" ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN EN EL BARRIO DOMINGO LAIN" .

LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR,

INFORME FINAL.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En desarrollo del Contrato de Consultoria N° CCS – 314-00 de 2000 suscrito entre la Dirección de Prevención y Atención de Emergencia – DPAE y GEOURBANA LTDA, se presentan, los resultados del Estudio de Riesgo por Remoción en Masa y Diseños Detallados de las Obras de Control, Protección y Estabilización en el Barrio Domingo Laín, de la Localidad Simón Bolívar.

El Área de estudio está localizada al sur-occidente de la Ciudad de Bogotá, entre las Calles 64 y 65ª sur con Carreras 18G y 18I, con un acceso a través de la Avenida Boyacá, y la vía de ingreso al barrio Lucero Alto, la cual conduce al barrio siguiendo la calle 64. En La Figura N°1.1 se presenta la localización del área de estudio.

La zona en mención se enmarca dentro de un antiguo frente de explotación (Cantera), que se desarrolló durante las décadas de los años 1960 y 1970, alrededor de estos frentes de explotación se consolidó el desarrollo urbanístico del barrio Domingo Laín, y más recientemente hacia la parte alta de este barrio algunas construcciones del barrio El Recuerdo.

El documento se ha estructurado con base en los lineamientos presentados en los términos de referencia suministrados por la DPAE. En el Capítulo 1, se describe el alcance de la evaluación, la organización del estudio y la descripción de las actividades realizas; en el Capítulo 2, se presenta el diagnóstico conceptual con base en los resultados del estudio. Los capítulos 3, 4, 5, y 6, tienen como objeto la toma de información y procesamiento de la información. Los Capítulos 7, 8 y 9, se orienta al análisis y evaluación de los resultados obtenidos anteriormente lo cual conlleva a la elaboración de los planos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. En el Capítulo 10 a partir de los resultados de esta zonificación se formulan las medidas de control y mitigación de los niveles de riesgo, para con base en esto presentar en el Capítulo 11, el diseño de las obras seleccionadas en el ítem anterior teniendo en cuenta un análisis costo / beneficio y el calculo de la probabilidad de falla para cada uno de los escenarios propuestos.

1.2. OBJETIVOS.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

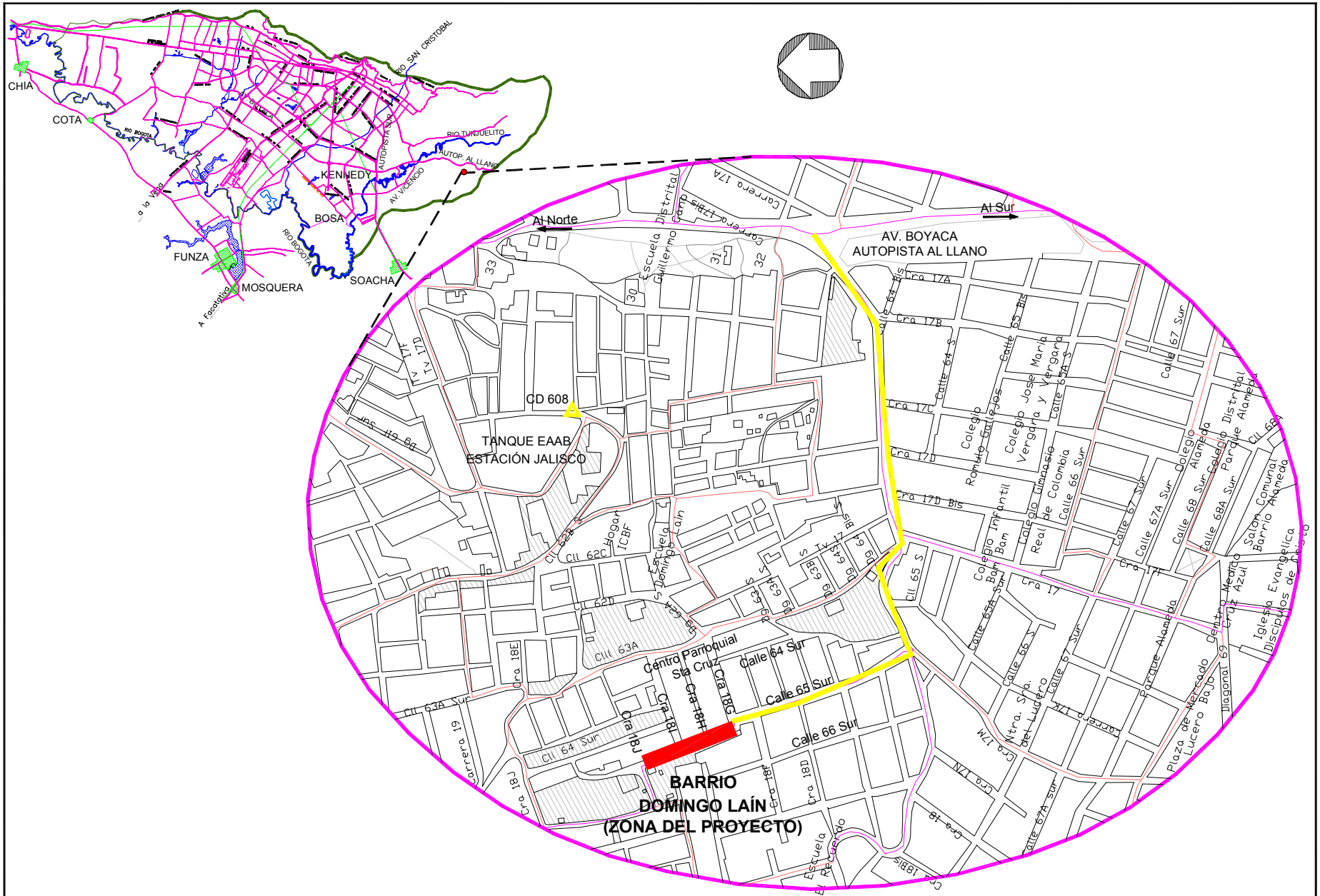
El objeto general del estudio consistió en el análisis y evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa para las viviendas localizadas en el área de influencia directa del macizo rocoso, considerando el diseño de las diferentes obras de mitigación y control.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Zonificar el talud con base a la identificación y delimitación de los diferentes procesos y mecanismos de falla, así como los mecanismos detonantes de estos factores.
- Determinar los niveles de vulnerabilidad de las construcciones ubicadas en el área de influencia directa del talud ante las solicitaciones identificadas.
- Analizar la condición de riesgo asociado a cada uno de los fenómenos de remoción en masa sobre las construcciones y población.
- Evaluar técnica y económicamente diferentes alternativas de mitigación y control orientadas a la disminución de los niveles de riesgo, con el fin de seleccionar la más optima para nivel de diseño.
- Definir e implementar un plan de recuperación paisajística.

1.3. ALCANCE DEL ESTUDIO.

El alcance del estudio comprendió la zonificación por fenómenos y remoción en masa identificados en el área de estudio y diseño de las obras de mitigación, control y prevención de estos fenómenos, incluyendo análisis costo-beneficio, de las probabilidades de falla, cantidades de obra y especificaciones técnicas para cada la alternativa seleccionada.



Secretaría GOBIERNO ALCALDIA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C. DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS	GEOURBANA LTDA	CONTRATO CCS - 314 / 00 ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN EN EL BARRIO DOMINGO LAÍN EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR DE BOGOTÁ D.C.			
		Sin Escala	FIGURA No. 2.1	Fecha: NOVIEMBRE/2000	Título: LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO / Archivo: LOCALIZ.dwg

2. DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Las construcciones del Barrio Domingo Laín, ubicadas sobre las calles 64 y 65ª sur, están delimitadas por un talud casi vertical de 90 m de longitud y 15-20 m, de altura, constituido por una espesa secuencia de areniscas masivas con intercalaciones de niveles de arcillolítas, todo el macizo rocoso está afectado por varios sistemas de discontinuidades los cuales controlan los posibles desprendimientos y caídas de bloques los cuales pueden ocasionar daños estructurales a las viviendas localizadas en la base y corona del talud.

2.2. CAUSAS Y FACTORES CONTRIBUYENTES.

Dentro de las causas y factores que han controlado la estabilidad del macizo se destacan:

2.2.1. Factores Antrópicos.

- El cambio de la condición de estabilidad natural de la ladera, por la acción antrópica ejercida sobre la cantera, que como resultado final dejó un corte casi vertical, donde se expone un macizo rocoso con alto grado de fracturamiento.
- El desarrollo urbanístico de la parte alta del talud que ha generado un incremento de las aguas de infiltración tanto lluvias como servidas.
- El Vertimiento de basuras sobre el talud que a largo plazo contribuye a los procesos de humedecimiento y saturación del mismo.

2.2.2 Condición Estructural del Macizo.

- La condición cinemática del macizo, con presencia de un sistema de discontinuidades que controlan los desprendimientos y caídas de bloques.
- El grado de fracturamiento del macizo con aumento de la permeabilidad secundaria donde las aguas de infiltración contribuyen a la generación de presiones hidrostáticas a lo largo de los planos de discontinuidades removiendo y lavando el material arcilloso – arenoso.

3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

3.1 OBJETIVOS Y ALCANCES

El levantamiento topográfico del área de estudio tuvo como objetivo la adquisición del mapa base sobre el cual se desarrollaron los diferentes mapas temáticos; la ubicación de los sondeos, apiques, secciones de análisis de evaluación de estabilidad y el diseño detallado de las obras de control, protección y estabilización.

En procura de cumplir con el objetivo de dotar de una base topográfica adecuada para el desarrollo del estudio, el levantamiento se orientó a la consecución de los siguientes objetivos específicos:

- Altimetría y Planimetría del sector a escala 1:400
- Localización de viviendas, infraestructura de servicios públicos, vías y corrientes de agua.
- Delimitación de cortes, áreas de bloques sueltos y morfología del escarpe.
- Localización de puntos para replanteo.

El levantamiento topográfico detallado cubre las viviendas que se encuentran en la parte superior del talud paralelo a la calle 64D sur hasta la calle 65a sur, entre las carreras 18I y 18F dentro del área delimitada por la DPAE para la realización del estudio. Las demás actividades topográficas por fuera de la zona de estudio se realizaron exclusivamente para georeferenciar la zona.

3.2 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Las actividades desarrolladas durante el levantamiento topográfico comprendieron:

- Localización de la zona del proyecto en el mapa digital de Bogotá del DANE y en la cartográfica del DAPD; con base en esta información se determinó los principales corredores viales de acceso y se estableció el cronograma del levantamiento topográfico.
- Georeferenciación del área de estudio a partir de dos placas de amarre.
- Levantamiento de la polígonal base, que enmarca la zona del proyecto, cuyo punto de partida es el CD 608 y un circuito cerrado de longitud 3 830.607 metros.
- Levantamiento detallado del área de estudio y definición de puntos de control topográfico.
- Digitalización de las carteras de campo y dibujo del plano topográfico detallado a escala 1:400.

3.3 GEOREFERENCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se georeferenció a través de la placa IGAC- CD-608 que se localiza en el costado sur-oriental del Tanque de la EAAB "Estación Jalisco" y la placa IGAC-CD-607-A localizada en la cima de una colina, frente a la entrada de la Central de Mezclas. En el Anexo N°1 se presenta las certificaciones del IGAC de estas placas, en el recuadro del Plano No.1. Plano Topográfico se muestra la ubicación de las placas de amarre y la información de las dos placas de amarre suministrada por el IGAC se resume en la Tabla No. 3.1.

Tabla No. 3.1: Coordenadas y Altitud de las Placas de Amarre.

PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m.s.n.m)
CD-608	95 689.519	93 056.775	2 642.350
CD-607-A	94 005.771	93 488.481	2 639.881

3.4 POLIGONAL BASE

El levantamiento topográfico se inicio con la localización de una polígonal base, que enmarca la zona del proyecto, cuyo punto de partida es el CD 608 y un circuito cerrado de longitud 3 830.607 metros, el cierre de dicha polígonal fue de 1:30 600. Las coordenadas, altitud, descripción, longitud y error de cierre se resumen en la Tabla No. 3.2 y su localización se presenta en el Plano No.1.

Tabla No. 3.2: Polígonal Base.

POLIGONAL PRINCIPAL								
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIP	DIST (m)	AZIMUT GG.MMSS	RUMBO GG.MMSS	DEFLEX GG.MMSS
2	94005.771	93488.481	2640.190	CD607-A	1738.211	345.3709	N 14.2250 W	0.0000 I
1	95689.519	93056.775	2642.350	CD608	57.653	187.2747	S 7.2747 W	158.0921 I
3	95632.355	93049.286	2637.567	DV-01	353.820	243.1814	S 63.1814 W	55.5026 D
4	95473.399	92733.183	2620.196	DV-02	25.880	186.1534	S 6.1534 W	57.0240 I
5	95447.673	92730.361	2637.792	DV-03	34.901	227.3513	S 47.3513 W	41.1939 D
6	95424.133	92704.593	2636.189	DV-04	1620.356	151.0426	S 28.5533 E	76.3047 I
7	94005.924	93488.326	2640.188	CD-607A	1737.996	345.3737	N 14.2222 W	165.2649 I
8	95689.522	93056.900	2642.385	CD-608				
				CIERRE EN	CD-607A	CD-608		
				LONGITUD TOTAL DE LA POLIGONAL	3830.821	3830.607	M	
				DIFERENCIA EN DISTANCIA	0.218	0.125	M	
				ERROR DE CIERRE	17,600	30,600		

Durante el levantamiento de la polígonal base se ubicaron deltas para enmarcar la zona del proyecto y posteriormente se utilizaron como puntos de amarre para el levantamiento detallado.

Los puntos levantados conformaron un polígono cerrado que contiene la zona del proyecto. Para las zonas, que fue necesario incorporar, y que se encontraron fuera del circuito levantado, se vincularon al sistema mediante el amarre de puntos auxiliares al polígono principal. Cada vértice de la poligonal principal se amojonó o colocó con puntilla y se identificó adecuadamente.

3.5 LEVANTAMIENTO DETALLADO

El levantamiento topográfico detallado se realizó a través de radiaciones, las cuales se amarraron a los deltas de la poligonal principal, se tomaron todos los detalles existentes tales como: parametros, calles, andenes, cercas, accidentes topográficos, servicios y demás aspectos relevantes que describen la configuración topográfica del terreno, bordes del talud y zonas con presencia de bloques sueltos.

El levantamiento en planta se realizó con estación total, por tanto el cálculo de las carteras se reduce a la transferencia de información de la estación al computador; donde se realizó la correspondiente revisión e interpretación topográfica. En el levantamiento detallado se generó la cartera de campo respectiva que se consigna en el Anexo No. 2, además se consignan los códigos de los elementos levantados en la Tabla No. A2-1 que facilitaron la interpretación topográfica en el computador y la revisión de la planimetría.

Terminada la interpretación planimétrica se realizó una visita a campo con el fin de revisar el plano y corregir errores menores de dibujo o interpretación, sobre esta información se levantó la nomenclatura y discretización de los predios ubicados en el área de influencia directa del talud.

3.6 PUNTOS REFERENCIADOS PARA DISEÑO DE OBRAS.

En el levantamiento por radiaciones se referenciaron dos puntos de la poligonal y un auxiliar de radiación, ubicándolos de tal manera que pudieran servir para el replanteo durante la ejecución de la construcción de las obras. Los puntos de las referencias se marcaron con puntilla y se identificaron con pintura. En la Tabla No. 3.3 se presentan los puntos de referencia con sus coordenadas y cotas, referenciados en el Plano No. 1.

Tabla No. 3.3: Puntos de Replanteo de Obras Civiles.

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
DV-02	95473.399	92733.183	2620.196
DV-04	95424.133	92704.593	2636.189
Aux2-1	95440.681	92755.139	2618.764

3.7. DIBUJO DE PLANOS TOPOGRÁFICOS

De acuerdo con las carteras de campo, los listados codificados y las coordenadas calculadas de los puntos detallados por radiación, se realizó la digitalización e interpretación de las carteras en Auto-Cad para la formación de la silueta y planta topográfica. En los planos de planta topográfica se localizaron todos lo detalles y elementos levantados, conformando así planos que representan claramente la situación actual del terreno en la zona del proyecto. Se resaltaron los aspectos topográficos del corte, las variaciones de pendiente y los limites de los escarpes. Plano No.1 Plano Topográfico.

3.8. EQUIPOS UTILIZADOS

Para el levantamiento topográfico y la poligonal se hizo uso de una estación NIKON Tipo DTM – 410 que incluye cartera electrónica.

4.0. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO.

4.1. OBJETIVOS Y ALCANCES

Los objetivos de este estudio se encaminan a:

- Delimitar y caracterizar litológicamente los diferentes cuerpos de roca y suelo.
- Determinar las condiciones de estructurales del macizo rocoso.
- Elaborar el modelo geológico, geomorfológico e hidrogeológico regional y local.

En cuanto al alcance de la geología regional, la información que se presenta en la Figura No.4.2 se tomó del estudio de INGEOCIM,1998 y las unidades de roca y suelo descritas regionalmente hacen parte de estudios anteriores. Anexo a esto se realizó una fotointerpretación geológica a escalas 1:6.000 y 1:20.000 para complementar la información geológica y plantear el modelo regional.

La geología local por su parte contiene el levantamiento geológico y estructural a escala 1:400, la descripción de las diferentes unidades litológicas, datos base para la definición del modelo geológico local.

4.2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Para el logro de los objetivos propuestos se llevaron a cabo las siguientes actividades:

4.2.1. Recopilación de la Información Geológica Existente.

Los estudios geológicos consultados fueron:

- Estudio Hidrogeológico del Sector del Municipio de Soacha y Ciudad Bolívar realizado por INGEOMINAS 1985.
- Plano de Zonificación Geotécnica del Distrito Especial de Bogotá, INGEOMINAS, 1988,
- Zonificación de Riesgos por Remoción en Masa de la Localidad de Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal, Santafé, Chapinero y Usaquen. INGEOCIM, 1.998.
- Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. INGEOMINAS- UPES 1997.
- Estudio de Riesgo por Remoción en Masa y Diseños Detallados de las Obras de Control, Protección y Estabilización en el Barrio Juan Pablo II, Sector La Laguna. FOPAE. La Vialidad Ltda..2000.
- Estudio y Diseños de Estabilidad de Taludes, Control de Erosión y Manejo de Aguas para la Estabilización de Diferentes Sitios en Ciudad Bolívar, Santafé de Bogotá. Barrio Jerusalén – Sector Canteras y Nueva Argentina. Ingetec S.A. 1998.

- Estudio y Diseños de Estabilidad de Taludes, Control de Erosión y Manejo de Aguas para la Estabilización de Diferentes sitios en Ciudad Bolívar, Santafé de Bogotá. Barrio Juan Pablo II sector Chaparral. Ingested S.A. 1998.

4.2.2. Fotointerpretación Geológica Regional.

Se elaboró la fotointerpretación geológica regional sobre las siguientes fotografías aéreas.

Tabla No 4.1: Referencia Fotografías Aéreas.

Vuelo.	Escala.	Número.
C-724.	1:6000.	086.
C-604.	1:20000.	018.

Para el análisis estructural regional, se realizó una fotointerpretación de imágenes de radar del sector de la Sabana.

4.2.3. Levantamiento Geológico Detallado.

Sobre la base topográfica a escala 1:400 se delimitaron en campo los diferentes cuerpos de roca y suelos superficiales, así como las características estructurales a nivel local.

4.2.4. Levantamiento Estructural del Macizo Rocoso.

Se determinó el rumbo y buzamiento de los estratos y sistemas de discontinuidades, así como el espaciamiento, continuidad y estado de las fisuras, datos base para llevar a cabo la caracterización del macizo rocoso.

4.2.5. Determinación de las Condiciones Hidrogeológicas a Nivel Local.

A partir del modelo geológico se determinó el comportamiento del agua subterránea, modelo que fue complementado mediante la ejecución de tres (3) sondeos eléctricos verticales localizados en la parte alta del corte para identificar el nivel freático, junto con ensayos de permeabilidad en el macizo.

4.3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

El área del proyecto se localiza sobre la vertiente occidental del valle del río Tunjuelo, formando parte del flanco occidental del sinclinal del mismo nombre cuyo eje cruza por la parte media del valle. En la zona de estudio se exponen las rocas sedimentarias de la formación Guaduas, caracterizadas al sur de la Sabana, por la presencia en la parte media de la columna estratigráfica de un nivel de areniscas en capas gruesas que fueron intensamente explotadas durante las décadas de 1970 y 1980. Figura N°4.1. En la Figura N°4.2 se presenta la Geología Regional y en las Figuras N°4.3 y 4.4 se presentan los resultados de la Fotointerpretación Geológica,

a continuación se describen las unidades estratigráficas identificadas a nivel regional.

4.3.1. Unidades estratigráficas .

Grupo Guadalupe (Ksg).

Esta unidad de edad Cretáceo Superior, se expone al occidente del área de estudio, formando la cuchilla el Volador, donde presenta una composición de areniscas en capas gruesas, bien cementadas, con algunos niveles de arcillolitas grises; con un rumbo NW- SE, y buzamientos de 30° hacia el oriente. En el plano de geología regional se diferencian las formaciones Arenisca Tierna y Labor, el nivel de Plaeners y la formación Arenisca Dura.

Formación Guaduas (KTg).

De acuerdo con el Estudio Hidrogeológico del sector del municipio de Soacha y Ciudad Bolívar realizado por INGEOMINAS 1985, el conjunto inferior de la Formación Guaduas que se compone de arcillolitas grises y amarillas con algunas niveles de arcillolitas carbonosas con intercalaciones de areniscas laminadas de grano fino a medio, en capas de 0.20 m, con costras de oxido de hierro.

El conjunto medio, se localiza en el flanco W del sinclinal de Usme, al oeste de la falla de Mochuelo y consta de areniscas cuarzosas de grano fino a medio y de fino a grueso, a veces conglomeráticas de color blanco, amarillo y a veces de color marrón; compactas, localmente friables, con cemento silíceo y ferruginoso. Se presentan en capas de 0.4 a 0.5 m, de espesor con laminación cruzada, intercaladas con arcillolitas grises de 0.1 a 0.3 m, de espesor, con niveles de areniscas laminadas, formando bancos hasta de 10 m, de espesor. El espesor total de la unidad se calculó en 80 m y ha sido correlacionada con la Arenisca Guía de Julivert, 1966. Este conjunto se correlaciona con las unidades de areniscas expuestas en el área de estudio.

A la Formación Guaduas se le ha asignado una edad Cretáceo Superior-Terciario Inferior. (SCHEIBE, 1934 en J. De Porta, 1974)

Formación Bogotá (Tpb)

Esta formación se expone al oriente, en la base del cerro el Jalisco, a 200 m del área de estudio, en contacto fallado con los niveles de areniscas de la Formación Regadera. Presenta una composición de arcillolitas de color rojo muy fisuradas por efectos tectónicos y en una condición de roca altamente meteorizada.

Formación Regadera (Teri).

Esta unidad se expone al oriente de la zona de estudio formando el cerro Jalisco donde se localiza la estación hidrológica más cercana del área de estudio; presenta una composición de areniscas limosas de grano medio a fino, arcillosas, con niveles

de conglomerados y arcillolitas de color rojo. La Formación Regadera se encuentra en contacto fallado con las rocas arcillosas de la formación Bogotá expuestas en el costado occidental del cerro el Jalisco.

4.3.2. Suelos y Depósitos del Cuaternario.

Dentro de esta categoría se diferencian en el contexto regional las siguientes unidades:

Suelos Residuales (Qsr)

Este tipo de suelo se expone fuera del área de estudio, y se asocia con las unidades de arcillolitas de las formaciones Guaduas y Bogotá; presentan una composición arcillosa.

Suelos Coluviales. (Qdlc)

Estos suelos se extienden principalmente por el costado occidental del área de estudio, con una composición de gravas y bloques de areniscas en una matriz arenosa, con espesores de 5 a 10 m, expuestos localmente en los cortes de las vías del barrio Lucero Bajo y sobre el talud del área de estudio. El origen de estos materiales se asocia a un proceso mixto de erosión y sedimentación local de un depósito de gravas, cantos y bloques angulares en una matriz areno limosa, formado en un ambiente climático seco, característico del sur de la sabana. En la Figura N° 4.3 se observa la distribución espacial de estos suelos.

4.4 GEOMORFOLOGIA REGIONAL.

Las unidades geomorfológicas expuestas sobre la vertiente occidental del valle del Tunjuelo corresponden a un conjunto de laderas de denudación, de origen estructural, donde los procesos morfodinámicos han sido controlados principalmente por las condiciones microclimáticas secas; desarrollándose una red de drenaje subdentrítica, con control estructural asociado a procesos muy activos de erosión, con formación de cárcavas identificadas en la Figura N°4.4. Estos procesos erosivos han sido controlados casi en su totalidad por el desarrollo urbanístico del sector.

A nivel regional se identifican las siguientes unidades geomorfológicas clasificadas a nivel de Unidades de Terreno, Figura N°4.4.

4.4.1. Unidad de Laderas Denudacionales de Origen Estructural (Le).

Se exponen entre la Cuchilla el Volador y el valle del Tunjuelo, conformando un conjunto de laderas estructurales con el desarrollo de un drenaje subdentrítico de densidad media, de primero y segundo orden, Strahler(1952); con procesos de erosión laminar y formación de cárcavas en los ejes de los diferentes drenajes.

4.4.2. Unidad de Laderas Coluviales (Lc).

Esta unidad de terreno se desarrolla principalmente en la parte baja de esta vertiente, en los límites con la planicie del valle del Tunjuelo; presenta una composición de gravas y bloques angulares en matriz arenosa y limo arenosa color café, con un alto grado de consolidación y presencia local de grandes bloques. Presenta un régimen principal de infiltración con una baja densidad de drenaje y con procesos activos de erosión asociados a los drenajes principales.

4.4.3 Planicie del Valle del Tunjuelo (Pa).

Esta unidad se expone al oriente del área de estudio, se ha desarrollado sobre los sedimentos aluviales del valle del río Tunjuelo donde la dinámica original del río ha sido modificada profundamente por las actividades antrópicas de las explotaciones de gravas aluviales.

4.5 TECTÓNICA.

Estructuralmente, el área de estudio forma parte del flanco oriental de una estructura anticlinal , con orientación N-S, cuyo eje se localiza al occidente del área de estudio, y es desplazado hacia el noroeste por el alineamiento tectónico del sistemas de Fallas La Físcala – Mochuelo, localizado al oriente del área de estudio bajo los sedimentos aluviales del valle del Tunjuelo. Figura N°4.2.

De acuerdo con el Plano de Zonificación Geotécnica del Distrito Especial de Bogotá, Ingeominas 1988, el área de estudio se localiza dentro de un bloque tectónico delimitado al oriente por la falla inversa del Mochuelo, que controla el frente montañoso del costado occidental del Valle del Tunjuelo. Esta falla se ha interpretado en el presente estudio como un alineamiento tectónico de extensión regional, que cruza el valle del río Tunjuelo con orientación N 30 W alineándose con la falla de La Físcala. Este alineamiento tectónico se correlaciona con los sistemas de fallas de orientación N30W a N50W, que cruzan la Sabana de Bogotá y con evidencias de actividad en el cuaternario inferior, afectando los sedimentos de la formación Marichuela. Estos sistemas han sido clasificados como de baja actividad durante el Cuaternario Reciente.

En la Figura N°4.3, se muestran las condiciones tectónicas que afectan el área de estudio, donde se identifica por el costado oriental y occidental un sistema de fallas con orientación N30W, que se interceptan en un ángulo de 30° a 40° con el lineamiento tectónico de La Fiscala – Mochuelo -Figuras N°4.2 y 4.3-. La falla del costado oriental pone en contacto las areniscas de la formación Regadera, expuestas en el cerro Jalisco, con un nivel de arcillolitas de color rojo que se reportan en la cartografía regional de INGEOCIM,1998 como pertenecientes a la formación Bogotá.

Por el costado sur del área de estudio, de acuerdo con las Figuras N°4.3 y 4.4, se identifica un sistema de fallas secundarias con orientación E-W que definen un alto grado de fracturamiento del macizo a nivel local.

Regionalmente, las unidades estratigráficas presentan una orientación N20°E a N30°E con buzamientos de 30° a 35° hacia el oriente.

4.6 GEOLOGÍA LOCAL

El barrio Domingo Laín se consolidó sobre el patio de una antigua cantera de recebo y piedra de construcción, que dejó un talud final de 100 m de longitud y de 10 a 18 m de altura sobre los niveles de areniscas del Conjunto Medio de la formación Guaduas.

Sobre el talud de estudio, se exponen los siguientes cuerpos de roca y suelo, presentados en el Plano No. 2 Geología Detallada.

4.6.1. Unidades de roca.

Nivel de Areniscas Fracturadas (KTgm-Af).

Este nivel conforma la parte central del corte, delimitada en ambos extremos por una zona de intenso fracturamiento por fallamiento. La parte inferior de este nivel estratigráfico, está compuesta por 5.0 m de areniscas en capas delgadas de 0.3 a 0.5 m, de espesor con finos niveles de arcillolitas y con una disposición estructural horizontal.

La parte superior de este nivel estratigráfico está representado por areniscas en capas gruesas de 1.0-3.0 m, intercaladas con capas de 0.4-0.6m. En general estos niveles de areniscas presentan un alto grado de fracturamiento y se ubican sobre los niveles de areniscas masivas del costado norte del talud.

Nivel de Areniscas Masivas (KTgm-Am).

Este nivel configura el sector norte del talud y delimita las construcciones localizadas entre las carreras 18G y 18H. Está constituida por bancos gruesos de areniscas de 1 a 3 m, de espesor, de grano fino, bien cementadas, con costras de óxidos de hierro en los planos de estratificación, lateralmente este nivel, en la parte media del talud, se presenta en contacto fallado con un nivel de arenisca muy fracturada, y por el costado norte se presenta en contacto normal con areniscas intercaladas con niveles de arcillolitas. Se estimó un espesor total de 20 m para la secuencia expuesta sobre el corte.

Nivel de Arcillolitas y Areniscas (KTgm-Ara).

Este nivel se expone en la base del corte, en el extremo norte, sobre la Calle 64 D sur. Está constituida por una secuencia de arcillolitas grises en capas delgadas de 0.1 a 0.3 m intercaladas con niveles gruesos de areniscas de 0.5 a1.0 m, en una disposición estratigráfica inferior al nivel de areniscas que forman la parte superior del corte. Se estimó un espesor de 5.0m. para este nivel.

4.6.2. Suelos y depósitos del cuaternario.

Suelos Coluviales (Qc)

Esta unidad se expone en el costado Sur del talud y representa un depósito coluvial que cubre las unidades del subsuelo. Presenta una composición de cantos y bloques angulares de diferentes tamaños embebidos en una matriz arenosa (se estimó un porcentaje de fragmentos de 40% y matriz 60%). Sobre el talud presenta espesores que oscilan entre los 2 y 7 m.

Rellenos (Qre)

Estos materiales se exponen en la base del corte y han sido acumulados como producto de los procesos de erosión y desprendimientos del talud y de materiales arrojados por los habitantes de las viviendas que delimitan el corte. Se diferenciaron 2 tipos de rellenos: un relleno de composición arcillosa (Re1), con fragmentos de gravas y bloques de areniscas, que cubren las unidades de areniscas y arcillolitas de la parte inferior del corte y su origen se asocia a los desprendimientos del talud y desechos mineros dejados durante el desarrollo de la cantera, presentan espesores que varían entre 0.5 a 1 m.

El segundo tipo de relleno corresponde a desechos inorgánicos (Re2), basuras, arrojados por las comunidades aledañas al talud. Presentan espesores que oscilan entre 0.10 a 0.30 m.

La cartografía referencia los diferentes rellenos como una sola unidad por su espesor escaso.

4.7. HIDROGEOLOGÍA.

En el área de estudio, los flujos de agua subterránea están controlados fundamentalmente por la composición litológica de las unidades superficiales y la condición estructural de las unidades del subsuelo. En el contexto regional se presentan las siguientes características hidrogeológicas:

- Los estratos de areniscas de la formación Guaduas, de grano medio a fino, se clasifican como cuerpos de alta porosidad primaria, con una de carácter secundario controlada por el alto grado de fracturamiento del macizo. La exposición superficial de esta unidad, cubierta localmente por suelos coluviales, determinan una zona de recarga de los acuíferos del valle del Tunjuelo. Este cuerpo se clasifica como un acuífero libre, con una permeabilidad superior a los 10m/dia (conductividad hidráulica superior a los 0.003cm./seg).

- El conjunto inferior de la formación Guaduas, que se expone fuera del área de estudio, por su composición arcillosa se clasifica como un acuicludo y sirve de estrato confinante de la base del conjunto arenoso.

- De acuerdo con el modelo geológico regional, el nivel freático se localiza en la base del cuerpo de areniscas del conjunto medio; en la zona de contacto con las unidades de arcillolitas del conjunto inferior que se exponen al norte y occidente del área de estudio.

- La investigación local mediante sondeos eléctricos permitió comprobar el modelo hidrogeológico, donde se identificó una condición seca de los niveles de areniscas; con un nivel freático superior a los 25 m de profundidad investigada, que asegura la no influencia de las aguas subterráneas sobre el talud en estudio.

- En el contexto local, las aguas de infiltración que se puedan observar sobre el talud, obedecen a la presencia de finos niveles de arcillolitas en la base del corte, que no obstante su alto grado de fracturamiento, ejercen un control en los flujos de exfiltración en la base del macizo.

4.8. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las condiciones estructurales del escarpe, corresponden a un macizo fracturado afectado en su parte media por el cruce de una falla de orientación N35°E con inclinación de 65°NE, que divide el macizo en un sector norte donde se exponen las unidades de areniscas masivas y un sector sur de areniscas en capas delgadas, en una condición de roca fracturada. Para cada sector el levantamiento estructural consistió en la toma de información de discontinuidades, donde se identificó para cada familia la orientación, separación, tipo de relleno y persistencia.

Planos de Estratificación.

Para el sector norte del corte, los planos de estratificación presentan una orientación N60°E y buzamientos de 20-25°SE manteniendo una alta uniformidad. Estas superficies presentan un espaciamiento de 1m, determinado por la estratificación gruesa de las areniscas y corresponden a superficies muy rugosas y con buzamientos favorables a la estabilidad del corte.

En el sector sur del talud, el rumbo de la estratificación varía de N60°E a N80°E con buzamientos entre 10-35°SE. Estas superficies presentan un espaciamiento de 0.2-0.4 m, en la parte inferior del corte donde se exponen y en niveles de areniscas en capas delgadas y de 0.6-0.8 m, en la parte media y alta del talud donde se intercalan con areniscas gruesas.

Discontinuidades Asociadas a Superficies de Movimiento.

Se determinó la presencia de una falla con orientación N35°E a N40°E con una inclinación de 60-75°NW que intercepta el corte en la parte media y pone en contacto por el costado norte el nivel de areniscas masivas y por el costado sur el nivel de areniscas fracturadas. Esta superficie demarca una zona de fracturamiento de 70 cm de roca muy fracturada (brecha) con estrías de movimiento que indican un desplazamiento vertical entre ambos bloques. Asociado a esta falla se identifica un sistema de discontinuidades muy persistente a lo largo del macizo tanto para el sector norte como para el sector sur, con una orientación que varía de N30°E a N40°E y inclinaciones de 60-70°NW, correspondientes a superficies planas con rellenos arcillosos y óxidos de hierro, espaciamientos de 0.7-1.2 m.

Planos de Diaclasamiento.

Para la zona norte del talud, sobre los afloramientos de areniscas masivas se identifican dos familias de diaclasas, D1 y D2, cuyas orientaciones e inclinaciones varían dentro de los siguientes intervalos:

D1: N30 E/60°NW a N40E/*75NW
D2: N60E/60NW a N80E/70NW

Para la zona sur del talud se identificaron tres familias principales de discontinuidades cuyas características serán descritas en el capitulo de zonificación del macizo, y donde su orientación e inclinación presentan las siguientes variaciones:

D1: N40E/30W a N70E/40NW
D2: NS/45W a N20E/40NW
D3: EW/40N a N75W/40NE

Para el limite sur del talud la orientación de los sistemas de discontinuidades se mantienen dentro de los intervalos anteriores. Sin embargo, la inclinación de los diferentes planos de discontinuidades presenta variaciones entre los 65° y 80°.

4.9. ZONIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL TALUD

El estudio geomorfológico local se orientó a la determinación de los segmentos de ladera que configuran los perfiles geomorfológicos tipo, junto con la identificación de los diferentes procesos morfodinámicos asociados (Plano No. 5). En el Plano No.3. Geomorfología Local se presentan los diferentes perfiles geomorfológicos con sus respectivos segmentos de ladera.

4.9.1. Perfiles Geomorfológicos

A lo largo del talud se diferenciaron tres (3) perfiles característicos, los cuales fueron subdivididos en varios segmentos de acuerdo con la pendiente, el tipo de material y los procesos dinámicos. La unidad inferior denominada patio de excavación es una unidad común a todos los perfiles y por esta razón fue considerada como una unidad independiente.

A nivel local, los segmentos de ladera han sido el producto de la modificación antrópica de las laderas denudacionales de origen estructural desarrolladas sobre los niveles de areniscas de la formación Guaduas y sobre las laderas de agradación representadas en las laderas coluviales.

Perfil geomorfológico – Costado Norte (PG-I)

En las secciones transversales No. 6 y 7 (Plano No. 6), se observan los perfiles geomorfológicos del costado norte.

Segmento Superior (I-S_0).
Se localiza en la parte alta del talud entre las carreras 18 G y 18 H sobre suelos coluviales de escaso espesor de 0.2-0.5 m, que cubren los niveles de areniscas masivas, presenta una pendiente menor de 10° y conforma el área aferente al talud.

Representa un área potencial de infiltración de las aguas lluvias y servidas, por el carácter permeable de los suelos arenosos y de los niveles de areniscas del subsuelo.

Talud de Corte en Areniscas (I-S_1).
Este segmento de ladera se desarrolló sobre el nivel de areniscas masivas configurando un corte casi vertical de 70 a 90°, con altura entre los 5.0 a 7.0 metros.

Presenta un régimen principal de infiltración controlado por el fracturamiento del macizo y la permeabilidad primaria. En general los sistemas de discontinuidades se orientan normales al talud, no obstante se observan caídas de fragmentos menores de roca que han sido depositados en la base del mismo.

Talud de Corte en Areniscas y Arcillolitas (I-S_2).
Este segmento se ubica en la parte media y baja del perfil sobre le nivel de areniscas y arcillolitas, cubiertas localmente por basuras y rellenos arcillosos de escaso espesor, con una pendiente promedia de 30° a 40°.

Se presenta afectado por el régimen de infiltración y escorrentía de los segmentos superiores produciendo una condición de inestabilidad potencial de los suelos y rellenos superficiales. Como procesos morfodinámicos se identifica erosión laminar y diferencial en los taludes donde se exponen los niveles de arcillolitas con desprendimientos de bloques de tamaños menores a 0.2 metros.

Perfil Geomorfológico – Costado medio (PG-II).

El perfil geomorfológico del costado medio esta representado en las secciones transversales 3, 4 y 5. (Plano No. 6)

Segmento Superior (II-S_0).
Se localiza en la parte alta del talud en los patios de las viviendas 18 F-64, 18 F-48 y 18 F-40 de la calle 65 Sur. Se desarrolla sobre suelos coluviales que cubre la unidad de areniscas fracturadas y presenta una pendiente menor de 15°.

Constituye una zona de infiltración de las aguas lluvias y servidas de influencia directa en el talud inferior.

Talud de Corte en Areniscas Fracturadas (II-S_1).
Este segmento configura un talud escarpado de 70° de inclinación, desarrollado sobre un nivel de areniscas muy fracturadas con una variación de altura de 12 a 15 m.

El alto grado de fracturamiento del macizo, controla el régimen de infiltración de las aguas lluvias, con procesos de erosión, desprendimientos y caída de bloques.

Talud de Corte en Areniscas y Arcillolitas (II-S_2).
Este segmento de ladera se localiza en la parte inferior del talud, con una pendiente promedia de 40°, delimitado en su parte superior por el corte escarpado que forman los niveles de areniscas. Los materiales del subsuelo están constituidos por el nivel de areniscas y arcillolitas con estratificación delgada cubiertos por rellenos y basuras de escaso espesor y materiales producto de la degradación de la parte superior del macizo.

Actualmente, se puede clasificar como una ladera mixta con procesos de agradación por los materiales aportados de la parte superior del talud como por los rellenos y basuras presentes y con procesos puntuales de erosión por acción de las aguas lluvias que generan una condición de inestabilidad potencial en los suelos y rellenos.

Perfil Geomorfológico – Costado sur (PG-III).

Las secciones transversales No. 1 y 2, Plano No. 6, representan el perfil geomorfológico del extremo sur.

Segmento Superior (III-S_0).
Este segmento de ladera corresponde a la superficie original del terreno donde se localizan los patios de las viviendas 18 F-24, 18 F-32 y 18 F-40 de la Calle 65 A sur, desarrollada sobre depósitos coluviales con espesores superiores a los 3 metros.

Igualmente como los segmentos superiores se presenta un régimen de infiltración de las aguas lluvias y servidas por la composición granular de los materiales.

Talud Escarpado (III-S1).
Este segmento de ladera se localiza sobre la unidad de depósitos coluviales con presencia de bloques de diámetro promedio a 1 m, o mayor, afectado por procesos de erosión de la matriz que han causado desprendimientos de bloques. Presenta una altura de 3 a 7 metros con una inclinación de 70° a 80°.

Ladera de Acumulación Reciente (III-S2).
Este segmento se desarrolla en la base del talud se encuentra conformado por materiales producto de la erosión de la parte superior del corte, con pendientes que varían entre de 15 y 35° y con presencia de procesos de erosión laminar y de acumulaciones recientes.

Patio de Excavación (PE-S3)

Este segmento de ladera forma la parte baja de la zona de estudio, sobre la Calle 64 B sur y las viviendas del limite oriental del área donde se ha consolidado el barrio Domingo Laín. Se desarrolla sobre el nivel de areniscas, arcillolitas y depósitos coluviales, los procesos de erosión se restringen a las vías sin pavimentar donde se observa erosión laminar y erosión en surcos.

4.9.2. Procesos Morfodinámicos.

En el Plano N°5, se señalan las áreas con procesos de erosión y caídas de bloques. Los procesos identificados están controlados por:

- El alto grado de fracturamiento del macizo, donde se observan varios sistemas de discontinuidades asociados a los esfuerzos producidos por movimientos tectónicos.
- La acción de las aguas lluvias sobre el talud de corte produciendo el lavado de los suelos arenosos y el relleno arcilloso presente en los planos de discontinuidades.
- La acción de las descargas de aguas en los patios de los lotes ubicados en la parte superior del corte.

Sobre el talud se diferencian los siguientes procesos:

Caídas de Bloques.
Este fenómeno de remoción en masa esta controlado por el alto grado de fracturamiento del macizo y por la presencia de discontinuidades desfavorables

cuyo mecanismo será estudiado posteriormente. Este proceso se relaciona con la erosión de material muy fracturado que conlleva a una pérdida de soporte de los bloques mayores.

La unidad de Areniscas fracturadas que conforman el talud del perfil geomorfológico PG-II-$S_{2,}$ presenta bloques desprendidos con volúmenes que varía de 0.16-0.77 m^3; en general son bloques angulares que tienen una relación entre el lado menor y el lado mayor de 1:3. En este sector los desprendimientos de bloques están delimitados por un sistema de discontinuidades subverticales, abiertas y en gran parte de ellas se evidencia el lavado de materiales de relleno. Los bloques de mayor tamaño se localizan en la parte media y alta del talud con volúmenes hasta de 1.25m^3, soportados parcialmente por material de mayor fracturamiento muy susceptibles a la erosión.

Erosión y Desprendimientos de Bloques en Suelos Coluviales.

Este proceso se presenta en el extremo sur del talud (PG-III-S_1), donde se expone él deposito coluvial, los desprendimientos se dan por la acción de ablandamiento y perdida de la matriz del deposito, ocasionada por las aguas de infiltración, vertidas en la parte superior del corte.

Procesos de Erosión Diferencial.

Este proceso se identifica en la parte baja de los perfiles geomorfológicos del sector norte y medio del talud (PG-I y PG-II), donde se exponen arcillolitas muy fisuradas y susceptibles a la erosión.