MGL

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN, PROTECCIÓN Y CONTROL RECOMENDADAS PARA EL ESCARPE ADYACENTE AL CED-PLAN CANTERAS, DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Contrato de consultoría CONS. 183 de 2004

Informe final

Trabajo No. 073
MOYA Y GARCÍA LTDA.
Ingenieros Consultores

Bogotá, D.C., Agosto de 2004.

MGL

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. TOPOGRAFÍA

3. GEOLOGIA

3.1 Metodología

3.2 Geología Regional

3.3 Geología Local

3.3.1 Estratigrafía

3.3.2 Geología Estructural

3.4 Geomorfología

3.4.1 Morfodinámica

4. CARACTERIZACION DE SUELOS Y VEGETACION

4.1 Inventario de uso actual de suelo y cobertura

4.1.1 Método de estudio

4.1.2 Unidades de uso

4.2 Descripción de suelos

4.2.1 Características físicas

4.2.2 Características Químicas

4.3 Estimación de la pérdida de suelos por erosión pluvial

4.3.1 Consulta de Información

4.3.2 Reconocimiento del terreno

4.3.3 Cartografía analítica

4.3.4 Análisis de resultados

4.3.5 Factor de pendiente, LS.

4.3.6 Factor de Cobertura, C.

4.3.7 Factor Prácticas de conservación y manejo de agua.

4.3.8 Estimación de la perdida de suelos, E.

5. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

5.1 Exploración del subsuelo

5.2 Ensayos de laboratorio

5.2.1 Ensayo de Angulo de Fricción en plano inclinado

5.2.2 Ensayo de carga puntual sobre fragmentos de roca
5.3 Parámetros de Resistencia
6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
6.1 Análisis de falla en cuña
6.2 Análisis de falla por volteo
6.3 Análisis de falla rotacional
6.4 Análisis de caída de rocas
6.5 Influencia de cada proceso
7. ZONIFICACIÓN DE AMENAZA
8. VULNERABILIDAD
8.1 Resultado de las encuestas
8.2 Evaluación de la vulnerabilidad
9. RIESGO
10. ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN
10.1 Planteamiento
10.2 Análisis de costos
10.3 Análisis de alternativas
10.4 Recomendaciones
11. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA RECOMENDADA
11.1 Parapeto
11.2 Sellado de grietas en la cobertura de malla y concreto lanzado
11.3 Complemento al sistema de drenaje
11.4 Cobertura en los sectores descubiertos
11.5 Control de erosión en el costado norte
11.6 Complemento vegetal
12. RESTAURACION DE LA COBERTURA VEGETAL
12.1 Factores Limitantes
12.2 Factores Tensionantes
12.3 Interacción Tensionantes – Limitantes
12.4 Potencial de Restauración
12.5 Estrategia de Restauración

12.6 Obras de Restauración

12.6.1 Adecuación de suelos, que comprende dos etapas

12.6.2 Siembra las semillas sobre la superficie

12.6.3 Mantenimiento:

12.7 Barreras vivas contra el escurrimiento superficial del agua o escorrentía

12.8 Barrera viva para contención, en la pata del talud.

12.8.1 Adecuación de suelos

13. ESPECIFICACIONES

14. PRESUPUESTO

14.1 Obras civiles

14.2 Obras vivas con vegetación

15. CRONOGRAMA

16. MANTENIMIENTO

17. CONCLUSIONES

MGL

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN, PROTECCIÓN Y CONTROL RECOMENDADAS PARA EL ESCARPE ADYACENTE AL CED-PLAN CANTERAS, DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Contrato de consultoría CONS. 183 de 2004

Informe Final

1. INTRODUCCIÓN

En éste informe se presenta el resultado del Estudio de riesgo por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseño detallado de las obras de estabilización, protección y control recomendadas para el escarpe adyacente al CED – Plan Canteras, de la localidad de Ciudad Bolívar, en la ciudad de Bogotá D. C, de acuerdo con los alcances de los Términos de Referencia de la Invitación pública para contratación directa No. 7302-28-2004 emitidos por la DPAE.

El informe se presenta en un volumen, donde se incluye el texto, los planos, tablas y gráficas y anexos complementarios. En un volumen aparte se presenta una versión ejecutiva del informe.

La zona de estudio se encuentra en los barrios Jerusalén, sector Plan Canteras, en la parte inferior (oriental) y sector Santa Rosita-Las Vegas, en la parte superior, y corresponde al escarpe de una cantera; está enmarcada entre la carrera 49F (arriba), la transversal 49D Bis (abajo) y las calles 68 G Bis Sur y 68H Sur. En la figura 1 se muestra la localización dentro de la ciudad y en las fotografías del anexo fotográfico se muestran las características del terreno.

Para la elaboración del estudio se adelantó inicialmente un reconocimiento por parte de los profesionales que participarían en él, en compañía de la Interventoría y personal de la DPAE, donde se definieron el área de estudio y sus alcances. Posteriormente se adelantaron las labores de levantamiento topográfico, exploración del subsuelo, levantamientos geológicos, geomorfológicos y de procesos, edafológicos y geotécnicos. Simultáneo con lo anterior se llevaron a cabo las encuestas sobre las características de las edificaciones y elementos expuestos. Con base en los resultados de las actividades anteriores se adelantaron los análisis de caracterización del terreno, de estabilidad y la bondad de posibles obras o acciones de manejo, tendientes a controlar la amenaza.

Después de analizar diferentes alternativas se llevó a cabo el diseño de la más conveniente, de la cual se presentan los respectivos diseños, las Especificaciones de Construcción y el análisis de costos.

2. TOPOGRAFÍA

Se adelantó el levantamiento topográfico del sector de estudio de una longitud de 220 m con un ancho medio de 120 m, para un área levantada de 22649.4 m^2, que incluye el escarpe de la antigua cantera (posiblemente de nombre Jerusalén, dado que en las planchas L14 y L24 de 1977, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, no se indica ningún nombre), las áreas del CED y del Jardín Infantil y las vías perimetrales. El levantamiento se adelantó con Estación Total de precisión angular al segundo y de distancia al milímetro; se amarraron las coordenadas al sistema IGAC para Bogotá, (con origen en el observatorio astronómico nacional, al que se le asignaron coordenadas planas Norte: 100000 y Este: 100000), con ayuda de una poligonal que parte del CD-610: Norte 97808.095, Este 92999.952 a 2557.860 msnm y cierra en el CD-609-A: Norte 96837.527, Este 93234.329 a 2566.708 msnm; éstos vértices se encuentran materializados sobre la Avenida Boyacá. La poligonal cerró con una precisión de 1:74478.7, que se considera suficiente para el alcance del trabajo. En el anexo C de topografía se muestran las certificaciones 0019551 y 020839 expedidas por el IGAC, donde se indican las coordenadas geodésicas y planas de los vértices utilizados; se incluyen también los datos primarios de la poligonal con la que se amarraron dichas coordenadas y una figura con la poligonal de amarre realizada. Como complemento y para cumplir con los requisitos de la Interventoría se adjuntan los certificados de los dos equipos utilizados; se emplearon dos Estaciones debido a que fue necesario repetir el trabajo de campo por un accidente con los datos de los detalles del primer levantamiento.

Para facilitar las labores de replanteo posterior se materializaron 3 mojones, cuya localización se muestra en el Plano 2: Topografía General y cuyas coordenadas son: punto C-3 97950.97 N, 90787.09 E, 2593.60 msnm; punto C-9 97851.36 N, 90716.55 E, 2614.01 msnm y punto C-10 97935.58 N, 90747.04 E, 2619.53 msnm.

Se le determinaron coordenadas a una nube de 1049 puntos, que corresponden a cambios de nivel o de pendiente, bordes de vías y de edificaciones, pozos de alcantarillado, postes, escalinatas, cercas y otros elementos; con base en la nube de puntos se generaron las curvas de nivel separadas 50 cm. Los resultados se presentan en el plano a escala 1:250 y se complementa con la lista de coordenadas de los puntos y en formatos digitales que se incluyen en el informe final en CD, las carteras electrónicas del levantamiento.

3. GEOLOGIA

3.1 Metodología

En el presente capítulo se destacan los aspectos geológicos y geomorfológicos más importantes de la zona de estudio, los cuales son el resultado de una previa revisión bibliográfica de estudios geológicos en cercanías del Barrio Jerusalén-Canteras, dentro de los que se destacan:

- Mapa Geológico del extremo sur de la Sabana de Bogotá, Hoja 2, escala 1:25.000, M. Julivert, 1963.
- Zonificación Geotécnica del Distrito Especial de Bogotá, Mapa geológico a escala 1:25.000, Ingeominas 1988.
- Plancha Geológica 246 (Fusagasugá), Ingeominas, 2001, escala 1:100000.

Posterior al análisis de la información existente, se realizó una evaluación geológica de campo con el fin de realizar los mapas geológico y geomorfológico y de procesos a escala 1:250. Durante esta actividad se identificaron las diferentes unidades litológicas y los depósitos Cuaternarios que fueron la base de la cartografía geológica, así como los procesos morfodinámicos que están consignados en el mapa geomorfológico y de procesos.

Adicionalmente se levantó una columna estratigráfica a escala 1:50 y se hizo una medición detallada de planos de discontinuidad (estratificación, diaclasas y fracturas) con el fin de caracterizar el macizo rocoso. Para lo anterior fue necesario el descenso en cuerdas a lo largo del escarpe o talud principal de la zona de estudio, debido a la alta pendiente del mismo y a su altura (>20 metros).

3.2 Geología Regional

La zona de estudio se encuentra hacia el sur de la ciudad de Bogotá, sobre las estribaciones o parte baja de los cerros que delimitan la Sabana de Bogotá, específicamente en el Barrio Jerusalén –sector Plan Canteras y sector Santa Rosita-Las Vegas, de la localidad de Ciudad Bolívar.

En esta zona aflora la Formación Guaduas la cual consta principalmente de lutitas con frecuentes intercalaciones de arenitas. Dentro de estas últimas se destacan las denominadas Arenisca La Guía y Arenisca Lajosa que han permitido subdividir el Guaduas en tres conjuntos (Ingeominas, 2001) :

Conjunto Inferior: Consta esencialmente de arcillolitas de color gris oscuro con una capa delgada de carbón en el tope. El espesor del conjunto alcanza los 65m

Conjunto Medio: Está determinado por los dos niveles de cuarzo arenitas, similares a las de la parte superior del Grupo Guadalupe. En la base la Arenisca de La Guía (de 30m de espesor aproximadamente) y en la parte superior la Arenisca Lajosa. Entre ambas areniscas se encuentra una secuencia de arcillolitas de color gris oscuro, compactas, que contienen mantos de carbón potencialmente explotables.

Conjunto Superior: Consta de arcillolitas abigarradas en las que localmente hay mantos de carbón y capas de arenisca, poco compactas de grano medio a grueso.

Según el Mapa geológico de la Zonificación Geotécnica de Bogotá (Ingeominas, 1988), en esta zona aflora el Conjunto Medio de la Formación Guaduas, la cual está afectada por una serie de fallas geológicas y alineamientos que configuran varios pliegues estrechos, y cubierta a su vez por extensos depósitos coluviales. Dentro de las fallas regionales las más destacadas son la de Terreros, localizada en la parte alta de la ladera y con rumbo general noroeste-sureste, que pone en contacto a las Formaciones superiores del Grupo Guadalupe (Areniscas de Labor y Tierna) con la Formación Guaduas, y la Falla inversa del Mochuelo cuyo trazo se infiere sobre la parte plana, cubierta por depósitos Cuaternarios y con rumbo hacia el noroeste.

Adicional a las fallas mencionadas anteriormente, en la cartografía geológica consultada se aprecia una serie de fallas menores con dirección general al noreste y dispuestas de manera ortogonal a las fallas geológicas principales (ver mapa geológico regional, Plano 4).

3.3 Geología Local

3.3.1 Estratigrafía

En el área de estudio aflora únicamente la Formación Guaduas, específicamente su conjunto medio (TKgm), el cual ha sido explotado en décadas anteriores como lo evidencia una serie de escarpes de antiguas canteras en el Barrio Jerusalén-Canteras y sus alrededores. Debido a la buena exposición de la roca y a la escala del Plano Geológico (1:250), surgió la necesidad de dividir al Guaduas en 3 unidades litológicas con el fin de facilitar la interpretación geológica para fines del estudio (geología para ingeniería) y evaluar de una manera más completa las diferentes litologías presentes en el sitio. Estas unidades fueron la base de la cartografía geológica que se presenta en el Plano 5, geología local.

En términos generales, el conjunto medio de la Formación Guaduas en la zona de estudio está conformado por una secuencia de cuarzo arenitas competentes y dispuestas en capas medias a gruesas, separadas por capas delgadas de limolitas arcillosas de color gris. En la Plano - Figura 7 se puede apreciar la columna estratigráfica que se levantó a escala 1:50, a lo largo de los diferentes taludes dejados por la explotación de material, en ella se pueden apreciar las unidades litológicas en las que se dividió el conjunto medio de la Formación Guaduas, su espesor y composición.

El macizo rocoso en los taludes evaluados presenta una roca débilmente descompuesta, correspondiente al grado II en la clasificación de Dearman (1976), para los niveles predominantemente arenosos. En el caso de los niveles lodolíticos el grado de meteorización es mas alto reportándose los grados III y IV que indican una roca moderadamente descompuesta a altamente descompuesta, respectivamente.

A continuación se presenta una descripción detallada de cada una de las unidades litológicas en las que se subdividió la Formación Guaduas:

- Unidad TKg1: Presenta cuarzo arenitas de grano medio, competentes, de color blanco, bien seleccionadas, macizas, en capas gruesas a muy gruesas (0.8 a 1.1m de espesor), separadas por capas delgadas (0.1 a 0.3m) de lodolitas de color gris claro, con geometría externa lenticular. Esta unidad aflora hacia el costado norte del área de estudio, sobre un antiguo escarpe de explotación, y su espesor real no se pudo determinar ya que no aflora su contacto inferior.

- Unidad TKg2: Capas gruesas a muy gruesas, desde 0.6 hasta 2 metros de espesor, de cuarzo arenita de grano medio a grueso, color habano, bien seleccionadas, macizas y competentes. Presenta algunos niveles de limolita arcillosa de color gris, dispuesta en capas delgadas de 0.05 a 0.1 m de espesor y con geometría lenticular. Esta unidad es la que mayor área de exposición presenta y debido a su explotación en el pasado es la que conforma el talud de corte principal en el área de estudio. El espesor medido en la columna estratigráfica es de 15 metros, aunque debe ser mayor debido a que no aflora su contacto inferior con TKg1 en la zona donde se levantó la columna estratigráfica.

- Unidad TKg3: Secuencia de lodolitas y limolitas de color habano y rojizo por meteorización, con laminación planar paralela discontinua, presentan fractura concoidea y en ocasiones nódulos de limolita silícea y están dispuestas en capas medias a gruesas.

Contiene algunas capas de cuarzo arenita de grano fino, color café, macizas, en capas delgadas a medias. En la columna estratigráfica se midieron 5m de esta unidad, sin embargo su espesor puede ser mayor ya que se desconoce su contacto superior.

El único sector en donde aflora la Formación Guaduas es en el antiguo talud de corte, en los demás sectores se encuentra cubierta en su totalidad por depósitos Cuaternarios de diferente génesis; debido a la importancia que tienen estos depósitos en los estudios geotécnicos, se diferenciaron dentro del Cuaternario siete unidades que se describen a continuación:

- Botaderos (Qb): Representa los materiales botados, conformados por desechos de construcción y de excavación. Son depósitos de composición heterogénea, mal seleccionados y de alta densidad, con bloques y gravas de cuarzo arenita y limolita en matriz limosa de color gris, que actualmente se encuentran cubiertos por pasto. Aunque se trata de depósitos de espesor variable, en la exploración del subsuelo se reportaron espesores entre 0.2 y 1.5 m.

- Depósito coluvial (Qcl): Depósito matriz-soportado con bloques angulares de cuarzo arenita de grano medio, color café, en medio de una matriz limo arenosa de color habano. El coluvión cubre a las rocas de la Formación Guaduas, pero a su vez éste se encuentra cubierto por los diferentes botaderos y rellenos generados por la actividad antrópica, por tal razón aflora de manera aislada en la parte alta de la zona de estudio. Aunque no se realizó exploración del subsuelo en esta unidad, por observaciones de campo se calcula su espesor entre 0.4 y 1.0 m.

- Botaderos a media ladera sobre coluvión (Qb+Qcl)): Esta unidad se diferencia por tratarse de material de vertido libre compuesto por escombros y sobrantes de construcción con algo de basuras, dispuestos a media ladera sin ninguna especificación técnica sobre el depósito coluvial. Esta unidad conforma la parte norte de la zona de estudio. Su espesor es similar al de la unidad Qb.

- Talus (Qt): Bloques, guijos y gravas angulares de lodolita laminada de color habano y rojizas por meteorización, con algunos bloques de cuarzo arenita de grano fino, color gris. Predomina la composición arcillosa en el depósito por tratarse de material deslizado de la parte alta del talud proveniente de TKg3.

- Rellenos y sobrantes de minería (Qrm): Gravas, guijos y bloques de cuarzo arenita y algunos de lodolita en matriz limo arcillosa de color café, producto de la antigua actividad minera que se llevó a cabo durante la explotación de la cantera. Se desconoce su espesor, no hubo exploración (no era necesario) en los sitios en donde aflora.

- Botaderos y rellenos (Qrm+Qb): Depósito matriz-soportado de composición limo arcillosa, conformado por antiguos botaderos mezclados con rellenos de minería y algo de basuras. Se encuentran ubicados hacia la parte baja del escarpe principal y presenta algunos bloques angulares de cuarzo arenita (hasta de 1.0m de lado) producto de la inestabilidad del talud. A partir de la exploración del subsuelo se determinó un espesor promedio de 1.1m.

- Rellenos (Qr): Representa todos los rellenos realizados para la urbanización del barrio Jerusalén – Canteras (construcción de viviendas y vías) y está constituido por gravas y guijos de cuarzo arenita, desechos de construcción y algo de basuras, en medio de una matriz limo arenosa de color habano. Como en el caso de Qrm se desconoce su espesor.

3.3.2 Geología Estructural

Desde el punto de vista estructural la zona de estudio es muy sencilla, las rocas presentan rumbo norte 20 a 40 este y buzamiento variable entre 5 y 44° hacia el noroeste, favorable a la estabilidad del escarpe. Esta condición predomina a todo lo largo del talud de corte que es donde mejor está expuesta la roca, aunque se aprecian algunas variaciones locales que no alcanzan a definir claramente pliegues del tipo anticlinal o sinclinal.

Se identificó una falla geológica hacia el costado sur del talud de corte, la cual interrumpe la continuidad de la unidad TKg2. Dicha estructura es una falla de alto ángulo y al parecer de tipo normal, aunque no hay una capa guía para definir su comportamiento.

Un aspecto relevante de la geología estructural es el alto grado de fracturamiento del macizo rocoso, asociado con una tectónica compleja y de tipo compresivo que está afectando esta zona del sur de Bogotá. Como se indicó en el numeral 3.2, regionalmente hay dos fallas geológicas importantes que delimitan el área de estudio, adicionalmente se presentan varios alineamientos y trazos de falla inferidos que explican de cierta manera la complejidad de esfuerzos a la que han estado sometidas estas rocas. Además, se tiene el factor antrópico que también influye en el deterioro de la calidad del macizo rocoso, ya que esta zona ha sido intervenida en el pasado mediante la explotación de materiales pétreos para construcción.

Como complemento a la geología estructural, se hizo un levantamiento de discontinuidades medidas a lo largo del talud de corte y sobre la unidad TKg2 principalmente; en total se midieron 170 datos entre diaclasas y planos de estratificación, cada uno los cuales fue graficado en estereogramas mediante la representación de los polos de los planos medidos en campo. En la Tabla 3.1 están consignados todos los datos estructurales medidos y en las Figuras 3.1 y 3.2 está su representación gráfica en diagramas polar y meridiano.

MGL

TABLA No. 3.1

LEVANTAMIENTO DE DISCONTINUIDADES BARRIO JERUSALEN-CANTERAS

DATO	UNIDAD	TIPO	ESPACIADO (m)	CONTINUIDAD (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD tipo	RELLENO
N75E/80SE	Tkg1	Diaclasa	0,4	1	10	ond./rugosa	arena
N85E/81SE	Tkg1	Diaclasa	0,5	1,5	8	ond./estría	0
N80E/81SE	Tkg1	Diaclasa	4	0,5	0	ond./rugosa	limo
N80E/84SE	Tkg1	Diaclasa	0,04	0,4	0	ond./rugosa	0
N8W/89SW	Tkg1	Diaclasa	0,1	1	0	ond./rugosa	arena
N80E/78SE	Tkg1	Diaclasa	0,2	0,7	0	ond./rugosa	arcilla
N82E/79SE	Tkg1	Diaclasa	0,1	0,2	0	ond./rugosa	0
N42E/70SE	Tkg1	Diaclasa	0,5	0,4	20	ond./rugosa	arcilla
N70E/80SE	Tkg1	Diaclasa	0,15	0,5	8	ond./rugosa	arcilla
N53E/85SE	Tkg1	Diaclasa	0,15	1	10	ond./rugosa	arcilla
N48W/56SW	Tkg1	Diaclasa	0,15	1,3	2	ond./rugosa	arena
EW/86S	Tkg1	Diaclasa	0,1	0,5	0	ond./rugosa	limo
N45W/65SW	Tkg1	Diaclasa	0,2	0,3	1	ond./rugosa	0
N38W/74SW	Tkg1	Diaclasa	0,3	1,2	2	ond./rugosa	arena
EW/66S	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,7	8	ond./rugosa	arena
N80W/79SW	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,75	0	ond./rugosa	arena
EW/85N	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,8	3	ond./rugosa	arena
N20E/52NW	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,3	7	ond./rugosa	arena
N82E/86SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,4	10	ond./rugosa	0
N80E/88SE	Tkg2	Diaclasa	0,08	1	0	ond./rugosa	0
N57W/86NE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,7	30	ond./rugosa	0
N55W/88NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	1,5	0	ond./rugosa	arena
N40W/85NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,4	10	ond./rugosa	0
N40W/80NE	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,2	0	ond./estría	0
N15E/32NW	Tkg2	Estratificación	0,15	0,15	0	ond./rugosa	limo
N24E/33NW	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,5	0	ond./rugosa	0
N32W/65NE	Tkg2	Diaclasa	0,15	0,2	0	ond./rugosa	0
N37W/70NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,6	0	ond./lisa	0
N57W/74NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,4	10	ond./rugosa	arcilla
N66W/76NE	Tkg2	Diaclasa	0,5	0,6	25	ond./rugosa	arcilla
N65W/68NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,5	0	ond./rugosa	arcilla
N64W/80NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,3	30	ond./rugosa	arcilla
N45E/40NW	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,8	1	ond./rugosa	arcilla
N44E/43NW	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,6	2	ond./rugosa	0
N65W/76NE	Tkg2	Diaclasa	0,15	1,4	30	ond./rugosa	0
N67E/67SE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,3	4	ond./rugosa	0
N65W/77NE	Tkg2	Diaclasa	0,15	0,15	0	ond./rugosa	0
N75E/60SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	1,5	0	ond./estría	0
N74W/83NE	Tkg2	Diaclasa	0,15	1	0	ond./rugosa	0
N50E/54SE	Tkg2	Diaclasa	0,8	0,5	10	ond./rugosa	0
N56E/55SE	Tkg2	Diaclasa	0,6	0,4	0	ond./rugosa	0
N70W/89NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,2	0	ond./rugosa	0
N73W/86NE	Tkg2	Diaclasa	1	0,5	10	ond./estría	0
N30E/52NW	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,4	10	ond./rugosa	0
N5E/40NW	Tkg2	Diaclasa	1	0,3	20	ond./rugosa	0
N32E/48NW	Tkg2	Diaclasa	0,15	0,2	3	ond./rugosa	0
N24E/47NW	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,1	2	ond./rugosa	limo
N22E/52NW	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,8	0	ond./rugosa	0
EW/82N	Tkg2	Diaclasa	0,3	1	0	ond./rugosa	arena
EW/70N	Tkg2	Diaclasa	0,5	1	0	ond./rugosa	arena
N49E/48SE	Tkg2	Diaclasa	0,15	1	0	ond./rugosa	arena
N46E/45SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,6	0	ond./rugosa	arena
N39E/48SE	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,7	0	ond./rugosa	0
N35E/41SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,9	0	ond./rugosa	0
N85W/80NE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,8	0	ond./rugosa	limo
N27E/55NW	Tkg2	Diaclasa	0,5	0,8	0	ond./estría	arena
N78W/84NE	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,6	0	ond./lisa	0
N20E/44NW	Tkg2	Estratificación	0,3	0,8	0	ond./lisa	0
N22E/37NW	Tkg2	Estratificación	0,2	0,9	0	ond./rugosa	0
N50E/74SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,9	0	ond./rugosa	0

MGL

TABLA No. 3.1

DATO	UNIDAD	TIPO	ESPACIADO (m)	CONTINUIDAD (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD tipo	RELLENO
N53E/72SE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,3	0	ond./rugosa	0
N68E/70SE	Tkg2	Diaclasa	1	0,3	0	ond./rugosa	arena
N5E/53NW	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,1	0	ond./rugosa	arena
N58W/68NE	Tkg2	Diaclasa	0,6	0,3	0	ond./rugosa	arena
N56W/67NE	Tkg2	Diaclasa	0,8	0,7	0	ond./rugosa	arena
N80E/75SE	Tkg2	Diaclasa	0,7	0,7	0	ond./rugosa	0
N60E/48NW	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,6	0	ond./rugosa	limo
N81E/68SE	Tkg2	Diaclasa	1	0,15	0	ond./rugosa	limo
NS/33W	Tkg2	Diaclasa	0,5	0,1	0	ond./rugosa	arena
N80W/73NE	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,15	0	ond./rugosa	0
N17E/78NW	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,15	0	ond./rugosa	arena
N48W/88NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,6	0	ond./rugosa	arena
N27W/84NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,7	0	ond./rugosa	arcilla
N67W/86NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	1	0	ond./rugosa	arcilla
N60E/75SE	Tkg2	Diaclasa	0,4	1,2	0	ond./rugosa	arcilla
N43W/78SW	Tkg2	Diaclasa	0,5	0,8	2	ond./rugosa	arena
EW/70N	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,1	30	ond./rugosa	0
N26E/14NW	Tkg2	Estratificación	0,3	0,2	0	ond./rugosa	limo
N50E/80SE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,2	10	ond./rugosa	0
N56W/85NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,8	0	ond./estría	arena
N78E/14NW	Tkg2	Estratificación	0,1	0,15	0	ond./rugosa	0
N70E/16NW	Tkg2	Estratificación	0,2	0,15	0	ond./rugosa	0
N70E/88NW	Tkg2	Diaclasa	0,15	0,7	0	ond./rugosa	arcilla
N72E/84SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,2	0	ond./rugosa	0
N86E/88SE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,4	20	ond./rugosa	arcilla
N20W/7SW	Tkg2	Estratificación	0,3	0,5	8	ond./rugosa	arcilla
N56W/73NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	1	10	ond./rugosa	arcilla
N56W/72NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	1,3	2	ond./rugosa	arena
N63E/72SE	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,5	0	ond./rugosa	limo
N64E/74SE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,3	1	ond./rugosa	0
N30W/50SW	Tkg2	Diaclasa	0,1	1,2	2	ond./rugosa	arena
N25W/53SW	Tkg2	Diaclasa	0,08	0,7	8	ond./rugosa	arena
N60W/83NE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,75	0	ond./rugosa	arena
N62W/84NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,8	3	ond./rugosa	arena
N61W/72NE Estrías	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,3	7	ond./rugosa	arena
N20W/25SW Cuña	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,4	10	ond./rugosa	0
N37E/60NW Cuña	Tkg2	Diaclasa	0,3	1	0	ond./rugosa	0
N47W/63NE Cuña	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,7	0	ond./rugosa	0
N60W/80NE Cuña	Tkg2	Diaclasa	0,1	1,5	0	ond./rugosa	arena
N38E/54NW Cuña	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,4	0	ond./rugosa	0
N61W/87NE	Tkg2	Diaclasa	1	0,2	0	ond./rugosa	0
N70W/74NE Estría	Tkg2	Estratificación	0,4	0,15	0	ond./rugosa	arena
N30E/49NW	Tkg2	Diaclasa	0,6	0,5	0	ond./rugosa	0
N80E/89NW	Tkg2	Diaclasa	0,8	0,4	7	ond./rugosa	arena
N64W/72NE	Tkg2	Diaclasa	0,7	0,3	10	ond./rugosa	arena
N20E/38NW	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,2	0	ond./rugosa	arcilla
N68E/75SE	Tkg2	Diaclasa	1	0,1	30	ond./rugosa	arcilla
N60W/74NE	Tkg2	Diaclasa	0,5	0,8	0	ond./rugosa	arcilla
N55W/73NE	Tkg2	Diaclasa	0,4	1	10	ond./rugosa	arena
N20E/32NW	Tkg2	Diaclasa	0,1	1	0	ond./rugosa	0
N59W/66NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	1	0	ond./rugosa	limo
N56W/77NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,4	0	ond./rugosa	0
N32W/11SW	Tkg2	Estratificación	0,3	1	10	ond./rugosa	arena
N60E/80SE Estría	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,7	0	ond./rugosa	arena
N60W/88NE	Tkg2	Diaclasa	0,6	1,5	30	ond./rugosa	0
N40E/72SE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,3	2	ond./estría	arena
N37E/68SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,4	30	ond./rugosa	0
N39E/72SE	Tkg2	Diaclasa	0,08	1	0	ond./rugosa	limo
N58W/87NE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,7	10	ond./rugosa	0
N40W/87NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	1,5	0	ond./rugosa	arena
N30E/72SE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,4	0	ond./rugosa	arcilla
N38E/67SE	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,2	0	ond./rugosa	0

MGL

TABLA No. 3.1

DATO	UNIDAD	TIPO	ESPACIADO (m)	CONTINUIDAD (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD tipo	RELLENO
N58W/89NE	Tkg2	Diaclasa	0,15	0,15	0	ond./rugosa	arcilla
N44E/86SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,5	0	ond./rugosa	arcilla
N39E/66SE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,2	20	ond./rugosa	arcilla
N57W/81NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,6	8	ond./rugosa	arena
N48W/85NE	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,4	10	ond./rugosa	limo
N30E/32NW	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,6	2	ond./rugosa	0
N40E/50NW	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,5	0	ond./rugosa	arena
N50W/86NE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,3	1	ond./rugosa	arena
N60W/88NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,8	2	ond./rugosa	arena
N46W/66NE	Tkg2	Diaclasa	1	0,6	8	ond./rugosa	arena
N70W/78NE	Tkg2	Diaclasa	0,4	1,4	0	ond./rugosa	arena
N81W/71NE	Tkg2	Diaclasa	0,6	0,3	3	ond./rugosa	0
N15W/34SW	Tkg2	Diaclasa	0,8	0,15	7	ond./rugosa	0
N40E/28NW	Tkg2	Diaclasa	0,3	1,5	1	ond./rugosa	0
N78W/81NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	1	2	ond./rugosa	arena
N80W/80NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,5	30	ond./rugosa	0
N82W/83NE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,4	4	ond./rugosa	0
N34E/61SE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,2	0	ond./rugosa	limo
N35E/66SE	Tkg2	Diaclasa	0,15	0,5	0	ond./rugosa	0
N50W/89NE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,4	0	ond./rugosa	arena
N57W/80NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,3	10	ond./rugosa	arena
N51W/84NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,2	0	ond./rugosa	arena
N59E/75SE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,1	0	ond./rugosa	arena
N70E/74SE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,8	10	ond./rugosa	arena
N54W/77NE	Tkg2	Diaclasa	0,4	1	0	ond./rugosa	0
N60W/86NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	1	0	ond./rugosa	0
N65W/88NE	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,5	0	ond./rugosa	0
N84E/66SE	Tkg2	Diaclasa	0,5	0,4	0	ond./rugosa	arena
N40E/15NW	Tkg2	Estratificación	4	0,3	0	ond./rugosa	0
N41E/14NW	Tkg2	Estratificación	0,04	0,2	0	ond./rugosa	0
N18E/47SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,1	0	ond./rugosa	arena
N57W/70NE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,8	0	ond./rugosa	0
N52E/75SE	Tkg2	Diaclasa	0,1	1	0	ond./rugosa	arena
N53E/33NW	Tkg2	Diaclasa	0,5	1	0	ond./rugosa	arena
N47E/34NW	Tkg2	Diaclasa	0,15	1	0	ond./rugosa	arcilla
N55W/76NE	Tkg2	Diaclasa	0,15	0,4	0	ond./rugosa	arcilla
N48W/77NE	Tkg2	Diaclasa	0,15	1	0	ond./rugosa	arcilla
N22E/45NW	Tkg2	Diaclasa	0,1	0,7	0	ond./rugosa	arena
N82E/87NW	Tkg2	Diaclasa	0,2	1,5	0	ond./rugosa	0
N20W/86NE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,2	0	ond./rugosa	limo
EW/83N	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,5	0	ond./rugosa	0
N47E/47SE	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,4	0	ond./rugosa	arena
N40E/78SE	Tkg2	Diaclasa	0,3	0,3	20	ond./rugosa	arena
NS/46W	Tkg2	Diaclasa	0,4	0,2	8	ond./rugosa	0
N5E/55NW	Tkg2	Diaclasa	0,2	0,1	10	ond./rugosa	arena
N5W/45SW	Tkg2	Diaclasa	0,15	0,8	2	ond./rugosa	arena
N65W/74NE	Tkg2	Diaclasa	0,1	1	0	ond./rugosa	0
N66E/80SE	Tkg2	Diaclasa	0,15	0,7	0	ond./rugosa	0

En las gráficas se puede establecer la existencia de una tendencia bien definida, los polos se concentran en el estereograma en tres zonas lo cual permite con facilidad definir las principales familias de diaclasas: N68W/82NE, N20E/47NW, N74E/82SE. Adicionalmente se definieron dos tendencias en la estratificación, los planos: N15E/32NW y N41E/14NW.

Una vez se identificaron los principales sistemas de discontinuidad, se graficaron los taludes para ver la posibilidad de formación de cuñas. Dado que el talud no presenta una orientación uniforme, se tomaron tres rumbos diferentes y que predominan en el escarpe en estudio; estos planos son N28E/84SE, N57W/80NE y NS/84E, siendo este último el de mayor longitud. A partir de los estereogramas se aprecia que hay formación de cuñas con posibilidad cinemática de caída en los taludes NS/84E y N28E/84SE, a través de las diaclasas N74E/82SE y N68W/82NE, mientras que en el talud N57W/80NE no hay formación de cuñas con posibilidad cinemática de movimiento.

En general las características físicas y la geometría de los planos de diaclasa, presentan un alto ángulo de buzamiento y un espaciamiento variable entre juntas a moderadamente juntas (0.1 a 0.4m), una continuidad baja, entre 0.3 y 1.5m, el espacio entre las paredes de las diaclasas es muy cerrado, prácticamente nulo en su mayoría y las que presentan abertura no supera los 10mm en promedio y se encuentran rellenas de arena o limo. La mayoría de los planos son ondulados y rugosos, aunque en ocasiones presentan estrías de falla. De acuerdo con lo anterior el índice de resistencia geológica (GSI) podría estar entre 60 y 65; con la clasificación de ISRM las areniscas presentan un grado R4 a R5 y las arcillolitas R2.

3.4 Geomorfología

Esta zona en las últimas décadas ha tenido una fuerte actividad antrópica debido a la extracción minera que se ha desarrollado en los cerros del sur de Bogotá, lo que ha influido notablemente en el paisaje de la zona, predomina una serie de canteras donde se explotaban materiales pétreos para construcción. Actualmente varias de estas canteras se encuentran abandonadas y en cercanías de ellas se han construido viviendas, las cuales están expuestas a los diferentes procesos de inestabilidad que se presentan en los taludes de aquellas.

Debido a lo anterior, el modelado del paisaje está fuertemente influenciado por la intervención del hombre mediante la realización de cortes y rellenos efectuados durante la explotación de material, lo que ha dejado una configuración de taludes con alta pendiente y de 20 a 25m de altura, rodeados por material botado y modificado aún mas por la urbanización. Dentro de este esquema se desarrolla la geomorfología de la zona de estudio, para lo cual se identificaron 5 unidades geomorfológicas y sobre cada una de ellas se reconocieron los diferentes procesos morfodinámicos (Ver el Plano 6 Geomorfológico y de procesos). A continuación se describe cada una de las unidades:

- Talud de corte (Tc): Talud en roca, cubierto parcialmente por malla mortero, producto de la antigua actividad minera. Presenta pendiente fuerte, procesos de erosión concentrada y fenómenos de remoción en masa locales del tipo caída de roca, deslizamiento y flujos de detritos.

- Ladera depositacional (Ld): Ladera conformada por depósitos de pendiente y botaderos, acumulados sobre terrenos de pendiente moderada y cubiertos actualmente en su mayoría por pastos. En las zonas sin cobertura vegetal presenta erosión en surcos y cárcavas.

- Talus (Ta): Acumulaciones de material caído hacia la base del talud de corte. El material es predominantemente arcilloso y forma montículos aislados con forma de abanico, producto de la depositación de material desde la parte alta del escarpe.

- Rellenos antrópicos (Ra): Rellenos para la construcción de viviendas y vías, en ocasiones botaderos con residuos de construcción, escombros y sobrantes de excavación. Representa una zona de pendiente suave en donde están ubicadas la mayoría de viviendas.

- Rellenos mineros (Rm): Rellenos y botaderos de vertido libre producto de la antigua explotación de la cantera, mezclados con botaderos y material caído del talud de corte. Define una zona plana, parte del antiguo patio y zona de acopio de la cantera, donde actualmente se encuentra la escuela y el jardín infantil.

3.4.1 Morfodinámica

Los procesos más importantes que se aprecian en la zona de estudio son los fenómenos de remoción en masa y en menor grado la erosión. El primero está representado por la caída de bloques rocosos y los deslizamientos de tipo superficial sobre el talud de corte y que afectan a las unidades TKg2 y TKg3, además se presentan flujos de detritos locales en la cara sur del talud de corte y sobre la unidad litológica TKg3.

Los deslizamientos y flujos se presentan por la presencia de taludes con predominio de material lodolítico meteorizado, desprovistos de cobertura vegetal, además la pendiente del terreno favorece la formación de dichos movimientos. La caída de roca está asociada con el alto grado de fracturamiento del material y la formación de cuñas cinemáticamente inestables.

La erosión en forma de surcos y cárcavas se aprecia en los botaderos a media ladera y en TKg3, también por encontrarse sin cobertura vegetal y ante la ausencia de obras de drenaje superficial que capten el agua de escorrentía. Sobre el escarpe principal también se aprecian algunas zonas con erosión en surcos debido a la acción del agua que desciende desde la parte alta de la ladera y lava principalmente los materiales finos de la cara del talud. Es importante anotar que la erosión no representa un problema relevante de inestabilidad en la zona, aunque puede facilitar el desprendimiento de bloques, la principal amenaza es representada por la caída o desprendimiento de una parte del macizo rocoso que actualmente está bien definida por grietas verticales y asociada principalmente a la unidad TKg3.

4. CARACTERIZACION DE SUELOS Y VEGETACION

4.1 Inventario de uso actual de suelo y cobertura

4.1.1 Método de estudio

La evaluación del uso del suelo y su cobertura se realizó por medio de una inspección al sitio de estudio, durante la cual se identificaron y cartografiaron las diferentes unidades de uso, de acuerdo con la clasificación propuesta por la Unidad de Uso del suelo del CIAF, que comprende cuatro niveles:

Gran grupo – Grupo – Subgrupo - Tipo de cobertura y uso.

4.1.2 Unidades de uso

A nivel de gran grupo, las unidades de uso se clasificaron en las siguientes categorías:

- RASGOS CULTURALES:

A esta clasificación corresponden los grupos Urbano y Transporte y comunicación; en el grupo Urbano se presentan los subgrupos: residencial y servicios. Para el grupo Transporte y comunicación, se presentan los subgrupos vías vehiculares y peatonales, destapadas, adoquinadas o asfaltadas.

El grupo Urbano integra los subgrupos residencial (correspondiente a las casas de habitación aledañas al talud) y servicios, que reúne los predios dedicados a educación (escuela, Jardín infantil) y recreación y deporte (cancha deportiva, parque infantil). No se registró actividad comercial o industrial en el área de influencia del estudio.

- RASGOS VEGETALES**:**

En esta unidad se plantea como grupos de suelo con cobertura vegetal y erial o suelo desnudo. Como subgrupos se presentan: - vegetación inducida, puesto que la mayoría de las plantas provienen de actividades de revegetalización, tales como empradización y siembra de árboles, tanto en la parte superior del talud, como en la pata; - vegetación espontánea, en un pequeño parche de matorral con plantas nativas en el extremo sur occidental del talud y algunos árboles de acacia en la pata del talud. También se consideró el subgrupo suelo desnudo (sin cobertura vegetal o de concreto).

4.2 Descripción de suelos

Los suelos han sufrido fuerte intervención antrópica, causa principal del deterioro y desaparición de la capa superficial, propiciando el afloramiento del material parental (suelos residuales o roca) débilmente estructurados o muy fragmentados y con poca resistencia ante la acción erosiva de la lluvia. Se observan además, extensas zonas de relleno o botaderos de escombros, que alteran la cobertura vegetal y propician la erosión en diverso grado.

4.2.1 Características físicas

En general, los suelos son muy drenados, desaturados, con erosión en grado moderado y severo, desde erosión difusa hasta concentrada, formando surcos y en ocasiones canales de tamaño pequeño.

En el perfil de suelos, típico del área de estudio, ubicado en la zona alta del talud, se encuentra un horizonte superficial cuyo espesor varía de 0.2 a 0.75 m, con textura limoarenosa con algo de arcilla (franco limoso), de color café claro (notación Munsell: 7.5YR4/2), estructura migajosa fina, débil, consistencia blanda (los terrones se disgregan con facilidad ante la presión), plasticidad media y ligeramente pegajoso. Presenta raicillas finas y medias y actividad moderada de edafofauna. Se detectaron trazas de materia orgánica (reacción ligera a la aplicación de peróxido de hidrógeno, H_2O_2), no tiene carbonatos (reacción negativa al ácido clorhídrico, HCl) y presenta contaminación de ceniza volcánica (fuerte reacción al Fluoruro de Sodio, NaF, en presencia de fenolftaleína).

Inmediatamente debajo encontramos una capa de suelo orgánico (posiblemente un horizonte enterrado), con espesor variable entre 0.15 y 0.20 m, de color negro (notación Munsell: 10YR2.5/1), con manchas pardo amarillas a rojizas en el interior del terrón (10YR5/4), estructura en bloques subangulares, débil, consistencia blanda (los terrones se quiebran con facilidad ante la presión, dando la apariencia de ser una capa de “fragipan”), muy plástico y pegajoso. Con moderado contenido de materia orgánica (reacción moderada ante el H_2O_2), no tiene carbonatos (reacción negativa al HCl) y está ligeramente contaminado por ceniza volcánica (reacción tenue al NaF, en presencia de fenolftaleína). Presenta contenido moderado de grava fina, raicillas finas y medias y escasa actividad de edafofauna.

A mayor profundidad se encuentra un horizonte transicional B-C (residual de arcillolita, bastante degradado), arcilloso con algo de arena, de color pardo amarillo (10YR5/8), con manchas pardo pálido (10YR6/3), con estructura en bloques angulares, débil, de consistencia blanda (quebradiza), plasticidad media y bastante adherente. No tiene materia orgánica (negativo al H_2O_2), no tiene carbonatos (negativo al HCl) y no se evidencia contaminación de ceniza volcánica (negativo al NaF).

Finalmente, a mas de 1.5 m encontramos arcillolita (Horizonte R, roca) de color gris (10YR6/1), de estructura laminar, consistencia blanda (se quiebra fácil ante la presión, en capas ligeramente cóncavas), muy plástico y pegajoso. En el frente del talud se observan, intercaladas con la arcillolita, capas de arenisca fracturada, con grietas longitudinales y transversales, formando bloques de diverso tamaño.

Este perfil se puede hallar completo en la parte superior del talud, aun cuando ha tenido alteración moderada por la explotación de la antigua cantera y por numerosos rellenos y depósito de escombros a nivel de superficie. En la parte baja (“pata”) el perfil de suelos carece de las capas superficiales (horizonte orgánico con ceniza volcánica y horizonte enterrado o fragipan), y en su lugar se observan depósitos de suelo residual de arcillolita y arenisca provenientes del escarpe y algún tipo de relleno superficial con suelo orgánico, para empradizar el área dentro de las obras realizadas antes del presente estudio.

4.2.2 Características Químicas

En la parte baja del talud se tomó una muestra de suelos para diagnostico de fertilidad, en la cual se determinaron las características químicas mediante el análisis Q-04 del IGAC. El reporte correspondiente se presenta en el anexo B, de exploración del subsuelo.

De acuerdo con los resultados del análisis, el suelo presenta una textura franca fina (areno arcillolimoso), con 50.1% de gravilla. Reacción medianamente alcalina (8.0) debida a la concentración (muy alta) de carbonato de calcio, muy bajo o deficiente contenido de nitrógeno y baja capacidad de intercambio catiónico. La elevada relación calcio / magnesio denota deficiencia de magnesio, confirmada por la relación magnesio / potasio; la relación calcio + magnesio / potasio indica deficiencia de potasio. Se aprecia una alta concentración de fósforo.

En cuanto a micronutrientes, el nivel de zinc y de hierro es aceptable, mientras que la concentración de cobre y manganeso es deficiente.

Se aprecian diferencias entre el reporte de este análisis y lo registrado en la fase de descripción de suelos en cuanto a la presencia y concentración de carbonatos, así como la alta concentración de fósforo, que correlaciona con una posible fertilización con Calfos durante la etapa de empradización, en las obras realizadas con anterioridad al presente estudio.

En términos generales, los suelos del área de estudio son poco evolucionados, muy superficiales y tienen fertilidad natural baja, por lo que se clasifican como Entisoles, afectados por erosión en diverso grado. Las características físicas de los perfiles levantados se presentan en el Anexo B y su localización se aprecia en el plano 8 de Uso y cobertura de suelo.

4.3 Estimación de la pérdida de suelos por erosión pluvial

La estimación de la pérdida de suelos por erosión pluvial se realizó mediante la aplicación del modelo “ecuación universal de pérdida de suelo, EUPS”.

4.3.1 Consulta de Información

- Información meteorológica: Reportes pluviométricos de la estación Pasquilla (Cód. 2120158), a 12 km al SE del sitio.
- Información sobre el medio físico: clima, vegetación, suelos, geología, e hidrología entre otros.
- Planos topográfico y de uso del suelo y cobertura de la zona de estudio.
- Información pertinente a la aplicación del modelo EUPS.

4.3.2 Reconocimiento del terreno

Consistió en la realización de una visita a la zona de estudio para describir los perfiles de suelo, realizar la toma de muestras, hacer ensayos de infiltración y localización de procesos de erosión, así como identificación de las unidades de uso del suelo.

4.3.3 Cartografía analítica

El método utilizado consistió en la superposición de planos temáticos de uso de suelo y de "pendientes", con lo que se determinaron zonas homogéneas en cuanto a cobertura vegetal, pendiente, prácticas de control de erosión y suelos**.**

4.3.4 Análisis de resultados

4.3.4.1 Factor Erosividad, R.

Se realizó el cálculo utilizando el modelo de Fournier y la información pluviométrica de la estación meteorológica "Pasquilla", situada a 12 Km. de la zona de estudio (totales mensuales multianuales), para un periodo de 10 años (desde 1993 hasta 2003). El valor del factor erosividad resultante fue de 82,06.

Este valor muestra condiciones de lluvias leves, de muy baja intensidad, con frecuencia media y corta duración; es decir, la lluvia en la zona tiene una agresividad baja.

4.3.4.2 Factor de Erodabilidad, K.

Los materiales analizados presentan un bajo contenido de materia orgánica (entre 2.4 y 3.05%) y una textura franco fina a arcillosa fina, como se aprecia en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Granulometría y contenido de materia orgánica de los materiales expuestos a la acción erosiva de la lluvia en el barrio Jerusalén.

Tamaño de partículas (mm)	Porcentaje en la muestra		
	Muestra P2-1	Muestra P2-2	Muestra P2-3
2 - 1	0	0	0
1 - 0.5	0	2	0
0.5 - 0.25	2	3.5	3
0.25 - 0.1	41	9.5	6
0.1 - 0.05	14	14	9
0.05 - 0.02	8	11	7
0.02 - 0.002	7	20	24
menor a 0.002	28	40	51
Textura	Franco fino	Arcilloso fino	Arcilloso fino
Materia orgánica	2.4 %	3.05 %	2.8 %
Calificación	Baja	Baja	Baja

La infiltración se determinó mediante dos ensayos en campo y sus resultados se presentan en el cuadro 4.2. Los materiales edáficos del área de estudio presentan un comportamiento de infiltración moderadamente lenta en los dos casos analizados, situación que favorece la escorrentía al no existir capacidad del suelo para absorber parte del agua lluvia.

Cuadro 4.2. Resultados de los ensayos de infiltración.

Ensayo	Ubicación	Infiltración básica, cm/h	
		Valor	Apreciación
1	Parte alta del talud, hacia el sur occidente	0.6	Moderadamente lenta
2	Parte alta del talud, hacia el nor occidente	0.82	Moderadamente lenta

La estructura depende del tipo de material, variando entre migajosa fina, blocosa subangular o angular y laminar, con agregación débil a moderada. Todos los suelos presentan drenaje bueno a excesivo y no se evidenció el nivel freático. A continuación, se presentan los diferentes componentes fisicoquímicos del suelo, necesarios para determinar el factor erodabilidad k.

Cuadro 4.3. Valores del factor Erodabilidad, K.

DETERMINACIÓN	MUESTRA P2 - 1	MUESTRA P2 - 2	MUESTRA P2 - 3
Contenido de materia orgánica (%)	2.4	3.05	2.8
Contenido de arcilla (%)	28	40	51
Contenido de limo mas arena muy fina (% de partículas con diámetro entre 0.1 y 0.002 mm)	29	45	40
Estructura Clasificación	Migajosa fina, débil 1	Bloques subangulares, débil 4	Bloques angulares, débil 4
Infiltración básica Clasificación	0.6 cm/h Moderadamente lenta 4	0.6 cm/h Moderadamente lenta 4	0.6 cm/h Moderadamente lenta 4
Factor k	0.15	0.31	0.26
Clasificación	Bajo	Medio	Medio

Del cuadro anterior se deduce que los suelos del sector presentan una baja susceptibilidad a la erosión en la capa superficial mientras que las capas mas profundas presentan mediana susceptibilidad al proceso erosivo; por lo que al quedar expuestos los materiales de las capas inferiores del perfil por la pérdida del horizonte superficial (capote) se ve favorecido el desprendimiento y arrastre de material edáfico, en grado moderado a severo, con la formación de surcos pequeños y de regular tamaño, situación que se evidencia especialmente en el escarpe (frente del talud).

El bajo contenido de materia orgánica, el porcentaje de finos y el tipo y grado de estructuración son las características que tienen mayor incidencia en la erodabilidad de los suelos del sector.

4.3.5 Factor de pendiente, LS.

En el área de estudio se presentan cuatro zonas definidas por pendiente. En primer lugar, una zona plana en la parte inferior del talud, al costado oriental, con relieve suave y pendiente menor al 10%; otra, la zona occidental o superior del talud de relieve inclinado, con pendientes hasta del 20%; los costados norte y sur, con relieve fuertemente inclinado y pendientes que oscilan ente el 20 y el 45% y, por último el escarpe (frente del talud)), de relieve escarpado, con pendientes mayores a 45%. El factor Ls de pendiente, calculado a partir de valores promedio de grado de pendiente y longitud, extrapolados del plano topográfico, se expone en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.4. **Valores del factor LS para la zona de estudio**

RELIEVE	PENDIENTE (%)	LONGITUD PROMEDIO (M)	FACTOR L	FACTOR S	FACTOR LS
Plano a suavemente inclinado	Menor que 10%	200	3.01	0.45	1.37
Inclinado	10 a 20%	20	0.95	2.21	2.10
Fuertemente inclinado	Entre 20 y 45%	45	1.43	9.62	13.72
Escarpado	Mayor de 45%	5	0.48	15.27	7.26

El factor LS presenta valor moderado para la zona con mayor pendiente (escarpe) debido a la corta longitud de dicha pendiente, mientras que en el caso del área con pendiente fuertemente inclinada (costado norte y costado sur) se presenta el mas alto valor de LS, indicando la importancia de la longitud de la pendiente, favorable a la escorrentía, situación evidente en las zonas “calvas” y caminos peatonales sin cobertura. En el resto del área se presenta bajo valor del factor LS, indicando condiciones de relieve estables ante la erosión.

4.3.6 Factor de Cobertura, C.

El plano 8, de Uso del Suelo, ofrece información del tipo y grado de cobertura del área de estudio, donde se aprecian zonas cubiertas con vegetación espontánea, tipo pastizal y algún parche tipo matorral, en la ladera superior y vegetación inducida, pastos y acacias, en la pata del talud. También se aprecia parte del escarpe cubierto con malla mortero y otra parte con la superficie desnuda, desprotegida ante la acción erosiva de la lluvia. Algunos senderos

peatonales tienen cobertura de cemento o adoquines y otros son pasaderos sin cobertura. En el cuadro siguiente se muestran los valores del factor C, para cada caso.

Cuadro 4.5. Valores del Factor C

COBERTURA		FACTOR C
TIPO	UBICACIÓN	
Vegetación inducida, empradización, cobertura mayor a 70%	Parte baja o pata del talud y borde superior, aledaño a la malla protectora	0.003
Vegetación espontánea, matorral, cobertura entre 50 y 70%	Extremo sur occidental, en la ladera	0.011
Vegetación espontánea, pastizal herbáceo, cobertura entre 50 y 70%	Ladera, sobre los suelos naturales y rellenos, aledaños a la vía pavimentada.	0.011
Vegetación espontánea, pastizal herbáceo, cobertura menor a 50%	Ladera, hacia el norte, suelos afectados por pisoteo (numerosos pasaderos)	0.03
Casas de habitación, con cobertura sobre el suelo superior al 70%	Cuadras perimetrales al talud, tanto en la parte alta como en la parte baja.	0.003
Escuela, jardín infantil, parques y canchas deportivas, con cobertura superior al 70%	Parte baja, en zona plana	0.003
Vías vehiculares y peatonales pavimentadas o adoquinadas y cobertura de malla mortero del frente del talud, con cobertura superficial mayor a 70%	Costado occidental y accesos del sur, desde la pata hacia la parte alta.	0.003
Vías vehiculares y peatonales destapadas, sin cobertura	Parte alta, hacia el norte y vía de la parte baja	1
Suelo desnudo, parques sin cementar, con cobertura inferior al 20%	Frente del talud y zona en la parte baja	1

Los valores del factor C indican el grado de protección ofrecida por una u otra cobertura sobre la superficie y para la población vegetal se extractaron directamente a partir de tablas indicadoras, mientras que los valores para las obras de construcción se estimaron a partir de los valores de vegetación que tienen un porcentaje de cubrimiento similar al ofrecido por la cobertura en mención (pavimento, adoquín, cemento o malla mortero).

4.3.7 Factor Prácticas de conservación y manejo de agua.

Se encontró una cuneta en la corona protegiendo el talud, por efecto de desvío y canalización del agua. En las vías pavimentadas y cementadas se aprecia buen manejo de agua a través de la adecuación de cunetas. En el resto del área no se observaron obras para el manejo del agua. El valor del factor p se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.6. Valores del factor p

OBRA		**FACTOR P**
TIPO	**UBICACIÓN**	
Cunetas	En vías pavimentadas y en la corona del talud	0.2
Sin obras de protección	Mayor parte del área de estudio	1

4.3.8 Estimación de la perdida de suelos, E.

Con base en los resultados obtenidos para los factores se construyó la matriz que se presenta en el cuadro 4.7, valores de pérdida de suelo al integrar los factores, analizados antes, mediante el modelo matemático de la EUPS.

La zonificación presentada en el cuadro 4.7 resultó de la superposición de los planos temáticos de pendientes y uso de suelo y cobertura, originando 11 unidades con similares características de pendiente, uso y tipo de suelo, velocidad de infiltración, tipo y grado de cobertura y prácticas de conservación.

Cuadro 4.7. Pérdida de suelos en el área de estudio.

ZONA	FACTOR R	FACTOR K	FACTOR LS	FACTOR C	FACTOR P	EROSION TON/HA/AÑO
Relieve plano, con cobertura superior al 80%, en pastos, construcciones o vías pavimentadas o adoquinadas	82.06	0.31	1.37	0.003	1	0.105 Erosión ligera
Relieve plano, con cobertura menor al 80%, en pastos.	82.06	0.31	1.37	0.011	1	0.383 Erosión ligera
Relieve plano, con vías destapadas y suelo desnudo	82.06	0.31	1.37	1	1	34.85 Erosión muy severa
Relieve inclinado con cobertura superior al 80%, en pastos o construcciones y vías pavimentadas.	82.06	0.31	2.10	0.003	1	0.160 Erosión ligera
Relieve inclinado con cobertura menor de 80%, en pastos o matorrales.	82.06	0.31	2.10	0.011	1	0.588 erosión ligera
Relieve inclinado, con suelo desnudo	82.06	0.31	2.10	1	1	53.42 Erosión muy severa
Relieve fuertemente inclinado, con cobertura mayor a 80%, en pastos y vías pavimentadas o adoquinadas.	82.06	0.31	13.72	0.003	1	1.047 erosión ligera
Relieve fuertemente inclinado, con cobertura menor al 80%, en pastos.	82.06	0.31	13.72	0.011	1	3.84 Erosión moderada
Relieve fuertemente inclinado, sin cobertura, vías destapadas o suelo desnudo.	82.06	0.31	13.72	1	1	349.010 erosión muy severa
Relieve escarpado, cubierto con malla mortero	82.06	0.31	7.26	0.003	0.2	0.554 erosión ligera
Relieve escarpado, sin cobertura	82.06	0.31	7.26	1	0.2	184.68 erosión muy severa

Cuadro 4.8. Clasificación de la pérdida de suelo. (Soil Survey Staff, 1981, citado por Montenegro, 1985)

PÉRDIDA DE SUELO (TON/HA-AÑO)	CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
0	Ninguna	No se aprecian signos de erosión ni de sedimentación.
Menor a 2.5	Ligera	Se presenta adelgazamiento uniforme del horizonte superficial. No son evidentes los signos de erosión.
De 2.5 a 10	Moderada	La capa superficial de suelos pierde espesor y se aprecia la aparición de surcos.
De 10 a 25	Severa	Pérdida casi total de la capa superficial y son frecuentes los surcos y las cárcavas aisladas.
Mayor a 25	Muy severa	Superficie sin cobertura, pérdida de la capa superficial, afloramientos rocosos, degradación del paisaje y aparición de cárcavas, surcos y canales de apreciable profundidad y longitud.

De los resultados de pérdida de suelo se concluye que las áreas afectadas por erosión no poseen cobertura superficial y la cantidad de suelo perdido es directamente proporcional al incremento en la pendiente; así, el escarpe (frente del talud), las zonas con suelo desnudo y las vías destapadas presentan erosión en grado severo; las zonas con cobertura menor al 80%, generalmente en pastos ralos y matorrales tienen erosión en grado moderado y el resto del área, con alguna cobertura como pastos tupidos, vías pavimentadas o adoquinadas y cubiertas de cemento o malla mortero, presenta erosión en grado ligero.

En el área de estudio, se pierden alrededor de 0.998 m^3/año en las zonas con erosión ligera, 0.745 m^3/año en las de erosión moderada y 165.66 m^3/año en las de erosión severa, para un total de toda el área de 167.4 m^3/año.

De los factores que conforman el modelo de la Ecuación Universal de Perdida de Suelo, EUPS, la erosividad de la lluvia y la erodabilidad del suelo son, prácticamente, inmodificables. El factor de pendiente, en el caso del escarpe, podría ser modificado mediante obras de ingeniería para la reconformación geotécnica de dicha zona y en el resto del área de estudio, no conviene modificar la pendiente. El factor P, de prácticas de conservación y manejo del agua indica que es posible realizar obras complementarias para evitar la llegada del agua hacia las zonas susceptibles a la erosión, especialmente en la parte de pendiente fuertemente inclinada. Por último, la cobertura superficial, que tiene gran importancia en la protección de los materiales edáficos ante la acción de la lluvia, puede ser mejorada mediante el incremento de la población vegetal en las zonas con suelo desnudo o con la mejora de los caminos peatonales.

5. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

El terreno está conformado por estratos de arenisca y arcillolita, pertenecientes a la Formación Guaduas; por efecto de la explotación de materiales para la construcción, se conformó un escarpe de hasta 25 m de altura, orientado norte-sur, de 270 m de longitud, casi vertical, inclusive con sectores negativos o extraplomos y un patio de ancho variable entre 50 y 100 m. En el patio central se construyó el CED, en el patio norte un jardín infantil y en el sur viviendas Para mejorar las condiciones de estabilidad del sector aferente al CED y al Jardín infantil, se construyó inicialmente, hace unos 15 años, una barrera de gaviones de 160 m de longitud y 2 a 3 m de altura, dispuestos a 10 m de la base del escarpe; posteriormente, hace unos 5 años, se colocó una cobertura de 100 m de longitud, de malla, concreto lanzado y pernos, la cual cubre el talud más alto, frente a las instalaciones del Jardín Infantil y parte de las instalaciones del CED, quedando sin protección 60 m de talud en el costado sur del sector del CED y 25 m del extremo norte.

Arriba del escarpe se construyó un canal revestido en concreto, unos senderos y la vía superior, los cuales están pavimentados, por lo cual se espera que la distribución de lluvias o la intensidad de las mismas no influyan en la estabilidad del escarpe.

Al sur de la Instalaciones del CED se construyó el sistema de alcantarillado de aguas lluvias, siguiendo el antiguo cauce de una cañada, el alcantarillado fue cubierto con una escalinata que comunica los sectores superior e inferior del barrio. El talud del costado sur, frente a las viviendas no tiene ninguna protección.

Recientemente, se presentó el desprendimiento de parte de la cobertura del talud, en su extremo sur, lo que llevó al cierre parcial del CED, y a la contratación del presente estudio, el cual cubre solamente el tramo del talud frente a las instalaciones del CED y el Jardín Infantil.

Observando en detalle la zona donde se presentó el desprendimiento, se deduce que el material arcilloso del sitio, pudo humedecerse por el agua que ingresa por las fisuras en la cobertura de concreto y se debió presentar el reblandecimiento de los materiales arcillosos, lo que facilitó su desmoronamiento por la cara del talud, al superar con el peso del material suelto, la resistencia de la cobertura de malla y concreto lanzado.

Esta situación es susceptible de presentarse en otros sectores del talud cubierto, dado que se observaron fisuras en el concreto, dispuestas en la corona del escarpe; estas fisuras pueden tener una apertura de 1 a 5 cm.

5.1 Exploración del subsuelo

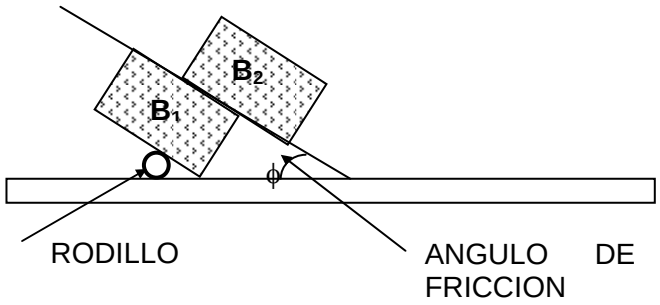
Como complemento y para ayudar en la interpretación geológica se adelantó un programa de exploración consistente de 7 apiques y cuatro trincheras, de profundidad variable entre 1.3 m y 11.9 m; 5 apiques en la parte superior y 2 en la inferior; las trincheras se adelantaron en el extremo sur (ver fotografía 20). En las figuras del anexo B de exploración se muestran los registros correspondientes y la localización se muestra en el plano 10.

5.2 Ensayos de laboratorio

En los apiques y trincheras se determinó el perfil del subsuelo y se tomaron muestras, que fueron sometidas a ensayos de clasificación (humedad natural, límites de consistencia, densidad y gradación) y de resistencia al corte, medida con penetrómetro manual y veleta, también se adelantaron pruebas de plano inclinado, para determinar el ángulo de fricción inconfinado y pruebas de carga puntual, sobre fragmentos de roca; los resultados se presentan en las tablas del anexo B, de exploración.

5.2.1 Ensayo de Angulo de Fricción en plano inclinado

El ensayo consiste en determinar el ángulo con el cual se desliza un bloque a lo largo de una superficie de roca. Para realizarlo se emplean bloques de roca de una misma muestra tal como se presenta en la siguiente figura, el bloque 1 (B_1) se apoya sobre una superficie horizontal y un rodillo, luego se coloca el bloque 2 (B_2) sobre el B_1, se varia la inclinación de las muestras con el rodillo hasta que se movilice el bloque superior o B_2, cuando se presenta esta condición se mide el respectivo ángulo en condición estática. Para condiciones cinemáticas simplemente se aplica un pulso al B_2, y se mide de nuevo el ángulo para el cual se desliza el bloque con velocidad constante.



5.2.2 Ensayo de carga puntual sobre fragmentos de roca

Lo ensayos se adelantaron de acuerdo con el procedimiento sugerido por la ISRM para la determinación de la resistencia a la carga puntual, los resultados se presentan en las tabla 2, del anexo B, exploración del subsuelo y se resumen, junto con los de plano inclinado en la tabla 5.1.

5.3 Parámetros de Resistencia

Para determinar los parámetros de resistencia del terreno que forma el talud se adelantó un programa de exploración, con base en apiques, trincheras y el levantamiento de la columna estratigráfica; las muestras obtenidas fueron sometidas a ensayos de clasificación y resistencia, para esto último se adelantaron pruebas de plano inclinado sobre fragmentos de roca con discontinuidades y pruebas de carga puntual sobre fragmentos de roca. Los resultados de las pruebas de laboratorio y campo se complementaron con el análisis del talud, donde se tuvo en cuenta la orientación de las discontinuidades y sus características de continuidad, separación, apertura, superficie y relleno.

Con los resultados de los ensayos de carga puntual y plano inclinado se obtuvieron los valores de resistencia y fricción, con ayuda de correlaciones y adoptando una envolvente de Mohr se obtiene el valor de cohesión de los materiales ensayados, cuyos resultados se presentan en la tabla 5.1, a continuación:

TABLA No. 5.1 - RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA

			CARGA PUNTUAL		PLANO INCLINADO		
MUESTRA	**PROFUNDIDAD m**	**MATERIAL**	**$I_{S(50)}$ KN/m²**	**qu KN/m²**	**ϕ (º)**		**c' MPa**
					Cinemática	**Estático**	
AP 1 - M2	1,2	Arcillolita	354	7788	42	45	1,61
AP 4 - M2	-	Arenisca	4441	97702	30,5	33,5	26,25
AP 5 - M1	1,6	Arcillolita	279	6138	39	41	1,40
AP 6 - M2	1,2	Arcillolita	465	10230	36	37	2,55
AP 7 - M1	1,0	Arcillolita	303	6666	35	35,5	1,72

Donde:

$I_{S(50)}$ Resistencia a la carga puntal corregida por tamaño
qu Resistencia a la compresión uniaxial

Partiendo de la caracterización del macizo rocoso de la unidad TKg2 (ver columna estratigráfica, plano-figura 7), donde se obtuvo un Índice de Resistencia Geológica, GSI de 65 (buena calidad), siguiendo los criterios expuestos por Hoek (1996), o un grado R5 (muy fuerte) en la clasificación de la ISRM (1981) o un RMR de 62 (bueno) en la clasificación de Bienawski (1989), con la clasificación de Romana (1985) el macizo clasifica como Clase III (normal, parcialmente estable, con posibilidad de rotura por algunas diaclasas y que puede requerir un tratamiento sistemático).

De acuerdo con las recomendaciones de Hoek (1996), se tiene la envolvente de resistencia para el macizo rocoso en arenisca (unidad TKg2), que se muestra en la figura B-25 del Anexo B, de donde se obtienen los parámetros de resistencia, para niveles de esfuerzos en la base del talud y en la parte media, que se muestran a continuación:

σn (MPa)		**τ (MPa)**	**ϕ (º)**	**C' (MPa)**
γH/2	0,276	5,40	72,31	4,54
γH	0,552	5,80	69,95	4,29

La unidad TKg3, presenta un GSI de 50 (Normal) y grado R2 (Débil), RMR de 32 (Pobre) y SRM de 22, clase IV (mala, potencialmente inestable, roturas en cuña y requiere medidas correctivas). La envolvente de resistencia se muestra en la figura B-24 del Anexo B, con los siguientes parámetros de resistencia, considerando profundidades de 5 y 10 m:

σn (MPa)		**τ (MPa)**	**ϕ (º)**	**C' (MPa)**
γH/2	0,11	0,31	52,88	0,17
γH	0,21	0,41	47,39	0,18

En general, estos parámetros son menores a los obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio, aunque los valores de ángulo de fricción son bastante mayores.

Mediante análisis de un sector del talud donde se tiene un voladizo importante se adelantaron los estimativos de la cohesión efectiva mínima que ofrece el macizo rocoso.

Para calcular la resistencia que ofrece el talud se tuvo en cuenta la información geológica sobre estratificación y dirección de diaclasas, por ello tomando como sección crítica la sección E-E se hace el siguiente análisis.

Los estratos presentan buzamiento de 15º y la familia de diaclasas un buzamiento mínimo de 80º. Figura 5.1.

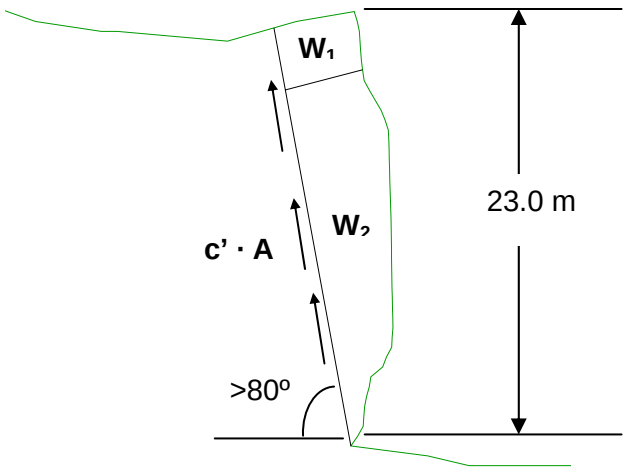


FIGURA No. 5.1 – Sección E-E.

El voladizo que forma la cara del talud facilita el estimativo de la componente de cohesión que tiene la roca en este momento, ya que se puede despreciar la componente de fricción por la alta inclinación de las diaclasas.

Carga en el talud por metro lineal

Lodolita	$W_1 = (4.0 \cdot 3.2 \cdot 1.0)\,m^3 \cdot 2.1\,ton/m^3$	26.9 ton
Cuarzo arenita	$W_2 = ((3.2+3)\cdot\frac{19}{2}\cdot 1.0)\,m^3 \cdot 2.3\,ton/m^3 + (4.0\cdot\frac{1.4}{2}\cdot 1.0)\,m^3 \cdot 2.3\,ton/m^3 =$	141.9 ton
	$\sum W =$	168.8 ton

Haciendo equilibrio de fuerzas entre el peso del talud y la fuerza resistente del terreno tenemos:

$$\sum W = \text{Área} \cdot C' \qquad \sum W = (H \cdot b) \cdot C'$$

Para encontrar el rango de variación de la cohesión asumimos:

- Valor mínimo: para este se considera que el aporte de resistencia no se hace en toda la altura del talud si no en los tramos donde no hay continuidad de las discontinuidades, correspondiente a la probabilidad de presentarse cohesión en el talud en función del espesor de los estratos y la longitud de la discontinuidad, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla No. 5.2. Variables para la unidad tkg_2 - cuarzo arenita

VARIABLE	RANGOS DE VALORES							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ESTRATOS (M)	0.4 - 0.6	0.6 - 0.8	0.8 - 1	1.0 - 1.2	1.2 - 1.4	1.4 - 1.6	1.6 - 1.8	1.8 - 2.0
%	7.1	14.3	14.3	7.1	7.1	28.6	14.3	7.1
CONTINUIDAD (M)	0.1-0.3	0.3-0.5	0.5-0.7	0.7-09	0.9-1.1	1.1-1.3	1.3-1.5	
%	19.3	22.8	15.2	19.3	15.2	1.4	6.9	
ESPACIADO (M)	0 - 0.2	0.2 - 0.4	0.4 - 0.6	0.6 - 0.8	0.8 - 1.0			
%	28.3	39.3	20.0	4.8	7.6			
RELLENO	ARENA	ARCILLA	LIMO					
%	61.8	24.7	13.5					
ABERTURA (MM)	0 - 10	10 - 20	20 - 30					
%	80.8	10.9	8.3					

Haciendo combinaciones entre espesores de estrato y longitud de diaclasas, considerando la distribución de cada rango de espesor y longitud, se obtiene un valor de discontinuidad de las diaclasas para la unidad tkg_2 de 77.5% lo cual significa que en este porcentaje del macizo rocoso hay continuidad del material.

Entonces:

$$\sum W = 0.775 \cdot (H \cdot b) \cdot C'$$

Despejando C'

$$C' = \frac{\sum W}{0.775 \cdot (H \cdot b)}$$

Reemplazando

$$Cmin \geq \frac{168.8}{0.775 \cdot (23.0 \cdot 1.0)} > 9.0 \text{ ton/m}^2$$

Este valor de cohesión es bastante menor que el obtenido de la caracterización del macizo (1/50) y casi una trescientava parte del obtenido a partir de las pruebas de laboratorio. Este análisis permite determinar que los parámetros obtenidos mediante la caracterización y ensayos de laboratorio son razonables y corresponden con lo observado en el terreno.

6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Se determinó la susceptibilidad del terreno a procesos de inestabilidad y se encontró que se puede presentar deslizamiento siguiendo las discontinuidades que forman cuñas, también se puede presentar caída de materiales por pérdida de soporte por erosión, degradación de los materiales arcillosos o durante sismos, deslizamiento masivo tipo rotacional siguiendo discontinuidades y rompiendo material y volteo de columnas de roca ante eventos sísmicos.

6.1 Análisis de falla en cuña

Se tienen cuñas entre las discontinuidades N68W/82 NE y N74E/82 SE.

De los ensayos de plano inclinado se tienen ángulos de fricción mas dilatancia, en planos de discontinuidad de 37 y 42º.

De acuerdo con las curvas de Hoek para cuñas sin cohesión se obtienen factores de seguridad de 1.05 y 1.26 al considerar c'=9 ton/m^2 en cada cara y afectándola por el factor de continuidad de las discontinuidades de 0.775, se obtiene un incremento en el factor de seguridad de 0.25, quedando entonces factores de 1.3 y 1.51 respectivamente, sin embargo al considerar los valores de cohesión obtenidos de la caracterización del macizo o de los ensayos, los factores de seguridad serían mucho mayores.

En el sector donde hay pernos (de 6m) y cobertura de malla y concreto lanzado, el factor de seguridad para las cuñas es de 1.52 y 1.73 respectivamente, por la resistencia al cortante que aportan las varillas, si se consideran cuñas de espesor menor a 4.8 m, para que se dé el empotramiento de las varillas y se desarrolle la adherencia máxima (1.2 m para varillas de pulgada); de acuerdo con la geometría del talud y el buzamiento de las discontinuidades, el espesor máximo de las cuñas cinemáticamente posibles es de 4.25 m, por lo cual se puede considerar el efecto de los pernos.

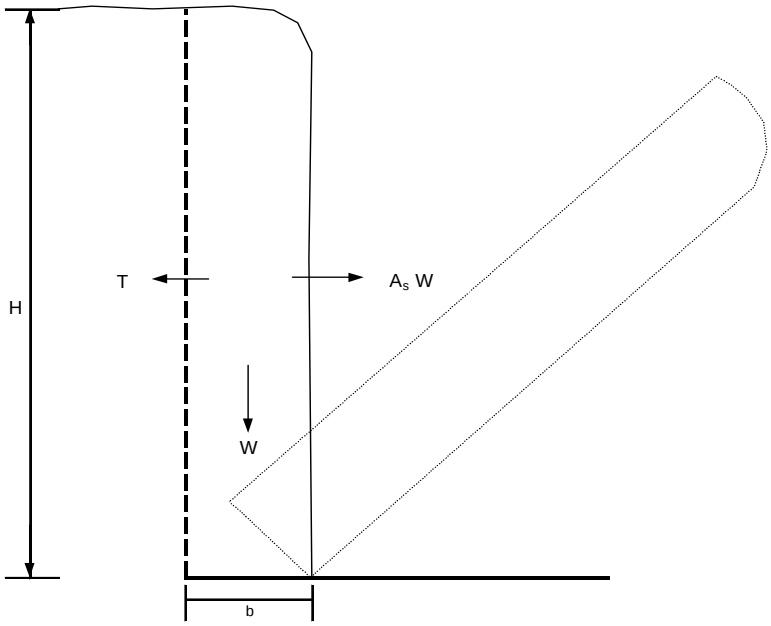
6.2 Análisis de falla por volteo

Por la disposición de las discontinuidades, casi-paralelas al talud y de fuerte inclinación, existe la posibilidad de generarse caídas de material por volteo de columnas de roca, sin embargo, dado que las discontinuidades no son continuas, para que se dé éste proceso se requiere que se rompa el material entre discontinuidades, superando la resistencia a la tracción del material.

Para que se genere el proceso de volteo, de acuerdo con lo anterior, se requiere de una carga horizontal que empuje la eventual columna de roca; ésta carga puede provenir de un movimiento sísmico o cualquier otra vibración.

Para el análisis se propone el siguiente modelo, donde se calcula la masa de una columna que al ser impulsada por una aceleración horizontal, supere la resistencia a la tracción del material.

$a_s W \frac{H}{2} - W \frac{b}{2} - T \frac{H}{2} \geq 0$ Para que haya volteo.



W: Peso de la columna

$W=\gamma H\, b$

γ: Densidad = 2.3 ton/m^3

H: Altura ~ 24 m

b: Ancho de la columna

a_s: Aceleración sísmica

T: Tracción

T=Rt x H x m

RT: resistencia a la tracción del material ~ 0.8 $I_{s\,(50)}$

m: Proporción de material sin discontinuidades ~ 0.775.

⟹ Con Rt de arenisca no hay posibilidad de volteo a no ser que se presente un aceleración horizontal superior a 0.90 g y se voltearía una columna de ancho superior a 24.9 m, esto es improbable y constituiría un cataclismo, donde lo menos importante sería éste talud.

Considerando la resistencia a la tracción de la arcillolita se presentaría volteo si se presenta una aceleración horizontal de 0.215 g, y la columna tendría un ancho de 5.94 m, dado que la longitud de los pernos puede ser de 6 m, éstos no contribuyen en el control del proceso.

De acuerdo con lo anterior la amenaza por el proceso de volteo de toda la columna es muy baja, prácticamente insignificante, sin embargo en la parte superior del talud, donde el material puede estar meteorizado o reblandecido, el proceso se puede presentar con facilidad y generarse la caída de bloques o de suelo, esto se analiza como un proceso de caída en el numeral 6.4 de éste informe.

6.3 Análisis de falla rotacional

Teniendo en cuenta la geometría del talud, y considerando procesos de degradación del macizo rocoso, podría darse la posibilidad de que se enlacen discontinuidades por rotura del material entre ellas, conformando una especie de falla progresiva, que al final tendría un comportamiento rotacional.

Con base en los parámetros obtenidos, se adelantaron análisis con el programa STBLE en algunas secciones, considerando sismos de diferente magnitud y la variación en los parámetros, se encontró que en ninguno de los casos analizados, en el talud contra la instalaciones educativas, existe posibilidad de falla, sólo en el talud del costado sur, contra la escalinata, existe dicha posibilidad, la cual con ayuda de las probabilidades de que ocurra cada situación se determinó la probabilidad de falla de éste talud. En las tablas D2 a D5 del Anexo D de análisis de estabilidad, se muestran los resultados en dos secciones representativas.

6.4 Análisis de caída de rocas

Se consideró que los bloques pueden desprenderse por efecto del daño de la cobertura de concreto lanzado, por pérdida de suelo en los sectores donde no hay cobertura, por meteorización de los estratos arcillosos y por sismos. Dado el estado de los estratos arcillosos superiores es posible el desprendimiento de algunos bloques de la parte superior del talud, los cuales se desprenderían con una velocidad inicial nula, en caso de sismo se desprenderían con velocidad horizontal, proporcional a la aceleración del sismo. El mecanismo de desprendimientos se puede dar por deslizamientos en cuña, rotacionales o volteo de los materiales de la unidad Tkg3, que como se recordará esta conformada por estratos de lodolita y arenisca intercalados, los cuales al degradarse originan lodos y bloques de tamaño variable entre 5 y 50 cm, tal como el que se desprendió en abril de 2004.

Los análisis se adelantaron con ayuda del programa Rockfall, donde se obtienen las trayectorias de los posibles bloques, la velocidad y energía que pueden llevar y la probabilidad de alcance, con el programa se puede modelar el material de la superficie donde ruedan o caen los bloques.

En las figuras del anexo de análisis de estabilidad se muestran los resultados de los análisis en los que se consideraron bloques de tamaño variable entre 1 y 1000 Kg., aunque el tamaño de bloques más probable se encuentra alrededor de los 40 Kg., teniendo en cuenta el espesor de los estratos de arenisca y la separación de diaclasas. Para la condición del escarpe se consideró que predomina la arenisca de alta competencia, la existencia de irregularidades en el talud, que pueden modificar la trayectoria de los bloques que por allí rueden o se deslicen; para el piso entre la base del escarpe y la barrera de gaviones se consideró la situación más crítica: que el terreno se encuentre compactado o que un bloque caiga limpiamente sobre otro bloque. La situación presentada en abril de 2004, es mucho menos crítica, ya que los bloques cayeron junto con los lodos, con lo cual el amortiguamiento es mayor y el alcance es limitado. Para las instalaciones se consideraron los materiales de ellas, concreto para los pisos y algunos techos y asbesto cemento para las cubiertas de canaleta.

6.5 Influencia de cada proceso

La influencia de los procesos que constituyen amenaza se determinó con base en los siguientes criterios:

Las cuñas en la corona tendrán un área de influencia de un ancho inferior a 15% de la altura del talud y en la base, debido a lo empinado del buzamiento de las discontinuidades, caen prácticamente en la base del talud, formando un depósito de inclinación similar al ángulo de reposo del material, el cual se estima en 37 grados, con lo cual se tendría una ocupación máxima de ancho equivalente al 50% de la altura del talud, si el piso es continuo, o hasta la estructura de contención existente. Es posible que por la energía de la caída algunos fragmentos se desplacen más, lo cual se considera dentro del proceso de caída de bloques.

En caso de volteo de una columna de roca, ésta podría llegar a una distancia de 1.2 veces la altura del talud y posiblemente habría fragmentos que se desplazarían mucho más. El impacto de la columna al caer supera la capacidad de la edificación porticada, pero como se discutió antes, para que se presente es proceso es necesario que ocurra un cataclismo de probabilidad mínima, prácticamente insignificante.

En el caso de la falla rotacional, la influencia en la corona podría llegar hasta 1.5 veces la altura del talud y en la base el avance se estima que puede alcanzar hasta lograr un ángulo de reposo del material fracturado; de acuerdo con lo anterior el avance en la base se estima en 75% de la altura del talud. El empuje generado por el eventual deslizamiento, en el 80% del recorrido supera la capacidad de la edificación porticada. Sin embargo dada la competencia de los materiales que forman el escarpe, prácticamente no es posible la generación de éste proceso contra el área donde se tienen las instalaciones educativas.

Para la caída de bloques, el programa usado, calcula el alcance posible y la proporción de bloques que tengan dicho alcance; como complemento se calcula el potencial de daño, con base en el estimativo de velocidad que puede alcanzar un bloque de cierto tamaño, en un momento dado.

Para la estimación del impacto se recurrió a dos de los principios básicos de la física, el primero corresponde al principio de conservación de la energía, y el segundo al principio de conservación de la cantidad de movimiento.

- *Principio de conservación de la energía:* Este principio fue empleado con el propósito de estimar la velocidad que desarrollan bloques de diferente masa durante su recorrido a lo largo de las trayectorias y las distancias de alcance determinadas previamente mediante el empleo del programa RockFall para una serie de perfiles extraídos de las zonas de que presentan susceptibilidad ante este proceso. La localización de dichos perfiles se aprecia en el plano 2 y en la figura 8-1.

  Por conservación de la energía tenemos:

  $Ep = Ec \qquad mgh = \frac{1}{2}\, mv^2 \qquad (1)$

De la anterior ecuación se obtiene la velocidad con la que los bloques pueden impactar durante su recorrido, la cual es independiente de la masa de las rocas.

$$v = \sqrt{2gh} \qquad (2)$$

Donde:

v= velocidad de impacto

g= aceleración de la gravedad

h= altura desde la cual se desplazan los bloque con respecto al lugar de impacto.

- *Principio de conservación de la cantidad de movimiento:* Se empleó este principio con el fin de determinar, a partir de la velocidad estimada mediante la conservación de la energía, la fuerza de impacto desarrollada por los bloques contra las edificaciones.

$$F \cdot dt = m \cdot (v_o - v_f) \qquad (3)$$

En donde se requiere conocer el tiempo que dura la colisión y la velocidad final del bloque luego del impacto. Para la realización de los cálculos se asumieron los siguientes valores para estas dos incógnitas.

dt= 0.005 segundos $v_f = 0$ m/s

Al remplazar en la ecuación 3 tenemos que:

$$F = \frac{m \cdot v_0}{0.005} \qquad (4)$$

Donde:

F = Fuerza en Newton

m = Masa en Kg.

v_o = velocidad de impacto (m/s)

Una vez determinada la fuerza de la colisión se procedió a asignar una superficie de impacto de tal forma que dicha fuerza fuera transformada en presión y de este modo conocer las solicitaciones a las que estarían sometidas las edificaciones ante el impacto de bloques desprendidos de partes altas.

Para la asignación de área de contacto de las diferentes masas de bloque se adoptó una densidad de 2.3 ton/m³ a los bloques deslizados; se consideró que los bloques serían cúbicos y que el área de impacto sería la mitad de la cara del cubo equivalente, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 6.3, donde se agruparon en tres niveles de daño, de acuerdo con caracterización de las edificaciones que se presenta en el numeral 8.2 del presente informe.

TABLA No. 6-3 - VELOCIDADES DE DAÑO POR IMPACTO DE ROCAS EN EDIFICACIONES

Resistencia edificación: 15 MPa
Peso unitario roca 2,3 ton/m³
Tiempo de impacto 5 ms

Masa del bloque Kg.	Volumen m³	Arista cubo semejante m	Área de contacto m²	Fuerza N	Velocidad m/s
1	0,00043	0,07576	0,0029	43043,7	**215,2**
10	0,00435	0,16321	0,0133	199791,1	**99,9**
100	0,04348	0,35163	0,0618	927347,9	**46,4**
1000	0,43478	0,75757	0,2870	4304367,8	**21,5**

Resistencia edificación: 1 MPa

Masa del bloque Kg.	Volumen m³	Arista cubo semejante m	Área de contacto m²	Fuerza N	Velocidad m/s
1	0,00043	0,07576	0,0029	2869,6	**14,3**
10	0,00435	0,16321	0,0133	13319,4	**6,7**
100	0,04348	0,35163	0,0618	61823,2	**3,1**
1000	0,43478	0,75757	0,2870	286957,9	**1,4**

Resistencia edificación: 0,01 MPa

Masa del bloque Kg.	Volumen m³	Arista cubo semejante m	Área de contacto m²	Fuerza N	Velocidad m/s
1	0,00043	0,07576	0,0029	28,70	**0,14**
10	0,00435	0,16321	0,0133	133,19	**0,07**
100	0,04348	0,35163	0,0618	618,23	**0,03**
1000	0,43478	0,75757	0,2870	2869,58	**0,01**

Cabe anotar que resultados obtenidos durante todo el proceso de cálculo resultaron bastante coherentes, lo que hace pensar que las magnitudes de resistencia, tiempo de impacto y velocidad final, asumidos, son razonables.

Los resultados de ésta evaluación se presentan en el plano 11 de susceptibilidad a procesos de inestabilidad; se destaca que los procesos que pueden constituir una amenaza real son la caída de bloques y la falla en cuña, los cuales se pueden conjugar en el proceso de caída de bloques, dado que la falla de una cuña que involucre todo el talud es de muy baja probabilidad.

7. ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

Para la evaluación de amenaza se parte de los análisis de estabilidad de cada proceso y se determina su probabilidad de ocurrencia y capacidad de daño, así: para probabilidades de falla, en caso de deslizamiento rotacional, superiores a 45% se considera amenaza alta, para probabilidades de falla de 35 a 45% amenaza media y para menores de 35% amenaza baja. En términos de daño, en el caso de impacto con bloques se consideran de alto daño, aquellos que pueden impactar con una presión superior a 15 MPa, de daño medio los de una capacidad de 1 a 15 MPa y de baja capacidad de daño a los de menos de 1 MPa; en el caso de factores de seguridad se consideran de alta amenaza los menores de 1.1, de media los de factor de seguridad variable entre 1.1 y 1.7 y de baja amenaza los de factor de seguridad superior a 1.7 y finalmente en términos de probabilidad de ocurrencia o alcance (en el caso de bloques caídos) se tiene como de alta aquellos procesos de probabilidad superior al 50%, de media los que ofrezcan una probabilidad de ocurrencia entre 30 y 50% y de baja los de menos del 30%; cruzando todas estos criterios y haciendo envolventes para los diferentes procesos, se obtiene la zonificación de amenaza.

En las figuras 8.2 y 8.3 se muestra la probabilidad de alcance de los bloques y el nivel de daño de dichos bloques caídos, que al combinarlas de acuerdo con el siguiente criterio se estima la amenaza por este proceso.

		PROBABILIDAD DE ALCANCE		
		ALTA	MEDIA	BAJA
DAÑO	ALTO	A	M	M
	MEDIO	M	M	B
	BAJO	M	B	B

En el plano 12 se muestra el resultado para cada proceso y en el 13 la envolvente de todos los procesos analizados.

8. VULNERABILIDAD

Para evaluar la vulnerabilidad de los elementos expuestos se adelantó una encuesta, donde se determinaron las características estructurales de las edificaciones.

8.1 Resultado de las encuestas

El día 25 de junio de 2004, se llevaron a cabo las actividades de inspección de viviendas y diligenciamiento de las encuestas socioeconómicas a los habitantes vecinos al CED; con ellas se pudieron constatar las condiciones reales en que se encuentran las construcciones, los eventos que más las han afectado y el grado de aceptación que tienen los habitantes sobre la problemática actual del talud que colinda con la Escuela Plan Canteras. En el Anexo A se presentan en forma gráfica los resultados de las encuestas, el inventario fotográfico de las mismas y copia de las encuestas realizadas.

La muestra corresponde a 29 casas y la Escuela Plan Canteras, para un total de 30 edificaciones. En general las viviendas están en lotes completamente construidos (65.5%); presentando entre 1 y 2 apartamentos; el tipo de construcción predominante es mampostería no reforzada (82.8%), y le siguen viviendas en mampostería reforzada (10.3%) y tugurios de mampostería (6.9%). En cuanto al sistema estructural de las viviendas se tienen los siguientes resultados: muros no estructurales de bloque (51.7%), muros no estructurales de ladrillo (34.5%), muro estructural (6.9%) y pórtico de concreto y ladrillo (3.4%). La calidad de la construcción es regular (75.9%), deficiente (13.8%) y buena (10.3%). La edad de construcción de las viviendas puede discriminarse así: anterior a 1984 (10.3%), entre 1984 y 1998 (72.4%), y posterior a 1998 (17.2%).

En cuanto al tipo de cimentación se tiene que el mas empleado es el continuo de piedra (62.1%), le siguen las vigas de amarre (34.5%) y las zapatas (3.4%). La estructura del piso generalmente es el concreto reforzado (51.7%) y tierra (48.3%); el techo de las viviendas es de madera (41.4%), concreto reforzado (41.4%) y metálica (6.9%). La cubierta de las viviendas es en zinc (69.0%), asbesto-cemento (13.8%) y otros (17.2%) entre los que se tiene cubierta en concreto reforzado (terraza).

En la parte alta se localizan un 37.9% de las viviendas, y en la parte baja 62.1%. Los servicios públicos se prestan en el barrio, y la mayoría de las casas cuenta con ellos, es así como se tienen los siguientes resultados de uso de cada servicio: acueducto (100%), alcantarillado (100%), energía eléctrica (100%), gas natural (79.3%), teléfono (89.7%), vía pavimentada (41.4%).

Una familia por vivienda es el valor típico para el barrio (51.7%), sin embargo se presentan hasta 5 familias en una misma vivienda (3.4%); el núcleo familiar predominante en el barrio lo forman 2 adultos (24.1%) y 2 menores de 18 años (27.6%); los ingresos están a cargo de 1 persona (31.0%), dedicada a trabajos independientes (41.4%).

Se evidencia la falta de relaciones de la comunidad hacía entidades como el Comité Local de Emergencias (93.1%), la Junta de Acción Comunal (58.6%), la Defensa Civil (72.4%); y el desconocimiento de planes y políticas de entidades como la DPAE (72.4%), la Cruz Roja (66.5%) y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (79.3%).

Muy pocas personas del barrio han recibido algún tipo de capacitación en desastres naturales (6.9%), prevención de desastres y atención de emergencias (6.9%), educación ambiental (6.9%), desarrollo comunitario (3.4%), primeros auxilios (6.9%), reforestación y recuperación de cuencas (3.4%) y construcción sismorresistente (3.4%). A un 72.4% de los habitantes les gustaría recibir capacitación en alguno de los temas mencionados anteriormente.

Entre los aspectos que mencionan los habitantes como preocupantes para el desarrollo del barrio son: el hurto de las casas, la presencia de marihuaneros y personas extrañas en la ladera y la pavimentación de las vías de acceso a la parta baja. Para ello sugieren la participación activa de la Junta de Acción Comunal en planes gubernamentales eficaces.

Con respecto a la situación de estabilidad del escarpe, a los habitantes del barrio Jerusalén – sector Plan Canteras les preocupa el cierre o traslado de las instalaciones del colegio, no tanto la amenaza de inestabilidad. En comentarios informales de los estudiantes, ante las obras de emergencia que se estaban adelantando, se preguntaban si con la malla se podría contener la montaña?

8.2 Evaluación de la vulnerabilidad

Durante las labores de topografía se determinó la presencia de vías, postes para energía y teléfonos, pozos de alcantarillado, medidores del acueducto y del gas, muros de cerramiento y árboles, entre otros, lo cual complementado con el resultado de la encuesta permitió evaluar al vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Para las edificaciones se determinó la resistencia al impacto, de acuerdo con sus condiciones estructurales y constructivas; en el plano 14 se muestran los tipos de edificación, los cuales se agrupan en tres, así:

Edificaciones Tipo A, porticadas: aquellas que tienen estructura de vigas y columnas confinando mampostería.

Edificaciones Tipo B, de mampostería: de ladrillo tolete bien trabado y las prefabricadas, se incluyen en éste tipo las porticadas que tienen cubierta de asbesto-cemento y pueden sufrir impactos en el techo por caída de rocas.

Edificaciones tipo tugurio: aquellas construidas con mampostería de bloque, madera, tela asfáltica, latas, cartones, etc., fácilmente averiables,

Durante la encuesta se evaluó el nivel de daño que presentan las edificaciones, para el cual se definieron tres niveles; sin embargo en las edificaciones encuestadas no se observaron daños, sólo en las viviendas de la parte superior se detectaron algunas pequeñas fisuras, que en ningún caso comprometen la estabilidad de la edificación.

Con base en éste tipificación y teniendo en cuenta la experiencia de otros proyectos con la DPAE, se estimaron resistencias al impacto de 15 MPa para las porticadas, de 1MPa para las de mampostería y de 0.01 MPa para los tugurios.

De acuerdo con lo anterior se evaluó la vulnerabilidad estructural de las edificaciones, así:

- Para resistencia al impacto de 15 MPa o más, vulnerabilidad baja,

- Para resistencia al impacto entre 1 y 15 MPa, vulnerabilidad media y
- Para resistencia al impacto menor de 1 MPa, vulnerabilidad alta.

Para evaluar la vulnerabilidad funcional, se consideró para las edificaciones y espacios, el número de personas expuestas en un momento dado y el trauma que se pueda ocasionar al interrumpir un servicio.

Por ejemplo, se adoptó que para una exposición de más de 100 personas/hora, vulnerabilidad alta, para exposición de 20 a 100 personas/hora, vulnerabilidad media y para exposiciones de menos de 20 personas por hora, vulnerabilidad baja. En cuanto a las líneas de servicios se considera que los ductos (acueducto, alcantarillado y gas) presentan vulnerabilidad alta ante procesos de deslizamiento y baja ante procesos de caída de rocas; las líneas de energía y teléfono presentan vulnerabilidad media y baja ante éstos procesos.

Para obtener el plano de vulnerabilidad combinada se usó la siguiente matriz de influencia, donde se otorga un mayor peso a la vulnerabilidad funcional:

EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	VULNERABILIDAD FUNCIONAL: ALTA	MEDIA	BAJA
ALTA	A	A	A
MEDIA	A	A	M
BAJA	A	A	B

En el plano 15 se muestra el plano de vulnerabilidad de los elementos expuestos, separando la vulnerabilidad estructural y la funcional y en el plano 16 la vulnerabilidad combinada.

9. RIESGO

Para la evaluación del riesgo se parte de la zonificación de amenaza, la cual se superpone con la vulnerabilidad y se estima la capacidad de daño sobre el elemento expuesto, de acuerdo con los criterios mostrados en la siguiente matriz, donde se ha dado un gran peso a la integridad de las personas, en una proporción de 20:1, con respecto a la integridad de las edificaciones:

EVALUACION DEL RIESGO

AMENAZA	VULNERABILIDAD: ALTA	MEDIA	BAJA
ALTA	A	A	A
MEDIA	A	A	M
BAJA	A	A/M	B

Se consideró que para índices de ocupación mayor de 20, para elementos con vulnerabilidad media, expuestos a una amenaza baja, el riesgo se catalogaría como alto, mientras que para índices de ocupación menor de 20 el riesgo se considera medio.

Los criterios son exigentes, debido a la exposición de gran número de personas, por la concentración que imponen las instalaciones educativas. En las zonas resultantes con riesgo alto se deben esperar accidentes que involucren la integridad de por lo menos una persona, así los daños sobre las edificaciones sean mínimos o daños a las estructuras que las lleven al colapso. En las zonas de riesgo medio puede haber afectación de edificaciones, sin que lleguen al colapso, pero no se afectaría la integridad de ninguna persona y en las zonas de riesgo bajo podrían presentarse daños menores en las edificaciones y no habría afectación a las personas.

El resultado se presenta en el plano 17, con la convención tradicional de colores tipo semáforo: rojo, amarillo y verde.

10. ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

10.1 Planteamiento

Para mitigar las amenazas se proponen tres alternativas, las que se presentan en los planos 18, 19, 20 y 21 y consisten en:

Alternativa 1: Reconformar el talud, mediante corte, dejándolo con taludes de inclinación 1H:2V y bermas, de manera que no se presente posibilidad de generación de cuñas, ni de deslizamientos rotacionales, tampoco se podrían presentar procesos de volcamiento, sólo habría procesos de caída de bloques y erosión, que se pueden controlar con coberturas vegetales; en los planos 18 y 20 se muestra la conformación propuesta. El proceso de caída de bloques se intensifica por la forma del talud, sin embargo es una situación que se presentaría después de un tiempo (1 a 3 años), mientras los procesos de erosión y degradación de los materiales facilitan el desprendimiento de los bloques.

Alternativa 2: Reforzar el talud con anclajes profundos, de 30 m de longitud y 50 toneladas de capacidad, dispuestos en la parte media superior. Se complementa con la instalación de lloraderos en la cara del talud revestido y barreras arbóreas. Se mitiga la amenaza por deslizamientos rotacionales y en cuña y dificulta aún mas el volteo, queda un remanente de posibilidad de caída de bloques, los cuales se pueden controlar con una barrera arbórea. En los Planos 19 y 20, se muestra la disposición de los anclajes; se eligieron anclajes de 50 toneladas de capacidad por ser los que ofrecen una mayor eficiencia al menor costo y la profundidad de 30 m se eligió, para poder desarrollar el bulbo de anclaje por fuera de la influencia de los procesos de inestabilidad considerados.

Alternativa 3: Consiste en la construcción de un parapeto para retener bloques caídos, el refuerzo de la parte superior del talud destapado, con malla, mortero y pernos; instalación de lloraderos en el talud revestido; siembra de barreras arbóreas en la base del talud; Vegetalización de sectores del terreno vecino y el sellado con concreto o mortero de las grietas que se observan en la parte superior. Con ésta alternativa se controla el recorrido de los bloques caídos por desprendimientos o cuñas, se controla la erosión y la degradación y se disminuye la posibilidad de generación de cuñas y de caídas protegiendo las instalaciones del CED; en el Plano 21 se muestra la disposición del parapeto y las coberturas.

Se considera una cuarta alternativa que incluye el retiro de los elementos expuestos, mediante el traslado de las instalaciones educativas a otro sitio, por fuera de la zona de influencia de la amenaza que pueda constituir éste talud.

10.2 Análisis de costos

Para el análisis de costos se consideraron las actividades básicas de cada alternativa, con las cantidades de obra medidas en los planos y precios del mercado en Bogotá; se incluyó un estimativo de costos por labores de mantenimiento, tales como reparación de coberturas, limpieza y reparación de cunetas, retensionado de anclajes, pintura de elementos metálicos y fomento de la vegetación, entre otros.

Los costos de la cuarta alternativa, de traslado de las instalaciones, se estimaron suponiendo que se replicarían las estructuras, con las mismas características, en otro sitio a más de 10 cuadras, y se adoptaron costos normales de construcción en Bogotá, se supuso que sólo se haría la construcción y que los muebles y equipos podrían ser los mismos; para evaluar el trauma que implica que los niños del barrio deban desplazarse a otro sector de la Localidad, se consideró el costo del transporte de todo el personal, diariamente durante 10 años.

1. ALTERNATIVA 1: Reconformación del talud.

ITEM		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
1,1	Conformación	m³	20000	$ 12.000	$ 240.000.000
1,2	Empradización	m²	2800	$ 8.000	$ 22.400.000
1,3	Arbustos	m	350	$ 26.000	$ 9.100.000
1,4	Complementarios				
	Muros	m³	90	$ 280.000	$ 25.200.000
	Cunetas	m²	175	$ 45.000	$ 7.875.000
	Mantenimiento	Año	20	$ 6.000.000	$ 120.000.000
	Otros	GL	1	-	$ 10.000.000
				TOTAL	**$ 434.575.000**

2. ALTERNATIVA 2: Refuerzo del talud.

ITEM		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
2,1	Anclajes	m	1890	$ 150.000	$ 283.500.000
2,2	Sellado de grietas	m	220	$ 12.500	$ 2.750.000
2,3	Lloraderos	UN	1910	$ 4.500	$ 8.595.000
2,4	Arborización	m	195	$ 32.000	$ 6.240.000
2,5	Vegetalización	m²	1500	$ 8.000	$ 12.000.000
2,6	Mantenimiento	Año	20	$ 15.000.000	$ 300.000.000
2,7	Otros	GL	1	-	$ 10.000.000
				TOTAL	**$ 623.085.000**

3. ALTERNATIVA 3: Contención de caídos.

ITEM		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
3,1	Parapeto (adicional)	m	100	$ 1.000.000	$ 100.000.000
3,2	Lloraderos	UN	1910	$ 4.500	$ 8.595.000
3,3	Sellado de grietas	m	220	$ 12.500	$ 2.750.000
3,4	Barreras vegetales y empradización	GL	1	-	$ 25.800.000
3,5	Cobertura	m²	600	$ 32.000	$ 19.200.000
3,6	Mantenimiento	Año	20	$ 10.000.000	$ 200.000.000
				TOTAL	**$ 356.345.000**

4. ALTERNATIVA 4: Traslado de las instalaciones.

ITEM		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
3,1	Adquisición del predio.	m²	7000	$ 120.000	$ 840.000.000
3,2	Construcción de edificios.	m²	1850	$ 800.000	$ 1.480.000.000
3,3	Construcción de patios.	m²	2000	$ 52.500	$ 105.000.000
3,4	Barreras vegetales y empradización	GL	1	-	$ 10.000.000
3,5	Transporte	Año	10	$ 120.000.000	$ 1.200.000.000
				TOTAL	**$ 3.635.000.000**

10.3 Análisis de alternativas

Dado que la amenaza media y alta es provocada por los procesos de caída de bloques y deslizamiento de cuñas, la bondad de las alternativas planteadas en la mitigación de la amenaza es la siguiente:

- Alternativa de descarga y conformación del talud: Con ésta alternativa se controla en forma eficiente el proceso de deslizamiento de cuñas, debido a que el talud resultante tendrá una inclinación menor al ángulo de las cuñas posibles. Los procesos de desprendimiento y caída de rocas siguen vigentes, aunque se pueden controlar parcialmente con coberturas y mantenimiento permanente. En la figura 10.2 se ilustra el proceso de caída de bloques, sin considerar el efecto de las coberturas.

- Alternativa de refuerzo con anclajes: Con ésta alternativa se controlan parcialmente los procesos de caída de rocas y de falla en cuña, sin embargo requiere de mantenimiento permanente.

- Alternativa de contención con parapetos: Esta alternativa controla el alcance de los bloques caídos por desprendimientos y fallas en cuña, durante una primera fase, mientras los materiales del piso se mantengan sin compactar; al complementarla con barreras arbóreas la posibilidad de paso de los bloques caídos se disminuye, dependiendo de la altura que alcancen los árboles, con lo cual las condiciones mejoran con el tiempo; el parapeto constituye una barrera para el paso de personas a la vecindad de la base del escarpe, con lo cual se

disminuye su exposición y también el área disponible; además requiere de mantenimiento permanente. En la figura 10.1 se ilustra el resultado del análisis de caída de rocas.

- La alternativa de retirar las instalaciones educativas, disminuye notablemente los elementos expuestos y por consiguiente la vulnerabilidad combinada, sin embargo, habría que tener en cuenta otros riesgos a que estarían expuesta la población estudiantil, por efecto del traslado a las nuevas instalaciones. Para el barrio la situación quedaría en riesgo bajo, sólo habría una vivienda en alto riesgo, la del costado norte del Jardín Infantil, la cual también podría ser relocalizada. Sin embargo al quedar el espacio disponible podría ser urbanizado, o continuar con las instalaciones deportivas, en una situación de riesgo medio a alto, que habría que tratar.

En el plano 22 se ilustra la amenaza resultante de cada una de las alternativas planteadas, sin considerar el efecto de la vegetación.

Para la situación con las obras de mitigación temporal, recientemente construidas, teniendo en cuenta que se tiene un piso de material suelto entre la base del escarpe y el parapeto se controla la totalidad de los bloques que puedan caer, por lo cual no habría amenaza por caída de bloques, ni por falla en cuña, para las edificaciones dispuestas frente al parapeto; en el plano 23 se ilustra la situación de amenaza resultante.

Se compararon las tres primeras alternativas, las que se proponen para controlar la amenaza, en cuanto a su eficacia, el resultado se presenta en la tabla 10-1 con los árboles de decisión, en que se consideraron la posibilidad de ocurrencia de los procesos y el potencial de daño, en términos de afectación a las personas; para la alternativa de retirar de allí el CED no se hace el análisis, debido a que se desconoce el sitio del posible emplazamiento y por consiguiente el riesgo al que pueda quedar sometido, sin embargo, se debe considerar el riesgo del traslado a las nuevas instalaciones. Para determinar la probabilidad de ocurrencia se consideró un período de recurrencia de 5 años, estimado a partir de la historia reciente de caída de materiales del talud.

TABLA 10-1 DETERMINACIÓN DEL RIESGO DE AFECTACIÓN A LAS PERSONAS, CON LAS ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA 1

OCURRENCIA		AMENAZA		VULNERABILIDAD		VICTIMAS		RESULTADO SI	TOTAL VICTIMAS
NO	0,80					NO	0,5		
SI	0,20	ALTA	0,75	ALTA	0,125352113	SI	0,50	0,009401408	0,095880282
				MEDIA	0,709859155			0,053239437	
				BAJA	0,164788732			0,012359155	
				NULA	0			0	
		MEDIA	0,25	ALTA	0,125352113			0,003133803	
				MEDIA	0,709859155			0,017746479	
				BAJA	0,164788732	NO		0	
				NULA	0	NO		0	
		BAJA	0	ALTA	0,125352113			0	
				MEDIA	0,709859155			0	
				BAJA	0,164788732	NO		0	
				NULA	0	NO		0	
		NULA	0	ALTA	0,125352113	NO		0	
				MEDIA	0,709859155	NO		0	
				BAJA	0,164788732	NO		0	
				NULA	0	NO		0	

MGL

ALTERNATIVA 2

OCURRENCIA		AMENAZA		VULNERABILIDAD		VICTIMAS		RESULTADO SI	TOTAL VICTIMAS
NO	0,8					NO	0,5		
SI	0,2	ALTA	0,03	ALTA	0,125352113	SI	0,5	0,00031338	0,083933099
				MEDIA	0,709859155			0,001774648	
				BAJA	0,164788732			0,000411972	
				NULA	0	NO		0	
		MEDIA	0,53	ALTA	0,125352113			0,006685446	
				MEDIA	0,709859155			0,037859155	
				BAJA	0,164788732	NO		0	
				NULA	0	NO		0	
		BAJA	0,44	ALTA	0,125352113			0,005536385	
				MEDIA	0,709859155			0,031352113	
				BAJA	0,164788732	NO		0	
				NULA	0	NO		0	
		NULA	0	ALTA	0,125352113	NO		0	
				MEDIA	0,709859155	NO		0	
				BAJA	0,164788732	NO		0	
				NULA	0	NO		0	

ALTERNATIVA 3

OCURRENCIA		AMENAZA		VULNERABILIDAD		VICTIMAS		RESULTADO SI	TOTAL VICTIMAS
NO	0,5					NO	0,5		
SI	0,5	ALTA	0	ALTA	0,125352113	SI	0,5	0	0
				MEDIA	0,709859155			0	
				BAJA	0,009859155	NO		0	
				NULA	0,154929577	NO		0	
		MEDIA	0	ALTA	0,125352113			0	
				MEDIA	0,709859155			0	
				BAJA	0,009859155	NO		0	
				NULA	0,154929577	NO		0	
		BAJA	0	ALTA	0,125352113			0	
				MEDIA	0,709859155	NO		0	
				BAJA	0,009859155	NO		0	
				NULA	0,154929577	NO		0	
		NULA	1	ALTA	0,125352113	NO		0	
				MEDIA	0,709859155	NO		0	
				BAJA	0,009859155	NO		0	
				NULA	0,154929577	NO		0	

El costo de los daños a las edificaciones no se consideró relevante evaluarlo, debido a que éstos son mínimos: tejas y ventanas rotas y de pronto algún muro, además por que una de las alternativas controla totalmente la amenaza.

10.4 Recomendaciones

De acuerdo con los análisis anteriores, se recomienda la adopción de la alternativa 3, la cual satisface los requerimientos de control de la amenaza, es más económica y no constituye trauma para la Comunidad ni para la Ciudad; la pérdida de 1100 m2 de área en la vecindad de las instalaciones, por efecto del parapeto y la barrera arbórea, consideramos que es aceptable, en el plano 26 se muestra la Zonificación de Amenaza resultante después de adelantar las obras recomendadas.

11. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA RECOMENDADA

La alternativa consta de un parapeto elaborado con elementos metálicos verticales: tubos o perfiles y mallas reforzadas con cables de acero, complementada con coberturas “rígidas”, barreras arbóreas y coberturas vegetales, así como la reparación de las coberturas existentes y el mejoramiento de los elementos de drenaje.

11.1 Parapeto

Consiste de una estructura vertical, cimentada en pilas de concreto de f'_c=21 Mpa que penetran dentro del terreno firme, por lo menos 2 m, de manera que se garantice el empotramiento; de cada pila sale un elemento de acero (tubo o perfil H) al que se amarran cables de acero y una malla de alambre galvanizado, reforzada con guayas de acero. Este parapeto funciona como una barrera flexible capaz de contener los bloques que caigan del talud y evitar que pasen hacia las instalaciones educativas, por lo cual debe tener una altura de por lo menos 6 m y estar separado del talud un mínimo de 4 m, frente a la parte más alta de aquel; por la flexibilidad de la barrera el tiempo de la colisión es mayor, se estima en medio segundo, con lo cual se disminuye la capacidad de daño de los bloques a una centésima parte del potencial que tendrían contra un elemento prácticamente rígido, como un muro de concreto; el emplazamiento del parapeto, después del primer impacto de los bloques hace que la velocidad de éstos sea baja y por consiguiente la magnitud del impacto.

Si se adopta el uso de tubos de acero, éstos deben tener un diámetro de por lo menos 6” y espesor superior a 0.200”, la resistencia del acero debe ser como mínimo 42000 psi. En caso de emplear perfiles H, estos deben tener por lo menos 6” de altura y un ancho de aletas de 4” con un espesor de la vena principal de ¾” y las aletas de ¼”, la resistencia del acero debe ser superior a 42000 psi. Como alternativa al perfil H pueden emplearse dos perfiles tipo canal de 6”x2”x 3/8”.

Los cables de amarre deben tener un diámetro de ½” y estar debidamente amarrados a los elementos verticales con ayuda de abrazaderas y grilletes que garanticen la correcta fijación; a los cables se fijan las mallas y guayas de refuerzo con ayuda de grilletes.

La malla debe ser de alambre de 2.77 mm de diámetro, galvanizado con un mínimo de 260 gr/m2 y tejida en triple torsión con una escuadría de 10X12 cm; se debe reforzar con guayas

de ¼" formando diagonales entre los elementos verticales y los cables, con una densidad tal que el espacio entre guayas sea inferior a 50 cm.

Este parapeto presenta un resistencia de 2.5 kN en el alambre de la malla, de 40 kN/m de malla, las guayas de acero de ¼" ofrecen una resistencia a la tracción de 45 kN que complementa la de la malla, los cables de acero de ½" ofrecen una resistencia a la tracción de 180 kN cada uno y los pernos que fijan la malla al piso tienen una resistencia de 80 kN cada uno; los tubos ofrecen una resistencia a la tracción o compresión de más de 700 kN, con lo cual se tiene una estructura suficientemente resistente para contener los bloques que eventualmente caigan desde el escarpe y evitar que lleguen a las instalaciones educativas. Se estima que los bloques impactarían el parapeto con una velocidad máxima de 60 m/seg, con lo cual la carga contra la malla sería de 5 kN o de 200 kN si golpea contra el paral, cargas fácilmente resistibles por el parapeto.

11.2 Sellado de grietas en la cobertura de malla y concreto lanzado

Debido a que se tienen agrietamientos en la parte superior de la cobertura, por efecto del proceso constructivo, donde se colocó primero la cobertura del talud y luego la de la corona, se tiene allí una junta, por donde ha podido ingresar agua al terreno.

Esta junta debe sellarse, para lo cual se recomienda retirar el material suelto en la vecindad de las juntas y grietas, perforar para colocar taches de ½" de diámetro y 60 cm de longitud, separados 0.5 m en una distribución en tres bolillo, llenar las perforaciones con lechada de cemento 1:1 y colocar inmediatamente el tache. Posteriormente colocar una malla de triple torsión que se agarre a los taches y cubrir con mortero 3:1 elaborado con arena lavada, hasta lograr un espesor de por lo menos 3 cm.

11.3 Complemento al sistema de drenaje

Para mejorar el drenaje de la cobertura existente y disminuir el potencial de degradación de los materiales arcillosos y evitar presiones de agua detrás de la cobertura, se recomienda la perforación de agujeros que penetren hasta el terreno natural, luego instalar en los agujeros tubos de pvc perforados o ranurados, cubiertos de geotextil no tejido; el borde exterior, contra la cobertura de concreto se debe rellenar, entre la pared de la perforación y el tubo, con mortero de cemento y arena lavada. Si durante la perforación para el sistema de drenaje se encuentra que el material natural está suelto, blando o muy húmedo, se debe proceder a levantar la cobertura, retirar el material suelto o blando, permitir el oreado del material y colocar una nueva cobertura.

11.4 Cobertura en los sectores descubiertos

En los costados norte y sur, donde no se tiene cobertura, se recomienda colocar una con malla de triple torsión, amarrada al terreno con taches y pernos y mortero de cemento y arena lavada, previendo un sistema de drenaje con lloraderos. Para el sector sur la cobertura se requiere sólo en los 6 m superiores del escarpe. Previo a la instalación de la cobertura se debe limpiar el terreno, retirando los materiales sueltos o propensos a caer especialmente en el extremo sur en el talud convexo. Con ésta medida se disminuye el potencial de degradación de la roca y por consiguiente la caída de bloques.

11.5 Control de erosión en el costado norte

Para el control de la erosión en la ladera superior al escarpe, en el costado norte, por donde se tiene un caminadero, se recomienda construir un sendero peatonal, conformado por losas de concreto sobre-puestas, conformando una estructura articulada en forma de escalinata. El sendero tendrá un ancho de 2 m y la longitud se estima en 145 m entre la calle 69-A sur, en la parte superior y la calle 68-G bis en la inferior.

Las losas serán de concretos simple de f'_c=21 MPa, tendrán el ancho del sendero, 2 m, 0.18 m de espesor y deben quedar con un traslapo de por lo menos 20 cm, en la forma indicada en el plano 25.

11.6 Complemento vegetal

Como complemento a las actividades descritas se recomienda el incremento de la cobertura vegetal, con la función especifica de controlar la erosión y degradación del terreno en la parte superior del escarpe, especialmente en el costado norte y en el talud contra la escalinata del costado sur. En la base del escarpe, entre la pata de éste y el parapeto, se recomienda sembrar una barrera arbórea multiestratificada que ayude a la contención y amortigüe la caída de bloques y materiales, de acuerdo con los análisis la eficacia de la vegetación se estima en una reducción de por lo menos el 30% de la velocidad de caída.

En el capitulo siguiente se presenta la estrategia de manejo de la vegetación siguiendo los principios ecológicos de la sucesión vegetal natural.

12. RESTAURACION DE LA COBERTURA VEGETAL

La regeneración de la vegetación en el área de estudio es especialmente lenta ya que depende de los aportes que las plantas puedan hacer a la formación de suelo, como en el caso del proceso de acumulación de materia orgánica, que pierde dinamismo debido a la severidad del clima y pobreza del sustrato, limitantes del crecimiento y la productividad de la vegetación; por otro lado, el microclima favorable al establecimiento de la población vegetal se ve afectado por las mismas razones.

Para disminuir el tiempo requerido en la etapa inicial de colonización vegetal se propone la estrategia de mejoramiento fisicoquímico del suelo y el incremento del banco de semillas en el; para ello se debe adecuar el sustrato por medio de escarificación superficial, adición de fertilizantes y sustancias de origen orgánico para elevar su potencial de fertilidad e incrementar su actividad biológica.

La recuperación de las áreas afectadas con erosión moderada a muy severa tiene los siguientes objetivos fundamentales:

- Disminución del aporte de sedimentos a la escorrentía

- Recuperación escénica a través del incremento de la cobertura vegetal, propendiendo por la recreación aproximada de los ecosistemas primitivos.

12.1 Factores Limitantes

A continuación se enumeran una serie de situaciones que limitan la restauración ecológica del área de estudio:

- Déficit de humedad (bajo balance hídrico), debido a la pérdida de la vegetación protectora, lo cual incrementa la acción de los factores climáticos sobre la superficie del suelo, exponiéndolo a una mayor desecación.
- Fuertes fluctuaciones de humedad y de temperatura, por la baja capacidad de almacenamiento de agua propia de los materiales edáficos, lo cual disminuye su capacidad amortiguadora de los extremos climáticos.
- Oferta mineral pobre, por la pérdida del horizonte orgánico, rico en nutrientes que sostienen la vegetación.
- Alta evaporación, debida a la exposición directa al sol y al viento.

12.2 Factores Tensionantes

- Eliminación de las capas superficiales del suelo por acción de la erosión, excavación o por la colocación de materiales y escombros en la superficie del terreno.
- Degradación y fragmentación de la cobertura herbácea debido al continuo pisoteo de las personas en su desplazamiento hacia los barrios aledaños.
- Erosión en grado moderado a muy severo.

12.3 Interacción Tensionantes – Limitantes

Las relaciones suelo – clima – planta se ven alteradas por la interacción de los factores tensionantes y limitantes, resultando situaciones como:

- Alteración del clima en la capa de aire en contacto con el suelo y en los horizontes superficiales del perfil edáfico, al perderse la cobertura vegetal, lo cual intensifica la incidencia de la radiación, produciendo marcadas fluctuaciones térmicas, que conducen a la aridez y erosión.
- Afloramientos rocosos, lo cual agudiza las deficiencias nutricionales al ser removidas las capas superficiales del suelo, difíciles de recuperar.
- Agotamiento de las reservas físicas y bióticas, sucesión vegetal detenida y productividad del sistema anulada.

12.4 Potencial de Restauración

La oferta ambiental del área de estudio establece tres zonas con alto potencial de restauración: La ladera superior del talud, zona con mejores condiciones edáficas; el extremo sur, por la presencia de un parche arbustivo el cual se puede consolidar y ampliar hacia la zona del talud aledaño a la escalera peatonal, con pendiente un poco mas suave; y la zona de pata del talud, con acumulación de materiales finos y aceptable humedad.

12.5 Estrategia de Restauración

La estrategia de restauración se centra en la adecuación del sustrato con herramientas físicas y químicas que simulan el efecto sucesional de la vegetación, creando condiciones propicias al establecimiento y consolidación de la población dinamogenética, dando inicio a la sucesión propiamente dicha, mediante acciones específicas de recuperación:

- Inducción de cobertura vegetal: En las zonas con suelo desnudo de la ladera superior del escarpe, debe inducirse la formación de una cobertura vegetal de especies herbáceas y semileñosas, con el fin de disminuir el área de suelo superficial expuesto a la acción erosiva del agua y consolidar la población arbustiva que actualmente se reduce a un parche en el extremo sur occidental.

- Consolidación de cobertura de herbáceas e inducción de precursores leñosos: En la ladera, hacia el nor occidente, donde se tiene cobertura superficial de plantas herbáceas degradada por la erosión y el pisoteo de las personas en sus desplazamientos, es necesario adecuar caminos peatonales debidamente adoquinados o cementados e incrementar el grado de cobertura con la siembra de especies herbáceas y leñosas.

- Disminución de la longitud de la pendiente: En la ladera superior del escarpe (costado norte) se tiene una pendiente muy larga, que favorece la escorrentía, por lo cual se debe construir barreras vivas que obstaculicen el avance del agua ladera abajo.

- Interceptación de materiales provenientes del escarpe. La construcción de una barrera viva multiestratificada para atrapar los materiales provenientes del escarpe entre el follaje y los troncos de las plantas, en la pata del talud.

12.6 Obras de Restauración

Se busca la consolidación de la población de herbáceas e inducción de precursores leñosos.

- Patrón espacial: En la ladera superior del escarpe, con pendiente inclinada a fuertemente inclinada, con cobertura vegetal inferior al 60%, afectada por erosión en grado moderado a severo.

- Patrón temporal: Se lleva a cabo en tres fases, adecuación de suelos, siembra y mantenimiento, que se describen a continuación:

12.6.1 Adecuación de suelos, que comprende dos etapas

Escarificación superficial: Ruptura de la superficie, a 20 cm de profundidad, en forma reticulada para dejar terrones de diámetro de 5 cm máximo como cama para la siembra, preferiblemente con herramienta manual (picas, azadones, barras) y emparejamiento superficial (pase de rastrillo manual).

Fertilización: Adición de productos fertilizantes y abonos para incrementar la fertilidad potencial del sustrato, mediante la realización de una mezcla de tierra negra (1 m^3), humus o lombricompuesto (1 Kg.), microman (0.1 Kg.) y fertilizante triple 15 (0.5Kg), que en adelante se llamará “sustrato enriquecido”.

Esta mezcla se coloca sobre la superficie escarificada formando una capa de 5 cm en promedio, de modo que 1m^3 de sustrato enriquecido alcanza para cubrir 20 m^2 de área de siembra.

12.6.2 Siembra las semillas sobre la superficie

Para un mejor manejo de las semillas y una mayor eficiencia de la labor, se recomienda incorporar o mezclar las semillas con el sustrato enriquecido de modo que se realice la siembra al tiempo con la fertilización. Las especies recomendadas y la cantidad requerida para mezclarse con 1 m^3 de sustrato enriquecido se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Fórmula florística para la siembra de semillas

Nombre científico	Nombre común	Dosis/ 1m^3 de sustrato
Dodonea viscosa	Hayuelo	20 g
Bacharis sp	Chilco o ciro	20 g
Morella parvifolia	Laurel hojipequeño o rastrero	20 g
Trifolium repens	Trébol blanco	10 g
Trifolium pratense	Trébol rojo	10 g
Vicia artropurpúrea	Vicia	10 g
Lolium multiflorum	Ryegrass	10 g

Se recomienda la mezcla de semillas de todas las especies enumeradas con el fin de asegurar una alta diversidad de especies lo cual favorece la estabilidad de la población al disminuir el ataque de plagas y enfermedades, frecuentes cuando se tienen pocas especies en el sistema**.**

12.6.3 Mantenimiento:

Actividades para después de la siembra, tendientes a evitar problemas de establecimiento de la vegetación, que consisten de:

Riego: Suministro de agua dos veces por semana, especialmente en época de sequía prolongada. Esta actividad se debe realizar hasta tres meses después de la siembra, cuando se considera que la vegetación ha completado un ciclo de vida y ha fructificado dejando un banco de semillas en el suelo para posterior regeneración de la población**.**

Resiembra: Cuando por algún motivo la cobertura vegetal sea inferior al 80% (máximo registrado en la vegetación nativa), se debe resembrar el área afectada, para asegurar los objetivos de restauración.

Fertilización de mantenimiento: Después de la etapa de establecimiento vegetal (tres meses a partir de la siembra) se debe suministrar una nueva mezcla de fertilizantes, esta vez sin la tierra negra, al voleo y con el suelo húmedo, para asegurar buen contenido de nutrientes a la nueva generación vegetal. Esta labor debe hacer parte del proceso de siembra y sostenimiento y estará a cargo del constructor.

12.7 Barreras vivas contra el escurrimiento superficial del agua o escorrentía

Para evitar la pérdida del material colocado en la superficie de la ladera superior se deben construir barreras vivas con arbustos de ramificación densa, formando setos perpendiculares a la pendiente.

- Patrón espacial: En la ladera superior, se siembran dos hileras de arbustos por barrera, en tresbolillo y perpendicular a la pendiente, con distancia entre hileras de 2m, entre individuos de 1 m y entre barreras de 15 m.

- Patrón temporal: El trazado de las hileras y la siembra de los arbustos debe realizarse inmediatamente después de la siembra de semillas, en las siguientes etapas:

  - Ahoyado: Realización de hoyos de 0.3 m de profundidad por 0.3 m de diámetro, siguiendo la curva de nivel, a 1 m de distancia entre hoyos. La segunda hilera debe quedar alejada 2 m de la primera y el primer hoyo de la segunda hilera debe quedar en el espacio central entre los dos primeros hoyos de la primera (tresbolillo o triángulo) de modo que la superficie quede bien protegida. Se debe tener cuidado de picar el fondo de cada hoyo.

  - Fertilización y siembra: Se llena una cuarta parte del hoyo con la mezcla sustrato enriquecido descrita en el numeral anterior, se quita la bolsa que cubre el pan de suelo envolvente a la raíz de la plántula colocando esta dentro del hoyo, lo mas centrada posible, se llena el hueco con el sustrato enriquecido por los lados del pan de suelo de la plántula hasta que falten 5 cm para completar con la superficie y se termina de llenar con el material sacado del hoyo. Se debe apisonar con cuidado alrededor de la plántula para evitar que queden bolsas de aire que puedan acarrear problemas sanitarios más adelante. La superficie del hoyo debe quedar a ras con la superficie del terreno, ya que si queda hundida puede haber encharcamiento y si queda abombada el agua que se suministre se escurrirá por los lados.

  - En el talud del costado sur, aledaño a la escalera peatonal, se prevé un caso especial de barrera por lo empinado de la pendiente y es construir la barrera con esterilla de guadua, de 50 cm de ancho enterrándola 15 cm dentro del suelo y sembrar una sola hilera de plantas en el borde superior (aguas arriba) de la barrera de esterilla, siguiendo las instrucciones dadas con anterioridad. Estas tendrán una separación de 2.5 m entre barreras. El talud debe escalonarse manualmente.

Las especies recomendadas se muestran en el siguiente cuadro y se deben adquirir en vivero, en la etapa de desarrollo llamada plántula, con un tamaño entre 0.5 y 1.0 m de alto, máximo.

Cuadro 2. Fórmula florística para barreras vivas

Nombre científico	Nombre comun
Rosmarinus officinalis	Romero
Dodonea viscosa	Hayuelo
Bacharis sp	Chilco o ciro
Morella parvifolia	Laurel hojipequeño
Cortaderia nítida	Cortadera

De la lista es importante conseguir al menos cuatro especies diferentes para incrementar la estabilidad dentro de la barrera

Mantenimiento: Actividades después de la siembra, tendientes a evitar problemas de establecimiento de la vegetación.

Riego: Suministro de agua dos veces por semana, especialmente en época de sequía prolongada. Esta actividad se debe realizar hasta tres meses después de la siembra, cuando se considera que las plántulas se han adaptado al medio.

Resiembra: Cuando se ha perdido individuos dentro de la barrera se debe resembrar nuevamente, para mantener la densidad de cada hilera.

Fertilización de mantenimiento: Después de la etapa de establecimiento vegetal (tres meses a partir de la siembra) se debe escarificar con cuidado el plato alrededor de la planta, colocar 50 g de mezcla de fertilizantes, esta vez sin la tierra negra, en corona y con el suelo húmedo, y tapar con los materiales extraídos en la escarificación, esta actividad hace parte del proceso de siembra y sostenimiento.

12.8 Barrera viva para contención, en la pata del talud.

Con el objeto de retener los materiales que posiblemente se desprendan del escarpe y evitar que, por su energía cinética, afecten las instalaciones del centro educativo se debe construir una barrera viva multiestratificada, con lo cual cualquier desprendimiento quedará atrapado por los troncos, ramas y follaje de las plantas sembradas en la pata del talud.

Las condiciones químicas de los suelos de este sitio muestran remanentes de una fertilización anterior, posiblemente realizada para la empradización del sector; sin embargo presenta descompensaciones y deficiencias de algunos elementos mayores y micronutrientes.

- Patrón espacial: La barrera quedará ubicada en la pata del talud, a todo lo largo del escarpe. El diseño es en hileras, con tres estratos (alto, medio y bajo) los cuales deben conformar tres surcos. El primer surco, alejado del escarpe 2.5m, estará constituido de plantas arbóreas, de crecimiento rápido, con troncos fuertes, con distancias de 8m entre plantas, ya que la copa puede tener una amplitud de similares dimensiones en su máximo desarrollo. Estas plantas crecen más de 5m de altura; El segundo estrato, conformado por plantas de crecimiento arbustivo, estará alejado del primer surco (arbóreo) 2m y la distancia entre plantas disminuye a 3.0m a lo largo del talus (pata del talud). El último surco, correspondiente al estrato bajo, ubicado a 1.5m del surco anterior y la distancia entre plantas se densifica a 1.5m. Las especies recomendadas, por estrato, se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 3. Fórmula florística de la barrera viva multiestratificada

NOMBRE COMUN	ESPECIE	CARACTERISTICAS
Estrato alto		
Eucalipto pomarroso.	*Eucalyptus fisifolia.*	Sembrados en hileras, a 2m del escarpe, y 8m entre plantas
Eucalipto	*Eucalyptus citriodora.*	
Falso pimiento.	*Schinus molle.*	
Ciprés	*Cupressus lusitanica*	
Aliso	*Alnus acuminata*	
Pino	*Pinus radiata*	
Estrato medio		
Ciro, chilco	*Bacharis latifolia*	Una hilera a continuación del surco de arbóreas, a 2.0m. Distancia entre plantas 3.0m.
Salvio amargo, jome	*Eupatorium angustfolium*	
Hayuelo	*Dodonea viscosa*	
Jazmín de china	*Ligustium lucidum*	
Cacao de monte-azafrán charne,angelito	*Clethra fimbriata bucquetia glutinosa*	
Estrato bajo		
Laurel hojipequeño	*Morella parvifolia*	Ultima hilera de la barrera, más cercana a la escuela. Se siembra a 1.5m del surco central, con distancias entre plantas de 1.5m
Retamo liso	*Cytisus monspesulanus*	
N.n	*Symplocos theiformis*	
N.n	*Pernettya prostrata*	

La distribución de las plantas a lo largo de la barrera puede observarse en el Plano 24, de obra y un perfil de dicha barrera se observa en las secciones transversales E–E y A-A. (Plano 25).

El criterio de selección de especies en el primer estrato es el rápido crecimiento de algunas especies exóticas, ya que empezarán a ejercer más rápido su función de barrera, frente a plantas nativas con mayor lentitud en el desarrollo.

En el segundo estrato las especies planteadas se han escogido tanto por su aptitud morfología (especiales para formar barrera), como por su capacidad de formar asociaciones con especies nativas y exóticas. En el tercer estrato se plantea el uso de especies precursoras, de porte bajo, buena ramificación, con excelente adaptación a suelos pobres, con baja exigencia de agua y también de rápido crecimiento.

- Patrón Temporal: El trazado de las hileras y la siembra de las plantas debe realizarse inmediatamente después de las obras de adecuación geotécnica del escarpe, en las siguientes etapas:

12.8.1 Adecuación de suelos

- Ahoyado: Excavar hoyos de siembra de acuerdo con el tamaño del pan de suelo que envuelve la raíz de las plantas a sembrar. Un tamaño máximo de hoyo es de 0.5m de diámetro y 0.5m de profundidad, propio de una planta de 1.0 a 1.2m de altura. Tener cuidado de picar el fondo del hoyo para romper costras duras y mejorar drenaje.

- Fertilización. Para aumentar la fertilidad del suelo al nivel requerido por las plantas y corregir algunos de los desbalances nutricionales provocados por la adición de fertilizantes (probablemente Calfos) anteriormente, se debe suministrar nitrógeno, potasio, magnesio, manganeso azufre y boro, mediante una mezcla de material (¾ partes) extraído del hoyo, con los siguientes productos:

Humus	250 gr/planta
Urea	150 gr/planta
Borax	25 gr/planta
Sulfato de cobre	20 gr/planta
Sulfato de hierro	2.5 gr/planta
Sulfato de magnesio	15 gr/planta
Tierra negra	2000 gr/planta

- Siembra: Colocar una capa de la mezcla resultante o sustrato enriquecido, de 0.15m en el fondo, colocar la planta en el pan de suelo adherido a su raíz (suelo que traía desde el vivero), teniendo especial cuidado de quitar la bolsa que lo cubre. Seguir llenando el hoyo por los lados hasta completar a ras con la superficie del suelo. No dejar “hundido” o “abombado” el suelo en el plato de la planta para evitar encharcamiento que produciría enfermedades o escurrimiento lateral del agua, que provocaría déficit hídrico.

Nota: El sustrato enriquecido o mezcla de abonos y fertilizantes con suelo es diferente para la parte alta o ladera superior con respecto del utilizado en la parte baja o pata del talud.

Mantenimiento: Actividades después de la siembra, tendientes a evitar problemas de establecimiento de la vegetación.

Resiembra: Cuando se han perdido individuos dentro de la barrera se deben resembrar nuevamente, para mantener la densidad de cada hilera.

Fertilización de mantenimiento: Después de la etapa de establecimiento vegetal (tres meses a partir de la siembra) se debe escarificar con cuidado el plato alrededor de la planta, colocar 100 gr de mezcla de fertilizantes, esta vez sin la tierra negra, en corona y con el suelo húmedo, y tapar con los materiales extraídos en la escarificación. Esta es una actividad relacionada con la siembra y está a cargo del constructor.

Riego: Suministro de agua por medio de un sistema de riego por goteo, teniendo cuidado de almacenar el agua en un tanque para decantar el exceso de cloro, por lo menos 12 horas antes de suministrarla a las plantas.

El sistema de riego se compone de un tanque de 1 m^3 colocado sobre la placa del salón mas cercano al talud, lo cual representa una altura (o cabeza) de aproximadamente 3 m. Del tanque, hacia el talud, sale una manguera de suministro de ½ pulgada hasta la línea del estrato alto; allí se coloca transversalmente (a lo largo de la pata) una manguera de repartición de ¼ de pulgada, a la cual se conectan tres goteros por árbol, cada 8 m, coincidiendo con las distancias de siembra. La segunda manguera de repartición se coloca para el estrato medio, a 2 m de la anterior y se le conectan dos goteros por planta, cada 3 m. La tercera manguera de repartición corresponde al estrato bajo, colocada a 1.5 m de la anterior, a la cual se le coloca un gotero por planta, cada 1.5 m.

Notas:

- Actualmente la pata del talud tiene vegetación arbórea representada por algunos ejemplares de *Acacia spp*. que conviene mantener mientras la barrera cumpla con el tiempo requerido de establecimiento, posteriormente puede mantenerse.
- El salón más cercano al talud tiene una cubierta de placa de concreto reforzado de por lo menos 15 cm de espesor enmarcada entre vigas de 30 cm de altura. Consideramos que esta estructura está en capacidad de soportar el tanque de almacenamiento de agua.

13. ESPECIFICACIONES

En el anexo E se presentan las especificaciones de construcción para la contratación de las obras recomendadas.

14. PRESUPUESTO

Para la elaboración del presupuesto, se tuvieron en cuenta las cantidades de obra medidas en los planos y los precios del mercado en Bogotá, además para visualizar los componentes se separaron en obras civiles y obras con vegetación, incluyendo un análisis de precios unitarios.

14.1 Obras civiles

Los precios unitarios se estimaron, de acuerdo con lo indicado en los detalles de las obras propuestas:

DESCRIPCIÓN	VALOR
Parapeto: (ml)	
Cimiento cada 6 m, ϕ=0.6 m, l=2 m	$ 340.000
Tubos ϕ=0.15 m, L=8m	$ 950.000
Cables ϕ=1/2" - 19.8 m/6 m	$ 520.000
Cables ϕ=1/4" - 90 m/6 m	$ 850.000
Pernos ϕ=3/4" - 4.5 m/6 m	$ 385.000
Grilletes ϕ=1/2" y ϕ=1/4"	$ 85.000
Malla (36 m^2)	$ 126.000
Pintura	$ 35.000
Montaje	$ 650.000
SUBTOTAL (6m)	**$ 3.941.000**
A.I.U. (20%)	$ 788.200
TOTAL	**$ 4.729.200**
Valor por ml	$ 788.200

Sellado de grietas (ml)	
Malla 2 m^2/m	$ 7.000
Taches 48 m/m, ϕ=1/2”	$ 96.000
Mortero 0,03 m^3/m	$ 6.000
SUBTOTAL	**$ 109.000**
A.I.U. (20%)	$ 21.800
TOTAL	**$ 130.800**

Drenajes (Unidad)	
Perforación ϕ=1" (20 cm)	$ 4.000
Tubo ϕ=3/4" PVC, ranurado (25 cm)	$ 475
Geotextil NT (130 cm^2)	$ 150
Mortero de sello	$25
SUBTOTAL	**$ 4.650**
A.I.U. (20%)	$ 930
TOTAL	**$ 5.580**

Cobertura (m^2)	
Pernos, f=3/4”, l=6 m (c/3 m) $480,000 c/u (*)	$ 53.335
Malla	$ 3.800
Taches	$ 12.000
Mortero	$ 10.000
Lloraderos	$ 2.050
SUBTOTAL	**$ 81.185**
A.I.U. (20%)	$ 16.237
TOTAL	**$ 97.422**

(*) Incluye la perforación, varilla, lechada de cemento, platinas de 20x20 cm y tuercas.

Con los precios anteriores, el costo de las obras civiles se estima en:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	COSTO
PARAPETO	m	110	$ 788.200	$ 86.702.000
SELLADO DE GRIETAS	m	125	$ 130.800	$ 16.350.000
DRENAJES	Unidad	980	$ 5.580	$ 5.468.400
SENDERO	ml	145	$ 120.000	$ 17.400.000
COBERTURA CON MALLA-MORTERO	m^2	945	$ 97.422	$ 92.063.790
TOTAL				**$ 217.984.190**

14.2 Obras vivas con vegetación

Para las obras vegetales se adelantó un procedimiento similar:

SUSTRATO ENRIQUECIDO No.1, para siembra por semillas en la ladera y barreras con un solo estrato (INSUMOS)

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tierra negra, con transporte	m3	1	$ 44.000,00	$ 44.000,00
Humus	Kg.	1	$ 80,00	$ 80,00
Microman	Kg.	0,1	$ 3.025,00	$ 302,50
Triple 15	Kg.	0,5	$ 1.000,00	$ 500,00
SUBTOTAL				**$ 44.882,50**

SUSTRATO ENRIQUECIDO No.2, para siembra de barrera con tres estratos, en la pata del talud (INSUMOS)

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tierra negra, con transporte	Kg.	2	$ 44,00	$ 88,00
Humus	Kg.	0,25	$ 80,00	$ 20,00
Urea	Kg.	0,15	$ 1.000,00	$ 150,00
Borax	Kg.	0,025	$ 2.280,00	$ 57,00
Sulfato de hierro	Kg.	0,0025	$ 2.280,00	$ 5,70
Sulfato de magnesio	Kg.	0,015	$ 760,00	$ 11,40
Sulfato de cobre	Kg.	0,02	$ 3.800,00	$ 76,00
SUBTOTAL		2,46		**$ 408,10**
Mantenimiento	Kg.	0,46		$ 320,10

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
CONSOLIDACION DE HERBACEAS E INDUCCION DE LEÑOSAS				
Sustrato Enriquecido No.1	m3	86,5	$ 44.883,00	$ 3.882.379,50
mezcla de semillas	Kg.	8,65	$ 75.980,00	$ 657.227,00
Riego	mes	3	$ 220.000,00	$ 660.000,00
mantenimiento: mezcla de fertilizantes	Kg.	138,4	$ 882,50	$ 122.138,00
Resiembra	proporción	0,2	$ 2.598.416,75	$ 519.683,35
Mezcla de productos del sustrato enriquecido	m3	86,5	$ 9.600,00	$ 830.400,00
SUBTOTAL				**$ 6.671.827,85**
A.I.U.	%	20,00		$ 1.334.365,57
TOTAL				**$ 8.006.193,42**

MGL

BARRERAS EN LADERA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
Plantas (arbustos)	un	170	$ 10.000,00	$ 1.700.000,00
Sustrato enriquecido No. 1	m3	9	$ 44.882,50	$ 403.942,50
Riego	mes	3	$ 220.000,00	$ 660.000,00
mantenimiento: mezcla de fertilizantes	Kg.	8,5	$ 882,50	$ 7.501,25
Resiembra	proporción	0,2	$ 2.103.942,50	$ 420.788,50
Transporte, Ahoyado y siembra	Gl	170	$ 7.931,00	$ 1.348.270,00
Mezcla productos de sustrato enriquecido	Gl	170	$ 88,00	$ 14.960,00
SUBTOTAL				**$ 4.555.462,25**
A.I.U.	%	20,00		$ 911.092,45
TOTAL				**$ 5.466.554,70**

BARRERAS CON ESTERILLA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
Plantas (arbustos)	un	65	$ 10.000,00	$ 650.000,00
Sustrato enriquecido No. 1	m3	3,5	$ 44.882,50	$ 157.088,75
Riego	mes	3	$ 220.000,00	$ 660.000,00
mantenimiento: mezcla de fertilizantes	Kg.	3,25	$ 882,50	$ 2.868,13
Resiembra	proporción	0,2	$ 807.088,75	$ 161.417,75
Esterilla	ml	85	$ 250,00	$ 21.250,00
Transporte, Ahoyado y siembra	Gl	65	$ 7.931,00	$ 515.515,00
Mezcla productos de sustrato enriquecido	Gl	65	$ 88,00	$ 5.720,00
SUBTOTAL				**$ 2.173.859,63**
A.I.U.	%	20,00		$ 434.771,93
TOTAL				**$ 2.608.631,55**

BARRERA DE TRES ESTRATOS EN LA PATA DEL TALUD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
Plantas estrato alto (árboles)	un	25	$ 23.000,00	$ 575.000,00
Plantas estrato medio (arbustos)	un	65	$ 10.000,00	$ 650.000,00
Plantas estrato bajo (arbustos de porte bajo)	un	120	$ 10.000,00	$ 1.200.000,00
Sustrato enriquecido No. 2	Kg.	420	$ 408,10	$ 171.402,00
Riego por goteo	Gl	1	$ 4.650.000,00	$ 4.650.000,00
Mantenimiento: mezcla de fertilizantes	Kg.	18	$ 320,10	$ 5.761,80
Resiembra	proporción	0,2	$ 2.596.402,00	$ 519.280,40
Transporte, Ahoyado y siembra	Gl	210	$ 7.931,00	$ 1.665.510,00
Mezcla productos de sustrato enriquecido	Gl	210	$ 88,00	$ 18.480,00
SUBTOTAL				**$ 9.455.434,20**
A.I.U.	%	20,00		$ 1.891.086,84
TOTAL				**$ 11.346.521,04**

El costo total de las obras de Vegetalización se estima en:

COSTOS DE LA OBRA DE RESTAURACION VEGETAL

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Siembra de semillas	m^2	1730	$ 4.627,86	$ 8.006.193,42
Barreras en ladera	ml	130	$ 42.050,42	$ 5.466.554,70
Barreras con esterilla	ml	80	$ 32.607,89	$ 2.608.631,55
Barreras en la pata del talud	ml	170	$ 66.744,24	$ 11.346.521,04
TOTALES				**$ 27.427.901**

Con base en lo anterior se tiene que el costo total de la obra recomendada es:

PRESUPUESTO TOTAL	
OBRAS CIVILES	$ 217.984.190
OBRAS VIVAS CON VEGETACIÓN	$ 27.427.901
TOTAL	**$ 245.412.091**

15. CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	TIEMPO EN MESES					
	1	2	3	4	5	6
1. Construcción de Parapeto						
2. Sellado de grietas						
3. Instalación de drenajes						
4. Construcción de sendero						
5. Cobertura con malla - mortero						
6. Siembra de semillas						
7. Siembra de barreras en ladera						
8. Siembra de barreras con esterilla						
9. Siembra de barrera en la pata						
10. Post - siembra (incluye fertilización)						

16. MANTENIMIENTO

Las obras recomendadas están en capacidad de controlar la amenaza que constituye el proceso de desprendimiento de materiales de la parte alta del escarpe, que como ya se dijo ocurre por degradación de los materiales arcillosos existentes en la parte superior del escarpe; las obras de drenaje de las coberturas existente y propuesta controlan este proceso de degradación, haciendo que sea más lento, además al evitar el ingreso de agua por las grietas se disminuyen las posibilidades de degradación; sin embargo se puede presentar el deterioro de la cobertura de concreto por efecto de los ácidos del excremento de las palomas que allí viven, por desgaste natural ante los agentes meteóricos, por la ocurrencia de sismos de mediana a alta magnitud o por cualquier otro proceso no considerado.

Estos procesos naturales o imprevistos pueden ocasionar desprendimientos de materiales, los cuales caerían en el espacio entre el escarpe y el parapeto, donde las ramas de la vegetación amortiguan la caída; en éste proceso se puede afectar la vegetación la cual es necesario restaurarla. Antes de su restauración es necesario reparar los sectores del recubrimiento afectados y retirar los materiales caídos, tomando todas las precauciones de seguridad industrial necesarias para la protección de las personas que ejecuten las labores.

La vegetación afectada se debe restaurar, mediante resiembra de las plantas con daño severo, cuidando averiar el sistema de riego por goteo, el cual debe conectarse a la nueva planta.

Los elementos metálicos son vulnerables a procesos de corrosión, los cuales se controlan con pinturas; se recomienda adelantar campañas de limpieza y pintura de éstos elementos con una frecuencia anual.

Se recomienda adelantar inspecciones de las coberturas de concreto o mortero con frecuencia anual, para detectar la presencia de fisuras o grietas por donde se pueda infiltrar el agua o que indiquen que se están presentando abombamientos, por efecto de la degradación de los materiales arcillosos; en caso de detectar dichos abombamientos se debe proceder a perforar la cobertura y verificar el estado de los materiales cubiertos y si éstos están propensos a caer, se debe proceder a su retiro en forma controlada.

17. CONCLUSIONES

La zona de estudio está conformada por el sector norte de un escarpe, remanente de explotaciones de materiales para construcción, llevadas a cabo hace más de 20 años. El material que conforma las ¾ partes inferiores del escarpe es de alta competencia, la parte superior, aunque es competente también es susceptible de degradarse ante los agentes meteóricos, lo que facilita la generación de bloques que pueden caer al patio de la antigua cantera.

Para controlar el alcance de los bloques caídos se construyó hace más de 10 años una barrera de gaviones de 2 a 3 m de altura, generando una protección de eficiencia media. Posteriormente hace cerca de 5 años se construyó una protección en la parte central del escarpe, con una cobertura de concreto lanzado y refuerzo del terreno con pernos, con lo

que se logra un control de alta eficiencia; sin embargo, la protección instalada no impide totalmente la degradación de la roca arcillosa de la parte superior, permitiendo eventuales desprendimientos.

Con base en los resultados del estudio, se concluye que las instalaciones del Centro Educativo Distrital – Jerusalén Plan Canteras ha estado expuesto a una situación de amenaza ante procesos de caída de rocas y de generación de cuñas potencialmente inestables en la parte alta del escarpe; estos procesos se desencadenan por la degradación natural de las rocas arcillosas, existentes en la parte alta del escarpe.

Ante la dificultad para impedir la degradación natural de la roca se proponen acciones de manejo tendientes a impedir que los materiales caídos invadan las instalaciones educativas, lo cual se logra con barreras flexibles de alta resistencia capaces de contener los bloques que caigan del escarpe.

De acuerdo con lo anterior se recomienda construir un parapeto flexible, que complemente la barrera de gaviones e impida el paso de bloques hacia las instalaciones educativas, se complementará con el mejoramiento del sistema de drenaje del escarpe y la siembra de barreras arbóreas y coberturas vegetales que controlen los procesos de erosión y degradación de la roca arcillosa.

Los materiales que caigan entre la base del escarpe y el parapeto se deben retirar, para evitar acumulaciones que modifiquen la geometría del piso y la trayectoria de los bloques caídos; es posible que en el proceso de limpieza se afecten algunos arbustos, los cuales deben reemplazarse cuidando restituir el sistema de riego por goteo.

Bogotá, agosto 31 de 2004.

MOYA Y GARCIA LTDA.

Ing. José Vicente Amórtegui Gil
Director del Proyecto

BIBLIOGRAFIA

1. CÁCERES, L. Y GONZALEZ, A. Erosión por flujo superficial en los alrededores de la ciudad de Tunja, VIII Congreso Colombiano de Geotecnia. Bogotá, Julio de 2000.

2. CENICAFÉ. Manual de Conservación de Suelos de Ladera, 1975.

3. CORREA, A. ALVARO. Caracterización de Rocas - Ensayos de Laboratorio. UN – SCG, Bogotá, Julio de 2000.

4. ESPINAL, L. y MONTENEGRO, E. Formaciones Vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. IGAC, Bogotá, 1963.

5. HOEK, EVERT, Decisiones prácticas y riesgos aceptables en ingeniería de rocas, Bogotá, julio de 1996.

6. HOEK, E. y J. BRAY, Rock Slope Engineering, The Institution of Mining and Metallurgy, London, 1977.

7. HUDSON, J. A. Rock Mechanics Principles in Engineering Practice, CIRIA, London, 1989.

8. INGEOMINAS - UNIANDES, Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá, UPES, Bogotá, 1997.

9. JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MÚTIS. Manual verde – Arborización Urbana. Bogotá, 2004.

10. KIRKBY, M.J., Y MORGAN, R.P.C. Soil Erosion, New York, 1980.

11. LOPEZ J. CARLOS, Manual de Túneles y Obras Subterráneas, Madrid, Mayo de 2000.

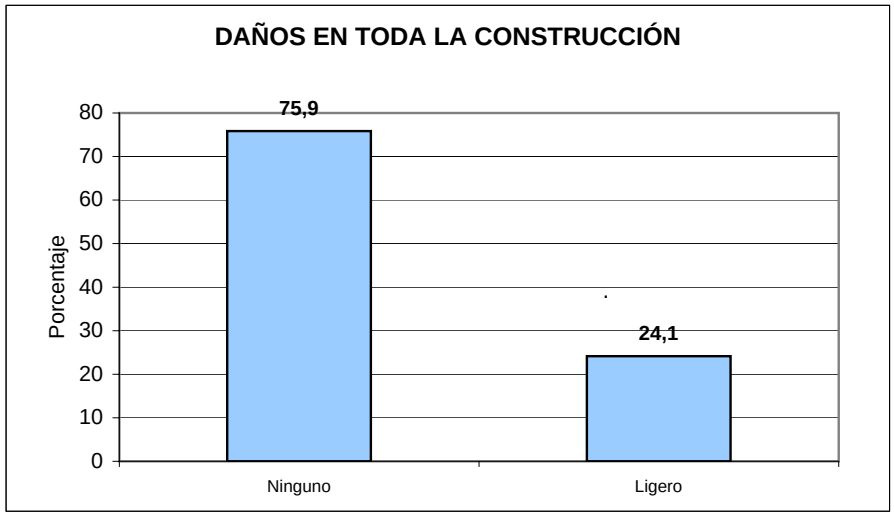
12. MONTENEGRO, H. Predicción Cuantitativa de la Pérdida de Suelo por Erosión Pluvial en la Cuenca del Río Checua. IGAC, Bogotá, 1985.

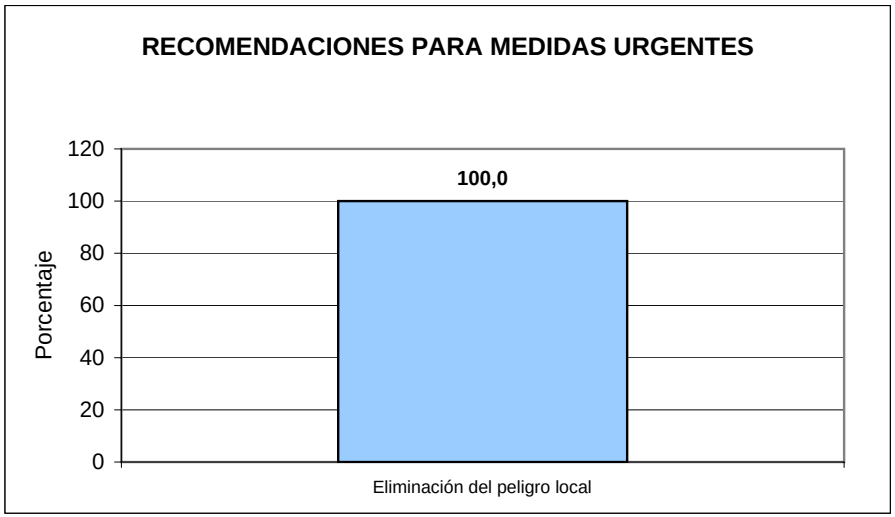
13. PARDO, G. Y BLAIR, R. Manual de Riegos. IGAC, Bogotá, 1969.

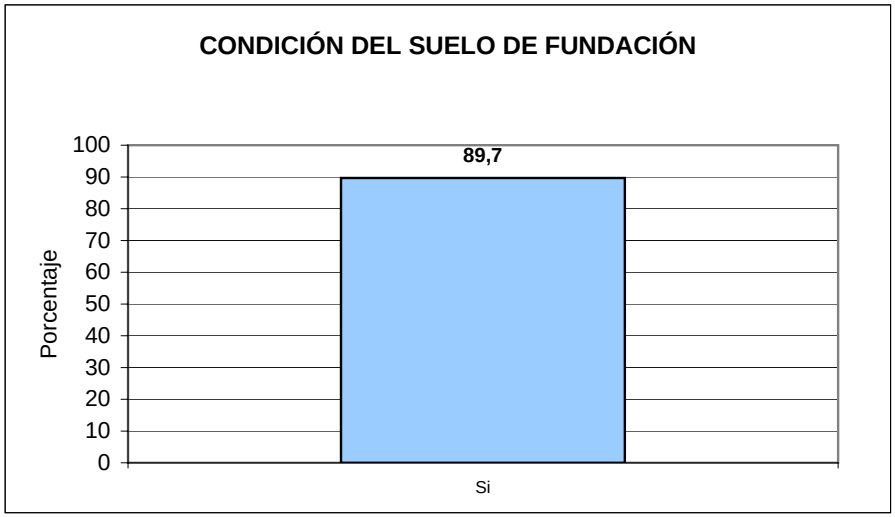
14. ROMANA, M. Clasificación de Macizos Rocosos. INGEOPRES, Abril de 1994.

15. SALAMANCA, B. y CAMARGO, G. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en áreas rurales de Santafé de Bogotá. DAMA – Bachaqueros, Bogotá, 2000.

ANEXO A


DAÑOS EN TODA LA CONSTRUCCIÓN
Porcentaje
80
70
60
50
40
30
20
10
0
75,9
24,1
Ninguno
Ligero


RECOMENDACIONES PARA MEDIDAS URGENTES
Porcentaje
120
100
80
60
40
20
0
100,0
Eliminación del peligro local


CONDICIÓN DEL SUELO DE FUNDACIÓN
Porcentaje
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
89,7
Si

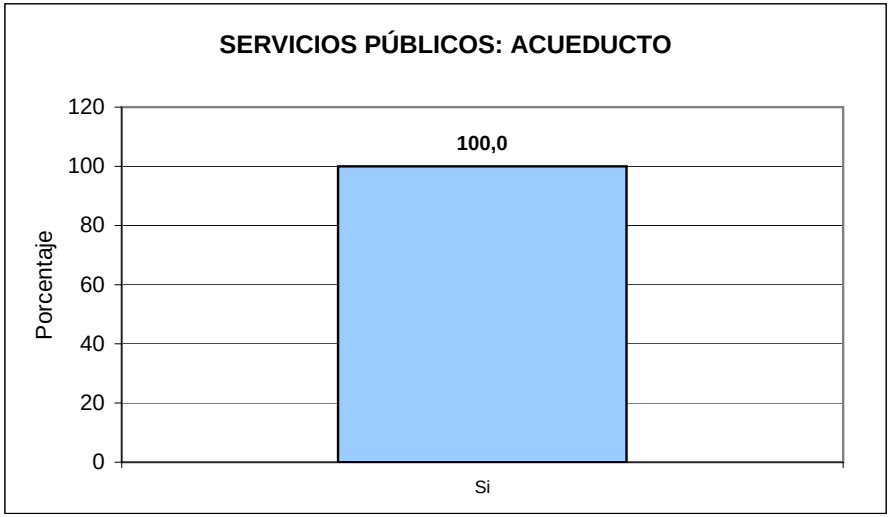

SERVICIOS PÚBLICOS: ACUEDUCTO
Porcentaje
120
100
80
60
40
20
0
100,0
Si

FIGURA A - 11

		
Mz. 9 L-1	Mz. 9 L-2	Mz. 9 L-4
		
Mz. 9 L-5	Mz. 9 L-6	Mz. 9 L-7
		
Mz. 9 L-8	Mz. 73 L-2	Mz. 73 L-3
		
Mz. 73 L-4-	Mz. 73 L-5	Mz. 73 L-6-7

INVENTARIO DE VIVIENDAS

		
Mz. 12 L-19	Mz. 12 L-20	Mz. 12 L-21
		
Mz. 12 L-22	Mz. 13 L-17	Mz. 13 L-18
		
Mz. 13 L-16	Mz. 13 L-15	Mz. 13 L-19
		
Mz. 14 L-8	Mz. 18 L-13	Mz. 18 L-14

		
	Mz. 12 L-8	L-9

CED – PLAN CANTERAS		
		

ANEXO B

MOYA Y GARCÍA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

REGISTRO DE PERFORACIÓN

PROYECTO: BARRIO JERUSALEN **FECHA:** Junio, 2004

TRINCHERA No. TR - 1
COTA: 2603.5

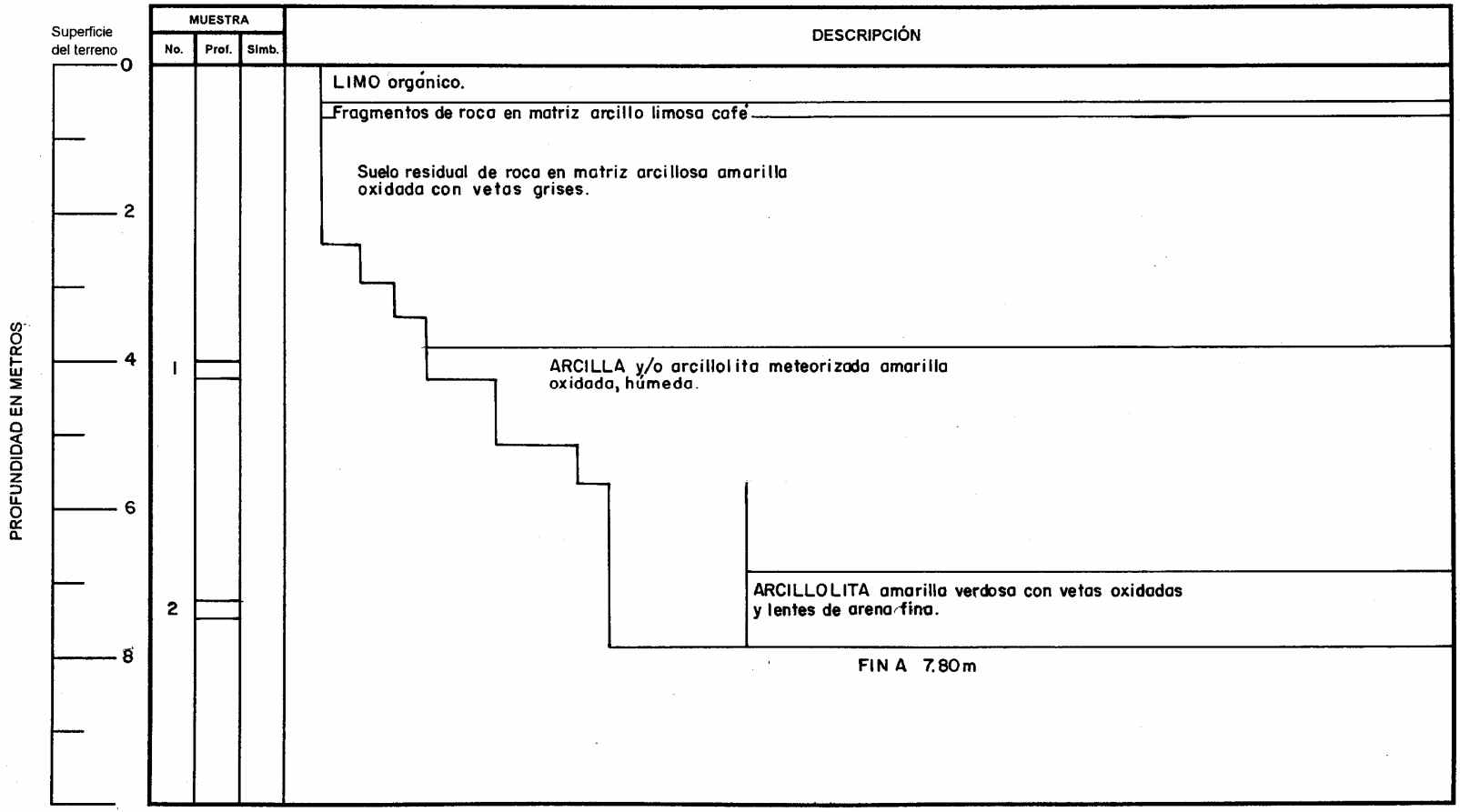


FIGURA No. B I

MOYA Y GARCÍA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

REGISTRO DE PERFORACIÓN

PROYECTO: BARRIO JERUSALEN **FECHA:** Junio, 2004

TRINCHERA No. TR - 2
COTA: 2604.5

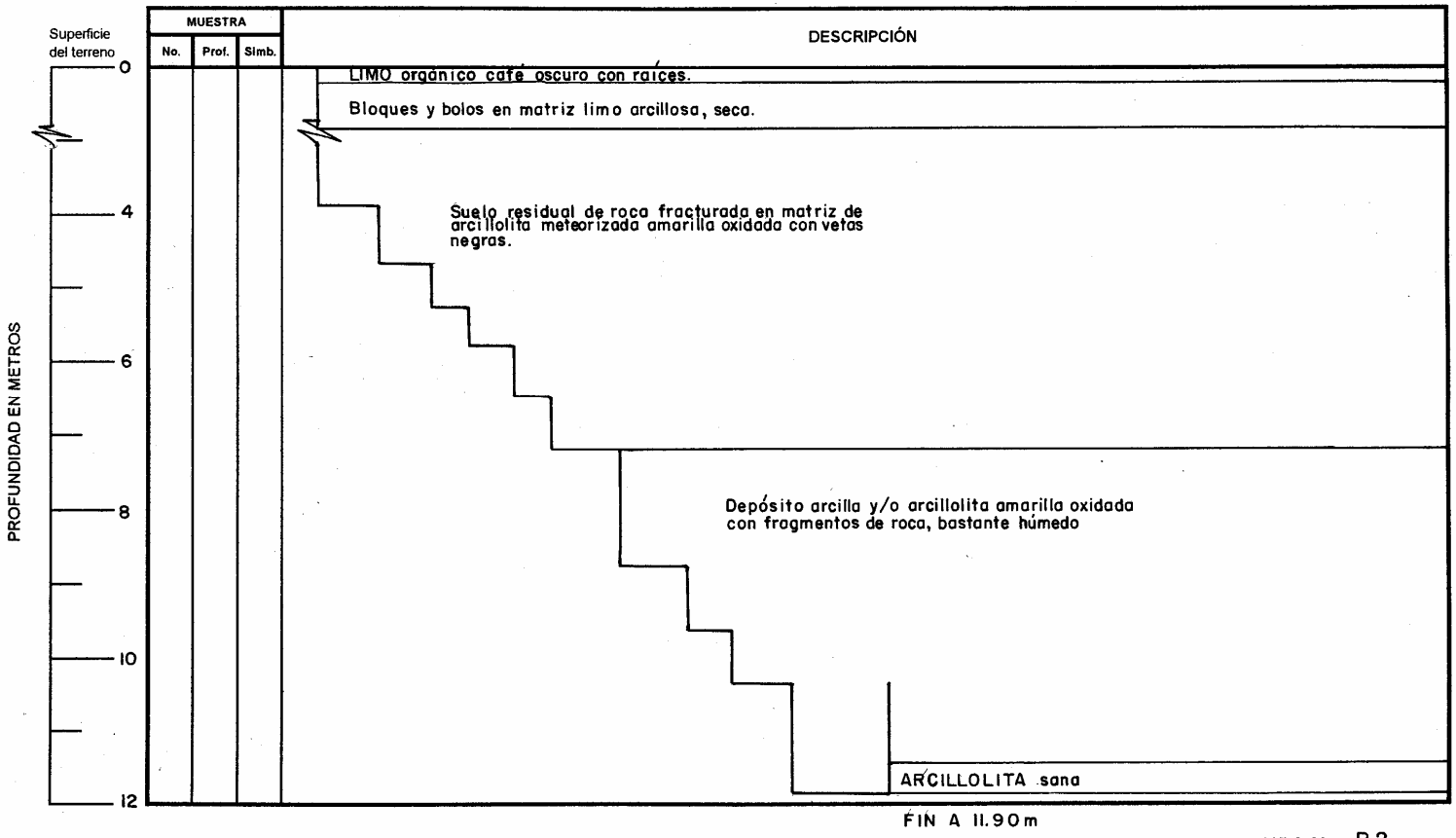
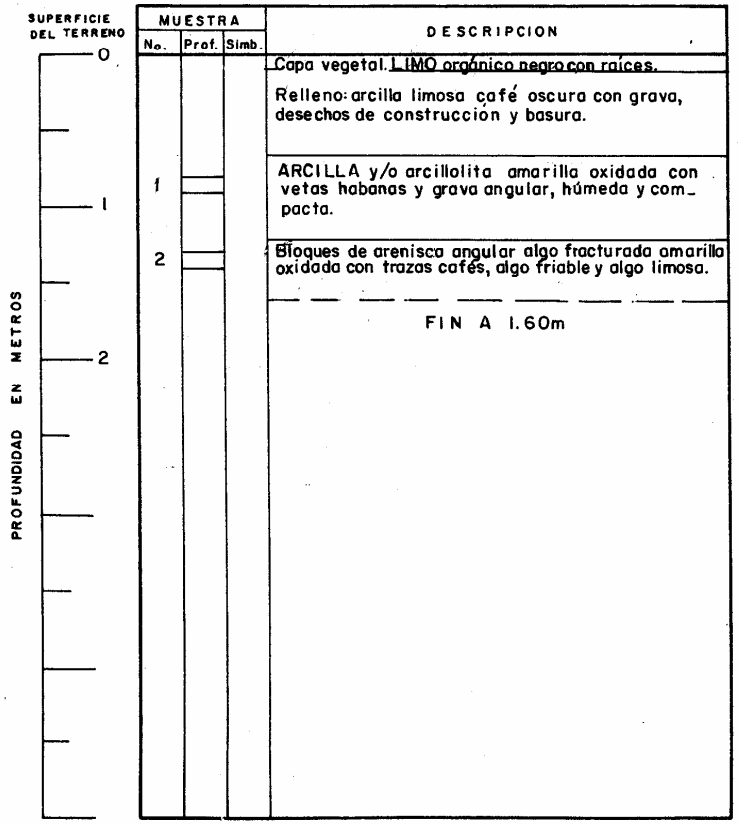


FIGURA No. B2

MOYA Y GARCÍA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

PROYECTO CANTERA BARRIO JERUSALEN - PATA DEL TALUD SUR FECHA Junio, 2004

APIQUE Nº 3 COSTADO SUR
COTA: 2590.4



MUESTRA No.	MUESTRA Prof.	MUESTRA Simb.	DESCRIPCION
			Capa vegetal. LIMO orgánico negro con raíces.
			Relleno: arcilla limosa café oscura con grava, desechos de construcción y basura.
1			ARCILLA y/o arcillolita amarilla oxidada con vetas habanas y grava angular, húmeda y compacta.
2			Bloques de arenisca angular algo fracturada amarilla oxidada con trazas cafés, algo friable y algo limosa.
			FIN A 1.60m

APIQUE Nº 4 FRENTE A LA ENTRADA PRINCIPAL
COTA: 2593.2

MUESTRA No.	MUESTRA Prof.	MUESTRA Simb.	DESCRIPCION
			Capa vegetal. LIMO orgánico negro con raíces.
			Relleno: ARCILLA y/o arcillolita amarilla y gris clara con grava angular, fracturada, húmeda y basuras, algo compacta.
1			Relleno: ARCILLA arenosa con grava angular, más húmeda, con basuras.
2			ARENISCA algo friable en matriz areno limosa amarilla oxidada, húmeda.
			FIN A 1.50m

FIGURA No. B3

MOYA Y GARCÍA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

REGISTRO DE PERFORACIÓN

PROYECTO: BARRIO JERUSALEN **FECHA:** Junio, 2004

TRINCHERA No. Ap-5
COTA: 2607.5

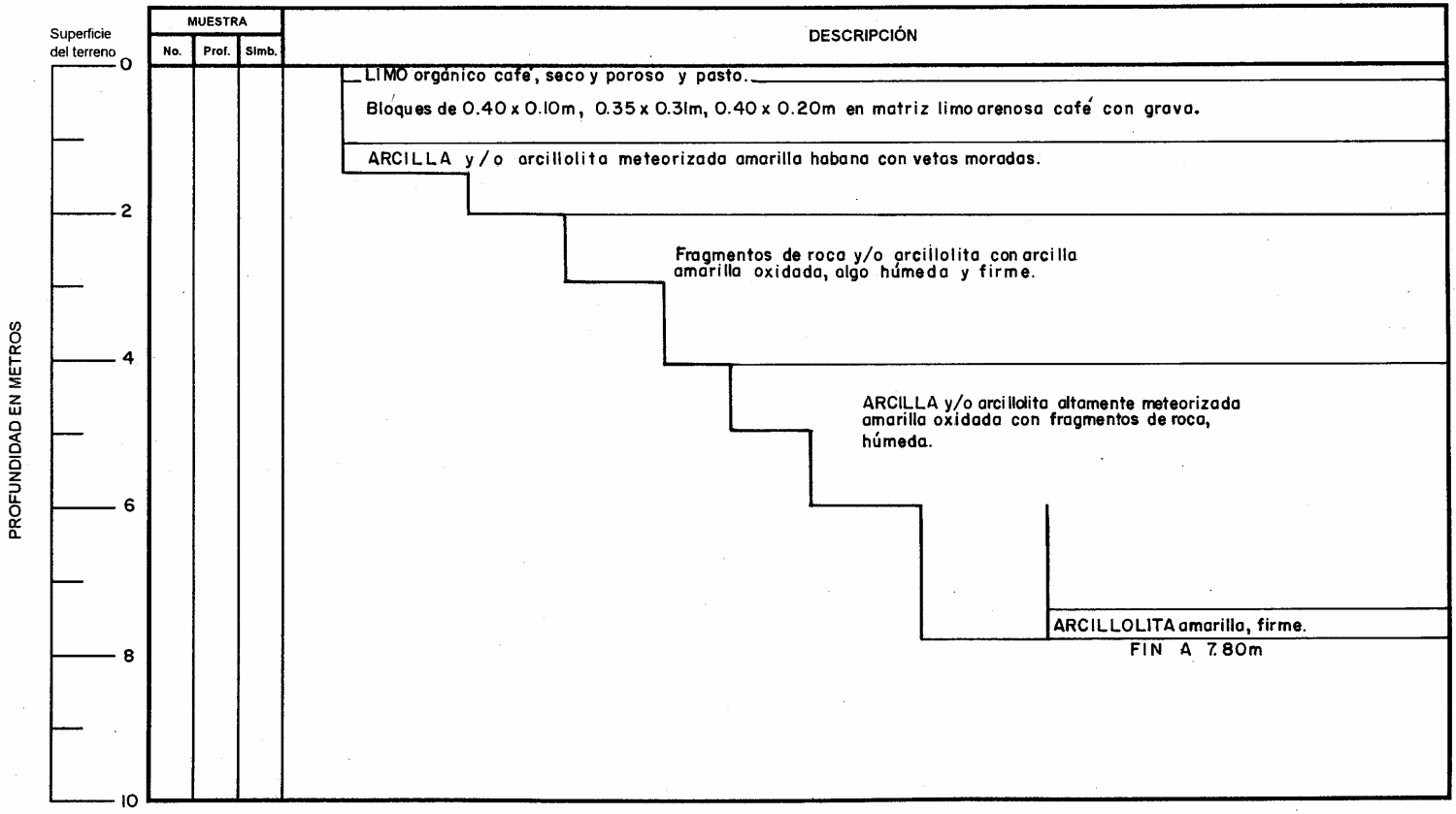


FIGURA No. B 4

MOYA Y GARCÍA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

PROYECTO CANTERA BARRIO JERUSALEN.- PARTE ALTA DEL TALUD FECHA Junio 25/04

APIQUE Nº 6 INICIO MALLA

COTA: 2611.3

MUESTRA No.	MUESTRA Prof.	MUESTRA Simb.	DESCRIPCION
			Capa vegetal.
1			ARCILLA o arcillolita meteorizada, color amarillo y habano, muy compacta, seca.
2			ARCILLA o arcillolita, color amarillo y habano, muy dura, seca.
			FIN A 1.50m

SUPERFICIE DEL TERRENO

PROFUNDIDAD EN METROS: 0, 1, 2, 3

APIQUE Nº 7 MALLA (SUR)

COTA: 2616.2

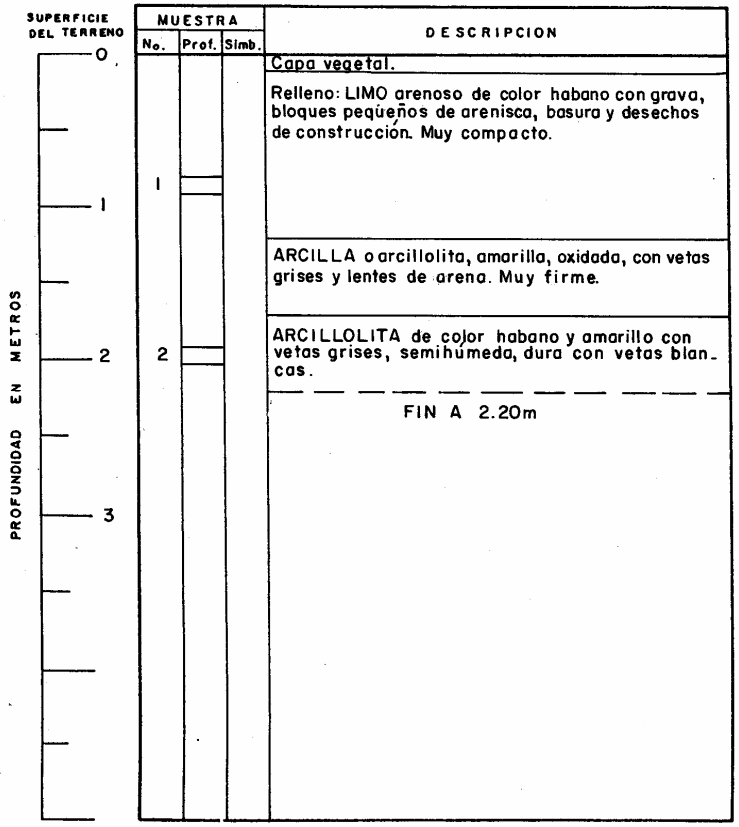
MUESTRA No.	MUESTRA Prof.	MUESTRA Simb.	DESCRIPCION
			Relleno: recebo limo arenoso y arcilloso, amarillo con grava, Capa vegetal. seco, firme.
			ARCILLA o arcillolita color amarillo y habano con fragmentos de roca, seca y dura.
1			ARCILLOLITA amarilla con vetas habanas y verdosas. consistencia dura.
			FIN A 1.40m

FIGURA No. B5

MOYA Y GARCÍA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

PROYECTO CANTERA BARRIO JERUSALEN FECHA Junio 26/04

APIQUE Nº 8 PARTE ALTA TALUD PRIMERA CURVA
COTA: 2619.5



MUESTRA No.	MUESTRA Prof.	MUESTRA Simb.	DESCRIPCION
			Capa vegetal.
1			Relleno: LIMO arenoso de color habano con grava, bloques pequeños de arenisca, basura y desechos de construcción. Muy compacto.
			ARCILLA o arcillolita, amarilla, oxidada, con vetas grises y lentes de arena. Muy firme.
2			ARCILLOLITA de color habano y amarillo con vetas grises, semihúmeda, dura con vetas blancas.
			FIN A 2.20m

APIQUE Nº 9
COTA: 2619

MUESTRA No.	MUESTRA Prof.	MUESTRA Simb.	DESCRIPCION
			Capa vegetal
			Relleno: LIMO arenoso y basuras. Semihúmedo.
1			LIMO arcilloso con lentes de arena fina, color café oscuro, con vetas amarillas oxidadas.
2			ARCILLA o arcillolita amarilla oscura con vetas grises y trazas blancas. Muy dura, con lentes de arena fina.
			FIN A 1.30m

FIGURA No. B6

MOYA Y GARCÍA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

REGISTRO DE PERFORACIÓN

PROYECTO: BARRIO JERUSALEN **FECHA:** Junio, 2004

TRINCHERA No. Ap - 10
COTA: 2615

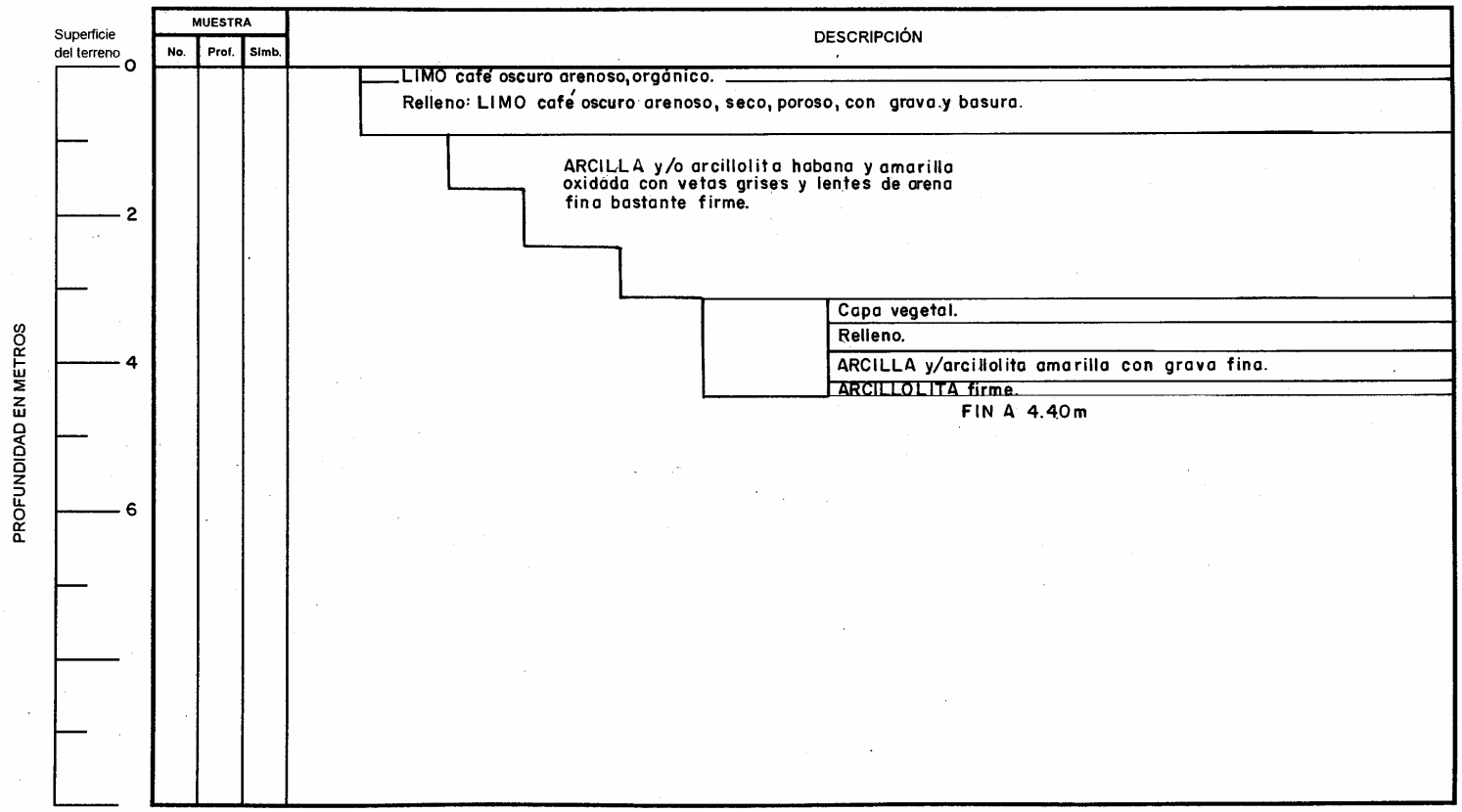
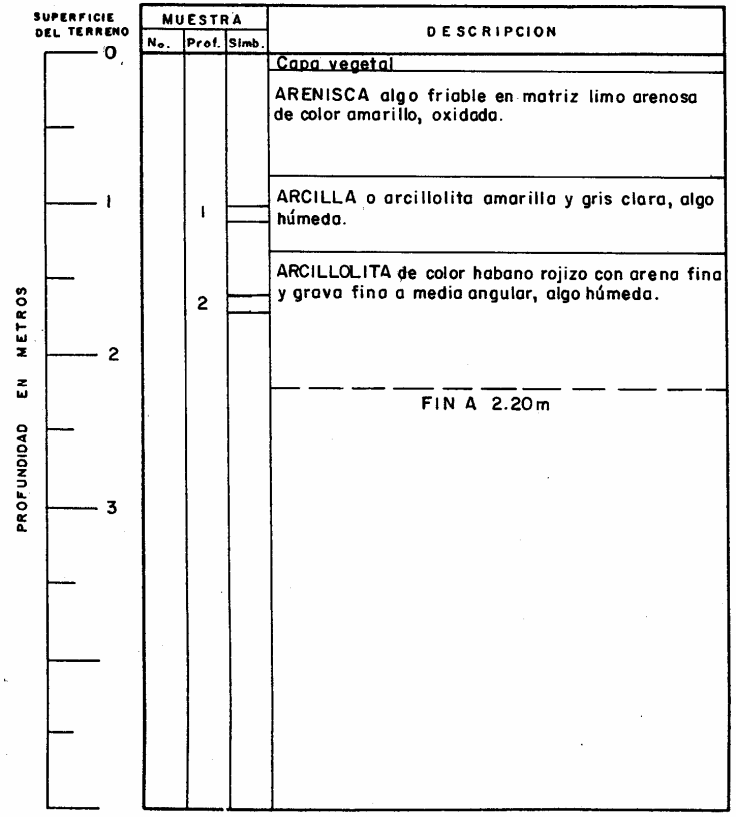


FIGURA No. B 7

MOYA Y GARCÍA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

PROYECTO CANTERA BARRIO JERUSALEN FECHA Junio 26/04

APIQUE Nº 11
COTA : 2611.5



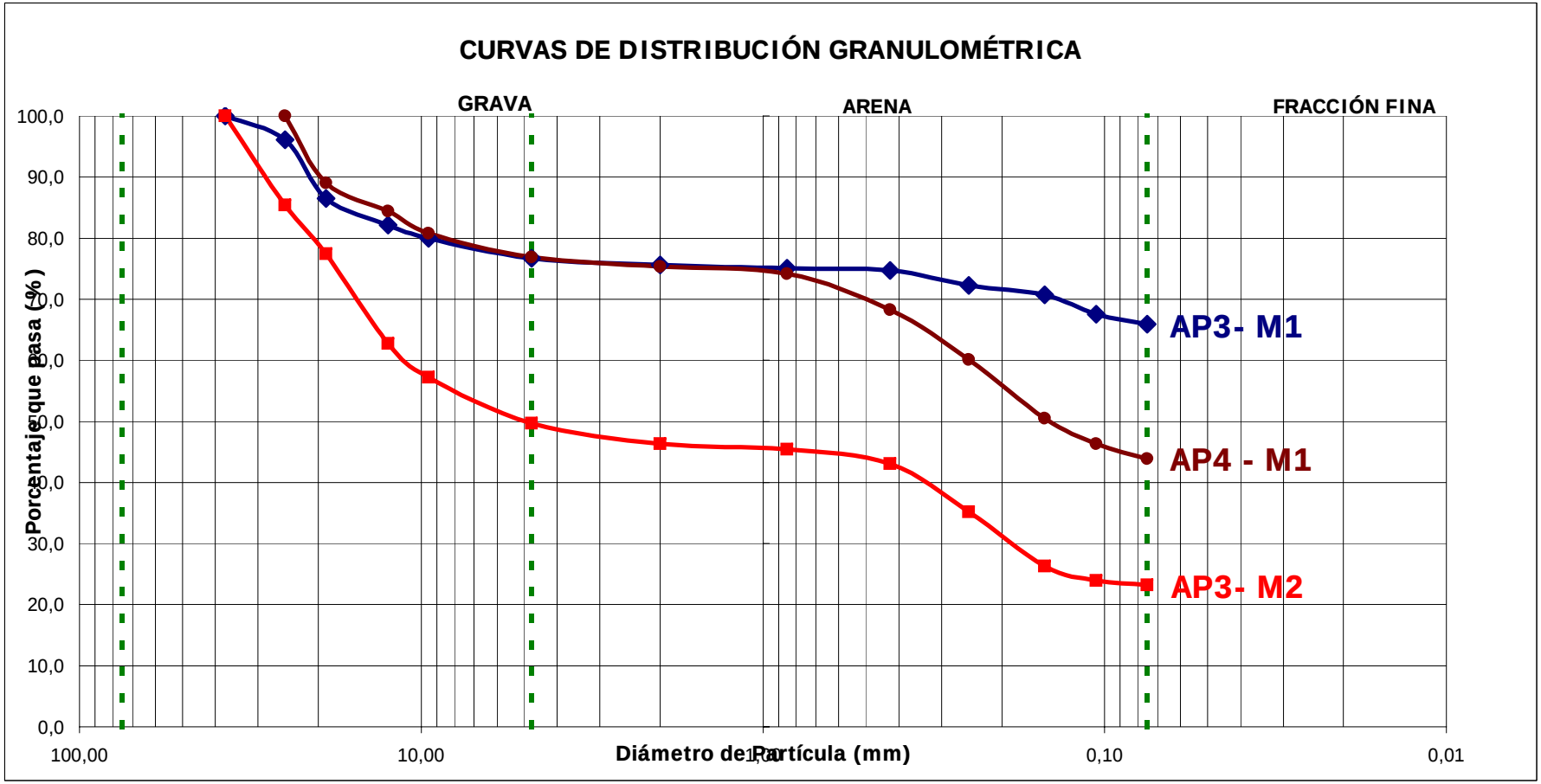
MUESTRA No.	MUESTRA Prof.	MUESTRA Simb.	DESCRIPCION
			Capa vegetal
			ARENISCA algo friable en matriz limo arenosa de color amarillo, oxidada.
	1		ARCILLA o arcillolita amarilla y gris clara, algo húmeda.
	2		ARCILLOLITA de color habano rojizo con arena fina y grava fina a media angular, algo húmeda.
			FIN A 2.20m

APIQUE Nº
COTA :

MUESTRA No.	MUESTRA Prof.	MUESTRA Simb.	DESCRIPCION

FIGURA No. B 8

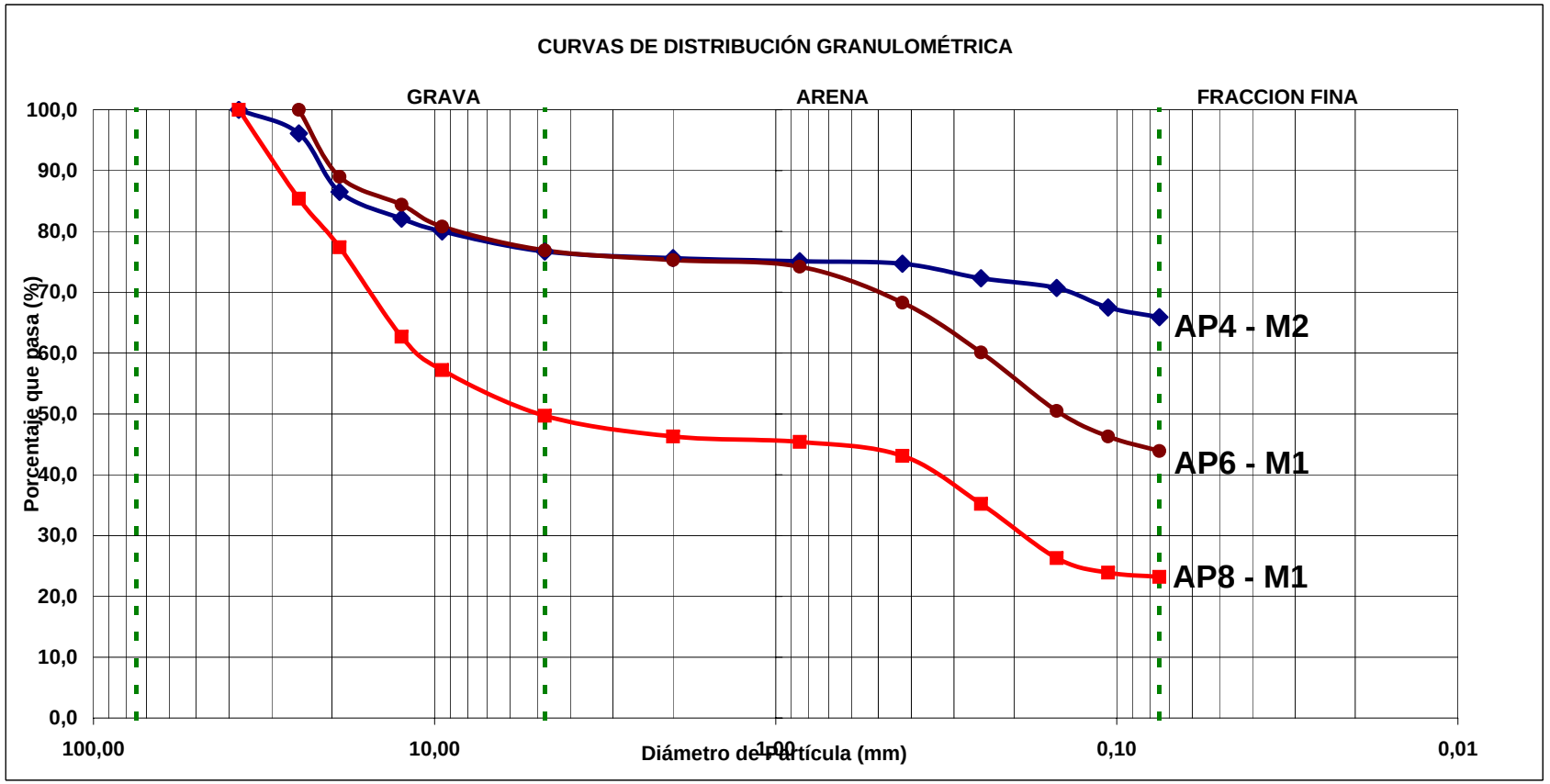
Proyecto: **BARRIO JERUSALÉN**



MUESTRA	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJES			CRITERIOS			CLASIFICACIÓN USCS
			Grava	Arena	Finos	Cu	Cc	Gradación	
AP3 - M1	1.00 m	Arcillolita amarilla con grava de arenita.	23,3	10,8	65,9	-	-	POBRE	GS
AP3 - M2	1.30 m	Grava de arenita en matriz areno limosa amarilla.	50,3	26,5	23,2	-	-	POBRE	SC
AP4 - M1	0.90 m	Arcillolita amarilla con grava de arenita.	23,1	33	43,9	-	-	POBRE	SC

FIGURA B- 9

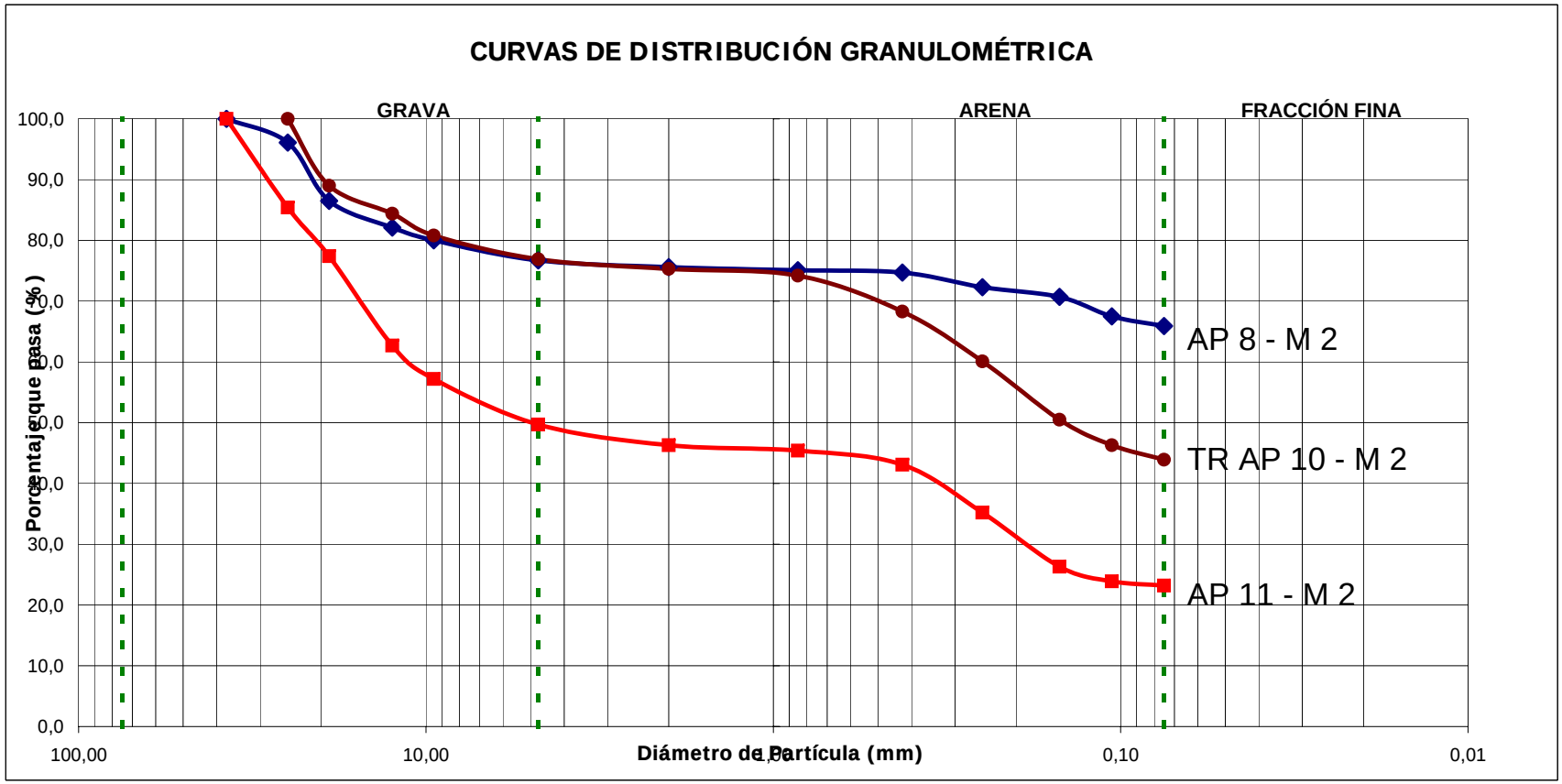
Proyecto: **BARRIO JERUSALÉN**



MUESTRA	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJES			CRITERIOS			CLASIFICACIÓN USCS
			Grava	Arena	Finos	Cu	Cc	Gradación	
AP4 - M2	1.10 - 1.30	Grava angular con arena limosa de arenita.	42,8	29,2	28	-	-	POBRE	GS
AP6 - M1	0.80 m	Arcillolita amarilla con grava de arenita.	8,4	18,8	72,8	-	-	POBRE	SC
AP8 - M1	0.90 m	Grava de arenita en matriz areno limosa amarilla.	18,2	35,7	46,1	-	-	POBRE	SC

FIGURA No. B-10

Proyecto: **BARRIO JERUSALÉN**



MUESTRA	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJES			CRITERIOS			CLASIFICACIÓN USCS
			Grava	Arena	Finos	Cu	Cc	Gradación	
AP8 - M2	1.80 m	Arcillolita arenosa amarilla oxidada.	0,6	46,7	52,7	-	-	POBRE	GS
TR AP10 - M2	1.30 m	Grava angular con arena y grumos de arcilla, amarilla.	54,4	22	23,6	-	-	POBRE	SC
AP11 - M2	0.90 m	Grava angular con arena y grumos ocasionales de arcilla.	68,1	13,1	18,8	-	-	POBRE	SC

FIGURA No. B-11

FIGURA B-24 - Estimación parámetros de resistencia - Arcillolita

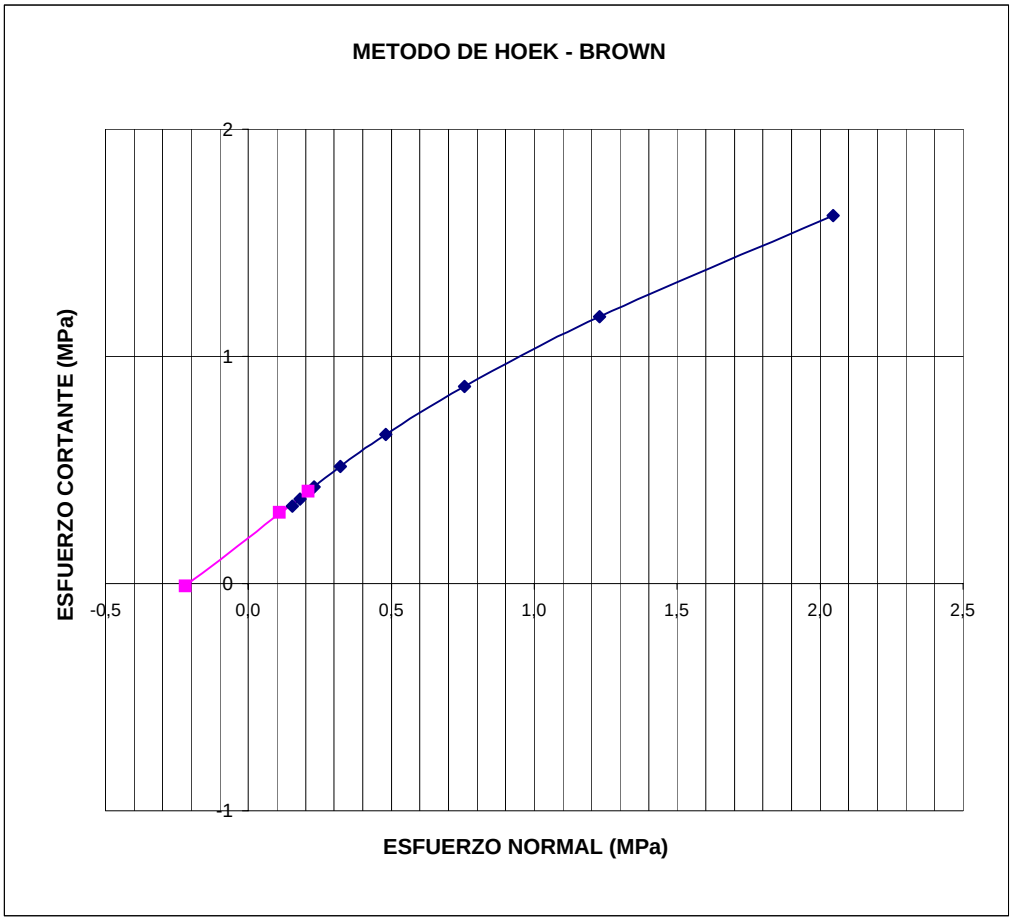
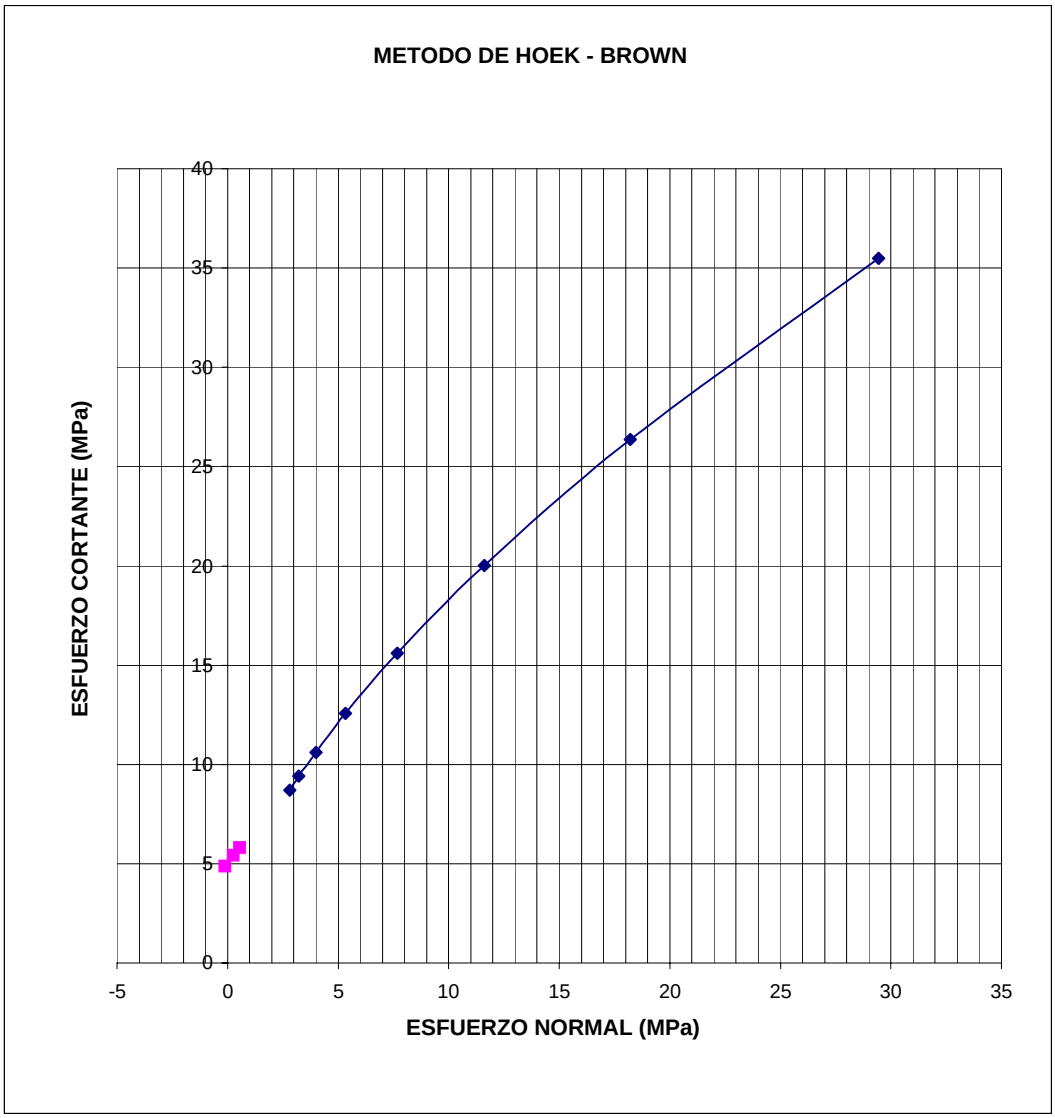


FIGURA B-25 - Estimación parámetros de resistencia - Arenisca



MGL **MOYA Y GARCÍA LTDA.**
INGENIEROS CONSULTORES

TABLA B1 - RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: BARRIO JERUSALÉN **N° MGL - 073**

MUESTRA No.	TR-AP1- M1	TR-AP1-M2	TR-AP2-M1	TR-AP2-M2	AP3-M1	AP3-M2	AP4-M1	AP4-M2
DESCRIPCIÓN	ARCILLOLITA meteorizada amarilla oscura, con vetas carmelitas, algo húmeda.	ARCILLOLITA amarilla verdosa con vetas oxidadas, algo fracturada con lentes de arena fina.	ARCILLOLITA algo fracturada y meteorizada amarilla oscura oxidada.	ARCILLOLITA bastante meteorizada amarilla y habana oxidada, algo húmeda. (Depósito)	ARCILLOLITA amarilla oscura con grava fina a media, con raíces, algo húmeda. (Depósito).	GRAVA de arenisca en matriz areno limosa amarilla oxidada.	ARCILLOLITA amarilla oxidada con grava fina a media, de arenisca friable.	GRAVA de arenisca friable amarilla oxidada en matriz limo arenosa y grumos de arcillolita amarilla semi-húmeda.
PROFUNDIDAD (m)	3.40	6.90	5.50	10.0	1.00	1.30	0.90	1.10-1.30
HUMEDAD NATURAL ω (%)	21	10	13	21	14	7	12	11
LÍMITE LÍQUIDO ω L (%)	49	37	49	49	39		45	
LÍMITE PLÁSTICO ω p (%)	20	16	20	18	15		15	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	29	21	29	31	24		30	
PESO UNITARIO γ (Ton/m^3)	1.86	2.35	2.31	1.91	2.06	2.17	1.98	2.3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (kg/cm^2)								
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO PENETRÓMETRO Cu (ton/m^2)	11.3 17.9	8.8 >22.5	>22.5	8.8 17.9	17.5 19.4		6.7 15	
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO VELETA DE LABORATORIO Cu (ton/m^2)	9.1 11.1	3.35		10.9 11.8	9.4 10.4		3.3 9.9	
% PASA TAMIZ # 200	81			82	66	23	44	28
CLASIFICACIÓN UNIFICADA	CL	CL	CL	CL	CL	GP	CL	GP

MGL **MOYA Y GARCÍA LTDA.**
INGENIEROS CONSULTORES

TABLA B1 - RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO (Cont.).

PROYECTO: BARRIO JERUSALÉN **N° MGL - 073**

MUESTRA No.	TR-AP5-M1	AP6-M1	AP6-M2	AP7-M1	AP8-M1	AP8-M2	AP9-M1	AP9-M2
DESCRIPCIÓN	ARCILLOLITA amarilla oscura con lentes de arena fina algo húmeda.	ARCILLOLITA meteorizada habana y amarilla oxidada seca, con lentes de arena fina.	ARCILLOLITA amarilla, semi-oscura con lentes de arena fina, algo húmeda.	ARCILLOLITA amarilla oxidada algo húmeda y lentes oscuros de arena fina.	RELLENO: ARENA FINA con algo de limo café oscuro, grava, arcillolita y desechos de construcción, seco.	ARCILLOLITA ARENOSA amarilla oscura oxidada, algo húmeda, firme.	ARCILLA LIMOSA café oscura y negra con raíces y vetas amarillas oxidadas, quebradiza y fisurada, algo húmeda.	ARCILLOLITA amarilla oscura oxidada con arena fina y vetas blancas, algo húmeda.
PROFUNDIDAD (m)	7.50	0.80	1.20	1.00	0.90	1.80	0.70	1.20
HUMEDAD NATURAL ω (%)	13	10	6	9	4	15	23	15
LÍMITE LÍQUIDO ω L (%)	40	51		46		38	57	
LÍMITE PLÁSTICO ω p (%)	18	18		17		14	21	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	22	33		29		24	36	
PESO UNITARIO γ (Ton/m^3)	2.24	1.96	2.13	2.13	1.98	1.96	1.62	1.92
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (kg/cm^2)								
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO PENETRÓMETRO Cu (ton/m^2)	>22.5	>22.5	>22.5	>22.5	>22.5	>22.5	>22.5	>22.5
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO VELETA DE LABORATORIO Cu (ton/m^2)								
% MATERIA ORGÁNICA							2.2	
% PASA TAMIZ # 200		73			46	53		
CLASIFICACIÓN UNIFICADA	CL	CH				CL	CH	

MGL **MOYA Y GARCÍA LTDA.**

INGENIEROS CONSULTORES

TABLA B1 - RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO (Cont.).

PROYECTO: BARRIO JERUSALÉN **N° MGL - 073**

MUESTRA No.	**TR-AP10-M1**	**TR-AP10-M2**	**TR-AP11-M1**	**TR-AP11-M2**				
DESCRIPCIÓN	ARCILLOLITA arenosa habana oscura con vetas amarillas oxidadas, seca, firme.	GRAVA angular con arena y grumos de arcillolita amarilla oscura oxidada, algo húmeda.	ARCILLOLITA gris clara y amarilla algo meteorizada, oxidada y húmeda.	GRAVAS angulares con arena amarilla oxidada, grumos ocasionales de arcillolita habana y amarilla.				
PROFUNDIDAD (m)	2.40	4.20	1.20	1.80				
HUMEDAD NATURAL ω (%)	11	8	23	7				
LÍMITE LÍQUIDO ω L (%)	36		50					
LÍMITE PLÁSTICO ω p (%)	15		17					
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	21		33					
PESO UNITARIO γ (Ton/m^3)	1.9		1.94					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (kg/cm^2)								
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO PENETRÓMETRO Cu (ton/m^2)	>22.5		11.9 12.5					
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO VELETA DE LABORATORIO Cu (ton/m^2)			14.1 15.4					
% PASA TAMIZ # 200		24		19				
CLASIFICACIÓN UNIFICADA	CL		CL					

ANEXO C
TOPOGRAFIA

MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO

INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI"

Bogota D.C., Diciembre 12 de 2003 **0019551**

En atención a la solicitud adjunta, el jefe de la División de Geodesia de la Subdirección de Cartografía del Instituto Geográfico AGUSTIN CODAZZI, con fundamento en los datos suministrados por la oficina de Cálculos

CERTIFICA

Que las coordenadas geodésicas y planas CARTESIANAS del vértice por Usted solicitado son:

VÉRTICE: CD-610

GEODÉSICAS
Dátum: Observatorio Astronómico de Bogotá
Latitud: 04° 34' 45.352" N
Longitud: 74° 08' 38.433" W
Altitud: 2557.860 metros sobre el nivel medio del mar

PLANAS
Norte: 97808.095. metros
Este: 92999.952 metros

Que el AZIMUT PLANO Norte al Este desde dicho punto a:

Vértice	Azimut	Distancia
CD 609-A	166° 25' 46.402"	998.350 metros

Origen coordenadas planas: **BOGOTÁ**
Latitud: 04° 41 00.000 00" N Longitud: 74° 09' 00.000 00" W
Norte: 109 320.965 metros Este: 92 334.879 metros
Plano de proyección: 2 550.000 metros sobre el nivel del mar.

Cálculos realizados en el año: 1997

Con destino a: ANTONIO PICO
Recibo Número: SB225715

Preparó MAURICIO MEZA RINCON
Revisó WILLIAM ARIAS LOPEZ

Jefe División de Geodesia

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

020639

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

Bogotá D.C., Febrero 4 de 2003

En atención a la solicitud adjunta, el jefe de la División de Geodesia de la Subdirección de Cartografía del Instituto Geográfico AGUSTÍN CODAZZI, con fundamento en los datos suministrados por la oficina de Cálculos

CERTIFICA

Que las coordenadas geodésicas y planas CARTESIANAS del vértice por Usted solicitado son:

VÉRTICE: CD-609-A

GEODÉSICAS
Dátum: Observatorio Astronómico de Bogotá
Latitud: 04° 34' 13.768 00" N
Longitud: 74° 08' 30.833 00" W
Altitud: 2 566.708 metros sobre el nivel medio del mar

PLANAS
Norte: 96 837.527 metros
Este: 93 234.329 metros

Que el AZIMUT PLANO Norte al Este desde dicho punto a:

Vértice	Azimut	Distancia
CD-608-A	183° 51' 19.619"	919.86 metros
C D 610	346° 25' 46.402"	998.35 metros

Origen coordenadas planas: BOGOTÁ
Latitud: 04° 41' 00.000 00" N Longitud: 74° 09' 00.000 00" W
Norte: 109 320.965 metros Este: 92 334.879 metros
Plano de proyección: 2 550.000 metros sobre el nivel del mar.

Cálculos realizados en el año: 1997

Con destino a: ELÍAS ROMERO
Recibo Número: SB241490

Preparó: MAURICIO MEZA RINCON
Revisó: WILLIAM ARIAS LOPEZ

Jefe División de Geodesia

DATOS DE CAMPO DE LA POLIGONAL DE AMARRE

OccPt	Pt.ID	HI/HPRISMA	ANGULO HORIZONTAL	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA INCLINADA
2	CD610	1,484			
1	CD609A	1,500	0,0000	89,3025	998,397
3	D1	1,490	165,1120	90,0125	426,748
3	D1	1,523			
2	CD610	1,500	0,0000	89,5950	426,740
4	D2	1,490	120,4946	89,4250	504,990
4	D2	1,409			
3	D1	1,500	0,0000	90,1755	505,001
5	D3	1,490	183,2606	90,0355	431,017
5	D3	1,500			
4	D2	1,500	0,0000	89,5620	431,007
6	D4	1,490	191,4939	89,4100	253,853
6	D4	1,540			
5	D3	1,500	0,0000	90,2020	253,852
7	D5	1,490	155,0435	89,5020	319,575
7	D5	1,532			
6	D4	1,500	0,0000	90,1140	319,569
8	D6	1,490	161,0639	89,4505	226,381
8	D6	1,451			
7	D5	1,500	0,0000	90,1550	226,389
9	D7	1,490	180,3300	82,1650	438,665
9	D7	1,540			
8	D6	1,500	0,0000	97,4400	438,669
10	D8	1,490	198,4506	84,3620	180,331
10	D8	1,494			
9	D7	1,500	0,0000	95,2505	180,340
11	D9	1,460	69,3922	89,5635	2015,093
11	D9	1,485			
10	D8	1,460	0,0000	90,0331	2015,093
12	D10	1,460	112,3541	95,1630	457,368
12	D10	1,495			
11	D9	1,460	0,0000	84,4254	457,375
13	D11	1,460	163,1220	92,5852	578,303
13	D11	1,539			
12	D10	1,460	0,0000	87,0149	578,297
14	D12	1,460	186,0519	89,5744	314,803
14	D12	1,565			
13	D11	1,460	0,0000	90,0417	314,803
15	CD609A	1,460	161,4312	90,1643	585,446
14	CD609A	1,411			
13	D12	1,460	0,0000	89,4337	585,446
15	CD610	1,460	109,5754	90,3018	998,421

PRECISIÓN DE CIERRE POLIGONAL DE AMARRE = 1/74478.7

COORDENADAS DE LA POLIGONAL DE AMARRE

DETALLE	NORTE	ESTE	ELEVACION	CODIGO
1	96837.527	93234.329	2566.7080	CD609-A
2	97808.095	92999.952	2557.8600	CD610
3	98183.5285	92797.064	2557.6905	D1
4	98205.0467	92292.5391	2560.2626	D2
5	98249.1815	91863.788	2559.7032	D3
6	98326.3799	91621.9621	2561.1206	D4
7	98286.2221	91304.9216	2562.0762	D5
8	98186.6005	91101.6411	2563.1039	D6
9	97999.0659	90709.4899	2622.0004	D7
10	97977.7887	90531.2233	2639.0058	D8
11	96184.7349	91450.7621	2641.3191	D9
12	96220.9081	91904.757	2599.3096	D10
13	96431.1636	92442.6468	2569.2917	D11
14	96514.0271	92746.3482	2569.5850	D12
15	96837.5053	93234.3041	2566.8665	CD609-A
16	97807.9918	92999.9418	2558.0855	CD610

ANEXO D
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

TABLA No. D-1 - PARAMETROS GEOMECANICOS EMPLEADOS EN LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD

MATERIALES		PESO UNITARIO (ton/m^3)	Angulo de fricción (º)		Cohesión (ton/m²)		
			Max	Min	Max	Med	Min
1	Arcillolita	2,10	45	35	58	17	0
2	Arenisca	2,30	70	30,5	2030	-	430

TABLA No. D-2 - ANALISIS PROBABILISTICO DE ESTABILIDAD

SECCIÓN: C-C

Sismo

Sismo	a/g	Tr	Probabilidad
NO	-	-	0,973
SI	0,10	50	0,020
	0,15	200	0,005
	0,25	475	0,002
		SUMA	**1,000**

Condición			**Estatico**	**Sismo 0.1**	**Sismo 0.15**	**Sismo 0.25**	**Seco**	**Probabilidad acumulada**	
C_{MIN}	ϕ_{MIN}	0,25	0,973				1,000	0,24325	Estatico
C_{MIN}	ϕ_{MAX}	0,25		0,020			1,000	0,005	Sismo 0.10
C_{MAX}	ϕ_{MIN}	0,25			0,005		1,000	0,00125	Sismo 0.15
C_{MAX}	ϕ_{MAX}	0,25				0,002	1,000	0,000526316	Sismo 0.25

FACTOR DE SEGURIDAD

	Estatico		Dinamico a= 0.1g		Dinamico a= 0.15g		Dinamico a= 0.25g	
	C_{MAX}	C_{MIN}	C_{MAX}	C_{MIN}	C_{MAX}	C_{MIN}	C_{MAX}	C_{MIN}
ϕ_{MIN}	54,604	23,553	51,558	22,216	50,158	21,600	47,571	20,465
ϕ_{MAX}	54,911	23,860	51,821	22,478	50,400	21,843	47,774	20,669

PROBABILIDAD DE FALLA

Estatico		Dinamico a= 0.1g		Dinamico a= 0.15g		Dinamico a= 0.25g	

SUMA 0,00E+00 **SUMA** 0,00E+00 **SUMA** 0,00E+00 **SUMA** 0,00E+00

Probabilidad de falla 0,00E+00

0,00%

TABLA No. D-3 - ANALISIS PROBABILISTICO DE ESTABILIDAD

SECCIÓN: E-E

Sismo

Sismo	a/g	Tr	Probabilidad
NO	-	-	0,973
SI	0,10	50	0,020
	0,15	200	0,005
	0,25	475	0,002
		SUMA	**1,000**

Condición			Estatico	Sismo 0.1	Sismo 0.15	Sismo 0.25	Seco	Probabilidad acumulada	
C_{MIN}	ϕ_{MIN}	0,25	0,973				1,000	0,24325	Estatico
C_{MIN}	ϕ_{MAX}	0,25		0,020			1,000	0,005	Sismo 0.10
C_{MAX}	ϕ_{MIN}	0,25			0,005		1,000	0,00125	Sismo 0.15
C_{MAX}	ϕ_{MAX}	0,25				0,002	1,000	0,000526316	Sismo 0.25

FACTOR DE SEGURIDAD

	Estatico		Dinamico a= 0.1g		Dinamico a= 0.15g		Dinamico a= 0.25g	
	C_{MAX}	C_{MIN}	C_{MAX}	C_{MIN}	C_{MAX}	C_{MIN}	C_{MAX}	C_{MIN}
ϕ_{MIN}	61,602	26,686	55,419	23,972	52,767	22,808	48,150	20,782
ϕ_{MAX}	62,044	27,135	55,775	24,334	53,085	23,133	48,403	21,042

PROBABILIDAD DE FALLA

Estatico		Dinamico a= 0.1g		Dinamico a= 0.15g		Dinamico a= 0.25g	

SUMA 0,00E+00 **SUMA** 0,00E+00 **SUMA** 0,00E+00 **SUMA** 0,00E+00

Probabilidad de falla 0,00E+00

0,00%

TABLA No. D-4 - ANALISIS PROBABILISTICO DE ESTABILIDAD

SECCIÓN: G-G

Sismo

Sismo	a/g	Tr	Probabilidad
NO	-	-	0,875
SI	0,10	10	0,100
	0,15	50	0,020
	0,25	200	0,005
	0,40	475	0,002
		SUMA	**1,000**

SECCIÓN: E-E

Condición		Estatico	Sismo 0.1	Sismo 0.15	Sismo 0.25	Sismo 0.40	Seco	Probabilidad acumulada	
c'	ϕ'								
0,333333333	0,5	0,875					1,000	0,145833333	Estatico
0,333333333	0,5		0,100				1,000	0,016666667	Sismo 0.10
0,333333333	0,5			0,020			1,000	0,003333333	Sismo 0.15
0,333333333	0,5				0,005		1,000	0,000833333	Sismo 0.25
0,333333333	0,5					0,002	1,000	0,000350877	Sismo 0.40

FACTOR DE SEGURIDAD

	Estatico			Dinamico a= 0.1g			Dinamico a= 0.15g			Dinamico a= 0.25g			Dinamico a= 0.40g		
	FS1+	FS1+/-	FS1-	FS1+	FS1+/-	FS1-	FS1+	FS1+/-	FS1-	FS1+	FS1+/-	FS1-	FS1+	FS1+/-	FS1-
ϕ min	11,303	4,092	0,466	9,521	3,447	0,374	8,767	3,228	0,335	7,497	2,785	0,261	6,136	2,268	0,167
ϕ max	11,811	4,509	0,663	9,971	3,86	0,532	9,189	3,587	0,472	7,860	3,099	0,366	6,407	2,529	0,232

PROBABILIDAD DE FALLA

Estatico	Sismo 0.10	Sismo 0.15	Sismo 0.25	Sismo 0.25
1,E-01	2,E-02	3,E-03	8,E-04	4,E-04
1,E-01	2,E-02	3,E-03	8,E-04	4,E-04

SUMA 2,92E-01 **SUMA** 3,33E-02 **SUMA** 6,67E-03 **SUMA** 1,67E-03 **SUMA** 7,02E-04

Probabilidad de falla 3,34E-01

33,40%

TABLA No. D-5 - ANALISIS PROBABILISTICO DE ESTABILIDAD

SECCIÓN: H-H

Sismo	a/g	Tr	Probabilidad
NO	-	-	0,875
SI	0,10	10	0,100
	0,15	50	0,020
	0,25	200	0,005
	0,40	475	0,002
		SUMA	**1,000**

SECCIÓN: E-E

Condición c'	Condición ϕ'	Estatico	Sismo 0.1	Sismo 0.15	Sismo 0.25	Sismo 0.40	Seco	Probabilidad acumulada	
0,333333333	0,5	0,875					1,000	0,145833333	Estatico
0,333333333	0,5		0,100				1,000	0,016666667	Sismo 0.10
0,333333333	0,5			0,020			1,000	0,003333333	Sismo 0.15
0,333333333	0,5				0,005		1,000	0,000833333	Sismo 0.25
0,333333333	0,5					0,002	1,000	0,000350877	Sismo 0.40

FACTOR DE SEGURIDAD

	Estatico			Dinamico a= 0.1g			Dinamico a= 0.15g			Dinamico a= 0.25g			Dinamico a= 0.40g		
	FS1+	FS1+/-	FS1-	FS1+	FS1+/-	FS1-	FS1+	FS1+/-	FS1-	FS1+	FS1+/-	FS1-	FS1+	FS1+/-	FS1-
ϕ min	33,252	11,809	1,887	24,35	8,589	1,432	21,458	7,545	1,27	17,316	6,05	1,024	13,393	4,64	0,775
ϕ max	34,488	13,078	2,695	25,215	9,49	2,044	22,202	8,327	1,812	17,889	6,664	1,461	13,806	5,098	1,106

PROBABILIDAD DE FALLA

Estatico	Sismo 0.10	Sismo 0.15	Sismo 0.25	Sismo 0.25
				4,E-04

SUMA 0,00E+00 **SUMA** 0,00E+00 **SUMA** 0,00E+00 **SUMA** 0,00E+00 **SUMA** 3,51E-04

Probabilidad de falla 3,51E-04
0,04%

ANEXO E
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MGL

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN, PROTECCIÓN Y CONTROL RECOMENDADAS PARA EL ESCARPE ADYACENTE AL CED-PLAN CANTERAS, DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Contrato de consultoría CONS. 183 de 2004

Especificaciones Técnicas

Trabajo No. 073
MOYA Y GARCÍA LTDA.
Ingenieros Consultores

Bogotá, D.C., Agosto de 2004

.CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. CANTIDADES DE OBRA 1

3. PARAPETO METÁLICO CON MALLA 2

3.1 Parales metálicos ϕ=6'' 2
3.1.1 Generalidades 2
3.1.2 Construcción 2

3.2 Malla metálica 2
3.2.1 Diámetro del alambre 3
3.2.2 Revestimiento del alambre 4
3.2.3 Resistencia del alambre 5

3.3 Cables de acero 5

3.4 Medida y pago 5

4. SELLADO DE GRIETAS 6

4.1 Materiales 6
4.1.1 Malla 6
4.1.2 Taches 6
4.1.3 Mortero 6
4.1.4 Instalación 7
4.1.5 Medida y Pago 7

5. DRENAJES 8

5.1 Materiales 8

5.2 Procedimiento de instalación 8

5.3 Medida y pago 8

6. SENDERO 8

6.1 Materiales 8

6.2 Procedimiento constructivo 8

6.3 Medida y pago 9

7. COBERTURA CON MALLA - MORTERO 9

7.1 Malla 9

7.2 Pernos de anclaje 9
7.2.1 Alcance: 9
7.2.2 Generalidades 9
7.2.3 Tipo de Pernos 10

Materiales: 10
7.2.4 Instalación 11

7.3 Mortero 12

7.4 Medida y pago 12

8. RECUBRIMIENTO DE TUBERÍA Y ELEMENTOS METÁLICOS 12

8.1 Requisitos mínimos 13

8.2 Procedimiento 14
8.2.1 Preparación de la superficie 14
8.2.2 Imprimación 14

8.2.3 Barrera 14
8.2.4 Acabado 14
8.2.5 Medida y pago 14
9. REVEGETALIZACION, EMPRADIZACION Y REFORESTACION 14
9.1 Generalidades 14
9.2 Requisitos mínimos 15
9.3 Medida y pago 15

MGL

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN, PROTECCIÓN Y CONTROL RECOMENDADAS PARA EL ESCARPE ADYACENTE AL CED-PLAN CANTERAS, DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Contrato de consultoría CONS. 183 de 2004

Especificaciones Técnicas

1. INTRODUCCIÓN

En éste informe se presentan las Especificaciones que el FOPAE exige para la elaboración de las obras recomendadas en el estudio.

La zona de estudio se encuentra en el barrio Jerusalén, sector Plan Canteras y corresponde al escarpe de una antigua cantera, está enmarcada entre la carrera 49F (arriba), la transversal 49D Bis (abajo) y las calles 68 G Bis Sur y 68H Sur. Frente a la base del escarpe se tiene el CED Plan Canteras.

2. CANTIDADES DE OBRA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Parapeto metálico con malla	m	110
Sellado de grietas	m	125
Drenajes	Unidad	980
Sendero	ml	145
Cobertura con malla-mortero	m^2	945
Siembra de semillas	m^2	1730
Barreras en ladera	ml	130
Barreras con esterilla	ml	80
Barreras en la pata del talud	ml	170
Arborización adicional	Unidad	10
TOTAL		

3. PARAPETO METÁLICO CON MALLA

Los parapetos son elementos metálicos conformados por parales hechos con tubos o perfiles H o doble canal, cables de acero y mallas. Los parales se colocan embebidos en cimientos de concreto, la parte inferior de la malla se fija al terreno con pernos de anclaje.

3.1 Parales metálicos ϕ=6''

3.1.1 Generalidades

Son estructuras de contención construidas con tubos de rechazo de oleoducto o de perforación, de 6" de diámetro y espesor mínimo superior a 0.20", de acero de buena calidad y libre de corrosión.

3.1.2 Construcción

Los tubos se deben colocar a una distancia de 6 m, alojados en agujeros excavados hasta una profundidad superior a 2,0 m y penetrando por lo menos 1.4 m en terreno competente. Los tubos deben quedar embebidos en concreto en toda la longitud enterrada.

Delante de los tubos se debe colocar malla de triple torsión, reforzada con cables y amarrada a los tubos

3.2 Malla metálica

Para la construcción de parapetos metálicos (paral metálico de 6", malla metálica y cables) y para el revestimiento de taludes potencialmente inestables, existen los siguientes tipos de malla:

- Malla hexagonal o de triple torsión
- Malla de eslabonado simple.
- Malla electrosoldada

La malla de eslabonado simple es muy flexible, lo cual dificulta su conformación durante la construcción, además, presenta la desventaja de que al romperse un alambre se abre toda la malla. La malla electrosoldada es más rígida que la eslabonada y la hexagonal, y su conformación se hace en cuadrículas de igual espaciamiento en las dos direcciones. La fragilidad y la rigidez de las uniones soldadas las hace muy poco resistentes a las deformaciones a las que están sujetas, llevándolas a la rotura. Lo anterior, sumado a la corrosión por la desaparición del recubrimiento de zinc en éstas mismas uniones, se constituye en la principal desventaja de las mallas electrosoldadas.

En éstas especificaciones se recomienda el uso de mallas hexagonales de triple torsión debido a que permiten tolerar esfuerzos en varias direcciones sin que se produzca rotura, lo cual las hace más flexibles ante movimientos en cualquier dirección. Otra ventaja de este tipo de mallas consiste en que al romperse un alambre en un punto determinado, la malla no se abrirá por completo como ocurre con la eslabonada.

Las dimensiones de las mallas hexagonales se indican por la distancia entre entorchados paralelos y colineales, tal como se muestra en la Figura Nº 1. Los diámetros del alambre varían según las dimensiones de las mallas, aumentando proporcionalmente con la escuadría de éstas, de modo que el peso por unidad de área se mantiene constante.

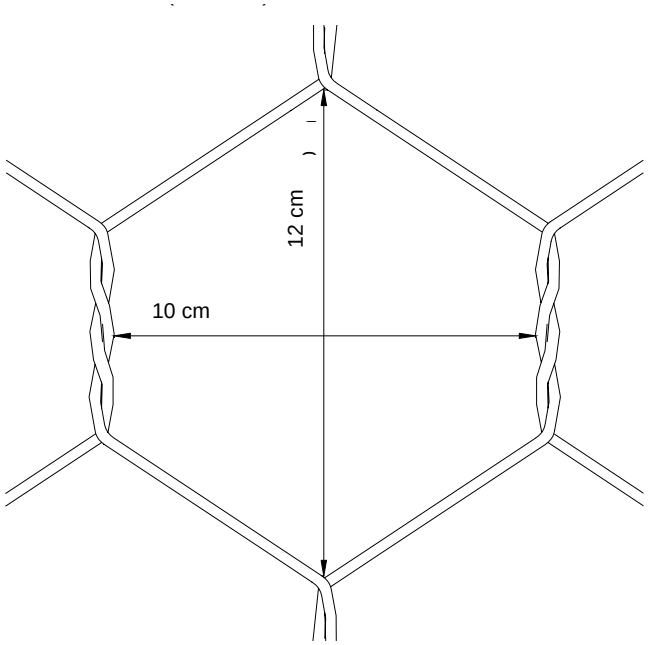
Los tres tamaños de malla hexagonal que más se utilizan son los siguientes:

Malla de 5.0 X 7.0 cm de escuadría. Alambre calibre Nº 14 (ϕ = 2.11 mm).

Malla de 8.0 X 10.0 cm de escuadría. Alambre calibre Nº 13 (ϕ = 2.41 mm).

Malla de 10.0 X 12.0 cm de escuadría. Alambre calibre Nº 12 (ϕ = 2.77 mm).

Malla de 12.0 X 14.0 cm de escuadría. Alambre calibre Nº 11 (ϕ = 3.05 mm).



Escuadría 10x12 cm, alambre No.12 (2.77 mm)

FIGURA Nº 1: CARACTERÍSICAS DE LAS MALLAS EXAGONALES.

Las torsiones de la malla deben ser obtenidas entrecruzando dos hilos por tres medios giros, así mismo, el alambre empleado en la fabricación de la malla debe cumplir los requerimientos establecidos.

3.2.1 Diámetro del alambre

Existen varias denominaciones para el calibre de los alambres galvanizados usados en la construcción de las canastas, estas denominaciones se presentan en la Tabla Nº 2. Es

recomendable indicar el diámetro del alambre en milímetros para evitar confusiones respecto a la denominación que se está utilizando.

DENOMINACION GALGA DE PARIS							
Calibre Nº	13	14	15	16	17	18	19
Diámetro (mm)	2.00	2.20	2.40	2.70	3.00	3.40	3.90

DENOMINACION BWG							
Calibre Nº	10	11	12	13	14	15	16
Diámetro (mm)	3.40	3.05	2.77	2.41	2.11	1.83	1.65

TABLA Nº 2: DENOMINACIONES PARA DIÁMETROS DE ALAMBRE.

3.2.2 Revestimiento del alambre

La función principal del recubrimiento de zinc o galvanizado es la de proveer la resistencia a la corrosión requerida para las condiciones en las cuales se van a emplear los alambres. El zinc tiene buena resistencia a la corrosión si el pH del agua en contacto con el gavión está entre 6 y 12.5; sin embargo, en obras que estén en contacto con aguas negras o suelos ácidos se pueden contemplar revestimientos adicionales con asfalto o P.V.C.

El recubrimiento con asfalto aísla parcialmente la humedad y previene la corrosión. El recubrimiento con P.V.C. aísla totalmente la humedad y resiste en forma apreciable la corrosión, su principal ventaja es la protección contra las aguas saladas y las aguas negras.

El alambre también puede ser protegido mediante revestimientos con concreto en las partes del gavión que están en contacto con aguas negras u otro agente corrosivo. El recubrimiento con concreto también es útil cuando se requiere protección contra la abrasión producida por corrientes de agua.

La efectividad del galvanizado depende de la proporción de peso de zinc por área de alambre expuesto. El peso mínimo del revestimiento de zinc determinado según la norma NTC 3237 o la ASTM A-90, debe obedecer a los que se presentan en la Tabla Nº 3.

Diámetro (mm)	2.20	2.40	2.70	3.00	3.40
Peso mínimo del revestimiento de zinc (gr/m²)	240	260	260	275	275

TABLA Nº 3: PESOS MÍNIMOS DEL REVESTIMIENTO DE ZINC SEGÚN EL DIÁMETRO DEL ALAMBRE.

El revestimiento de zinc debe soportar cuatro inmersiones sucesivas de un minuto cada una, en una solución de sulfato de cobre cristalizado, sin que el acero aparezca aún parcialmente. La concentración de ésta solución debe ser de una parte por peso de cristales a cinco partes por peso de agua. La temperatura del baño debe ser de 15ºC y entre cada inmersión, las muestras deben ser lavadas secadas y examinadas.

3.2.3 Resistencia del alambre

Resistencia a la tensión: La carga media de rotura a tensión de los alambres empleados debe estar entre 38 y 50 kg/mm², medida según el procedimiento establecido en la norma NTC 2.

Alargamiento: La prueba de alargamiento debe ser efectuada antes de la fabricación de la malla sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo. El alargamiento de la muestra no debe ser inferior al 12%.

Resistencia a la flexión: El alambre sostenido en una prensa con bordes redondeados debe soportar sin romperse diez (10) plegados sucesivos de 90 grados. Los plegados deben efectuarse en un mismo plano y con una amplitud de 180 grados de acuerdo con el procedimiento establecido en la norma NTC 3973.

Resistencia a la torsión: La muestra de alambre debe soportar treinta (30) vueltas completas de torsión sin romperse y sin que el zinc se agriete o se desprenda. El eje de la muestra de alambre debe permanecer recto durante toda la prueba, la cual se debe efectuar de acuerdo con el procedimiento que se establece en la norma NTC 3995.

Enrollamiento: El alambre debe poderse enrollar en espirales ajustadas y cerradas sobre un cilindro de diámetro igual al doble del suyo, sin que el zinc se agriete o se desprenda.

3.3 Cables de acero

Los cables de amarre de las mallas y entre parales, deben estar constituidos por torones de acero de alta resistencia que cumpla con la Norma **ASTM A-416 grado 270**. Cada torón debe estar compuesto por siete hilos o alambres, cuyo hilo central sea rodeado estrechamente por seis hilos exteriores dispuestos helicoidalmente, con un paso uniforme de no menos de 12 ni más de 16 veces el diámetro nominal del torón. Los cables deben tener **1/2"** de diámetro nominal y tener una resistencia mínima de rotura de **18,73 ton**, correspondiente a una carga mínima de trabajo de **10,0 ton**, en condición de carga permanente.

Para el refuerzo de la malla se requiere de cables de acero (guayas) de ¼" de diámetro, los cuales se amarran a la malla y a los cables de ½" con grilletes.

3.4 Medida y pago

Los parapetos de tubería se miden y pagan por metro lineal (m) con aproximación a la unidad. Su valor unitario debe contemplar la cimentación, tubería, malla, cables, amarres, soldaduras, pintura, transporte de materiales, adecuación del sitio, equipos y herramientas, y cualquier otro costo en que incurra el CONTRATISTA para la correcta ejecución de esta obra.

4. SELLADO DE GRIETAS

Las grietas existentes en la cobertura de malla anclada y concreto lanzado se deben sellar con una cobertura de malla-mortero fijada al terreno con taches dispuestos en perforaciones llenas de lechada de cemento.

4.1 Materiales

4.1.1 Malla

La malla utilizada para este recubrimiento es la de triple torsión, de la indicada en el numeral 3.2 del ítem Parapeto metálico, la cual se debe asegurar al talud con taches, amarrados con alambre.

4.1.2 Taches

Los taches consisten de varilla de 60.0 cm de longitud y diámetro de $^{1}/_{2}$", dispuestas en perforaciones llenas de lechada de cemento en proporción 1:1; también pueden emplearse resinas epóxicas para la fijación de los taches. Las varillas para los taches debe tener una resistencia a la tracción superior a 2800 MPa y deben ser corrugadas.

4.1.3 Mortero

El mortero utilizado junto con la malla consiste en una mezcla de cemento Portland Tipo I, agregado fino limpio (arena lavada) y agua, con la que se obtiene una pasta que se pueda moldear y aplicar en la superficie del talud que se desee proteger. Este mortero se debe aplicar sobre toda la malla, previamente extendida y asegurada al talud en los sitios indicados en los planos u ordenada por la INTERVENTORIA; en general se utiliza mortero en proporción 3:1 al volumen.

El agregado fino utilizado en la mezcla de mortero debe cumplir con las normas ICONTEC 127 y 174 para concreto, y su granulometría debe ser apta para el trabajo a ejecutar.

Para la colocación del mortero se debe humedecer previamente la superficie hasta lograr la saturación de la misma, salvo que la INTERVENTORIA ordene lo contrario.

Todos los ensayos del mortero indicados u ordenados por la INTERVENTORIA corren por cuenta del CONTRATISTA.

El cemento que se utilice para la preparación del mortero debe ser de una misma marca para todo el talud. El cemento utilizado en sacos debe estar protegido durante el transporte con cubiertas impermeables y debe además almacenarse en bodegas protegidas contra la intemperie, aislado del suelo y protegido contra cualquier absorción de humedad. Se debe procurar utilizar el cemento tan pronto como sea posible y evitar almacenarlo por períodos largos. El cemento que la INTERVENTORIA considere que se encuentre en mal estado o que se haya deteriorado debido a la absorción de humedad o a cualquier otra causa debe ser

retirado del sitio por cuenta del CONTRATISTA y reemplazado por uno de buenas condiciones.

Proporción aproximada de los materiales Para obtener 1 m^3 de mortero 1:3

CEMENTO		VOLUMEN SUELTO DE ARENA SECA
(Kg)	Bultos (50 kg)	(m3)
530	8	1.00

Los agregados suministrados por el CONTRATISTA deben proceder de fuentes de arenas aprobadas por la INTERVENTORÍA, sin que dicha aprobación de la fuente de suministros signifique una aprobación tácita de todos los materiales que se obtengan de ésta. El CONTRATISTA es el único responsable de la calidad especificada del agregado para su uso en la elaboración del concreto.

El mortero no debe colocarse bajo la lluvia sin permiso de la INTERVENTORIA, y ésta debe dar su autorización únicamente si el CONTRATISTA suministra cubiertas que, en opinión de la INTERVENTORIA, sean adecuadas para la protección del mortero durante su colocación y hasta que éste haya fraguado.

4.1.4 Instalación

- El talud o la superficie que se vaya a recubrir con malla-mortero debe encontrarse totalmente libre de basura, ramas, fragmentos de roca o de concreto o mortero fracturado y suelto y cualquier otro material objetable por la INTERVENTORIA.

- La malla se debe extender sobre esta superficie uniforme y se debe fijar a los taches de varilla, separados entre sí unos 50.0 cm. La malla se debe amarrar a estos taches con alambre.

- Una vez la instalación de la malla sea aprobada por la INTERVENTORIA, se debe recubrir con el mortero, el cual debe tener una consistencia tal que no se escurra durante el proceso de colocación y fraguado. Si durante este proceso se presenta fenómeno de lluvias, el CONTRATISTA debe cubrir adecuadamente la superficie para evitar el lavado del mortero.

4.1.5 Medida y Pago

El sellado de grietas con malla - mortero se mide y paga por metro lineal (m), del ancho indicado en los planos u ordenado por la INTERVENTORIA y su valor unitario debe incluir la mano de obra, herramientas, perfilada o limpieza de la superficie por cubrir, el suministro, transporte e instalación de la malla y el mortero, taches, alambre, perforaciones para los taches, lechada de cemento y demás gastos en los que incurra para la adecuada instalación de esta obra.

5. DRENAJES

Para el drenaje del terreno bajo las coberturas de concreto lanzado o malla-mortero se deben instalar tubos que penetren dentro del terreno por lo menos 10 cm y pasen por entre la cobertura, para que desagüen sobre ella. Los drenajes se deben instalar en las coberturas existentes y en las que se coloquen en el futuro y deben tener inclinación hacia el exterior.

5.1 Materiales

Se requiere de tubos de PVC, ranurados y una cobertura de geotextil no tejido, pegada o amarrada a los tubos.

5.2 Procedimiento de instalación

En las coberturas existentes se deben realizar perforaciones que pasen la cobertura y penetren en el terreno, dentro de la perforación se instala el tubo, con la cobertura de geotextil en el extremo interno, se sella el borde de la perforación, contra el tubo, con mortero. En la coberturas nuevas se pueden instalar los tubos penetrando en el terreno, amarrados a la malla y con el geotextil en su extremo interno; posteriormente se coloca el mortero, en forme de pañete o lanzado, tomando las precauciones para no tapar los tubos con el mortero y cuidando que permanezcan dentro de terreno.

5.3 Medida y pago

Los drenajes en las coberturas existentes se pagan por unidad y en precio se debe incluir el costo de la perforación, los tubos, el rasurado, el geotextil, el mortero, la mano de obra, el uso de andamios y equipos para su instalación y cualquier otro costo directo o indirecto en que se incurra para la correcta ejecución de la actividad. En las coberturas por hacer el costo se debe incluir en el valor de la cobertura.

6. SENDERO

Para el control de la erosión en sitios de paso peatonal, se requiere la construcción de senderos de materiales resistentes a ella.

6.1 Materiales

Los senderos son de concreto de resistencia a la compresión, medida a los 28 días, superior a 21 MPa.

6.2 Procedimiento constructivo

Los senderos se construyen con lozas superpuestas, formando escalinatas con pendiente de los pasos hacia abajo (rampeadas); el terreno se debe conformar mediante corte y eventualmente relleno compactado, previa autorización del INTERVENTOR, de manera que se retiren los materiales orgánicos, sueltos, blandos o muy húmedos y se tenga una superficie llana, donde se fundirá cada loza; los materiales procedentes de las labores de

conformación se deben retirar del sitio y disponerse en lugares apropiados, aprobados previamente por la INTERVENTORÍA.

Se deben tomar precauciones para garantizar la junta entre lozas, ya sea permitiendo el fraguado de la loza inferior, antes de proceder a fundir la siguiente, generando una junta fría, o colocando polietileno sobre el concreto recién fundido, en la zona donde se apoya la siguiente loza.

6.3 Medida y pago

Los senderos se miden por metro lineal, con aproximación a la décima, del ancho indicado en los diseños y autorizado por la INTERVENTORÍA; en el precio unitario se debe tener en cuenta la conformación del terreno, el concreto, los ensayos de calidad del concreto y los rellenos que solicite la INTERVENTORÍA, las formaletas, mano de obra, herramientas, el material de las juntas, el retiro de los residuos de la excavación, transporte de materiales y equipos y cualquier otro costo directo e indirecto en que se pueda incurrir para la correcta ejecución de la actividad.

7. COBERTURA CON MALLA - MORTERO

En este ítem se describe la especificación técnica de las mallas ancladas, las cuales consisten en un sistema conformado por malla metálica, cables de acero y pernos, cubiertas con mortero o concreto lanzado. A continuación se describe los principales componentes de dicha estructura:

7.1 Malla

Este ítem ya fue descrito en detalle en el numeral 3.2 de las presentes especificaciones.

7.2 Pernos de anclaje

7.2.1 Alcance:

Este capítulo comprende los requisitos para el suministro, instalación y ejecución de ensayos, para determinar la calidad, de los pernos que se utilizarán para soporte de las superficies naturales o excavadas en las diferentes partes de las obras, las cuales incluyen:

a. Pernos en las superficies naturales de terreno.

b. Pernos en las excavaciones en corte abierto.

7.2.2 Generalidades

Los pernos de anclaje consisten de varillas de acero ancladas firmemente en perforaciones hechas en el terreno, mediante un material aprobado por el Interventor que garantice la protección de la varilla contra la corrosión.

El anclaje de los pernos al terreno podrá hacerse usando mortero de cemento con o sin acelerante, que garanticen que la barra pueda ser esforzada a tracción hasta el punto de fluencia del acero sin que falle el anclaje. El sistema de anclaje de los pernos al terreno está sujeto a la aprobación del Interventor, para lo cual el Contratista debe presentar a este, la información técnica completa sobre el sistema que se propone emplear así como efectuar las pruebas de campo necesarias para garantizar el sistema.

7.2.3 Tipo de Pernos

El perno de Anclaje consiste de una varilla de acero de un diámetro no menor de 19 milímetros. El perno puede ser tensionado a criterio del INTERVENTOR hasta una carga máxima de 6 toneladas, que permita verificar su anclaje. El anclaje de estos pernos se debe obtener mediante el uso de mortero de cemento con o sin acelerante de fraguado, como prefiera el Contratista. Los pernos deben estar provistos de una platina de apoyo de acero, de una arandela plana de acero endurecido, o de una arandela semiesférica y de una tuerca hexagonal pesada.

Materiales:

a) Varillas. Las varillas para los pernos deben cumplir la especificación ASTM A 615-77a para acero grado 60; toda varilla para perno deberá tener por lo menos 20 cm de rosca en un extremo.

b) Agua y cemento. El agua, el cemento y los demás componentes que se utilicen para la preparación del mortero debe cumplir con los requisitos establecidos en el ítem de MORTEROS.

La relación agua:cemento debe estar entre 0.4 y 0.5. La dosificación se determina con mezclas de prueba que se deben preparar con los equipos de mezclado propuestos por el Contratista y deben cumplir con una exhudación inferior al 2% medida en una probeta de 500 ml durante un tiempo mínimo de 3 horas.

c) Arena: La arena que se utilice para preparación de mortero debe cumplir con los siguientes requisitos:

Tamiz No.	% Pasa
16	100
50	20-60
100	0-3

La arena que se utilice debe tener un módulo de finura entre 1.5 y 2.0.

d) Acelerante. El acelerante para mortero no debe utilizarse en proporciones mayores a las que garanticen una protección contra la corrosión y la resistencia a largo plazo del mortero.

e) Resina Sintética. La resina sintética debe ser de una marca aceptada por el Interventor. Debe ser almacenada y manejada de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se deber suministrar dos tipos de resina poliestérica: una de fraguado rápido de 3 a 5 minutos a 25° centígrados y otra de fraguado lento de 15 a 30 minutos a 25°C.

f) Platinas. Las platinas de apoyo deben ser cuadradas y tendrán un espesor mínimo de 9.5 mm y un área neta no menor de 400 cm^2.

g) Arandelas. Las arandelas planas y las semiesféricas o biseladas se deben utilizar con la aprobación del Interventor, en acero endurecido y deberán cumplir con la norma ASTM F 436-77.

h) Tuercas. Las tuercas deben ser de tipo hexagonal pesado y deben cumplir con la norma ASTM A 563-76a.

7.2.4 Instalación

El Contratista debe instalar los pernos que sean necesarios para soportar las superficies naturales o excavadas en los sitios mostrados en los planos o indicados por el Interventor.

El método y equipo necesarios para la instalación de los pernos de anclaje deben ser indicados por el fabricante y ser aprobados por el Interventor.

Las perforaciones para la instalación de los pernos de anclaje se deben hacer exactamente del diámetro recomendado por el fabricante de los anclajes, o del diámetro que indique o apruebe el Interventor, y a las profundidades mostradas en los planos o indicadas por el Interventor. Antes de instalar un perno de anclaje dentro de una perforación, ésta se debe limpiar con aire y agua a presión con el fin de remover las virutas de laminado, óxido suelto, mugre, grasa o cualquiera otra sustancia objetable.

La rosca del perno debe estar limpia y sin rebabas, de tal forma que la tuerca enrosque libremente en el mismo; estas roscas deben cubrirse con un lubricante. Las tuercas de los pernos se deben localizar de tal manera que, por lo menos, los primeros 4 centímetros de la rosca queden libres después de la instalación del perno y de cualquier malla de acero sostenida por el mismo.

Procedimiento de instalación. Para la instalación de pernos que requieran ser tensionados y su anclaje se logre por medio de mortero de cemento con acelerante se debe utilizar el sistema GD- Topac-Anker, o cualquier otro sistema similar aprobado por el Interventor, que consiste en llenar el hueco parcialmente con mortero, luego introducir hasta el fondo del mismo un cartucho que contiene un acelerante especial, terminar el llenado del hueco con mortero y por último introducir la varilla del perno haciendo que se rompa el cartucho de fondo para que el acelerante reaccione con el mortero presente en el fondo del hueco. En esta forma el fraguado en el fondo es mucho más rápido. Esto, permite el tensionamiento de los pernos que así lo requieran. El Contratista debe asegurarse de que el acelerante del cartucho de fondo sea compatible con las características del cemento que se utilice en la obra.

Los pernos con inyección de mortero con acelerante se deben tensionar en un tiempo no mayor de 5 horas después de su instalación. En caso que no se utilice acelerante, el tensionamiento se debe efectuar hasta 3 días después de su instalación.

El tensionamiento se debe realizar con una llave de impacto de par controlado, de modo que el perno tome una tensión de no menos del 60% y no más del 80% de su límite de fluencia.

Los pernos que no soporten la tensión especificada debido a instalación defectuosa no se aceptan, su instalación no se paga y deben ser reemplazados por y a costa del Contratista, a satisfacción del Interventor. En caso de requerirse el uso de malla de refuerzo ésta se debe sujetar a los pernos mediante las tuercas y platinas que se deben colocar con cada perno.

Donde la superficie de roca no sea perpendicular a la dirección del hueco, el Contratista se deberá cerciorar de que la carga del perno sea transmitida uniformemente a la roca usando arandelas biseladas sobre la platina de apoyo y una arandela plana entre estas arandelas y la tuerca hexagonal. El Contratista también puede usar un apoyo de mortero al cual se debe añadir acelerante.

El lapso entre la perforación del hueco y la instalación del perno debe ser mínimo y en ningún caso exceder de 6 horas.

7.3 Mortero

Las características del mortero para la cobertura se indican en el numeral 4.1.3 de esta especificación.

7.4 Medida y pago

La unidad de medida de la malla anclada cubierta de mortero o concreto lanzado es el metro cuadrado (m^2). El precio unitario debe incluir todos los costos, directos e indirectos, por adecuación del sitio de emplazamiento, retiro de materiales sueltos, materiales (malla, cables de acero, pernos y mortero), mano de obra, herramientas, andamios y equipos, y demás aspectos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

8. RECUBRIMIENTO DE TUBERÍA Y ELEMENTOS METÁLICOS

Esta especificación fija los requisitos mínimos para la aplicación de recubrimientos que protegen los elementos metálicos contra la corrosión causada por la acción externa de agentes agresivos.

Referencias

Dentro de esta norma se hace referencia a los siguientes documentos:

Del Steel Structures Painting Council (SSPC):

Publicación *SSPC No. 91-12*, Manual de Inspección de Revestimiento y Pinturas

De la American Society for Testing and Materials (ASTM):

ASTM D4541, Standard Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.

8.1 Requisitos mínimos

- Solamente se aceptan pinturas homologadas por el fabricante o por una entidad de reconocida autoridad internacional en control de corrosión.
- El fabricante de la pintura seleccionada debe presentar la certificación de los ensayos y análisis que se le hicieron en fábrica al correspondiente lote de pintura.
- Así mismo, debe garantizar formalmente la asistencia técnica permanente durante la ejecución de este trabajo para asegurar la calidad en la aplicación de sus productos. Para esto debe presentar un plan de trabajo donde se indique el tipo de ensayos que se van a efectuar y los equipos que se van a utilizar y la hoja de vida del personal técnico que va a prestar esta asistencia técnica.
- Además de las recomendaciones anteriores, el Contratista debe seguir estrictamente las recomendaciones del fabricante de la pintura seleccionada en cuanto a humedad relativa máxima, temperatura de la superficie metálica que se va a pintar, máximas diluciones permitidas, características de las brochas o rodillos, tiempo de secado, mínimo tiempo de curado y las demás que se requieran para asegurar una óptima aplicación.
- El Contratista debe contar con los equipos e instrumentos que garanticen la obtención de las condiciones de operación que se especifican. Así mismo debe aplicar las normas de seguridad industrial inherentes a este tipo de trabajo.
- Deben efectuarse entre otros, los siguientes ensayos y registros diarios siguiendo los parámetros fijados en el Manual de Inspección de Revestimiento y Pinturas del *SSPC*.
    - Temperatura y humedad relativa, lecturas cada hora, durante el sand-blasting y la aplicación.
    - Temperatura de la superficie que se va a pintar; una lectura cada dos tubos antes de aplicar la pintura.
    - Espesor de película húmeda de pintura cuatro lecturas cada dos tubos.
    - Espesor de película seca de pintura dos lecturas cada tubo.
    - Adherencia de la película de pintura, 48 horas después de aplicada, dos lecturas sobre cada cinco tubos, según *ASTM D4541.*
    - Calificación por inspección visual de cada uno de los tubos, 48 horas después de pintados.
    - Continuidad eléctrica por el método de esponja húmeda en cada tubo después de aplicar la pintura de acabado.
    - Se deben llevar registros del tipo de defectos que se encontraron y de las reparaciones de pintura que se efectuaron.
- El fabricante de la pintura seleccionada debe suscribir una póliza de calidad y comportamiento del sistema de pintura por el 30% del valor de los materiales de pintura y con una vigencia de 8 años.
- El Contratista debe suscribir un póliza de estabilidad y calidad de los trabajos por el 30% del valor de los trabajos de pintura y un plazo de 8 años.

8.2 Procedimiento

8.2.1 Preparación de la superficie

Se requiere preparar la superficie con chorro de arena hasta lograr el grado de limpieza *SSPC-SP5*, con un perfil de anclaje entre 25 y 50 micras.

8.2.2 Imprimación

Se requiere la aplicación por el sistema *airless*, de pintura de imprimación de zinc inorgánico tipo solvente con un espesor de película seca entre 75 y 87 micras.

8.2.3 Barrera

Se requiere la aplicación de pintura de barrera tipo epoxi-poliamina-poliamida de altos sólidos (mínimo 83% de sólido por volumen) color *beige*, con un espesor de película seca entre 150 y 175 micras, aplicada con sistema *airless*.

8.2.4 Acabado

Se requiere la aplicación de pintura de acabado tipo poliuretano alifatico (con un contenido de sólidos por volumen mínimo de 63%) de color blanco o el que indique El Contratista, con espesor de película seca entre 100 y 125 micras, aplicada con sistema *airless*.

8.2.5 Medida y pago

- Los trabajos de limpieza y recubrimiento de tubería superficial se miden y pagan dentro del item de parapetos metálicos
- El precio unitario debe incluir todos los costos, directos e indirectos, por suministro de materiales, transporte, equipos para la aplicación, mano de obra, desperdicios, herramientas, disolventes, combustibles y en general cualquier costo relacionado con la completa ejecución de los trabajos descritos en esta especificación.

9. REVEGETALIZACION, EMPRADIZACION Y REFORESTACION

9.1 Generalidades

Se refiere al suministro, manejo y siembra de material vegetal vivo, con el fin de cubrir el terreno que, por diferentes causas, ha sido despojado de la cobertura vegetal y por lo tanto puede producir cárcavas profundas o zonas de erosión, poniendo en peligro la estabilidad de las obras o del terreno circundante.

Para el caso de taludes o sitios de erosión intensa en los que no sea suficiente la empradización, se recomienda la construcción de barreras vivas: pequeñas terrazas construidas en suelo del sitio y contenidas por una estructura de varas y estacones (trinchos de madera); frente a estas varas se deben sembrar arbustos y árboles pequeños de la región, que al momento de la siembra tengan una altura superior a 30 cm, de acuerdo al

programa de reforestación. Los estacones pueden ser de material vivo lo cual ayuda a reforzar el sistema. En las terrazas se deben sembrar gramíneas, en lo posible en cespedón.

Las barreras vivas se construyen para terracear la superficie del terreno, retener sedimentos e instalar elementos vegetales (arbustos y gramíneas) que reduzcan la velocidad del agua de escorrentía.

9.2 Requisitos mínimos

- Las labores de empradización y reforestación del terreno se deben ejecutar de acuerdo con el programa de reforestación y el sistema de siembra, siguiendo las recomendaciones de la INTERVENTORIA y cumpliendo con los requisitos legales que se indiquen de acuerdo a las expectativas del propietario del predio.

- Debe recuperarse en lo posible la capa vegetal retirada durante la ejecución de las obras, la cual se ha debido conservar de la mejor manera para evitar su contaminación con otros materiales.

- Se pueden utilizar semillas de pasto donde el efecto erosivo no sea muy acelerado. La empradización debe complementarse con prácticas de arborización de especies nativas.

- Donde exista el peligro de una rápida falla del talud o de la banca, se deben sembrar cespedones continuos o ajedrezados, o construir barreras vivas; si es el caso, se debe colocar una capa de tierra vegetal, o ramas y arbustos sostenidos temporalmente con estacas unidas por lianas o costales.

- Los sistemas de estabilización se deben prever para lograr el menor impacto ambiental y aumentar la vida útil de la obra. Cuando haya necesidad de construir elementos de protección fuera de la zona de influencia del proyecto, se debe solicitar permiso al propietario del predio para realizar las obras necesarias.

- Si se presentan zonas de erosión, cárcavas o deslizamientos durante la ejecución de las obras porque el CONTRATISTA no tuvo en cuenta oportunamente las posibles fallas en la zona de influencia del proyecto, por su culpa o su negligencia, el costo de la reparación y protección corren por su cuenta.

9.3 Medida y pago

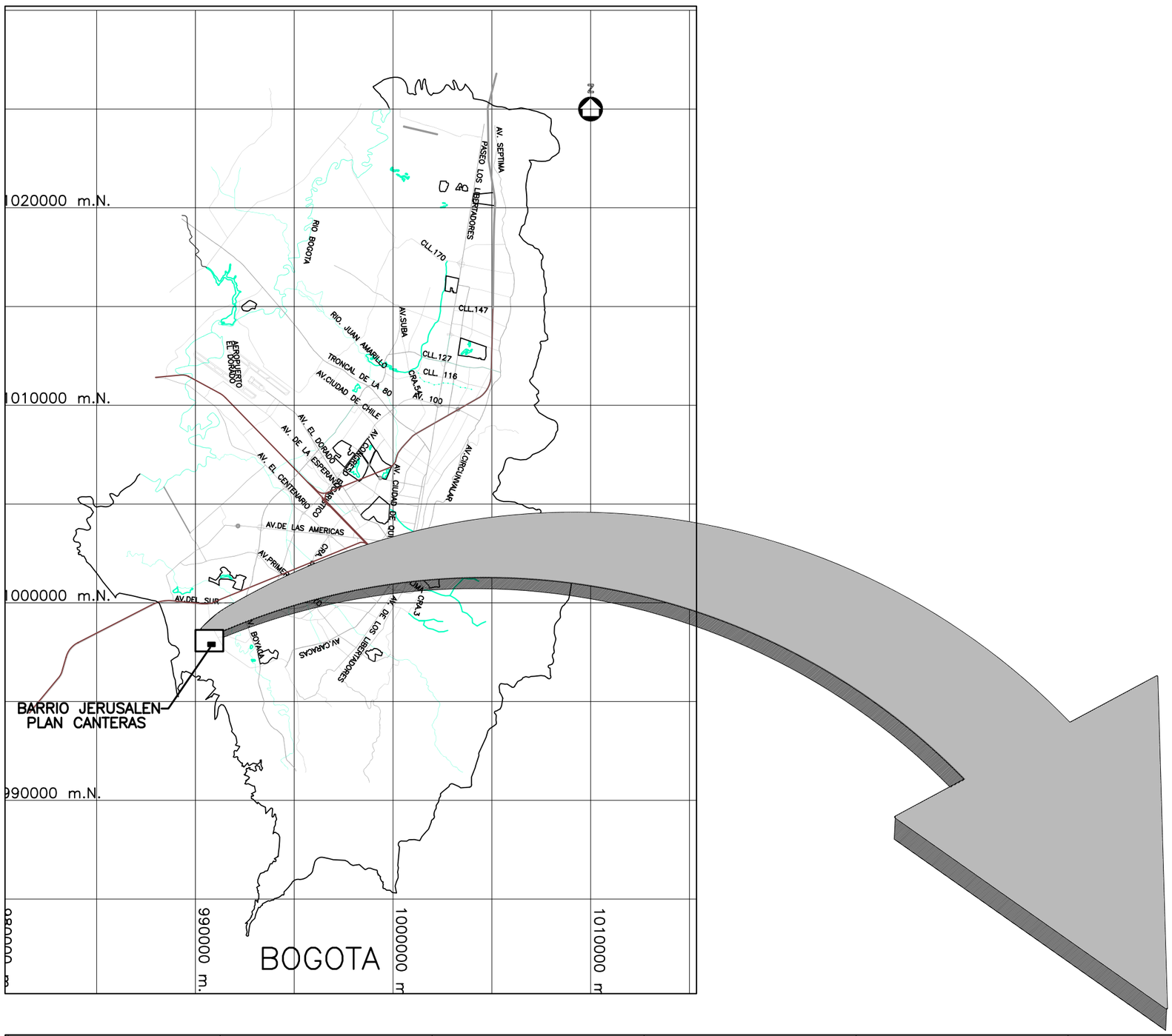
Las labores de empradización se pagan por hectárea (Ha) o metro cuadrado (m^2), dependiendo del área a empradizar, midiendo en superficie inclinada y aproximando a la unidad. Su costo debe incluir el suministro de semilla o cespedón, fertilizantes, tierra negra, herramientas y demás insumos, así como la mano de obra para siembra o colocación y el mantenimiento hasta que la INTERVENTORIA compruebe que las especies sembradas comienzan a cubrir las áreas a proteger.

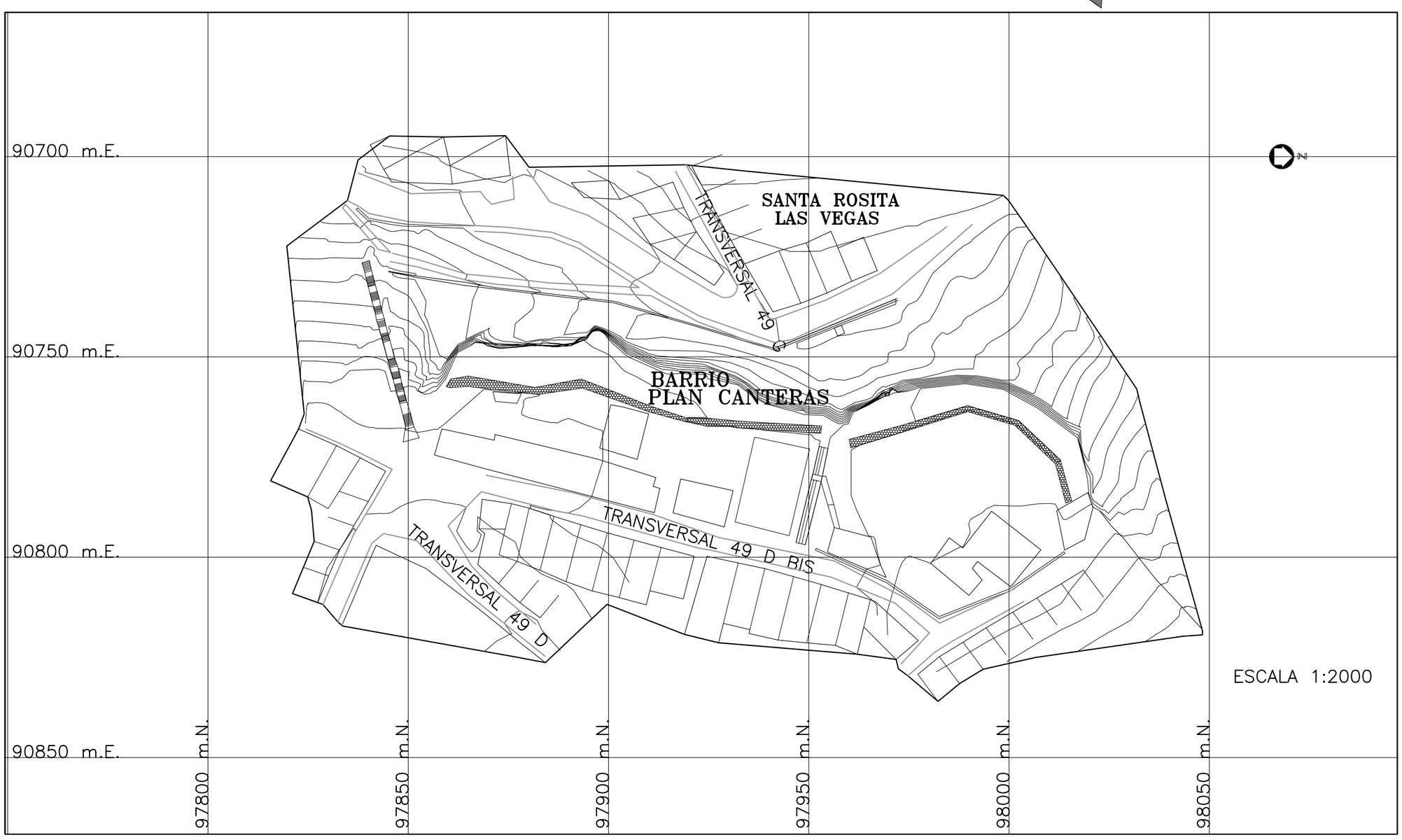
La arborización adicional, previamente acordada con la INTERVENTORÍA se paga por unidad de arbusto o árbol sembrado y "prendido", de acuerdo con el valor unitario pactado en la lista de precios, y el cual debe incluir el suministro de todos materiales, fertilizantes, tierra negra, etc., herramientas y mano de obra necesaria para la preparación del terreno y

siembra de los árboles, así como el riego y mantenimiento de los árboles y arbustos hasta que éstos sea recibidos a satisfacción por la INTERVENTORÍA. Las barreras arbóreas se miden y pagan por metro lineal (ml) con aproximación a la unidad, de acuerdo con la disposición recomendada en el diseño y aprobada por el interventor, en su precio se debe tener en cuenta la instalación y los elementos del sistema de riego por goteo.

Las barreras vivas se miden y pagan por metro lineal (ml) y su precio debe incluir el costo de arbustos o árboles pequeños, estacones de árboles nacientes, cespedón o siembra de gramíneas y todos los costos de adecuación de los sitios de emplazamiento, materiales, mano de obra, herramientas, transporte y demás gastos en que se incurra para la adecuada realización de las obras. Este precio unitario debe incluir también el costo del trincho de esterilla y estacones, el mantenimiento inicial, incluyendo la fertilización post-siembra, hasta la entrega a satisfacción.

MOYA Y GARCIA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES





LOCALIZACION GENERAL BARRIO JERUSALEN – PLAN CANTERAS

PLANO–FIGURA 1

OS C:\PROYECTO\MGL038\PLANOS\1LOCALIZACIONGEN.DWG

97825 m.N. 97850 m.N. 97875 m.N. 97900 m.N. 97925 m.N. 97950 m.N. 97975 m.N. 98000 m.N. 98025 m.N.

90700 m.E. 90725 m.E. 90750 m.E. 90775 m.E. 90800 m.E. 90825 m.E.

CONVENCIONES

- 2770 CURVA DE NIVEL PRINCIPAL
- CURVA DE NIVEL SECUNDARIA
- CANAL
- PARAMENTO Y LOTEO
- VIA Y SENDERO
- CERCA O MALLA
- CERRAMIENTO PROVICIONAL
- GRIETA
- REJILLA
- MURO
- ESCALERA
- ▲C-3 DELTAS
- POSTE
- POZO DE ALCANTARILLADO
- CAJA DE AGUAS NEGRAS
- MURO DE GAVION
- ARBOL
- AREA DE ESTUDIO

COORDENADAS DE MOJONES

PUNTO	NORTE	ESTE
C-3	97950.97	90787.09
C-9	97851.36	90716.55
C-10	97935.58	90747.04

TRANSVERSAL 49 D
TRANSVERSAL 49 G
CALLE 69A SUR
BARRIO SANTA ROSITA LAS VEGAS
CENTRO EDUCATIVO DISTRITAL CED PLAN CANTERAS
POLIDEPORTIVO PLAN CANTERAS
TRANSVERSAL 49 D BIS
BARRIO PLAN CANTERAS
JARDIN INFANTIL
CALLE 68H SUR
TRANSVERSAL 49 D
CALLE 68 G BIS A SUR
CALLE 68G BIS

Secretaria GOBIERNO

FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS DE BOGOTA. D.C. FOPAE

FUENTE: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: TOPOGRAFO ANTONIO PICO

ELABORO: MOYA Y GARCIA LTDA. INGENIEROS CONSULTORES

INTERVENTORIA: ING. RAMIRO CASTELLANOS JIMENEZ

0 5 10 15 20 25m
ESCALA GRAFICA

ESCALA: 1:250

DISEÑO: ING. JOSE VICENTE AMORTEGUI	DIBUJO: O.A.P.	FECHA: JULIO, 2004
REVISO: ING. JOSE VICENTE AMORTEGUI		FECHA: JULIO, 2004
APROBO:		FECHA:
Vo. Bo. INTERVENTORIA		FECHA:

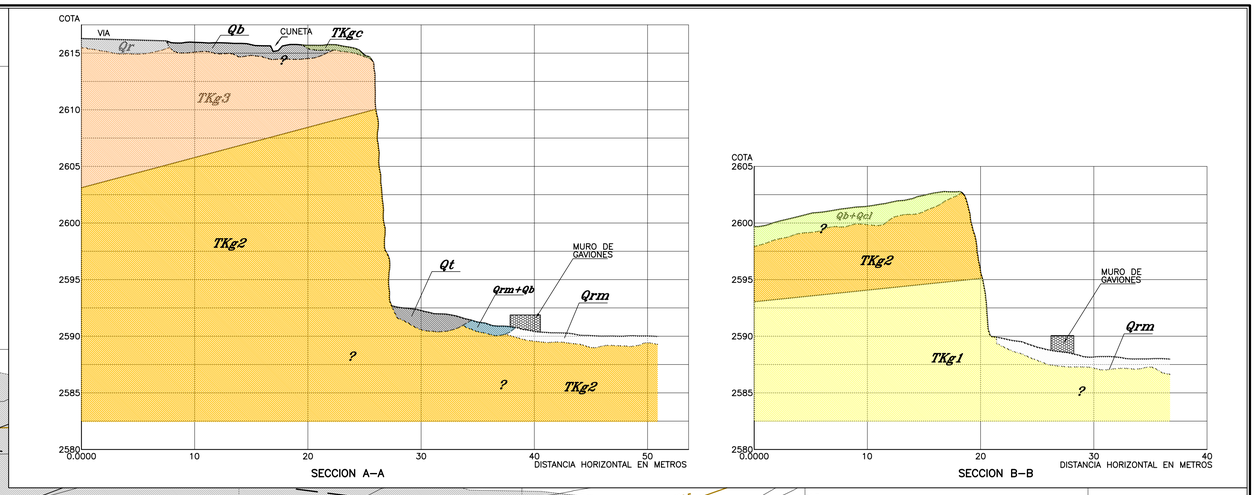
ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACION, PROTECCION Y CONTROL RECOMENDADAS PARA EL ESCARPE ADYACENTE AL CED PLAN CANTERAS, BARRIO JERUSALEN SECTOR PLAN CANTERAS. LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR, EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.

CONTRATO DE CONSULTORIA No. 183 DE 2004

CONTENIDO: **TOPOGRAFIA GENERAL**

PLANO: **2**

NOMBRE INTERNO : OS C:\PROYECTO\MGL073\PLANOS\ 2TOPOGRAFIA.DWG



97825 m.N.
97850 m.N.
97875 m.N.
97900 m.N.
97925 m.N.
98000 m.N.
98025 m.N.
90700 m.E.
90725 m.E.
90750 m.E.
90775 m.E.
90800 m.E.

TRANSVERSAL 49 D
TRANSVERSAL 49 G
CALLE 69A SUR
BARRIO SANTA ROSITA LAS VEGAS
LEVANTAMIENTO COLUMNA ESTRATIGRAFICA
CENTRO EDUCATIVO DISTRITAL CED PLAN CANTERAS
POLIDEPORTIVO PLAN CANTERAS
TRANSVERSAL 49 D BIS
BARRIO PLAN CANTERAS
CALLE 68 G BIS A SUR
TRANSVERSAL 49 D
JARDIN INFANTIL
CALLE 68G BIS
AC–9
AC–10
AC–3

CONVENCIONES

- CURVA DE NIVEL PRINCIPAL
- CURVA DE NIVEL SECUNDARIA
- CANAL
- PARAMENTO Y LOTEO
- VIA Y SENDERO
- CERCA O MALLA
- CERRAMIENTO PROVICIONAL
- GRIETA
- LIMITE DEL AREA DE ESTUDIO
- REJILLA
- MURO
- ESCALERA
- DELTAS
- POSTE
- POZO DE ALCANTARILLADO
- CAJA DE AGUAS NEGRAS
- MURO DE GAVION
- ARBOL

GEOLOGICAS

- CONTACTO LITOLÓGICO DEFINIDO.
- CONTACTO LITOLÓGICO INTERFERIDO O CUBIERTO.
- RUMBO Y BUZAMIENTO MEDIDO EN CAMPO.
- TRAZO DE FALLA GEOLÓGICA.

LEYENDA UNIDADES GEOLOGICAS

DEPOSITOS CUATERNARIOS (Q)

- **Qb** Botaderos. Material botado conformado por desechos de construcción y de excavación, presenta alta densidad. Bloques y gravas de arenita y limolita en matriz limosa, color gris.
- **Qcl** Depósito coluvial. Depósito matriz soportado con bloques angulares de cuarzoarenita de grano medio, color café, en medio de una matriz limoarenosa, de color habano.
- **Qb+Qcl** Botaderos a media ladera sobre coluvión.
- **Qt** Talus. Bloques y gravas de lodolita laminada, color hanano y rojizas por meteorización, con algunos bloques de cuarzoarenita de color gris, de grano fino, con matriz limoarcillosa,.
- **Qrm** Rellenos y sobrantes de minería. Gravas, guijos y bloques de cuarzoarenita y algunos de lodolita en matriz limoarcillosa, color café.
- **Qrm+Qb** Antiguos botaderos mezclados con rellenos de minería y algo de basuras. Presenta bloques caídos de cuarzoarenita (hasta de 1 m de lado). Predomina la composición limoarcillosa en este depósito matriz soportado.
- **Qr** Rellenos para construcción de viviendas y vías. Relleno limoarenoso de color habano, con grava, bloques pequeños de cuarzoarenita, desechos de construcción y ocasionalmente basura.

Fm. GUADUAS (TKg)

- **TKgc** Formación Guáduas cubierta. Conformada porTKg3 y TKg2 principalmente, no aflora por encontrarse cubierta con malla mortero
- **TKg3** Lodolita laminada, color habano, en capas de 2 a 10 cm de espesor, presenta módulos y fractura concoidea, en ocaciones capas delgadas de cuarzoarenita, de grano fino, macizas, color café.
- **TKg2** Cuarzoarenitas de grano medio a grueso, color blanco y amarillo por meteorización, macizas, fracturadas, en capas medias a muy gruesas.
- **TKg1** Cuarzoarenitas de grano grueso, color blanco, macizas, en capas de 0.1 a 0.4 cm de espesor, separadas por lodolitas laminadas de color gris, en capas de 0.1 a 0.3 m de espesor.

0 5 10 15 20 25m
ESCALA GRAFICA

ESCALA: 1:250

Secretaria GOBIERNO

FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS DE BOGOTA. D.C.
FOPAE

FUENTE: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: TOPOGRAFO ANTONIO PICO

ELABORO: MOYA Y GARCIA LTDA. INGENIEROS CONSULTORES

INTERVENTORIA: ING. RAMIRO CASTELLANOS JIMENEZ

DISEÑO: GEOL. MAURICIO DIAZ SALINAS	DIBUJO: O.A.P.	FECHA: JULIO, 2004
REVISO: ING. JOSE VICENTE AMORTEGUI		FECHA: JULIO, 2004
APROBO:		FECHA:
Vo. Bo. INTERVENTORIA		FECHA:

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACION, PROTECCION Y CONTROL RECOMENDADAS PARA EL ESCARPE ADYACENTE AL CED PLAN CANTERAS, BARRIO JERUSALEN SECTOR PLAN CANTERAS.
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR, EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.

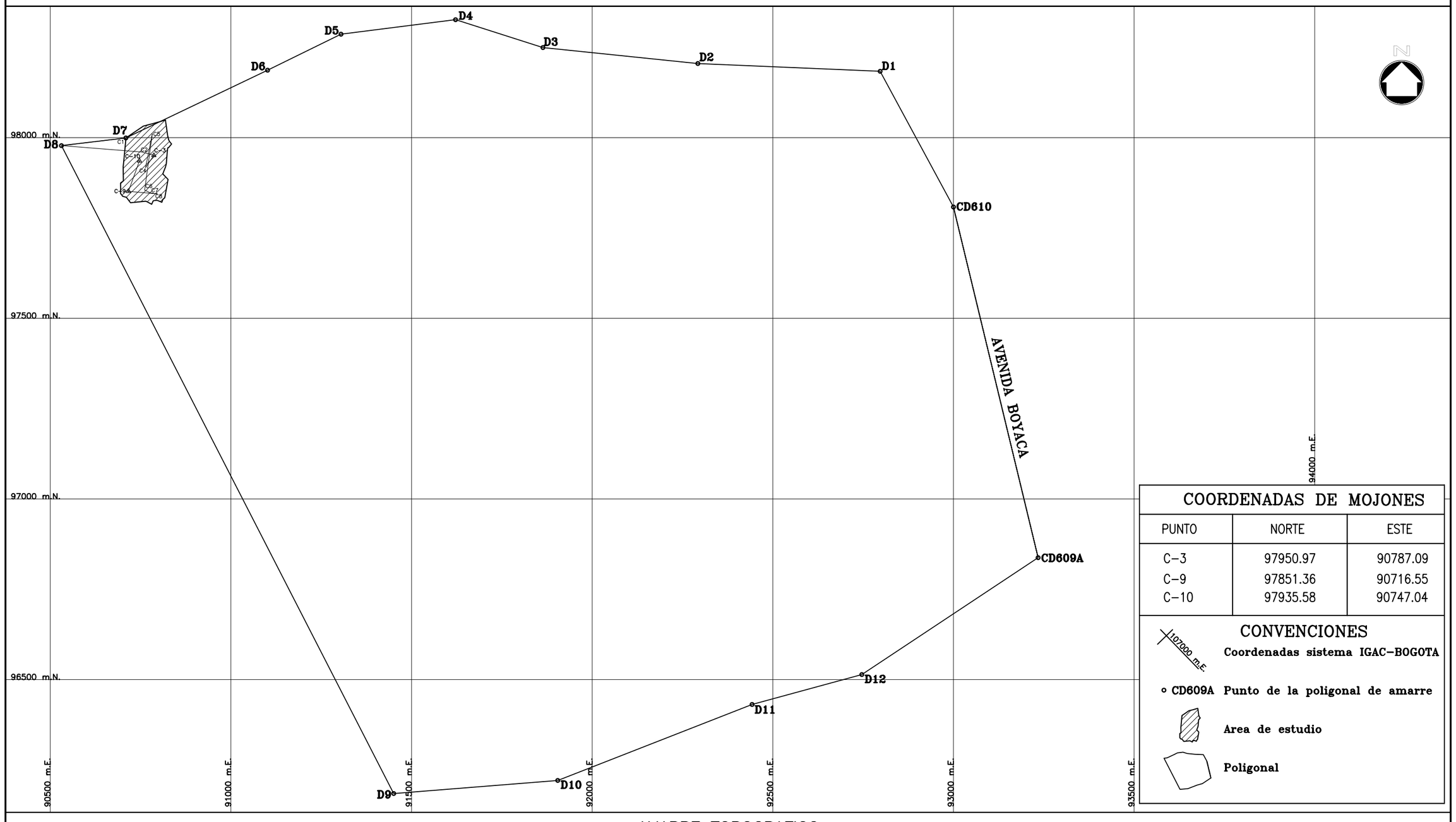
CONTRATO DE CONSULTORIA No. 183 DE 2004

CONTENIDO: **GEOLOGIA**

PLANO: **5**

NOMBRE INTERNO : OS C:\PROYECTO\MGL073\PLANOS\5GEOLOGIA.DWG

MOYA Y GARCIA LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES



COORDENADAS DE MOJONES

PUNTO	NORTE	ESTE
C-3	97950.97	90787.09
C-9	97851.36	90716.55
C-10	97935.58	90747.04

CONVENCIONES

- 107000 m.E. — Coordenadas sistema IGAC-BOGOTA
- ∘ CD609A — Punto de la poligonal de amarre
- Area de estudio
- Poligonal

AMARRE TOPOGRAFICO
BARRIO JERUSALEN – PLAN CANTERAS
ESCALA 1:10000