000001

UNIDAD PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS - UPES
FONDO PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS - FOPAE



ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN REQUERIDAS PARA EL PROYECTO PLAYON PLAYITAS LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

INFORME FINAL

ELABORADO POR
GEOCONSULTA LTDA

Santafé de Bogotá D.C., Enero 1998

205.2
COD

6

000002

UNIDAD PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS - UPES
FONDO PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS - FOPAE

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN REQUERIDAS PARA EL PROYECTO PLAYON PLAYITAS LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE
INFORME FINAL

ELABORADO POR
GEOCONSULTA LTDA

Santafé de Bogotá D.C., Enero 1998

RESUMEN

En el Sector urbano denominado PLAYON-PLAYITAS de Santafé de Bogotá, al suroriente de la ciudad, se han registrado caídas de bloques de roca y movimientos de remoción en masa que amenazan varias viviendas y han generado daños en varias construcciones y vías urbanas, degradación de propiedades y amenaza a vidas y bienes. El sitio es una antigua explotación de materiales de construcción, hoy urbanizada ante la presión por la posesión de la tierra en la ciudad.

Por medio de contrato con la Unidad de Prevención de Emergencias (UPES), GEOCONSULTA Ltda adelantó un estudio tendiente a actualizar los análisis anteriores de estabilidad del sitio, ejecutados por INGEOMINAS, con miras a implementar medidas correctivas y de atenuación de riesgo. Dentro de tal estudio, se realizó un análisis de las características de los movimientos, los factores inherentes y detonantes asociados con los fenómenos, y se formularon medidas correctivas..

El estudio en cuestión involucró, en un ambiente interdisciplinario, la evaluación de los diversos factores que confluyen en el problema, desde las ópticas geológicas e ingenieriles y condujo a la formulación y diseño de medidas tendientes a controlar el fenómeno de inestabilidad. Este informe contiene los aspectos metodológicos y resultados del estudio, así como las medidas correctivas formuladas.

Los objetivos iniciales y la metodología planteada se referían a un estudio preventivo de estabilización, sin embargo en desarrollo de los trabajos se presentaron movimientos de masa de gran magnitud que ponían en peligro una buena cantidad de viviendas, tanto en la corona del talud sobre la carrera 11D, como en la base del mismo sobre la carrera 11B. Los resultados de los estudios iniciales se presentaron previamente en un informe que en vista de los movimientos sucedidos, solo tiene validez parcial y que debió ser complementado con los resultados que se presentan en este informe.

Un deslizamiento de grandes proporciones ocurrió sobre la carrera 11D, destruyendo dicha vía y pasando en pocas semanas, de una grieta con abertura milimétrica a una falla con un salto de 9 m y la destrucción de unas viviendas. Los movimientos de masa obligaron a tomar decisiones de emergencia que consideraron el diseño de un terraplén de emergencia como solución inmediata para mitigar los movimientos y evitar la destrucción de algunas viviendas y adoptar como solución definitiva la construcción de un terraplén para estabilización del sector centro - norte del talud

Los estudios geotécnicos se basaron en los resultados de las observaciones y cartografía geológica, la excavación de un apique y una trinchera y la perforación de dos sondeos mecánicos con recuperación de núcleo, P1 con profundidad de 18 metros y P2 con profundidad de 12 m. Los resultados iniciales permitieron identificar tres sectores con comportamiento geotécnico diferente y lógicamente con tratamiento de estabilización diferenciable.

Los estudios preliminares permitieron establecer tres sectores de comportamiento geotécnico homogéneo. Para el primero de ellos se diseñó un muro de tierra armada y un pequeño terraplén, tendientes a la recuperación de la vía (carrera 11D) y tratando de ocupar el menor espacio posible. Esta solución sin embargo se desechó después del deslizamiento y este sector se involucró dentro de la solución general del terraplén.

El Sector Central presentó características de falla progresiva en arcillolitas, siendo el más afectado, y en el que sucedió el deslizamiento, para el cual se presenta la solución de estabilización por terraplén.

El Sector Suroriental se identificó principalmente por la caída individual de bloques de roca, que se controlará mediante un sistema combinado de excavación para conformación de bermas, protección del talud mediante el concreto dental y concreto neumático. Adicionalmente se controlará el drenaje mediante drenes horizontales y cunetas colectoras.

CONTENIDO

	Pag.
1. GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 TOPOGRAFIA	4
1.4 FACTORES ANTROPICOS Y CULTURALES	5
1.5 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO	5
1.6 METODOLOGIA	6
2. INFORME DE GEOLOGÍA	9
2.1 INTRODUCCIÓN	10
2.2 GEOMORFOLOGÍA	10
2.3 ESTRATIGRAFIA	12
2.3.1. Secuencia de Arcillolitas (Te)	13
2.3.2. Secuencia de Areniscas (Ter)	14
2.3.3. Suelo Residual de la Formación Regadera (Qsr)	15
2.3.4. Residuos de Explotaciones Mineras (Qre)	15
2.3.5. Depósitos de Ladera (Qdp)	15
2.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	16
2.4.1. Estructuras en las Arcillolitas	16
2.4.2. Estructuras en las Areniscas	17
2.5. AGUAS SUBTERRÁNEAS	17
2.6. GEOLOGÍA APLICADA A LAS OBRAS	18
ANEXOS GEOLOGÍA	20
3. REGIMEN DE AGUAS	23
3.1 ANÁLISIS HIDROLOGICO E HIDRÁULICO	24
3.1.1 Análisis Hidrológico	24
3.1.2 Análisis Hidráulico	26
3.2 MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES	28
3.2.1 Aguas Negras	28
3.2.2 Aguas Lluvias	28
3.2.3 Soluciones Propuestas	29
3.3 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	31
ANEXO HIDRÁULICA	32
4. GEOTECNIA	33
4.1. INTRODUCCIÓN	34

4.2. TRABAJOS DE EXPLORACIÓN DE CAMPO	36
4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO	36
4.3.1 Tipos de ensayos realizados en las arcillolitas	36
4.3.2 Ensayo en las areniscas	37
4.3.3 Capa Superior de Intercalaciones	37
4.3.4 Propiedades de las arcillolitas	38
4.3.5 Propiedades de las Areniscas	39
4.3.6. Capa Superior de Intercalaciones	41
4.4 CARACTERIZACION GEOMECANICA	41
4.4.1 Perfiles Detectados en las Perforaciones y Trincheras	42
4.4.2. Propiedades Geomecánicas de los Suelos	42
4.4.3. Propiedades Geomecánicas de las Rocas	42
4.4.4 Niveles Freáticos	42
4.4.5. Sismicidad Regional	43
4.4.6 Evaluación de Discontinuidades	44
4.5. MODELACION Y DIAGNOSTICO GEOTECNICO	44
4.5.1 Tipos de Movimiento	45
4.5.2 Factores que provocan la Inestabilidad	46
4.5.3. Condiciones de Análisis	47
4.5.4. Resultados del Análisis	48
4.6. FORMULACION DE MEDIDAS CORRECTIVAS	48
4.6.1 Soluciones Inmediatas	48
4.6.2 Solución a los deslizamientos en Arcillolitas	49
4.6.3 Obras de Estabilización Sector 1	53
4.6.4 Obras de Estabilización Sector 2	54
4.7. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS	55
4.7.1 Sector 1 Talud Noroccidental	55
4.7.2 Sector 2 Talud Oriental	56
ANEXOS GEOTECNIA	58A
5. ZONA DE AFECTACION	59
5.1. INTRODUCCIÓN	60
5.2. ZONA AFECTADA	60
5.3. ASPECTOS URBANISTICOS	61
5.4. RECOMENDACIONES URBANISTICAS	62
5.4.1 Corredor de Protección	62
5.4.2 Interdicción de Construir	62
5.4.3 Accesos	62
6. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTOS	63
7. CONCLUSIONES	67
8. BIBLIOGRAFIA	70

ANEXOS

ANEXOS GEOLOGÍA

Cuadro 1 Datos Estructurales en el Talud del Barrio Palyón-Playitas
Figura 1 Trinchera No.1
Figura 2 Apique No.1
Figura 3 Columna Estratigráfica 1
Figura 4 Columna Estratigráfica 2
Figura 5 Columna Estratigráfica 3
Figura 6 Registro de Perforación 1
Figura 7 Registro de Perforación 2

ANEXOS HIDRÁULICA

Figura 8 Porcentaje de Lluvia Media Mensual
Figura 9 Histograma de la Lluvia Media Anual
Tabla 1 Registro Histórico de Precipitación Mensual
Tabla 2 Frecuencia de los Aguaceros
Diagrama 1 Intensidad de Presipitación y Escorrentía
Diagrama 2 Velocidad de los Flujos de Creciente

ANEXOS GEOTECNIA

Cuadro 2 Resumen de Ensayos de Laboratorio
Cuadro 3 Cronograma de Construcción de Obra Sector 1
Cuadro 4 Cronograma de Construcción de Obra Sector 2
Figura 10 Diagrama Polar Discontinuidades Sector 1
Figura 11 Diagrama Polar Discontinuidades Sector 2.
Figura 12 Diagrama Estereográfico de Discontinuidades
Figura 13 Análisis para falla progesiva sección A
Figura 14 Análisis para falla progesiva sección B

ANEXO CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Cuadro 5A Obras de Estabilización Sector 1
Cuadro 5B Obras para el manejo de Aguas Sector 1
Cuadro 6A Obras de Estabilización Sector 2
Cuadro 6B Obras para el manejo de Aguas Sector 2

GEOCONSULTA LTDA.

VOLUMEN II

ANEXOS

ANEXO Nº 1Resultados de Ensayos de Laboratorio

ANEXO Nº2 Calculos de estabilidad Terraplén sin refuerzo

ANEXO Nº3 Calculos de estabilidad Terraplén con refuerzo

VOLUMEN III
PLANOS

Plancha No.1	Topografía
Plancha No.2	Geología
Plancha No.3	Manejo de Aguas
Plancha No.4	Estructuras de Manejo de Aguas
Plancha No.5	Estabilización Planta General
Plancha No.6	Obras de Estabilización Sector 1
Plancha No.7	Obras de Estabilización Sector 2
Plancha No.8	Corte Sector 1
Plancha No.9	Detalles Sector 1
Plancha Nº 10	Detalles Sector 1
Plancha Nº 11	Corte Sector 2
Plancha Nº 12	Detalles Sector 2
Plancha Nº 13	Detalles Sector 2
Plancha Nº 14	Zona de Afectación

GEOCONSULTA LTDA.

VOLUMEN IV
ESPECIFICACIONES

1. CANTIDADES DE OBRA
2. DRENES
3. EMPRADIZACION
4. EXCAVACION
5. TERRAPLÉN
6. PERNOS DE ANCLAJE
7. FILTRO DE FONDO PARA EL TERRAPLÉN
8. DEMOLICIONES Y RECOMENDACIONES
9. CONCRETO NUEMATICO
10. CONCRETO DENTAL
11. CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO

VOLUMEN V
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS
2. ENFOQUE DE LOS TRABAJOS
3. METODOLOGIA DE TRABAJO
4. ALTERNATIVAS ESTUDIADAS
5. ANÁLISIS COMPARATIVO Y CONCLUSIONES

1. GENERALIDADES

1.1.- INTRODUCCIÓN

El presente documento consigna los resultados del estudio geológico y geotécnico realizado en los movimientos de remoción en masa y los taludes del sitio EL PLAYON - PLAYITAS, en el área de la calle 50 Sur con Carrera 11B, localidad Rafael Uribe Uribe, en Santafé de Bogotá, el cual se efectuó con el propósito de conocer las características y factores determinantes de los fenómenos de inestabilidad, establecer su real nivel de amenaza y formular a su vez medidas correctivas o de prevención de desastres. Constituye, de acuerdo con los términos de referencia del contrato, una actualización y complementación de los informes previos presentados por INGEOMINAS.

Las labores ejecutadas comprendieron originalmente, el levantamiento topográfico detallado, una recopilación y análisis de la información preliminar existente, el reconocimiento geológico y geotécnico del sitio, la exploración geológica y geotécnica para Caracterización de los problemas y recuperación de muestras que se sometieron a ensayos de laboratorio y finalmente el trabajo de análisis de toda la información recolectada. Adicionalmente se adelantaron los estudios hidrológicos e hidráulicos de apoyo para establecer el adecuado manejo de las aguas superficiales y subsuperficiales en el área de afectación y los estudios geotécnicos. Esta información se utilizó en la modelación geotécnica del problema para conducir a la formulación y diseño de obras de contención. En el informe se incluye la cuantificación de cantidades de obra y presupuestos de las medidas diseñadas.

La programación inicial de actividades se vio afectada por la ocurrencia de un deslizamiento durante el desarrollo de los estudios, en el sector Norte del talud, lo cual obligó a la elaboración de diseños de emergencia y a la selección de un sistema de terraplén para asegurar la estabilidad del talud. Las medidas de estabilización comprendieron el diseño, contratación y construcción de un terraplén de emergencia sobre la cuña de terreno afectada por el movimiento y el diseño de una solución por terraplén en toda el área de afloramiento de las arcillolitas.

Los estudios y diseños ya terminados para el extremo Nor-Occidental del talud (inicialmente denominado Sector 1) tuvieron necesariamente que ser revaluados con la ocurrencia del deslizamiento y el sector fue igualmente involucrado en la solución global para el área de afloramiento de las arcillolitas, para lo cual fue necesario ampliar los términos del contrato.

El estudio se ejecutó en el marco del contrato No.1314-81/97 , celebrado entre la UPES y GEOCONSULTA Ltda. La dirección general de las actividades fue realizada por el Geólogo Félix Ortíz., quién adicionalmente dirigió las labores geológicas, en donde

colaboró como especialista la Geóloga Banca Oliva Posada. Las labores geotécnicas fueron realizadas por el Ingeniero José Joaquín Olarte. Prestaron su concurso además al análisis geotécnico los Ingenieros Carlos Iván Gutiérrez y Omar Torres. Durante el estudio se contó con el apoyo de el arquitecto urbanista Alvaro Biscardi, que elaboró algunas recomendaciones para el tratamiento de las diferentes áreas identificadas

GEOCONSULTA Ltda y el personal que participó en el estudio agradecen la colaboración prestada por la comunidad del barrio en donde se localiza el problema y de los funcionarios de la UPES. Especial mención de agradecimiento se reserva para la interventoría del estudio, adelantada por las Geólogas Beatriz Helena Alzate y Pilar García , y por parte de la gerencia de proyecto los Ingenieros Carlos Parra Ferro y Rigoberto López por su permanente colaboración y valiosos aportes.

1.2 ANTECEDENTES

El terreno del sector Playón - Playitas viene siendo afectado desde tiempo atrás por fenómenos de inestabilidad, causados principalmente por la naturaleza de las rocas presentes en el subsuelo, las cuales son de fácil alteración por los agentes de intemperismo o están en alto grado de fracturación.

Adicionalmente, los factores antrópicos tienen una marcada influencia en los fenómenos de inestabilidad, dado que el sitio es una antigua explotación de fuentes de materiales, adelantada en precarias condiciones técnicas. Posteriormente, la urbanización del lugar contribuyó a agravar los fenómenos ya latentes, dada la colocación de sobrecargas en la corona y la infiltración de aguas servidas que favorece la alteración de las rocas blandas y la generación de presiones de poros.

En 1995 INGEOMINAS realizó un estudio sobre el problema. Como resultado de las labores ejecutadas, se formularon medidas correctivas para el problema, cuya materialización quedó bajo la responsabilidad de las autoridades. Este estudio se contrató con la finalidad de actualizar el esfuerzo invertido por INGEOMINAS en el estudio citado.

Posterior al estudio de INGEOMINAS, en los últimos 2 años se produjeron nuevos fenómenos de inestabilidad que han afectado algunas viviendas, como causa de la progresión del deterioro en la estabilidad del talud, situación que indujo a la UPES a la contratación del presente estudio. Durante el desarrollo del estudio se produjeron movimientos de importantes volúmenes de tierra del talud Norte que obligaron a declarar una emergencia, a la ampliación del contrato a elaborar diseños de

emergencia y a la contratación de obras para mitigación de los efectos de los deslizamientos.

Este estudio de estabilidad de laderas se enmarca dentro de los propósitos del decreto 919 del 1o. de mayo de 1989 por el cual se organizó el sistema nacional para la prevención y atención de desastres, y del artículo 56 de la ley 9a. de 1989, el cual destaca las funciones de los organismos estatales, privados y comunitarios, frente a la necesidad de orientar y planificar el crecimiento urbano.

1.3 TOPOGRAFIA

Con el propósito de estudiar la influencia de los factores topográficos en los movimientos del terreno se realizó un levantamiento topográfico de ellos incluyendo una gran zona en la corona, y la pata del talud de todos los sectores. Para el efecto se utilizó la estación NIKON DTM 750.

Como resultado de las actividades topográficas de campo se produjo la Plancha No.1, Topografía con detalles a escala 1: 500. El plano se utilizó como base para los levantamientos geológicos y geotécnicos, para la preparación de cortes para la modelación geotécnica y detalles requeridos en el análisis hidráulico, lo mismo que para los diseños finales de las soluciones propuestas.Los levantamientos topográficos se extendieron a la localización precisa de los puntos de exploración geotécnica y las referencias de movimiento.

Como primera conclusión de tales actividades, se puede decir que la topografía general de la zona se puede calificar como de colinas suaves cuyos flancos son interrumpidos abruptamente por escarpes excavados para la producción de materiales de construcción, a donde las viviendas se acercan peligrosamente, tanto en la corona como en el pie. Específicamente en el caso del estudio el escarpe está conformado por taludes con alturas de 10 hasta 20 m, verticales a subverticales, que separan los barrios La Merced Sur y Playon- Playitas, sobre cuyo sector Nor-Occidental se desarrolló la vía de acceso y el servicio de alcantarillado.

La ocurrencia de movimientos durante el estudio, que se manifestaron inicialmente por intermedio de grietas, hizo necesaria la colocación de tres mojones de control topográfico para el monitoreo periódico de los cambios tanto en la horizontal como en la vertical, lo cual sirvió para tomar las medidas de prevención cuando los movimientos se hicieron más rápidos.

Una vez ocurrido el deslizamiento e iniciada la obra se llevaron a cavo levantamientos complementarios por parte del constructor y de la interventoría, tanto para control de los movimientos como para la delimitación y control de obra.

1.4 FACTORES ANTRÓPICOS Y CULTURALES

En los fenómenos de inestabilidad estudiados se evidencian rasgos muy marcados de la influencia del hombre, en particular relacionados con la antigua explotación, con la urbanización incontrolada e incontrolable de la tierra y con el descontrol en el manejo de las aguas servidas.

Los fenómenos causados por la explotación han sido marcados por la excavación de taludes verticales temporalmente estables y acelerados por la existencia de infiltraciones de aguas servidas, directamente de las casas, o por fugas en los alcantarillados existentes, construidos en algunos casos por los urbanizadores sin supervisión de la E.A.A.B . De hecho, el movimiento observable de mayor magnitud, en la porción central del área, dejó en el aire una vivienda y muestra en su escarpe ruinas de varias tuberías.

Por otra parte, los cortes efectuados para la explotación no solo han provocado alteración en el equilibrio mecánico del sector sino que además generaron intervención inapropiada del drenaje natural.

1.5 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

De acuerdo con los términos contractuales y los lineamientos trazados por la UPES y la dirección del proyecto por parte de GEOCONSULTA Ltda, se formularon como objetivos iniciales del estudio, partiendo de la revisión del estudio de INGEOMINAS, los siguientes:

- Revisión y confirmación del estudio existente presentado por INGEOMINAS en 1995.
- Identificar el tipo de problema de inestabilidad que afectan el talud del sitio PLAYON - PLAYITAS.
- Complementar el levantamiento topográfico de los taludes afectados .
- Complementar la información presentada por INGEOMINAS mediante estudios de campo, perforaciones, excavación de apiques, trincheras y realización de ensayos de laboratorio.
- Establecer la magnitud del movimiento o movimientos activos, sus mecanismos y el área afectada
- Determinar los factores que han incidido y su importancia en la persistencia del fenómeno.

- Definir las características geotécnicas del sitio, en relación con aspectos geológicos y físicos.
- Evaluar el régimen de aguas tanto superficiales como subterráneas.
- Hacer los análisis de geotécnicos de la información recolectada y los cálculos de estabilidad de taludes.
- Definir y diseñar las medidas y obras de estabilización y formular medidas orientadas a reducir los factores de riesgo.

Los objetivos que inicialmente eran complementarios y preventivos debieron ajustarse en el transcurso de los estudios, para producir diseños de obras inmediatas de mitigación, evaluar alternativas de obras definitivas a nivel de prefactibilidad y producir documentos de contratación de obras de emergencia.

El estudio se ha llevado hasta el nivel de diagnóstico y análisis cuantitativo de las condiciones generales de estabilidad del área analizada e incluye los análisis de factor de seguridad en relación con la estabilidad para los fenómenos observados, de acuerdo con los mecanismos de falla modelados. Se han propuesto también medidas correctivas para los movimientos detectados. Cabe mencionar que los resultados de los análisis tienen cierta dependencia de los modelos mecánicos propuestos, lo cual genera algunas limitaciones prácticas que deben subsanarse con una estricta sujeción a las recomendaciones propuestas y una permanente observación de los fenómenos.

Para efectos de manejo detallado se dividió el talud en sectores de comportamiento homogéneo desde el punto de vista geológico y geotécnico y los cálculos se hicieron teniendo en cuenta los factores de seguridad de norma para construcciones antisísmicas en la ciudad de Santafé de Bogotá.

1.6 METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos propuestos en el estudio, se optó por desarrollar la siguiente metodología:

- Realización de visitas preliminares por parte de la coordinación del proyecto, tendientes a mejorar el enfoque del problema para programar adecuadamente las actividades posteriores. Durante esas visitas se recorrió el área inestable y se observó el fenómeno desde todos los ángulos visibles. Adicionalmente, se sostuvieron reuniones con autoridades locales y se realizaron entrevistas a vecinos del lugar.

- Recopilación y análisis de información preliminar del sitio, en relación con aspectos sociales, geología, antecedentes de fenómenos similares, hidrología, sismicidad, y

cartografía existente en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi A partir de esta actividad se formuló el programa definitivo de estudio de campo.

- El análisis secundario de la pluviosidad y climatología, para establecer el régimen de lluvias, y plantear las medidas de drenaje.

- Identificación de las áreas inestables en el campo, y sectorización del talud. Esta actividad se llevó a cabo en forma conjunta por los grupos de geología y geotécnia, con el propósito de lograr una visión global de los fenómenos y sus factores determinantes, además de aprovechar los aportes interdisciplinarios en la comprensión de los problemas.

- Levantamiento topográfico para construcción de cartografía con escala 1:500 y 1:200. Materialización de puntos de exploración y colocación de referencias para estudio de la tasa de movimiento.

- Estudio de factores hidráulicos en el sitio para comprobar observaciones relacionadas con la dinámica de la erosión y su influencia sobre los movimientos.

- Levantamiento geológico de detalle en el sitio, para plantear el mapa de geología para ingeniería, en escala 1:500.

- Levantamiento geotécnico de campo para identificar factores que indujeron la inestabilidad, su morfología, atributos y características.

- Investigación del subsuelo por medio de perforaciones, trincheras y apiques para identificar directamente las características de los materiales involucrados y recuperar muestras para análisis de laboratorio.

- Determinación de propiedades índice y parámetros geomecánicos en ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos.

- Modelación geotécnica del problema para ejecución de los análisis cuantitativos para cada sector. En ésta etapa se reunió y analizó toda la información acopiada y se realizaron reuniones de todos los especialistas involucrados en el estudio, hasta plantear modelos de mecanismos de movimiento que resultaran satisfactorios desde todas las ópticas.

- Análisis de estabilidad sobre los modelos geomecánicos planteados, con ayuda de nomogramas en primer lugar y luego, del programa de computador PC.STABLE.

- Prediseños de obras de emergencia para mitigación de los movimientos ocurridos, cálculo de cantides de obra, asesoría de obra y complementación de diseños.

- Formulación de alternativas para estabilización y análisis de su efecto a partir de la modelación para seleccionar las medidas definitivas. Planteamiento de medidas complementarias a la luz de un estudio conceptual.

- Diseño ingenieril de medidas correctivas, elaboración de planos, evaluación de cantidades de obra y presupuestos.

- Redacción de informe final, incluyendo una descripción de la metodología seguida, memorias de los cálculos realizados y copia de todos los resultados obtenidos para presentar en forma coherente las recomendaciones formuladas, así como planos y presupuestos. El presente documento constituye el informe final del trabajo ejecutado.

2. INFORME DE GEOLOGÍA

2.1. INTRODUCCION

El sector denominado Playón-Playitas se localiza entre los barrios San Carlos y Tunjuelito, sobre el denominado Sinclinal de Tunjuelito[1]. Afloran en todo el sector un conjunto de rocas sedimentarias del Terciario que consisten en areniscas con intercalaciones menores de arcillolitas y limolitas y hacia la base una secuencia de arcillolitas. Conforman colinas controladas por la dirección y buzamiento de los estratos, que producen de un lado pendientes moderadas a suaves y de otro zonas de escarpe originadas en la explotación de materiales.

Estas rocas fueron explotadas antiguamente como fuente de materiales granulares y para la fabricación de ladrillos. Están parcialmente recubiertas por depósitos de ladera, producto de deslizamientos o caída de bloques y por materiales de relleno o residuos de la antigua explotación minera (ver mapa geológico Plancha N°2).

En las inmediaciones de la calle 50 Sur con carrera 11 B se presenta un escarpe de aproximadamente 20m de altura que divide los Barrios Playón-Playitas en la parte baja y La Merced en la parte alta y que ha presentado inestabilidades que han destruido ya algunas casas, arriba y abajo y ha provocado la destrucción de la carrera 11 D que da acceso al barrio La Merced. Las inestabilidades incluyen desprendimientos de bloques de areniscas en el sector Este y Sureste del talud hacia la carrera 11A y deslizamientos hacia el Nor-oeste sobre la carrera 11 D.

Se realizaron en la zona algunas investigaciones del subsuelo tendientes a complementar la información sobre las unidades litológicas y sus propiedades físicas y geomecánicas. Se excavó un apique sobre el cuerpo de arcillolitas moradas, con una profundidad de 2.5 m; una trinchera a lo largo del talud en la zona más oriental de éste, con una longitud aproximada de 18 m; dos perforaciones con taladro rotatorio, la primera de ellas de 18 m de profundidad y la segunda de 12 m, su localización se muestra en el Mapa geológico.

2.2. GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio corresponde a un antiguo frente de explotación de materiales para agregados de construcción desarrollado sobre una secuencia de areniscas; hacia la base afloran arcillolitas abigarradas que también fueron excavadas como materiales para la fabricación de ladrillos.

---

[1] INGEOMINAS, 1995. Estudio Geotécnico sector Playón - Playitas, Fase II

La explotación de estos materiales produjo escarpes subverticales y verticales con alturas hasta 20 m de alto en el sector Suroriental, mientras que hacia el sector Noroccidental sobre la carrera 11D se presentan más tendidos. Tanto hacia la parte alta del talud, como hacia el pie de éste se produjo un proceso de urbanización, en desarrollo del cual no se le dio el manejo apropiado a las aguas y se empezaron a presentar caídas de bloques y movimientos de masa que afectaron las viviendas.

Morfológicamente el comportamiento del talud corresponde a su composición litológica, presentando en el sector compuesto predominantemente por areniscas superiores, meteorización parcial y distensión que ocasionó la formación y apertura de diaclasas y fracturas, subparalelas al talud. El mal manejo de aguas lluvias y servidas propició que el agua percolara por tales diaclasas y fracturas, ocasionando una meteorización más intensa de la roca y empuje que condujo al desprendimiento de bloques. Este proceso ha tenido lugar a lo largo del talud entre la calle 49 bis sur y la calle 49A sur. Actualmente se observan en la parte alta del talud, en esta misma zona, cinco bloques inestables, con fracturas subverticales, paralelas al talud, que deben ser removidos para evitar un accidente por su desprendimiento natural.

Se detectaron además en el sector central del talud dos cicatrices de movimientos de masa complejos, donde se puede observar una componente rotacional; el primero de ellos, más antiguo, afectó un área de aproximadamente 16 m2 , y el segundo, más reciente (2 años), de 100 m 2. El mecanismo de movimiento parece originarse en las arcillolitas que conforman la base del talud en un sector donde afloran inconfinadas dando lugar a una falla progresiva, que está asociada al comportamiento de pérdida de resistencia al corte de las arcillolitas que se encuentran estratigráficamente debajo de las areniscas y que hacia el Noroccidente tienden a aflorar en superficie.

La zona del talud localizada entre las calle 49 Bis Sur y la carrera 11 no presenta procesos de remoción en masa, sin embargo los taludes son subverticales a verticales, con procesos de erosión superficial laminar y en surcos que deben ser controlados para evitar su degradación.

Aproximadamente a nivel del contacto entre las areniscas y la secuencia de arcillolitas abigarradas, sobre la carrera 11 D, el talud se suaviza y se torna inestable mostrando deslizamientos. En esta zona se presentó un deslizamiento que afectó una cuña cuyo volumen se estima mayor de 2.000M^3 y que puso en peligro las viviendas localizadas tanto en la parte baja del talud, como las localizadas sobre la Carrera 11D.

Sobre esta última calle se dibujó una grieta con una extensión de 60 a 70m, que en el transcurso de cuatro semanas se fue desarrollando con movimientos inicialmente muy pequeños, en el rango de milímetros y posteriormente en forma rápida hasta alcanzar un desplazamiento de 4 a 5 m. al momento de iniciar los trabajos de estabilización. El movimiento de la cuña causó un abombamiento en la base del talud y la caída rotacional de la parte superior del mismo y a la vez fracturamiento a lo largo de la pendiente del talud.Tanto en la parte superior como en la base del talud afloraron flujos pequeños de agua.

Los materiales removidos conforman una topografía irregular, en ellos hay bloques de diversos tamaños dentro de una matriz arenosa o sobre el nivel del terreno; se considera que también estos depósitos son potencialmente inestables, y susceptibles de conformación de flujos de lodo en presencia de lluvias intensas, especialmente los ubicados a la altura de la calle 49 sur, que pueden tener un espesor promedio de 7m.

La parte alta de la zona de estudio es de topografía suavemente ascendente y homogénea controlada por el buzamiento de los estratos; las viviendas se asientan sobre los suelos residuales de la secuencia de areniscas. La parte inferior de la zona de estudio tiene topografía plana , producida artificialmente por las excavaciones que allí se realizaron; las viviendas se asientan sobre un relleno de materiales de desecho que cubre la secuencia de arcillolitas. En estos dos sectores no se presentan procesos que puedan tener alguna incidencia sobre la estabilidad del talud.

2.3 ESTRATIGRAFÍA

El tope del talud está conformado principalmente una secuencia de areniscas finas con pequeñas intercalaciones de limolitas y arcillolitas, que aflora en su parte más nueva al Suroriente, mientras que hacia el Noroccidente van apareciendo las cabezas de las capas más antiguas; hacia la base del talud, sobre el sector occidental se observa la presencia de un grueso nivel de arcillolitas de colores abigarrados.

Las arcillolitas parecen corresponder a la Formación Bogotá (Te), dada su localización en un sector donde por tradición se han explotado las arcillolitas de esta Formación para la fabricación de ladrillos, aparece con un espesor que supera los 10 m y presenta además las características descritas para tal Formación.

En la columna estratigráfica generalizada de la Sabana de Bogotá[2] se describe como una arcillolita abigarrada (gris, violácea, morada, roja), bien estratificada, con algunos bancos de arenisca micácea gris de grano fino hacia la parte superior. El contacto superior con la Formación regadera, es discordante en el área de Tunjuelito, pero en forma regional es concordante[3].

INGEOMINAS, 1995[4] clasifica la secuencia de areniscas como perteneciente a la Formación Regadera(Ter). Sin embargo, cabe también la posibilidad de que sea la parte superior de la Formación Bogotá, que como se describió anteriormente está conformada por areniscas finas micáceas, mientras que la Formación Regadera se ha descrito corrientemente como una secuencia de areniscas cuarzosas y feldespáticas de grano medio a grueso, en bancos muy gruesos y conglomerado guijarroso muy frecuentes hacia la base; alternan las areniscas y los conglomerados con delgadas capas de arcillolitas[5]; forman parte del área de influencia del cono de deyección del río Tunjuelito. Se adopta en este estudio la convención usada por INGEOMINAS, por encontrarse que la mineralogía corresponde con la reportada para la Formación Regadera, más que para la Formación Bogotá y se describen de más antiguo a más joven.

2.3.1 Secuencia de Arcillolitas (Teb)

Afloran al pie del talud infrayaciendo las areniscas y clavándose de acuerdo a su buzamiento de NW hacia SE, desapareciendo al final de la calle 49 sur en la cota 2.579 msnm , mientras que en la parte media del talud en la intersección de la carrera 11D y la calle 50 bis sur sube a la cota 2.588 msnm y hacia el borde occidental se encuentra en la cota 2592msnm. Se detectaron además, en la perforación P-2 sobre la cota 2.586.5 msnm en donde se perforaron 3 m de esta secuencia y en el Apique 1, (cota 2.577 msnm) en donde se excavaron 2.5 m (Ver Mapa 1).

En los afloramientos localizados en el talud, las arcillolitas son moradas a grisáceas; consolidadas se agrietan en superficie y se parten en fragmentos muy duros, de 3 cm de diámetro promedio, con superficies lisas. A medida que se profundiza en el horizonte, los fragmentos en que puede partirse son algo mayores, con superficies de fractura lisas, brillantes, con algunas estrías (Ver Figura 3). En la calle 49 Sur con Carrera 11B se identificó un nivel de unos 20 cms,

---

[2] Columna Estratigráfica Generalizada de la Sabana de Bogotá.
[3] J. De Porta, 1974. Lexique Stratigraphique International. Volume V, Colomie.
[4] INGEOMINAS, 1995. Estudio Geotécnico sector Playón - Playitas, Fase II.
[5] Columna Estratigráfica Generalizada de la Sabana de Bogotá.

que muestra cisallamiento, partiendo en superficies sedosas que se diferencia de los niveles superior e inferior, siguiendo la estratificación.

En el apique realizado en el sector, la arcillolita se presentó poco húmeda, algo plástica, por lo cual al intentar partirla se deformaba; estaba cortada por pequeñas fracturas subverticales con un color amarillento, onduladas, irregulares, lisas, cerradas y por una fractura subhorizontal ondulada, con una lámina de óxido de hierro de 2 mm de espesor (ver Figura 1). En la perforación P-2 se reportó con una consistencia muy dura y pequeñas intercalaciones de arena fina (ver registro de perforación).

2.3.2 Secuencia de Areniscas (Ter)

Afloran en el talud o escarpe subvertical objeto de este estudio, entre las cotas 2596 y 2580 msnm. En la perforación P1 localizada en la cota 2597 msnm se perforaron 18 m, mientras que en la perforación P2 situada en la cota 2596 sólo se perforaron 9 m antes del contacto con las arcillolitas moradas (Ver Mapa Geológico y Figuras 3 y 4).

En el área de estudio se diferenciaron dos niveles: Uno inferior (Ter2) conformado predominantemente por areniscas con intercalaciones menores de capas y lentes de limolitas y arcillolitas; son de grano fino a medio, de gran homogeneidad, friables, porosas, bien seleccionadas, de colores amarillo a pardo amarillento y grises, en bancos de 0.5 a 4 m de espesor; localmente son limosas. Presentan estratificación laminar y cruzada y costras de óxidos de hierro de hasta 3 cm de espesor separando los distintos bancos (Ver Figuras 4 y 5). Su espesor varía de Oriente a Occidente entre 15 y 8 m aproximadamente. Son muy duras de excavar, pero los fragmentos se dejan romper relativamente fácil con la mano mostrando friabilidad, razón por la cual en los sondeos realizados no se recuperaron núcleos, sólo algo de arena.

Las capas y lentes de limolitas y arcillolitas, intercalados con las areniscas, son más frecuentes hacia la parte superior del talud y constituyen el nivel superior (Ter1). Conforman bancos de 10 cm a 1 m de espesor, caracterizados por su color grisáceo a amarillento, su mayor meteorización y erosión, su permeabilidad primaria es menor que la de las areniscas, pero su permeabilidad secundaria puede ser mayor por cuanto hay un mayor fracturamiento y fisuración; se parten en fragmentos pequeños, duros para el caso de las arcillolitas y friables para las limolitas; láminas de óxidos de hierro separan las superficies de estratificación. Es común encontrar que aproximadamente el primer metro y medio de la secuencia se encuentre meteorizado, además de las superficies expuestas (Ver Figuras 3 y 5).

2.3.3 Suelo Residual de la Formación Regadera (Qsr)

Corresponde a la capa meteorizada de la formación Regadera sobre la cual se asientan las viviendas en la parte alta de la zona de estudio (Ver Mapa geológico); constituye los primeros dos metros aproximadamente de la secuencia de areniscas con intercalaciones frecuentes de limolitas y arcillolitas de color amarillento a grisáceo; localmente hay bancos de arena de espesores mayores de 2 m. Esta secuencia se presenta altamente fisurada por lo cual se deshace completamente al excavarla.

En esta formación se presentan procesos erosivos y desprendimientos de borde provocados por la afluencia de aguas servidas que llegan al talud.

2.3.4 Residuos de Explotaciones Mineras (Qre)

Corresponden a los materiales residuales de las antiguas explotaciones de las arcillolitas y areniscas de las formaciones Bogotá y Regadera respectivamente. Se extienden sobre la parte baja de la zona de estudio y están constituidos por la mezcla de materiales arcillosos y arenosos, inconsolidados, con un espesor variable entre 1 m y 2.5 m aproximadamente (Ver Mapa Geológico Plancha N°2).
En esta formación no se presentan procesos erosivos que puedan incidir sobre la estabilidad del talud.

2.3.5 Depósitos de Ladera (Qdp)

Se localizan sobre la formación Bogotá y parcialmente sobre la Regadera, en la parte inferior del talud entre las calles 50 sur y 49 sur aproximadamente. Son los materiales inconsolidados, poco estables, producto de los deslizamientos de masas de suelo residual y bloques provenientes de los escarpes dejados por las antiguas explotaciones mineras. Se calcula que su espesor no supera los 3 m en la parte occidental del talud, mientras que hacia la parte media puede alcanzar hasta los 7 m de espesor (Ver Mapa Geológico y Figura 3).

Como consecuencia del deslizamiento ocurrido a la altura de la calle 49 sur, hay un depósito que ocupa un área aproximada de 100 m^2 y se considera inestable por cuanto es probable que aún no haya llegado a su ángulo de reposo; aunque conserva la estructura original de la roca, las direcciones medidas sugieren que hubo un volcamiento y un deslizamiento probablemente asociado a una superficie de falla en la arcillolita.

Se registraron en estos depósitos de ladera humedades en especial en la base del talud, hacia la esquina de la calle 49A-Sur con carrera 11B.

2.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los sedimentos de finales del Terciario y del Cuaternario se encuentran ligeramente influenciados tectónicamente y específicamente en la zona de estudio los estratos conforman un flanco del denominado Anticlinal de Tunjuelito donde se presentan buzamientos bajos inferiores a 30°.El estilo tectónico dominante es de estructuras amplias de plegamiento y fracturas por distensión y compresión, que pueden ser notorias en materiales incompetentes al plegamiento como las areniscas y casi imperceptibles en materiales competentes como las arcillolitas.

Las capas o niveles de estratificación son igualmente bien definidas en las areniscas, mientras que en las arcillolitas su aspecto es masivo, marcándose pocas interestratificaciones, algunas de ellas deformadas por esfuerzos, generalmente orientados siguiendo la estratificación.

Las medidas de rumbo y buzamiento tanto para la estratificación como para las fracturas fueron tomadas prácticamente todas en areniscas. De acuerdo con ellas se presenta un giro en el rumbo de la estratificación entre los extremos del talud desde el Sector Noroccidental (N20-40W), hasta el Sector Suroriental (N10-30E), que solo se pueden explicar con la presencia de fracturas grandes o pequeñas fallas, que si bien no muestran desplazamientos apreciables de los estratos, si permiten su reacomodamiento a los esfuerzos. Como resultado de estos movimientos se presentan algunos niveles cizallados en arcillolitas , o triturados como es el observado en la parte baja del talud a la altura de la Calle 49A Sur con Carrera 11B.

La familia de diaclasas más notoria es la de buzamiento vertical a subvertical, que adicionalmente ha sido utilizada por el agua que percola y en consecuencia muestra paredes erodadas y pequeñas costras de oxido de hierro.

2.4.1 Estructuras en las Arcillolitas

La estratificación es poco notoria dando la impresión de ser gruesa y el fracturamiento es de frecuencia baja a muy baja y consiste de fracturas cerradas, irregulares, muy poco continuas o de fracturas rellenas por láminas de óxidos de hasta 2 mm de espesor; son subverticales y en menor proporción subhorizontales. Igualmente a nivel de afloramiento se observa una fisuración heredada que muestra la misma tendencia tanto subvertical como subhorizontal causada por la meteorización rápida que sufre esta formación al quedar expuesta.

El contacto con las areniscas superiores, observado en los afloramientos, es irregular, ondulado, tiene una dirección N10E/30SE a la altura de la columna 2, mientras que hacia el occidente varía hasta N35W/40NE (Ver cuadro de estructuras en este informe).

2.4.2 Estructuras en las Areniscas

Los datos de estratificación tomados muestran algunas variaciones en su actitud, además de cambios locales en el buzamiento originados por pequeños plegamientos; se puede generalizar la actitud de la estratificación de la siguiente forma: Hacia la parte oriental del talud es N25E/20SE, mientras que en la parte occidental es N30W/20NE. Los datos de diaclasamiento y fracturamiento por su parte, muestran un buzamiento subvertical claramente dominante, lo cual favorece el desprendimiento de bloques; la dirección principal es N80-90E, con buzamiento subvertical al SE, seguida por N70-80W también con buzamiento subvertical al SW; estas direcciones coinciden con las de los taludes, que conforman superficies de desprendimiento (Ver diagrama rosa).

Se infiere la presencia de una pequeña falla, cubierta por depósito de ladera, localizada sobre el talud a la altura de la perforación P-2, debido a que la actitud de la estratificación, además de la textura y estructura de la formación cambian bruscamente. Una zona de brecha aparentemente soldada se observa ligeramente al oriente de la columna 2, tiene un ancho promedio de 20 cm y una dirección N10W/85SW.

El Cuadro 1 se muestran los datos estructurales medidos sobre el talud y sus características principales.

2.5. AGUAS SUBTERRÁNEAS

El talud en estudio se en marca dentro de una amplia zona de explotación de materiales caracterizada por excavaciones con cortes profundos, que constituyen de por si depresiones del nivel freático, hacia donde fluye toda el agua infiltrada en la zona respectiva de recarga.

En el caso específico del talud de Playón- Playitas se establece un nivel superior de areniscas con buena permeabilidad secundaria basada en el fracturamiento y diaclasamiento y permeabilidad primaria media a baja, con espesor aflorante de 5 a 20 m que tiene buzamiento generalizado al NE-SE, sobre arcillolitas consolidadas de permeabilidad muy baja, que constituyen un acuicierre, lo cual

plantea una situación de flujo bien definida por dos vectores, por una parte en dirección del talud y por otra hacia el E-SE en dirección de la estratificación.

La topografía de la zona aferente al talud es suavemente inclinada estimándose que el área de recarga es del orden de tres hectáreas. Teniendo en cuenta el período seco por el cual se pasa en la actualidad, la alta permeabilidad de las areniscas que conforman el tope de la secuencia y la pequeña área de recarga, era de esperarse que no se encontraran manifestaciones de agua subterránea o subsuperficial, como de hecho sucedió en las perforaciones.

La presencia de láminas de óxidos de hierro en las superficies de algunas fracturas de las arcillolitas tanto subverticales como subhorizontales, y el color amarillento que presentaban algunas de las fracturas en los apiques sugiere la circulación de agua a través de estas discontinuidades.

En cuanto a las areniscas se presume que hubo en el pasado y puede haber circulación de aguas por cuanto hay costras de óxidos de hierro en las superficies de estratificación y de fracturamiento, además de oxidación y relleno de fracturas con materiales limosos recientes.

Sobre la parte Central y Noroccidental del talud se observaron sinembargo humedades relacionadas con fugas de los alcantarillados y afluencias incontroladas de casas no conectadas a los colectores, cuyas aguas servidas se infiltran y causan erosión en las paredes de las diaclasas y fracturas y desprendimientos en el borde del talud , situación que pudo ser comprobada en las excavaciones. Es claro que la infiltración de estas aguas ha contribuido además en buena parte a la inestabilidad del talud, lubricando zonas de debilidad de las arcillolitas y que cualquier solución se debe iniciar con el manejo adecuado de las aguas domésticas.

2.6. GEOLOGÍA APLICADA A LAS OBRAS

El talud se puede dividir para su estudio de acuerdo a sus características geológicas y a los procesos de inestabilidad en dos sectores. El primero de ellos comprende la parte Centro y Noroccidental, caracterizada por la presencia de arcillolitas inconfinadas de la Formación Bogotá que afloran en el talud por encima del nivel de la zona urbanizada (cota 2577) del Barrio Playón y en superficie, en la Carrera 11D. En este sector se conforman taludes de 30 -45°, donde se presentan acumulaciones de depósitos de ladera y deslizamientos con superficie de falla vertical en su parte alta, abombamiento en la pata y movimiento rotacional de la cuña. En este primer sector las areniscas presentan

caída de bloques individuales de roca generadas en el bien marcado diaclasamiento.

El segundo Sector se caracteriza principalmente porque está uniformemente compuesto por areniscas que conforman taludes verticales a subverticales, en donde se presentan solamente desprendimientos de bloques acausa del diaclasamiento tectónico y de descompresión, el cual origina bloques individuales de roca que se vuelven inestables por agua en las diaclasas y socavación en las arcillolitas.

El carácter impermeable de las arcillolitas propicia que se produzca una discontinuidad hidrogeológica a lo largo del contacto con las areniscas fracturadas, lo cual se podría interpretar como factor inductor por lo menos parcialmente, de algunos movimientos de masa detectados en la zona.

La gran dureza encontrada al excavar y perforar las arcillolitas, indica que es un material impermeable, bien consolidado y con buena capacidad portante; sin embargo, se meteorizan con mucha rapidez al quedar aflorando o inconfinadas, produciéndose una alta fisuración y fracturamiento, por lo cual se hace necesario evitar que entre en contacto con el agua para que no se alteren.

Las areniscas son friables, pero presentan una dureza muy alta al momento de la excavación, y se constituyen en un excelente material sobre el cual cimentar las estructuras. Sin embargo, presentan unas intercalaciones arcillosas que desmejoran su calidad y un diaclasamiento subvertical favorecido por la exposición de la roca, por el cual se percola el agua y propicia la caída de bloques, tal como se describió en el capítulo de Geomorfología.

La actividad del agua subterránea en el talud es poca, como se estableció en el capítulo anterior; se debe anotar sinembargo que la percolación de aguas servidas especialmente a lo largo del tiempo han contribuido al deterioro de los parámetros de resistencia al corte de las arcillolitas y por ende se constituye en factor de inestabilidad.

Es un material que puede trabajarse con cierta facilidad y permite cortes subverticales estables de varios metros de altura, siempre y cuando haya un buen manejo de aguas.Deben además protegerse de los agentes atmosféricos por cuanto las intercalaciones limoarcillosas se meteorizan y erosionan con relativa facilidad.

ANEXOS GEOLOGÍA
CUADRO Nº1
FIGURAS 1 a 7

CUADRO 1
DATOS ESTRUCTURALES EN EL TALUD DEL BARRIO PLAYON - PLAYITAS

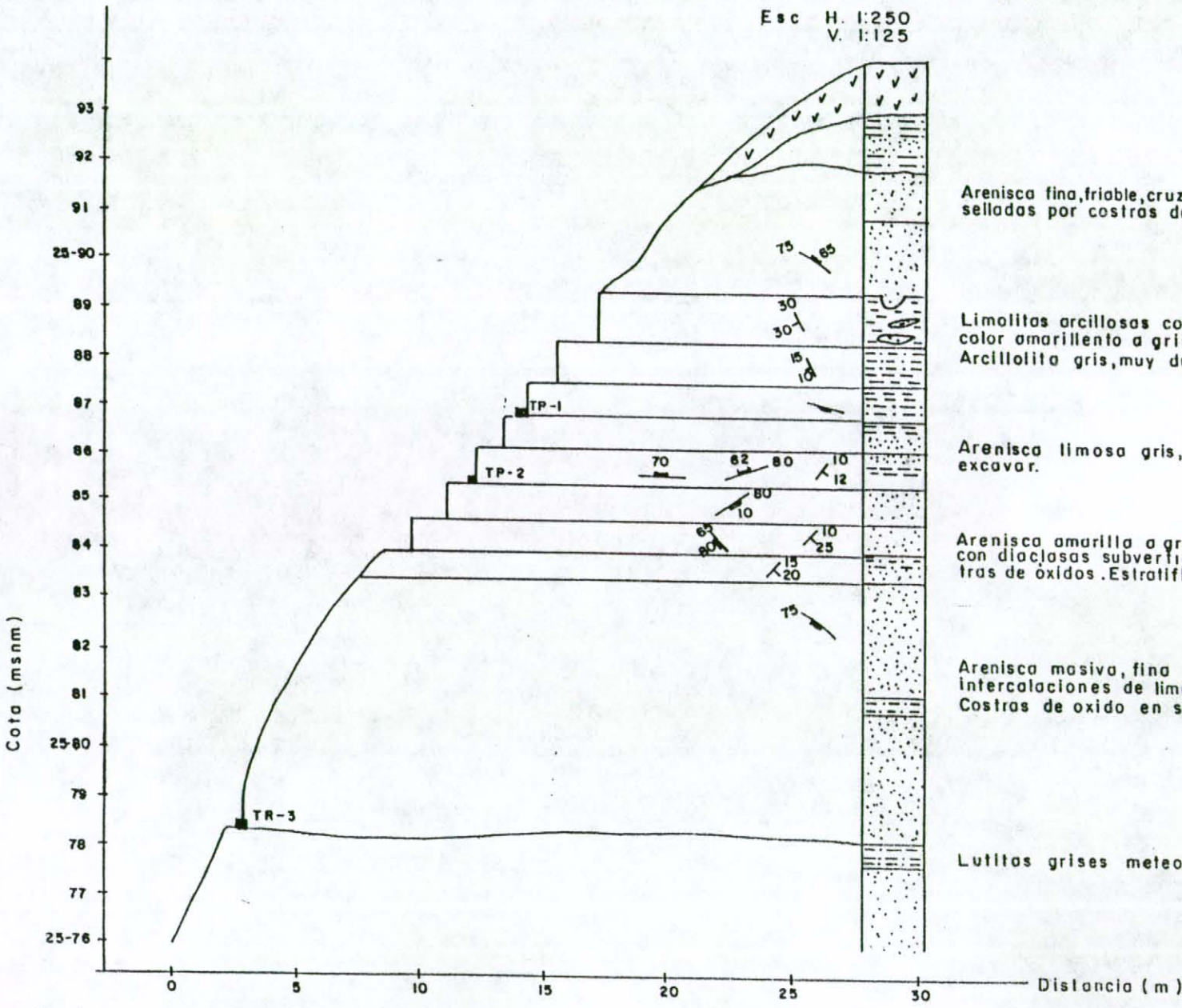
ESTRUCTURA	ZONA ENTRE COLUMNAS 1 Y 2	ZONA ENTRE COLUMNAS 2 Y 3	CARACTERISTICAS
ESTRATIFICACIÓN	N35W/40NE	N10E/30SE	Dirección de contacto
	N55W/55NE	N10W/55NE	Dirección de contacto
	N45W/40SW	N50E/20SE	Dirección de contacto
	N20W/60NE	N20E/10SE	
	N40W/38NE	N10E/25SE	
	N20W/25NE	N10E/22NW	Ligero plegamiento
	N30W/25NE	N35E/10SE	
	N30E/10SE	N20E/30SE	
	N40E/10SE	N15E/30SE	
	N10E/18SE	N25E/25SE	
	N10E/18SE	N35E/10SE	
	N30W/20NE	N30E/7SE	
	N35W/25NE	N10E/5NW	
	N15W/52NE		Aparentemente no está in situ
	N60W/45NE		Aparentemente no está in situ
		N45W/30SW	
		N15W/30SW	
		N15W/10SW	
		N10E/25SE	
		N15E/20SE	
		N60E/15SE	
		N10E/12SE	
DIACLASAMIENTO	N35W/32SW	N70E/Vertical	Rugosas, oxidadas, irregulares, poco continuas, abiertas hasta 1 cm o rellenas por una costras de óxidos de hierro; otras conforman superficie del talud y actúan como superficies de deslizamiento.
	N40W/45SW	N85E/35SE	
	N35W/65SW	N85E/vertical	
	N30E/47NW	E-W/70SW	
	N83E/70SE	N85E/85SE	
	N30E/Vertical	N30W/60SW	
	N15E/Vertical	N80W/vertical	
	N80E/65SE	N45E/75SE	Superficie deslizamiento
	N65E/80NW	N10W/85SW	
	N30E/37SE	N5W/35SW	
	N30E/35NW	N80W/vertical	
	N20W/60SW	N25W/70SW	
	N35W/65SW	N85E/65SE	
	E-W/ vertical		2 grietas abiertas hasta 10 cm
	N80E/82SE	N10W/80SW	
	N45W/vertical	N85W/25SW	
	N85E/88SE	N25W/80SW	Superficie deslizamiento
	E-W/85N	N85E/Vertical	

	N75W/78SW	N80W/62SW	
	N15W/75SW	N85E/Vertical	Superficie deslizamiento
	N80E/80SE	N75W/70SW	Superficie deslizamiento
	N80W/vertical	N10W/85SW	Superficie deslizamiento
	N80W/80SW	N80E/85SE	Superficie deslizamiento
	N45W/82SW	N85E/85SE	Superficie deslizamiento
	N5E/vertical	N70W/80NE	Superficie deslizamiento
		N30W/85NE	
		N80E/Vertical	
	N55W/85NE	N85E/80SE	
		N15W/Vertical	Abierta 2 cm, rellena con barro
		N80W/Vertical	
		N75E/75NW	Abierta 3 cm, rellena con barro
		N80E/85NW	
		N60E/80SE	Costras de óxidos de hierro de
		N15W/80SW	2 a 10 cm de espesor rellenan
		N85W/68SW	estas diaclasas.
		N75E/65SE	
		N85W/10SW	
		N80E/63NW	
		N80E/70SE	
		N65W/80SW	

FIGURA No. 1

TRINCHERA Nº 1

Esc H. 1:250
V. 1:125



Arenisca fina, friable, cruzada por diaclasas selladas por costras de oxido de hierro

Limolitas arcillosas con lentes de arcillolitas color amarillento a grisaceo, meteorizadas · Arcillolita gris, muy dura para partir.

Arenisca limosa gris, fina, friable, dura de excavar.

Arenisca amarilla a gris, fina, dura de excavar con diaclasas subverticales irregulares y costras de óxidos. Estratificación incipiente.

FORMACION REGADERA NIVEL SUPERIOR (Ter 1)

Arenisca masiva, fina friable, con pequeñas intercalaciones de limolitas y arcillolitas. Costras de oxido en superficie.

Lutitas grises meteorizadas

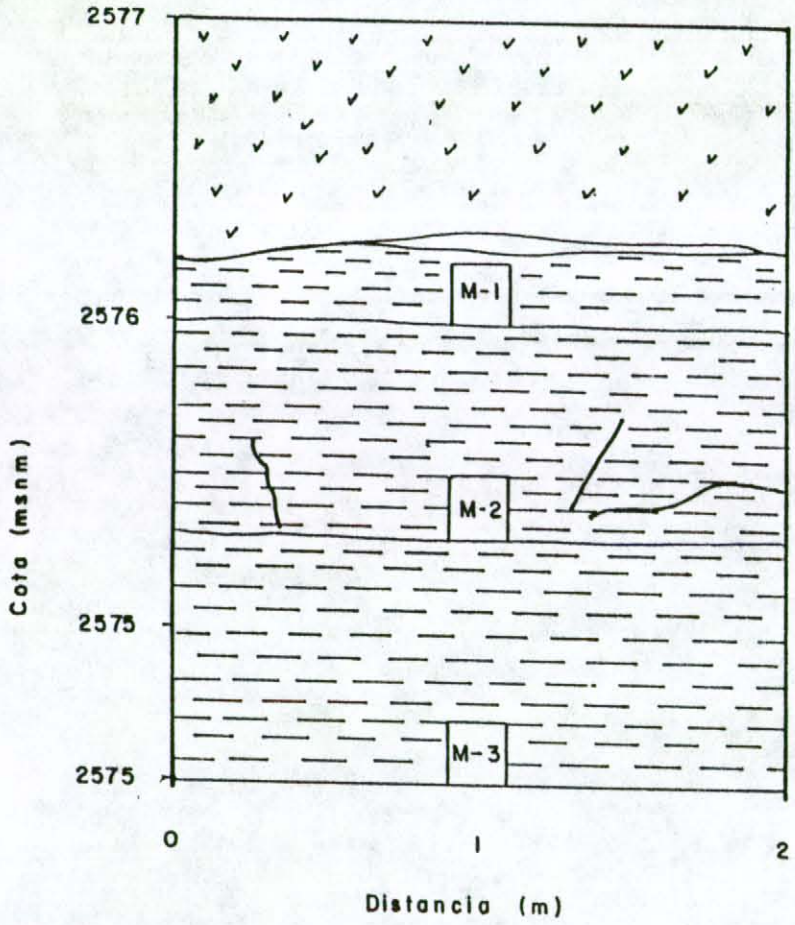
FORMACION REGADERA NIVEL INFERIOR (Ter 2)

00032

FIGURA No.2

APIQUE Nº 1

Esc. 1:25



Material de relleno principalmente arcillolitas moradas mezcladas con areniscas.

Arcillolita morada, grisácea, plástica algo humeda, muy dura de excavar, pero parte - relativamente fácil con la mano, deformandose.

Bloques de hasta 40 cm. lado mayor con estrias. Fracturas subverticales.

Superficies oxidadas de color amariliento. Muy dura de excavar.

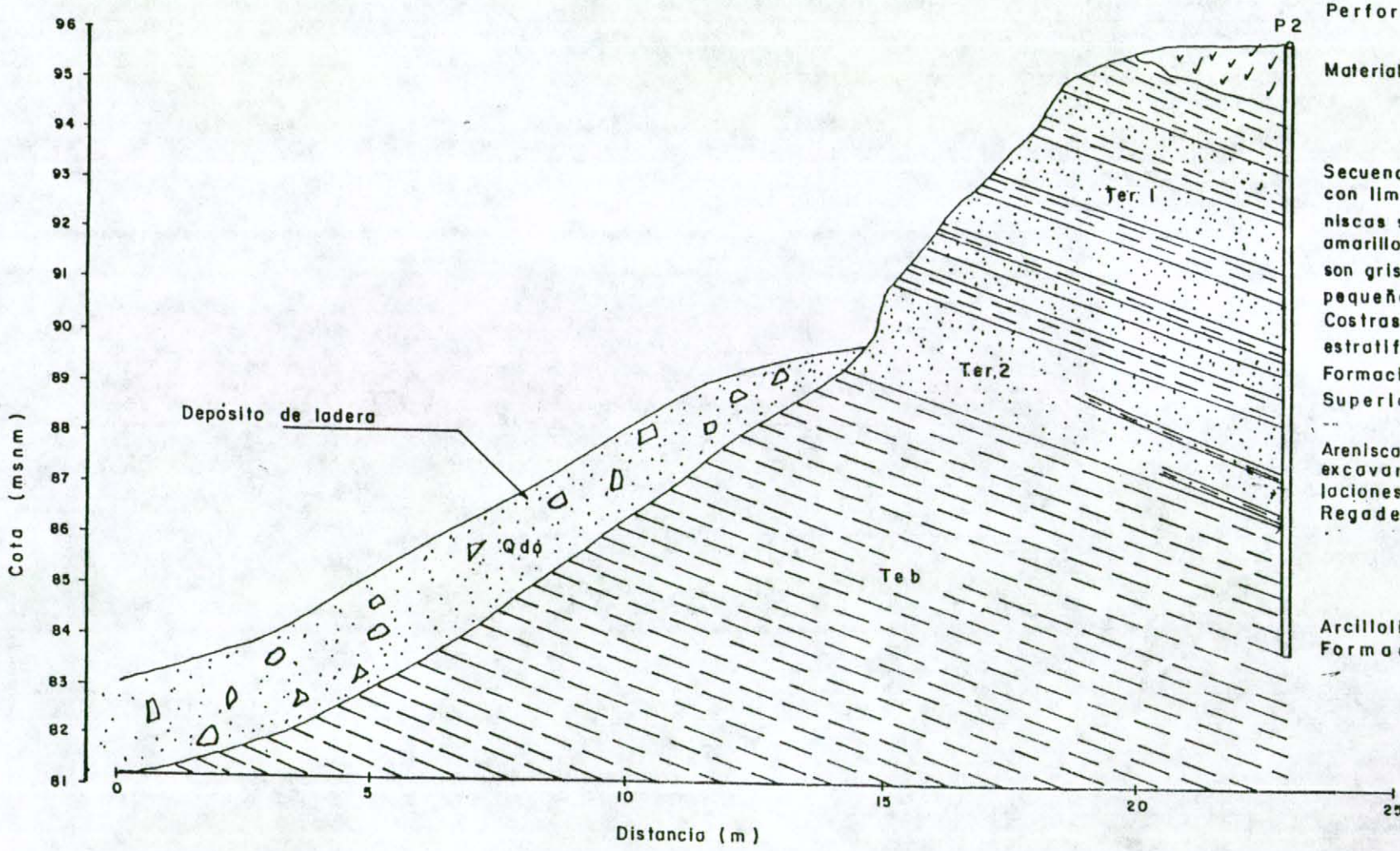
FORMACION BOGOTA
(Tab)

0000033

FIGURA No. 3

COLUMNA ESTRATIGRAFICA I

Esc 1:125



Performación

Material de relleno

Secuencias de areniscas intercaladas con limolitas y arcillolitas. Las areniscas son finas, friables, de color amarillo a grisáceo. Las arcillolitas son grises, se parten en fragmentos pequeños muy duros de partir. Costras de óxido en superficies de estratificación y diaclasamiento. Formación Regadera, Nivel Superior (Ter I).

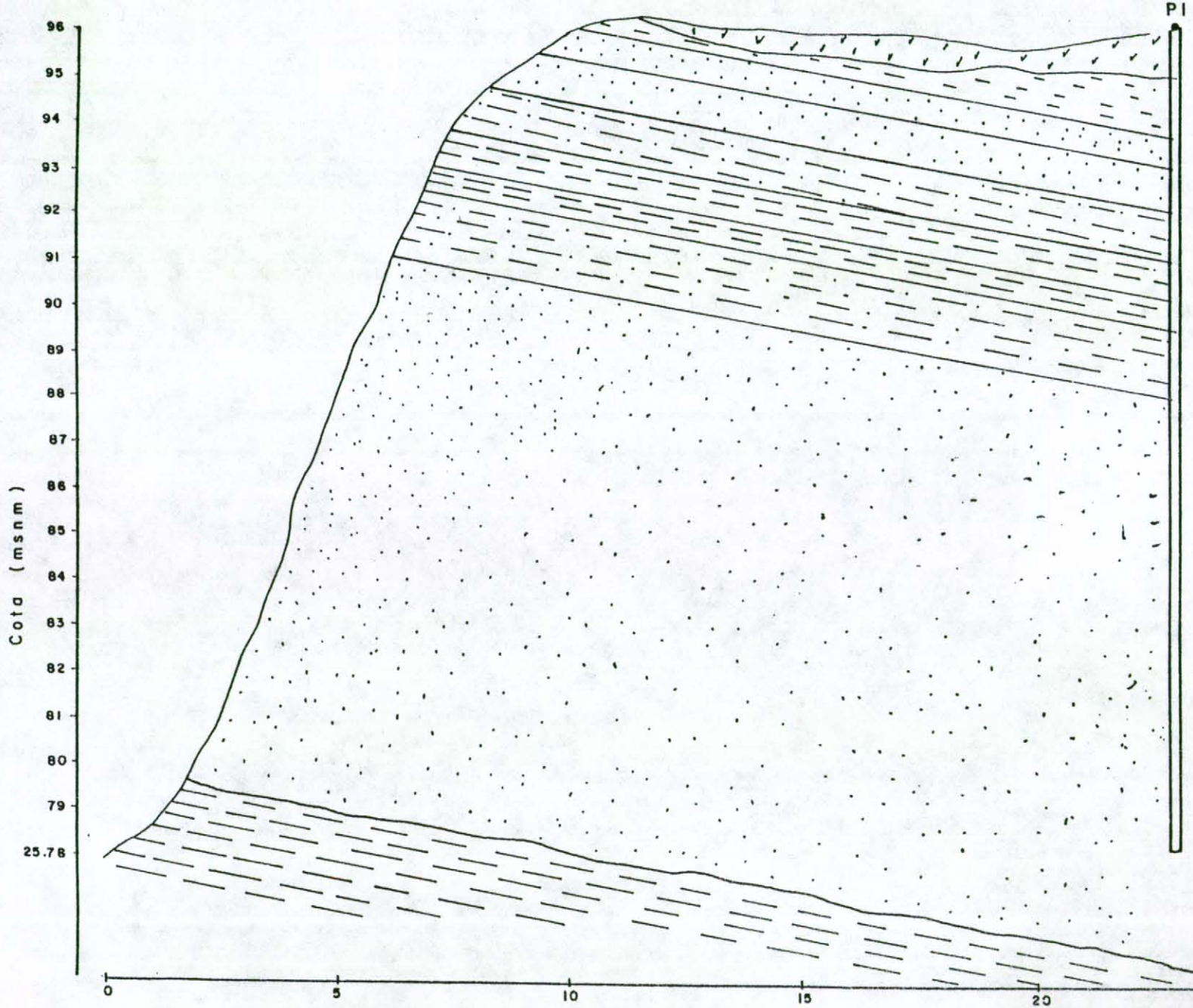
Areniscas finas, fiables, duras de excavar con pequeñas intercalaciones arcillosas. Formación - Regadera Nivel Inferior (Ter 2)

Arcillolitas moradas a grises Formación Bogotá (Teb)

0000034

COLUMNA ESTRATIGRAFICAS 2

Esc. 1:125



Perforación

Material de relleno

Intercalación de areniscas, limolitas y arcillolitas, color amarillo a grisáceo parcialmente meteorizados. Formación Regadera Nivel Superior. (Ter 1)

Areniscas finas friables, duras de excavar, color amarillo a grisáceo. Formación Regadera Nivel Inferior (Ter 2)

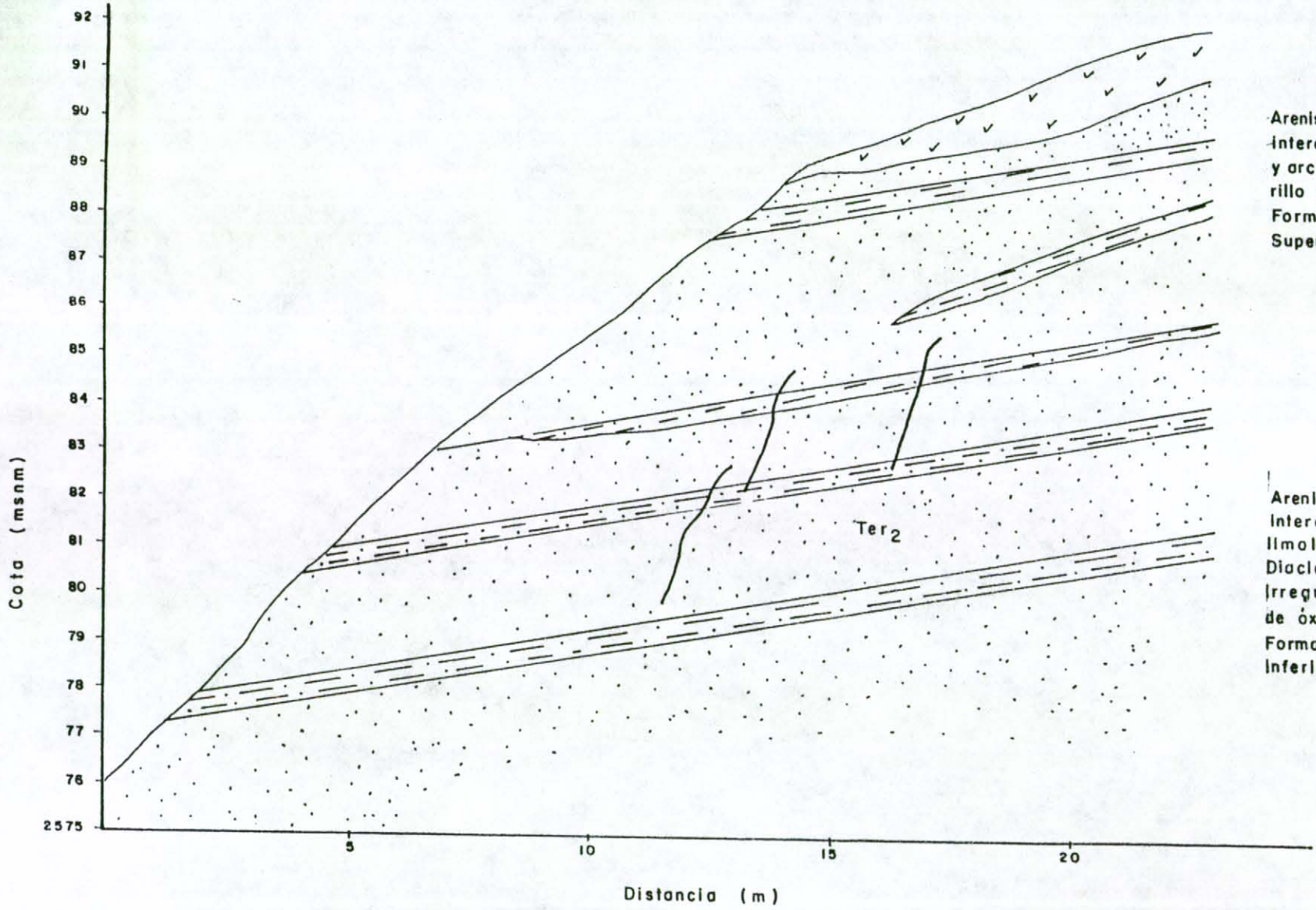
Arcillolitas moradas a grises, meteorizadas, superficialmente. Formación Bogotá(Teb)

000035

FIGURA No. 5

COLUMNA ESTRATIGRAFICA 3

Esc. 1:125



Areniscas finas friables con intercalaciones de limolitas y arcillolitas de color amarillo y grisáceo. Formación Regadera Nivel Superior (Ter_1)

Areniscas finas masivas con intercalaciones de lentes de limolitas y arcillolitas. Diaclasamiento subvertical irregular, relleno de costras de óxido de hierro. Formación Regadera Nivel inferior. (Ter_2)

0000036

FIGURA No.6

GEOCONSULTA LTDA.
GEOLOGOS E INGENIEROS CONSULTORES

Registro de Perforación # 1

Hoja # 1 de 2

Proyecto: PLAYON - PLAYITAS Dirección. Barrio San Carlos

Nivel de sondeo: Nivel freático:

Prof(m)	Nivel(m)	Descripción	Muestras #	Muestras Prof.	qu Kg/cm2	N Golpes	USC
0.0		Relleno de arcillas y residuos de obra.		0.40 0.85		7/6" 5/6" 5/6"	
1.0		Arcilla algo limosa amarilla de consistencia durísima, con lentes grises claros y arena fina.	1	1.20 1.65	>4.50	15/6" 30/6"	
2.0			2	2.60 3.05	>4.50	30/6" 30/6" 30/6"	
3.0							
4.0		Arcilla algo limosa gris clara de consistencia durísima, con lentes amarillos oscuros y vetas de gravas con arena fina.	3	4.60 5.05	>4.50	40/6" 50/6" 50/6"	
5.0							
6.0			4	6.00 6.45	>4.50	40/6" 50/6" 50/6"	
7.0							
8.0		Veta de arcilla morada.	5	8.20 8.29	Rh	70/6" 30/2"	
9.0		Arenisca carmelita clara muy densa, con lentes amarillos oscuros.		9.00 10.00	Nr	EX	
10.0							

Observaciones: _____

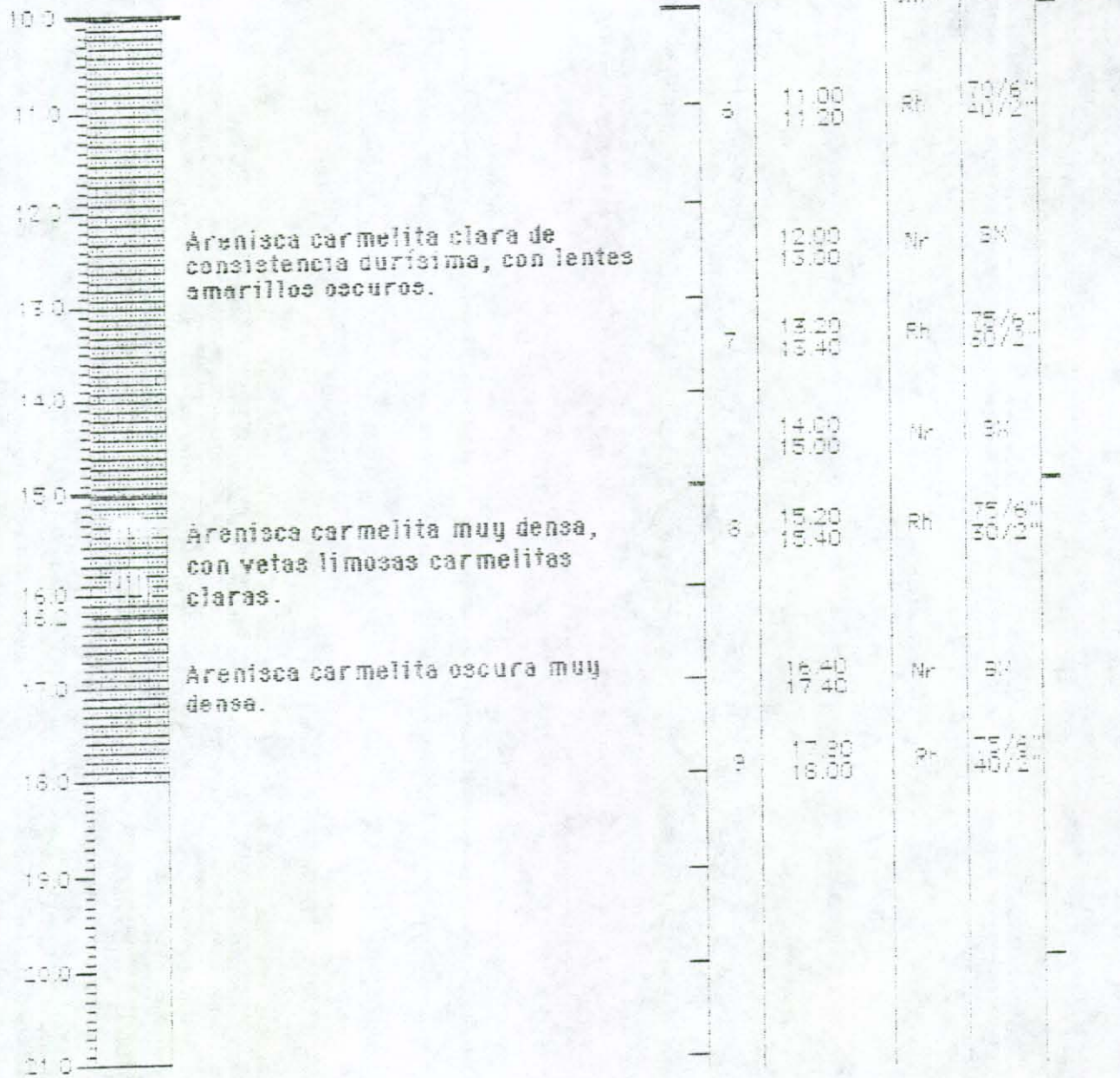
Rev: _____ Fecha: 10 / 1 / 87

GEOCONSULTA LTDA.
GEOLOGOS E INGENIEROS CONSULTORES

Registro de Perforación # 1
Hoja # 2 de 2

Proyecto: PLAYON - PLAYITAS Dirección: Barrio San Carlos

Nivel de sondeo: Nivel freático:



Observaciones:

Rev: Fecha:

FIGURA No. 7

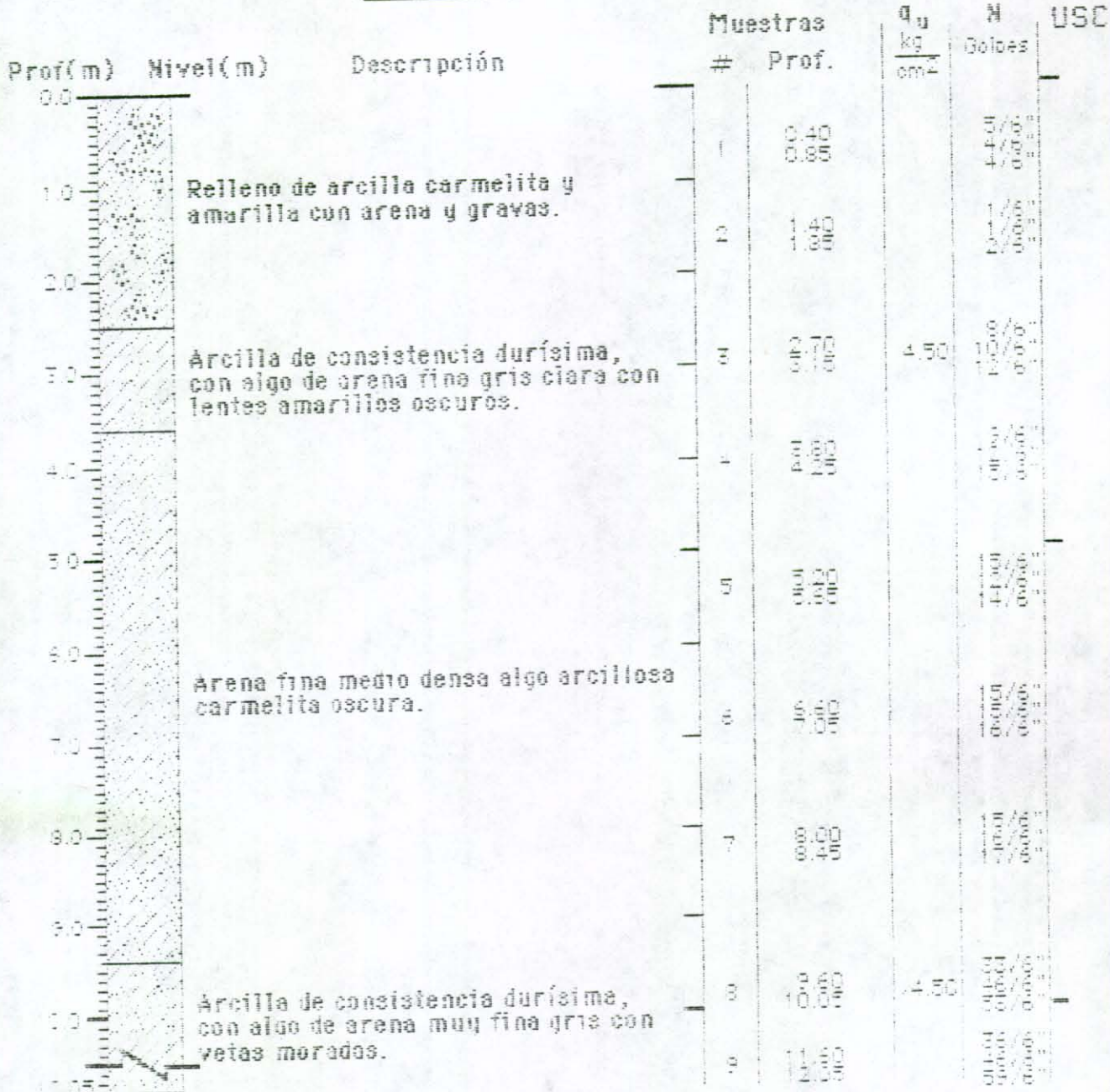
GEOCONSULTA LTDA.
GEOLOGOS E INGENIEROS CONSULTORES

Registro de Perforación # 2

Hoja # 1 de 1

Proyecto: PLAYON-PLAYITAS Dirección: Barrio San Carlos

Nivel de sondeo: Nivel freático: Seco



Observaciones: A 1.30 metros se perdió el retorno de agua.

Rev: Fecha: 16/11/97

3. REGIMEN DE AGUAS

3.1. ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.

El área en estudio se localiza en la parte baja de la subcuenca de la Quebrada Chiguaza. Su sistema de drenaje está determinado por la escorrentía superficial, producto de la lluvia, cuyo recorrido está definido por las características geomorfológicas de la zona, generando a su paso frentes erosivos y ablandamiento de la masa superficial del suelo.

3.1.1 Análisis Hidrológico

- PRECIPITACIÓN

Se muestran los registros totales mensuales de precipitación en la Estación La Picota manejada por la CAR. Dicha estación es una estación pluviométrica y es la más cercana a la zona en estudio encontrándose localizada en la subcuenca de la quebrada Chiguaza. Los registros indican una precipitación media multianual de 632 mm para el período comprendido de 1980 hasta 1990

El histograma presentado en la figura No 9 con los datos de lluvia mensual nos indica la característica general de la distribución anual de las lluvias mostrándose en forma bimodal con períodos lluviosos entre los meses de octubre a noviembre y marzo a junio y períodos secos entre los meses de diciembre y febrero y de julio a septiembre. La precipitación máxima mensual se presenta en el mes de octubre con un valor de la media de 86.4mm. Es necesario aclarar que en el año de 1997 y comienzos de 1998 no se ha regido por los registros históricos y los períodos de lluvias se han visto afectados por el llamado fenómeno de El Niño.

LLUVIA PROMEDIO

MES	LLUVIA MEDIA	%
ENE	22,1	3,50%
FEB	44,6	7,06%
MAR	53,3	8,43%
ABR	85,1	13,47%
MAY	79,7	12,61%
JUN	48,6	7.69%
JUL	37,5	5,93%
AGO	36,8	5,82%
SEP	39,3	6,22%
OCT	86,4	13,67%
NOV	63,9	10,11%
DIC	34,7	5,49%

- CAUDAL MÁXIMO

Para determinar el caudal máximo esperado se utiliza en el presente caso el método racional dadas las condiciones de área de drenaje pequeña(40313.24 m^2 = 4.03 Ha).
El método racional emplea la fórmula:

$Q = C * i * A$
Donde : Q = Caudal producido por un aguacero de intensidad y, uniformemente distribuido sobre el área de la cuenca A. El término C se denomina coeficiente de escorrentía y su valor numérico varía entre 0 y 1 dependiendo de las condiciones de permeabilidad de la zona a drenar según las características fisiográficas de la cuenca y de la cobertura del suelo. Para efectos del diseño se utiliza el coeficiente establecido el estudio realizado por INGEOMINAS para la misma zona, o sea, C = 0,50 que corresponde a una zona suburbana.

Para determinar la Intensidad de la lluvia se estableció el tiempo de concentración tc obteniéndolo de la figura No 1 del manual de ACODAL de la EAAB., entrando con el siguiente dato:

Pendiente del terreno en % = 16.0%

Se obtiene una velocidad de 1.7 m/seg para la cual el tc = 400m/1.7 = 235.29 segundos = 3.92 minutos. Para efectos de diseño se toma un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos.

Se emplea una frecuencia del aguacero para diseño de las obras de drenaje para una zona residencial de 20 años de acuerdo a la tabla No 2 de ACODAL.

De la figura No 5 de ACODAL obtenemos una intensidad i=1.15 *180lt/ha/seg. = 207 lt/ha/seg.

Por tanto:

Q = 0.5 * 207 lt/ha/seg * 4.03 Ha

Q = 417 Lt/seg = 0.417 m^3/seg.

3.1.2 Análisis Hidráulico

Para el caudal máximo esperado en una frecuencia de 20 años, se calculará la sección mínima para una cuneta trapezoidal interceptora de aguas lluvias dispuestas en la orilla de la vía y en las bases y coronas de los taludes.

- DISEÑO DE LA CUNETA

Para el cálculo de cuneta se preestablece una sección trapezoidal utilizando para su cálculo la formula de Manning:

$Q = 1/n * R^{0.667} * s^{0.5} * A$

Fórmula en la cual:
n = Coeficiente de rugosidad de Manning
A = Area en metros cuadrados
R = radio hidráulico en metros
s = pendiente en m/m
Q = caudal en metros cúbicos por segundo = 0.417

El n correspondiente a concreto es de 0.013

Realizando los cálculos correspondientes para una sección trapezoidal de máxima eficiencia con un talud 1:1 y con una pendiente aproximada de 4% obtenemos una base b = 0.20 , una altura de la lámina de agua H = 0.25 para el cual el borde libre es de 0.08.. Por consiguiente la sección trapezoidal en concreto simple será de altura 0.33m, base 0.20m y un ancho en la corona de 0.86m. Area mojada de 0.1125 m2 y Velocidad de 3.71m/seg

Dadas las condiciones físicas del sitio se hace muy difícil acomodar una cuneta de estas dimensiones razón por la que se recomienda realizar entregas parciales al sistema de alcantarillado disponible para disminuir el área de drenaje de las cunetas y por consiguiente su sección.

Si logramos disminuir las áreas de drenaje a una hectárea tendremos un Q = 0.103 m3/seg para el cual la sección se reducirá a una base b = 0.12m con una altura h = 0.20 y un ancho en la corona de 0.52m que resulta mucho mas fácil de acomodar en las condiciones planteadas de recuperación del talud.

Los cruces del alineamiento de las cunetas con las calzadas se realizarán en tubería debidamente reforzadas en concreto simple y a una profundidad que garantice la continuidad en la pendiente longitudinal. Para un caudal de 103lt/ seg y con una

pendiente del 8% se requiere según la formula de Manning un tubo de 8 pulgadas de diámetro, el cual compagina con el alcantarillado disponible en la zona, que se encuentra construido en 8".

En el punto de congruencia de las cunetas superiores, o sea por la calle 49 Sur con carrera 11B, se captarán las aguas para conducirlas por un alcantarillado pluvial, bordeando la parte superior del talud hasta empatar provisionalmente con el alcantarillado existente de 8".

El cálculo de éste alcantarillado se presenta a continuación:

Q de diseño = 0.417 m^3/seg.

Tramo	Cota Super.	Tern. Infer.	Longtud	Pendi. Tuber.	Cota Super.	Clave Infer.	Q	Q Disñ.
1 - 2	2599.80	2596.70	17.00	16%	2598.60	2595.88	12"	403.53
2 - 3	2596.70	2593.60	19.00	16%	2595.50	2592.46	12"	40.3.53
3 - 4	2593.60	2591.22	16.00	16%	2592.40	2589.84	12"	403.53
4 - Exist.					2587.34		8"	

Este alcantarillado pluvial proyectado en este sector estará en condición de conducir las aguas lluvias de toda el área de drenaje, pero por no existir alcantarillado pluvial disponible se entrega al pozo existente en la calle 50 Sur con carrera 11D del alcantarillado sanitario existente en 8", el cual indudablemente no tiene capacidad para conducir simultáneamente las aguas negras y las aguas lluvias y se rebosarán cuando circulen los caudales máximos. De este hecho radica la importancia de contemplar el diseño y la construcción de sistemas definitivos de alcantarillado sanitario y pluvial, pues hasta que este hecho no suceda el drenaje de la zona presentará deficiencias imposibles de subsanar con los alcances del presente estudio.

La cuneta de la corona del talud fue complementada con dos disipadores de energía para contrarestarle velocidad al agua y por consiguiente sus efectos nocivos.

Todo cambio de cuneta a tubería o viceversa se realizará construyendo un desarenador intermedio de las medidas indicadas en los planos.

Para la entrega de las cunetas de coronación y de la berma al sistema de alcantarillado se hace necesario el empleo de cámaras de caída de acuerdo a los modelos de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Santafé de Bogotá.

El filtro ubicado bajo el terraplén inferior del sector uno drenará a través de una tubería para filtro en PVC y se realizarán entregas parciales al sistema de alcantarillado existente. De igual manera las trincheras de drenaje se construirán con una pendiente en el fondo de 0,5% entregando a las cunetas dispuestas. Estos últimos diseños son complementarios a los diseños geotecnicos de protección y rehabilitación.

3.2 MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES

3.2.1 Aguas Negras

La zona dispone actualmente de alcantarillado sanitario construido por la comunidad o por los urbanizadores sin obedecer a un proyecto revisado y mucho menos aprobado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Existen domiciliarias que desaguan hacia el talud.

La Urbanización Playitas adelantó y obtuvo aprobación de un proyecto de Alcantarillado Sanitario que cubre únicamente el área de la urbanización y entrega al sistema existente en la Avenida Caracas. El pozo proyectado más cercano al sitio del problema se encuentra localizado aproximadamente a 300m. Dentro del manejo de aguas que se planteará mas adelante no se contempla diseño ni construcción de nuevos sistemas de alcantarillado sanitario salvo solicitud expresa del UPES.

3.2.2 Aguas Lluvias

La zona no dispone de un sistema de alcantarillado pluvial, las aguas fluyen superficialmente hacia cunetas de concreto en mal estado y en la mayoría de los casos más altas que la calzada debido a la erosión de la misma. Las cunetas se encuentran conectadas a los pozos de aguas negras existentes. La sección transversal de la vía se encuentra con caída hacia el talud y sin ningún tipo de recubrimiento o protección o sea en terreno natural.

La totalidad de las vías por donde circula el agua lluvia está sin pavimentar y dadas las altas pendientes se logra en un corto tiempo velocidades muy altas que ocasionan erosión y arrastre de material fino a las cunetas y conductos de aguas. La zona presenta un alto porcentaje de lotes vacíos.

Al igual que las aguas Negras existe proyecto aprobado en la EAAB que cubre la Urbanización Playitas y que será construido conjuntamente con el INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO en su plan de Accesos a Barrios el próximo año. El pozo

proyectado mas cercano de la zona en estudio se encuentra aproximadamente a 400m.

3.2.3 Soluciones Propuestas

- SOLUCIONES A LARGO PLAZO

Como solución a largo plazo se plantea la realización del diseño y la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial que contemple la zona en estudio y entregue al proyecto aprobado por la EAAB a la Urbanización Playitas. Este proyecto deberá ser realizado de acuerdo a los datos técnicos y especificaciones exigidas por la EAAB y será debidamente aprobado.

Como complemento a las soluciones geotécnicas propuestas, las cuales incluyen entre otras la recuperación de la banca derrumbada, se recomienda adelantar a la mayor brevedad la pavimentación de las vías en planes conjuntos que involucren a las diferentes entidades Distritales tales como el Instituto de Desarrollo Urbano , la Secretaría de Obras Públicas, la Alcaldía Menor de Rafael Uribe Uribe y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado De Bogotá . La pavimentación de las vías y la construcción de andenes garantiza un adecuado manejo de las aguas superficiales evitando al máximo la erosión y la filtración que son los agentes mas nocivos para la estabilidad de las obras de recuperación.

Se debe garantizar que antes de la pavimentación de la vías la zona tenga solucionado definitivamente todos sus sistemas de redes de servicios públicos(alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, acueducto, gas natural, teléfonos y energía) para evitar la demolición de los pavimentos.

Bajo los terraplenes diseñados existen parcialmente viviendas las cuales deben ser demolidas. De igual manera los servicios públicos existentes en estas zonas se deben suspender y reacondicionar en los sitios en donde sí pueden aprovecharse. Por ejemplo se construirán pozos de inspección iniciales, tapones y válvulas en las redes de acueducto, traslado de postes y redes de energía y teléfonos y adecuación de redes de gas.

- SOLUCIONES A MEDIANO PLAZO

Para acometer a la mayor brevedad posible y para evitar los efectos nocivos de las aguas superficiales sobre el talud en estudio se plantea:
- El diseño de cunetas revestidas que reciban las aguas superficiales e intercepten las provenientes de la parte alta del cerro. Este diseño deberá ser complementado

con un manejo de la sección transversal de la vía para garantizar su evacuación. Las cunetas existentes en mal estado o con sección insuficiente serán demolidas y reemplazadas por nuevas cunetas revestidas que cumplan con los requerimientos exigidos en el diseño.

- El alcantarillado sanitario deberá garantizar que no tenga filtraciones, razón por la cual se deberá realizar una inspección para realizar las reparaciones que sean necesarias para evitar filtraciones. De igual manera se reubicarán las acometidas que actualmente se dirigen hacia el talud conectándolas al sistema sanitario existente.
- Para evitar que se sigan conduciendo aguas negras al talud y para no dejar sin este servicio a las viviendas aledañas se diseñó un tramo de alcantarillado sanitario entre las viviendas y el talud, desde la calle 49Bis Sur, entregando al sistema existente en la calle 49 Sur, abajo de la transversal 11C.

- SOLUCIONES DE EJECUCIÓN INMEDIATA

Para efectos de evitar el rápido deterioro y minimizar los riesgos en el talud en proceso de derrumbamiento en la Barrio La Merced Sur se considera conveniente plantear una serie de obras menores y de construcción inmediata con el objeto de mitigar el efecto de las aguas superficiales sobre el deteriorado talud. Estas comprenden:

- Suspensión del tramo de alcantarillado que se encuentra el borde del talud, taponando los extremos de la tubería en mampostería, para evitar que se sigan infiltrando las aguas negras en el talud. Este hecho conlleva a reubicar las acometidas de aguas negras conectadas al tramo a suspender, empalmándolas al sistema de alcantarillado sanitario más próximo a las viviendas y actualmente en buen estado de servicio. De la misma manera se hace necesaria la construcción de un nuevo pozo de inspección con altura de 3m en el sitio más cercano al pozo existente conectando los dos sistemas en tubería de diámetro 8".

-Sellado de grietas. Se debe realizar un minucioso seguimiento a las grietas presentadas y se excavarán en una profundidad de 0.70 y en un ancho de 0.30 para posteriormente rellenar dichas zanjas con arcilla húmeda en capas de 10 cm debidamente apisonadas, de acuerdo a especificaciones anexas, en longitud aproximada de 60 metros. La arcilla podrá ser adquirida en el chircal más próximo solicitándola a la humedad requerida o en su defecto se seleccionará directamente del talud de tal manera que cumpla con las condiciones especificadas.

- Construcción de cuneta.Para garantizar un adecuado curso para las aguas lluvias y para evitar al máximo la infiltración se construirá una cuneta de sección rectangular de 0.40 x 0.15 interior y con paredes de 0.10 en concreto simple de 2500

PSI sobre un solado en recebo o concreto pobre. Esta cuneta se conectará en su ultimo tramo al pozo de alcantarillado en tubería de 8". Se estiman 65 m lineales.
Es necesario recalcar que éstas ultimas obras propuestas no constituyen una solución definitiva ni una solución a corto plazo, tan solo buscan disminuir la velocidad en el proceso ya iniciado de deterioro del talud y a su vez pretenden crear una barrera inicial al efecto del agua ante la presencia inminente de aguaceros en la zona.
NOTA: En desarrollo del presente estudio se iniciaron por parte de la alcaldía Local las obras de construcción inmediatas planteadas anteriormente, sin embargo la situación cambió radicalmente cuando el 25 de Diciembre de 1997 se inició un rápido desprendimiento del talud, lo cual motivó a realizar obras de emergencia y suprimir otras inicialmente planteadas.Dentro de las obras provisionales de emergencia se realizaron las siguientes:

- Como medida preventiva contra posibles lluvias se cubrió un área del talud de 800 m^2 con una geomenbrana.
- Para conducir las aguas negras de la carrera 11D y previniendo la falla del sistema actual, se construyó una manija en tubería NOVAFOR de 8" desde la calle 50 Sur hasta la diagonal 49 Sur, con sus respectivos pozos y acometidas. Para este efecto se contó con la colaboración de la E.A.A.B.
- Se construyó parcialmente la cuneta del costado Sur de la carrera 11B.
- Se suspendió el funcionamiento del alcantarillado sanitario existente en la carrera 11B y carrera 11D, entre la calle 50 Sur y diagonal 49 Sur.

3.3 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Con base al plano anexo se determinaron las cantidades de obra a realizar de manera inmediata y se establecieron los precios unitarios teniendo en cuenta la ubicación y magnitud de las obras. Estas se presentan en el cuadro N°6.

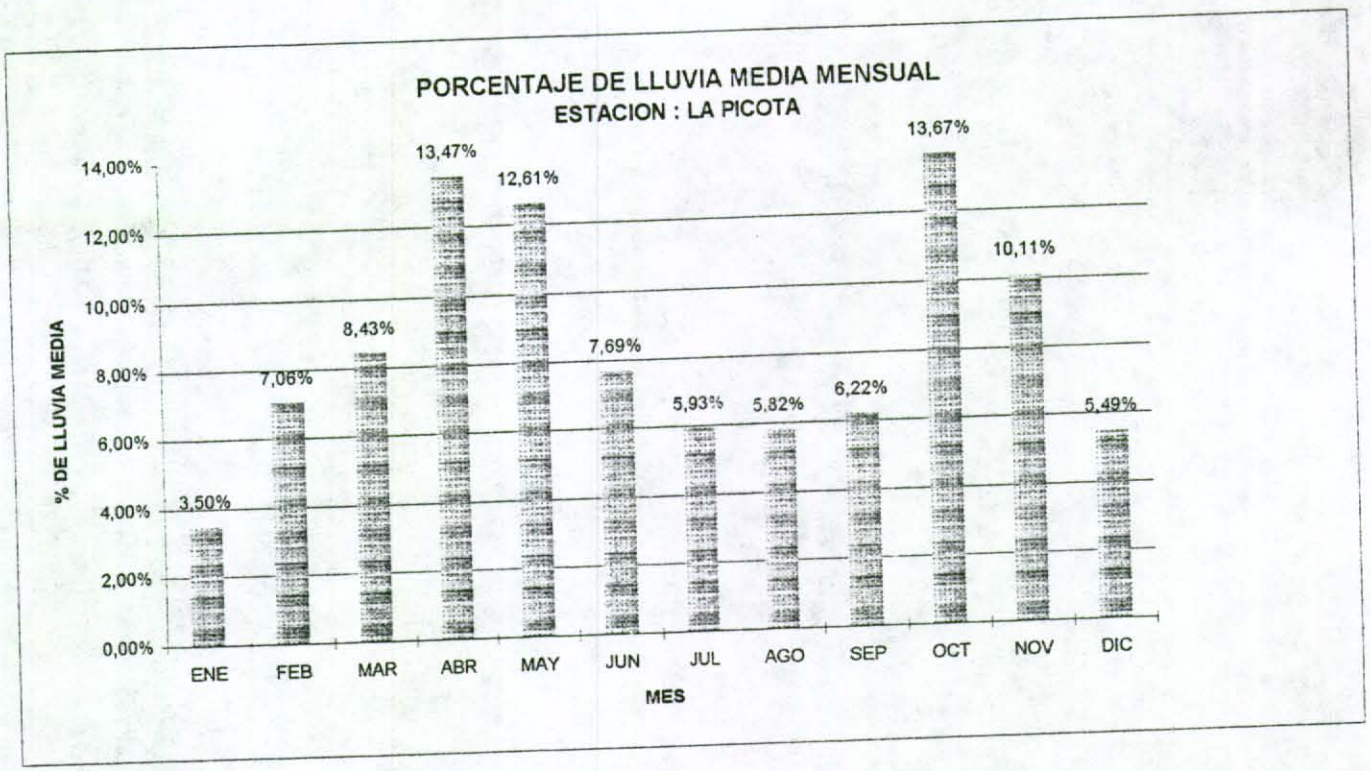
Para las obras recomendadas a mediano plazo se presentan en el cuadro No. 8 las cantidades de obra requeridas con el estimativo de precio unitario para obtener un presupuesto de las obras a precios de la fecha en el mercado de la construcción.

Es necesario aclarar que éstas obras no son de por sí la solución al manejo de las aguas superficiales ya que los sistemas disponibles de alcantarillado no son de capacidad suficiente para albergar el caudal en la frecuencia de diseño. Por esta razón se insiste en que se contemple así sea largo plazo el diseño y la construcción de sistemas definitivos de alcantarillado pluvial y sanitario.

000049

ANEXOS HIDRÁULICA
FIGURAS 8 - 9
TABLA Nº 1 - 2
DIAGRAMAS 1 - 2

FIGURA Nº 8


PORCENTAJE DE LLUVIA MEDIA MENSUAL
ESTACION : LA PICOTA
% DE LLUVIA MEDIA
14,00%
12,00%
10,00%
8,00%
6,00%
4,00%
2,00%
0,00%
3,50%
7,06%
8,43%
13,47%
12,61%
7,69%
5,93%
5,82%
6,22%
13,67%
10,11%
5,49%
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC
MES

MES	LLUVIA MEDIA	%
ENE	22,1	3,50%
FEB	44,6	7,06%
MAR	53,3	8,43%
ABR	85,1	13,47%
MAY	79,7	12,61%
JUN	48,6	7,69%
JUL	37,5	5,93%
AGO	36,8	5,82%
SEP	39,3	6,22%
OCT	86,4	13,67%
NOV	63,9	10,11%
DIC	34,7	5,49%

FIGURA Nº 9

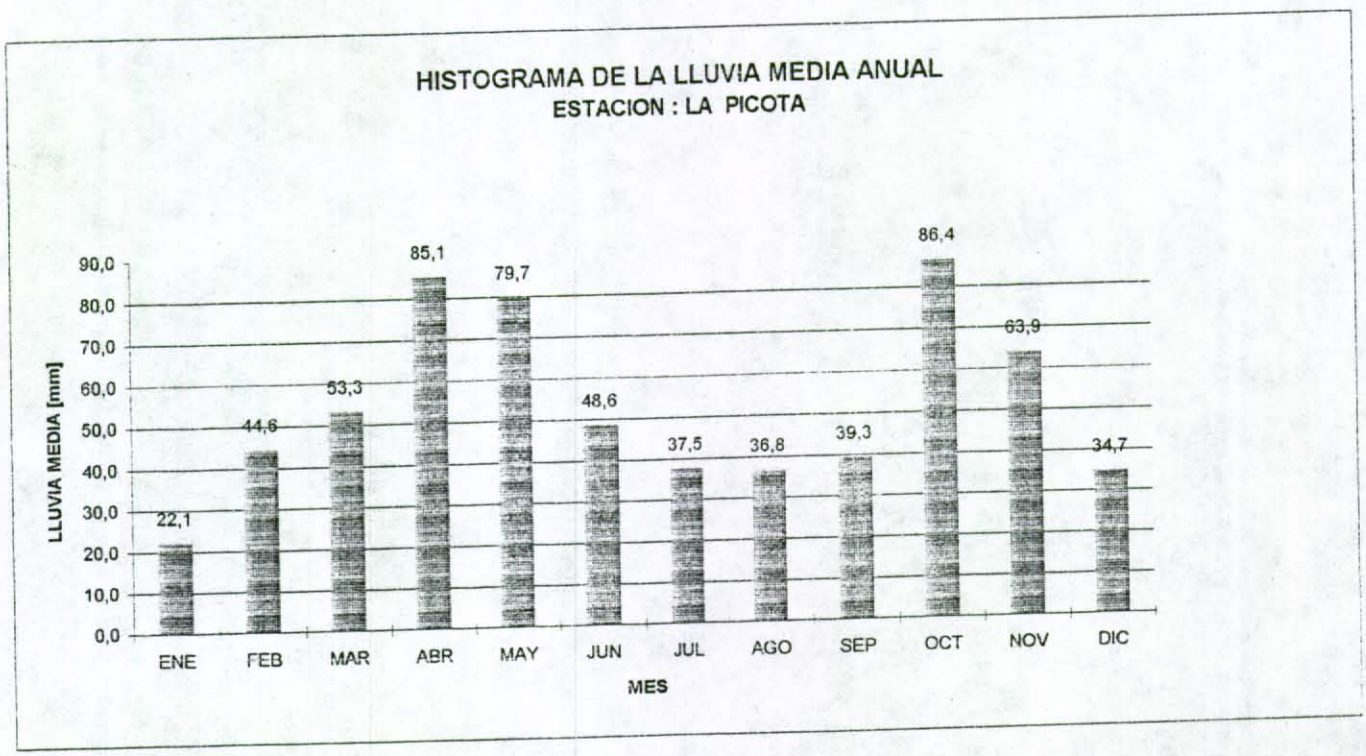


TABLA Nº 1

REGISTRO HISTORICO DE PRECIPITACION MENSUAL
ESTACION LA PICOTA C.A.R.
P (mm)

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1980	7,1	64,7	6,4	59,3	47,9	83,3	21,5	56,4	56,4	52,1	66,1	62,1	583,3
1981	2,2	9,1	46,5	101,5	131,0	55,0	14,4	38,4	47,3	84,1	104,4	47,9	681,8
1982	62,6	44,7	55,9	154,1	32,2	21,0	34,3	29,6	20,9	81,6	59,7	19,2	615,8
1983	1,2	46,2	88,8	143,7	65,3	16,3	41,8	30,8	27,3	70,2	45,8	37,0	614,4
1984	69,0	77,2	53,2	60,0	76,6	94,0	31,7	65,6	45,3	54,6	90,4	16,2	733,8
1985	29,5	2,7	36,8	29,1	106,7	31,4	43,0	37,9	64,5	101,0	47,8	48,8	579,2
1986	9,5	76,9	49,9	87,4	94,0	80,3	62,6	25,2	52,4	178,8	107,3	11,2	835,5
1987	22,2	28,8	27,7	127,0	132,1	19,8	64,1	38,7	34,5	127,1	40,1	23,1	685,2
1988	21,2	35,9	28,1	88,3	27,2	49,1	42,3	20,0	0,2	5,7	33,6	3,9	355,5
1989	0,7	61,1	118,9	14,4	91,6	52,6	30,7	16,3	56,0	72,6	66,4	40,6	621,9
1990	17,9	42,8	74,2	70,8	72,1	32,2	26,6	46,2	27,3	122,3	41,8	72,0	646,2
PROMEDIO	22,1	44,6	53,3	85,1	79,7	48,6	37,5	36,8	39,3	86,4	63,9	34,7	632,1

000052

TABLA No. 2

FRECUENCIA DE LOS AGUACEROS PARA DISEÑO DE LOS CONDUCTOS SEGUN LA CLASE DE ZONA A DESAGUAR

	FRECUENCIA EN AÑOS			
	Tubería o Conductos Cerrados	CANAL TIPO A — Sección Útil	CANAL TIPO B — Sec. Revestida	Sección Total Útil
I — Conductos para Aguas Lluvias que no requieran Cloración o para Mezcla de Aguas Negras y Lluvias que hayan sido Cloradas.				
a) Localizados en zonas residenciales de escaso valor.		10	3	10
b) Localizados en zonas multifamiliares; en zonas residenciales de alto valor; y en zonas de valor mediano: residenciales, comerciales e industriales.		20	5	20
c) Localizados en las principales zonas administrativas o en zonas de alto valor comercial e industrial.	10	40	5	40
d) Que sirvan Areas Tributarias de aproximadamente 1.000 hectáreas o más.		20	5	20
e) Acequias interceptoras de lluvias.		40	10	40
f) Vertederos de acequias o canales abiertos cuyo eje sea normal a la pendiente del terreno.		100	10	100
II — Conductos para Mezcla de Aguas Negras y Lluvias sin Clorar				
a) Localizados en zonas residenciales de escaso valor.	5	10	2	10
b) Localizados en zonas multifamiliares; en zonas res. de alto valor y en zonas de valor mediano: residenciales, comerciales e industriales.	10	20	5	20
c) Localizados en las principales zonas Admin. o en zonas de alto v/r. comerc. e indus.	20	40	5	40
d) Que sirvan áreas tribut. de aprox. 1.000 has. o más.		100	10	100

NOTA: Todos los canales abiertos para mezcla de aguas negras lluvias que estén localizados aguas arriba de las estaciones cloradoras propuestas, se deben diseñar para ser cubiertas en el futuro.

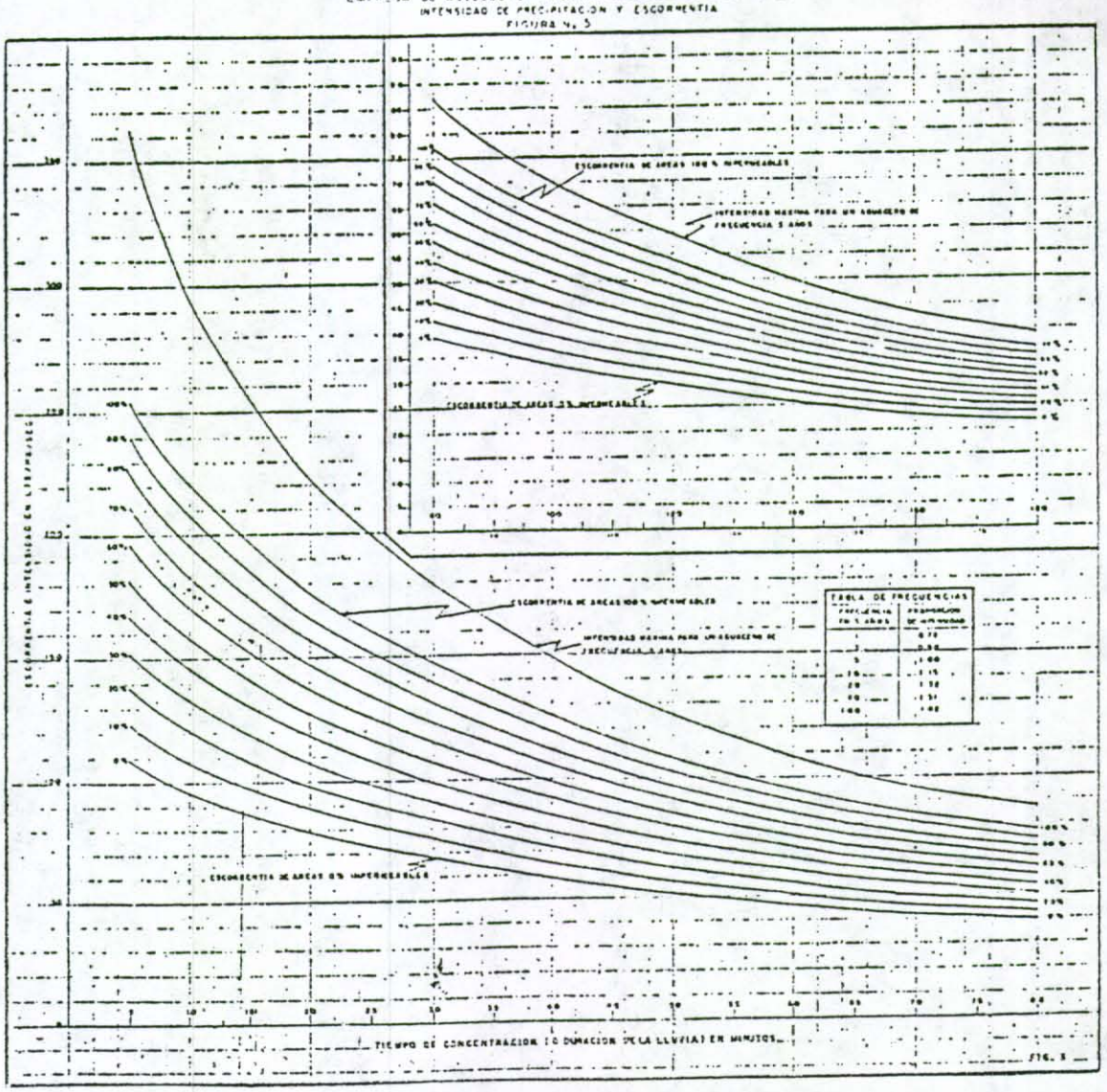


Diagrama 1: Intensidad de presipitación y escorrentía

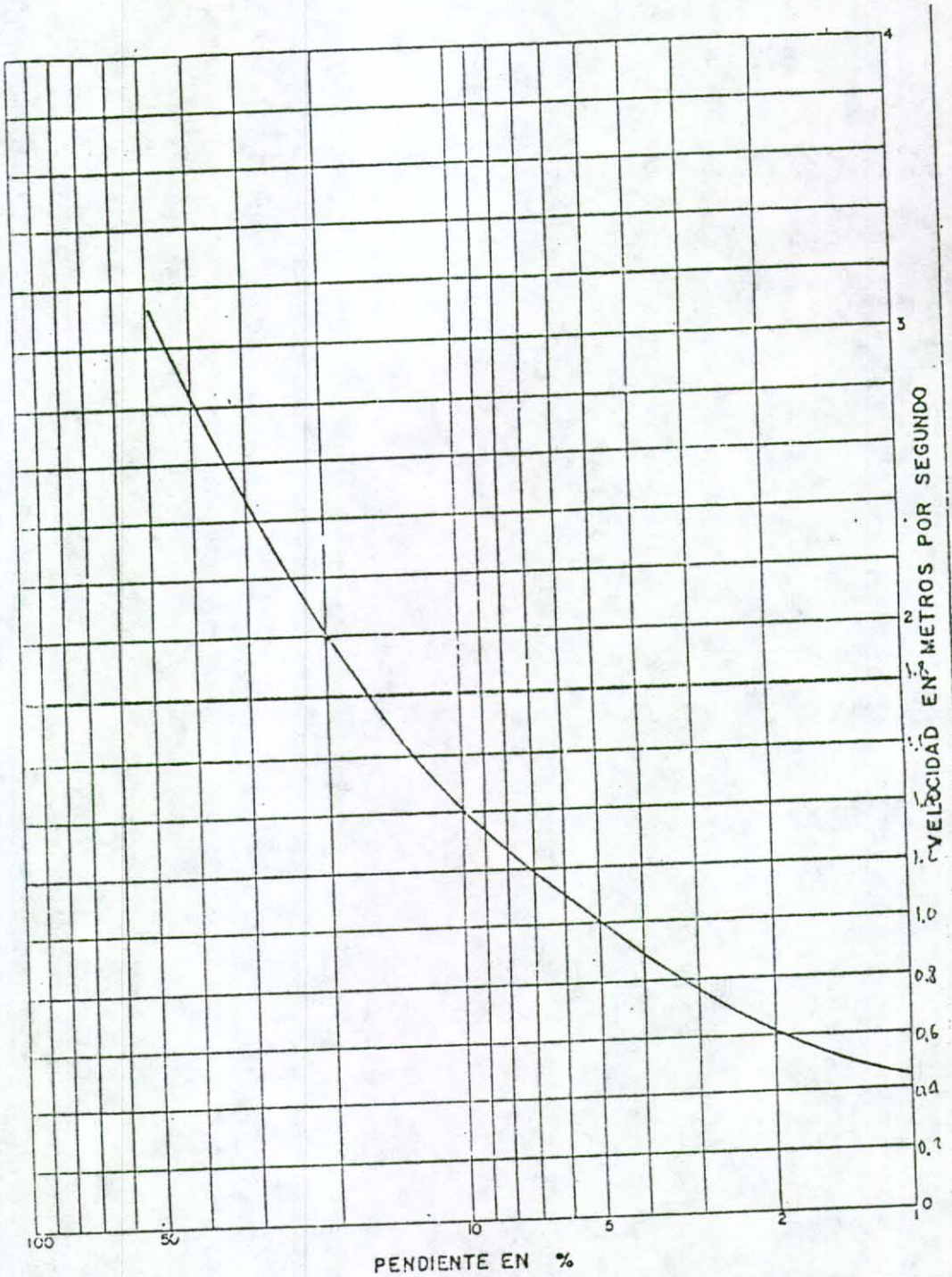


Diagrama 2 VELOCIDAD DE LOS FLUJOS DE CRECIENTE EN LAS CORRIENTES DE LAS MONTAÑAS

4. GEOTECNIA

4.1 INTRODUCCION

Los estudios contratados originalmente tenían carácter preventivo y debían realizarse sobre un talud que si bien se había desplomado en varias ocasiones con anterioridad, al momento se encontraba en una situación relativamente estable. Por otra parte en los estudios previos solo se mencionaba la presencia de un nivel de areniscas de la Formación Regadera que mostraba inestabilidad por desprendimiento de bloques.El enfoque del estudio en consecuencencia se orientó a establecer las causas de la inestabilidad y a la selección de las alternativas más adecuadas de estabilización desde el punto de vista geotécnico, urbanístico y económico.

El desarrollo de los estudios geotécnicos del talud sinembargo, se vio alterado por la ocurrencia de una emergencia provocada por un deslizamiento de grandes proporciones que afectó la vía de acceso y varias viviendas tanto en la corona como en la base del talud y que obligó a diseñar y construir obras de estabilización inmediatas y a enfocar los estudios y diseños con una óptica ya no de prevención sino de recuperación.

El deslizamiento ocurrió cuando ya se había establecido una sectorización por zonas homogéneas, diferenciando tres sectores de Noroccidente a Suroriente:

- Sector 1: Con taludes más bajos al inicio de la vía de acceso por la carrera 11D. Se planteó su estabilización con la construcción de un terraplén confinado por un Muro de Tierra Armada.
- Sector 2: Localizado en la zona centro-norte; antes de la emergencia se planteaba la necesidad de ejecutar estudios geotécnicos complementarios, que permitieran llegar a una solución viable económicamente.
- Sector 3: Ocupa la zona centro-sur y comprende el área compuesta por areniscas con inestabilidad por desprendimiento de bloques. Su estabilización se diseñó por medio de una pantalla de concreto neumático, complementado por drenes y tratamientos locales.

Las prioridades originales se enfocaron a :

*Recuperar la vía de acceso (carrera 11A), en la cual únicamente se presentaba un deslizamiento superficial asociado a la capa superior de roca meteorizada (2.0 m 3.0 m de espesor).

*Estabilizar el talud oriental del barrio (calle 49 Sur hasta carrera 11A)conformadopor escarpes verticales en arenisca, con caída individual de

bloques de roca. Para este sector la solución propuesta desde un principio se ha mantenido sin modificación y se presenta en las planchas N° 4 a N° 13.

Ya para la vía la situación cambio totalmente en el proceso y se dio lugar a diferentes modificaciones.

El muro de tierra armada planteado para recuperar la vía, exigió la realización de exploración geotécnica así:

- Utilizar las areniscas excavadas en el talud oriental como material de relleno compactado en el muro de tierra armada. Los primeros cálculos aproximados indicaron que el muro de tierra armada solo podría construirse hasta la cota 2593.

- Analizar las condiciones de cimentación para este muro, cuyo apoyo estaba previsto en arcillolita sana; dicha arcillolita se estudió entonces únicamente con exploración superficial, para efectos de análisis de la cimentación.

- Cuando se tuvo ya avanzada la obtención de información geológica, geotécnica y topográfica, se identificó un mecanismo de falla muy diferente a los ya conocidos (caída de bloques, caída superficial), asociado a las arcillolitas, el cual causó un deslizamiento mucho más profundo hacia arriba de la calle 49 Bis Sur y dejó una casa sin apoyo.Este hecho obligó a replantear la estabilidad de los taludes en la carrera 11D y el muro de tierra armada fue entonces eliminado.

- Poco tiempo después se inició un proceso de deslizamiento activo en la carrera 11D, descrito en detalle más adelante en este capítulo.

Con base en la información escasa disponible sobre las arcillolitas, se analizaron posibles mecanismos de falla para elaborar soluciones de estabilización.

Finalmente los Sectores 1 y 2 se unificaron para producir el diseño de un solo terraplén y se unificaron bajo la denominación Sector 1. El Sector 3 quedó invariable en su extensión y en su diseño, pero se denominó Sector 2

- Tal como se explica posteriormente, los trabajos de análisis y diseños incluyeron:

  - Prediseño de un terraplén de estabilización, el cual se indica en el anexo N°2.
  - Prediseños de un terraplén de emergencia.
  - Diseño final del terraplén definitivos, ilustrado en las planchas N° 8 a N° 10.

4.2 TRABAJOS DE EXPLORACIÓN DE CAMPO

Con el fin de investigar las condiciones geotécnicas vigentes en el sitio de proyecto se llevaron a cabo las siguientes actividades de campo:

- Dos perforaciones con taladro mecánico, hasta profundidades de 18 mts y 12 mts respectivamente.
- Una trinchera exploratoria, con una longitud de 18m, excavada superficialmente a profundidades del orden de 40 cm a 50 cm.
- Un apique a la profundidad de 2.5 mt.

El capitulo 2 (Informe de Geología) incluye el registro estratigráfico de estas exploraciones, cuya localización se indica también en este mismo capitulo (Plancha No. 2).

La descripción de cada trabajo exploración es la siguiente:

- Sondeo No. 1: Con una profundidad de 18 m, tuvo como objetivo principal el estudio completo de toda la secuencia de areniscas que se observa aflorando en el talud oriental del barrio.
- Sondeo No. 2: Con una profundidad de 12 m, tuvo como objetivo el estudio de las condiciones geotécnicas en la vía principal de acceso al barrio, y se profundizó además hasta los 12 mt, con el fin de localizar el contacto entre las areniscas de la formación regadera (Ter) y las arcillolitas de la formación Bogotá (Teb).
- Trinchera No. 1: Fue excavada exclusivamente en areniscas (Ter) y sus objetivos fueron recuperar muestras inalteradas para ensayos de laboratorio y registrar los rendimientos logrados mediante excavación manual, con el fin de analizar la excavabilidad de estas rocas; con este propósito se cronometraron entonces los tiempos de ejecución de la trinchera.
- Apique No. 1: Se excavó exclusivamente en arcillolitas (Teb), con el propósito de Investigar el perfil de meteorización de estas rocas y obtener muestras inalteradas para ensayos de laboratorio.

4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO (VER ANEXO Nº 1)

4.3.1 Tipos de ensayos realizados en las arcillolitas

Con las muestras obtenidas en el sondeo No. 2 y apique No. 1 se llevaron a cabo los siguientes ensayos:

-Ensayos básicos de clasificación tales como humedad natural y límites de Atterberg.

-Ensayos de compresión incofinada para determinación de la resistencia al corte.

-Ensayos relacionados con el mecanismo de falla profundo en estas rocas, los cuales fueron : hidrómetro, consolidación y corte directo.

El numero total de ensayos fue el siguiente:

Tipo de Ensayo	Cantidad
Humedad Natural	4
Límites de Atterberg	4
Compresión Incofinada	4
Hidrómetro	1
Consolidación Lenta	1
Corte directo pic.	1
Corte directo residual	1

4.3.2. Ensayos en las Areniscas

Con las muestras obtenidas en las dos perforaciones y en la trinchera No. 1, se ejecutaron ensayos encaminados a los siguientes propósitos:

-Estudiar la excavabilidad de estas rocas, mediante ensayos de compresión incofinada.
-Estudiar estas areniscas como fuente de material de construcción, mediante ensayos de granulometría, límites de Atterberg, compactación y corte directo.

El total de ensayos fue el siguiente :

Tipo de Ensayo	Cantidad
Humedad Natural	4
Límites de Atterberg	2
Granulometría	7
Compactación	1
Corte Directo	1

4.3.3. Capa Superior de Intercalaciones

La secuencia superior de la formación regadera está conformada por intercalaciones de areniscas, limolitas y arcillolitas. Esta secuencia superior fue recuperada en las dos perforaciones y con las correspondientes muestras se llevaron a cabo los siguientes ensayos:

Tipo de Ensayo	Cantidad
Humedad Natural	3
Límites de Atterberg	3
Compresión Incofinada	2

4.3.4 Propiedades de las Arcillolitas

Con base en los ensayos de laboratorio ya mencionados, se obtuvieron las siguientes propiedades:

- Humedad Natural: Presenta valores inferiores al límite plástico, indicando así un material preconsolidado, comportamiento que es típico en esta clase de rocas.
- Límites de Atterberg: Presentan un valor de límite entre 46% y 52%, clasificando como materiales del tipo CL a CH; esta condición es característica de todas las arcillolitas de la formación Bogotá en la Capital de la República.
- Grado de Saturación: En el apique No. 1 este parámetro está entre 64% y 85%, confirmando la ausencia de nivel frèatico regional en el sector. Ya en el sondeo No. 2 el grado de saturación sube a 97%, lo cual podría indicar cercanía del nivel fréatico.
- Relación de Vacíos: En el apique No. 1 se obtuvieron valores de 0.28 a 0.38, supremamente bajos, lo cual confirma la presencia de roca en estado casi totalmente sano, con poca meteorización; esta apreciación coincide con el tamaño grande (20 cm - 40 cm) de bloques de roca encontrada en este apique. En el sondeo No. 2 el valor sube un poco, hasta 0.53, lo cual evidencia mayor meteorización.
- Resistencia a Compresión Incofinada: Para el apíque No. 1 se obtienen valores típicos de roca sana a partir de 1.5 mt de profundidad. En el sondeo No. 2 los valores corresponden a roca medianamente meteorizada.

Todas las propiedades obtenidas indican entonces un comportamiento usual de arcillolitas de la formación Bogotá en la ciudad, con un perfil de meteorización de poca profundidad como es lo característico en la ciudad, y presencia de roca sana en profundidad.

Adicionalmente se obtuvo también la siguiente información:

- Ensayo de hidrómetro: La fracción arcillosa (dos micras) es del orden del 50%.
- Consolidación Lenta con Descarga: La curva de descarga presenta una pendiente supremamente baja (Cr=0.09) indicando un material con enlaces diagenéticos fuertes.

- Corte directo: En condiciones UU se obtiene.

	Pico	Residual
C Kg/cm2	2.0	0.7
O	5°	2°

Los parámetros residuales son casi tres veces inferiores a los de condición pico.
La cohesión pico es típica de una roca limo-arcillosa con bajo grado de meteorización.
Los tres ensayos recién mencionados tienen entonces el siguiente significado:

- El alto contenido arcilloso (dos micras) facilita el desarrollo de falla progresiva.
-En caso de desarrollarse falla progresiva, la resistencia de corto plazo se reduce tres veces.
- Debido a la presencia de enlaces diagenéticos fuertes, el riesgo de falla progresiva dependería en gran medida del grado de meteorización que presente la roca.
Para enlaces diagenéticos fuertes, este riesgo es clasificado (Bjerrum 1967) así:

Roca Sana	Roca Meteorizada
Riesgo Bajo	Riesgo muy Alto

Por lo tanto para identificar plenamente el riesgo de falla progresiva es necesario investigar el grado de meteorización de la roca en profundidad.

Para el sitio de Playón - Playitas, las propiedades básicas (límite líquido, hidrómetro) implican valores de ángulo de fricción residual que podrían estar en el orden de los quince grados (15°).

4.3.5 Propiedades de las Areniscas

- En su estado natural in situ (muestra inalterada), las propiedades son:
-Relación de Vacíos: Entre 0.28 y 0.52 indicando así una roca entre sana y algo meteorizada.
-Humedad Natural: Entre 1.4% y 8.0% (máximo 15%), característico de materiales arenosos.
-Grado de saturación: 11% a 76%, consistente con la ausencia de nivel fréatico.
-Resistencia a compresión incofinada:
Se obtuvieron tres valores así:

10.5 Kg/cm2
9.0 Kg/cm2
33.0 Kg/cm2

Se trata entonces de una arenisca suprémamente blanda, debido a su grado de friabilidad.
Esta característica implica que esta roca puede excavarse manualmente con equipo mecánico (retroexcavadora), aunque localmente hay niveles que presentan mayor dificultad de excavación.
En las dos perforaciones fue imposible recuperar núcleo inalterado, dado que toda la roca se disgregó totalmente con el agua de perforación, convirtiéndose en arena; este comportamiento confirma el alto grado de friabilidad de la roca.

- Muestras Compactadas

Dado que en el sector oriental se excavará un volumen importante de estas areniscas, se investigó la posibilidad de utilizar el material excavado como material de relleno en el muro de tierra armada.
La arenisca se pulverizó totalmente en laboratorio y se sometió a los siguientes ensayos:

* Granulometría:

El número de ensayos en cada sitio de exploración fue:

Sitio	Cantidad de Ensayos
Sondeo No. 1	3
Sondeo No. 2	2
Trinchera No. 1	2
Total	7

Seis de los ensayos mostraron un material constituido por arena fina, con un contenido de tamiz No. 200 variable entre 21% y 50%; se trata entonces de una arena fina y sucia.

*Límites de Atterberg:

La fracción fina presenta una plasticidad bastante baja, con valores de índice plástico entre 12% y 14%.

*Hidrómetro: El ensayo evidencia que la fracción fina contiene limos y arcillas aproximadamente en igual proporción.

* Compactación: Para el ensayo de Proctor Estándard, se obtiene:

-Humedad óptima = 11%
-Densidad seca máxima = 1.76 Ton 1m3

Debido a que el material es de tamaño pequeño de partículas (arena fina con limo y arcilla), se obtiene una densidad que corresponde más a suelo cohesivo que granular.

En superficie (trinchera No. 1), la humedad natural es inferior a la humedad óptima; en profundidad no fue posible obtener datos de humedad debido a la necesidad de perforar con percusión y lavado.

Las areniscas excavadas en el sector oriental podrán usarse para material de relleno en el muro de tierra armada, siempre y cuando se las mezcle con material granular mas grueso, por las siguientes razones:

- Las areniscas son sucias, con valores de tamiz No. 200 hasta del 50%; para tierra armada se prefiere material mas granular que cohesivo.
  La humedad natural parece ser inferior a la óptima; con el fin de evitar la necesidad de humedecer en obra, conviene mezclar material granular con lo cual la humedad óptima se reduce.

4.3.6 Capa Superior de Intercalaciones

Esta capa representa un nivel de inferior calidad geotécnica que las arcillolitas y areniscas ya descritas.
Se obtuvieron aquí mayores valores de relación de vacíos (0.77 a 0.5) y menor resistencia a compresión incofinada (1.0 a 1.4 Kg/cm2), indicando grado avanzado de meteorización lo cual se confirma también con mayor humedad natural (15% a 30%). Localmente el material está muy humedecido, con 100% de grado de saturación.

4.4 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

Con base en los resultados de los trabajos de campo se realizó una interpretación global que permitiese arrojar parámetros para la modelación. Tal actividad abarcó:

-. Interpretación de los perfiles de la exploración directa.
-. Interpretación de los datos estructurales de las masas de roca.
-. Homogeneización e idealización de perfiles y secciones a partir del cotejo de los resultados obtenidos por los métodos de exploración.
-. Identificación geomecánica de materiales por propiedades índice y parámetros geomecánicos.
-. Construcción de bases para la modelación geotécnica.

En este capítulo se describen las actividades realizadas y las características más importantes de los perfiles del subsuelo y de los materiales involucrados en los fenómenos de inestabilidad estudiados.

4.4.1 Perfiles Detectados en las Perforaciones y Trincheras

El material superficial, identificado directamente en los escarpes y trincheras, en general es una arenisca suprayaciendo a una arcillolita, la cual resulta más obvia en los sector 1. El sector 2 presenta fundamentalmente la arenisca.

4.4.2 Propiedades Geomecánicas de los Suelos

El material que conforma el cuerpo principal del talud en el sector 2 es de resistencia apropiada para mantenerse autoestable, si no fuese por la presencia de discontinuidades en la masa, lo cual sugiere que los principales mecanismos de falla estarán asociados con la presencia de la estructura del macizo.

Sin embargo, en el costado occidental (Sector 1), se detecta superficialmente la presencia de suelos formados como producto de alteración y transporte de las rocas citadas. Se trata principalmente de suelos arcillosos de compresibilidad media a alta (CH y CL), con Límite Líquido entre 30 y 80% e Indice de plasticidad entre 10 y 40%. La humedad natural es media a alta (9 a 30%) y la consistencia media a firme y muy firme (Resistencia a compresión inconfinada entre 1 y 4K/cm^2). La resistencia a compresión inconfinada se incrementa rápidamente al reducirse la alteración. En las muestras recuperadas se llegaron a medir resistencias a compresión simple del orden de 10 k/cm^2 en la arcillolita alterada.

4.4.3 Propiedades Geomecánicas de las Rocas

Las rocas predominantes en los afloramientos e incluso en algunos puntos dentro de los movimientos descritos, son arcillolitas y areniscas con resistencias suficientes para mantenerse estables en el talud, de no ser por el progreso de la alteración en las arcillolitas y la fracturación en las areniscas.

4.4.4 Niveles Freáticos

El talud estudiado constituye de por si una depresión del nivel freático, que conjuntamente con los parámetros hidráulicos de las rocas que componen el subsuelo y su posición espacial, determinan el tránsito y/o acumulación de cuerpos de agua subterránea.

Se diferenciaron dos niveles calificables hidrogeológicamente, un nivel superior de areniscas fracturado, en el cual se estimó una permeabilidad secundaria alta y una permeabilidad primaria media a baja, y un nivel inferior de arcillolitas con permeabilidad baja, que constituye un acuicierre. Se estimó un área de recarga de tres hectáreas y por lo demás se establece de acuerdo a la posición de las capas, que en la zona donde afloran las arcillolitas se puede presentar el tránsito de aguas subterráneas pero no su acumulación, mientras que donde las arcillolitas están confinadas si se puede presentar la formación de cuerpos de agua y de niveles freáticos permanentes.

Efectivamente no se detectaron niveles freáticos en las perforaciones, pero en algunas de las discontinuidades visibles se aprecian rellenas de productos de arrastre. Esto permite colegir que existe aporte de agua, la cual genera presiones de poros en las discontinuidades. Resulta obvio que el agua subterránea circula por canales preferenciales generados en las zonas más alteradas de la roca, dado que los afloramientos coinciden, en general con los flancos y las zona más húmedas en la perforaciones se encuentran cerca de la roca sana..

4.4.5 Sismicidad Regional

- INFORMACION DISPONIBLE

Para Santafé de Bogotá, INGEOMINAS ha presentado recientemente los resultados del estudio de Microzonificación Sísmica, realizado en cooperación con la Universidad de Los Andes. Adicionalmente, pueden adaptarse los criterios sugeridos en los estudios de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, para el país.

Según los resultados de los estudios citados, los puntos más importantes a incluir en el análisis de la influencia sísmica en el sector son::

De acuerdo con AIS (1984) Santafé de Bogotá está incluida dentro de la zona de amenaza sísmica INTERMEDIA, con un coeficiente de aceleración horizontal Aa de 0,15 g. Particular influencia puede tener en la generación de eventos el Sistema de Fallas del Piedemonte Llanero, las fallas del Valle del Magdalena y la Cordillera Central. Localmente puede existir influencia de los fallamientos de Usme y como sismo lejano podría existir alguna afectación por parte de los eventos generados en la zona de subducción del Pacífico.

De acuerdo con las previsiones de la última revisión del Reglamento de Construcciones Sismorresistentes, las cuales están en vías de próxima publicación, la zona está en una zona de riesgo sísmico intermedio, con coeficiente de aceleración de 0.2 g.

El estudio de Microzonificación Sísmica de la ciudad confluye hacia la estimación de los mismos órdenes de movimiento fuerte.

- EFECTOS LOCALES EN LA RESPUESTA

No se esperan en el sitio efectos de amplificación por presencia de suelos blandos, dado que la roca se encuentra aflorando o muy cerca de la superficie en la mayor parte del talud. En cambio, dado que se localiza en zonas con topografía ondulada y abrupta, es posible que se presenten amplificaciones sísmicas debidas a esas formas topográficas.

Teniendo en cuenta lo señalado, para propósitos de los análisis del presente estudio se acordó adoptar la condición estática y realizar revisiones de sensibilidad de los factores de seguridad para los casos de aceleraciones de 0.1g y 0.2g, para aportar elementos de juicio a las decisiones ingenieriles.

4.4.6 Evaluación de Discontinuidades.

Dado que se conocía de la incidencia de la estructura del macizo rocoso en los fenómenos de inestabilidad, se decidió adelantar un levantamiento de discontinuidades en diversos puntos de afloramiento, más allá de los requerimientos normales desde el punto de vista geológico.

La evaluación estructural del macizo en cada punto de afloramiento se realizó de acuerdo con las recomendaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM), levantando, con criterios estadísticos, los rasgos relacionados con tipo de discontinuidad, posición y orientación por medio de una brújula dotada de clinómetro, espaciamiento, persistencia, abertura, relleno, ondulación y rugosidad, grado de alteración de la roca en las paredes y presencia de agua. La representación estadística se presenta en los Diagramas Polares de los Sectores 1 y 2 Figuras 10 - 11 y en la representación Estereográfica de la Figura 12.

En esta etapa de la investigación de campo también se recuperaron muestras para ensayos de laboratorio con el fin de evaluar la resistencia del material rocoso.

4.5. MODELACIÓN Y DIAGNOSTICO GEOTÉCNICO

A partir de las características de los perfiles y las propiedades geomecánicas de los materiales se sintetizó la información buscando establecer metodologías que permitiesen una modelación cercana de los problemas existentes, para propósitos de análisis. A continuación se describen los resultados obtenidos.

4.5.1. Tipos de Movimiento

Para cada sector se han identificado los siguientes mecanismos de falla:

- SECTOR 1

Se han identificado un mecanismo de falla con las siguientes evidencias:

- El escarpe superior de falla es supremamente inclinada, casi vertical y con una altura registrada en enero 16 de 4.3 m y en enero 23 de 9m.

- La superficie de la falla aflora casi al nivel de la plataforma inferior del barrio (cota 2.580), presentado un buzamiento de 15°.

- Cuando se iniciaron los movimientos fuertes del terreno, la superficie del talud desarrolló varios sistemas de grietas longitudinales; dichas grietas se presentaron totalmente abiertas (abertura de 5.0 cm), pero sin desplazamiento vertical. Por lo tanto se trata de una masa de tierra que sufrió grandes deformaciones, desarrollando grietas de tracción.

Estas evidencias indican un mecanismo de falla bastante profundo, que involucra una masa de tierra de gran tamaño y requiere obras de estabilización igualmente voluminosas.

- SECTOR 2

La resistencia de la arenisca es más que suficiente para mantener estable un talud de la altura presente en el barrio. (No hay falla generalizada del talud). Las observaciones de campo indican claramente la presencia de bloques individuales de roca que han caído sucesivamente por gravedad. También se observan las siguientes evidencias:

-Existe un intenso fenómeno de agrietamiento en las areniscas, causado por descarga de la roca a consecuencia de la excavación y la erosión.
-La gran mayoría de las grietas presentan claras evidencias de flujo de agua a lo largo de ellas.
-Las superficies de arenisca presentan surcos de erosión.
- Las rocas mas blandas (arcillolita y limolita) intercaladas entre los bancos de arenisca, se presentan socavadas, dando origen a la formación de negativos; estos negativos facilitan la caída de bloques individuales de roca diaclasada.

Se trata entonces de un proceso de inestabilidad de bloques aislados de roca, causados por:
- Presión hidrostática del agua en las diaclasas.
- Pérdida de soporte en la base de los bloques, a causa de la socavación de rocas blandas infrayacientes.

4.5.2 Factores que Provocan la Inestabilidad

Con el propósito de establecer los mecanismos de falla y prever medidas correctivas, se identificaron los principales factores que intervienen en los fenómenos estudiados, en forma sistemática. Tales son:

- ESTRUCTURA DEL MACIZO

Los análisis de la estructura del macizo rocoso muestran que existen familias de discontinuidades inclinadas en el mismo sentido que el talud, en el sector 2, provocando la formación de cuñas y bloques de roca con posibilidad cinemática de movimiento. También en el sector 1 se puede dar este mecanismo. Los depósitos coluviales se pueden deslizar de la misma manera sobre los planos de discontinuidad en la roca, por estructuras heredadas en suelo residual o en el regolito, o por el contacto entre el coluvión y el material in situ.

- ALTERABILIDAD DE LAS ROCAS

Desde el punto de vista de las propiedades mecánicas, los materiales rocosos existentes en la base del talud, en los sector 1 se sitúan en los intervalos de resistencia correspondientes a las rocas blandas y medias.

A pesar que no se ejecutaron ensayos de Durabilidad-Desleimiento, debido a su naturaleza las rocas arcillosas presentan una importante susceptibilidad a alterarse por intemperismo, de acuerdo con los mecanismos de desleimiento citados por Alarcón et. al. (1976), característica genética que incide de manera radical como factor litológico en los fenómenos de inestabilidad. Según los autores citados, los mecanismos de desleimiento de las rocas arcillosas se pueden sintetizar de la siguiente manera:

- Disolución de agentes cementantes. Como resultado de la presencia de agua se puede presentar el lavado de cementos solubles, dejando las partículas finas desprovistas de lazos cementantes.

- Expansión diferencial. La presencia de diversos minerales en las rocas, con diferente reacción de cambio volumétrico ante el agua, y la expansión diferencial generada por

heterogeneidad en el proceso de humedecimiento o de secado, inducen esfuerzos en el interior de la roca, los cuales provocan la rotura de lazos entre partículas.

- Rotura por aire. Mecanismo propuesto por Terzaghi, que considera las fuerza generadas por la tensión en la interfase agua-aire, la cual genera esfuerzos en el interior de la roca durante la penetración del agua.

Las arcillolitas presentan un cambio rápido de color de rojo hasta violáceo, cuando se encuentran expuestas a los factores atmosféricos. Estos factores podrían estar colaborando en la aparición de los mecanismos de falla profunda que se están dando en los Sector 1.

- PROPIEDADES GEOMECANICAS DE LOS SUELOS

Los suelos que conforman los taludes en el sector 1 presentan composición arcillosa. En consecuencia exhiben inestabilidad y al humedecerse pierden la cohesión resultante de la saturación parcial. De otra parte, dado que están muy sueltos, como resultado de fenómenos internos de colapso pueden mostrar localmente la generación de grandes presiones de poros. Esto incide en la ocurrencia de comportamientos frágiles cuando se produce el humedecimiento, durante épocas lluviosas. Adicionalmente su posición sobre un talud fuertemente inclinado de arcillolita es ya un factor inherente de inestabilidad.

4.5.3 Condiciones de Análisis

Se decidió realizar los análisis de estabilidad por separado para los diversos tipos de movimiento, recurriendo siempre a ejercicios con parámetros efectivos, por considerar tales enfoques más apropiados para los casos descritos.

Los análisis acudieron, como guía primordial a los parámetros deducidos de las pruebas de laboratorio, y se efectuaron con ayuda del programa PCSTABLE, aplicando el método de Jambu para masas aisladas analizadas bidimensionalmente, sin considerar la interdependencia de las diversas masas dentro de un mismo deslizamiento, dado que no se dispuso de un sistema automático de análisis tridimensional. Se construyeron secciones típicas para el talud del sector 1, y se analizó primero la estabilidad del coluvión superpuesto al talud rocoso. Los análisis arrojaron factores de seguridad inferiores a 1.0 para todas las condiciones de nivel freático y aún para la situación estática. En consecuencia la masa de suelo es intrínsecamente inestable.

Sin embargo, se consideró que el mecanismo analizado no explica las grietas que se presentan actualmente en la vía, las cuales también difícilmente se pueden atribuir a

tracción. Se decidió entonces probar un mecanismo profundo con superficie de deslizamiento muy poco inclinada, considerando que las diaclasas en arenisca pueden separarse sin aportar mayor fricción y se produce un ablandamiento progresivo en la arcillolita. En tales condiciones se obtienen factores de seguridad bajos aún sin sismo pero con mayor razón con él, movilizando cohesiones propias de suelo. En las gráficas de cálculo presentadas en el Anexo 3 se ilustra el comportamiento para cada caso.

El análisis de fallas en roca en el sector 2 se realizó en forma gráfica a partir de las proyecciones hemisféricas aportadas por el levantamiento estructural del macizo.

4.5.4. Resultados del Análisis

Las Figuras 13 y 14 sintetizan los resultados de los análisisComo principales conclusiones de tales análisis se pueden citar las siguientes:

En los Sector 1 el efecto de reblandecimiento o reducción de la cohesión por incremento de humedad, y de aumento de presiones de poros por fenómenos locales progresivos pueden ser los mecanismos críticos causantes de la reducción de resistencia. En tal sentido, debe considerarse que la influencia de lluvias muy intensas y de infiltración incontrolada de aguas, o la influencia de aceleraciones horizontales causadas por sismo resultarán de importante influencia en la estabilidad de las laderas estudiadas.

En el Sector 2 los mecanismos de falla están asociados con la presencia de las discontinuidades en el macizo rocoso, y la generación de empujes debidos al agua que se infiltra en ellas. Mucha responsabilidad se puede también atribuir a la alteración de los materiales infrayacentes por intemperismo y a la erosión.

4.6. FORMULACIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

La determinación de los principales factores inherentes y detonantes de los fenómenos mencionados conduce a la formulación de medidas orientadas con diferentes propósitos, buscando incrementar el factor de seguridad. Tales medidas se describen para cada uno de los sectores enunciados, de la siguiente manera:

4.6.1 Soluciones Inmediatas

En el transcurso de los estudios se presentaron movimientos que hicieron necesaria la ejecución de algunas obras con carácter de urgencia y que se mencionan aquí a manera de complemento. En el capítulo de Hidráulica se mencionaron las correspondientes al manejo de las aguas y a continuación se

describen algunas adicionales algunas de las cuales se habían ejecutado al momento de escribir este informe.

- Colocación de tres mojones en concreto para monitoreo de las grietas presentadas.

- Las vías deberá ser perfilada para lograr una sección transversal con pendiente constante y con desnivel hacia las cunetas. Luego del perfilado la vía se compactará con compactador manual. En aquellos sitios donde el borde de la cuneta se encuentra por encima de la calzada, se propone colocar una protección en ladrillo anclando la mitad en la calzada y aprovechando las caídas de la cuneta para entregas parciales.

- Imprimación. La superficie perfilada se imprimará en caliente con MC70 en proporción de 2.5 litros por metro cuadrado. La superficie deberá estar seca y libre de polvo antes de su aplicación. Se estiman 80m de longitud por 4 de ancho.

- Colocación de mojones para monitoreo. Se deben colocar tres mojones de concreto para realizar seguimiento de su movimiento en la zona inestable. De igual manera se levantarán topográficamente las grietas aparecidas en la banca y se plantea realizar un monitoreo semanalmente y durante un mes inicialmente.

- Señalización y aislamiento de la zona en riesgo. Para evitar la circulación de personas y vehículos por la banca agrietada se deberá acordonar el sitio con cinta de protección(amarilla y negra de advertencia de peligro)

4.6.2 Solución a los Deslizamientos en Arcillolitas

Tal como se explicó en capítulos anteriores, un amplio Sector del talud aquí estudiado presenta afloramientos de arcillolitas rojas de la formación Bogotá. Estos afloramientos se extienden a partir de la calle 49 Sur, y han sido identificados hasta el extremo occidental del área de estudio, 20 m al Sur de la calle 50 Sur.

La arcillolita se presenta infrayaciendo a las areniscas de la formación Regadera, y han sido las responsables de importantes fenómenos de inestabilidad que fueron identificados a lo largo del presente trabajo, así:

- Sobre la coordenada 996.000 N se aprecia una clara corona de deslizamiento, la cual dejó sin piso una casa que hoy en día está abandonada.

- A lo largo de la carrera 11D, durante la ejecución de los presentes estudios se presentó un deslizamiento activo que obligó a la evacuación de los habitantes en el

área de influencia de dicho deslizamiento, el cual fue motivo de obras de emergencia para su estabilización temporal.

Teniendo en cuenta esta inestabilidad tan manifiesta, se procedió durante este trabajo a la investigación de métodos de estabilización definitivos.

Los primeros síntomas de inestabilidad actual se presentaron en la carrera 11D, entre la coordenada 995.050 E y la prolongación de la calle 49A - Sur, en forma de una grieta de tracción, continua y con unos 20 m de longitud.

En consecuencia se propuso un programa adicional de exploración geotécnica detallada, mediante perforaciones y ensayos de laboratorio.

Posteriormente la grieta se prolongó hasta llegar a unos 2.5 m de distancia de la coordenada 995.000 E sobre la carrera 11D; casi de inmediato se inició también el hundimiento de la corona del talud, evidenciado así la inminencia de un deslizamiento.

Dada la inminencia de derrumbe, se decidió cancelar el programa de exploración geotécnica y proceder de inmediato a la formulación de medidas de estabilización utilizando únicamente la información disponible en ese momento (numerales 4.1 y 4.2).

Los criterios utilizados fueron los siguientes:

- Se consideran las siguientes alternativas de estabilización:

* Pantallas ancladas
* Pantallas de caissons en la base del talud
* Terraplenes de contrapeso

- Las dos primeras alternativas fueron descartadas teniendo en cuenta que la información geotécnica sobre las arcillolitas no era suficiente para un diseño tan delicado como el de pantallas ancladas o caissons.

- Una estabilización a base de terraplenes presenta una solución más rápida y más económica, acorde a la situación de emergencia planteada; además es una solución que no requiere mayor detalle de exploración geotécnica.

- Se decidió entonces optar por esta solución de terraplenes.

- Para su dimensionamiento se procedió a la ejecución de cálculos de estabilidad de taludes mediante el método de Jambú; debido a la ausencia de parámetros reales de cálculos, se trabajó en forma de análisis paramétricos, así:

* Cohesión variando entre 0.0 Kg/ cm^2 y (Condición residual) y 0.3 Kg/cm^2
* Angulo de fricción entre 15° y 30°

- Se incluye también fuerza sísmica variando entre 0.1 g y 0.3 g, incluyendo obviamente también la condición estática.

- Se incluyó un nivel freático localizando aproximadamente a un tercio de la altura del talud.

- El terraplén de diseño utilizado se ilustra en el Anexo N° 2

Los resultados de todos estos cálculos se incluyen en el anexo N° 2

Para garantizar la estabilidad de este terraplén y su cimentación se consideró necesario:

- Construirlo con un material relativamente granular, que permita mantener los taludes entre bermas con inclinación de 1.5 :1

- Excavar en la cimentación un mínimo de 1.5 m de profundidad, para apoyarlo en roca más sana que evite la falla por la cimentación.

- Remover en el talud todo el material suelto y meteorizado.

- Instalación de un eficiente sistema de drenaje contra el talud.

Estos tratamientos de excavación (cimentación y talud) y de drenaje son delicados y demoran por lo tanto la iniciación del propia terraplén.

Cuando este diseño ya estaba planteado, los movimientos en el deslizamiento se aceleraron, de tal forma que ya no existía tiempo suficiente para ejecutar los recién mencionados trabajos de excavación y drenaje.

Se decidió entonces modificar el esquema de terraplén en la siguiente forma:

- Reducir los requerimientos para la cimentación, en lo referente a excavación y drenaje.

- Construir gran parte del terraplén con un material de especificaciones geotécnicas relativamente bajas.

- Colocar en la pata un relleno de contrafuerte que permita aumentar la pendiente general del terraplén, con el fin de reducir el área de vivienda afectadas.

Con este esquema básico se procedió nuevamente a calcular los factores de seguridad; estos cálculos siguieron los mismos criterios ya explicados anteriormente en lo referente a métodos de cálculo (Jambú), análisis paramétrico de cohesión y fricción, fuerza sísmica (0.1 g a 0.3 g.) a nivel freático.

Los resultados de calculo se incluyen en el anexo N°. 3

De acuerdo con estos cálculos, se obtienen factores de seguridad en condición residual (c=0, O= 15°), que varían en función de la aceleración sísmica y la sección analizada en la siguiente forma:

FACTOR DE SEGURIDAD

Aceleración Sísmica

SECCION	0.0	0.1 g	0.2 g	0.3g
A	2.18	1.29	0.94	0.76
B	1.81	1.13	0.82	0.65
C	1.67	1.15	0.91	0.75
D	1.68	1.12	0.86	0.73

Las cifras de esta tabla indican lo siguiente:

- Para las aceleraciones esperadas en Bogotá (0.1 g a 0.2 g), el factor de seguridad está apenas en el límite permisible para diseño (1.0).

- En la condición estática, las secciones más altas (C y D) presentan un buen factor de seguridad, acorde a las condiciones vigentes de riesgo de pérdida de vidas humanas, para las cuales usualmente se recomiendan factores de seguridad superiores a lo normal (1.7).

- Las secciones más bajas (A y B de la Plancha N°6) en condición estática, presentan un margen de seguridad suficiente y en consecuencia el terraplén podrá reducirse en tamaño para estas secciones.

GEOCONSULTA LTDA.

- El diseño de terraplén está gobernado principalmente por el efecto de fuerza sísmica.

De acuerdo con estos resultados, fue seleccionado como perfil de diseño para el terraplén el esquema indicado en las secciones A a D de la Plancha N°6.

4.6.3 Obras de Estabilización Sector 1

- La principal obra de estabilización del Sector 1 lo constituye un terraplén con dos componentes. El primero de ellos es un terraplén perimetral de confinamiento con material relativamente granular compactado. El segundo componente es un terraplén de relleno con material de menor calidad con taludes seleccionados con inclinación 1.5 : 1 con el fin de reducir el área de afectación de viviendas.

- Sin embargo estos taludes son relativamente inclinados para las alturas previstas (4.0 m y 6.0 m), por lo cual se propone un semirefuerzo interno que permite mantener esta inclinación de talud; dicho semiesfuerzo se plantea entonces a base de geotextil, siguiendo los principios típicos de tierra reforzada.

- Para mantener la estabilidad del propio terraplén, se requiere un drenaje del mismo mediante una capa granular con función de filtro, calculada en la cimentación.Esta capa mejora también la capacidad de retención en el relleno de contrafuerte, dado que aumenta el coeficiente de fricción en la base.

- A fin de mantener el terraplén protegido contra la erosión superficial, se recubrirá en su totalidad mediante empradización.

- Los factores de seguridad fueron calculados para una determinada posición fija del nivel freático; y a fin de garantizar que esta posición se mantenga en el tiempo, se requiere instalar un sistema de drenaje para establecer tres puntos fijos de control en la posición del nivel freático, en la siguiente forma:

* Punto superior: Drenes horizontales cortos (L = 6.0m), aprovechando la excavación prevista en el talud superior de areniscas.
* Punto intermedio: Drenes horizontales largos (18 m a 25 m), en una cota intermedia (2.587).
* Punto más bajo: Podrá controlarse mediante una trinchera de drenaje (más barata que los drenes horizontales), aprovechando que la topografía permite la construcción de esta trinchera en una profundidad que alcanza a quedar aún en el límite de las profundidades máximas usuales para estas obras.

La plancha número 9 ilustra el esquema de drenaje y las especificaciones se presentan en volumen anexo.

- El talud superior de excavación tendrá un tratamiento de estabilización similar al ya establecido con el Sector 2 (areniscas), a excepción de concreto dental que puede suprimirse aquí.

Este talud de excavación llegará hasta niveles de roca que están en su estado natural, sin capas socavadas, por lo cual no requieren concreto dental.

4.6.4. Obras de Estabilización . Sector 2

Teniendo en cuenta las causas y mecanismos de deslizamiento, se requieren las siguientes medidas de estabilización:

- Concreto Neumãtico con malla metálica de refuerzo en toda la superficie de los taludes, para impedir la erosión y deterioro del material.
- Todos los negativos serán rellenados mediante concreto dental, con el fin de dar un adecuado soporte a los bloques individuales de arenisca.
- Se instalarán medidas de drenaje consistentes en :

  - Tres cunetas recolectoras del agua superficial.
  - Drenes horizontales para recoger el agua infiltrada. (Área de recarga superior)

Estas medidas buscan eliminar el empuje hidrostático del agua en las diaclasas.

- Excavación de la mitad superior del talud, mediante la construcción de una berma horizontal en la cota 84; los objetivos de dicha excavación son:

- Reducir la altura del talud a la mitad, con lo cual se reduce el valor de esfuerzos concentrados y se reduce así la formación de grietas.
- Conformar una berma que facilite el drenaje del talud.
- Facilitar la actividad constructiva (drenes horizontales, concreto neumático) mediante la construcción de una plataforma para equipos intermedia a la cota 84. (berma)
- Proveer una plataforma intermedia que recoja eventuales bloques de roca caídos desde la parte alta.
- Dar a la excavación la conformación morfológica usual en canteras, a base de bermas.
- Mejorar la perspectiva arquitectónica del talud, de acuerdo con recomendaciones del arquitecto del proyecto.

El diseño correspondiente se ilustra en las planchas Nº 11 a Nº 13 y las especificaciones de construcción se presentan en volumen anexo.

4.7 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

Todas las obras de estabilización a construir en el barrio Playón - Playitas deben ser ejecutadas con el máximo de precaución y cuidado, adaptando sistemas constructivos y precauciones de estabilidad especiales dadas las siguientes condiciones vigentes:

- Los taludes son muy altos y de fuerte inclinación.
- Hay presencia de bloques de roca inestable de grandes proporciones.
- Existen viviendas en la propia pata del talud, y también muy cerca a la corona, por lo cual debe tenerse el máximo cuidado para proteger la vida de los habitantes.
- Las rocas arcillosas son altamente susceptibles de alterarse y degradarse al someterlas a la intemperie por efectos de excavación por lo tanto es absolutamente indispensable que el constructor de la obra siga al pié de la letra todas las instrucciones constructivas que se indican a continuación:

4.7.1 Sector 1 Talud Noroccidental

- Para efectos de estabilidad y utilización de materiales, debe trabajarse simultáneamente en tres frentes así:

* Colocación del terraplén propiamente dicho
* Ejecución de los sistemas de drenaje
* Excavación de la arenisca superior, en la corona, para usarla como material de construcción

- Las primeras actividades a ejecutar deberán ser:

* Excavación para el filtro de fondo
* Ejecución de drenes horizontales, para facilitar luego la construcción de la trinchera
* Excavación de la arenisca, para ser usada como material de relleno

- Todas las obras de excavación deberán mantenerse permanentemente bien drenadas y secas durante la obra.

- En el cuadro Nº 3 se presenta el Cronograma de Construcción del Sector 1

4.7.2 Sector -2- Talud Oriental

Este sector incluye:

-Excavación, desabombe, remoción de bloques
-Concreto neumático y concreto dental
-Cunetas
-Drenes Horizontales

Los riesgos constructivos vigentes en este sector son los siguientes:

- Formación de cuñas muy grandes de roca (tamaños esperados hasta de 4.0 mt y 6.0 mt) por el proceso de excavación.
- Inestabilidad causada por el peso de equipos en la berma (cota 84), en caso de que el talud natural bajo esta berma no esté estabilizado aún.
- Caída de bloques pequeños hacia el barrio.

Deben seguirse por lo tanto las siguientes recomendaciones constructivas:

- La primera actividad constructiva de todo el proyecto deberá ser necesariamente el desabombe de todo el talud y la remoción total de todas las grandes cuñas de roca (dimensiones de 4 mt y 6 mt) que hoy en día presentan claro agrietamiento y desprendimiento del talud natural. El material excavado que sea arenoso (areniscas) debe almacenarse para el relleno de tierra armada. El desabombe debe iniciarse en la cabecera del talud, para lo cual se requiere instalación de andamios y/o plataformas colgantes.

- A continuación se procede de inmediato a la estabilización del tramo inferior del talud, es decir aquel tramo ubicado bajo la berma de la cota 84. Para este tramo, la secuencia constructiva será:

Primera Etapa: Construcción del concreto dental.
Segunda Etapa: Instalación del concreto neumático con malla.
Tercera Etapa: Como última etapa se instalan los drenes horizontales.

La estabilización completa de todo este tramo inferior de talud deberá avanzarse en forma continúa y progresiva, con el mayor rendimiento posible con el fin de

permitir posteriormente el inicio de las operaciones de excavación, arriba de la cota 84.

- La excavación del tramo superior de talud (encima de la cota 84) se irá adelantando a medida que se haya estabilizado ya el tramo inferior correspondiente, en la siguiente forma:

-Cuando se hayan terminado totalmente las etapas 1ra (concreto dental) y 2da (concreto neumático) de un tramo determinado de talud inferior (bajo la cota 84), se puede iniciar la excavación (encima de la cota 84) de ese mismo tramo.
Esta excavación se adelantará en forma simultánea con la instalación de drenes horizontales bajo la cota 84 en el mismo tramo en cuestión.

- Mientras no se haya completado el concreto dental y neumático de cada tramo inferior de talud (bajo la cota 84), no se permite iniciar excavaciones (arriba de dicha cota) en dicho tramo. Es decir, que solo se permite el transito de equipo constructivo en la cota 84 (berma) cuando el talud bajo la berma tenga ya concreto dental y neumático. El cronograma de obra ha sido entonces elaborado teniendo en cuenta esta restricción.

- Una vez que se haya terminado totalmente la excavación, con la construcción correspondiente de la berma en cota 84, se procede a la colocación de concreto dental e instalación de drenes horizontales en el talud ya excavado (encima de la cota 84).

- El concreto neumático en este talud excavado (tramo superior) se aplicará únicamente cuando se haya terminado ya todo el trabajo de drenes horizontales y concreto dental.

- EL momento de ejecución de las cunetas inferior e intermedia queda a libre escogencia del constructor.

- La cuneta superior de coronación podrá construirse únicamente al terminar toda la excavación, dado que durante la obra el perfil de diseño de excavación podrá alterarse por remoción de cuñas grandes.

- La excavación superior (encima de la cota 84) y construcción de la berma, deberá ejecutarse en la siguiente forma:

-La excavación debe iniciarse necesariamente desde el extremo oriental de la obra.

-La excavación debe ejecutarse en forma lateral, siguiendo una dirección oriente-occidente en el avance de excavación, es decir que el frente de avance de excavación tendrá una orientación norte-sur. Bajo ninguna circunstancia se permite la excavación desde la parte superior (corona del talud).

-A medida que esta excavación vaya avanzando, deberá llevarse un registro geológico detallado con levantamiento de discontinuidades en el frente de excavación y talud excavado; este levantamiento debe llevarse a cabo diariamente al final del turno de excavación.

-Este registro tiene por objeto identificar cuñas grandes de roca que se desarrollan al interceptarse los siguientes sistemas de diaclasas:
* Díaclasas Sub-verticales
* Díaclasas con buzamientos entre 40° y 60°, orientados desfavorablemente.

-Una vez que se identifique la presencia de este tipo de cuñas grandes inestables, debe suspenderse el avance de excavación normal, y proceder a la destrucción controlada y progresiva de dicha cuña.

-Dicha destrucción de cuñas inestables deberá iniciarse desde la parte superior de la cuña, avanzando progresivamente hacia abajo en franjas completas de 1.0 mt de altura, hasta llegar finalmente al sitio donde aparece la discontinuidad desfavorable. (Parte inferior de la cuña).

- El Cronograma de las Obras y su secuencia se presenta en el Cuadro N° 4

GEOCONSULTA LTDA.

ANEXO GEOTECNIA
CUADRO Nº 2 - 4
FIGURAS 10 a 14

CUADRO No.2

CUADRO RESUMEN
ENSAYOS DE LABORATORIO

	EXPLORACIÓN		SONDEO 1				
	MUESTRA		1	3	5	7	9
	PROFUNDIDAD		1.20-1.65	4.60-5.05	8.20-8.45	13.20-13.40	17.80-18.00
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.	%	56.80	49.40			
	L.P.	%	25.50	22.80			
	I.P.	%	31.30	26.60			
	w	%	29.10	29.60			
	CLASIFICACIÓN		CH	CL			
COMPRESIÓN INCONFINADA REMOLDEADA	w	%			13.10		
	γ_t	g/cm_3	1.97		2.01		
	γ_d	g/cm_3			1.78		
	q_u	Kg/cm^2	1.10		1.00		
COMPRESIÓN INCONFINADA NO REMOLDEADA	γ_t	g/cm_3					
	γ_d	g/cm_3					
	q_u	Kg/cm^2					
GRANULOMETRÍA TAMIZ	GRAVAS	%					
	ARENAS	%			51.20	63.70	78.90
	FINOS	%			49.80	36.30	21.10
GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO	LIMOS	%					
	ARCILLAS	%					
	COLOIDES	%					
CORTE DIRECTO	C	Kg/cm^2					
	ϕ	GRADOS					

	EXPLORACIÓN		SONDEO 2				
	MUESTRA		3	4	6	8	
	PROFUNDIDAD		2.70-3.15	3.80-4.25	6.60-7.05	9.60-10.05	
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.	%	30.20			78.80	
	L.P.	%	16.70			23.10	
	I.P.	%	13.50			55.70	
	w	%	15.30			18.60	
	CLASIFICACIÓN		CL			CH	
COMPRESIÓN INCONFINADA REMOLDEADA	w	%	15.30			18.60	
	γ_t	g/cm_3	1.63			2.08	
	γ_d	g/cm_3					
	q_u	Kg/cm^2	1.41			2.74	
COMPRESIÓN INCONFINADA NO REMOLDEADA	γ_t	g/cm_3					
	γ_d	g/cm_3					
	q_u	Kg/cm^2					
GRANULOMETRÍA TAMIZ	GRAVAS	%		3.20			
	ARENAS	%		16.20	73.00		
	FINOS	%		8.60	27.00		
GRANULOMETRÍA HIDRÓMETRO	LIMOS	%			15.00		
	ARCILLAS	%			13.00		
	COLOIDES	%			30.00		
CORTE DIRECTO	C	Kg/cm^2					
	ϕ	GRADOS					

CUADRO Nº3
SECTOR 1

CRONOGRAMA DE CONSTRUCCION

	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Excavación Filtro de Fondo	■	■	■													
Colocación Filtro de Fondo			■	■												
Colocación terraplén con Geotextil					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Excavación ladera					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Empradización									■	■	■	■	■	■	■	■
Drenes Horizontales	■	■	■	■	■	■	■									
Trincheras de Drenes	■	■	■	■												
Excavación Talud Superior	■	■	■	■	■											
Estabilidad Talud Superior							■	■	■	■						

CUADUPES.XLS

000084

CUADRO Nº4
SECTOR 2

CRONOGRAMA DE CONSTRUCCION

	CANTIDADES		RENDIM.	SEMANAS																							
	UNID.	CANT.	DIARIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Desabombe	m³	220	22																								
Excavación Cuñas	m³	300	30																								
Concreto Dental (Inferior)	m³	60	2																								
Concreto Neumático (Inferior)	m³	30	1																								
Drenes Horizontales (Inferior)	m.l.	56	6																								
Excavación	m³	2200	37																								
Cunetas	m.l.	200	37																								
Concreto Dental (Superior)	m³	60	2																								
Concreto Neumático (Superior)	m³	30	2																								
Drenes Horizontales (Superior)	m.l.	56	6																								

CUADJPE.XLS

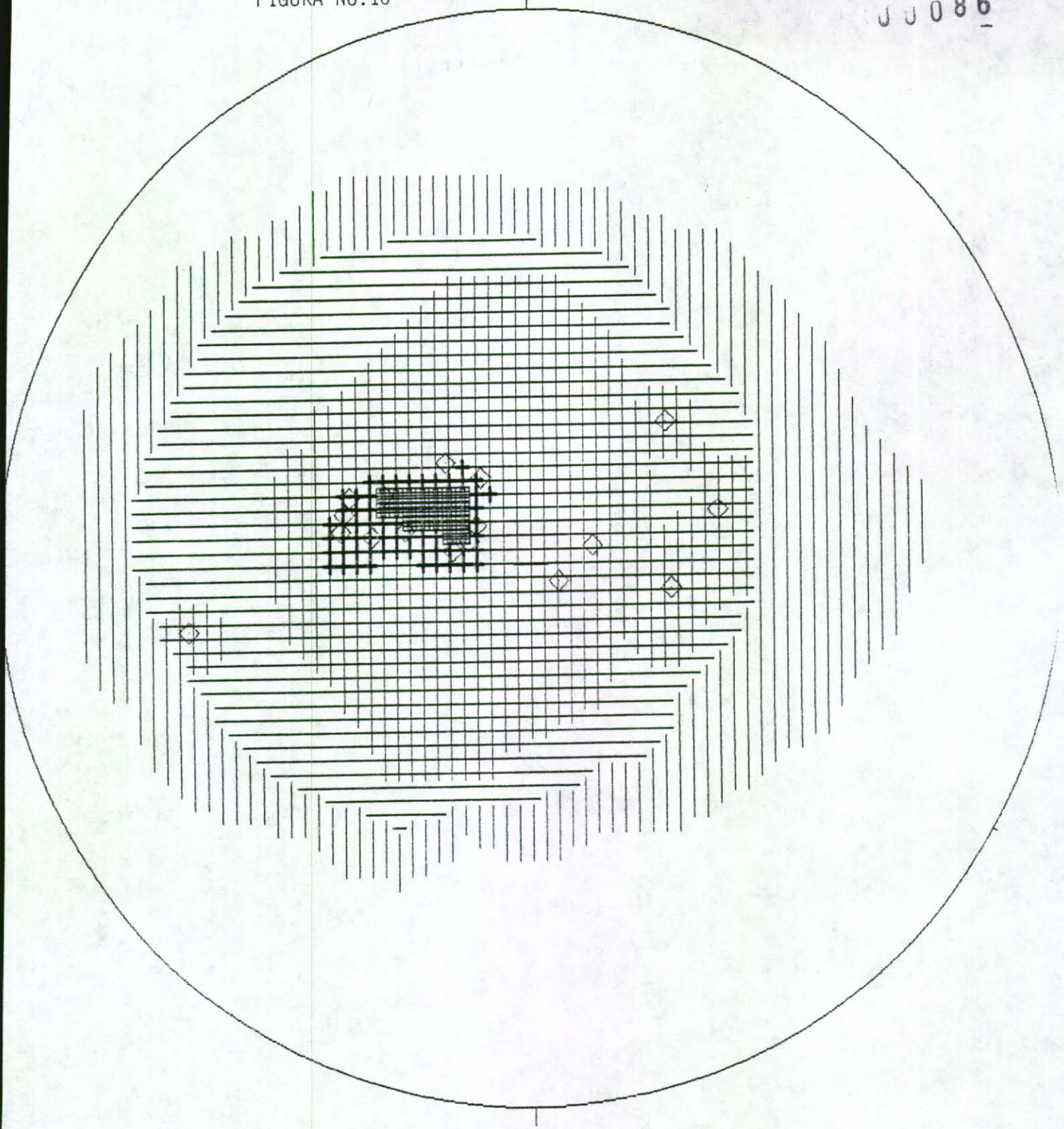
C C C 85

ESTRATIFICACION PLAYITAS

North

FIGURA No.10

JJ086



19 Points

LEGEND (for first 9 intervals)

▫	1- 3	▧	16- 18
▤	4- 6	▨	19- 21
▦	7- 9	▩	22- 24
▦	10- 12	■	25- 27
▦	13- 15		

Contour Method: Kamb (1959)
Counting Area: 0.321
Expected No.: 6.11 Pts. per Area
Sigma: 2.04
Contour Interval: 3 Sigma

NOTE: Contour Patterns Repeat Every 9 Intervals

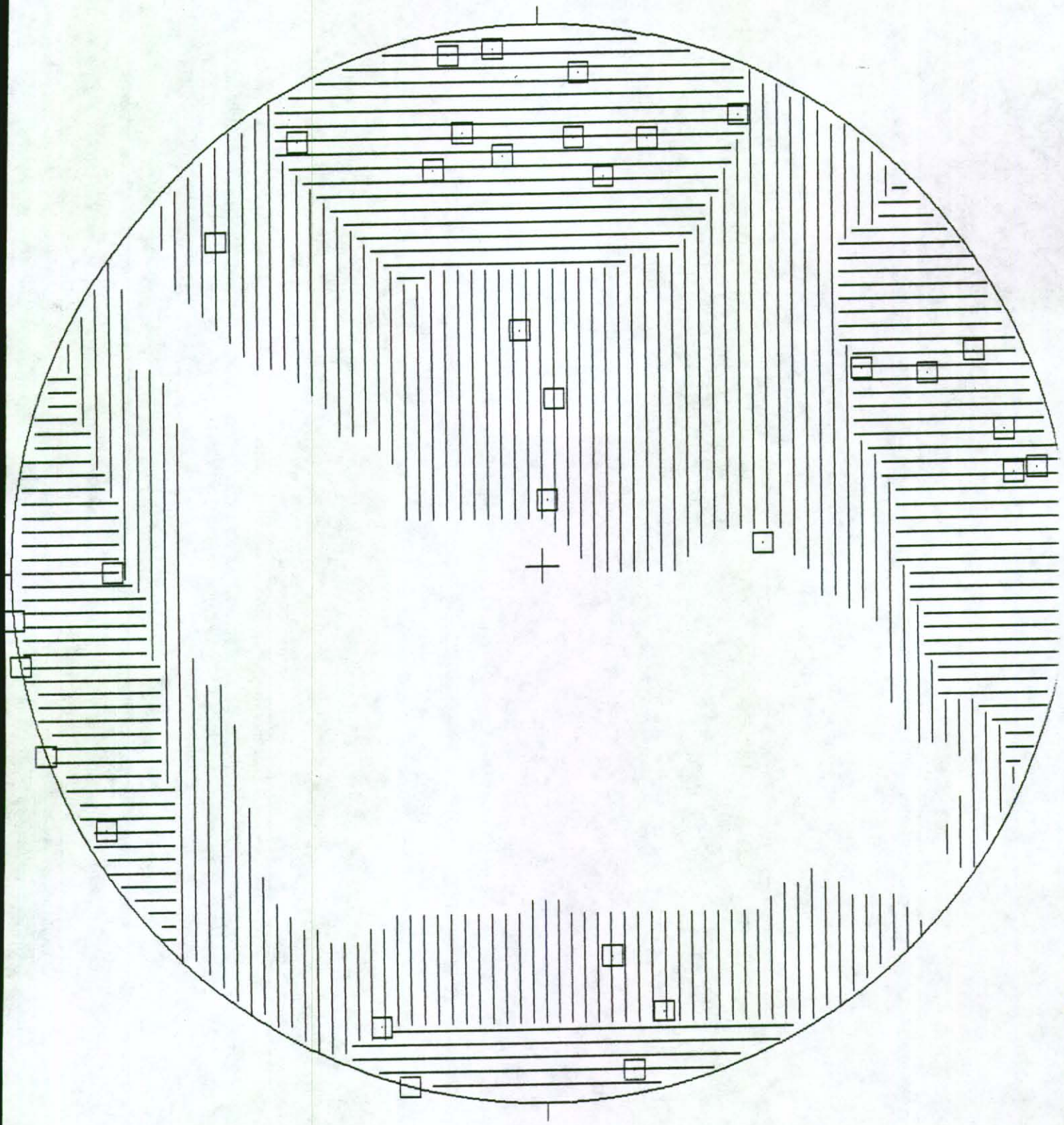
Contents of file: PLAYESTR.DAT
Title: ESTRATIFICACION PLAYITAS
Data type: Planar
Number of data pairs: 19

N10E,30SE	N10W,55NE	N50E,20SE	N20E,10SE	N10E,25SE
N10E,22NW	N35E,10SE	N20E,30SE	N15E,30SE	N25E,25SE
N35E,10SE	N30E,5NW	N45W,30SW	N15W,30SW	N15W,10SW
N10E,25SE	N15E,20SE	N60E,15SE	N10E,12SE	

FIGURA No.11

DISCONTINUIDADES SECTOR ORIENTAL 000088

North



41 Points

LEGEND (for first 9 intervals)

1- 3	16- 18
4- 6	19- 21
7- 9	22- 24
10- 12	25- 27
13- 15	

Contour Method: Kamb (1959)
Counting Area: 0.180
Expected No.: 7.38 Pts. per Area
Sigma: 2.46
Contour Interval: 3 Sigma

NOTE: Contour Patterns Repeat Every 9 Intervals

Contents of file: PLAYDIAE.DAT
Title: DISCONTINUIDADES SECTOR ORIENTAL
Data type: Planar
Number of data pairs: 41

N70E,90	N30W,60SW	N80W,90	N85W,25SW	N75W,70SW
N30W,85NE	N75E,75NW	N75E,65SE	N85E,36SE	N80W,90
N25W,70SW	N25W,80SW	N10W,85SW	N80E,90	N80E,85NW
N85W,10SW	N85E,90	N45E,75SE	N85E,65SE	N85E,90
N80E,85SE	N85W,80SE	N60E,80SE	N60E,80SE	N80E,63NW
N90E,70	N10W,85SW	N10W,80SW	N80W,62SW	N85E,85SE
N15W,90	N15W,80SW	N80E,70SE	N85E,85SE	N5W,35SW
N85W,25SW	N85E,90	N70W,80NE	N80W,90	N85W,68SW
N65W,80SW				

SPLOT Statistical Summary

000090

DataType : Planar
Number of Data Pairs : 40

Test of Uniformity :
The data differ significantly from uniform at the 95% level

Test of Distribution
Ak = 0.32542
Expected Type of Distribution : Girdle
Cstat = 1.45839
Data are not preferentially oriented

Test of Rotational Symmetry S(G)
SG = 3.50531
This is not significantly different from a gridle from at 95% level

Best-Fit Gridle on Data:
Strike = 102 Dip = 14
Dip Azimuth = 12
Pi-Point = 192 192

Directional Cosine
L = 8.5118
M = -2.2994
E = 10.7802

Directional Cosine Matrix

16.8835	2.7612	3.6739
2.7612	17.1382	1.5487
3.6739	1.5487	5.9783

Eigenvalues
4.8169
14.4753
20.7078

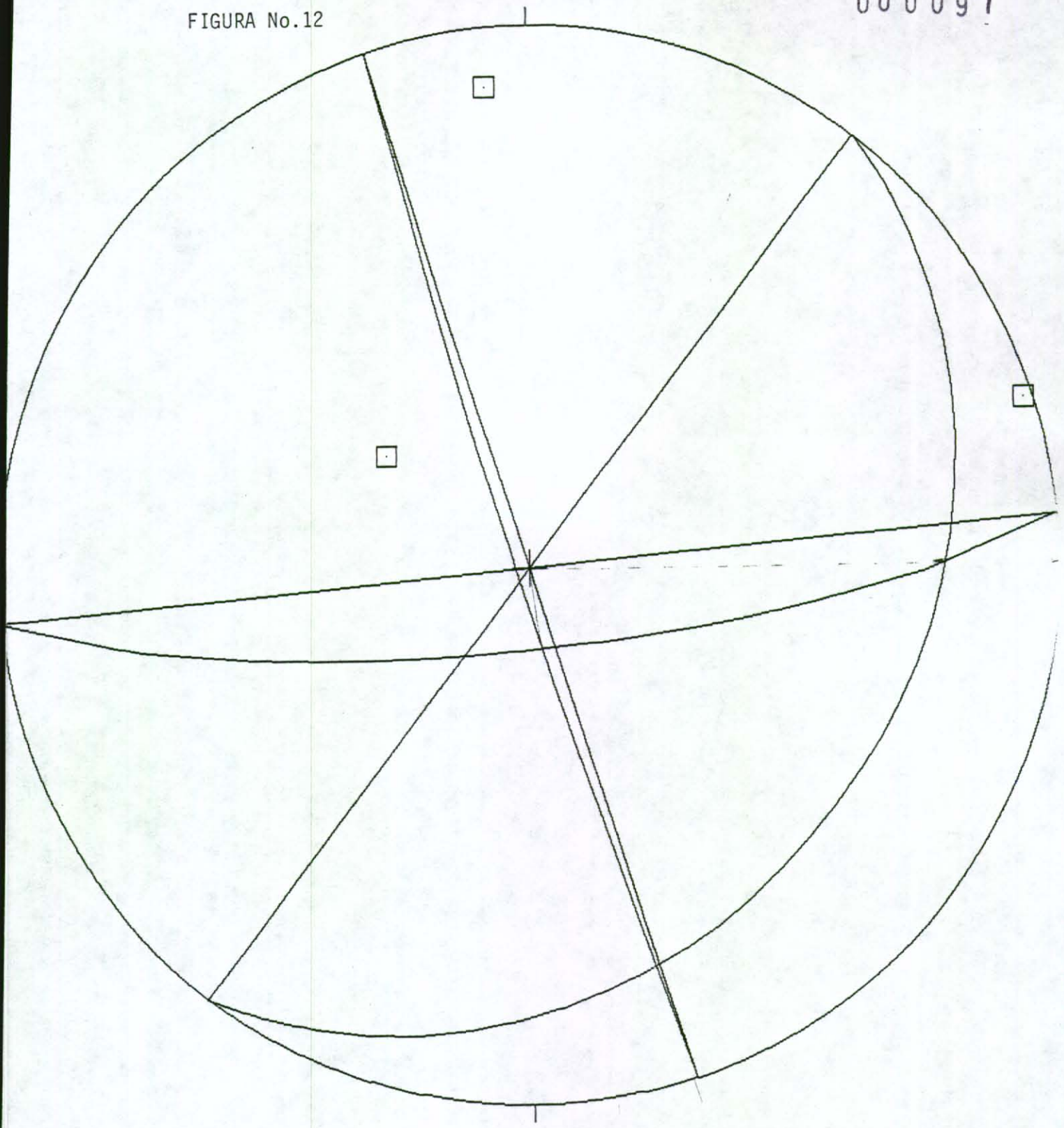
Eigenvectors
0.2786
0.0581
0.9587

DISCONTINUIDADES DEL SECTOR ORIENTAL

North

000091

FIGURA No.12



EQUAL AREA PROJECTION

Rotations	ESTRATIFICACION	128/28
Rotations	DIACLASAS D1	175/78
Rotations	DIACLASAS D2	252/88

	Symbol
0 Points	□
0 Points	□
0 Points	□

0 Points Total

SPLOT by Darton Software

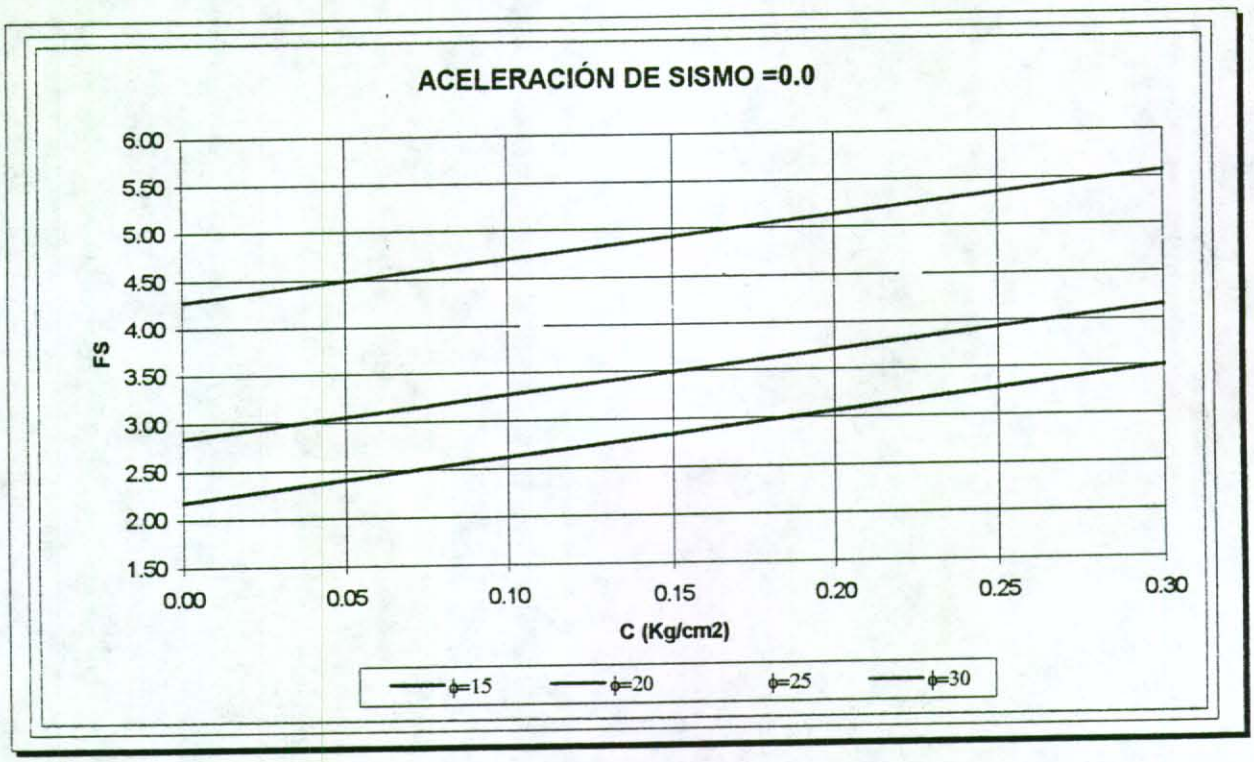
FIGURA No.13

RESULTADOS DEL ANÁLISIS PARA EL TALUD OCCIDENTAL SECCIÓN A

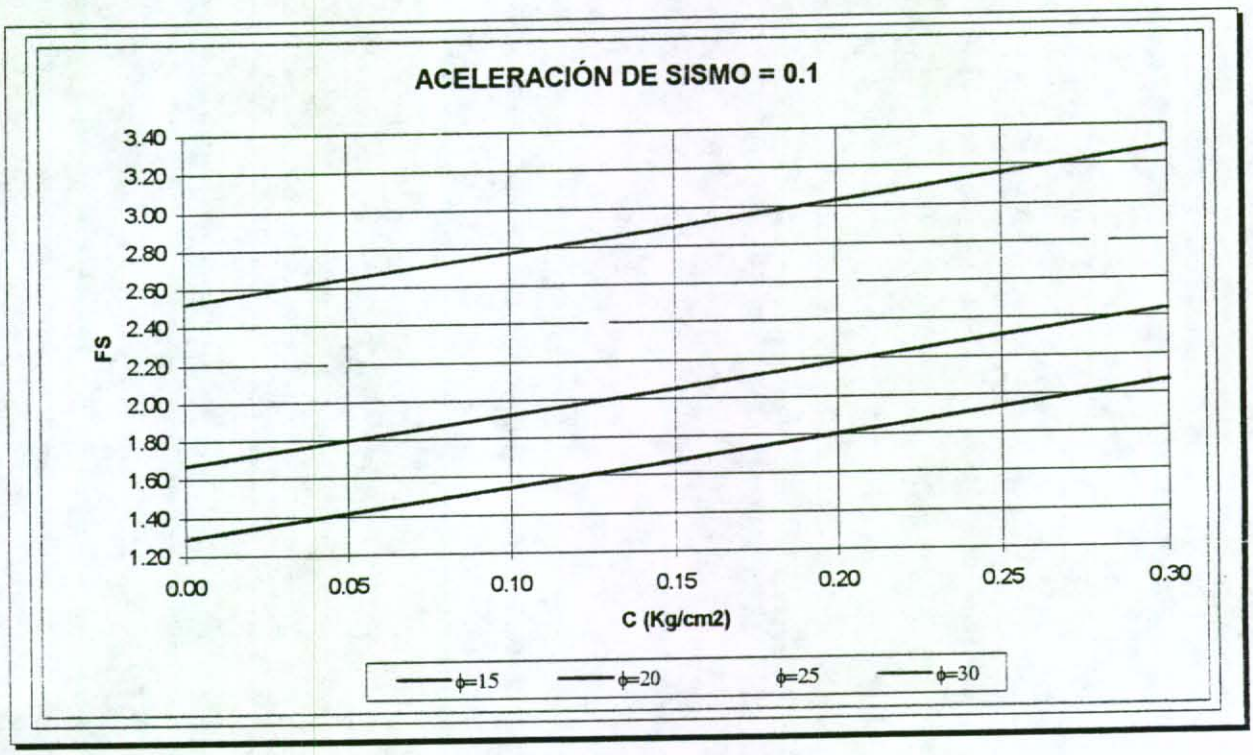
ANÁLISIS POR EL METODO DE JANBU PARA SUPERFICIE ESPECIFICADA

FALLA PROGRESIVA

FACTOR DE SEGURIDAD



GRÁFICA No.1



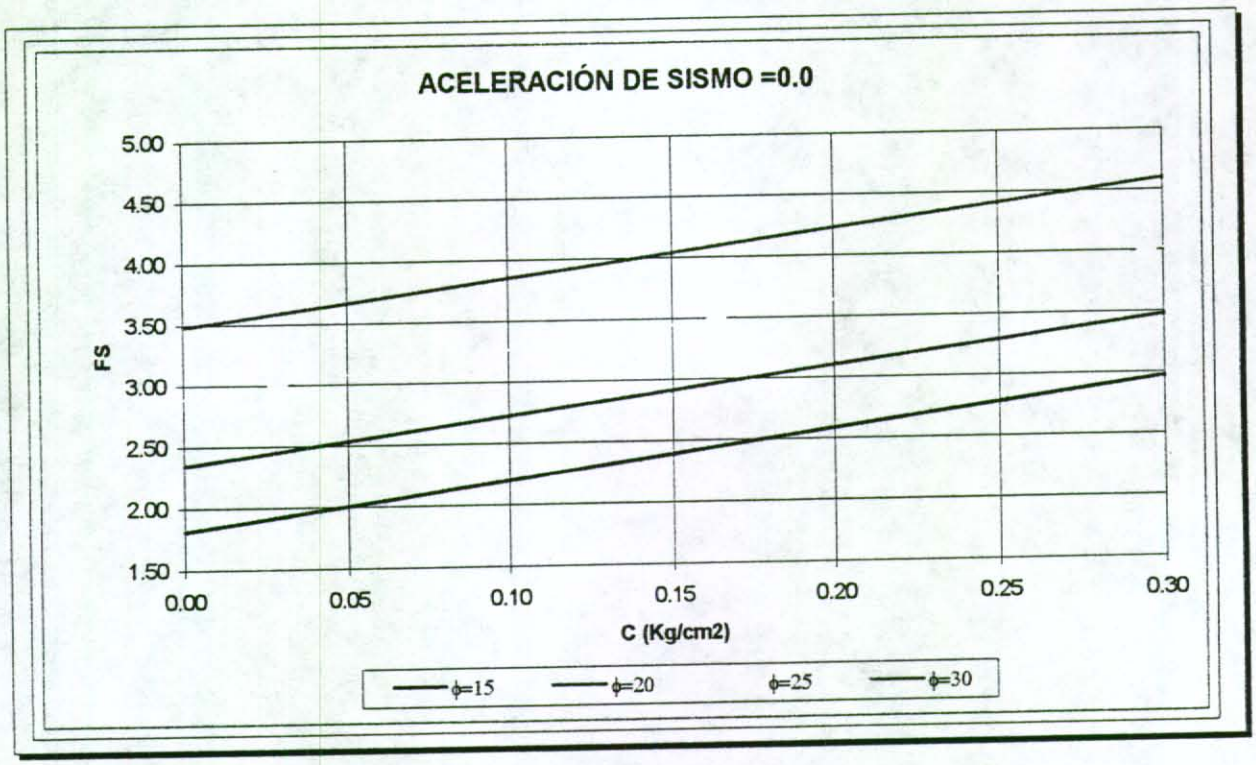
GRÁFICA No.2

FIGURA No.14

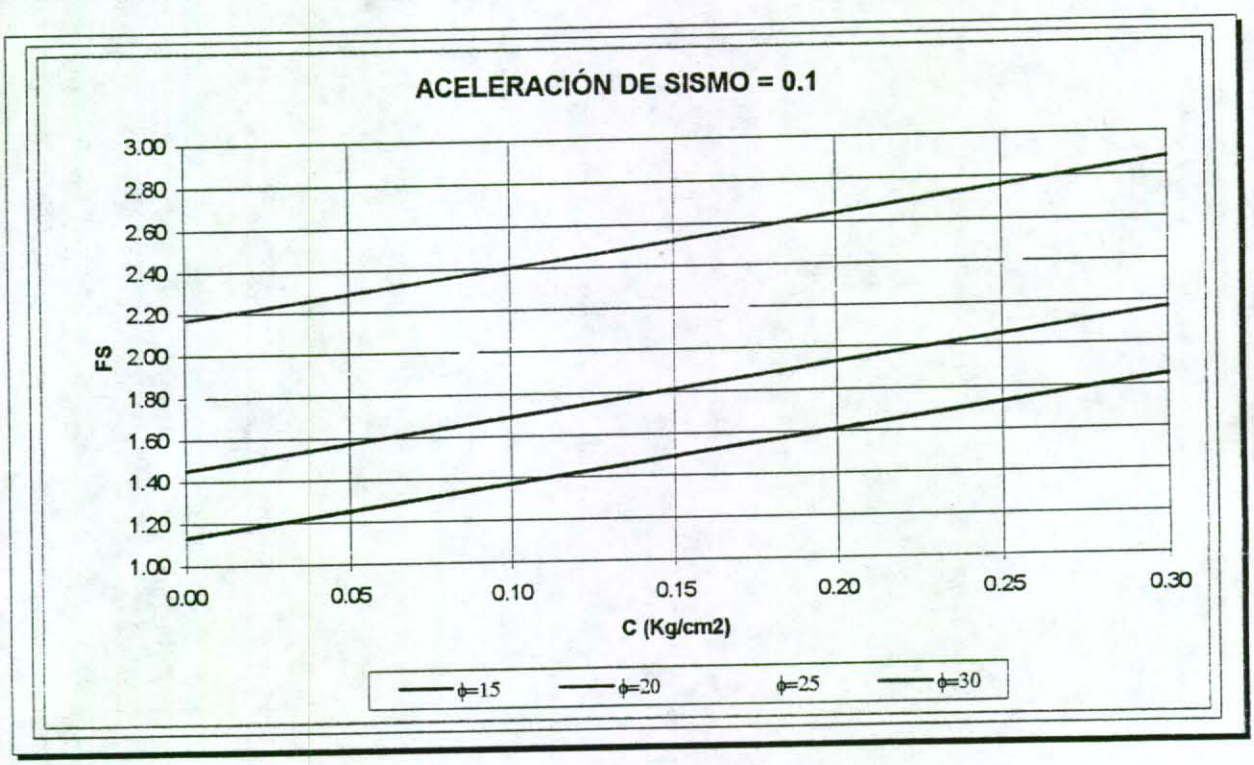
RESULTADOS DEL ANÁLISIS PARA EL TALUD OCCIDENTAL SECCIÓN B

ANÁLISIS POR EL METODO DE JANBU PARA SUPERFICIE ESPECIFICADA
FALLA PROGRESIVA

FACTOR DE SEGURIDAD



GRÁFICA No.5



GRÁFICA No.6

5. ZONA DE AFECTACION

5.1 INTRODUCCION

La ocurrencia del deslizamiento afectando un amplia zona comprendida entre la carrera 11B, ha cambiado notoriamente las circunstancias iniciales de manejo urbanístico y la solución propuesta de un gran terraplén cubriendo una amplia área del barrio Playón Playitas entre las calles 49 Sur, 49A Sur y 50 Sur, e implicando construcciones sobre la carrera 11D, hace necesario un replanteo de la problemática, considerando la posible del Sector 1.

Teniendo en cuenta estas circunstancias se hacen algunos planteamientos generales que deben ser complementados y detallados de acuerdo a las soluciones adoptadas. Previamente a este informe se presentaron algunas recomendaciones que tuvieron vigencia antes de que ocurriera el deslizamiento y se adoptara la solución de terraplén como definitiva.

En la plancha N° 14 se presenta la zona de afectación del proyecto de estabilización, indicando por una parte los predios y por otra parte las construcciones afectadas y el cubrimiento que de ellos haría la solución de terraplén. Igualmente se plantea en la plancha correspondiente la vía perimetral de las obras en el barrio Playón - Playitas, que debiera ser construida tanto para acceso de las viviendas, como para construcción de los servicios públicos y a la vez como zona de protección y de acceso constructivo.

5.2 ZONA AFECTADA

Al adoptarse la solución de estabilización por medio de la construcción de un terraplén de contrapeso para toda el tramo de afloramiento de las arcillolitas, el consultor determinó una posible área de afectación que fue suministrada a la UPES y sobre ella se llevó a cabo un censo de viviendas, y predios que permitiera determinar su cantidad, propietarios y disponer de una información básica para una eventual evacuación. Esta información es la que aparece consignada en la Plancha N°14.

Los resultados de cálculos adelantados y la modelación con parámetros geotécnicos obtenidos en el estudio y factores de seguridad de norma para construcciones antisísmicas, obligan sinembargo a la ampliación de la base del terraplén, y de la vía perimetral involucrando una buena cantidad de nuevas viviendas del Barrio Playón Playitas complicando por este concepto en forma importante su ejecución. Esta nueva área se presenta igualmente en la Plancha N° 14.

Las obras diseñadas afectan principalmente el Sector 1 por la extención o amplitud del terraplén y de la vía perimetral que sería conveniente construir. En el Sector 2 la afectación se limita a la vía diseñada a manera de zona de protección en la base del talud, que tendría además la función de acceso para la construcción.

5.3 ASPECTOS URBANISTICOS

En la zona de estudio se determinaron dos sectores desde el punto de vista de la afectación del enfermo espacial por efectos de la inestabilidad del terreno.

La sectorización adoptada desde el punto de vista urbanístico coincide en forma total con la sectorización geotécnica, de tal manera que se establecen de acuerdo a las soluciones de estabilización, un Sector 1 dominado por el terraplén que completamente empradizado y arborizado, puede ser constituido como un área de recreación, que permitirá la recuperación urbanística del barrio.

En el Sector 1 la zona de afectación cubre las viviendas localizadas sobre la carrera 11D entre calles 49 y 50 Sur del barrio la Merced Sur y buena parte de las comprendidas entre la calle 50 Sur y 49 Sur del barrio Playón Playitas, algunas de las cuales han sido ya incluidas en el programa de relocalización de sus habitantes. El área de afectación se presenta en el plano N° 14, donde se muestra por una parte la extensión del terraplén y por otra parte las construcciones y prediación general de la zona.

En el Sector 2 se deben tener en cuenta principalmente los predios no construidos, localizados sobre el borde alto del talud, que serán afectados por la construcción de las obras hidráulicas, y bermas. Las construcciones ya existentes en la corona del talud de este Sector no presentan signos de deterioro por efecto de la inestabilidad, pero podrían igualmente ser afectadas durante la construcción y por lo tanto de tenerse en cuenta el adecuado manejo de estos terrenos. En caso de que llegaran a ser afectadas se debe considerar que seguramente resulta más económico demolerlas total o parcialmente que implementar medidas de protección.

En este Sector 2 se identificaron algunas viviendas con desagües al talud que deben ser evacuados hacia el colector de la carrera 11B.

5.4 RECOMENDACIONES URBANISTICAS

5.4.1. Corredor de Protección

Con el propósito de realizar los mantenimientos necesarios a las obras de estabilización y realizar un monitoreo preventivo se propone establecer una franja de dominio público en la parte baja de la zona afectada que iría bordeando las áreas afectadas por las obras hasta empalmar con la carrera 11 C . Este corredor tipo vía peatonal tendría un ancho de cinco metros y daría acceso a las construcciones existentes, con lo cual se asegura un control comunal de las obras de estabilización, por constituirse en un frente para estas construcciones. Este corredor tendrá un andén junto a las construcciones y sería el acceso durante la construcción de los taludes y sobre el otro costado se construirá la cuneta de captación de aguas lluvias.(Ver planchas 6 y 7)

5.4.2. Interdicción de Construir

En la parte superior de la zona afectada se debe evitar el desarrollo de cualquier tipo de edificaciones y detener las construcciones que se adelantan en este momento.
Por una parte porque se deben evitar los esfuerzos sobre el terreno que es débil y porque es muy difícil hacer los desagües de esta zona que se encuentra por debajo del nivel de la carrera 11 B.

5.4.3. Accesos

En caso de ser adoptada la solución de terraplén, se vería afectada la carrera 11D que constituye hoy en día el acceso al barrio La Merced Sur y en consecuencia deben estudiarse varias posibilidades de acceso, entre las que se plantean las siguientes:
- La más adecuada urbanisticamente es la recuperación de la vía sobre el terraplén.
- Adecuar el acceso y mejorarlo a partir de la carrera 11A entrando al barrio por la transversal 11C y empalmando con la carrera 11B hasta la calle 49 Sur.
- La entrada por la calle 50 Bis Sur se prolongaría sobre la parte occidental de la carrera 11D a empalmar con la calle 50 Sur.

En el barrio Playón Playitas será necesario establecer un acceso a partir de la calle 50 Bis Sur hasta la carrera 11B, bordeando el terraplén hasta empalmar en la calle 49 Sur con la perimetral de las obras del Sector 2.

6. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTOS

Los costos que se presentan en los cuadros 5 y 7 corresponden a los diseños de terraplén para el Sector 1 y de las pantallas en concreto neumático para el Sector 2, cuyos detalles constructivos se presentan en los planos 8 a 10 y 11 a 13 respectivamente, de donde fueron extraidas las cantidades de obra. Los costos de manejo de aguas superficiales se presentan por separado en el cuadro 6 y 8 corresponden a los diseños de las planchas 3 y 4.

Los precios fueron tomados del último bimestre de 1997 y fueron establecidos en forma global para cada item, de tal manera que cada uno incluye las siguientes actividades:

- **EXCAVACIONES :** El precio unitario incluye el retiro del material excavado y su transporte al sitio de botadero ó al sitio de compactación.

- **DRENES HORIZONTALES:**Este Item incluye:
Perforación
Tubería perforada, en PVC, para drenes
Geotextil para envolver la tubería de PVC
Accesorios de entrega y evacuación del agua

- **CONCRETO DENTAL:** Se incluye en el precio:
Excavación
Materiales
Todas las cantidades de la colocación (formaletas, curado, etc)

- **CONCRETO NEUMATICO:**Se cotiza por aparte la aplicación del recubrimiento y la malla de refuerzo.Los precios incluyen preparación de la superficie y anclaje para la malla

- **PERNOS DE ANCLAJE :**Se incluye en el precio unitario perforación, instalación del perno, colocación resina y tuercas y arandelas.

- **ESTABILIZACIÓN TALUD SUPERIOR:** Este item presentado como global, se aplica para un área de 660 m^2 y comprende el concreto neumático, malla y lloraderos cuyo proceso de construcción y costos unitarios son iguales a los del Sector 2. En esta forma el costo por m^2 se calculo en $ 45.454,55.

Los costos no incluyen impuestos (IVA, ICA)compras de viviendas, indemnizaciones, costo social ni manejo de situaciones de desalojo para construcción de las obras, ni eventuales traslados de líneas de energía. Igualmente se establece que los presupuestos se limitan estrictamente a las obras de estabilización y no tienen en cuenta obras complementarias como la construcción

del alcantarillado pluvial y las mejoras del alcantarillado de aguas servidas en el área de influencia.
Las obras propuestas se pueden adelantar en su totalidad, o sector por sector, razón por la cual se presentan en forma separada. Sinembargo debe tenerse en cuenta que se puede crear una relación constructiva entre los dos sectores, ya que en el Sector 2 se tiene prevista la excavación de volúmenes de material, utilizables en el Sector 1.

El presupuesto de estabilización por terraplén del Sector 1 presentado en el cuadro Nº 5 resulta muy elevado si se tiene únicamente en cuenta la relación con los bienes que se están protegiendo y la UPES tendrá que entrar a evaluar su viabilidad económica a la luz de los compromisos sociales con la comunidad.

000101

ANEXOS CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTOS

CUADROS 5 - 6

GEOCONSULTA LTDA.

CUADRO N° 5
SECTOR 1
CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

A. OBRAS DE ESTABILIZACION

ITEM N°	DESCRIPCION	UND.	CANT.	PRECIO UNT. $	TOTAL MILES $
1.1	Excavación filtro de fondo	m^3	4160	25.000	104.000
1.2	Excavación talud superior	m^3	5970	40.000	238.800
1.3	Excavación en la ladera	m^3	2000	25.000	50.000
2	Drenes Horizontales	m.l.	350	100.000	35.000
3	Trinchera de drenaje	m.l.	120	200.000	24.000
4.1	Relleno compactado	m^3	25800	25.000	645.000
4.2	Filtro compactado	m^2	1000	40.000	40.000
5	Empradización	m^2	4500	3.000	13.500
6	Geotextil de refuerzo	m^2	15800	2.000	31.600
7	Estabilización talud superior	S.G.			30.000
	SUBTOTAL				**1.211.900**
	AIU 25%				**302.975**
	TOTAL				**1.514.875**

CUADRO Nº 6
ESTABILIDAD DE TALUD BARRIOS LA MERCED Y PLAYON

LOCALIDAD URIBE URIBE

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

SECTOR 1

B. OBRAS PARA EL MANEJO DE AGUAS

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	V/TOTAL $
1.PRELIMINARES				
1.1Localización y replanteo	Gl.	1	800000	800.000
1.2 Señalización durante la construcción	Gl	1	600000	600.000
1,3Suministro y colocación Vallas 1.00 x 1.50 con diseño suministrado por UPES	Un.	4	90000	360.000
2.-Movimiento de tierras				
2,1 Excavaciones en tierra o conglomerado	m^3	130	5000	650.000
2,2 Limpieza de cunetas Existentes	m	130	3000	390.000
2,3 Relleno con material seleccionado de la excavación	m^3	100	3000	300.000
2,4 Cargue y transporte de materiales sobrantes	m^3	30	8000	240.000
3. OBRAS DE ALCANTARILLADO				
3,1 Reubicación de conexiones domiciliarias de Alcantarillado sanitario en 6" incluyendo excavación, atraque, tubería y relleno	m	20	22000	440.000
3,2 Suministro y colocación de tubería diametro 12"incluyendo atraque	m	55	45.000	2.475.000
3,3 Suministro u colocación de tubería de diametro 12" para filtro en PVC	m	115	57000	6.555.000
3,4 Suministro e Inst. Tubería D=8" incluyendo atraque	m	15	25000	375.000
3,5 Construcción de pozos de inspección de acuerdo a modelo EAAB. incluyendo excavación, base y cuñuela,cilindro,cono,aro y tapa,rellenos	Un	6	470.000	2.820.000
3,6 Construcción de cámara de caída de acuerdo a modelo EAAB, incluyendo excavación, base y cuñuela,cilindro,cono,aro y tapa,rellenos	Un	1	1.100.000	1.100.000
3,7 Pruebas de filtración en sistemas de Alcantarillado existentes	Gl	1	500.000	500.000
4.Perfilada Vía Cunetas y obras varias				
4.1 Perfilada manual de vía para conducir aguas a cuneta	m^2	320	2000	640.000
4,2 Construcción de cuneta en concreto simple de 2500PSI de sección trapezoidal b=0,12 h= 0,20 talud 1:1 y paredes de 0,10 incluyendo excavación solado y relleno	m	278	30000	8.340.000
4,3 construcción de desarenadores en entrega de cuneta a tubería	Un	3	120000	360.000
4,4 Construcción cuneta rectangular de 0,40x0,15 en concreto incluyendo excavación solado y relleno	m	84	30000	2.520.000
SUMA				29.465.000
AIU 25%				7.366.250
TOTAL				**36.831.250**

CUADRO N° 7
SECTOR 2 - TALUD ORIENTAL
CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

A. OBRAS DE ESTABILIZACION

ITEM N°	DESCRIPCION	UND.	CANT.	PRECIO UNT. $	TOTAL MILES $
1.1	Excavación en material intermedio	m^3	2200	40.000	88.000
1.2	Excavación manual de desabombe	m^3	220	27.000	5.940
1.3	Excavación de cuñas inestables	m^3	300	40.000	12.000
2	Drenes Horizontales	m.l.	112	100.000	11.200
3	Concreto Dental	m^3	120	180.000	21.600
4.1	Concreto Neumático	m^3	60	230.000	13.800
4.2	Malla de Refuerzo en el Concreto Neumático	m^2	1520	5.000	13.680
5	Pernos de Anclaje	m.l.	250	130.000	32.500
	SUBTOTAL				**198.720**
	AIU 25%				**49.680**
	TOTAL				**248.400**

CUADRO Nº 8
ESTABILIDAD DE TALUD BARRIOS LA MERCED Y PLAYON

LOCALIDAD URIBE URIBE

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

SECTOR 2

B. OBRAS PARA EL MANEJO DE AGUAS

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	V/TOTAL $
1.PRELIMINARES				
1.1Localización y replanteo	Gl.	1	500000	500.000
1.2 Señalización durante la construcción	Gl	1	400000	400.000
1,3Suministro y colocación Vallas 1.00 x 1.50 con diseño suministrado por UPES	Un.	4	90000	360.000
2.-Movimiento de tierras				
2,1 Excavaciones en tierra o conglomerado	m^3	350	5000	1.750.000
2,3 Relleno con material seleccionado de la excavación	m^3	200	3000	600.000
2,4 Cargue y transporte de materiales sobrantes	m^3	150	8000	1.200.000
3. OBRAS DE ALCANTARILLADO				
3,1 Reubicación de conexiones domiciliarias de Alcantarillado sanitario en 6" incluyendo excavación, atraque, tubería y relleno	m	30	22000	660.000
3,2 Suministro y colocación de tubería de diametro 8" incluyendo atraque en profundidades menores a 2.00 m.	m	50	25000	1.250.000
3,3 suministro y colocación de tubería D=12" incluyendo atraque	m	61	45000	2.745.000
3,4 construcción de pozos de inspección de acuerdo a modelo EAAB. incluyendo excavación, base y cuñuela,cilindro,cono,aro y tapa,rellenos	Un	7	470.000	3.290.000
3,5 Construcción de cámara de caída de acuerdo a modelo EAAB, incluyendo excavación, base y cuñuela,cilindro,cono,aro y tapa,rellenos	Un	5	1.100.000	5.500.000
3,6 Pruebas de filtración en sistemas de Alcantarillado existentes	Gl	1	300.000	300.000
4. Obras varias				
4,1 Construcción de cuneta en concreto simple de 2500PSI de sección trapezoidal b=0,12 h= 0,20 talud 1:1 y paredes de 0,10 incluyendo excavación solado y relleno	m	220	30000	6.600.000
4,2 construcción de desarenadores en entrega de cuneta a tubería	Un	2	200000	400.000
4,3 Construcción de disipadores de energía en concreto incluyendo excavación solado y relleno	Un.	2	120000	240.000
SUMA				25.795.000
AIU 25%				6.448.750
TOTAL				**32.243.750**

000106

7. CONCLUSIONES

1. La secuencia litostratigráfica aflorante comprende areniscas de grano fino con intercalaciones de arcillolitas y limolitas,suprayaciendo arcillolitas consolidadas. Las areniscas son de grano fino a medio, bien seleccionadas, laminadas,friables, fracturadas. Las arcillolitas son rojas hasta abigarradas, compactas pero se agrietan en superficie y presenta pequeñas intercalaciones de arena fina.

2. Las arcillolitas afloran en el sector Noroccidental del talud, en donde se presentan deslizamientos con carácter rotacional y tipo de falla progresiva. En el sector Suroriental las arcillolitas se confinan por debajo de la superficie y no presentan problemas de inestabilidad.

3. Las areniscas conforman de Noroccidente a Suroriente taludes cada vez más altos hasta llegar a 20m de altura, verticales y relativamente estables. Presentan desprendimiento de bloques a lo largo de fracturas y diaclasas y erosión y alteración de la superficie del talud.

4. Las rocas que conforman el talud conforman el flanco de un anticlinal suavemente inclinado y amplio con rumbo de las capas que varía de Norte a Sur desde N40W, hasta N40E, con buzamientos suaves (15-30°) al EN y SE. Las areniscas presentan fracturas que causan pequeños cambios de rumbo y diaclasamiento vertical marcado.En las arcillolitas se observaron niveles cizallados, siguiendo el rumbo de las capas.

5. Las areniscas tienen permeabilidad secundaria alta a lo largo de fracturas y diaclasas y permeabilidad primaria media a baja, mientras que las arcillolitas son poco permeables y constituyen un acuicierre. El área de recarga estimada es del orden de 3 Ha.Las características expuestas indican que para la zona Centronorte del talud no existen condiciones que permitan la conformación de un cuerpo de agua y nivel freático permanente, y que el tránsito de las aguas debe ocurrir en forma relativamente rápida.

6. En el talud de la carrera 11D se observaron humedades y afloramientos de agua que según se pudo comprobar eran originados por fugas de los alcantarillados existentes, o provenientes de construcciones no conectadas a los colectores. El aporte de estas aguas contribuyó sin duda a acelerar el proceso de inestabilidad.

7. El Sector Oriental presenta un mecanismo de inestabilidad que consiste en la caída individual de bloques de roca, el cual es causado por fuerte diaclasamiento en la arenisca, acumulación de agua en las diaclasas, la cual produce empuje hidrostático que desestabiliza los bloques de roca y socavación en la base de los

bloques; esta socavación ocurre en las intercalaciones arcillosas, y a veces también en la misma arenisca, en consecuencia los bloques pierden soporte y caen.

8. En el sector Occidental se han presentado en cambio deslizamientos masivos y profundos, debido a las pérdida de cohesión de las arcillolitas, con un mecanismo que se interpreta como de falla progresiva. Esta perdida puede ser causada por deformación, y también por humedecimiento.

9. Para estabilizar el talud Oriental por caída de bloques se diseñaron las siguientes obras: a) de drenaje, para evitar acumulación de aguas en diaclasas; estas medidas consisten de un sistema de cunetas y dos baterías de drenes horizontales cortos (L=6.0 m).b) El relleno de las capas socavadas, mediante concreto dental, a fin de recuperar el soporte en la base de bloques de rocas. c) Excavación de un berma intermedia (cota 2584) a fin de mejorar las condiciones generales de estabilidad.d) Recubrimiento en concreto neumático para control de erosión y socavación.

10. Para la estabilización de los deslizamientos profundos en arcillolita, se propone un terraplen de contrapeso, de gran volúmen para que pueda contener las grandes masas involucradas en estos deslizamientos. Este Terraplen es complementado con medidas de drenaje para mantener el nivel freático en una posición segura, consistentes en dos baterías de drenes y una trinchera drenante. Igualmente se requiere excavación menor en la corona del derrumbe, para efectos de descarga y refuerzo parcial del terraplén a base de geotextil.

11. La estabilización por terraplén significa una solución permanente, pero a la vez una inversión alta en construcción y la afectación de un número importante de viviendas tanto del Barrio Playón-Playitas en la base, como del Barrio La Merced Sur, lo cual complica en gran manera su construcción.

12. En caso de construirse la solución de estabilización por terraplén se considera conveniente utilizar el área así destinada para un parque de recreación.

BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, A., Angel, G., Isaza, A. (1976). Bases para el Estudio Geotécnico de las Lutitas en Colombia. Proyecto de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Bogotá, 1976.

Bishop, A.W. (1955) The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes. Geotechnique. Vol 5. London.

Bjerrum, L. (1997). Progressive Failure in Slopes of Overconsolidated plastic Clay and Clay Shales. Terzaghi Lecture. J. ASCE.

Broms, B. (1975) "Landslides" Cap 11. Foundation Eng. Handbook. Eds Winterkorn and Fang. Wiley, N.Y., 1975.

García, M. (1992). Métodos para el Tratamiento de Zonas Inestables. En Curso de Estabilidad de Taludes. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1992.

González, A. (1989). Informe del Relator. Sesión II. I simposio suramericano de deslizamientos. Vol II. Paipa, 1989.

Gutiérrez, J. y otros (1989). Métodos Mecánicos de Estabilización de Taludes. I Simposio Suramericano de Deslizamientos. Paipa. Colombia.

Hoek, E., Bray, J. (1977). Rock Slope Engineering. Inst. of Min. and Met. London, 1977.

Irfan, T.; Woods, N. (19??) The Influence of Relict Discontinuities on Slope Stability in Saprolitic Soils.

Montero, J. (1992). Procesos, Factores y Causas de Inestabilidad de Taludes y Laderas. En Curso de Estabilidad de Taludes. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1992.

Sistema Nacional Para la Prevención de Desastres. (1989). Codificación de Normas. Decreto No. 919. 1o de mayo de 1989. Presidencia de la República.

Skempton, A.W; Petley, D.J. (1967). The Strength Along Structural Discontinuities in Stiff Clays. Reprinted from Proc. Geotech. Conf. Oslo. in Selected Papers on soil mechanics. Thomas Telford Ld. London, 1984.

Varnes, D. (1978). Slope Movement. Types and Processes. Cap. 2 de "Landslides Analysis and Control" Special Report 176. Eds. Schuster R. y Krizek, R. National Academy of Sciences. Washington, 1978.

INGEOMINAS, 1995. Estudio Geotécnico sector Playón-Playitas, Fase II.

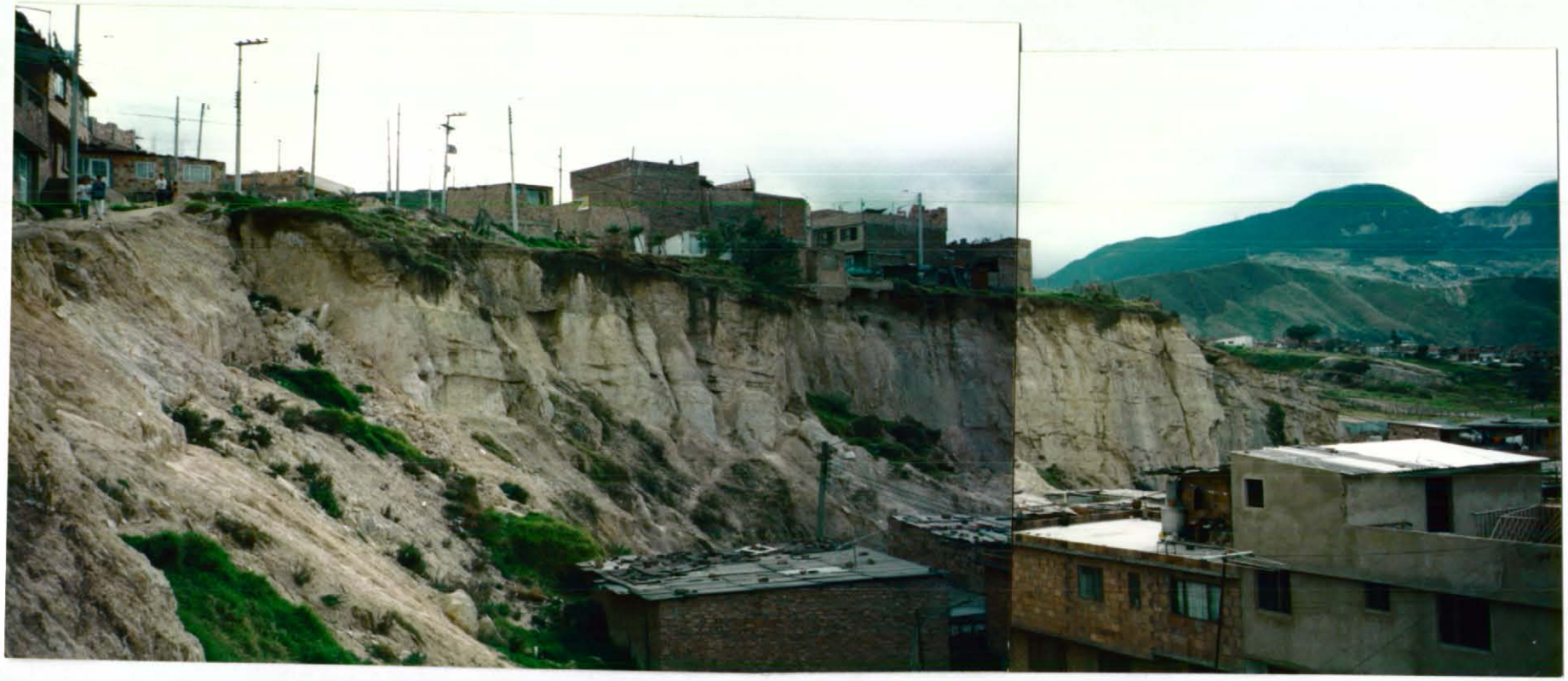
Columna Estratigráfica Generalizada de la Sabana de Bogotá.

J. De Porta, 1974. Lexique Stratigraphique International. Volumen V, Colomie

INGEOMINAS, 1995. Estudios Geotécnico sector Playón-Playitas, Fase II.

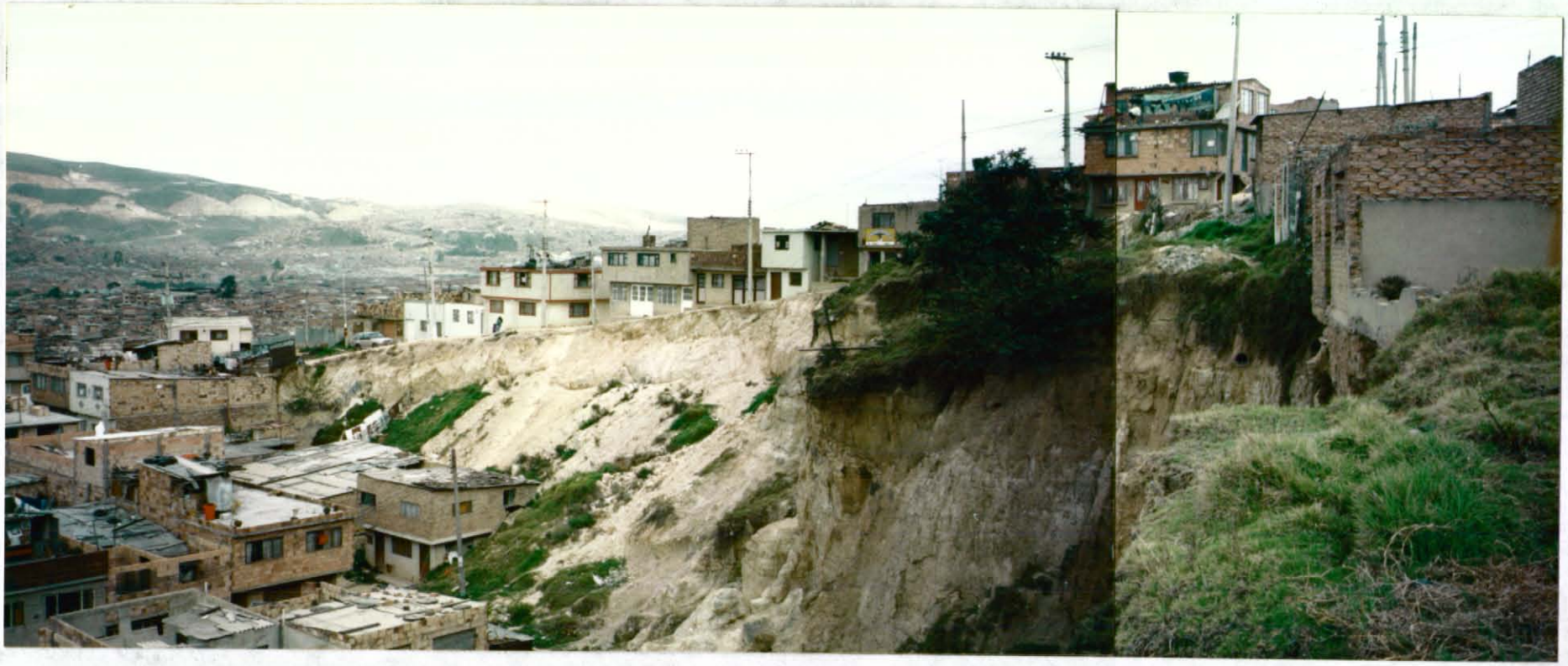
Columna Estratigráfica Generalizada de la Sabana de Bogotá.

ANEXO FOTOGRAFICO

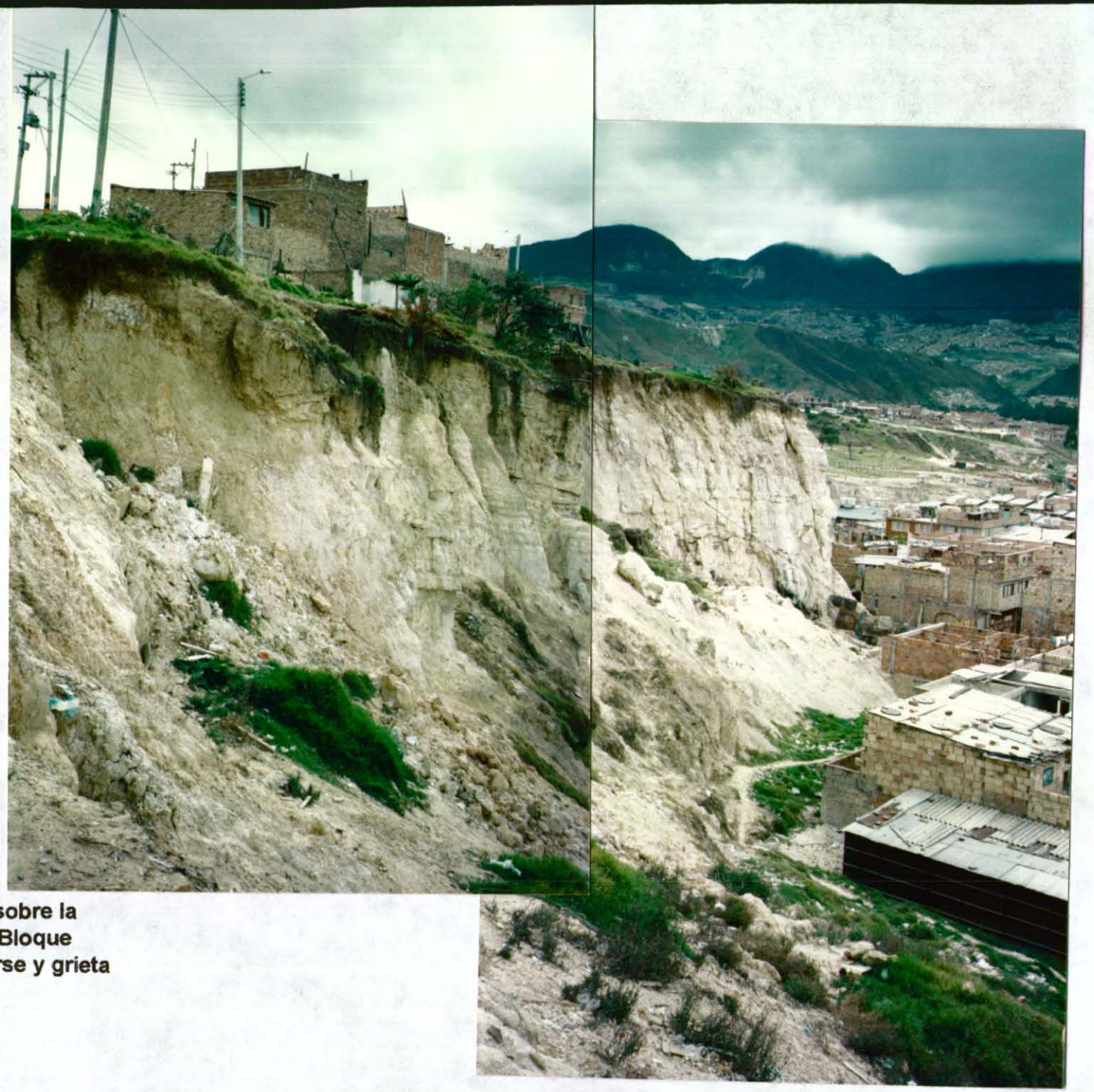


Fotografía Nº 1: Panoráma de los taludes estudiados, vista desde la parte baja de la carrera 11D

000112



Fotografía Nº 2: **Visita Sobre el Talud de la Cra. 11D**



Fotografía Nº 3: Vista sobre la Parte Central del Tald Bloque a punto de desprenderse y grieta



Fotografía Nº 4: **Visita desde el pie del talud a la parte central con restos de la casa destruida. Nótese las bocas de los tubos de alcantarillado rotos.**



Fotografía Nº 5: **Vista desde el pie ddel talud, parte central, se notan las bocas de los tubos, que causan desprendimiento y flujo de suelos. Se observa igualmente el fracturamiento de la roca.**



Fotografía Nº 6: Fracturación de Areniscas sector oriental



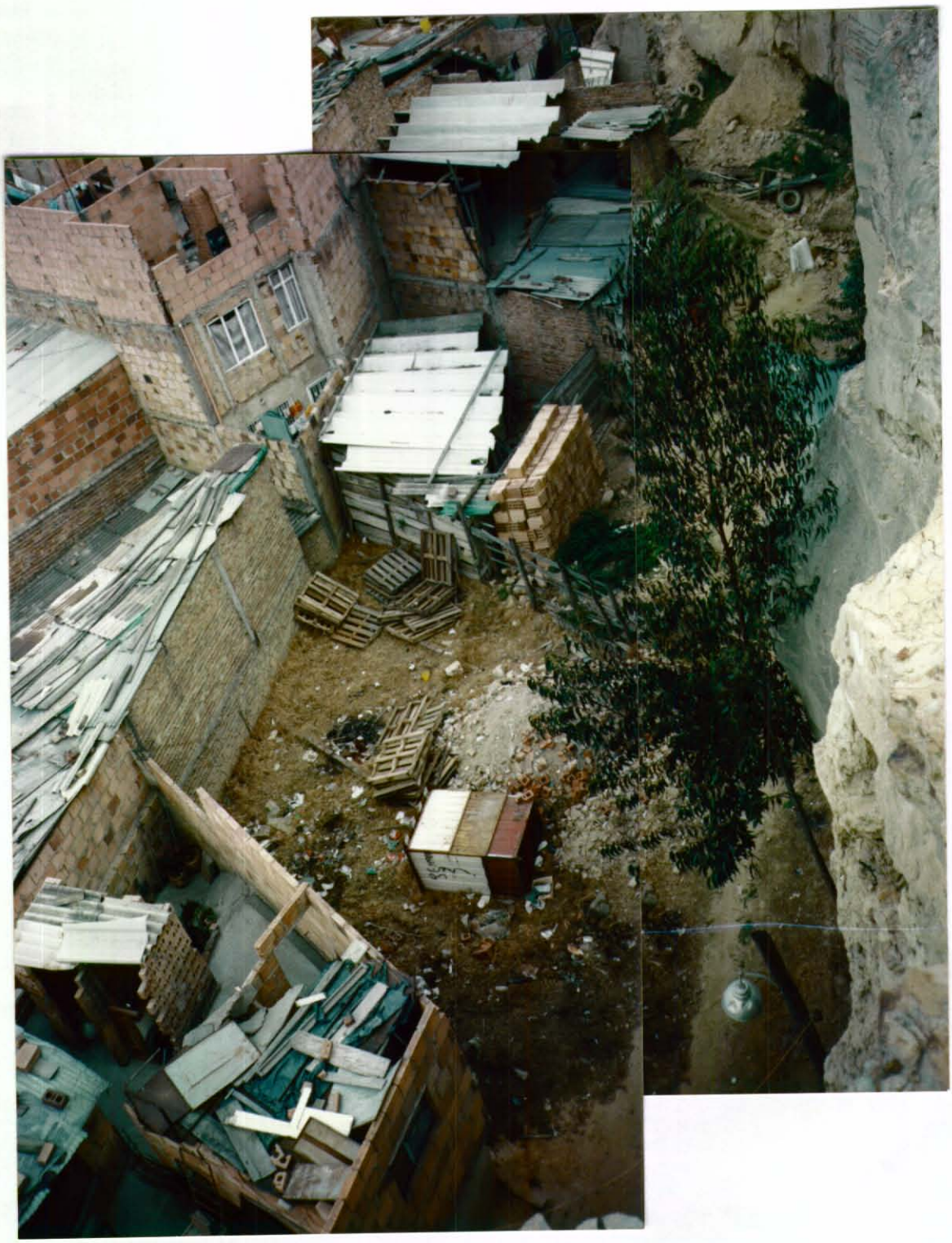
Fotografía Nº 7: **Talud vertical en areniscas, se observa el plano definido de fracturación y oquedades por desprendimiento o lavado**



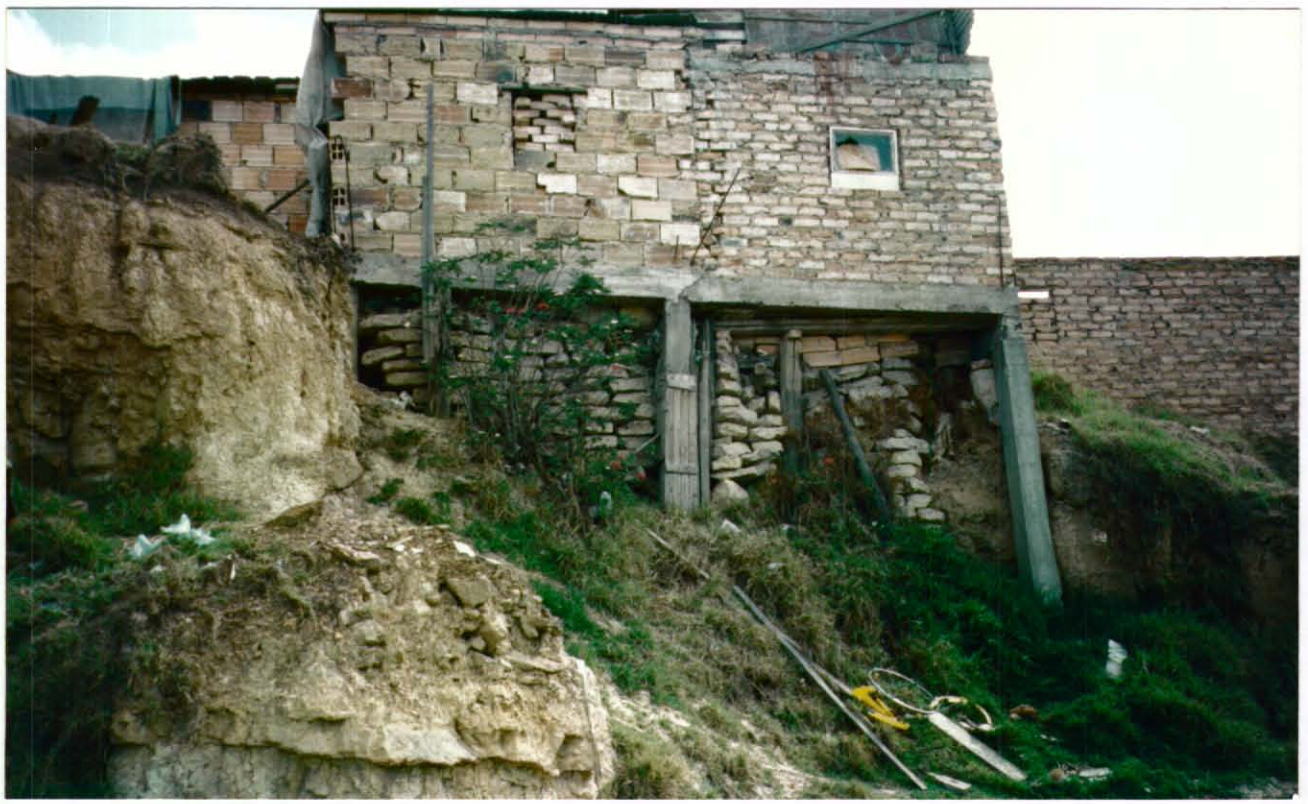
Fotografía Nº 8: **Talud vertical en areniscas, se observa la fracturación en la parte alta y la pequeña distancia a los predios construidos**



Fotografía Nº 9: **Vista hacia la parte alta de la carrera 11D. Se observa el contacto de las areniscas con las arcillas.**



Fotografía Nº 10: Vista desde el borde superior del talud oriental a los predios cercanos



Fotografía Nº 11: Vista sobre construcción en la parte alta del talud, Sector 3



Fotografía Nº 12: Vista sobre construcción en la parte alta del talud, Sector 3



Fotografía Nº 13: Vista sobre construcción en la parte alta del talud, Sector 3



Fotografía Nº 14: Detalle de la cuneta existente y el tubo pasacalle



Fotografía Nº 15: Detalle de grietas en casa de la Carrera 11D



Fotografía N° 16: Deslizamiento de la caída sobre la Carrera 11D, al inicio de los trabajos vista desde la Calle 50 Sur.



Fotografía N° 17: Deslizamiento e inicio de los trabajos vistos desde la parte baja de la Carrera 11D



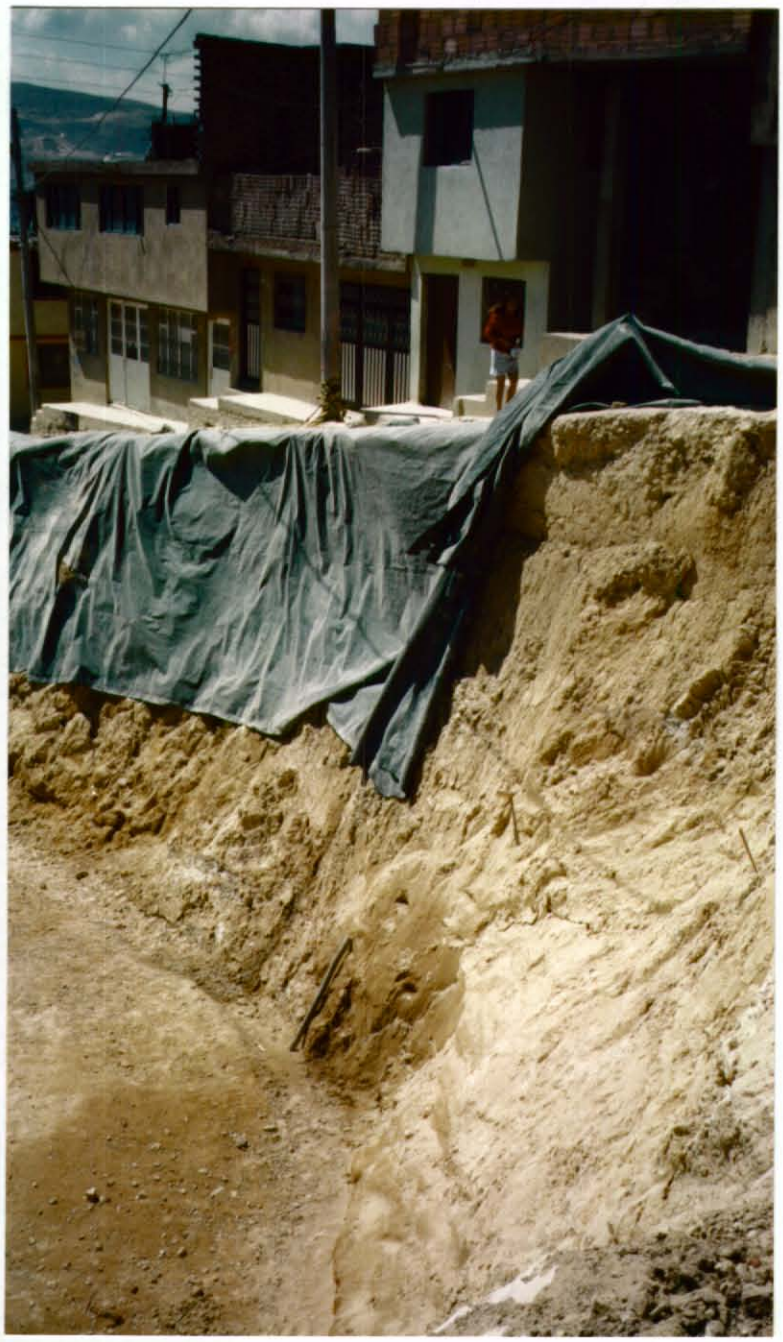
Fotografía Nº 18: Avance de los trabajos antes de iniciar colocación de terraplén



Fotografía Nº 19: Vista parcial sobre la cuña deslizada



Fotografía Nº 20: Superficie de Falla en la Base del Talud en Arcillolitas



Fotografía Nº 21: Vista parcial de la superficie de falla sobre la Carrera 11D