24 ON 26/07/02"          "DEPTH OF TUBE : -021.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0147,-0.0139,+0.0134,-0.0131          -0.5,+0.0152,-0.0146,+0.0144,-0.0141          -1.0,+0.0161,-0.0154,+0.0156,-0.0154          -1.5,+0.0170,-0.0162,+0.0168,-0.0165          -2.0,+0.0175,-0.0168,+0.0175,-0.0173          -2.5,+0.0175,-0.0168,+0.0179,-0.0177          -3.0,+0.0165,-0.0166,+0.0183,-0.0184          -3.5,+0.0167,-0.0160,+0.0189,-0.0187          -4.0,+0.0172,-0.0164,+0.0187,-0.0184          -4.5,+0.0176,-0.0169,+0.0183,-0.0181          -5.0,+0.0181,-0.0173,+0.0181,-0.0178          -5.5,+0.0183,-0.0176,+0.0179,-0.0176          -6.0,+0.0182,-0.0179,+0.0188,-0.0184          -6.5,+0.0193,-0.0185,+0.0200,-0.0198          -7.0,+0.0197,-0.0190,+0.0203,-0.0201          -7.5,+0.0203,-0.0195,+0.0203,-0.0201          -8.0,+0.0209,-0.0201,+0.0200,-0.0198          -8.5,+0.0215,-0.0207,+0.0195,-0.0193          -9.0,+0.0220,-0.0212,+0.0194,-0.0191          -9.5,+0.0218,-0.0211,+0.0184,-0.0182          -10.0,+0.0213,-0.0205,+0.0182,-0.0179          -10.5,+0.0210,-0.0203,+0.0179,-0.0176          -11.0,+0.0207,-0.0199,+0.0174,-0.0172          -11.5,+0.0203,-0.0195,+0.0170,-0.0167          -12.0,+0.0193,-0.0187,+0.0164,-0.0162          -12.5,+0.0217,-0.0209,+0.0165,-0.0163          -13.0,+0.0219,-0.0212,+0.0165,-0.0163          -13.5,+0.0223,-0.0216,+0.0165,-0.0163          -14.0,+0.0227,-0.0219,+0.0165,-0.0162          -14.5,+0.0230,-0.0223,+0.0165,-0.0162          -15.0,+0.0235,-0.0228,+0.0165,-0.0162          -15.5,+0.0227,-0.0219,+0.0153,-0.0150          -16.0,+0.0224,-0.0216,+0.0153,-0.0151          -16.5,+0.0223,-0.0215,+0.0154,-0.0152          -17.0,+0.0221,-0.0213,+0.0156,-0.0153          -17.5,+0.0218,-0.0210,+0.0156,-0.0154          -18.0,+0.0216,-0.0207,+0.0154,-0.0156          -18.5,+0.0215,-0.0210,+0.0162,-0.0154          -19.0,+0.0217,-0.0209,+0.0155,-0.0153          -19.5,+0.0218,-0.0210,+0.0151,-0.0148          -20.0,+0.0218,-0.0211,+0.0147,-0.0144          -20.5,+0.0219,-0.0211,+0.0143,-0.0141          -21.0,+0.0221,-0.0213,+0.0140,-0.0137</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0006"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 12:34 ON 02/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -021.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0147,-0.0138,+0.0133,-0.0130          -0.5,+0.0153,-0.0146,+0.0143,-0.0141          -1.0,+0.0161,-0.0154,+0.0157,-0.0153          -1.5,+0.0170,-0.0162,+0.0168,-0.0165          -2.0,+0.0175,-0.0168,+0.0176,-0.0173          -2.5,+0.0175,-0.0168,+0.0179,-0.0176          -3.0,+0.0164,-0.0166,+0.0183,-0.0184          -3.5,+0.0167,-0.0160,+0.0190,-0.0186          -4.0,+0.0172,-0.0164,+0.0187,-0.0184          -4.5,+0.0176,-0.0169,+0.0184,-0.0180          -5.0,+0.0181,-0.0173,+0.0181,-0.0178          -5.5,+0.0183,-0.0176,+0.0179,-0.0176          -6.0,+0.0182,-0.0179,+0.0188,-0.0183          -6.5,+0.0193,-0.0185,+0.0201,-0.0198          -7.0,+0.0197,-0.0190,+0.0204,-0.0201          -7.5,+0.0203,-0.0195,+0.0204,-0.0200          -8.0,+0.0208,-0.0201,+0.0201,-0.0197          -8.5,+0.0215,-0.0207,+0.0195,-0.0192          -9.0,+0.0220,-0.0212,+0.0194,-0.0191          -9.5,+0.0218,-0.0211,+0.0184,-0.0182          -10.0,+0.0214,-0.0205,+0.0182,-0.0179          -10.5,+0.0210,-0.0203,+0.0179,-0.0176          -11.0,+0.0207,-0.0199,+0.0174,-0.0171          -11.5,+0.0203,-0.0195,+0.0170,-0.0167          -12.0,+0.0193,-0.0197,+0.0162,-0.0157          -12.5,+0.0217,-0.0209,+0.0166,-0.0163          -13.0,+0.0219,-0.0213,+0.0166,-0.0162          -13.5,+0.0223,-0.0214,+0.0165,-0.0164          -14.0,+0.0227,-0.0219,+0.0165,-0.0161          -14.5,+0.0230,-0.0223,+0.0165,-0.0162          -15.0,+0.0235,-0.0228,+0.0165,-0.0161          -15.5,+0.0227,-0.0219,+0.0153,-0.0150          -16.0,+0.0224,-0.0217,+0.0154,-0.0150          -16.5,+0.0223,-0.0215,+0.0154,-0.0151          -17.0,+0.0220,-0.0213,+0.0156,-0.0153          -17.5,+0.0218,-0.0210,+0.0157,-0.0153          -18.0,+0.0216,-0.0207,+0.0154,-0.0156          -18.5,+0.0214,-0.0210,+0.0162,-0.0154          -19.0,+0.0217,-0.0210,+0.0156,-0.0153          -19.5,+0.0218,-0.0210,+0.0152,-0.0148          -20.0,+0.0218,-0.0211,+0.0147,-0.0144          -20.5,+0.0219,-0.0211,+0.0144,-0.0140          -21.0,+0.0221,-0.0213,+0.0140,-0.0137</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 10:04 ON 22/08/02"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0149,-0.0140,+0.0133,-0.0131  -0.5,+0.0154,-0.0146,+0.0143,-0.0142  -1.0,+0.0162,-0.0154,+0.0156,-0.0154  -1.5,+0.0170,-0.0162,+0.0168,-0.0166  -2.0,+0.0176,-0.0167,+0.0175,-0.0173  -2.5,+0.0175,-0.0167,+0.0179,-0.0177  -3.0,+0.0166,-0.0165,+0.0183,-0.0184  -3.5,+0.0167,-0.0159,+0.0189,-0.0187  -4.0,+0.0172,-0.0163,+0.0186,-0.0185  -4.5,+0.0176,-0.0168,+0.0183,-0.0181  -5.0,+0.0181,-0.0173,+0.0181,-0.0179  -5.5,+0.0184,-0.0176,+0.0178,-0.0177  -6.0,+0.0183,-0.0178,+0.0187,-0.0185  -6.5,+0.0194,-0.0185,+0.0200,-0.0199  -7.0,+0.0197,-0.0190,+0.0203,-0.0202  -7.5,+0.0203,-0.0195,+0.0203,-0.0201  -8.0,+0.0209,-0.0200,+0.0200,-0.0198  -8.5,+0.0215,-0.0207,+0.0195,-0.0193  -9.0,+0.0220,-0.0212,+0.0193,-0.0191  -9.5,+0.0218,-0.0210,+0.0184,-0.0182  -10.0,+0.0214,-0.0205,+0.0181,-0.0180  -10.5,+0.0210,-0.0202,+0.0178,-0.0177  -11.0,+0.0208,-0.0199,+0.0174,-0.0172  -11.5,+0.0203,-0.0194,+0.0169,-0.0167  -12.0,+0.0199,-0.0191,+0.0164,-0.0161  -12.5,+0.0217,-0.0208,+0.0165,-0.0164  -13.0,+0.0220,-0.0212,+0.0165,-0.0163  -13.5,+0.0224,-0.0215,+0.0165,-0.0163  -14.0,+0.0228,-0.0219,+0.0164,-0.0163  -14.5,+0.0231,-0.0222,+0.0164,-0.0163  -15.0,+0.0235,-0.0227,+0.0164,-0.0162  -15.5,+0.0228,-0.0218,+0.0152,-0.0151  -16.0,+0.0225,-0.0216,+0.0153,-0.0151  -16.5,+0.0223,-0.0214,+0.0154,-0.0152  -17.0,+0.0221,-0.0212,+0.0155,-0.0154  -17.5,+0.0218,-0.0210,+0.0156,-0.0155  -18.0,+0.0217,-0.0206,+0.0153,-0.0157  -18.5,+0.0215,-0.0210,+0.0161,-0.0154  -19.0,+0.0217,-0.0209,+0.0155,-0.0153  -19.5,+0.0219,-0.0210,+0.0151,-0.0149  -20.0,+0.0219,-0.0210,+0.0146,-0.0145  -20.5,+0.0219,-0.0211,+0.0142,-0.0141  -21.0,+0.0221,-0.0212,+0.0140,-0.0138</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 13:06 ON 28/08/02"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0148,-0.0145,+0.0134,-0.0130  -0.5,+0.0153,-0.0147,+0.0144,-0.0141  -1.0,+0.0161,-0.0155,+0.0157,-0.0154  -1.5,+0.0169,-0.0163,+0.0168,-0.0166  -2.0,+0.0174,-0.0168,+0.0176,-0.0173  -2.5,+0.0174,-0.0168,+0.0179,-0.0177  -3.0,+0.0164,-0.0166,+0.0183,-0.0185  -3.5,+0.0167,-0.0160,+0.0190,-0.0187  -4.0,+0.0171,-0.0164,+0.0187,-0.0184  -4.5,+0.0175,-0.0169,+0.0184,-0.0181  -5.0,+0.0180,-0.0174,+0.0181,-0.0179  -5.5,+0.0183,-0.0177,+0.0179,-0.0176  -6.0,+0.0182,-0.0179,+0.0188,-0.0184  -6.5,+0.0192,-0.0186,+0.0201,-0.0198  -7.0,+0.0196,-0.0191,+0.0204,-0.0201  -7.5,+0.0202,-0.0196,+0.0204,-0.0201  -8.0,+0.0208,-0.0202,+0.0201,-0.0198  -8.5,+0.0214,-0.0208,+0.0195,-0.0193  -9.0,+0.0218,-0.0212,+0.0194,-0.0191  -9.5,+0.0217,-0.0211,+0.0185,-0.0182  -10.0,+0.0212,-0.0206,+0.0182,-0.0179  -10.5,+0.0209,-0.0203,+0.0179,-0.0176  -11.0,+0.0206,-0.0200,+0.0174,-0.0171  -11.5,+0.0202,-0.0195,+0.0169,-0.0167  -12.0,+0.0198,-0.0205,+0.0165,-0.0168  -12.5,+0.0216,-0.0210,+0.0167,-0.0163  -13.0,+0.0219,-0.0213,+0.0166,-0.0163  -13.5,+0.0222,-0.0216,+0.0165,-0.0163  -14.0,+0.0226,-0.0220,+0.0165,-0.0162  -14.5,+0.0229,-0.0223,+0.0165,-0.0163  -15.0,+0.0234,-0.0228,+0.0165,-0.0162  -15.5,+0.0226,-0.0219,+0.0153,-0.0150  -16.0,+0.0223,-0.0217,+0.0153,-0.0151  -16.5,+0.0222,-0.0215,+0.0154,-0.0152  -17.0,+0.0219,-0.0213,+0.0156,-0.0153  -17.5,+0.0216,-0.0211,+0.0156,-0.0154  -18.0,+0.0215,-0.0207,+0.0154,-0.0156  -18.5,+0.0214,-0.0210,+0.0162,-0.0154  -19.0,+0.0216,-0.0210,+0.0156,-0.0153  -19.5,+0.0217,-0.0211,+0.0151,-0.0149  -20.0,+0.0217,-0.0211,+0.0147,-0.0145  -20.5,+0.0218,-0.0212,+0.0143,-0.0141  -21.0,+0.0220,-0.0213,+0.0140,-0.0138</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 11:18 ON 23/09/02"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0182,-0.0110,-0.1928,-0.1924  -0.5,+0.0188,-0.0117,-0.1928,-0.1923  -1.0,+0.0196,-0.0125,-0.1928,-0.1923  -1.5,+0.0204,-0.0132,-0.1928,-0.1923  -2.0,+0.0210,-0.0138,-0.1928,-0.1923  -2.5,+0.0210,-0.0139,-0.1928,-0.1923  -3.0,+0.0200,-0.0137,-0.1928,-0.1923  -3.5,+0.0202,-0.0131,-0.1927,-0.1923  -4.0,+0.0206,-0.0134,-0.1928,-0.1922  -4.5,+0.0211,-0.0139,-0.1928,-0.1922  -5.0,+0.0216,-0.0144,-0.1928,-0.1922  -5.5,+0.0218,-0.0146,-0.1928,-0.1922  -6.0,+0.0218,-0.0149,-0.1928,-0.1922  -6.5,+0.0228,-0.0156,-0.1928,-0.1922  -7.0,+0.0232,-0.0161,-0.1928,-0.1922  -7.5,+0.0238,-0.0166,-0.1928,-0.1922  -8.0,+0.0243,-0.0172,-0.1928,-0.1921  -8.5,+0.0250,-0.0178,-0.1928,-0.1921  -9.0,+0.0254,-0.0183,-0.1928,-0.1921  -9.5,+0.0253,-0.0181,-0.1928,-0.1921  -10.0,+0.0248,-0.0176,-0.1928,-0.1921  -10.5,+0.0245,-0.0173,-0.1928,-0.1921  -11.0,+0.0242,-0.0170,-0.1928,-0.1921  -11.5,+0.0237,-0.0165,-0.1928,-0.1921  -12.0,+0.0232,-0.0169,-0.1928,-0.1921  -12.5,+0.0251,-0.0179,-0.1928,-0.1920  -13.0,+0.0254,-0.0183,-0.1929,-0.1921  -13.5,+0.0258,-0.0187,-0.1929,-0.1920  -14.0,+0.0262,-0.0190,-0.1929,-0.1920  -14.5,+0.0265,-0.0193,-0.1929,-0.1920  -15.0,+0.0269,-0.0198,-0.1929,-0.1920  -15.5,+0.0261,-0.0189,-0.1929,-0.1920  -16.0,+0.0259,-0.0187,-0.1929,-0.1920  -16.5,+0.0257,-0.0185,-0.1929,-0.1920  -17.0,+0.0255,-0.0182,-0.1929,-0.1920  -17.5,+0.0252,-0.0180,-0.1929,-0.1920  -18.0,+0.0251,-0.0177,-0.1929,-0.1920  -18.5,+0.0249,-0.0180,-0.1929,-0.1920  -19.0,+0.0251,-0.0179,-0.1929,-0.1920  -19.5,+0.0252,-0.0180,-0.1929,-0.1920  -20.0,+0.0252,-0.0181,-0.1930,-0.1920  -20.5,+0.0253,-0.0181,-0.1931,-0.1920  -21.0,+0.0255,-0.0183,-0.1933,-0.1920</p>	<p>INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 11:01 ON 03/10/02"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0147,-0.0137,+0.0134,-0.0130  -0.5,+0.0153,-0.0145,+0.0145,-0.0141  -1.0,+0.0162,-0.0154,+0.0157,-0.0153  -1.5,+0.0170,-0.0161,+0.0169,-0.0165  -2.0,+0.0175,-0.0166,+0.0176,-0.0172  -2.5,+0.0166,-0.0167,+0.0185,-0.0176  -3.0,+0.0167,-0.0165,+0.0190,-0.0184  -3.5,+0.0167,-0.0159,+0.0190,-0.0186  -4.0,+0.0172,-0.0163,+0.0187,-0.0183  -4.5,+0.0176,-0.0168,+0.0184,-0.0181  -5.0,+0.0181,-0.0172,+0.0182,-0.0178  -5.5,+0.0184,-0.0175,+0.0180,-0.0176  -6.0,+0.0184,-0.0177,+0.0188,-0.0184  -6.5,+0.0193,-0.0184,+0.0202,-0.0198  -7.0,+0.0197,-0.0189,+0.0204,-0.0201  -7.5,+0.0203,-0.0194,+0.0204,-0.0200  -8.0,+0.0209,-0.0200,+0.0201,-0.0197  -8.5,+0.0214,-0.0207,+0.0196,-0.0192  -9.0,+0.0220,-0.0211,+0.0195,-0.0191  -9.5,+0.0218,-0.0209,+0.0185,-0.0181  -10.0,+0.0214,-0.0205,+0.0183,-0.0179  -10.5,+0.0211,-0.0202,+0.0179,-0.0176  -11.0,+0.0208,-0.0199,+0.0175,-0.0171  -11.5,+0.0203,-0.0194,+0.0170,-0.0167  -12.0,+0.0195,-0.0189,+0.0163,-0.0159  -12.5,+0.0217,-0.0208,+0.0167,-0.0163  -13.0,+0.0220,-0.0211,+0.0166,-0.0162  -13.5,+0.0223,-0.0215,+0.0166,-0.0162  -14.0,+0.0227,-0.0219,+0.0165,-0.0162  -14.5,+0.0230,-0.0222,+0.0166,-0.0162  -15.0,+0.0235,-0.0227,+0.0166,-0.0162  -15.5,+0.0227,-0.0218,+0.0153,-0.0149  -16.0,+0.0225,-0.0215,+0.0154,-0.0150  -16.5,+0.0223,-0.0214,+0.0155,-0.0151  -17.0,+0.0221,-0.0211,+0.0156,-0.0153  -17.5,+0.0218,-0.0209,+0.0157,-0.0153  -18.0,+0.0217,-0.0206,+0.0154,-0.0156  -18.5,+0.0215,-0.0209,+0.0163,-0.0154  -19.0,+0.0217,-0.0208,+0.0156,-0.0152  -19.5,+0.0218,-0.0209,+0.0152,-0.0148  -20.0,+0.0218,-0.0210,+0.0148,-0.0144  -20.5,+0.0219,-0.0210,+0.0144,-0.0140  -21.0,+0.0221,-0.0212,+0.0141,-0.0137</p>
---	--

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 11:14 ON 14/11/02"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0147,-0.0138,+0.0138,-0.0135  -0.5,+0.0153,-0.0145,+0.0146,-0.0143  -1.0,+0.0162,-0.0152,+0.0159,-0.0155  -1.5,+0.0170,-0.0161,+0.0170,-0.0166  -2.0,+0.0175,-0.0166,+0.0177,-0.0173  -2.5,+0.0175,-0.0166,+0.0180,-0.0177  -3.0,+0.0165,-0.0164,+0.0185,-0.0185  -3.5,+0.0168,-0.0160,+0.0189,-0.0186  -4.0,+0.0172,-0.0163,+0.0187,-0.0183  -4.5,+0.0177,-0.0168,+0.0184,-0.0180  -5.0,+0.0181,-0.0173,+0.0181,-0.0177  -5.5,+0.0184,-0.0176,+0.0180,-0.0177  -6.0,+0.0185,-0.0178,+0.0192,-0.0188  -6.5,+0.0194,-0.0185,+0.0202,-0.0198  -7.0,+0.0199,-0.0190,+0.0204,-0.0201  -7.5,+0.0204,-0.0196,+0.0203,-0.0200  -8.0,+0.0210,-0.0201,+0.0200,-0.0196  -8.5,+0.0217,-0.0208,+0.0195,-0.0192  -9.0,+0.0220,-0.0211,+0.0193,-0.0189  -9.5,+0.0218,-0.0209,+0.0184,-0.0181  -10.0,+0.0213,-0.0204,+0.0181,-0.0178  -10.5,+0.0211,-0.0201,+0.0178,-0.0175  -11.0,+0.0207,-0.0198,+0.0174,-0.0171  -11.5,+0.0203,-0.0193,+0.0169,-0.0166  -12.0,+0.0197,-0.0191,+0.0164,-0.0160  -12.5,+0.0217,-0.0209,+0.0166,-0.0163  -13.0,+0.0221,-0.0212,+0.0165,-0.0162  -13.5,+0.0225,-0.0216,+0.0165,-0.0162  -14.0,+0.0228,-0.0219,+0.0165,-0.0162  -14.5,+0.0231,-0.0223,+0.0165,-0.0162  -15.0,+0.0234,-0.0225,+0.0162,-0.0159  -15.5,+0.0227,-0.0217,+0.0153,-0.0150  -16.0,+0.0225,-0.0216,+0.0154,-0.0150  -16.5,+0.0223,-0.0214,+0.0155,-0.0151  -17.0,+0.0220,-0.0210,+0.0156,-0.0152  -17.5,+0.0218,-0.0208,+0.0156,-0.0153  -18.0,+0.0215,-0.0206,+0.0158,-0.0154  -18.5,+0.0216,-0.0207,+0.0160,-0.0157  -19.0,+0.0217,-0.0208,+0.0155,-0.0152  -19.5,+0.0219,-0.0209,+0.0151,-0.0148  -20.0,+0.0218,-0.0209,+0.0146,-0.0144  -20.5,+0.0219,-0.0211,+0.0143,-0.0139  -21.0,+0.0221,-0.0211,+0.0140,-0.0137</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 08:49 ON 29/11/02"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0147,-0.0137,+0.0127,-0.0126  -0.5,+0.0153,-0.0144,+0.0145,-0.0144  -1.0,+0.0163,-0.0152,+0.0158,-0.0156  -1.5,+0.0170,-0.0160,+0.0169,-0.0167  -2.0,+0.0176,-0.0166,+0.0176,-0.0174  -2.5,+0.0176,-0.0166,+0.0180,-0.0178  -3.0,+0.0165,-0.0164,+0.0184,-0.0185  -3.5,+0.0169,-0.0159,+0.0189,-0.0187  -4.0,+0.0173,-0.0163,+0.0186,-0.0184  -4.5,+0.0178,-0.0168,+0.0183,-0.0181  -5.0,+0.0183,-0.0172,+0.0180,-0.0178  -5.5,+0.0185,-0.0175,+0.0179,-0.0177  -6.0,+0.0185,-0.0178,+0.0192,-0.0188  -6.5,+0.0195,-0.0185,+0.0201,-0.0199  -7.0,+0.0199,-0.0190,+0.0203,-0.0202  -7.5,+0.0206,-0.0195,+0.0203,-0.0201  -8.0,+0.0211,-0.0201,+0.0199,-0.0197  -8.5,+0.0217,-0.0208,+0.0194,-0.0192  -9.0,+0.0221,-0.0209,+0.0192,-0.0190  -9.5,+0.0219,-0.0208,+0.0184,-0.0182  -10.0,+0.0214,-0.0204,+0.0181,-0.0179  -10.5,+0.0211,-0.0201,+0.0178,-0.0175  -11.0,+0.0208,-0.0197,+0.0173,-0.0171  -11.5,+0.0204,-0.0193,+0.0169,-0.0166  -12.0,+0.0198,-0.0192,+0.0164,-0.0161  -12.5,+0.0219,-0.0208,+0.0166,-0.0164  -13.0,+0.0222,-0.0212,+0.0165,-0.0163  -13.5,+0.0226,-0.0216,+0.0165,-0.0163  -14.0,+0.0229,-0.0219,+0.0165,-0.0162  -14.5,+0.0233,-0.0222,+0.0164,-0.0163  -15.0,+0.0236,-0.0224,+0.0162,-0.0160  -15.5,+0.0228,-0.0217,+0.0152,-0.0151  -16.0,+0.0226,-0.0215,+0.0153,-0.0151  -16.5,+0.0224,-0.0214,+0.0154,-0.0152  -17.0,+0.0221,-0.0210,+0.0155,-0.0153  -17.5,+0.0219,-0.0208,+0.0156,-0.0154  -18.0,+0.0217,-0.0206,+0.0157,-0.0155  -18.5,+0.0217,-0.0207,+0.0159,-0.0157  -19.0,+0.0218,-0.0208,+0.0154,-0.0152  -19.5,+0.0219,-0.0209,+0.0150,-0.0148  -20.0,+0.0220,-0.0209,+0.0146,-0.0144  -20.5,+0.0221,-0.0211,+0.0142,-0.0140  -21.0,+0.0222,-0.0211,+0.0140,-0.0138</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 14:13 ON 11/12/02"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0145,-0.0138,+0.0125,-0.0121  -0.5,+0.0151,-0.0145,+0.0147,-0.0142  -1.0,+0.0161,-0.0153,+0.0160,-0.0155  -1.5,+0.0169,-0.0162,+0.0170,-0.0166  -2.0,+0.0174,-0.0167,+0.0178,-0.0173  -2.5,+0.0174,-0.0166,+0.0181,-0.0176  -3.0,+0.0164,-0.0165,+0.0186,-0.0183  -3.5,+0.0168,-0.0161,+0.0190,-0.0185  -4.0,+0.0172,-0.0164,+0.0187,-0.0182  -4.5,+0.0177,-0.0170,+0.0184,-0.0179  -5.0,+0.0181,-0.0174,+0.0182,-0.0177  -5.5,+0.0184,-0.0176,+0.0181,-0.0176  -6.0,+0.0184,-0.0179,+0.0193,-0.0187  -6.5,+0.0194,-0.0187,+0.0202,-0.0198  -7.0,+0.0198,-0.0191,+0.0205,-0.0201  -7.5,+0.0204,-0.0197,+0.0204,-0.0199  -8.0,+0.0209,-0.0202,+0.0201,-0.0196  -8.5,+0.0216,-0.0209,+0.0196,-0.0191  -9.0,+0.0219,-0.0212,+0.0193,-0.0189  -9.5,+0.0217,-0.0210,+0.0185,-0.0180  -10.0,+0.0213,-0.0205,+0.0182,-0.0178  -10.5,+0.0210,-0.0202,+0.0179,-0.0174  -11.0,+0.0206,-0.0199,+0.0174,-0.0170  -11.5,+0.0202,-0.0195,+0.0170,-0.0165  -12.0,+0.0196,-0.0196,+0.0164,-0.0157  -12.5,+0.0216,-0.0210,+0.0167,-0.0162  -13.0,+0.0220,-0.0213,+0.0167,-0.0162  -13.5,+0.0224,-0.0217,+0.0167,-0.0162  -14.0,+0.0227,-0.0220,+0.0166,-0.0161  -14.5,+0.0231,-0.0224,+0.0166,-0.0161  -15.0,+0.0234,-0.0226,+0.0164,-0.0158  -15.5,+0.0226,-0.0218,+0.0154,-0.0149  -16.0,+0.0224,-0.0217,+0.0155,-0.0150  -16.5,+0.0222,-0.0215,+0.0156,-0.0151  -17.0,+0.0219,-0.0211,+0.0157,-0.0152  -17.5,+0.0217,-0.0210,+0.0158,-0.0153  -18.0,+0.0215,-0.0208,+0.0159,-0.0153  -18.5,+0.0215,-0.0208,+0.0160,-0.0156  -19.0,+0.0216,-0.0210,+0.0156,-0.0151  -19.5,+0.0217,-0.0210,+0.0152,-0.0147  -20.0,+0.0218,-0.0211,+0.0148,-0.0143  -20.5,+0.0219,-0.0212,+0.0144,-0.0138  -21.0,+0.0219,-0.0213,+0.0142,-0.0137</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 12:04 ON 17/12/02"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0148,-0.0139,+0.0123,-0.0121  -0.5,+0.0152,-0.0144,+0.0146,-0.0143  -1.0,+0.0162,-0.0153,+0.0159,-0.0155  -1.5,+0.0169,-0.0161,+0.0170,-0.0166  -2.0,+0.0175,-0.0166,+0.0177,-0.0173  -2.5,+0.0175,-0.0166,+0.0180,-0.0177  -3.0,+0.0165,-0.0164,+0.0185,-0.0183  -3.5,+0.0169,-0.0160,+0.0189,-0.0186  -4.0,+0.0172,-0.0164,+0.0187,-0.0183  -4.5,+0.0177,-0.0169,+0.0184,-0.0180  -5.0,+0.0182,-0.0173,+0.0181,-0.0177  -5.5,+0.0184,-0.0175,+0.0180,-0.0176  -6.0,+0.0185,-0.0179,+0.0192,-0.0188  -6.5,+0.0194,-0.0186,+0.0202,-0.0198  -7.0,+0.0199,-0.0190,+0.0204,-0.0201  -7.5,+0.0205,-0.0196,+0.0203,-0.0200  -8.0,+0.0210,-0.0202,+0.0200,-0.0196  -8.5,+0.0217,-0.0208,+0.0195,-0.0192  -9.0,+0.0220,-0.0210,+0.0192,-0.0188  -9.5,+0.0218,-0.0209,+0.0184,-0.0181  -10.0,+0.0214,-0.0204,+0.0181,-0.0178  -10.5,+0.0210,-0.0201,+0.0178,-0.0175  -11.0,+0.0207,-0.0198,+0.0174,-0.0170  -11.5,+0.0203,-0.0194,+0.0169,-0.0165  -12.0,+0.0198,-0.0199,+0.0163,-0.0159  -12.5,+0.0217,-0.0209,+0.0166,-0.0163  -13.0,+0.0221,-0.0213,+0.0166,-0.0162  -13.5,+0.0225,-0.0216,+0.0165,-0.0162  -14.0,+0.0228,-0.0219,+0.0165,-0.0161  -14.5,+0.0232,-0.0223,+0.0165,-0.0161  -15.0,+0.0235,-0.0225,+0.0162,-0.0159  -15.5,+0.0227,-0.0217,+0.0153,-0.0150  -16.0,+0.0225,-0.0216,+0.0154,-0.0150  -16.5,+0.0224,-0.0214,+0.0155,-0.0151  -17.0,+0.0220,-0.0210,+0.0155,-0.0152  -17.5,+0.0218,-0.0209,+0.0156,-0.0153  -18.0,+0.0216,-0.0207,+0.0157,-0.0154  -18.5,+0.0216,-0.0207,+0.0160,-0.0156  -19.0,+0.0217,-0.0209,+0.0155,-0.0152  -19.5,+0.0219,-0.0209,+0.0150,-0.0147  -20.0,+0.0219,-0.0210,+0.0146,-0.0143  -20.5,+0.0219,-0.0211,+0.0142,-0.0139  -21.0,+0.0221,-0.0211,+0.0141,-0.0138</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 09:30 ON 09/01/03"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0148,-0.0139,+0.0125,-0.0121  -0.5,+0.0152,-0.0144,+0.0147,-0.0142  -1.0,+0.0162,-0.0152,+0.0159,-0.0155  -1.5,+0.0169,-0.0161,+0.0170,-0.0166  -2.0,+0.0175,-0.0167,+0.0177,-0.0173  -2.5,+0.0175,-0.0166,+0.0181,-0.0176  -3.0,+0.0164,-0.0164,+0.0185,-0.0183  -3.5,+0.0169,-0.0160,+0.0190,-0.0185  -4.0,+0.0172,-0.0164,+0.0187,-0.0182  -4.5,+0.0177,-0.0169,+0.0184,-0.0180  -5.0,+0.0182,-0.0173,+0.0182,-0.0177  -5.5,+0.0184,-0.0175,+0.0181,-0.0176  -6.0,+0.0184,-0.0179,+0.0193,-0.0186  -6.5,+0.0195,-0.0185,+0.0202,-0.0197  -7.0,+0.0199,-0.0191,+0.0205,-0.0200  -7.5,+0.0205,-0.0196,+0.0204,-0.0199  -8.0,+0.0210,-0.0201,+0.0200,-0.0196  -8.5,+0.0217,-0.0209,+0.0196,-0.0190  -9.0,+0.0219,-0.0211,+0.0193,-0.0189  -9.5,+0.0218,-0.0209,+0.0185,-0.0180  -10.0,+0.0213,-0.0204,+0.0182,-0.0177  -10.5,+0.0210,-0.0201,+0.0179,-0.0174  -11.0,+0.0207,-0.0198,+0.0175,-0.0169  -11.5,+0.0203,-0.0193,+0.0170,-0.0165  -12.0,+0.0197,-0.0196,+0.0165,-0.0157  -12.5,+0.0217,-0.0209,+0.0167,-0.0162  -13.0,+0.0221,-0.0213,+0.0167,-0.0162  -13.5,+0.0225,-0.0217,+0.0166,-0.0161  -14.0,+0.0228,-0.0219,+0.0166,-0.0161  -14.5,+0.0231,-0.0223,+0.0166,-0.0161  -15.0,+0.0234,-0.0225,+0.0163,-0.0158  -15.5,+0.0226,-0.0217,+0.0154,-0.0149  -16.0,+0.0225,-0.0216,+0.0155,-0.0149  -16.5,+0.0223,-0.0214,+0.0156,-0.0151  -17.0,+0.0220,-0.0211,+0.0156,-0.0152  -17.5,+0.0218,-0.0209,+0.0158,-0.0152  -18.0,+0.0216,-0.0207,+0.0158,-0.0153  -18.5,+0.0216,-0.0208,+0.0161,-0.0156  -19.0,+0.0217,-0.0209,+0.0156,-0.0151  -19.5,+0.0218,-0.0209,+0.0152,-0.0147  -20.0,+0.0219,-0.0210,+0.0147,-0.0143  -20.5,+0.0219,-0.0211,+0.0143,-0.0139  -21.0,+0.0220,-0.0212,+0.0142,-0.0136</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 10:08 ON 23/01/03"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0147,-0.0138,+0.0124,-0.0122  -0.5,+0.0152,-0.0144,+0.0146,-0.0143  -1.0,+0.0162,-0.0153,+0.0159,-0.0155  -1.5,+0.0169,-0.0161,+0.0170,-0.0166  -2.0,+0.0175,-0.0167,+0.0177,-0.0173  -2.5,+0.0175,-0.0166,+0.0180,-0.0177  -3.0,+0.0165,-0.0164,+0.0185,-0.0185  -3.5,+0.0169,-0.0159,+0.0189,-0.0186  -4.0,+0.0173,-0.0164,+0.0187,-0.0183  -4.5,+0.0177,-0.0169,+0.0183,-0.0180  -5.0,+0.0182,-0.0173,+0.0181,-0.0178  -5.5,+0.0184,-0.0175,+0.0180,-0.0176  -6.0,+0.0185,-0.0178,+0.0192,-0.0187  -6.5,+0.0194,-0.0185,+0.0202,-0.0198  -7.0,+0.0199,-0.0190,+0.0204,-0.0201  -7.5,+0.0205,-0.0195,+0.0204,-0.0200  -8.0,+0.0210,-0.0201,+0.0200,-0.0196  -8.5,+0.0217,-0.0208,+0.0195,-0.0192  -9.0,+0.0220,-0.0210,+0.0193,-0.0189  -9.5,+0.0218,-0.0209,+0.0185,-0.0181  -10.0,+0.0214,-0.0204,+0.0181,-0.0178  -10.5,+0.0211,-0.0202,+0.0178,-0.0174  -11.0,+0.0207,-0.0197,+0.0174,-0.0170  -11.5,+0.0203,-0.0194,+0.0169,-0.0165  -12.0,+0.0198,-0.0209,+0.0164,-0.0163  -12.5,+0.0217,-0.0212,+0.0166,-0.0163  -13.0,+0.0221,-0.0216,+0.0165,-0.0162  -13.5,+0.0224,-0.0219,+0.0166,-0.0162  -14.0,+0.0228,-0.0223,+0.0165,-0.0162  -14.5,+0.0232,-0.0225,+0.0165,-0.0159  -15.0,+0.0234,-0.0217,+0.0163,-0.0150  -15.5,+0.0227,-0.0216,+0.0153,-0.0150  -16.0,+0.0225,-0.0214,+0.0154,-0.0151  -16.5,+0.0223,-0.0211,+0.0155,-0.0152  -17.0,+0.0220,-0.0209,+0.0156,-0.0153  -17.5,+0.0218,-0.0207,+0.0156,-0.0154  -18.0,+0.0216,-0.0208,+0.0158,-0.0157  -18.5,+0.0216,-0.0209,+0.0160,-0.0152  -19.0,+0.0217,-0.0209,+0.0155,-0.0148  -19.5,+0.0219,-0.0209,+0.0151,-0.0148  -20.0,+0.0219,-0.0210,+0.0146,-0.0143  -20.5,+0.0220,-0.0211,+0.0142,-0.0139  -21.0,+0.0220,-0.0211,+0.0140,-0.0138</p>
---	---

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 08:12 ON 14/02/03"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0152,-0.0142,+0.0126,-0.0123  -0.5,+0.0153,-0.0144,+0.0146,-0.0143  -1.0,+0.0162,-0.0152,+0.0159,-0.0155  -1.5,+0.0170,-0.0160,+0.0170,-0.0166  -2.0,+0.0176,-0.0166,+0.0177,-0.0173  -2.5,+0.0175,-0.0166,+0.0180,-0.0176  -3.0,+0.0165,-0.0163,+0.0185,-0.0184  -3.5,+0.0169,-0.0159,+0.0190,-0.0186  -4.0,+0.0173,-0.0164,+0.0187,-0.0182  -4.5,+0.0177,-0.0169,+0.0184,-0.0180  -5.0,+0.0181,-0.0173,+0.0181,-0.0177  -5.5,+0.0184,-0.0175,+0.0180,-0.0176  -6.0,+0.0186,-0.0178,+0.0193,-0.0188  -6.5,+0.0195,-0.0185,+0.0202,-0.0198  -7.0,+0.0199,-0.0190,+0.0205,-0.0200  -7.5,+0.0204,-0.0196,+0.0204,-0.0200  -8.0,+0.0210,-0.0201,+0.0200,-0.0196  -8.5,+0.0216,-0.0208,+0.0195,-0.0192  -9.0,+0.0219,-0.0210,+0.0193,-0.0189  -9.5,+0.0218,-0.0208,+0.0184,-0.0180  -10.0,+0.0214,-0.0204,+0.0181,-0.0178  -10.5,+0.0210,-0.0201,+0.0178,-0.0174  -11.0,+0.0207,-0.0197,+0.0174,-0.0170  -11.5,+0.0203,-0.0193,+0.0169,-0.0165  -12.0,+0.0198,-0.0199,+0.0164,-0.0155  -12.5,+0.0217,-0.0208,+0.0166,-0.0163  -13.0,+0.0221,-0.0212,+0.0165,-0.0162  -13.5,+0.0225,-0.0216,+0.0165,-0.0162  -14.0,+0.0229,-0.0219,+0.0165,-0.0162  -14.5,+0.0232,-0.0222,+0.0165,-0.0161  -15.0,+0.0234,-0.0225,+0.0162,-0.0159  -15.5,+0.0227,-0.0217,+0.0153,-0.0149  -16.0,+0.0225,-0.0215,+0.0153,-0.0150  -16.5,+0.0223,-0.0214,+0.0154,-0.0151  -17.0,+0.0220,-0.0210,+0.0155,-0.0152  -17.5,+0.0218,-0.0209,+0.0156,-0.0153  -18.0,+0.0216,-0.0207,+0.0158,-0.0154  -18.5,+0.0216,-0.0207,+0.0160,-0.0156  -19.0,+0.0218,-0.0209,+0.0155,-0.0152  -19.5,+0.0219,-0.0209,+0.0151,-0.0147  -20.0,+0.0219,-0.0210,+0.0147,-0.0143  -20.5,+0.0221,-0.0210,+0.0143,-0.0139  -21.0,+0.0221,-0.0211,+0.0142,-0.0138</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 10:13 ON 27/02/03"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0152,-0.0145,+0.0125,-0.0124  -0.5,+0.0154,-0.0144,+0.0146,-0.0144  -1.0,+0.0163,-0.0153,+0.0158,-0.0156  -1.5,+0.0170,-0.0161,+0.0169,-0.0167  -2.0,+0.0175,-0.0166,+0.0176,-0.0173  -2.5,+0.0176,-0.0166,+0.0180,-0.0177  -3.0,+0.0167,-0.0163,+0.0185,-0.0184  -3.5,+0.0169,-0.0159,+0.0189,-0.0187  -4.0,+0.0173,-0.0163,+0.0186,-0.0184  -4.5,+0.0178,-0.0168,+0.0184,-0.0181  -5.0,+0.0183,-0.0172,+0.0181,-0.0178  -5.5,+0.0185,-0.0175,+0.0180,-0.0177  -6.0,+0.0186,-0.0177,+0.0192,-0.0188  -6.5,+0.0195,-0.0185,+0.0201,-0.0198  -7.0,+0.0199,-0.0189,+0.0204,-0.0201  -7.5,+0.0205,-0.0195,+0.0203,-0.0201  -8.0,+0.0211,-0.0201,+0.0199,-0.0197  -8.5,+0.0217,-0.0208,+0.0195,-0.0192  -9.0,+0.0220,-0.0209,+0.0192,-0.0190  -9.5,+0.0219,-0.0208,+0.0184,-0.0181  -10.0,+0.0214,-0.0204,+0.0181,-0.0178  -10.5,+0.0211,-0.0201,+0.0178,-0.0175  -11.0,+0.0208,-0.0198,+0.0173,-0.0171  -11.5,+0.0204,-0.0193,+0.0168,-0.0166  -12.0,+0.0199,-0.0197,+0.0163,-0.0156  -12.5,+0.0218,-0.0208,+0.0166,-0.0163  -13.0,+0.0222,-0.0211,+0.0165,-0.0163  -13.5,+0.0225,-0.0216,+0.0165,-0.0162  -14.0,+0.0229,-0.0219,+0.0164,-0.0162  -14.5,+0.0232,-0.0222,+0.0164,-0.0162  -15.0,+0.0235,-0.0224,+0.0162,-0.0160  -15.5,+0.0228,-0.0217,+0.0152,-0.0151  -16.0,+0.0226,-0.0215,+0.0153,-0.0151  -16.5,+0.0224,-0.0214,+0.0154,-0.0152  -17.0,+0.0221,-0.0210,+0.0156,-0.0153  -17.5,+0.0219,-0.0208,+0.0156,-0.0154  -18.0,+0.0217,-0.0206,+0.0157,-0.0155  -18.5,+0.0217,-0.0207,+0.0160,-0.0157  -19.0,+0.0218,-0.0208,+0.0155,-0.0152  -19.5,+0.0219,-0.0209,+0.0151,-0.0148  -20.0,+0.0220,-0.0209,+0.0147,-0.0144  -20.5,+0.0221,-0.0210,+0.0142,-0.0140  -21.0,+0.0221,-0.0212,+0.0141,-0.0138</p>
---	---



<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 08:45 ON 11/03/03"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0152,-0.0143,+0.0125,-0.0123  -0.5,+0.0153,-0.0145,+0.0146,-0.0144  -1.0,+0.0162,-0.0153,+0.0159,-0.0156  -1.5,+0.0170,-0.0161,+0.0170,-0.0167  -2.0,+0.0175,-0.0167,+0.0177,-0.0174  -2.5,+0.0175,-0.0166,+0.0180,-0.0177  -3.0,+0.0165,-0.0163,+0.0185,-0.0184  -3.5,+0.0168,-0.0159,+0.0189,-0.0186  -4.0,+0.0172,-0.0163,+0.0186,-0.0184  -4.5,+0.0177,-0.0168,+0.0183,-0.0181  -5.0,+0.0181,-0.0172,+0.0181,-0.0178  -5.5,+0.0184,-0.0175,+0.0180,-0.0177  -6.0,+0.0185,-0.0178,+0.0191,-0.0188  -6.5,+0.0194,-0.0185,+0.0201,-0.0199  -7.0,+0.0198,-0.0190,+0.0204,-0.0201  -7.5,+0.0205,-0.0195,+0.0203,-0.0201  -8.0,+0.0210,-0.0201,+0.0200,-0.0197  -8.5,+0.0216,-0.0208,+0.0195,-0.0192  -9.0,+0.0220,-0.0210,+0.0193,-0.0189  -9.5,+0.0218,-0.0209,+0.0184,-0.0181  -10.0,+0.0213,-0.0204,+0.0182,-0.0178  -10.5,+0.0210,-0.0201,+0.0178,-0.0175  -11.0,+0.0207,-0.0198,+0.0173,-0.0171  -11.5,+0.0203,-0.0194,+0.0169,-0.0166  -12.0,+0.0197,-0.0197,+0.0163,-0.0156  -12.5,+0.0217,-0.0208,+0.0166,-0.0163  -13.0,+0.0221,-0.0212,+0.0166,-0.0163  -13.5,+0.0225,-0.0216,+0.0165,-0.0163  -14.0,+0.0228,-0.0218,+0.0165,-0.0163  -14.5,+0.0231,-0.0223,+0.0165,-0.0162  -15.0,+0.0234,-0.0225,+0.0163,-0.0159  -15.5,+0.0227,-0.0217,+0.0152,-0.0150  -16.0,+0.0225,-0.0216,+0.0154,-0.0150  -16.5,+0.0223,-0.0214,+0.0154,-0.0152  -17.0,+0.0220,-0.0210,+0.0155,-0.0153  -17.5,+0.0218,-0.0209,+0.0156,-0.0153  -18.0,+0.0216,-0.0206,+0.0157,-0.0154  -18.5,+0.0216,-0.0207,+0.0160,-0.0157  -19.0,+0.0217,-0.0208,+0.0155,-0.0152  -19.5,+0.0217,-0.0209,+0.0151,-0.0148  -20.0,+0.0219,-0.0210,+0.0146,-0.0144  -20.5,+0.0220,-0.0211,+0.0142,-0.0140  -21.0,+0.0220,-0.0211,+0.0140,-0.0138</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0006"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 08:11 ON 28/03/03"  "DEPTH OF TUBE : -021.0"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0155,-0.0145,+0.0122,-0.0121  -0.5,+0.0153,-0.0145,+0.0146,-0.0144  -1.0,+0.0163,-0.0153,+0.0159,-0.0156  -1.5,+0.0170,-0.0161,+0.0169,-0.0167  -2.0,+0.0175,-0.0167,+0.0177,-0.0174  -2.5,+0.0175,-0.0166,+0.0180,-0.0177  -3.0,+0.0165,-0.0163,+0.0185,-0.0184  -3.5,+0.0168,-0.0160,+0.0189,-0.0186  -4.0,+0.0172,-0.0164,+0.0186,-0.0183  -4.5,+0.0177,-0.0169,+0.0183,-0.0181  -5.0,+0.0181,-0.0172,+0.0181,-0.0178  -5.5,+0.0184,-0.0176,+0.0179,-0.0177  -6.0,+0.0184,-0.0178,+0.0191,-0.0188  -6.5,+0.0194,-0.0186,+0.0201,-0.0198  -7.0,+0.0198,-0.0190,+0.0204,-0.0201  -7.5,+0.0204,-0.0195,+0.0203,-0.0201  -8.0,+0.0210,-0.0202,+0.0199,-0.0197  -8.5,+0.0216,-0.0208,+0.0195,-0.0192  -9.0,+0.0220,-0.0210,+0.0193,-0.0189  -9.5,+0.0218,-0.0209,+0.0184,-0.0181  -10.0,+0.0213,-0.0204,+0.0181,-0.0178  -10.5,+0.0210,-0.0202,+0.0178,-0.0175  -11.0,+0.0207,-0.0198,+0.0173,-0.0170  -11.5,+0.0203,-0.0194,+0.0168,-0.0165  -12.0,+0.0197,-0.0197,+0.0163,-0.0156  -12.5,+0.0217,-0.0209,+0.0166,-0.0163  -13.0,+0.0220,-0.0212,+0.0165,-0.0163  -13.5,+0.0225,-0.0216,+0.0165,-0.0162  -14.0,+0.0228,-0.0219,+0.0165,-0.0162  -14.5,+0.0231,-0.0223,+0.0165,-0.0162  -15.0,+0.0234,-0.0225,+0.0162,-0.0159  -15.5,+0.0226,-0.0217,+0.0153,-0.0150  -16.0,+0.0225,-0.0216,+0.0153,-0.0150  -16.5,+0.0223,-0.0214,+0.0154,-0.0152  -17.0,+0.0220,-0.0211,+0.0155,-0.0153  -17.5,+0.0218,-0.0209,+0.0156,-0.0154  -18.0,+0.0216,-0.0207,+0.0158,-0.0155  -18.5,+0.0216,-0.0208,+0.0160,-0.0157  -19.0,+0.0217,-0.0209,+0.0155,-0.0152  -19.5,+0.0218,-0.0209,+0.0150,-0.0148  -20.0,+0.0218,-0.0210,+0.0146,-0.0144  -20.5,+0.0220,-0.0211,+0.0142,-0.0140  -21.0,+0.0220,-0.0211,+0.0141,-0.0139</p>
---	---

REGISTROS DE INSTRUMENTACION  
INCLINOMETRO 4

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0007"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 13:10 ON 26/07/02"          "DEPTH OF TUBE : -025.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0092,-0.0017,-0.1934,-0.1938          -0.5,+0.0076,-0.0003,-0.1934,-0.1938          -1.0,+0.0059,+0.0013,-0.1933,-0.1939          -1.5,+0.0042,+0.0031,-0.1932,-0.1939          -2.0,+0.0005,+0.0060,-0.1931,-0.1940          -2.5,-0.0018,+0.0090,-0.1931,-0.1940          -3.0,-0.0024,+0.0096,-0.1930,-0.1940          -3.5,-0.0029,+0.0101,-0.1930,-0.1940          -4.0,-0.0030,+0.0101,-0.1930,-0.1940          -4.5,-0.0029,+0.0102,-0.1930,-0.1940          -5.0,-0.0039,+0.0106,-0.1930,-0.1941          -5.5,-0.0049,+0.0121,-0.1929,-0.1941          -6.0,-0.0060,+0.0132,-0.1929,-0.1941          -6.5,-0.0070,+0.0141,-0.1928,-0.1941          -7.0,-0.0078,+0.0150,-0.1928,-0.1941          -7.5,-0.0087,+0.0159,-0.1928,-0.1941          -8.0,-0.0087,+0.0160,-0.1928,-0.1941          -8.5,-0.0077,+0.0150,-0.1928,-0.1941          -9.0,-0.0075,+0.0147,-0.1928,-0.1941          -9.5,-0.0074,+0.0146,-0.1927,-0.1940          -10.0,-0.0073,+0.0145,-0.1927,-0.1940          -10.5,-0.0072,+0.0145,-0.1927,-0.1940          -11.0,-0.0084,+0.0144,-0.1927,-0.1940          -11.5,-0.0090,+0.0162,-0.1926,-0.1941          -12.0,-0.0090,+0.0161,-0.1927,-0.1940          -12.5,-0.0089,+0.0160,-0.1926,-0.1940          -13.0,-0.0088,+0.0160,-0.1926,-0.1940          -13.5,-0.0087,+0.0158,-0.1926,-0.1940          -14.0,-0.0089,+0.0154,-0.1926,-0.1940          -14.5,-0.0090,+0.0162,-0.1925,-0.1940          -15.0,-0.0087,+0.0159,-0.1926,-0.1940          -15.5,-0.0085,+0.0157,-0.1925,-0.1940          -16.0,-0.0085,+0.0157,-0.1925,-0.1940          -16.5,-0.0087,+0.0158,-0.1925,-0.1939          -17.0,-0.0089,+0.0161,-0.1925,-0.1939          -17.5,-0.0097,+0.0169,-0.1924,-0.1939          -18.0,-0.0092,+0.0163,-0.1925,-0.1939          -18.5,-0.0083,+0.0154,-0.1925,-0.1939          -19.0,-0.0072,+0.0144,-0.1925,-0.1938          -19.5,-0.0065,+0.0137,-0.1925,-0.1938          -20.0,-0.0076,+0.0141,-0.1924,-0.1938          -20.5,-0.0080,+0.0152,-0.1924,-0.1938          -21.0,-0.0083,+0.0154,-0.1923,-0.1938          -21.5,-0.0084,+0.0156,-0.1923,-0.1938          -22.0,-0.0081,+0.0152,-0.1923,-0.1938          -22.5,-0.0073,+0.0144,-0.1923,-0.1938          -23.0,-0.0061,+0.0131,-0.1923,-0.1937          -23.5,-0.0063,+0.0134,-0.1923,-0.1937          -24.0,-0.0066,+0.0137,-0.1923,-0.1937          -24.5,-0.0070,+0.0142,-0.1923,-0.1937          -25.0,-0.0077,+0.0147,-0.1923,-0.1937          -25.5,-0.0084,+0.0156,-0.1924,-0.1937</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0007"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 13:30 ON 02/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -025.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0057,-0.0050,-0.0008,+0.0010          -0.5,+0.0044,-0.0036,-0.0008,+0.0010          -1.0,+0.0027,-0.0020,-0.0006,+0.0008          -1.5,+0.0010,-0.0002,-0.0006,+0.0008          -2.0,-0.0028,+0.0027,-0.0018,+0.0024          -2.5,-0.0050,+0.0057,-0.0025,+0.0027          -3.0,-0.0056,+0.0064,-0.0027,+0.0029          -3.5,-0.0062,+0.0068,-0.0021,+0.0023          -4.0,-0.0062,+0.0069,-0.0009,+0.0011          -4.5,-0.0062,+0.0069,-0.0001,+0.0003          -5.0,-0.0070,+0.0074,-0.0013,+0.0014          -5.5,-0.0081,+0.0088,-0.0028,+0.0030          -6.0,-0.0092,+0.0099,-0.0031,+0.0033          -6.5,-0.0102,+0.0109,-0.0038,+0.0040          -7.0,-0.0110,+0.0117,-0.0044,+0.0046          -7.5,-0.0119,+0.0126,-0.0047,+0.0049          -8.0,-0.0119,+0.0126,-0.0041,+0.0043          -8.5,-0.0109,+0.0117,-0.0031,+0.0032          -9.0,-0.0107,+0.0115,-0.0026,+0.0029          -9.5,-0.0106,+0.0114,-0.0022,+0.0024          -10.0,-0.0105,+0.0113,-0.0016,+0.0018          -10.5,-0.0105,+0.0112,-0.0009,+0.0011          -11.0,-0.0115,+0.0112,+0.0005,+0.0002          -11.5,-0.0122,+0.0129,+0.0007,-0.0005          -12.0,-0.0122,+0.0129,+0.0004,-0.0002          -12.5,-0.0121,+0.0127,+0.0000,+0.0002          -13.0,-0.0120,+0.0127,-0.0002,+0.0004          -13.5,-0.0118,+0.0125,-0.0006,+0.0008          -14.0,-0.0121,+0.0122,+0.0005,-0.0006          -14.5,-0.0122,+0.0130,+0.0013,-0.0011          -15.0,-0.0120,+0.0127,+0.0009,-0.0007          -15.5,-0.0118,+0.0125,+0.0004,-0.0003          -16.0,-0.0117,+0.0124,+0.0000,+0.0003          -16.5,-0.0119,+0.0126,-0.0005,+0.0007          -17.0,-0.0122,+0.0129,-0.0016,+0.0018          -17.5,-0.0129,+0.0136,-0.0016,+0.0017          -18.0,-0.0124,+0.0130,-0.0007,+0.0009          -18.5,-0.0115,+0.0122,+0.0001,+0.0001          -19.0,-0.0105,+0.0112,+0.0010,-0.0008          -19.5,-0.0097,+0.0105,+0.0018,-0.0016          -20.0,-0.0112,+0.0100,+0.0027,-0.0012          -20.5,-0.0113,+0.0120,+0.0019,-0.0017          -21.0,-0.0115,+0.0122,+0.0022,-0.0020          -21.5,-0.0117,+0.0124,+0.0026,-0.0024          -22.0,-0.0114,+0.0121,+0.0031,-0.0029          -22.5,-0.0106,+0.0113,+0.0037,-0.0035          -23.0,-0.0094,+0.0100,+0.0043,-0.0041          -23.5,-0.0095,+0.0102,+0.0042,-0.0041          -24.0,-0.0099,+0.0105,+0.0046,-0.0044          -24.5,-0.0103,+0.0110,+0.0049,-0.0047          -25.0,-0.0110,+0.0116,+0.0052,-0.0051          -25.5,-0.0117,+0.0125,+0.0052,-0.0050</p>
--	--

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0007"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 11:06 ON 22/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -025.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0092,-0.0019,-0.1939,-0.1941          -0.5,+0.0078,-0.0005,-0.1938,-0.1942          -1.0,+0.0061,+0.0011,-0.1938,-0.1942          -1.5,+0.0044,+0.0030,-0.1938,-0.1943          -2.0,+0.0006,+0.0059,-0.1936,-0.1943          -2.5,-0.0017,+0.0090,-0.1936,-0.1944          -3.0,-0.0024,+0.0096,-0.1935,-0.1944          -3.5,-0.0029,+0.0101,-0.1935,-0.1944          -4.0,-0.0030,+0.0102,-0.1935,-0.1944          -4.5,-0.0029,+0.0102,-0.1935,-0.1944          -5.0,-0.0038,+0.0106,-0.1935,-0.1944          -5.5,-0.0049,+0.0121,-0.1935,-0.1944          -6.0,-0.0060,+0.0132,-0.1934,-0.1944          -6.5,-0.0070,+0.0142,-0.1934,-0.1944          -7.0,-0.0079,+0.0151,-0.1934,-0.1944          -7.5,-0.0087,+0.0159,-0.1933,-0.1945          -8.0,-0.0087,+0.0160,-0.1933,-0.1944          -8.5,-0.0078,+0.0150,-0.1933,-0.1944          -9.0,-0.0076,+0.0149,-0.1933,-0.1944          -9.5,-0.0075,+0.0148,-0.1933,-0.1944          -10.0,-0.0074,+0.0145,-0.1933,-0.1944          -10.5,-0.0072,+0.0145,-0.1933,-0.1944          -11.0,-0.0083,+0.0143,-0.1933,-0.1944          -11.5,-0.0089,+0.0161,-0.1933,-0.1944          -12.0,-0.0088,+0.0161,-0.1933,-0.1944          -12.5,-0.0087,+0.0160,-0.1933,-0.1944          -13.0,-0.0087,+0.0159,-0.1932,-0.1944          -13.5,-0.0086,+0.0158,-0.1932,-0.1944          -14.0,-0.0088,+0.0154,-0.1932,-0.1944          -14.5,-0.0089,+0.0162,-0.1932,-0.1944          -15.0,-0.0087,+0.0160,-0.1932,-0.1943          -15.5,-0.0085,+0.0157,-0.1932,-0.1943          -16.0,-0.0085,+0.0157,-0.1932,-0.1943          -16.5,-0.0087,+0.0159,-0.1932,-0.1943          -17.0,-0.0089,+0.0162,-0.1931,-0.1943          -17.5,-0.0097,+0.0169,-0.1931,-0.1943          -18.0,-0.0091,+0.0164,-0.1931,-0.1943          -18.5,-0.0082,+0.0154,-0.1931,-0.1943          -19.0,-0.0073,+0.0145,-0.1931,-0.1942          -19.5,-0.0065,+0.0137,-0.1932,-0.1942          -20.0,-0.0079,+0.0132,-0.1931,-0.1942          -20.5,-0.0080,+0.0152,-0.1931,-0.1942          -21.0,-0.0082,+0.0155,-0.1930,-0.1942          -21.5,-0.0084,+0.0157,-0.1930,-0.1942          -22.0,-0.0081,+0.0154,-0.1930,-0.1942          -22.5,-0.0073,+0.0145,-0.1930,-0.1941          -23.0,-0.0060,+0.0132,-0.1930,-0.1942          -23.5,-0.0061,+0.0134,-0.1930,-0.1941          -24.0,-0.0065,+0.0137,-0.1930,-0.1941          -24.5,-0.0070,+0.0142,-0.1930,-0.1941          -25.0,-0.0076,+0.0148,-0.1929,-0.1941          -25.5,-0.0084,+0.0157,-0.1929,-0.1940</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0007"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 13:49 ON 28/08/02"          "DEPTH OF TUBE : -025.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0074,-0.0019,-0.1934,-0.1940          -0.5,+0.0078,-0.0005,-0.1934,-0.1941          -1.0,+0.0061,+0.0011,-0.1934,-0.1941          -1.5,+0.0044,+0.0030,-0.1933,-0.1941          -2.0,-0.0002,+0.0060,-0.1932,-0.1942          -2.5,-0.0018,+0.0090,-0.1931,-0.1942          -3.0,-0.0024,+0.0097,-0.1931,-0.1942          -3.5,-0.0029,+0.0101,-0.1931,-0.1943          -4.0,-0.0029,+0.0102,-0.1931,-0.1942          -4.5,-0.0029,+0.0102,-0.1931,-0.1942          -5.0,-0.0038,+0.0108,-0.1930,-0.1943          -5.5,-0.0049,+0.0122,-0.1930,-0.1943          -6.0,-0.0060,+0.0138,-0.1929,-0.1943          -6.5,-0.0069,+0.0142,-0.1929,-0.1943          -7.0,-0.0079,+0.0151,-0.1929,-0.1943          -7.5,-0.0087,+0.0159,-0.1929,-0.1943          -8.0,-0.0087,+0.0160,-0.1929,-0.1943          -8.5,-0.0078,+0.0151,-0.1929,-0.1943          -9.0,-0.0076,+0.0149,-0.1929,-0.1943          -9.5,-0.0075,+0.0148,-0.1929,-0.1943          -10.0,-0.0074,+0.0146,-0.1928,-0.1943          -10.5,-0.0073,+0.0146,-0.1928,-0.1943          -11.0,-0.0078,+0.0145,-0.1928,-0.1942          -11.5,-0.0089,+0.0140,-0.1928,-0.1942          -12.0,-0.0088,+0.0158,-0.1928,-0.1942          -12.5,-0.0087,+0.0155,-0.1928,-0.1942          -13.0,-0.0086,+0.0162,-0.1928,-0.1942          -13.5,-0.0085,+0.0158,-0.1927,-0.1942          -14.0,-0.0088,+0.0154,-0.1927,-0.1942          -14.5,-0.0089,+0.0161,-0.1927,-0.1942          -15.0,-0.0087,+0.0160,-0.1927,-0.1942          -15.5,-0.0085,+0.0157,-0.1927,-0.1942          -16.0,-0.0085,+0.0157,-0.1927,-0.1942          -16.5,-0.0087,+0.0159,-0.1927,-0.1942          -17.0,-0.0089,+0.0162,-0.1926,-0.1942          -17.5,-0.0097,+0.0169,-0.1926,-0.1941          -18.0,-0.0091,+0.0164,-0.1926,-0.1941          -18.5,-0.0082,+0.0155,-0.1926,-0.1941          -19.0,-0.0072,+0.0145,-0.1926,-0.1940          -19.5,-0.0065,+0.0137,-0.1926,-0.1940          -20.0,-0.0063,+0.0132,-0.1926,-0.1940          -20.5,-0.0081,+0.0152,-0.1926,-0.1940          -21.0,-0.0083,+0.0154,-0.1926,-0.1940          -21.5,-0.0084,+0.0156,-0.1925,-0.1939          -22.0,-0.0081,+0.0153,-0.1925,-0.1939          -22.5,-0.0073,+0.0145,-0.1925,-0.1939          -23.0,-0.0061,+0.0132,-0.1926,-0.1938          -23.5,-0.0062,+0.0133,-0.1925,-0.1938          -24.0,-0.0065,+0.0136,-0.1925,-0.1937          -24.5,-0.0070,+0.0142,-0.1925,-0.1937          -25.0,-0.0077,+0.0147,-0.1924,-0.1937          -25.5,-0.0085,+0.0157,-0.1924,-0.1937</p>
--	--

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0007"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 11:54 ON 23/09/02"          "DEPTH OF TUBE : -025.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0065,-0.0056,-0.0008,+0.0008          -0.5,+0.0050,-0.0041,-0.0010,+0.0012          -1.0,+0.0032,-0.0024,-0.0008,+0.0009          -1.5,+0.0013,-0.0004,-0.0008,+0.0009          -2.0,-0.0030,+0.0027,-0.0016,+0.0022          -2.5,-0.0049,+0.0057,-0.0026,+0.0027          -3.0,-0.0056,+0.0064,-0.0028,+0.0029          -3.5,-0.0061,+0.0068,-0.0021,+0.0023          -4.0,-0.0061,+0.0069,-0.0009,+0.0010          -4.5,-0.0062,+0.0070,-0.0002,+0.0003          -5.0,-0.0070,+0.0074,-0.0014,+0.0014          -5.5,-0.0082,+0.0089,-0.0030,+0.0031          -6.0,-0.0092,+0.0099,-0.0031,+0.0033          -6.5,-0.0101,+0.0109,-0.0037,+0.0039          -7.0,-0.0111,+0.0118,-0.0044,+0.0045          -7.5,-0.0119,+0.0126,-0.0048,+0.0048          -8.0,-0.0118,+0.0126,-0.0042,+0.0043          -8.5,-0.0110,+0.0118,-0.0031,+0.0032          -9.0,-0.0108,+0.0116,-0.0027,+0.0028          -9.5,-0.0107,+0.0115,-0.0022,+0.0023          -10.0,-0.0106,+0.0114,-0.0016,+0.0017          -10.5,-0.0105,+0.0113,-0.0009,+0.0010          -11.0,-0.0114,+0.0112,+0.0001,+0.0001          -11.5,-0.0121,+0.0129,+0.0007,-0.0005          -12.0,-0.0121,+0.0128,+0.0003,-0.0002          -12.5,-0.0119,+0.0127,-0.0001,+0.0002          -13.0,-0.0118,+0.0126,-0.0002,+0.0004          -13.5,-0.0117,+0.0124,-0.0007,+0.0008          -14.0,-0.0120,+0.0122,+0.0005,-0.0007          -14.5,-0.0121,+0.0129,+0.0013,-0.0012          -15.0,-0.0120,+0.0127,+0.0009,-0.0007          -15.5,-0.0118,+0.0126,+0.0004,-0.0003          -16.0,-0.0118,+0.0125,+0.0000,+0.0002          -16.5,-0.0119,+0.0127,-0.0005,+0.0006          -17.0,-0.0122,+0.0129,-0.0016,+0.0017          -17.5,-0.0129,+0.0136,-0.0015,+0.0016          -18.0,-0.0123,+0.0131,-0.0007,+0.0008          -18.5,-0.0115,+0.0122,+0.0001,+0.0000          -19.0,-0.0105,+0.0112,+0.0010,-0.0009          -19.5,-0.0098,+0.0105,+0.0017,-0.0016          -20.0,-0.0095,+0.0100,+0.0015,-0.0013          -20.5,-0.0113,+0.0120,+0.0019,-0.0018          -21.0,-0.0115,+0.0123,+0.0022,-0.0022          -21.5,-0.0117,+0.0124,+0.0026,-0.0025          -22.0,-0.0114,+0.0121,+0.0031,-0.0029          -22.5,-0.0105,+0.0113,+0.0037,-0.0036          -23.0,-0.0093,+0.0099,+0.0042,-0.0042          -23.5,-0.0094,+0.0101,+0.0042,-0.0041          -24.0,-0.0098,+0.0105,+0.0046,-0.0045          -24.5,-0.0103,+0.0111,+0.0049,-0.0048          -25.0,-0.0110,+0.0117,+0.0052,-0.0051          -25.5,-0.0118,+0.0126,+0.0052,-0.0051</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0007"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 11:57 ON 03/10/02"          "DEPTH OF TUBE : -025.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0062,-0.0052,-0.0012,+0.0014          -0.5,+0.0049,-0.0038,-0.0011,+0.0013          -1.0,+0.0032,-0.0023,-0.0007,+0.0009          -1.5,+0.0015,-0.0006,-0.0006,+0.0008          -2.0,-0.0024,+0.0027,-0.0018,+0.0024          -2.5,-0.0048,+0.0058,-0.0026,+0.0027          -3.0,-0.0054,+0.0064,-0.0027,+0.0029          -3.5,-0.0059,+0.0069,-0.0021,+0.0023          -4.0,-0.0060,+0.0069,-0.0009,+0.0011          -4.5,-0.0060,+0.0070,-0.0001,+0.0003          -5.0,-0.0069,+0.0075,-0.0014,+0.0014          -5.5,-0.0080,+0.0090,-0.0029,+0.0031          -6.0,-0.0090,+0.0100,-0.0032,+0.0033          -6.5,-0.0100,+0.0109,-0.0037,+0.0039          -7.0,-0.0109,+0.0118,-0.0043,+0.0045          -7.5,-0.0117,+0.0126,-0.0047,+0.0049          -8.0,-0.0117,+0.0127,-0.0041,+0.0044          -8.5,-0.0109,+0.0118,-0.0031,+0.0032          -9.0,-0.0107,+0.0117,-0.0026,+0.0028          -9.5,-0.0106,+0.0116,-0.0021,+0.0023          -10.0,-0.0105,+0.0114,-0.0015,+0.0017          -10.5,-0.0104,+0.0113,-0.0009,+0.0010          -11.0,-0.0114,+0.0111,+0.0006,+0.0002          -11.5,-0.0119,+0.0129,+0.0007,-0.0005          -12.0,-0.0119,+0.0128,+0.0003,-0.0002          -12.5,-0.0117,+0.0127,-0.0001,+0.0002          -13.0,-0.0116,+0.0126,-0.0002,+0.0004          -13.5,-0.0115,+0.0125,-0.0007,+0.0008          -14.0,-0.0118,+0.0122,+0.0005,-0.0006          -14.5,-0.0120,+0.0130,+0.0013,-0.0011          -15.0,-0.0118,+0.0128,+0.0009,-0.0007          -15.5,-0.0116,+0.0126,+0.0005,-0.0003          -16.0,-0.0116,+0.0126,+0.0000,+0.0002          -16.5,-0.0117,+0.0127,-0.0005,+0.0006          -17.0,-0.0120,+0.0130,-0.0015,+0.0017          -17.5,-0.0127,+0.0137,-0.0015,+0.0016          -18.0,-0.0121,+0.0131,-0.0007,+0.0009          -18.5,-0.0113,+0.0123,+0.0001,+0.0000          -19.0,-0.0103,+0.0113,+0.0010,-0.0008          -19.5,-0.0096,+0.0106,+0.0017,-0.0015          -20.0,-0.0092,+0.0101,+0.0015,-0.0013          -20.5,-0.0111,+0.0121,+0.0019,-0.0018          -21.0,-0.0114,+0.0123,+0.0023,-0.0021          -21.5,-0.0115,+0.0125,+0.0027,-0.0025          -22.0,-0.0112,+0.0121,+0.0031,-0.0029          -22.5,-0.0104,+0.0114,+0.0037,-0.0036          -23.0,-0.0092,+0.0100,+0.0042,-0.0041          -23.5,-0.0093,+0.0102,+0.0042,-0.0041          -24.0,-0.0096,+0.0105,+0.0046,-0.0045          -24.5,-0.0101,+0.0111,+0.0049,-0.0048          -25.0,-0.0108,+0.0117,+0.0052,-0.0051          -25.5,-0.0115,+0.0126,+0.0052,-0.0050</p>
--	--

REGISTROS DE INSTRUMENTACION  
INCLINOMETRO 5

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0009"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 09:57 ON 07/04/03"  "DEPTH OF TUBE : -039.5"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0055,-0.0048,-0.0052,+0.0060  -0.5,+0.0035,-0.0030,-0.0046,+0.0059  -1.0,+0.0021,-0.0017,-0.0047,+0.0059  -1.5,+0.0028,-0.0024,-0.0042,+0.0055  -2.0,+0.0035,-0.0032,-0.0036,+0.0050  -2.5,+0.0043,-0.0040,-0.0030,+0.0041  -3.0,+0.0048,-0.0045,-0.0024,+0.0029  -3.5,+0.0044,-0.0039,-0.0011,+0.0015  -4.0,+0.0025,-0.0019,+0.0000,+0.0006  -4.5,+0.0023,-0.0015,-0.0006,+0.0012  -5.0,+0.0021,-0.0019,-0.0013,+0.0018  -5.5,+0.0021,-0.0016,-0.0019,+0.0026  -6.0,+0.0022,-0.0020,-0.0030,+0.0044  -6.5,+0.0014,-0.0008,-0.0044,+0.0051  -7.0,+0.0005,+0.0009,-0.0057,+0.0066  -7.5,+0.0007,+0.0007,-0.0052,+0.0061  -8.0,+0.0010,-0.0007,-0.0047,+0.0058  -8.5,+0.0013,-0.0020,-0.0042,+0.0060  -9.0,+0.0016,-0.0013,-0.0037,+0.0051  -9.5,+0.0012,-0.0006,-0.0031,+0.0041  -10.0,-0.0003,+0.0017,-0.0031,+0.0040  -10.5,+0.0000,+0.0002,-0.0028,+0.0036  -11.0,+0.0003,-0.0005,-0.0024,+0.0035  -11.5,+0.0005,-0.0008,-0.0020,+0.0028  -12.0,+0.0008,-0.0005,-0.0017,+0.0019  -12.5,+0.0011,-0.0010,-0.0009,+0.0015  -13.0,+0.0009,+0.0001,+0.0010,-0.0010  -13.5,+0.0010,+0.0001,+0.0002,+0.0005  -14.0,+0.0011,-0.0001,-0.0006,+0.0010  -14.5,+0.0012,-0.0006,-0.0012,+0.0012  -15.0,+0.0015,-0.0008,-0.0020,+0.0029  -15.5,+0.0013,-0.0010,-0.0032,+0.0032  -16.0,+0.0032,-0.0025,-0.0057,+0.0065  -16.5,+0.0027,-0.0015,-0.0055,+0.0060  -17.0,+0.0023,-0.0019,-0.0052,+0.0059  -17.5,+0.0020,-0.0018,-0.0049,+0.0056  -18.0,+0.0018,-0.0005,-0.0046,+0.0058  -18.5,+0.0018,-0.0004,-0.0044,+0.0060  -19.0,+0.0024,-0.0015,-0.0042,+0.0051  -19.5,+0.0021,-0.0018,-0.0038,+0.0050  -20.0,+0.0016,-0.0002,-0.0031,+0.0040  -20.5,+0.0012,-0.0001,-0.0027,+0.0038  -21.0,+0.0007,-0.0003,-0.0022,+0.0029  -21.5,+0.0002,+0.0009,-0.0017,+0.0026  -22.0,-0.0016,+0.0020,-0.0015,+0.0014  -22.5,-0.0018,+0.0030,-0.0019,+0.0016  -23.0,-0.0013,+0.0028,-0.0027,+0.0028  -23.5,-0.0007,+0.0019,-0.0034,+0.0038  -24.0,+0.0000,+0.0005,-0.0041,+0.0041  -24.5,+0.0003,-0.0005,-0.0048,+0.0055  -25.0,+0.0008,-0.0002,-0.0085,+0.0094  -25.5,+0.0012,-0.0001,-0.0085,+0.0095  -26.0,+0.0008,+0.0003,-0.0079,+0.0088  -26.5,+0.0006,+0.0009,-0.0071,+0.0078  -27.0,+0.0000,+0.0005,-0.0066,+0.0071  -27.5,-0.0001,+0.0015,-0.0058,+0.0060  -28.0,-0.0017,+0.0018,-0.0040,+0.0040</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0009"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 08:48 ON 28/03/03"  "DEPTH OF TUBE : -039.5"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0062,-0.0045,-0.0049,+0.0055  -0.5,+0.0038,-0.0026,-0.0044,+0.0049  -1.0,+0.0023,-0.0012,-0.0043,+0.0047  -1.5,+0.0031,-0.0020,-0.0038,+0.0044  -2.0,+0.0035,-0.0024,-0.0034,+0.0037  -2.5,+0.0050,-0.0034,-0.0047,+0.0030  -3.0,+0.0047,-0.0045,-0.0021,+0.0030  -3.5,+0.0036,-0.0036,-0.0005,+0.0009  -4.0,+0.0024,-0.0015,+0.0014,+0.0002  -4.5,+0.0016,-0.0013,+0.0006,-0.0002  -5.0,+0.0021,-0.0027,-0.0009,+0.0002  -5.5,+0.0023,-0.0014,-0.0021,+0.0019  -6.0,+0.0022,-0.0008,-0.0031,+0.0028  -6.5,+0.0011,-0.0004,-0.0043,+0.0046  -7.0,+0.0002,+0.0006,-0.0058,+0.0059  -7.5,+0.0005,+0.0004,-0.0055,+0.0060  -8.0,+0.0005,+0.0000,-0.0053,+0.0046  -8.5,+0.0012,+0.0002,-0.0044,+0.0051  -9.0,+0.0007,-0.0009,-0.0022,+0.0022  -9.5,+0.0010,-0.0002,-0.0035,+0.0039  -10.0,+0.0006,+0.0010,-0.0027,+0.0022  -10.5,-0.0003,+0.0016,-0.0033,+0.0041  -11.0,+0.0002,+0.0021,-0.0027,+0.0032  -11.5,+0.0011,+0.0003,-0.0016,+0.0024  -12.0,+0.0012,-0.0008,-0.0022,+0.0028  -12.5,+0.0014,-0.0009,-0.0012,+0.0007  -13.0,+0.0011,-0.0003,+0.0006,-0.0004  -13.5,+0.0010,-0.0003,-0.0001,+0.0004  -14.0,+0.0012,-0.0002,-0.0008,+0.0011  -14.5,+0.0014,+0.0000,-0.0014,+0.0013  -15.0,+0.0014,-0.0007,-0.0025,+0.0026  -15.5,+0.0013,-0.0002,-0.0034,+0.0035  -16.0,+0.0030,-0.0021,-0.0058,+0.0060  -16.5,+0.0027,-0.0020,-0.0056,+0.0044  -17.0,+0.0023,-0.0022,-0.0053,+0.0053  -17.5,+0.0021,-0.0014,-0.0050,+0.0052  -18.0,+0.0019,-0.0009,-0.0047,+0.0050  -18.5,+0.0018,-0.0008,-0.0044,+0.0046  -19.0,+0.0024,-0.0010,-0.0041,+0.0044  -19.5,+0.0020,-0.0011,-0.0037,+0.0039  -20.0,+0.0015,-0.0008,-0.0032,+0.0039  -20.5,+0.0012,-0.0004,-0.0029,+0.0041  -21.0,+0.0007,+0.0002,-0.0023,+0.0027  -21.5,+0.0002,+0.0008,-0.0018,+0.0022  -22.0,-0.0016,+0.0017,-0.0016,+0.0018  -22.5,-0.0019,+0.0022,-0.0020,+0.0022  -23.0,-0.0013,+0.0021,-0.0028,+0.0030  -23.5,-0.0007,+0.0016,-0.0034,+0.0037  -24.0,+0.0000,+0.0010,-0.0041,+0.0044  -24.5,+0.0004,+0.0004,-0.0047,+0.0051  -25.0,+0.0008,+0.0000,-0.0084,+0.0084  -25.5,+0.0015,-0.0013,-0.0085,+0.0090  -26.0,+0.0008,+0.0000,-0.0079,+0.0085  -26.5,+0.0004,+0.0006,-0.0072,+0.0076  -27.0,+0.0001,+0.0008,-0.0068,+0.0071  -27.5,-0.0002,+0.0000,-0.0060,+0.0059  -28.0,-0.0017,+0.0026,-0.0041,+0.0044</p>
---	---

-28.5,-0.0024,+0.0030,-0.0035,+0.0038	-28.5,-0.0024,+0.0034,-0.0036,+0.0039
-29.0,-0.0024,+0.0039,-0.0044,+0.0050	-29.0,-0.0025,+0.0029,-0.0044,+0.0020
-29.5,-0.0025,+0.0035,-0.0051,+0.0058	-29.5,-0.0025,+0.0035,-0.0050,+0.0053
-30.0,-0.0023,+0.0035,-0.0056,+0.0050	-30.0,-0.0025,+0.0034,-0.0056,+0.0059
-30.5,-0.0023,+0.0038,-0.0058,+0.0058	-30.5,-0.0026,+0.0035,-0.0059,+0.0065
-31.0,-0.0023,+0.0040,-0.0038,+0.0035	-31.0,-0.0024,+0.0036,-0.0040,+0.0043
-31.5,-0.0017,+0.0028,-0.0025,+0.0031	-31.5,-0.0018,+0.0029,-0.0029,+0.0033
-32.0,-0.0013,+0.0022,-0.0016,+0.0029	-32.0,-0.0014,+0.0020,-0.0020,+0.0023
-32.5,-0.0009,+0.0015,-0.0012,+0.0025	-32.5,-0.0010,+0.0042,-0.0016,+0.0020
-33.0,-0.0005,+0.0008,-0.0010,+0.0019	-33.0,-0.0006,+0.0017,-0.0014,+0.0018
-33.5,-0.0002,+0.0006,-0.0013,+0.0015	-33.5,-0.0003,+0.0014,-0.0016,+0.0020
-34.0,-0.0001,+0.0019,-0.0029,+0.0039	-34.0,-0.0002,+0.0013,-0.0029,+0.0032
-34.5,+0.0006,-0.0006,-0.0039,+0.0051	-34.5,+0.0004,+0.0006,-0.0038,+0.0043
-35.0,+0.0009,-0.0001,-0.0035,+0.0048	-35.0,+0.0006,+0.0004,-0.0035,+0.0039
-35.5,+0.0009,+0.0000,-0.0030,+0.0040	-35.5,+0.0008,+0.0000,-0.0030,+0.0035
-36.0,+0.0009,-0.0001,-0.0026,+0.0039	-36.0,+0.0008,-0.0002,-0.0026,+0.0031
-36.5,+0.0011,-0.0008,-0.0021,+0.0025	-36.5,+0.0010,-0.0006,-0.0022,+0.0024
-37.0,+0.0006,-0.0007,-0.0022,+0.0035	-37.0,+0.0006,+0.0002,-0.0022,+0.0021
-37.5,+0.0001,-0.0010,-0.0018,+0.0020	-37.5,+0.0002,+0.0009,-0.0019,+0.0023
-38.0,-0.0006,+0.0015,-0.0016,+0.0025	-38.0,-0.0007,+0.0016,-0.0017,+0.0020
-38.5,-0.0012,+0.0020,-0.0012,+0.0015	-38.5,-0.0014,+0.0012,-0.0013,+0.0017
-39.0,-0.0019,+0.0028,-0.0009,+0.0010	-39.0,-0.0022,+0.0032,-0.0010,+0.0013
-39.5,-0.0024,+0.0032,-0.0004,+0.0015	-39.5,-0.0026,+0.0034,-0.0005,+0.0009

<p>"INCLINOMETER DATA"  "SITE CODE : ABAB"  "BOREHOLE CODE : 0009"  "FACES LOGGED : ABCD"  "TIME/DATE TAKEN : 09:57 ON 24/04/03"  "DEPTH OF TUBE : -039.5"  "READING INTERVAL : 0.5m"  "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"  "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,+0.0055,-0.0043,-0.0052,+0.0058  -0.5,+0.0035,-0.0025,-0.0046,+0.0050  -1.0,+0.0021,-0.0012,-0.0047,+0.0050  -1.5,+0.0028,-0.0019,-0.0042,+0.0047  -2.0,+0.0035,-0.0027,-0.0036,+0.0040  -2.5,+0.0043,-0.0035,-0.0030,+0.0034  -3.0,+0.0048,-0.0041,-0.0024,+0.0028  -3.5,+0.0044,-0.0034,-0.0011,+0.0014  -4.0,+0.0025,-0.0014,+0.0000,+0.0000  -4.5,+0.0023,-0.0010,-0.0006,+0.0004  -5.0,+0.0021,-0.0014,-0.0013,+0.0012  -5.5,+0.0021,-0.0011,-0.0019,+0.0023  -6.0,+0.0022,-0.0015,-0.0030,+0.0035  -6.5,+0.0014,-0.0003,-0.0044,+0.0047  -7.0,+0.0005,+0.0004,-0.0057,+0.0061  -7.5,+0.0007,+0.0002,-0.0052,+0.0056  -8.0,+0.0010,-0.0002,-0.0047,+0.0048  -8.5,+0.0013,-0.0015,-0.0042,+0.0049  -9.0,+0.0016,-0.0008,-0.0037,+0.0045  -9.5,+0.0012,-0.0001,-0.0031,+0.0035  -10.0,-0.0003,+0.0012,-0.0031,+0.0038  -10.5,+0.0000,+0.0009,-0.0028,+0.0032  -11.0,+0.0003,+0.0005,-0.0024,+0.0028  -11.5,+0.0005,+0.0003,-0.0020,+0.0024  -12.0,+0.0008,+0.0000,-0.0017,+0.0021  -12.5,+0.0011,-0.0002,-0.0009,+0.0013  -13.0,+0.0009,+0.0001,+0.0010,-0.0005  -13.5,+0.0010,+0.0001,+0.0002,+0.0002  -14.0,+0.0011,-0.0001,-0.0006,+0.0008  -14.5,+0.0012,-0.0003,-0.0012,+0.0015  -15.0,+0.0015,-0.0004,-0.0020,+0.0024  -15.5,+0.0013,-0.0003,-0.0032,+0.0035  -16.0,+0.0032,-0.0022,-0.0057,+0.0061  -16.5,+0.0027,-0.0017,-0.0055,+0.0058</p>	
--	--



-17.0,+0.0023,-0.0013,-0.0052,+0.0056	
-17.5,+0.0020,-0.0010,-0.0049,+0.0053	
-18.0,+0.0018,-0.0008,-0.0046,+0.0050	
-18.5,+0.0018,-0.0007,-0.0044,+0.0047	
-19.0,+0.0024,-0.0015,-0.0042,+0.0046	
-19.5,+0.0021,-0.0011,-0.0038,+0.0042	
-20.0,+0.0016,-0.0006,-0.0031,+0.0035	
-20.5,+0.0012,-0.0001,-0.0027,+0.0031	
-21.0,+0.0007,+0.0003,-0.0022,+0.0026	
-21.5,+0.0002,+0.0009,-0.0017,+0.0020	
-22.0,-0.0016,+0.0026,-0.0015,+0.0019	
-22.5,-0.0018,+0.0028,-0.0019,+0.0022	
-23.0,-0.0013,+0.0023,-0.0027,+0.0031	
-23.5,-0.0007,+0.0017,-0.0034,+0.0037	
-24.0,+0.0000,+0.0011,-0.0041,+0.0044	
-24.5,+0.0003,+0.0005,-0.0048,+0.0052	
-25.0,+0.0008,+0.0002,-0.0085,+0.0087	
-25.5,+0.0012,-0.0001,-0.0085,+0.0088	
-26.0,+0.0008,+0.0003,-0.0079,+0.0082	
-26.5,+0.0006,+0.0006,-0.0071,+0.0075	
-27.0,+0.0000,+0.0010,-0.0066,+0.0069	
-27.5,-0.0001,+0.0012,-0.0058,+0.0062	
-28.0,-0.0017,+0.0027,-0.0040,+0.0044	
-28.5,-0.0024,+0.0033,-0.0035,+0.0038	
-29.0,-0.0024,+0.0033,-0.0044,+0.0046	
-29.5,-0.0025,+0.0034,-0.0051,+0.0054	
-30.0,-0.0023,+0.0035,-0.0056,+0.0061	
-30.5,-0.0023,+0.0037,-0.0058,+0.0065	
-31.0,-0.0023,+0.0038,-0.0038,+0.0044	
-31.5,-0.0017,+0.0032,-0.0025,+0.0033	
-32.0,-0.0013,+0.0027,-0.0016,+0.0024	
-32.5,-0.0009,+0.0023,-0.0012,+0.0019	
-33.0,-0.0005,+0.0019,-0.0010,+0.0017	
-33.5,-0.0002,+0.0017,-0.0013,+0.0020	
-34.0,-0.0001,+0.0015,-0.0029,+0.0035	
-34.5,+0.0006,+0.0006,-0.0039,+0.0047	
-35.0,+0.0009,+0.0003,-0.0035,+0.0042	
-35.5,+0.0009,+0.0000,-0.0030,+0.0037	
-36.0,+0.0009,-0.0001,-0.0026,+0.0034	
-36.5,+0.0011,+0.0000,-0.0021,+0.0028	
-37.0,+0.0006,+0.0007,-0.0022,+0.0027	
-37.5,+0.0001,+0.0012,-0.0018,+0.0023	
-38.0,-0.0006,+0.0018,-0.0016,+0.0021	
-38.5,-0.0012,+0.0024,-0.0012,+0.0018	
-39.0,-0.0019,+0.0031,-0.0009,+0.0014	
-39.5,-0.0024,+0.0037,-0.0004,+0.0011	

REGISTROS DE INSTRUMENTACION  
INCLINOMETRO 6

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0010"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 10:49 ON 11/03/03"          "DEPTH OF TUBE : -019.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0005,+0.0014,+0.0102,-0.0101          -0.5,-0.0001,+0.0008,+0.0102,-0.0100          -1.0,+0.0006,+0.0001,+0.0101,-0.0100          -1.5,+0.0023,-0.0015,+0.0111,-0.0108          -2.0,+0.0031,-0.0024,+0.0104,-0.0103          -2.5,+0.0023,-0.0016,+0.0099,-0.0098          -3.0,+0.0020,-0.0012,+0.0096,-0.0095          -3.5,+0.0018,-0.0011,+0.0096,-0.0095          -4.0,+0.0020,-0.0012,+0.0096,-0.0094          -4.5,+0.0015,-0.0011,+0.0095,-0.0093          -5.0,+0.0011,-0.0004,+0.0105,-0.0105          -5.5,+0.0006,+0.0003,+0.0105,-0.0098          -6.0,-0.0034,+0.0000,+0.0137,-0.0101          -6.5,+0.0013,+0.0002,+0.0105,-0.0097          -7.0,+0.0006,-0.0006,+0.0099,-0.0098          -7.5,+0.0018,-0.0001,+0.0106,-0.0099          -8.0,-0.0003,+0.0007,+0.0099,-0.0084          -8.5,+0.0022,-0.0021,+0.0095,-0.0092          -9.0,+0.0002,-0.0006,+0.0096,-0.0077          -9.5,+0.0020,-0.0010,+0.0086,-0.0095          -10.0,+0.0025,-0.0013,+0.0094,-0.0092          -10.5,+0.0023,-0.0019,+0.0093,-0.0092          -11.0,+0.0025,-0.0020,+0.0081,-0.0080          -11.5,+0.0023,-0.0016,+0.0076,-0.0075          -12.0,+0.0022,-0.0015,+0.0071,-0.0069          -12.5,+0.0019,-0.0012,+0.0068,-0.0065          -13.0,+0.0018,-0.0011,+0.0066,-0.0064          -13.5,+0.0017,-0.0010,+0.0067,-0.0064          -14.0,+0.0026,-0.0019,+0.0079,-0.0078          -14.5,+0.0024,-0.0017,+0.0079,-0.0078          -15.0,+0.0019,-0.0014,+0.0077,-0.0075          -15.5,+0.0013,-0.0007,+0.0071,-0.0069          -16.0,+0.0008,-0.0001,+0.0062,-0.0061          -16.5,+0.0000,+0.0007,+0.0055,-0.0054          -17.0,-0.0007,+0.0015,+0.0067,-0.0065          -17.5,-0.0008,+0.0015,+0.0067,-0.0065          -18.0,-0.0007,+0.0016,+0.0065,-0.0064          -18.5,-0.0013,+0.0018,+0.0060,-0.0045</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0010"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 07:37 ON 07/04/03"          "DEPTH OF TUBE : -018.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"          "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"</p> <p>-0.0,-0.0004,+0.0014,+0.0103,-0.0099          -0.5,+0.0001,+0.0008,+0.0104,-0.0099          -1.0,+0.0008,+0.0001,+0.0103,-0.0100          -1.5,+0.0024,-0.0014,+0.0112,-0.0107          -2.0,+0.0032,-0.0023,+0.0105,-0.0101          -2.5,+0.0025,-0.0015,+0.0100,-0.0096          -3.0,+0.0021,-0.0011,+0.0098,-0.0093          -3.5,+0.0019,-0.0010,+0.0097,-0.0093          -4.0,+0.0020,-0.0012,+0.0096,-0.0093          -4.5,+0.0017,-0.0006,+0.0097,-0.0094          -5.0,+0.0013,-0.0002,+0.0108,-0.0103          -5.5,+0.0012,-0.0001,+0.0106,-0.0102          -6.0,+0.0010,+0.0002,+0.0104,-0.0100          -6.5,+0.0010,+0.0011,+0.0103,-0.0108          -7.0,+0.0008,-0.0015,+0.0102,-0.0101          -7.5,+0.0006,+0.0002,+0.0105,-0.0099          -8.0,+0.0006,-0.0010,+0.0097,-0.0092          -8.5,+0.0012,-0.0011,+0.0097,-0.0092          -9.0,+0.0029,-0.0005,+0.0102,-0.0091          -9.5,+0.0030,-0.0008,+0.0093,-0.0094          -10.0,+0.0027,-0.0018,+0.0096,-0.0092          -10.5,+0.0025,-0.0018,+0.0094,-0.0090          -11.0,+0.0027,-0.0019,+0.0082,-0.0076          -11.5,+0.0023,-0.0015,+0.0076,-0.0072          -12.0,+0.0023,-0.0013,+0.0072,-0.0067          -12.5,+0.0020,-0.0011,+0.0069,-0.0064          -13.0,+0.0019,-0.0010,+0.0068,-0.0064          -13.5,+0.0018,-0.0010,+0.0070,-0.0064          -14.0,+0.0028,-0.0018,+0.0082,-0.0078          -14.5,+0.0025,-0.0016,+0.0082,-0.0076          -15.0,+0.0019,-0.0011,+0.0078,-0.0073          -15.5,+0.0013,-0.0006,+0.0072,-0.0066          -16.0,+0.0008,+0.0001,+0.0063,-0.0058          -16.5,+0.0002,+0.0006,+0.0058,-0.0053          -17.0,-0.0005,+0.0014,+0.0070,-0.0066          -17.5,-0.0007,+0.0017,+0.0068,-0.0063          -18.0,-0.0007,+0.0018,+0.0066,-0.0061          -18.5,-0.0011,+0.0022,+0.0061,-0.0056</p>
--	--

"INCLINOMETER DATA"  
 "SITE CODE : ABAB"  
 "BOREHOLE CODE : 0010"  
 "FACES LOGGED : ABCD"  
 "TIME/DATE TAKEN : 11:28 ON 24/04/03"  
 "DEPTH OF TUBE : -018.5"  
 "READING INTERVAL : 0.5m"  
 "OPERATING UNITS : metres"

"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"  
 "metres", "metres", "metres", "metres", "metres"

-0.0,-0.0004,+0.0014,+0.0100,-0.0099  
 -0.5,+0.0001,+0.0007,+0.0102,-0.0100  
 -1.0,+0.0008,+0.0001,+0.0102,-0.0101  
 -1.5,+0.0025,-0.0014,+0.0111,-0.0108  
 -2.0,+0.0032,-0.0022,+0.0103,-0.0103  
 -2.5,+0.0025,-0.0014,+0.0099,-0.0098  
 -3.0,+0.0021,-0.0011,+0.0096,-0.0095  
 -3.5,+0.0019,-0.0009,+0.0095,-0.0095  
 -4.0,+0.0021,-0.0012,+0.0095,-0.0095  
 -4.5,+0.0018,-0.0009,+0.0096,-0.0096  
 -5.0,+0.0013,-0.0002,+0.0106,-0.0105  
 -5.5,+0.0012,+0.0000,+0.0104,-0.0105  
 -6.0,+0.0011,+0.0000,+0.0101,-0.0100  
 -6.5,+0.0007,+0.0000,+0.0101,-0.0100  
 -7.0,+0.0010,+0.0080,+0.0098,-0.0098  
 -7.5,+0.0007,-0.0013,+0.0102,-0.0104  
 -8.0,+0.0005,+0.0014,+0.0096,-0.0095  
 -8.5,+0.0010,+0.0087,+0.0095,-0.0091  
 -9.0,+0.0021,-0.0010,+0.0095,-0.0088  
 -9.5,+0.0018,-0.0009,+0.0088,-0.0093  
 -10.0,+0.0026,-0.0014,+0.0092,-0.0090  
 -10.5,+0.0025,-0.0018,+0.0093,-0.0091  
 -11.0,+0.0027,-0.0018,+0.0079,-0.0078  
 -11.5,+0.0024,-0.0014,+0.0075,-0.0073  
 -12.0,+0.0024,-0.0013,+0.0070,-0.0068  
 -12.5,+0.0020,-0.0011,+0.0068,-0.0066  
 -13.0,+0.0019,-0.0010,+0.0066,-0.0066  
 -13.5,+0.0019,-0.0009,+0.0069,-0.0066  
 -14.0,+0.0028,-0.0018,+0.0080,-0.0079  
 -14.5,+0.0025,-0.0016,+0.0080,-0.0078  
 -15.0,+0.0019,-0.0011,+0.0076,-0.0074  
 -15.5,+0.0013,-0.0006,+0.0070,-0.0067  
 -16.0,+0.0008,+0.0002,+0.0062,-0.0060  
 -16.5,+0.0003,+0.0006,+0.0057,-0.0056  
 -17.0,-0.0005,+0.0014,+0.0068,-0.0068  
 -17.5,-0.0006,+0.0017,+0.0066,-0.0065  
 -18.0,-0.0007,+0.0018,+0.0064,-0.0063  
 -18.5,-0.0011,+0.0021,+0.0061,-0.0059

REGISTROS DE INSTRUMENTACION  
INCLINOMETRO 7

<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0011"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 11:34 ON 28/03/03"          "DEPTH OF TUBE : -019.5"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,-0.0025,+0.0034,-0.0119,+0.0122          -0.5,-0.0025,+0.0027,-0.0119,+0.0114          -1.0,-0.0018,+0.0020,-0.0112,+0.0106          -1.5,-0.0010,+0.0020,-0.0103,+0.0106          -2.0,+0.0020,-0.0023,-0.0091,+0.0083          -2.5,+0.0031,-0.0032,-0.0081,+0.0075          -3.0,+0.0041,-0.0035,-0.0073,+0.0059          -3.5,+0.0050,-0.0048,-0.0065,+0.0060          -4.0,+0.0056,-0.0050,-0.0058,+0.0054          -4.5,+0.0060,-0.0051,-0.0052,+0.0051          -5.0,+0.0053,-0.0046,-0.0040,+0.0044          -5.5,+0.0054,-0.0045,-0.0034,+0.0037          -6.0,+0.0054,-0.0048,-0.0030,+0.0035          -6.5,+0.0056,-0.0047,-0.0027,+0.0029          -7.0,+0.0058,-0.0046,-0.0023,+0.0023          -7.5,+0.0061,-0.0046,-0.0013,+0.0019          -8.0,+0.0050,-0.0042,-0.0027,+0.0028          -8.5,+0.0049,-0.0048,-0.0023,+0.0026          -9.0,+0.0050,-0.0045,-0.0025,+0.0030          -9.5,+0.0052,-0.0044,-0.0028,+0.0032          -10.0,+0.0052,-0.0047,-0.0031,+0.0038          -10.5,+0.0051,-0.0045,-0.0033,+0.0031          -11.0,+0.0050,-0.0042,-0.0033,+0.0037          -11.5,+0.0043,-0.0037,-0.0039,+0.0042          -12.0,+0.0044,-0.0034,-0.0043,+0.0046          -12.5,+0.0044,-0.0033,-0.0048,+0.0051          -13.0,+0.0043,-0.0042,-0.0054,+0.0053          -13.5,+0.0042,-0.0033,-0.0059,+0.0061          -14.0,+0.0036,-0.0027,-0.0055,+0.0057          -14.5,+0.0034,-0.0025,-0.0056,+0.0059          -15.0,+0.0028,-0.0019,-0.0060,+0.0062          -15.5,+0.0023,-0.0013,-0.0064,+0.0066          -16.0,+0.0018,-0.0008,-0.0067,+0.0070          -16.5,+0.0013,-0.0004,-0.0072,+0.0074          -17.0,+0.0019,-0.0010,-0.0075,+0.0079          -17.5,+0.0018,-0.0009,-0.0077,+0.0079          -18.0,+0.0014,-0.0005,-0.0077,+0.0080          -18.5,+0.0010,-0.0003,-0.0078,+0.0079          -19.0,+0.0008,+0.0001,-0.0079,+0.0080          -19.5,+0.0007,+0.0002,-0.0077,+0.0080</p>	<p>"INCLINOMETER DATA"          "SITE CODE : ABAB"          "BOREHOLE CODE : 0011"          "FACES LOGGED : ABCD"          "TIME/DATE TAKEN : 06:49 ON 07/04/03"          "DEPTH OF TUBE : -020.0"          "READING INTERVAL : 0.5m"          "OPERATING UNITS : metres"</p> <p>"DEPTH","FACE A","FACE B","FACE C","FACE D"          "metres","metres","metres","metres","metres"</p> <p>-0.0,-0.0032,+0.0046,-0.0125,+0.0128          -0.5,-0.0027,+0.0036,-0.0118,+0.0123          -1.0,-0.0018,+0.0028,-0.0112,+0.0116          -1.5,-0.0012,+0.0020,-0.0103,+0.0108          -2.0,+0.0020,-0.0014,-0.0090,+0.0093          -2.5,+0.0031,-0.0024,-0.0080,+0.0084          -3.0,+0.0041,-0.0034,-0.0072,+0.0076          -3.5,+0.0051,-0.0042,-0.0064,+0.0069          -4.0,+0.0057,-0.0049,-0.0057,+0.0061          -4.5,+0.0060,-0.0051,-0.0052,+0.0056          -5.0,+0.0052,-0.0046,-0.0039,+0.0037          -5.5,+0.0053,-0.0045,-0.0033,+0.0033          -6.0,+0.0055,-0.0045,-0.0029,+0.0032          -6.5,+0.0055,-0.0046,-0.0024,+0.0028          -7.0,+0.0055,-0.0046,-0.0018,+0.0019          -7.5,+0.0056,-0.0046,-0.0015,+0.0019          -8.0,+0.0050,-0.0042,-0.0024,+0.0028          -8.5,+0.0049,-0.0042,-0.0021,+0.0026          -9.0,+0.0050,-0.0043,-0.0023,+0.0028          -9.5,+0.0052,-0.0043,-0.0027,+0.0031          -10.0,+0.0051,-0.0044,-0.0029,+0.0034          -10.5,+0.0051,-0.0045,-0.0032,+0.0037          -11.0,+0.0049,-0.0040,-0.0031,+0.0036          -11.5,+0.0043,-0.0032,-0.0038,+0.0042          -12.0,+0.0043,-0.0034,-0.0043,+0.0047          -12.5,+0.0044,-0.0034,-0.0047,+0.0052          -13.0,+0.0043,-0.0033,-0.0052,+0.0057          -13.5,+0.0043,-0.0033,-0.0057,+0.0062          -14.0,+0.0037,-0.0029,-0.0053,+0.0058          -14.5,+0.0035,-0.0025,-0.0055,+0.0059          -15.0,+0.0028,-0.0023,-0.0059,+0.0065          -15.5,+0.0023,-0.0014,-0.0063,+0.0067          -16.0,+0.0018,-0.0009,-0.0067,+0.0071          -16.5,+0.0013,-0.0003,-0.0070,+0.0075          -17.0,+0.0019,-0.0011,-0.0074,+0.0080          -17.5,+0.0017,-0.0009,-0.0076,+0.0081          -18.0,+0.0014,-0.0005,-0.0076,+0.0081          -18.5,+0.0010,-0.0003,-0.0077,+0.0081          -19.0,+0.0008,+0.0000,-0.0078,+0.0082          -19.5,+0.0007,+0.0002,-0.0076,+0.0081-</p>
--	---

"INCLINOMETER DATA"  
"SITE CODE : ABAB"  
"BOREHOLE CODE : 0011"  
"FACES LOGGED : ABCD"  
"TIME/DATE TAKEN : 12:07 ON 24/04/03"  
"DEPTH OF TUBE : -019.5"  
"READING INTERVAL : 0.5m"  
"OPERATING UNITS : metres"

"DEPTH", "FACE A", "FACE B", "FACE C", "FACE D"  
"metres", "metres", "metres", "metres", "metres"

-0.0,-0.0025,+0.0044,-0.0124,+0.0130  
-0.5,-0.0020,+0.0030,-0.0120,+0.0124  
-1.0,-0.0014,+0.0025,-0.0113,+0.0116  
-1.5,-0.0009,+0.0018,-0.0105,+0.0108  
-2.0,+0.0020,-0.0014,-0.0091,+0.0093  
-2.5,+0.0031,-0.0022,-0.0081,+0.0085  
-3.0,+0.0039,-0.0031,-0.0073,+0.0076  
-3.5,+0.0049,-0.0039,-0.0065,+0.0068  
-4.0,+0.0055,-0.0047,-0.0058,+0.0061  
-4.5,+0.0058,-0.0048,-0.0052,+0.0055  
-5.0,+0.0051,-0.0043,-0.0039,+0.0044  
-5.5,+0.0053,-0.0043,-0.0034,+0.0036  
-6.0,+0.0054,-0.0045,-0.0029,+0.0033  
-6.5,+0.0054,-0.0053,-0.0025,+0.0030  
-7.0,+0.0054,-0.0052,-0.0018,+0.0019  
-7.5,+0.0055,-0.0054,-0.0016,+0.0017  
-8.0,+0.0049,-0.0041,-0.0024,+0.0027  
-8.5,+0.0048,-0.0041,-0.0021,+0.0027  
-9.0,+0.0049,-0.0040,-0.0023,+0.0020  
-9.5,+0.0051,-0.0043,-0.0027,+0.0031  
-10.0,+0.0051,-0.0044,-0.0030,+0.0036  
-10.5,+0.0052,-0.0045,-0.0033,+0.0037  
-11.0,+0.0050,-0.0039,-0.0030,+0.0035  
-11.5,+0.0044,-0.0032,-0.0038,+0.0041  
-12.0,+0.0045,-0.0038,-0.0042,+0.0048  
-12.5,+0.0046,-0.0034,-0.0047,+0.0050  
-13.0,+0.0044,-0.0033,-0.0052,+0.0056  
-13.5,+0.0043,-0.0033,-0.0057,+0.0061  
-14.0,+0.0037,-0.0032,-0.0054,+0.0053  
-14.5,+0.0035,-0.0030,-0.0056,+0.0059  
-15.0,+0.0028,-0.0018,-0.0060,+0.0063  
-15.5,+0.0023,-0.0013,-0.0063,+0.0067  
-16.0,+0.0018,-0.0009,-0.0067,+0.0071  
-16.5,+0.0013,-0.0003,-0.0072,+0.0075  
-17.0,+0.0019,-0.0011,-0.0075,+0.0080  
-17.5,+0.0018,-0.0009,-0.0077,+0.0081  
-18.0,+0.0013,-0.0006,-0.0077,+0.0081  
-18.5,+0.0010,-0.0003,-0.0077,+0.0081  
-19.0,+0.0008,+0.0000,-0.0079,+0.0082  
-19.5,+0.0006,+0.0002,-0.0076,+0.0081

## **ANEXO 8.1**

### **Análisis de estabilidad de laderas**



## **ANEXO 8.1**

### **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LADERAS**

El estudio de estabilidad se dividió en dos partes: i. Análisis retrospectivo de la estabilidad del terreno y ii. Análisis de la estabilidad futura del deslizamiento. Más adelante se explicará de forma detallada que actividades se realizaron para llevar a cabo estos dos análisis.

El análisis de estabilidad se realizó de forma bidimensional, usando el programa PC – Stable 5M. Para el análisis se consideró que la superficie de falla del terreno era planar, la cual se presenta con bastante frecuencia en estos materiales con la disposición espacial que ellos presentaban: intercalaciones de areniscas y arcillolitas buzando hacia la cara libre de la ladera. La estabilidad se evaluó considerando deslizamiento entre bloques por el método de Janbu modificado.

### **ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA ESTABILIDAD DEL TERRENO**

La evaluación de la estabilidad del terreno se realizó en dos perfiles, el B – B' y el C – C', considerando los siguientes factores:

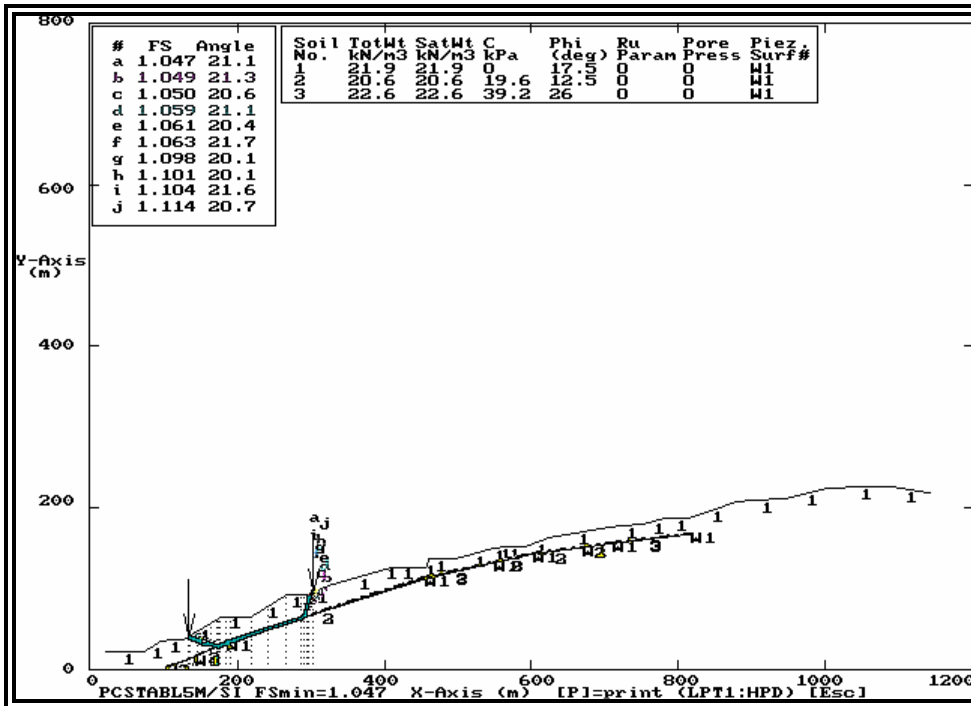
- Corte realizado en la pata de la ladera para explotación de materiales térreos.
- Rompimiento de tuberías del acueducto por voladuras.
- Ablandamiento de los materiales que conforman la ladera por el agua.

### **PERFIL B – B'**

Se consideró que el perfil B – B' es el eje longitudinal del deslizamiento, el cual se presentó de forma retrogresiva. A lo largo de este perfil se pueden identificar claramente tres bloques de material deslizado. Estos bloques fueron llamados A, B y C, donde el bloque A corresponde al primer bloque deslizado, el B al segundo (movimiento principal limitado ladera arriba por el escarpe principal) y el C al tercero (limitado ladera arriba por la llamada grieta incipiente).

### **BLOQUE A**

La geometría del terreno considerada para la valoración de la estabilidad de este bloque corresponde a la topografía original del terreno después de realizado el corte en la pata de la ladera. Los resultados de la estabilidad se presentan en la figura 1, donde además se muestran las propiedades de los materiales presentes en la ladera. Los resultados de este análisis demuestran que la ladera era inestables bajo estas condiciones.



## BLOQUE B

La geometría del terreno considerada para la valoración de la estabilidad de este bloque corresponde a la topografía original del terreno después del movimiento hacia abajo del bloque A. Esto se hizo con el fin de simular la condición de desconfinamiento en la cual quedó el Bloque B una vez que el bloque A se movió. Los resultados de la estabilidad del bloque B se presentan en las figuras 2 y 3. Dichas figuras reflejan claramente el efecto en la estabilidad del ablandamiento de los materiales como consecuencia del agua infiltrada al terreno por la tuberías rotas.

## BLOQUE C

La geometría del terreno considerada para la valoración de la estabilidad de este bloque corresponde a la topografía del terreno después del movimiento hacia abajo del bloque B. Esto se hizo con el fin de simular la condición de desconfinamiento en la cual quedó el Bloque C una vez que el bloque B se movió. Los resultados de la estabilidad se presentan en la figura 4 y 5.

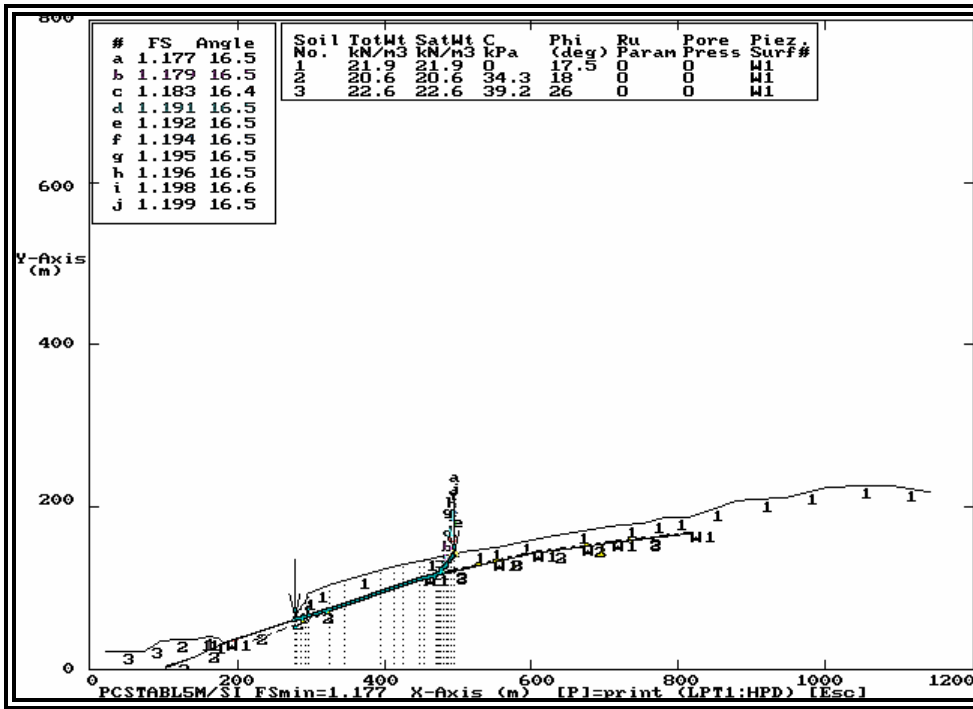


Figura 2: Bloque B del Perfil B-B' con Parámetros Pico de Resistencia al Corte y Nivel Freático un metro por Encima de la Superficie de Falla.

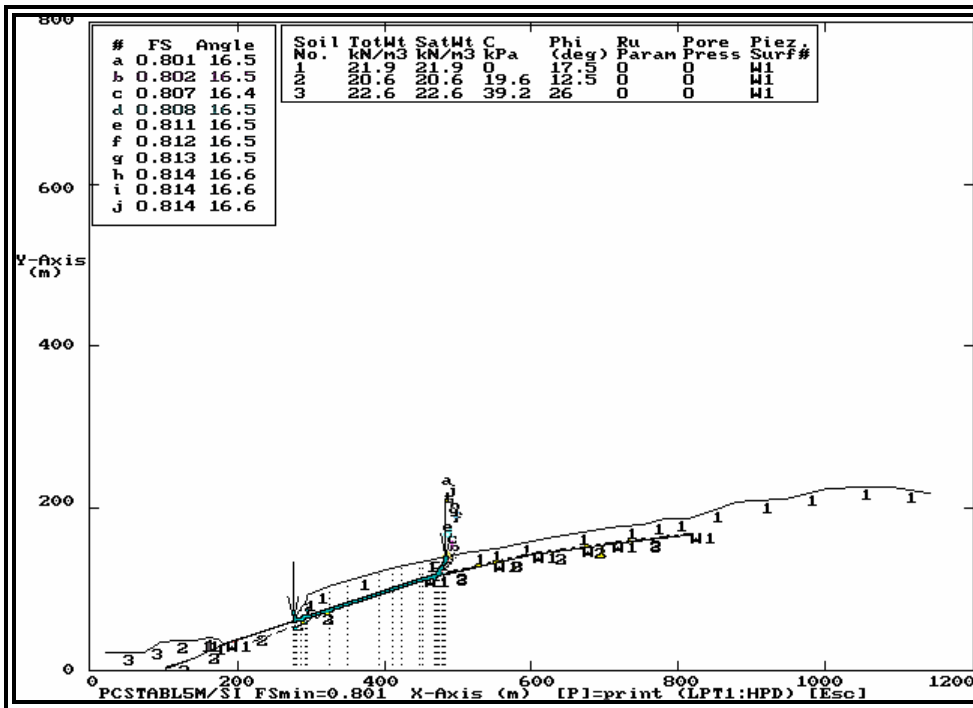


Figura 3: Bloque B del Perfil B-B' con Parámetros Residuales de Resistencia al Corte y Nivel Freático un metro por Encima de la Superficie de Falla.

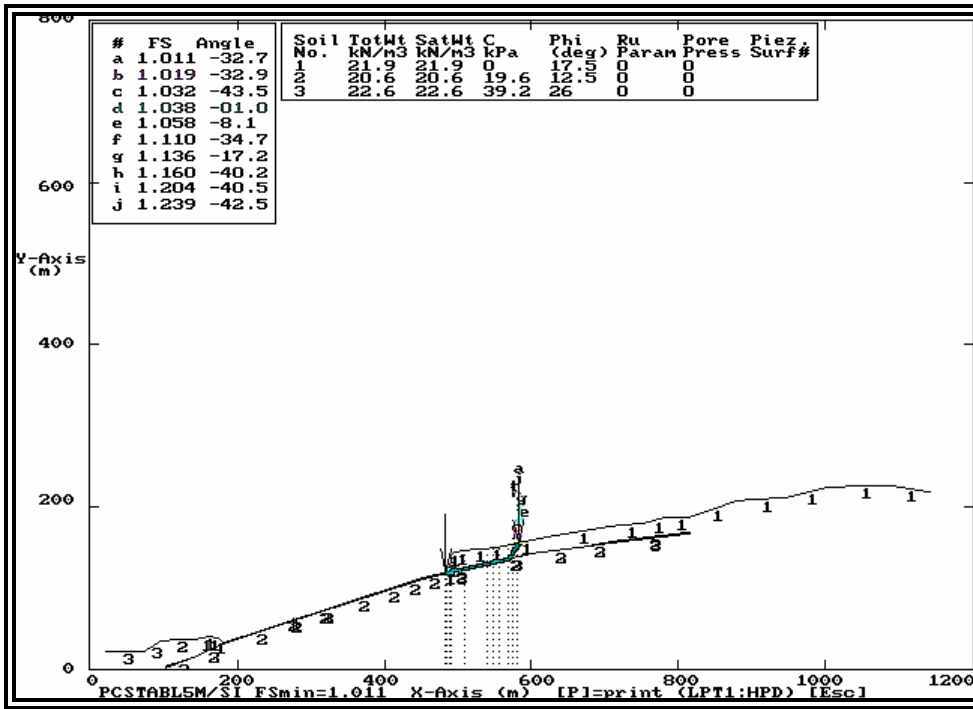


Figura 4: Bloque C del Perfil B-B' con Parámetros Residuales de Resistencia al Corte y Terreno Seco

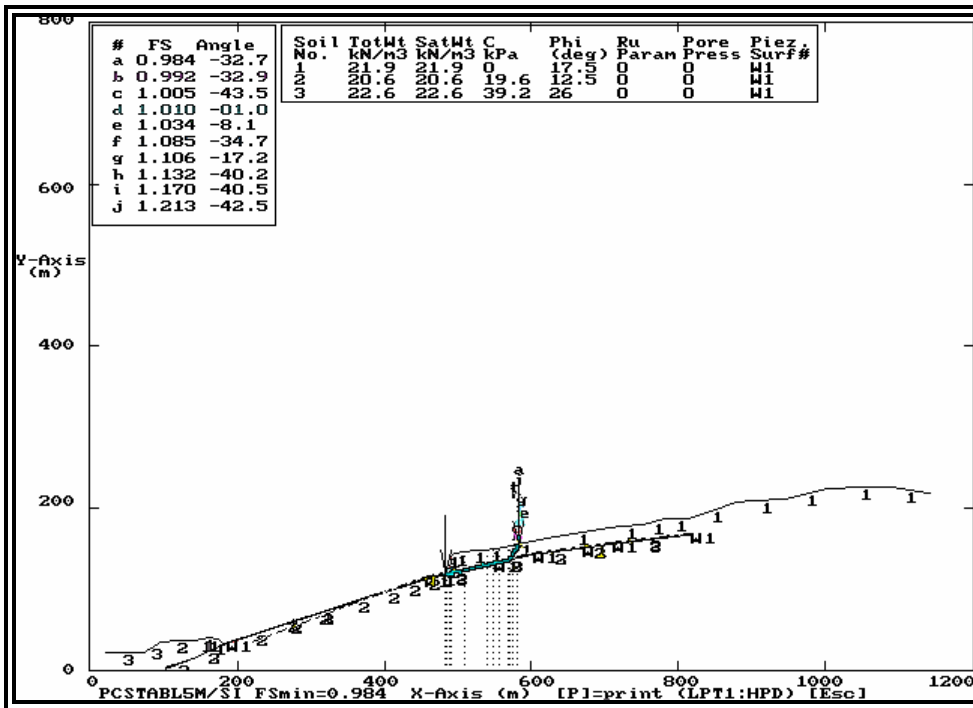
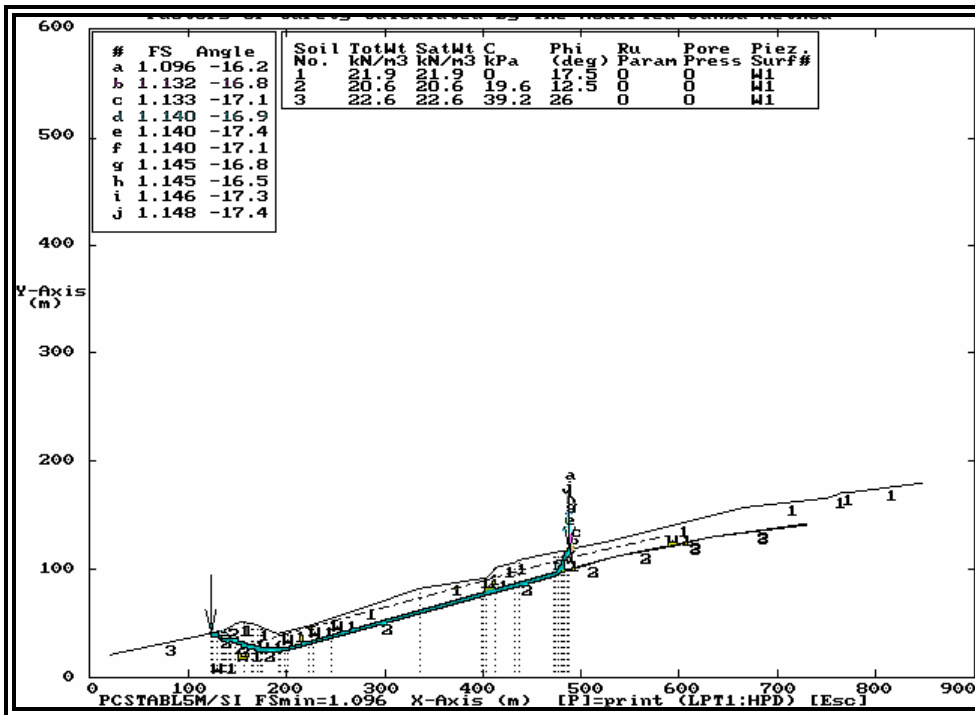


Figura 5: Bloque C del Perfil B-B' con Parámetros Residuales de Resistencia al Corte y Nivel Freático un metro por Encima de la Superficie de Falla.

## PERFIL C – C'

Debido a que en la parte baja de la ladera se presentó un levantamiento, se consideró necesario determinar la estabilidad del terreno bajo esta dirección – a lo largo del perfil c - c' – para establecer la causa de dicho levantamiento. A lo largo de este perfil se presentan también tres escarpes de falla originados por los movimientos de los bloques A, B y C en la dirección del perfil B – B'. El modelamiento de este levantamiento consistió en considerar que en la dirección del perfil c-c' se presenta una componente importante del movimiento del terreno cuyo origen puede ser cualquiera de los tres escarpes, tal como se ilustra en la figura 6, 7 y 8.



**Figura 6:** Primer Escarpe de Falla del Perfil C-C' con Parámetros Residuales de Resistencia al Corte.

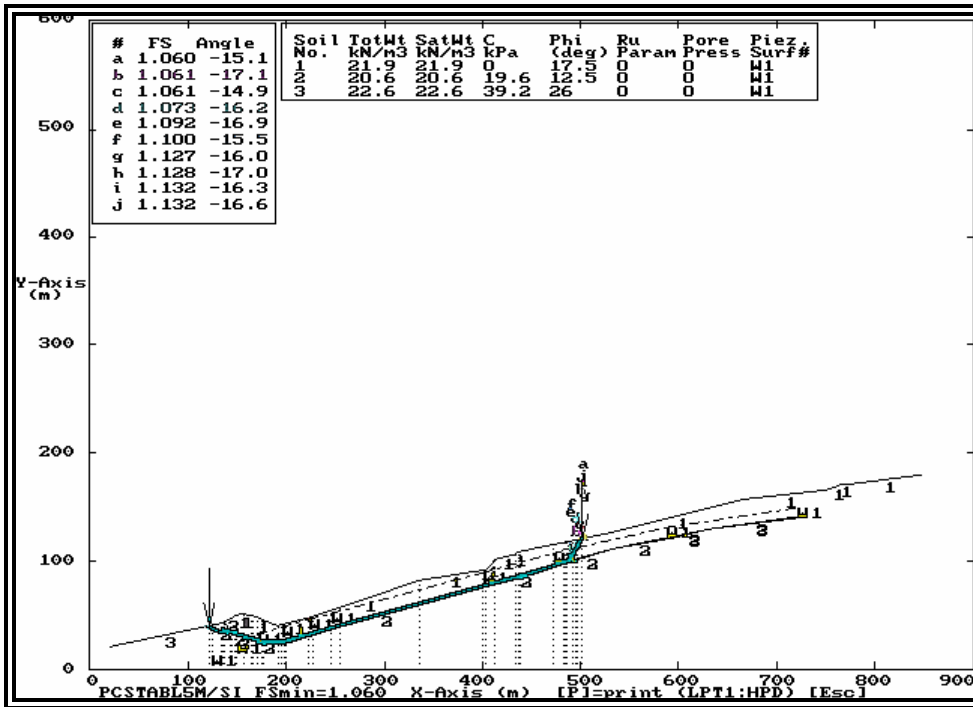


Figura 7: Segundo Escarpe de Falla del Perfil C-C' con Parámetros Residuales de Resistencia al Corte

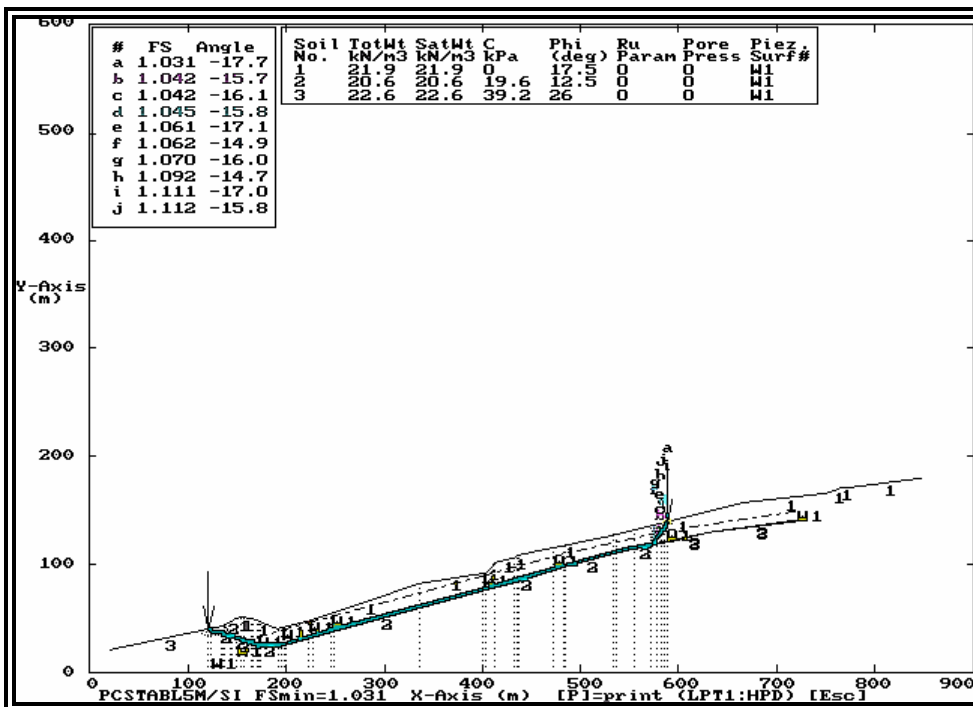
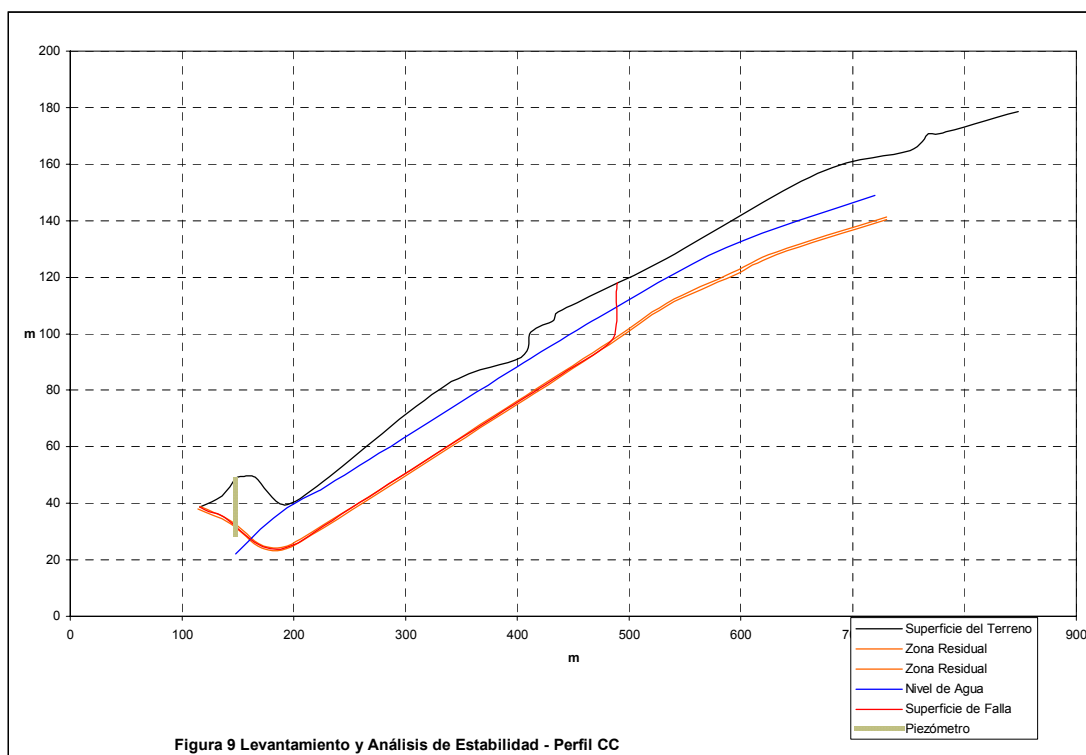


Figura 8: Tercer Escarpe de Falla del Perfil C-C' con Parámetros Residuales de Resistencia la Corte.

En la figura 9 se puede ver con mayor detalle la geometría del levantamiento producido a lo largo del perfil C – C', y los resultados del análisis de estabilidad.



## ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD FUTURA DEL DESLIZAMIENTO

Este análisis se hizo con el fin de determinar la amenaza que produciría el carácter retrogresivo del deslizamiento. La estabilidad del terreno por encima del último escarpe de falla – límite superior del bloque C – se evaluó a lo largo del perfil B – B' en condición plana de deformación usando el programa PC – Stable 5M. Para el análisis se consideró que la superficie de falla del terreno sería planar. La estabilidad se evaluó considerando diferentes longitudes de bloque de terreno hasta encontrar la longitud mínima estable, que corresponde a un factor de seguridad igual a la unidad. Se empleó el método de análisis de Janbu modificado, bajo las siguientes condiciones:

- El peso de las viviendas produce una carga en sentido vertical cuya magnitud es de 3.92 kPa.
- Fugas de las tuberías como resultado de futuras voladuras.
- Ablandamiento de los materiales por efecto del agua infiltrada de las tuberías.
- Desconfinamiento del futuro bloque deslizado al moverse el bloque C hacia abajo.
- Efecto de un sismo en el sector.

La estabilidad del terreno en condición dinámica fue determinada para un amplio rango de aceleraciones horizontales – 0.05, 0.15 y 0.24 g –. Como ejemplo, en las figuras 10, 11 y 12 se presentan los resultados del análisis de estabilidad para estos tres escenarios con una misma longitud de bloque.

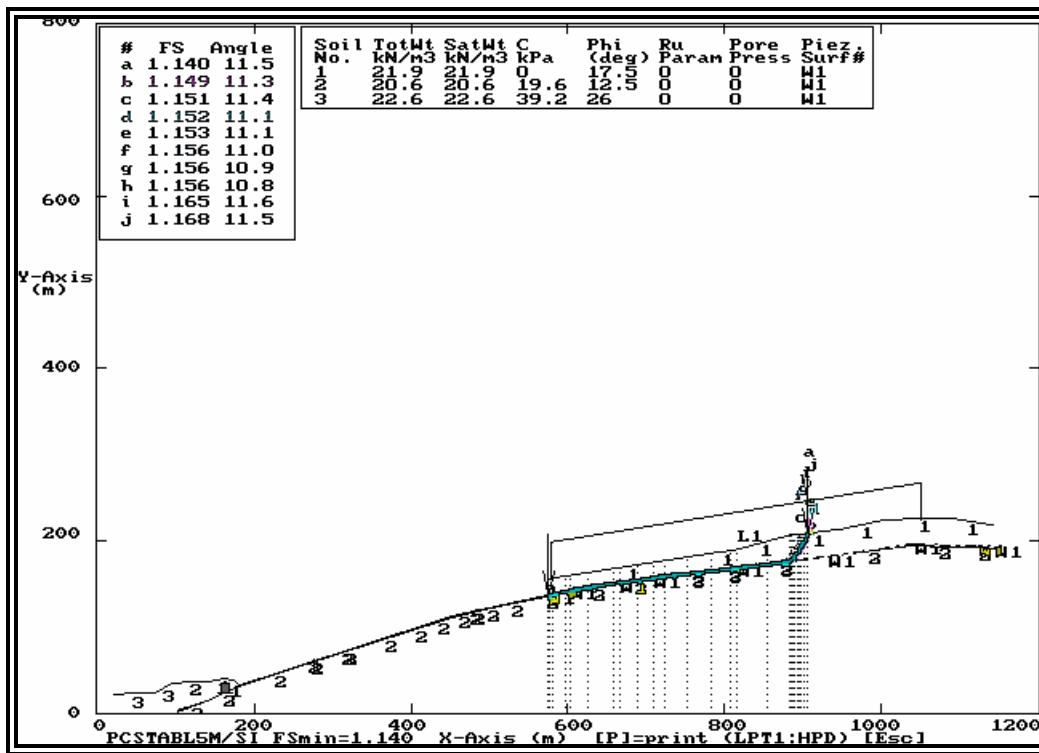


Figura 10: Análisis de Amenaza con Carga Vertical Producida por las Viviendas de 3.92 kPa y un Coeficiente Horizontal de Aceleración Sísmica de 0.05. Perfil B – B'.



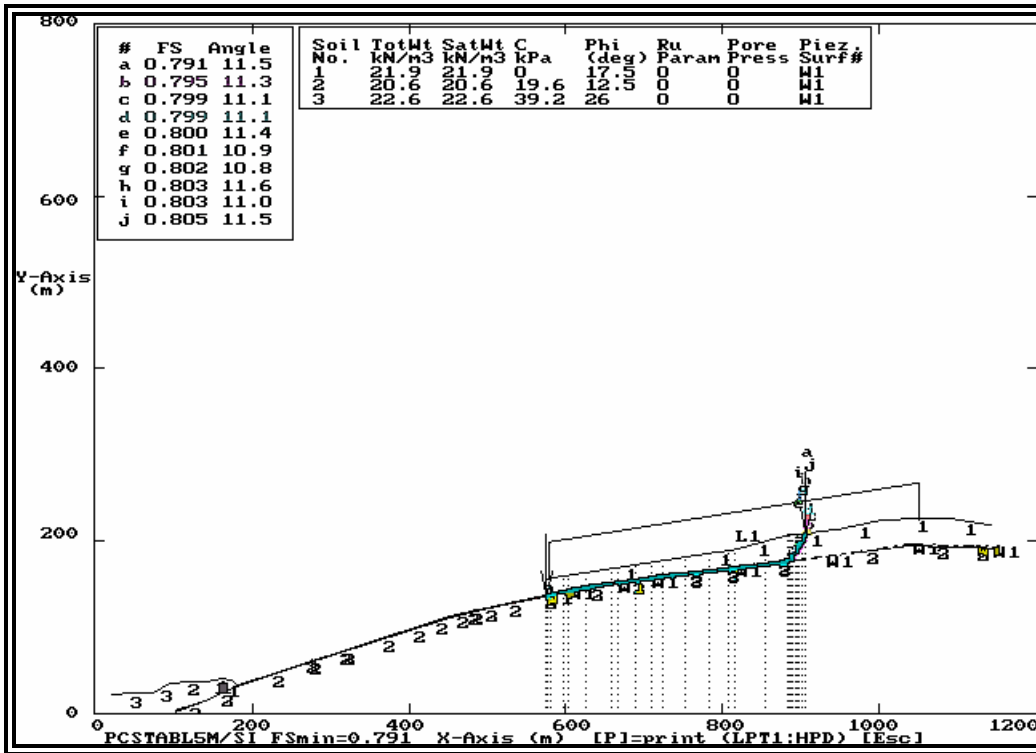


Figura 11: Análisis de Amenaza con Carga Vertical Producida por las Viviendas de 3.92 kPa y un Coeficiente Horizontal de Aceleración Sísmica de 0.15. Perfil B – B’.

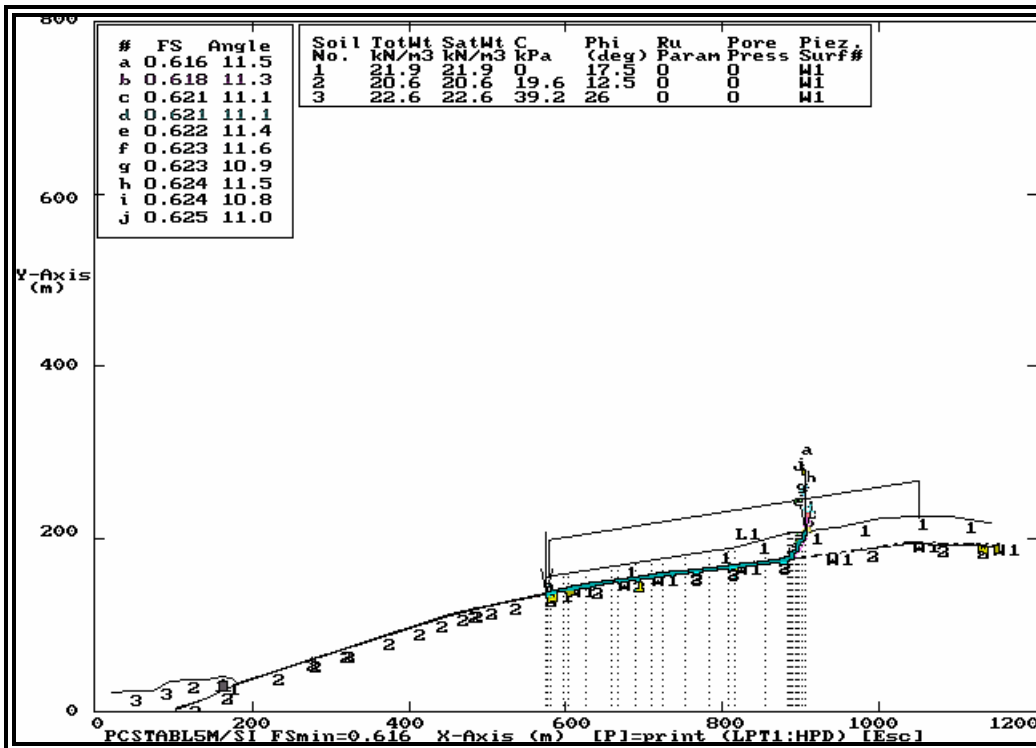


Figura 12: Análisis de Amenaza con Carga Vertical Producida por las Viviendas de 3.92 kPa y un Coeficiente Horizontal de Aceleración Sísmica de 0.24. Perfil B – B’.

## **ANEXO 8.2**

**Modelamiento al problema mediante elementos finitos**

# Modelamiento del Problema mediante Elementos Finitos

## 1 INTRODUCCION

La mayoría de los modelos numéricos que se han desarrollado en la actualidad, orientados a solucionar el problema de un suelo saturado sometido a cargas dinámicas y estáticas, están basados en la teoría de Biot [Biot, 1941]. Las principales hipótesis de la teoría son:

a. El medio poroso está saturado ( $S = \frac{V_w}{V_v} = 100\%$ )  
 b. El fluido es compresible y el flujo a través de los poros es del tipo Poiseuille; esta condición es válida para frecuencias inferiores a  $f_t$ , la que a su vez depende de la viscosidad cinemática del fluido y del tamaño de los poros.

c. Se asume que el fluido es un líquido despreciándose los efectos térmicos.

d. Las paredes de los poros son impermeables.

e. El material es estadísticamente isotrópico.

f. El modelo es válido para pequeñas deformaciones.

g. El tamaño de las partículas sólidas es grande comparado con el de los poros.

La teoría de Biot Corresponden básicamente a la teoría de la consolidación[Biot, 1955] y a la propagación de ondas en un medio elástico[Biot, 1956]. La validez de dichas ecuaciones fue llevada a cabo por Green[Green, 1969], en su teoría de mezclas; Posteriormente la generalización de las ecuaciones de Biot para tener en cuenta el comportamiento no lineal del suelo fue realizado por Zienkiewicz[Zienkiewicz, 1982][Zienkiewicz, 1984].

## 2 VARIABLES UTILIZADAS EN EL MODELO

Las variables que intervienen en el problema que analizaremos son las siguientes:

$\sigma_{ij}$  Tensor de tensiones totales

$p$  Valor de la presión de agua

$u$  Vector de desplazamientos absolutos de las partículas sólidas

$w$  Vector de desplazamientos del fluido, relativos a las partículas sólidas

$\dot{w}$  Vector de velocidad del fluido en sentido Darcy, relativa a las partículas sólidas

$\dot{U}$  Vector de velocidades absolutas del fluido

$\rho$  Densidad de la mezcla

$\rho_f$  Densidad del fluido

$\rho_s$  Densidad de las partículas sólidas

El criterio de signos utilizados en el presente trabajo corresponden a los de la mecánica del continuo, de manera que los esfuerzos de compresión se consideran negativos. Por el contrario para el fluido, se considera que las presiones de poros de compresión son positivas. En este orden de ideas, es posible relacionar la velocidad absoluta de la fase líquida con la absoluta de la fase sólida y la relativa entre las dos fases :

$$\dot{U} = \dot{u} + \frac{\dot{w}}{n} \tag{1}$$

Donde  $n$  es la porosidad del suelo.

Para efectos de análisis se asumen pequeñas deformaciones, de manera que las descripciones euleriana y langragiana coinciden. Además, se supondrá que las densidades se mantienen constantes.

### 3 ECUACIONES BASICAS

En las expresiones que se presentan a continuación se asume que las tensiones de corte del fluido se desprecian, de manera que las tensiones que interactúan entre el sólido y el fluido son isotrópicas.

Las ecuaciones que gobiernan las propiedades de un medio saturado se basan en las siguientes hipótesis:

#### 3.1 Ley de tensiones efectivas

En general se asume el principio de tensiones efectivas propuesto por Terzaghi : Los cambios de volumen y resistencia de un suelo saturado, son debidos a cambios en las tensiones efectivas :

$$\sigma'_{ij} = \sigma_{ij} + p\delta_{ij} \quad (2)$$

donde  $\delta_{ij}$  es la delta de Kronecker o tensor unitario. La expresión ( 2 ) asume implícitamente que las partículas sólidas son indeformables.

#### 3.2 Tensor de pequeñas deformaciones

Se asume como en mecánica del continuo, que las deformaciones dependen de las derivadas de los desplazamientos :

$$\epsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

donde los subíndices  $i, j$  se refieren a las direcciones coordenadas ( en 3 dimensiones varían de 1 a 3 ).

#### 3.3 Ecuación constitutiva

La ley constitutiva de un suelo se expresa como la relación existente entre el tensor de tensiones y de deformaciones. En general esta relación será no lineal, por lo que esta relación deberá ser incremental, es decir, entre incremento de tensiones efectivas y de deformaciones:

$$d\sigma'_{ij} = D_{ijkl}d\epsilon_{kl} \quad (4)$$

donde  $D_{ijkl}$  representa la ecuación constitutiva del material. En lo que sigue y por comodidad, el tensor  $D_{ijkl}$  se escribirá como una matriz,  $\mathbf{D}$ , que va a depender del estado inicial de tensiones, así como de los procesos de carga y descarga a los que se verá sometido durante una carga sísmica. Nótese que las tensiones que intervienen en la ecuación constitutiva son las efectivas. Por otra parte, las deformaciones que intervienen son las tensionales y no se incluyen las que son debidas a otros fenómenos; En este orden de ideas, se puede obtener el estado tensional en cualquier instante como la suma de las tensiones efectivas acumuladas, de la siguiente manera :

$$\left( \sigma'_{ij} \right)_{n+1} = \left( \sigma'_{ij} \right)_n + \int_0^\epsilon D_{ijkl}d\epsilon_{kl} \quad (5)$$

### 3.4 Ecuación de equilibrio

Para la ecuación general de equilibrio se asume que el sistema de coordenadas está unido a la fase sólida y que la aceleración convectiva se aplica únicamente al fluido, pudiéndose expresar de la siguiente manera. La ecuación de equilibrio del suelo saturado relaciona esfuerzos totales, fuerzas de cuerpo, aceleración del esqueleto del suelo y aceleración relativa del suelo mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}\frac{\partial\sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial\sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial\sigma_{xz}}{\partial z} + \rho b_x &= \rho \frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2} + \rho_w \frac{\partial^2 w_x}{\partial t^2} \\ \frac{\partial\sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial\sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial\sigma_{yz}}{\partial z} + \rho b_y &= \rho \frac{\partial^2 u_y}{\partial t^2} + \rho_w \frac{\partial^2 w_y}{\partial t^2} \\ \frac{\partial\sigma_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial\sigma_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial\sigma_{zz}}{\partial z} + \rho b_z &= \rho \frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2} + \rho_w \frac{\partial^2 w_z}{\partial t^2}\end{aligned}$$

Las anteriores ecuaciones se pueden expresar de forma compacta de la siguiente manera:

$$\frac{\partial\sigma_{ij}}{\partial x_j} + \rho b_i = \rho \ddot{u}_i + \rho_f \ddot{w}_i \quad (6)$$

ó

$$\mathbf{L}^T \boldsymbol{\sigma} + \rho \mathbf{b} = \rho \ddot{\mathbf{u}} + \rho_f \ddot{\mathbf{w}} \quad (7)$$

Siendo  $L$  el operador diferencial:

$$L = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix}$$

y  $\mathbf{b}$  representa el vector de fuerzas másicas, mientras que  $\ddot{\mathbf{u}}$  y  $\ddot{\mathbf{w}}$  son las componentes de aceleración de las partículas sólidas y fluido respectivamente.

### 3.5 Ecuación de continuidad del agua

El caudal que entra por unidad de volumen, en un volumen de control (tomando positivo el caudal que sale) es  $-\text{div}(\dot{w})$ ; este caudal deberá coincidir con la variación del agua almacenada por unidad de tiempo, en dicho volumen de control. Hay cuatro factores que contribuyen a este cambio [Xie, 1990]:

**a.** Incremento de volumen debido a cambios en la deformación: total debido a la deformación del suelo en la unidad de tiempo :

$$\frac{\partial\epsilon_{ii}}{\partial t} = \mathbf{m}^T \frac{\partial\boldsymbol{\epsilon}}{\partial t}$$

Siendo  $\mathbf{m}^T = [1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$

**b.** Cambios debidos a la compresión de las partículas sólidas :

$$\frac{(1-n)}{K_s} \frac{dp}{dt}$$

**c.** Cambio debido a la compresibilidad del fluido :

$$\frac{n}{K_f} \frac{dp}{dt}$$

d. Cambio debido a la compresión de las partículas sólidas generadas por variaciones en las tensiones efectivas :

$$-\frac{d\sigma_{ij}}{3K_s} = -\frac{\mathbf{m}^T d\boldsymbol{\sigma}}{3K_s}$$

Se obtiene finalmente :

$$-\frac{\partial \dot{w}}{\partial x_i} = \frac{\partial \epsilon_{ii}}{\partial t} + \frac{1}{Q} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{d\sigma_{ij}}{3K_s} \quad (8)$$

Donde  $\frac{1}{Q} = \frac{n}{K_f} + \frac{(1-n)}{K_s}$

Siendo  $K_f$  y  $K_s$  las rigideces del fluido y de las partículas sólidas.

### 3.6 Ley de Darcy

La ley de Darcy describe la relación entre la velocidad relativa del fluido respecto a la fase sólida y los gradientes de altura piezométrica. Por tanto, en condiciones dinámicas se deberá añadir el efecto de la aceleración del propio fluido :

$$\dot{w} = -\frac{K_{ij}}{\rho_f g} \left[ \frac{\partial p}{\partial x_j} - \rho_f (b_j - \ddot{U}_j) \right] \quad (9)$$

Que se puede expresar de la siguiente manera:

$$-\nabla \mathbf{P} + \rho_w \mathbf{b} = \rho_w \ddot{\mathbf{u}} + \frac{\rho_w \mathbf{b} \dot{\mathbf{w}}}{k} + \frac{\rho_w \ddot{\mathbf{w}}}{n}$$

Donde  $K_{ij}$  es el tensor de permeabilidad , y  $g$  la aceleración de la gravedad. Por otra parte :

$$\ddot{U}_j = \ddot{u}_j + \frac{d}{dt} \left( \frac{\dot{w}_j}{n} \right) \quad (10)$$

La anterior expresión se obtiene al derivar (1).

## 4 RESUMEN DE LAS ECUACIONES

Las ecuaciones presentadas en la sección anterior, son aplicables tanto a suelos cohesivos ( limos y arcillas ) como a suelos no cohesivos ( arenas y gravas ). En resumen estas ecuaciones son :

### 1. Equilibrio de la masa de suelo

$$\mathbf{L}^T \boldsymbol{\sigma} + \rho \mathbf{b} = \rho \ddot{\mathbf{u}} + \rho_w \ddot{\mathbf{w}}$$

### 2. Ecuación de continuidad del agua

$$-\frac{\partial \dot{w}}{\partial x_i} = \frac{\partial \epsilon_{ii}}{\partial t} + \frac{1}{Q} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{d\sigma_{ij}}{3K_s}$$

### 3. Ley de Darcy

$$\dot{w} = -\frac{K_{ij}}{\rho_f g} \left[ \frac{\partial p}{\partial x_j} - \rho_f (b_j - \ddot{U}_j) \right]$$

### 4. Ley de tensiones efectivas

$$\sigma'_{ij} = \sigma_{ij} + p \delta_{ij}$$

## 5. Ecuación constitutiva

$$d\sigma'_{ij} = D_{ijkl}d\epsilon_{kl}$$

## 6. Tensor de pequeñas deformaciones

$$\epsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

Las anteriores expresiones representan la generalización de las ecuaciones de Biot para la formulación de las propiedades dinámicas de un medio poroso saturado; Sinembargo, es necesario imponer las correspondientes condiciones de contorno así como, las respectivas condiciones iniciales:

*Condiciones de contorno*

**a.** Desplazamientos impuestos

$$\mathbf{u} = \bar{\mathbf{u}} \text{ en } \Gamma_u \text{ para } t \geq 0$$

**b.** Tracciones impuestas

$$\mathbf{t} = \bar{\mathbf{t}} \text{ en } \Gamma_t \text{ para } t \geq 0$$

por ejemplo :

$$\mathbf{l}^T \boldsymbol{\sigma} = \bar{\mathbf{t}} \text{ para } t \geq 0$$

Donde la matriz  $\mathbf{l}$  esta relacionada con los vectores normales  $\mathbf{n}$  por :

$$\mathbf{l} = \begin{bmatrix} n_x & 0 & 0 \\ 0 & n_y & 0 \\ 0 & 0 & n_z \\ n_y & n_x & 0 \\ 0 & n_z & n_y \\ n_z & 0 & n_x \end{bmatrix}$$

**c.** Flujo de agua impuesto

$$\dot{\mathbf{w}} = \dot{\mathbf{w}}^- \text{ en } \Gamma_w \text{ para } t \geq 0$$

**d.** Presiones de agua impuesta

$$\mathbf{p}_w = \bar{\mathbf{p}}_w \text{ en } \Gamma_{p_w} \text{ para } t \geq 0$$

*Condiciones iniciales*

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_0$$

$$\dot{\mathbf{u}} = \dot{\mathbf{u}}_0$$

$$\mathbf{p}_w = \mathbf{p}_{w_0}$$

Las anteriores condiciones son impuestas en el dominio (  $\Omega$  ) y el contorno  $\Gamma$ , para  $t = 0$

## 5 DISCRETIZACIÓN Y SOLUCION DE LAS ECUACIONES

En la sección anterior se presentaron las ecuaciones que gobiernan el comportamiento dinámico de un medio elástico saturado. A pesar de que las anteriores ecuaciones son coherentes, es difícil plantear su solución, porque no pueden reducirse fácilmente eliminando incógnitas; Sin embargo Zienkiewicz y Shiomi [Zienkiewicz, 1984] plantearon una metodología de análisis admitiendo que las aceleraciones relativas del fluido con relación a la fase sólida son muy pequeños y se pueden despreciar. Esto suele ser cierto en el caso de sismos, donde las frecuencias de las aceleraciones son no muy altas; la validez de estas hipótesis ha sido estudiada por Zienkiewicz [Zienkiewicz, 1980]. En estas condiciones, la velocidad del fluido  $\dot{w}_i$  puede eliminarse entre la ecuación de continuidad ( 8 ) y la de Darcy ( 9 ), por tanto, se pueden tomar como incógnita del problema los desplazamientos de la fase sólida,  $u_i$ , y

la presión de poros,  $p$ . El sistema de ecuaciones que finalmente resulta es el siguiente:

$$\begin{aligned}
d\epsilon_{ij} &= \frac{1}{2} (du_{i,j} + du_{j,i}) \\
\sigma_{ij} &= \sigma_{ij} + p\delta_{ij} \\
d\sigma'_{ij} &= D_{ijkl}d\epsilon_{kl} \\
\sigma_{ij,j} + \rho b_i &= \rho \ddot{u}_i \\
\ddot{\epsilon}_{ii} + \frac{n}{K_f} \dot{p} &= \left( \frac{k_{ij}}{\gamma_f} \frac{\partial p}{\partial x_j} \right)_{,i} - \left( \frac{k_{ij}}{g} b_j \right)_{,i} + \left( \frac{k_{ij}}{g} \ddot{u}_j \right)_{,i}
\end{aligned} \tag{11}$$

donde  $(\ )_{,i}$  representa la derivada con respecto a  $x_i$ .

Obsérvese que las ecuaciones de ( 11 ), están acopladas. Es decir, deberán resolverse de forma simultánea; además se trabaja con el principio de las tensiones efectivas y la ecuación constitutiva es no lineal.

A continuación se planteará la discretización espacial de las ecuaciones diferenciales mediante el método de los elementos finitos y posteriormente, se utilizará el esquema de Newmark para la discretización temporal.

## 5.1 Discretización Espacial

Nuestro problema se reduce básicamente a encontrar la solución de una ecuación diferencial no lineal, la cual podemos expresar como [?] :

$$A(\phi) = \mathcal{L}(\phi) + p = 0 \quad \text{en } \Omega \tag{12}$$

Donde  $\mathcal{L}$  es un operador diferencial lineal y  $p$  es independiente de  $\phi$  sujeto a las siguientes condiciones de contorno :

$$B(\phi) = \varkappa(\phi) + r = 0 \quad \text{en } \Gamma \tag{13}$$

Al igual que en caso anterior,  $\varkappa$  es un operador diferencial lineal y  $r$  es independiente de  $\phi$ .

Como el problema planteado no tiene solución analítica, es necesario hallar una solución aproximada. La técnica consiste en encontrar una solución aproximada  $\phi^*$  utilizando una serie de funciones de forma con un conjunto de parámetros desconocidos. Cuando la solución aproximada es introducida en la ecuación diferencial se genera un error residual en el dominio y en el contorno:

$$R_\Omega = A(\phi) = \mathcal{L}\phi^* + p \quad \text{en } \Omega \tag{14}$$

$$R_\Gamma = B(\phi) = \varkappa\phi^* + r \quad \text{en } \Gamma \tag{15}$$

Se busca precisamente que el residual sea cero, luego :

$$\int_\Omega W^T R_\Omega d\Omega + \int_\Gamma W^T R_\Gamma d\Gamma = 0 \tag{16}$$

Aplicando ( 16 ) a las ecuaciones de equilibrio tenemos:

$$\int_\Omega W^T (\mathbf{L}^T \boldsymbol{\sigma} + \rho \mathbf{b} - \rho \ddot{\mathbf{u}}) d\Omega + \int_\Gamma W^T (\mathbf{L}^T \boldsymbol{\sigma} - \mathbf{t}) d\Gamma = 0 \tag{17}$$

La ecuación de continuidad puede expresarse como:

$$\int W^{*T} \left( \nabla^T [-k \nabla P + k \rho_w \{\mathbf{b} - \mathbf{u}\}] + \alpha \mathbf{m}^T \mathbf{L} \mathbf{u} + \frac{1}{Q} \mathbf{P} \right) d\Omega +$$



$$\int_{\Gamma} W^{*T} (-k\nabla P + k\rho_w \{\mathbf{b} - \mathbf{u}\} - \mathbf{w})^T \mathbf{n} d\Gamma = 0 \quad (18)$$

Realizando las manipulaciones respectivas se llega finalmente a [Xie, 1990] :

$$\int \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma}' d\Omega - \mathbf{Q}\mathbf{p} + \mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} = \mathbf{f}^u \quad (19)$$

$$\mathbf{H}\mathbf{p} + \mathbf{G}\ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{Q}^T \dot{\mathbf{u}} + \mathbf{S}\mathbf{p} = \mathbf{f}^p \quad (20)$$

Donde :

$$\mathbf{B} = \mathbf{L}\mathbf{N}_u$$

$$\mathbf{Q} = \int_{\Omega} \mathbf{B}_u^T \mathbf{m}\mathbf{N}_p d\Omega$$

$$\mathbf{M} = \int_{\Omega} \mathbf{N}_u^T \rho \mathbf{N}_u d\Omega$$

$$\mathbf{H} = \int_{\Omega} (\nabla \mathbf{N}_p)^T \mathbf{k}_w (\nabla \mathbf{N}_p) d\Omega$$

$$\mathbf{S} = \int_{\Omega} \mathbf{N}_p^T \frac{1}{Q} \mathbf{N}_p d\Omega$$

$$\mathbf{f}^u = \int_{\Omega} \mathbf{N}_u^T \rho \mathbf{b} d\Omega + \int_{\Gamma} \mathbf{N}_u \mathbf{t} d\Omega$$

$$\mathbf{f}^p = \int_{\Omega} (\nabla \mathbf{N}_p)^T \frac{\mathbf{k}}{g} \mathbf{b} d\Omega - \int_{\Gamma} \mathbf{N}_p \dot{\mathbf{w}}^T \mathbf{n} d\Gamma$$

Las funciones de forma utilizadas para la fase sólida y líquida cumplen la condición de Babuska[Babuska, 1971] y Brezzi[Brezzi, 1990], de manera que para la fase sólida se utilizan elementos isoparamétricos de 9 nodos, mientras que, para la fase líquida elementos isoparamétricos de 4 nodos. Aunque la formulación u-p está orientada a los análisis dinámicos, es posible tratar otras formulaciones como casos especiales:

Análisis Dinámico

$$\int_{\Omega} \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma}' d\Omega - \mathbf{Q}\mathbf{p} + \mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} = \mathbf{f}^u \quad (21)$$

$$\mathbf{H}\mathbf{p} + \mathbf{Q}^T \dot{\mathbf{u}} + \mathbf{S}\mathbf{p} = \mathbf{f}^p \quad (22)$$

Análisis de Consolidación

$$\int_{\Omega} \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma}' d\Omega - \mathbf{Q}\mathbf{p} = \mathbf{f}^u \quad (23)$$

$$\mathbf{H}\mathbf{p} + \mathbf{Q}^T \dot{\mathbf{u}} + \mathbf{S}\mathbf{p} = \mathbf{f}^p \quad (24)$$

Análisis Dinámico no Drenado

$$\int_{\Omega} \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma}' d\Omega - \mathbf{Q}\mathbf{p} + \mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} = \mathbf{f}^u \quad (25)$$

$$\mathbf{Q}^T \dot{\mathbf{u}} + \mathbf{S}\mathbf{p} = \mathbf{0} \quad (26)$$

Análisis Estático Drenado

$$\int_{\Omega} \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma}' d\Omega - \mathbf{Q}\mathbf{p} = \mathbf{f}^u \quad (27)$$

$$\mathbf{H}\mathbf{p} = \mathbf{f}^p \quad (28)$$

## 5.2 Discretización Temporal

Obtenida la discretización espacial de la formulación u-p, se hace necesario integrar en el tiempo las dos ecuaciones diferenciales para completar la solución numérica. Para ello se ha utilizado el esquema de Newmark [Newmark, 1959], que consiste en discretizar las derivadas temporales de manera similar al de las diferencias finitas. Para tal fin, se supone que se conocen las variables en el tiempo  $n$  y se desea calcularlas en el tiempo  $n + 1$ , de manera que las ecuaciones algebraicas se pueden expresar como :

$$\mathbf{M}_{n+1}\ddot{\mathbf{u}}_{n+1} + \int_{\Omega} \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma}' d\Omega_{n+1} - \mathbf{Q}_{n+1}\mathbf{p}_{n+1} = \mathbf{f}_{n+1}^u \quad (29)$$

$$\mathbf{Q}_{n+1}^T \dot{\mathbf{u}}_{n+1} + \mathbf{H}_{n+1}\mathbf{p}_{n+1} + \mathbf{S}_{n+1}\mathbf{p}_{n+1} = \mathbf{f}_{n+1}^p \quad (30)$$

Ahora bien, la relación entre sucesivos valores de los parámetro se pueden calcular como :

$$\dot{\mathbf{u}}_{n+1} = \dot{\mathbf{u}}_n + \Delta t \ddot{\mathbf{u}}_n + \beta_1 \Delta t \Delta \ddot{\mathbf{u}} \quad (31)$$

$$\mathbf{u}_{n+1} = \mathbf{u}_n + \Delta t \dot{\mathbf{u}}_n + \frac{1}{2} \Delta t^2 \ddot{\mathbf{u}}_n + \frac{1}{2} \beta_2 \Delta t^2 \Delta \ddot{\mathbf{u}} \quad (32)$$

$$\mathbf{p}_{n+1} = \mathbf{p}_n + \Delta t \dot{\mathbf{p}}_n + \theta \Delta t \Delta \dot{\mathbf{p}}_n \quad (33)$$

Donde :

$$\Delta \ddot{\mathbf{u}}_n = \mathbf{u}_{n+1} - \mathbf{u}_n \quad (34)$$

$$\Delta \dot{\mathbf{p}}_n = \mathbf{p}_{n+1} - \mathbf{p}_n \quad (35)$$

Corresponden a las incógnitas del problema, mientras que  $\beta_1, \beta_2$  y  $\theta$  son parámetros que varían entre 0 y 1. Para asegurar la estabilidad incondicional en la solución numérica deben cumplirse las siguientes condiciones [Chan, 1988] :

$$\begin{aligned} \beta_2 &\geq \beta_1 \geq \frac{1}{2} \\ \theta &\geq \frac{1}{2} \end{aligned} \quad (36)$$

Si se supone que las ecuaciones de la expresión 19 son válidas en el tiempo  $n + 1$  y se utilizan las expresiones (30),(31), y (32) para poner todas las variables en función de valores en el tiempo n. Las incógnitas que quedan son  $\Delta \ddot{\mathbf{u}}_i$  y  $\Delta \dot{\mathbf{p}}_n$ . Estas ecuaciones quedan :

$$\begin{aligned} \mathbf{G}_{n+1}^u &= \mathbf{M}_{n+1} \Delta \ddot{\mathbf{u}}_n + \mathbf{P}(\mathbf{u}_{n+1}) - \mathbf{Q}\theta \Delta t \Delta \dot{\mathbf{p}}_n - \mathbf{F}_n^u = \mathbf{0} \\ \mathbf{G}_{n+1}^p &= \mathbf{Q}_{n+1}^T \beta \Delta t \Delta \ddot{\mathbf{u}}_n + \mathbf{H}_{n+1} \theta \Delta t \Delta \dot{\mathbf{p}}_n + \mathbf{S}_{n+1} \Delta \dot{\mathbf{p}}_n - \mathbf{F}_{n+1}^p = \mathbf{0} \end{aligned} \quad (37)$$

Donde :

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_{n+1}^u &= \mathbf{f}_{n+1}^u - \mathbf{M}_{n+1} \ddot{\mathbf{u}}_n + \mathbf{Q}_{n+1} (\mathbf{p}_n + \Delta t \dot{\mathbf{p}}_n) \\ \mathbf{F}_{n+1}^p &= \mathbf{f}_{n+1}^p - \mathbf{Q}^T (\dot{\mathbf{u}}_n + \Delta t \ddot{\mathbf{u}}_n) - \mathbf{H}_{n+1} (\mathbf{p}_n + \Delta t \dot{\mathbf{p}}_n) - \mathbf{S}_{n+1} \dot{\mathbf{p}}_n \end{aligned} \quad (38)$$

siendo

$$\mathbf{P}(\mathbf{u}_{n+1}) = \int_{\Omega} \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma}'_{n+1} d\Omega = \int_{\Omega} \mathbf{B}^T \Delta \boldsymbol{\sigma}'_n d\Omega + \mathbf{P}(\mathbf{u}_n) \quad (39)$$

### 5.3 Estrategia Utilizada para la solución de la ecuación no lineal

Por simplicidad, un sistema de ecuaciones de no lineales ( 37 ) se puede expresar de la siguiente manera :

$$\mathbf{G}(\mathbf{x}) = \mathbf{0}$$

$$\text{Donde } \mathbf{x} = \begin{bmatrix} \Delta \ddot{\mathbf{u}} \\ \Delta \dot{\mathbf{p}} \end{bmatrix} \text{ y } \mathbf{G} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}^u \\ \mathbf{G}^p \end{bmatrix}$$

En cada paso de tiempo la ecuación deberá ser resuelta por un esquema iterativo hasta que se alcance una cierta tolerancia. Si asumimos que la solución en la iteración "n" es conocida, se cumple :

$$\mathbf{x}_{n+1} = \mathbf{x}_n + d\mathbf{x}_n$$

La cual satisface:

$$\mathbf{G}(\mathbf{x}_{n+1}) = \mathbf{0}$$

si expandimos la expresión anterior en series de Taylor y despreciando los términos de orden superior, se tiene :

$$\mathbf{G}(\mathbf{x}_{n+1}) = \mathbf{G}(\mathbf{x}_n) + \frac{\partial \mathbf{G}(\mathbf{x}_n)}{\partial \mathbf{x}} d\mathbf{x}_n + \frac{\partial^2 \mathbf{G}(\mathbf{x}_n)}{\partial \mathbf{x}^2} (d\mathbf{x}_n)^2 + \dots = \mathbf{0}$$

ó

$$\mathbf{J} d\mathbf{x}_i = -\mathbf{G}(\mathbf{x}_i) \quad (40)$$

Donde  $\mathbf{J} = \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial \mathbf{x}} |_{\mathbf{x}=\mathbf{x}_i}$ , corresponde a la matriz del Jacobiano, la cual representa :

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathbf{G}^u}{\partial \Delta \ddot{\mathbf{u}}} & \frac{\partial \mathbf{G}^u}{\partial \Delta \dot{\mathbf{p}}} \\ \frac{\partial \mathbf{G}^p}{\partial \Delta \ddot{\mathbf{u}}} & \frac{\partial \mathbf{G}^p}{\partial \Delta \dot{\mathbf{p}}} \end{bmatrix} \quad (41)$$

La solución de las anteriores ecuaciones es la siguiente:

$$\frac{\partial \mathbf{G}^u}{\partial \Delta \ddot{\mathbf{u}}} = \mathbf{M} + \frac{1}{2} \beta_2 \Delta t^2 \mathbf{K}$$

$$\frac{\partial \mathbf{G}^u}{\partial \Delta \dot{\mathbf{p}}} = -\mathbf{Q} \theta \Delta t$$

$$\frac{\partial \mathbf{G}^p}{\partial \Delta \ddot{\mathbf{u}}} = \mathbf{Q}^T \beta_1 \Delta t$$

$$\frac{\partial \mathbf{G}^p}{\partial \Delta \dot{\mathbf{p}}} = \mathbf{H} \theta \Delta t + \mathbf{S}$$

Luego la matriz del Jacobiano se convierte en:

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \mathbf{M} + \frac{1}{2} \beta_2 \Delta t^2 \mathbf{K} & -\mathbf{Q} \theta \Delta t \\ \mathbf{Q}^T \beta_1 \Delta t & \mathbf{H} \theta \Delta t + \mathbf{S} \end{bmatrix} \quad (42)$$

La ecuación finalmente queda :

$$\begin{bmatrix} \mathbf{M} + \frac{1}{2} \beta_2 \Delta t^2 \mathbf{K} & -\mathbf{Q} \theta \Delta t \\ \mathbf{Q}^T \beta_1 \Delta t & \mathbf{H} \theta \Delta t + \mathbf{S} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \ddot{\mathbf{u}} \\ \Delta \dot{\mathbf{p}} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \mathbf{G}^u \\ \mathbf{G}^p \end{bmatrix} \quad (43)$$

La anterior matriz es asimétrica, pero puede hacerse simétrica mediante la simple multiplicación de escalares en la segunda fila :

$$\begin{bmatrix} \mathbf{M} + \frac{1}{2} \beta_2 \Delta t^2 \mathbf{K} & -\mathbf{Q} \theta \Delta t \\ -\mathbf{Q}^T \theta \Delta t & -\frac{\theta}{\beta_1} (\mathbf{H} \theta \Delta t + \mathbf{S}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \ddot{\mathbf{u}} \\ \Delta \dot{\mathbf{p}} \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \mathbf{G}^u \\ -\frac{\theta}{\beta_1} \mathbf{G}^p \end{bmatrix} \quad (44)$$

Es importante destacar que aún siendo simétrica la anterior matriz, esta simetría se mantendrá para el caso de materiales arcillosos; Sin embargo para el caso de las arenas en particular, la regla de flujo es no asociada de manera que la matriz de rigidez será no simétrica.

El proceso de cálculo queda ahora definido globalmente: se suponen conocidas las variables en el tiempo "0" ( condiciones iniciales ) y se avanza en incrementos de tiempo prefijados resolviendo para cada incremento de tiempo un sistemas de ecuaciones no lineal representado por ( 44 )

## 6 Análisis del Deslizamiento del Espino

A continuación se intentará predecir los desplazamientos que sufrirá el deslizamiento, haciendo especial énfasis en el perfil C-C'. El análisis se restringe al caso bidimensional ( estado plano de deformaciones); Es importante aclarar, que el análisis tridimensional no se realizó debido a que los análisis en elementos finitos se ven seriamente afectados por las condiciones de contorno, lo cual implica que para realizar un análisis serio, sería necesario extender el área de análisis en 100 metros en todas las direcciones.

Finalmente, se destaca que se podrían realizar análisis dinámicos, los cuales no se llevaron a cabo por el desconocimiento del acelerograma de entrada. Sin embargo, si es recomendable realizar este tipo de análisis para estudios futuros.

### 6.1 Perfil Analizado

Para el perfil analizado (C-C') se generó la malla de elementos finitos ilustrada en la figura 1, la cual consta de 19078 elementos. Como el problema es acoplado se realizó una segunda malla que representa la posición del agua la cual está superpuesta sobre la anterior; para ello se asumió que el nivel del agua está un metro por encima de la superficie de falla, esta hipótesis sobre la forma del agua es corregida una vez se llega al estado estacionario.

Para efectos de análisis se asumió el comportamiento de la curva esfuerzo-deformación como la de un material rígido-plástico; Sin embargo, con el fin de evitar el problema de grandes deformaciones al asumir un módulo de elasticidad muy pequeño, se supuso que durante la etapa de falla se producía una reducción importante en el módulo de elasticidad, pero sin anularlo como sería el caso de un material rígido-plástico.

En este orden de ideas se realizó el análisis mediante la formulación acoplada U-P (U=desplazamientos, P= presión de agua), siendo los resultados en términos de desplazamientos ilustrados en la figura 2. De dicha figura se concluye que es probable que en el sector de San Antonio se puede incrementar tanto los desplazamientos laterales como los levantamientos del terreno.

Este fenómeno coincide en cierta forma con las mediciones realizadas en el inclinómetro 6 (P10-INC6), donde se han registrados movimientos incipientes; Este hecho, tiene implicaciones importantes ya que uno de los posibles correctivos como es la de incrementar la resistencia en la pata mediante un relleno, pierde validez por la falta de soporte lateral.

Mediante la modelación por elementos finitos del perfil C-C' se halló que los resultados generados son similares al comportamiento real del deslizamiento en cuanto a desplazamientos se refiere, entendiéndose esta conclusión como una calibración del modelo analizado. Sobre el perfil C-C' se pudo verificar que los desplazamientos se presentaba en mayor cantidad hacia el sector de San Rafael; Estos desplazamientos se presentan a partir del escarpe principal, coincidiendo bastante bien con lo observado en campo y teniendo como valor promedio de 15.0 metros (ver figura 3).

## 7 Conclusiones

De lo expuesto anteriormente se concluye:

- Se hace necesario un taponamiento adecuado de todo el sistema de acueducto y alcantarillado con el fin de evitar la entrada de agua al deslizamiento; En el análisis realizado mediante equilibrio

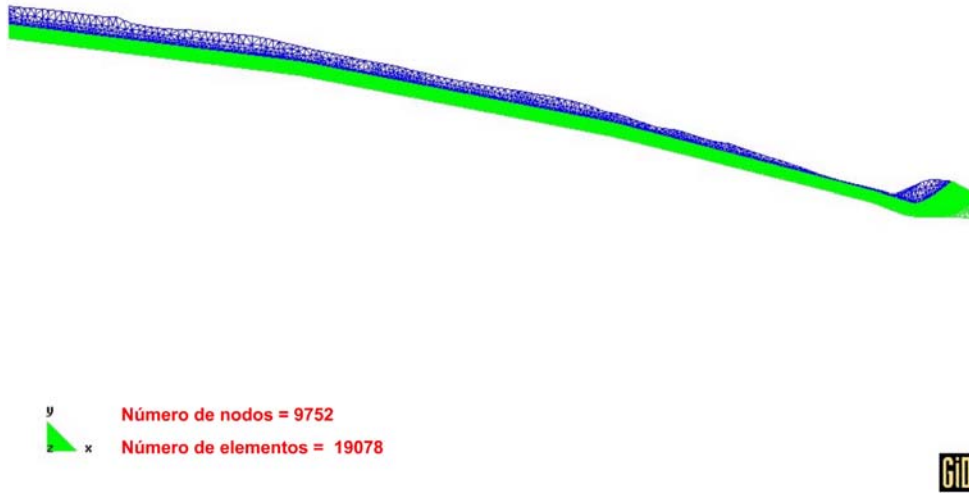


Figure 1: Malla de elementos finitos para el perfil C-C'

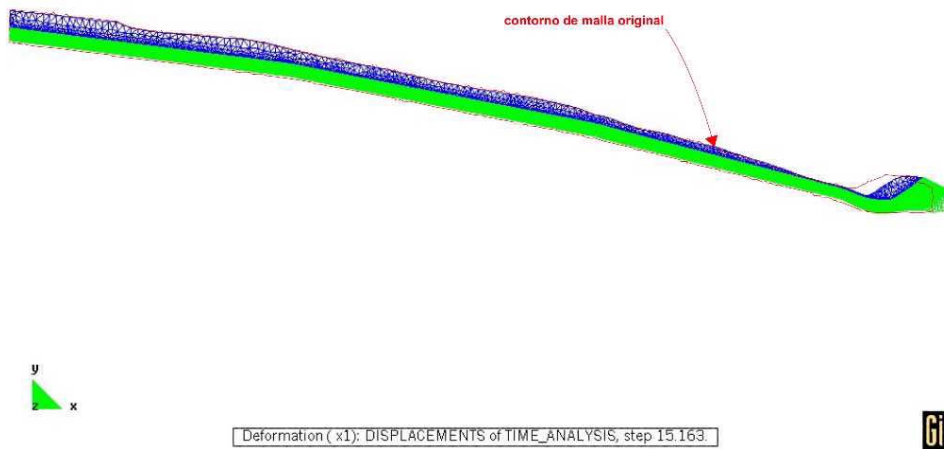


Figure 2: Malla de elementos finitos deformada del perfil C-C'

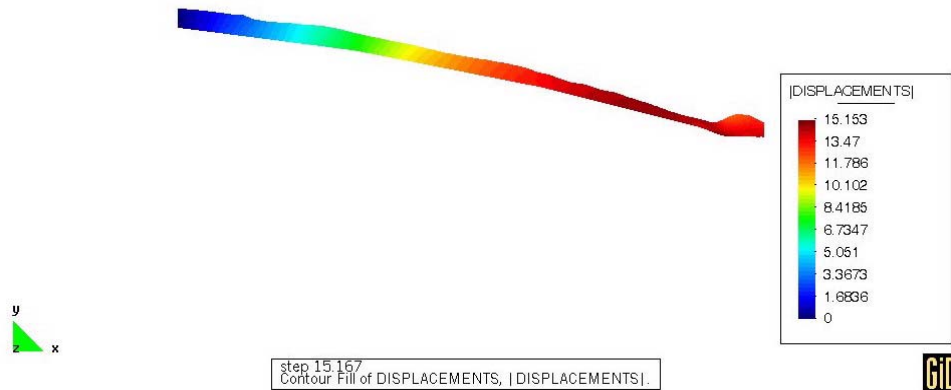


Figure 3: Gráfica de contorno de desplazamientos del perfil C-C'

límite y elementos finitos se observa que el efecto del agua no solamente desestabiliza, sino que puede eventualmente producir desplazamientos importantes de la zona levantada en el barrio San Antonio.

- Dada la complejidad del movimiento quedan temas por profundizar como el comportamiento de los depósitos localizados en la parte inferior del deslizamiento, ya que la saturación de los mismos puede generar un gran flujo, cuyo interrogante principal es ¿Cuál sería la zona afectada?
- Desafortunadamente, la zona de estudio se queda corta ante las predicciones iniciales y como se comentó inicialmente un análisis tridimensional se ve seriamente afectado por las condiciones de contorno, pero este es un tema que es necesario seguir investigando.

## Referencias

- [Babuska, 1971] Babuska, I. (1971). Error bounds for finite element methods. *Num. Math.*, pages 322–333.
- [Biot, 1941] Biot, M. A. (1941). General theory of three dimensional consolidation. *J. Appl. Physics.* 12, pages 155–164.
- [Biot, 1955] Biot, M. A. (1955). Theory of elasticity and consolidation for a porous anisotropic solid. *J. Appl. Physics.* 26, pages 182–185.
- [Biot, 1956] Biot, M. A. (1956). Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid. part i: Low frequency range. part ii: higher frequency range. *J. Acoust. Soc. Am.* 28, pages 168–191.
- [Brezzi, 1990] Brezzi, F., B. K. J. (1990). A discourse on the stability condition for mixed finite elements formulations. *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.*, 82, pages 27–57.
- [Chan, 1988] Chan, A. (1988). *A unified finite element solution to static and dynamic problems in Geomechanics*. PhD thesis, University College of Swansea, UK.
- [Green, 1969] Green, A. E. (1969). On basic equations for mixtures. *Q. J. Mech. Appl. Math.* 22, pages 428–438.

- [Newmark, 1959] Newmark, N. M. (1959). A method of computation for structural dynamics. *Proc. Am. Soc. Civ. Engrs.* 8, pages 67–94.
- [Xie, 1990] Xie, Y. M. (1990). *Finite element solution and adaptative analysis for static and dynamics problems of saturated - unsaturated porous media*. PhD thesis, University College of Swansea.
- [Zienkiewics, 1982] Zienkiewics, O. C. (1982). Basic formulations of static and dynamic behavior of soil and other porous material. In *Numerical Methods in Geomechanics*, chapter 2, pages 12–48. J. B. Martin.
- [Zienkiewicz, 1980] Zienkiewicz, O. C., C. C. T. B. P. (1980). Drained, undrained, consolidation dynamic behavior assumptions in soils. *Geotechnique*, 30, pages 385–395.
- [Zienkiewicz, 1984] Zienkiewicz, O. C., S. T. (1984). Dynamic behavior of saturated porous media: The generalised biot formulation and its numerical solutions. *Int. J. Num. Analyt. Meth. Geomech.* 8, pages 71–96.