TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1 _____ 1
INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES _____ 1
1. GENERALIDADES _____ 1
1.1. ALCANCE DEL ESTUDIO _____ 1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS _____ 2
1.2.1. Recopilación y análisis de la información secundaria. _____ 3
1.2.2. Elaboración de la cartografía base e investigación del subsuelo _____ 3
1.2.3. Elaboración de la Cartografía Temática e Implementación del Sistema de Información. _____ 4
1.2.4. Evaluación de la estabilidad y amenaza _____ 6
1.2.5. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo _____ 6
1.2.6. Planteamiento de alternativas de mitigación y prevención _____ 6
1.2.7. Diseño de obras de mitigación _____ 7
1.2.8. Elaboración de cantidades de obra presupuesto y especificaciones _____ 7
1.2.9. Elaboración y documentación de informes técnicos _____ 7
1.3. ORGANIZACIÓN DEL INFORME _____ 7

CAPITULO 1
INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

1. GENERALIDADES

El sector de Carrizal, Barrio San Joaquín, objeto del presente estudio se encuentra localizado al sur oriente de la Ciudad de Santafé de Bogotá, localidad de Ciudad Bolívar, y hace parte de desarrollos urbanísticos no planificados levantados en las áreas periféricas de los cerros de la ciudad en las últimas tres décadas, debido a la presión sobre el uso del suelo que se ha ejercido y a la falta de un ordenamiento de la ciudad. El sector se urbanizó sobre un antiguo frente de explotación de materiales para construcción en forma sistemática al cambio paulatino del uso del suelo que sufrió la zona (de uso minero a uso urbano) y en la actualidad cuenta con una cobertura de servicios públicos deficiente, especialmente en los sistemas de acueducto y alcantarillado y pavimentos locales.

El avance anti-técnico de los frentes de explotación sin ningún tipo de reconformación sumado al proceso de urbanización antes descrito han configurado una problemática de riesgo por fenómenos de remoción en masa que ha venido afectando la comunidad en forma periódica y que se agudiza en épocas invernales. Problemática que debe ser tratada tanto como mediada de mitigación como mediada preventiva ante la progresión geométrica de la misma.

La DPAE y FOPAE conscientes de la problemática de riesgos por fenómenos de remoción en masa que sufre la comunidad del sector El Carrizal del Barrio San Joaquín, ha encomendado a IGL Investigaciones Geotécnicas Ltda, para prestar los servicios de consultoría en la ejecución del ***"ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN EN EL SECTOR CARRIZAL DEL BARRIO SAN JOAQUIN, LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR, DE LA CIUDAD DE BOGOTA D.C."*** mediante el Contrato de Consultoría, entre el FOPAE e IGL INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS LTDA. No. CCS 270/99.

Los estudios contemplan desde la Evaluación de estabilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en el Sector objeto de estudio, hasta el planteamiento y diseño de medidas y/o de las obras de control, protección y estabilización necesarias, anexando: planos de construcción, cantidades de obra, presupuestos y especificaciones técnicas.

1.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

La problemática anteriormente mencionada fue la base para establecer el objetivo de este estudio. Con base en los estudios básicos de análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa del sector, se plantean las acciones o medidas de mitigación necesarias para prevenir y/o mitigar los niveles de riesgo a que está expuesta la comunidad.

De acuerdo con lo anterior, se establecieron como objetivos específicos del estudio los siguientes:

1. Desarrollar una caracterización geotécnica de la zona, e identificación de los diferentes procesos y mecanismos de falla que se presentan en ella, así como sus agentes detonantes.

2. Establecer una Zonificación de Amenazas del sector por fenómenos de remoción en masa y evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura y de la población de la zona, frente a cada fenómeno amenazante.

3. Analizar la condición de Riesgo por fenómenos de remoción en masa de la infraestructura y de la población del sector.

4. Determinar y evaluar diferentes alternativas de mitigación, entre ellas, la reubicación de familias, desarrollo de obras de protección y/o control y aprovechamiento del espacio para crear zonas verdes y de recreación.

5. Diseñar y establecer las cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas de la alternativa de mitigación más favorable para el sector, desde el punto de vista técnico, económico, urbanístico y social.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Los pasos seguidos para adelantar el estudio y alcanzar los objetivos propuestos se enuncian a continuación:

1. Recopilación y análisis de la información secundaria.
2. Elaboración de la cartografía base e investigación del subsuelo.
3. Elaboración de la cartografía temática.
4. Evaluación de la estabilidad y amenaza.
5. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo.
6. Planteamiento de alternativas de mitigación y prevención.
7. Diseño de obras de mitigación.
8. Elaboración de cantidades de obra presupuesto y especificaciones.
9. Elaboración y documentación de informes técnicos.

1.2.1. Recopilación y análisis de la información secundaria.

Recopilación de Información. Comprende la obtención de la cartografía básica y fotografías aéreas, así como la recopilación, análisis y evaluación de toda la información temática disponible, general y específica, especialmente los estudios de características similares que ha adelantado la DPAE en la zona donde se enmarca el área estudiada y que se encuentran en instituciones como DPAE, INGEOMINAS, IGAC, DAMA, EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTA, PLANEACIÓN DISTRITAL, INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA., etc. Dicha información incluyó, entre otros, temas tales como: geología, suelos, geomorfología, hidrología, hidráulica, clima, vegetación, geotecnia, actividad sísmica y registro histórico de la ocurrencia de eventos de inestabilidad.

Con relación a las características geológicas y geotécnicas de la zona estudiada, se recopilaron todos los estudios posibles de características similares que se han realizado en el sector, los cuales permitieron complementar el conocimiento geotécnico de los materiales que conforman los taludes a estudiar. Por ejemplo: Villas del Recuerdo, Los Libertadores y el capitulo 4 del estudio Adecuación de la Quebrada Morales de la EAAB, entre otros.

Reconocimiento del área de estudio. Con base en la actividad anterior, se desarrolló un reconocimiento del área por parte de todos los profesionales involucrados con el propósito de realizar el diagnóstico conceptual ajustado de la problemática del área y definir en forma concreta las tareas de campo planteadas.

1.2.2. Elaboración de la cartografía base e investigación del subsuelo

Se realizó el levantamiento topográfico de la zona, destacando los aspectos del relieve local que involucran las franjas críticas de estabilidad, lo que facilitó la definición del modelo estratigráfico y el análisis de estabilidad.

Es importante destacar el análisis multitemporal hecho a partir de dos modelos digitales del terreno: uno con la topografía actual y otro con la cartografía existente de diferentes años (como la de catastro Distrital y el IGAC sobre planchas 1:2000).

Como parte inicial y base de la exploración del subsuelo, se desarrolló la interpretación de fotografías aéreas y el trabajo de campo para reconocimiento de la geología local, haciendo énfasis en geología para ingeniería; para ello, se caracterizaron en cada uno de los sitios de estudio: las unidades de roca, suelo y depósitos antrópicos que afloran, así como el grado de fracturamiento, espesores de estratificación y bancos de afloramiento.

Teniendo en cuenta las características geológicas del sector estudiado, se consideró adecuado que el programa de exploración contempló el levantamiento cuidadoso de los escarpes, identificando su tipo, espesores y condición local de la roca y de los suelos; Las anteriores labores se apoyaron con un programa de exploración con base en trincheras y apiques y la

obtención de muestras representativas de los materiales encontrados, sobre las cuales se adelantaron pruebas de clasificación y de resistencia al corte.

Igualmente, en la zona de los deslizamientos y a lo largo del eje de la quebrada se adelantaron perforaciones tipo barreno manual de avance continuo. Se complementaron con ensayos *In situ* de Penetración Estándar y Resistencia al corte con veleta.

El conocimiento del contexto estructural junto con la inspección geológica y los resultados de la exploración del subsuelo, permitieron definir el modelo estratigráfico y geotécnico y la realización de una adecuada clasificación de los diferentes taludes.

1.2.3. Elaboración de la Cartografía Temática e Implementación del Sistema de Información.

• **Fotointerpretación.** La interpretación y el análisis temporal de fotografías aéreas permitió obtener la información básica de las condiciones geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y uso del área estudiada. Se utilizaron fotografías aéreas existentes a una escala mayor a 1:20.000 de dos épocas diferentes, con un lapso de 20 años de diferencia entre cada una. Con base en la fotointerpretación realizada, se elaboraron los mapas temáticos y se planeó el desarrollo del trabajo de campo.

✔ ***Geología.*** La Fotointerpretación preliminar y el reconocimiento de campo estuvieron orientados a cartografiar detalladamente todos los componentes morfológicos del escarpe, especialmente los cambios litológicos. De igual manera, se desarrolló una interpretación geológica general, especialmente de la tectónica del área. Estos mapas fueron validados con el trabajo de campo.

Durante el reconocimiento de campo se llevó a cabo una comprobación de la cartografía geológica y de las unidades geomorfológicas, realizando levantamientos estratigráficos de las diferentes litologías aflorantes en el área y tomando datos de rumbo y buzamiento de los planos de discontinuidad representados en planos de estratificación y en planos de fracturas. Este levantamiento geológico y geomorfológico se desarrolló a escala 1:250.

También se estudiaron los factores tectónicos más sobresalientes a nivel regional y local, como fallas, lineamientos y pliegues, y se consideró su influencia en la estabilidad, al igual que la influencia de los planos de debilidad en la estabilidad de los diferentes taludes.

✔ ***Geomorfología y Geotecnia.*** Se identificaron los fenómenos de inestabilidad, con base en un levantamiento detallado de los procesos de remoción en masa. También fueron identificadas y cartografiadas las unidades de roca y demás procesos exógenos activos. Se efectuó la zonificación geomorfológica y geotécnica del área de estudio, considerando la interrelación de las diferentes litologías, relieves, características geomecánicas del material y tipo de proceso. Como complemento a lo anterior, se

desarrolló un análisis multitemporal cuyo resultado permitió evaluar la dinámica de los procesos de remoción en masa y la evolución morfométrica de las laderas por la acción del hombre.

• **Factores Hidrográficos:** Se establecieron las características morfométricas de la Cuenca de la Quebrada Morales desde su nacimiento hasta el sitio de estudio. De igual forma, se evaluó el Caudal de Escorrentía para los diferentes períodos de retorno.

• **Factores meteorológicos e hidrológicos**. Se logró establecer que el agua participa como un agente detonante y contribuyente a corto y largo plazo. Con base en el estudio de la relación ***lluvia acumulada / deslizamiento,*** INGEOCIM-FOPAE, 1998, y con análisis retrospectivos se estableció la influencia del agua sobre la estabilidad de la ladera.

• **Sismología.** Con base en el Estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá efectuado por INGEOMINAS-UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, se realizó un análisis de la sismicidad como factor detonante de fenómenos de remoción en masa dentro del área de estudio.

• **Aspectos socioeconómicos (inventario de viviendas) y urbanísticos**. Se realizó un análisis cualitativo que involucró la calidad de vida, ilustrada como la satisfacción de necesidades básicas. Se consideraron entre otros aspectos, tipo y área de vivienda, salud, educación, cobertura de servicios públicos, manejo de residuos, condiciones de saneamiento e ingresos de los pobladores. Para llevar acabo lo anterior se diseño un formato que se denomino *Inventario de Viviendas,* el cual es producto del trabajo sistemático que viene desarrollando tanto la DPAE como IGL INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA.

• **Implementación sistema de información**. Para el análisis e integración de los aspectos que intervienen en la estabilidad de laderas y en la zonificación de riesgo (etapas anteriores), se implementó un Sistema de Información Geográfica, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

1) ***Análisis y Diseño de la Base de Datos.*** Este primer paso consiste en determinar el contenido de la base de datos, teniendo en cuenta el análisis a realizarse y los productos a obtener.

2) ***Entrada de los datos espaciales.*** Comprende la automatización de la información generada en etapas anteriores, la cual va a alimentar el Sistema de Información Geográfica. Esta etapa incluye la edición de capas, corrección de errores y construcción de topología, trabajando con todos los mapas temáticos para generar las coberturas correspondientes. De acuerdo con el alcance del estudio, los mapas a utilizar no tendrán una escala menor a 1:500.

3) ***Entrada de atributos para la base de datos.*** Durante esta etapa, el sistema será alimentado con los datos obtenidos para cada mapa temático. Por ejemplo: el tipo de fenómeno, la actividad, el tamaño, el espesor, los materiales, las características geomecánicas, etc.

4) ***Manejo y manipulación de datos.*** Esta etapa comprende la optimización de los datos para darle entrada al sistema a la información referente a los mapas digitalizados y datos provenientes de otras fuentes.

5) ***Análisis y Modelamiento.*** En esta etapa, se identificaron asociaciones entre las coberturas de entrada para llegar a establecer con certeza el diagnóstico del área de estudio.

1.2.4. Evaluación de la estabilidad y amenaza

Como base de la evaluación de la amenaza, se analizó la cartografía geomorfológica que permitió establecer zonas de comportamientos similares, determinando junto con los resultados de laboratorio, una zonificación geotécnica a escala 1:500, para lo cual se empleó la metodología desarrollada por IGL, la cual será explicada en el Capítulo 5. Para la elaboración de este ejercicio se emplearon los perfiles topográficos levantados.

1.2.5. Evaluación de vulnerabilidad y riesgo

La evaluación de la vulnerabilidad y riesgo se realizó por tipo de movimiento y solicitación que éste somete al elemento expuesto, (p.e. empujes laterales, impactos o desplazamientos verticales) de acuerdo con el trabajo presentado por **LEONE, 1996** "**CONCEPTE DE VULNERABILITE APPLIQUE A L'EVALUATION DES RISQUES GENERES POUR LES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN**", en su tesis doctoral.

1.2.6. Planteamiento de alternativas de mitigación y prevención

Con base en los análisis de estabilidad y la condición de amenaza establecida, así como en el estudio de vulnerabilidad de las unidades de vivienda, se plantearon acciones y medidas de mitigación que fueron seleccionadas según un análisis básico de ***beneficio-costo*** mediante árboles de decisión.

De igual forma, se establecieron niveles de intervención de los diferentes actores de riesgo para las diferentes alternativas de solución, de tal forma que permita o facilite a la Dirección la toma de decisiones.

Desde el punto de vista de las medidas y obras de control de los procesos identificados y analizados en el área, se hacen las recomendaciones y se plantean una serie de construcciones y medidas de mitigación y prevención que buscan mejorar la condición ambiental de los sitos de estudio. De igual manera, se plantearon medidas y obras de tipo general y local, con el fin de

cambiar y mejorar la actitud de los habitantes frente a su entorno físico, al igual que la ejecución de obras de ingeniería tendientes a mejorar las condiciones de estabilidad de las laderas.

1.2.7. Diseño de obras de mitigación

Una vez definidas las medidas de mitigación, se procedió al diseño de las obras de ingeniería y de mejoramiento del medio físico a escala detallada, haciendo énfasis en las obras de manejo de aguas y de contención o estabilización de los dos fenómenos principales. Para aquellas zonas de amenaza alta que no presentan elementos susceptibles a sufrir daños, son también presentadas las medidas de control necesarias y las recomendaciones de aprovechamiento del espacio y mejoramiento urbanístico del sector.

1.2.8. Elaboración de cantidades de obra presupuesto y especificaciones

Una vez establecida la alternativa a implementar y los diseños de ingeniería correspondientes, se elaboró el respectivo presupuesto, el cual contempla:

A) Especificaciones.
B) Cantidades de obra.
C) Presupuesto.

Los anteriores parámetros están basados en los planos de diseño y de detalles constructivos con las memorias correspondientes.

1.2.9. Elaboración y documentación de informes técnicos

Se entregó la información parcial solicitada, de acuerdo con los términos de referencia y la propuesta, cumpliendo con los requisitos de escala, tamaños especificados y en el medio magnético más adecuado.

1.3. ORGANIZACIÓN DEL INFORME

El presente informe plantea un diagnóstico de la problemática de riesgo desde el punto de vista de la amenaza, como de la vulnerabilidad de la población expuesta. Además, presenta las posibles alternativas de mitigación de riesgo y expone el procedimiento seguido en el desarrollo del estudio, haciendo énfasis en la investigación o exploración básica efectuada y en los modelos, técnicas y métodos de análisis de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo realizados. Finalmente, se plantean las posibles acciones y diseño de obras de mitigación del riesgo. El presente informe se encuentra organizado en 9 Capítulos y 8 Anexos distribuidos así:

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES.

En éste capítulo se incluye una descripción muy general del estudio, su marco normativo, los objetivos generales y específicos del proyecto y la presentación del informe.

CAPITULO 2: DIAGNOSTICO CONCEPTUAL.

Se presenta una conceptualización de la problemática del sector con sus posibles causas, incluyendo modelos y metodologías de análisis geotécnico.

CAPITULO 3: INFORMACIÓN BASE.

Ofrece una descripción en detalle de todas y cada una de las actividades desarrolladas durante el estudio, con su respectiva metodología aplicada para establecer un modelo geológico, geomorfológico y geotectónico completo para la zona de estudio. Dicha información fue complementada con el análisis de datos provenientes de estudios climatológicos, hidrológicos y sociales del área, al igual que de los diferentes levantamientos topográficos efectuados.

CAPITULO 4: EVALUACIÓN GEOTECNICA.

Comprende los diversos estudios desarrollados al nivel de subsuelo, partiendo de una exploración detallada con sus respectivos ensayos *in situ* y de laboratorio, al igual que de una evaluación de la estratigrafía de la zona y caracterización geomecánica del macizo rocoso. En el mismo se encuentran definidos las diferentes tipologías de falla que fueron establecidas durante el estudio y la injerencia de los agentes detonantes.

CAPITULO 5: EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD Y AMENAZA.

Contiene un análisis de la estabilidad de los diferentes tipos de taludes en la zona y las metodologías empleadas para el establecimiento de la amenaza, la magnitud y distancia de viaje de los eventos amenazantes y por último, la zonificación de la misma.

CAPITULO 6: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO.

Expone un análisis de la información generada a partir del inventario de viviendas realizado en la zona, puntualizando en factores como Condición actual, asignación de solicitación, evaluación de daños, entre otros. Aunado a lo anterior, se desarrolla una zonificación de la vulnerabilidad con su respectiva categorización, y, finalmente se presenta la zonificación de riesgo de los elementos expuestos, como principal producto de éste capítulo.

CAPITULO 7: ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN.

En éste capítulo se presenta una serie de medidas encaminadas a la minimización y control de los efectos de los posibles fenómenos de remoción en masa, teniendo en cuenta la relación ***costo-beneficio*** de cada alternativa sobre un árbol de decisión.

CAPITULO 8: OBRAS Y PRESUPUESTO.

Se presentan las alternativas seleccionadas con el cálculo de costos, cantidades de obra y especificaciones.

CAPITULO 9: BIBLIOGRAFÍA.

ANEXO A: ANEXO TOPOGRÁFICO - CARTERAS DE CAMPO.

ANEXO B: FICHAS DE CAMPO - INVENTARIO DE VIVIENDAS.

ANEXO C: LEVANTAMIENTO GEOTÉCNICO DE CAMPO

ANEXO D: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

ANEXO E: MEMORIAS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.

ANEXO F: MEMORIAS ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.

ANEXO G: MEMORIAS DE CALCULO - DISEÑO DE OBRAS.

ANEXO H: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO CARTOGRAFÍA.

TABLA DE CONTENIDO

2. INTRODUCCIÓN _____ 1
2.1. DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA._____ 1
2.2 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE E INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO._ 2
2.2.1 Levantamiento topográfico_____ 2
2.2.2 Investigación del subsuelo _____ 5
2.2.3 Estudio geomorfológico _____ 6
2.2.4 Estudio Hidráulico _____ 6
2.2.5 Inventario de viviendas _____ 6
2.3 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS _____ 7
2.3.1 Análisis de Estabilidad y evaluación de la amenaza _____ 7
2.3.2 Análisis de vulnerabilidad_____ 8
2.3.3 Riesgo específico frente a la ocurrencia del fenómeno _____ 8
2.4 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN_____ 8

CAPITULO 2
DIAGNOSTICO CONCEPTUAL

2. INTRODUCCIÓN

El desarrollo habitacional del Sector Carrizal, se encuentra en la localidad de Ciudad Bolívar colindando con la vía al Mochuelo. El área a estudiar esta limitada por las carreras 17 y 17 d y entre la calles 80 a sur y 80 b sur. Según el estudio de Riesgos por inestabilidad del terreno adelantado por la DPAE - INGEOCIM, 1998, el sector esta caracterizado con niveles de amenaza alta debido principalmente a, que el sector se encuentra dentro de un frente antiguo de explotación de materiales, abandonado y sin un adecuado tratamiento y manejo de los taludes mineros. (*Ver FIGURA No. 2.1. Localización general*).

El proceso de urbanización que ha sufrido el sector objeto de estudio ha sido llevado de forma aleatoria y ha obedecido a la conformación de hecho, sin ningún tipo de manejo ingenieril. Es así que se encuentran viviendas construidas o levantadas sobre los escarpes y en la base de los taludes mineros, con cobertura de servicios públicos deficiente, especialmente en lo referente al sistema de alcantarillado y vías de acceso.

El presente capítulo plantea el diagnóstico, presentado al inicio del estudio, de la problemática de riesgo desde el punto de vista de la amenaza, como de la vulnerabilidad de la población expuesta. Así mismo, los requerimientos de investigación o exploración básica, los modelos, técnicas y métodos de análisis de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, y las posibles acciones y diseño de obras de mitigación del riesgo establecidos en el método de trabajo.

2.1. DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA.

El sector objeto en estudio se ubica sobre el costado sur de una zona de explotación de materiales, con un alto grado de intervención del hombre, que inicia desde el manejo antitécnico de los cortes mineros y con el mismo proceso de urbanización; originando paisajes antrópicos con cambio morfométrico de las laderas naturales debidos a cortes y rellenos de materiales sueltos dispuestos sobre la corona o escarpe del talud minero.

Los taludes mineros expuestos están entallados sobre una intercalación de rocas arenosas sobre rocas arcillosas, posiblemente de la Formación Cacho, sobre los cuales se identificaron materiales sueltos tipos rellenos y depósitos de ladera producto de movimientos de pequeña magnitud. El sector objeto de estudio se encuentra influenciado regionalmente por la falla el Mochuelo lo que conlleva a tratar con condiciones estratigráficas complejas.

Se evidencian procesos de erosión por falta de cobertura vegetal y movimientos en masa de pequeña magnitud sobre los depósitos sueltos; igualmente pero sin mayor claridad no se evidencias fallas del macizo rocoso, lo cual será objeto del estudio verificar la condición de

estabilidad del macizo. Los procesos de movimientos en masa que han afectado y están afectando el sector a estudiar se relacionan con:

- Condición estructural del macizo rocoso (Factor necesario).
- La condición y forma de disposición de los rellenos. (Factor necesario).
- Morfometría de los cortes mineros (dirección y pendiente). (Factor contribuyente).
- La sobrecarga que producen las viviendas sobre los rellenos. (Factor contribuyente).
- El mal manejo de aguas servidas y de escorrentía, las cuales se han vertido y se vierten sobre la ladera sin ningún manejo (Factor detonante).

Como primera aproximación se puede establecer que los procesos de movimientos en masa que afectan al sector corresponden a movimientos tipo deslizamientos traslacionales sobre los rellenos y pequeños desprendimientos de material que por acción del agua se configuran en flujos, que afectan las viviendas de la parte alta por desconfinamiento de la cimentación de las mismas, y las viviendas de la parte baja por impacto sobre los techos. Las mayores evidencias se presentan al costado noroccidental del área y en menor grado hacia la parte baja o costado sur oriental; la DPAE ha tenido reportes de emergencias lo que motivó o justifica el presente estudio.

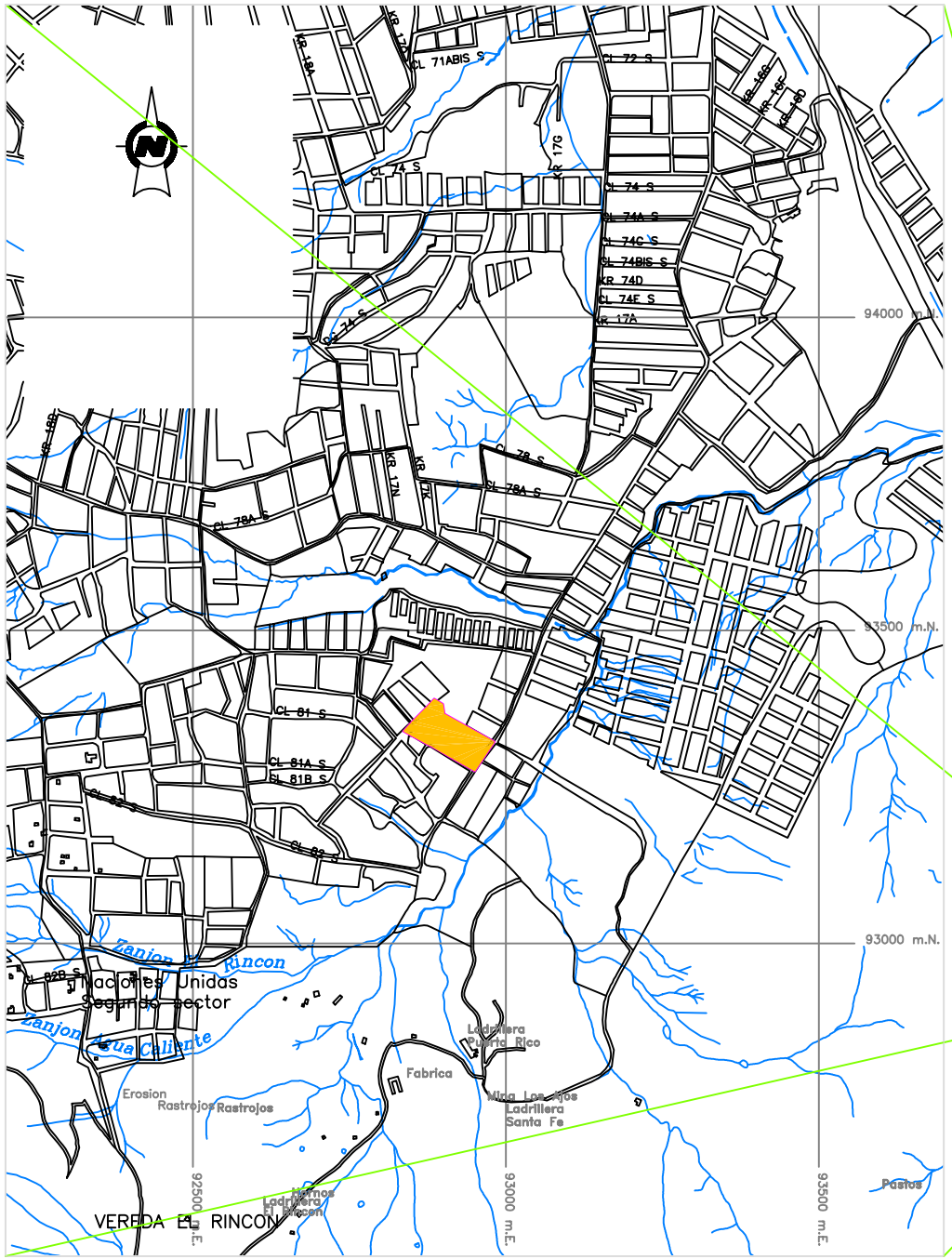
Desde el punto de vista de vulnerabilidad el sector se puede categorizar como de muy alta vulnerabilidad. Por una parte por la baja calidad de sus viviendas y su alto nivel de exposición, y por la otra parte por el nivel de daño alto que producirían los desplazamientos verticales de las cimentaciones de las casas y los daños por impacto sobre los techos de las viviendas, dada la ubicación frente a los eventos amenazantes. Lo anterior configura altos niveles de riesgo para la comunidad directamente expuesta.

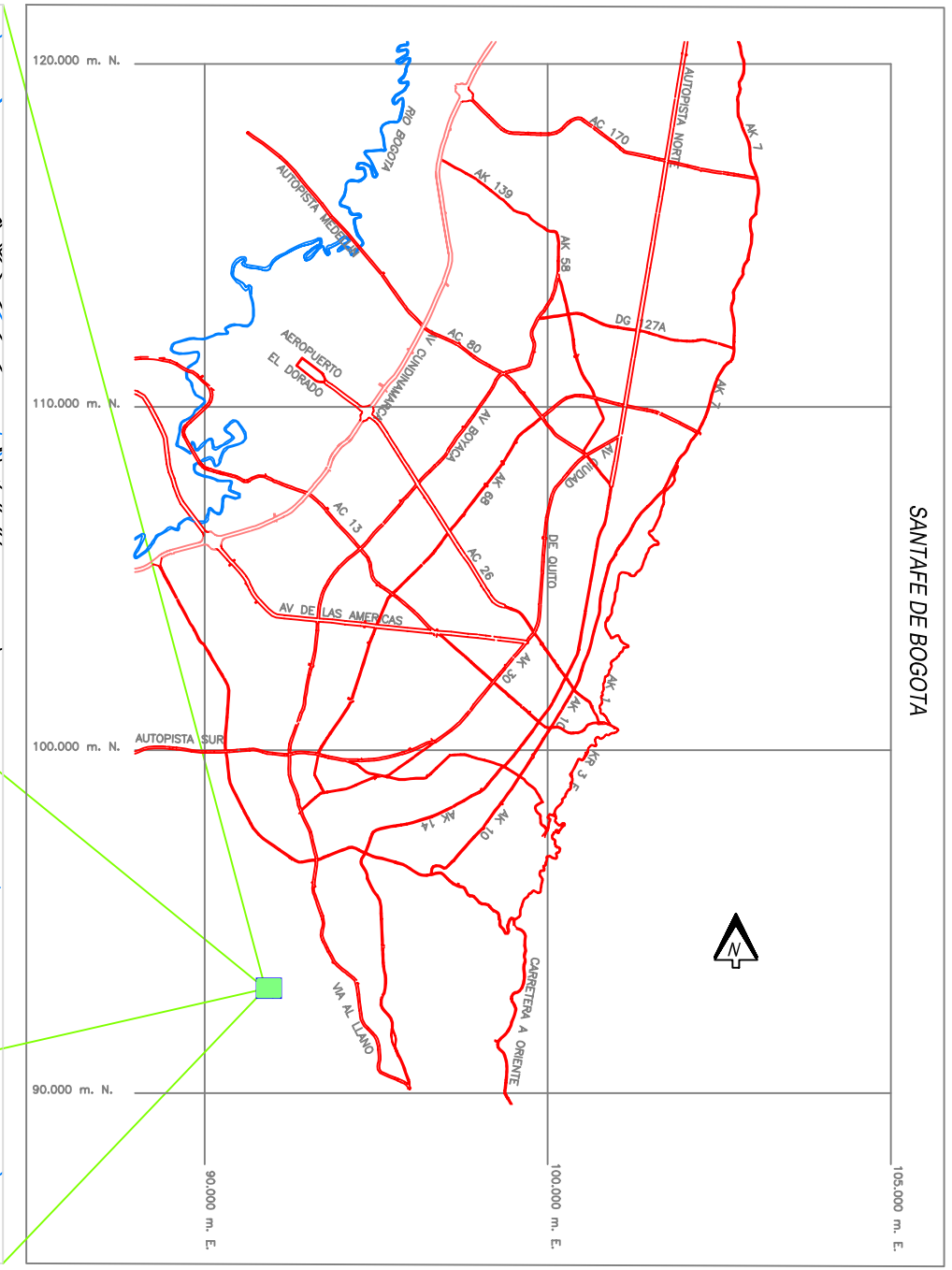
2.2 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE E INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO.

2.2.1 Levantamiento topográfico

Dada la experiencia de IGL, en trabajos similares, considera conveniente para el proyecto desarrollar la cartografía base y temática a una escala de 1:500 con curvas de nivel cada 50 cm. La cual permitiría identificar o distinguir los procesos de pequeña magnitud presentes, los aspectos del relieve local determinantes, las cicatrices o zonas en proceso de falla y redundando en el diseño mismo de las alternativas de mitigación.

El levantamiento topográfico se realizará, destacando los aspectos del relieve local que involucren las franjas críticas de estabilidad resaltando las geoformas existentes, para que faciliten la definición del modelo estratigráfico y para adelantar los análisis de estabilidad e hidráulicos necesarios. Se radiarán, además elementos como las vías y edificaciones que se encuentren dentro del área de estudio, con el fin de evaluar cualitativamente su grado de exposición ante el fenómeno amenazante. El levantamiento altimétrico y planimétrico serán muy precisos y se realizarán con base en secciones transversales a lo largo de los taludes y sobre las cuales se adelantarán los análisis geotécnicos.


94000 m.N.
93500 m.N.
93000 m.N.
92500 m.E.
93000 m.E.
93500 m.E.
CL 71ABIS S
CL 72 S
CL 74 S
CL 74A S
CL 74C S
CL 74BIS S
KR 74D
CL 74E S
KR 17A
CL 78 S
CL 78A S
KR 17N
CL 81 S
CL 81A S
CL 81B S
CL 82 S
CL 82B S
Zanjon El Rincon
Zanjon Agua Caliente
Naciones Unidas
Segundo Sector
Erosion
Rastrojos
Fabrica
Ladrillera Puerto Rico
Ladrillera Santa Fe
Pastos
VEREDA EL RINCON


120.000 m. N.
110.000 m. N.
100.000 m. N.
90.000 m. N.
90.000 m. E.
100.000 m. E.
105.000 m. E.
RIO BOGOTA
AUTOPISTA NORTE
AUTOPISTA MEDELLIN
AK 7
AC 170
AK 139
AK 58
DG 27A
AEROPUERTO EL DORADO
AV CHUNCHUMAYO
AC 80
AV BOYACA
AK 68
AV CIUDAD DE QUITO
AC 13
AC 26
AV DE LAS AMERICAS
AK 30
AK 10
AK 14
AUTOPISTA SUR
VIA AL LLANO
CARRETERA A ORIENTE
SANTAFE DE BOGOTA

Teniendo en cuenta la importancia para el estudio de establecer la evolución morfométrica de las laderas que conforman las márgenes producida por la intervención del Hombre, se adelantará un análisis multitemporal con base en cartografías o planchas de tres épocas diferentes, que permitan establecer la morfología de los cortes y la disposición de las zonas de relleno. Para ello también se utilizaran las fotografías aéreas. Este proceso es muy importante para la obtención del modelo geotécnico del sector.

2.2.2 Investigación del subsuelo

Como parte inicial y base de la exploración del subsuelo se contemplará la interpretación de fotografías aéreas de diferentes épocas y trabajo de campo de reconocimiento de la geología local, haciendo énfasis en geología para ingeniería, para ello se caracterizarán en cada uno de los sitios de estudio: las unidades de roca, suelo y depósitos antrópicos que afloren. Este procedimiento se dificulta por la cobertura urbana que presenta la zona, por lo cual se apoyara en una minuciosa revisión bibliográfica de estudios geotécnicos de estabilidad adelantados en el sector. Se estudiaran los factores tectónicos más sobresalientes a escala regional como la falla de El Mochuelo y local, como fallas, lineamientos y pliegues, y se considerará su influencia en la estabilidad.

Con base en la etapa inicial y adelantado el modelo geológico de sector y definida la evolución morfométrica de las laderas, se establecerá un programa de exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio que contemplara el levantamiento detallado de los afloramientos rocosos y la ejecución de perforaciones con equipo mecánico, de apiques y trincheras; en cada una de éstas se determinará un registro continuo del perfil estratigráfico y obtendrán muestras representativas de los materiales encontrados para adelantar pruebas de clasificación y de resistencia al corte, y en lo posible identificar las zonas de falla o débiles sobre las cuales se desarrollan los fenómenos mas importantes. Las perforaciones de campo se complementarán con ensayos in situ de resistencia al corte como el SPT, para establecer de manera cualitativa la variabilidad de los parámetros en los diferentes sectores y el perfil de meteorización de la roca y espesor de los rellenos.

Teniendo en cuenta las características geológicas del sector, dentro de la investigación del subsuelo se adelantará el levantamiento estructural detallado del macizo rocoso tomando la información de las discontinuidades relacionada con: orientación separación, abertura, tipo de relleno rugosidad y persistencia, siguiendo los procedimientos sugeridos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas. Lo anterior se complementará con la caracterización del macizo rocoso con base en los criterios de clasificación de HoeK, 1995, expuestos en el artículo Strenght of rock and rock masses, presentado en el primer curso suramericano de movimientos en masa, Venezuela, al cual asistió el ingeniero Geotecnista titular del estudio.

El contexto estructural junto con la inspección geológica, la evolución morfométrica y los resultados de la exploración del subsuelo permitirán definir el **modelo estratigráfico y Geotécnico**, y realizar una adecuada clasificación de los diferentes materiales y taludes y del macizo rocoso.

2.2.3 Estudio geomorfológico

Para el área que nos ocupa se contemplará dentro de la cartografía base un trabajo geomorfológico que consistirá en establecer la evolución de la ladera natural al paisaje actual a partir de los años 50 desde el punto de vista morfométrico, que permitirá establecer las condiciones actuales de estabilidad de la ladera sobre la cual se edificaron las viviendas.

Paralelamente se adelantará un inventario actual de fenómenos de remoción en masa que han afectado y que afectan la ladera. El trabajo de inventario será rápido, sencillo y objetivo, por lo tanto se registrará en los sitios de estudio los principales factores intrínsecos y extrínsecos que dan lugar a los movimientos en masa.

2.2.4 Estudio Hidráulico

Este ítem buscará entender la influencia de las aguas de escorrentía sobre la estabilidad del sector y está ligado al modelo hidrogeológico que se establezca en la zona. Contempla el análisis de precipitaciones máximas, intensidad de lluvias, estudios de redes de servicios públicos (acueducto y alcantarillado aguas lluvias y negras). Se caracterizará el sector en función de lluvia crítica por deslizamientos con base en los estudios de riesgo que a escala 1:10000 ha adelantado la Dirección. Para esta labor es necesario contar con cartografía a menor escala, en lo posible 1:2000, que se tomara y digitalizará de las planchas IGAC.

2.2.5 Inventario de viviendas

Como base para la evaluación de la vulnerabilidad se adelantará un inventario de viviendas e infraestructura urbana teniendo en cuenta la tipología de viviendas. El inventario se realizará en dos etapas: La primera comprende la identificación de viviendas afectadas de las no afectadas, la segunda etapa se concentrará en la zona de afectación de los movimientos en masa actuales y potenciales, y buscará determinar el tipo de vivienda u obra de infraestructura teniendo como parámetro el tipo de construcción, con el fin de evaluar los posibles daños que puedan llegar a causar el evento amenazante (vulnerabilidad física). Para tal fin se utilizará una ficha para la toma sistemática de la información que ha venido aplicando la Unidad de Riesgos de la Dirección y que ha sido mejorada por este consultor.

Como complemento y una vez identificado el movimiento que afectaron las viviendas reportadas en la emergencias atendidas, con la misma ficha se adelantará un inventario de daños que permite calibrar el modelo de vulnerabilidad del sector. Adicionalmente se establecerá la cobertura y tipo de servicios públicos básicos en la zona (acueducto, alcantarillado, vías y basuras) tomando como base la cartografía de catastro como se mencionó en los aspectos topográficos. Esta información será corroborada y actualizada en las diferentes entidades de servicios públicos.

2.3 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS

Como base de la evaluación de la amenaza se establecerá una cartografía geomorfológica que permita establecer zonas o taludes de comportamientos similares, estableciendo junto con los resultados de laboratorio una zonificación geotécnica a escala 1:500.

Como base metodológica para la evaluación de riesgo se aplicará la propuesta de **Escenarios de Riesgo**, presentada por Millán y González, 2000, en el VIII congreso de geotecnia, y que ha sido probada en los estudios de riesgo desarrollados por IGL para el DPAE en los sectores de Villas de Recuerdo y El Pinar.

2.3.1 Análisis de Estabilidad y evaluación de la amenaza

Una vez establecida la zonificación geomorfológica y su modelo geotécnico asociado, para cada zona se adelantará un análisis de estabilidad. La evaluación de estabilidad de taludes se enfocará al análisis de los mecanismos de falla establecidos en el modelo Geotécnico mediante la aplicación de métodos de análisis convencionales de la geotecnia clásica para macizos rocosos y suelos como fallas planar, en cuña, en bloque y deslizamientos rotacionales.

A nivel mundial no existe una metodología unificada para estas evaluaciones de amenaza y riesgo y de acuerdo con el Grupo de Trabajo de Deslizamientos de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) (Cruden y Fell, 1997) existen dos tipos generales de metodologías:

1. Análisis Cualitativo: en el cual los componentes (amenaza y vulnerabilidad) se evalúan subjetivamente por expertos y se asignan rangos de intensidad, para llegar a niveles de riesgo con calificativos. Este método puede tratarse con teoría de conjuntos difusos para llegar a valores cuantitativos.

2. Análisis Cuantitativo: en el cual todas las variables se cuantifican para llegar a amenaza en términos de intensidad y probabilidad de ocurrencia, a vulnerabilidad en términos de porcentaje de daño según la intensidad de la solicitación y al riesgo en términos de pérdidas o afectaciones esperadas en unidades monetarias o de personas. Los métodos empleados para la obtención de riesgo pueden ser árboles de eventos, teoría de la confiabilidad o simulación.

La evaluación de la amenaza se adelantará mediante análisis cuantitativos tipo determinísticos, en términos de factor de seguridad y se realizará para cada zona geotécnica definida, se tendrán en cuenta la variación de las propiedades mecánicas de los diferentes materiales y de los factores detonantes como la lluvia y sismo, aspectos que se tomarán de los estudios regionales adelantados por la DPAE en la zona en estudio (Microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá y Zonificación por Riesgo por inestabilidad del Terreno en diferentes localidades de Santafé de Bogotá).

La aproximación probabilística de la amenaza se adelantará por el método de estimación de punto (PEM) propuesto por Rosenblueth. Se establecerán diferentes escenarios de acuerdo con

los detonantes (lluvia y sismo), partiendo de una condición de falla de talud sin lluvia y sin sismo hasta llegar a una falla con lluvia y con sismo. En esta etapa se desarrollará un proceso que permita llegar a delimitar los diferentes grados de amenaza (alta, media y baja) dentro del área de interés, integrando la información básica, hasta aquí obtenida. Para la categorización de la amenaza se tendrán en cuenta los aspectos de magnitud, estado de actividad y tendencia a la propagación de los procesos que actualmente están afectando el área. El grado de pérdida se determinará combinando la probabilidad de falla o no falla con el costo esperado de daño.

Este proceso de determinación de la probabilidad de falla se adelantará tanto para la condición actual como para un escenario futuro con obras y medidas de mitigación, de tal forma que se puedan establecer los criterios para la toma de decisiones mediante los árboles de decisión.

2.3.2 Análisis de vulnerabilidad

La evaluación de la vulnerabilidad y riesgo se realizará por tipo de movimiento y solicitación que éste someta al elemento expuesto (p.e. empujes laterales, **impactos o desplazamientos verticales**) de acuerdo con el trabajo presentado por **LEONE, 1996** "**CONCEPTE DE VULNERABILITE APPLIQUE A L'EVALUATION DES RISQUES GENERES POUR LES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN**", en su tesis doctoral.

Esencialmente la valoración de vulnerabilidad es cualitativa y de riesgo semi-cuantitativa. Por lo tanto, en lo posible, se tendrá en cuenta la vulnerabilidad humana (social, económica y cultural) y se evaluará la vulnerabilidad física por sectores homogéneos (características similares según la exposición), que permita analizar la susceptibilidad de los elementos amenazados. Se hará la identificación y localización de los elementos en riesgo, así como grado exposición y resistencia. El resultado del análisis de vulnerabilidad estará acompañado de una descripción de los criterios utilizados para delimitar las zonas de uno u otro grado de vulnerabilidad, en los diferentes sectores con problemas de inestabilidad, proyectados a un escenario de afectación.

2.3.3 Riesgo específico frente a la ocurrencia del fenómeno

En este aparte será definido el riesgo con base en la amenaza y la vulnerabilidad definidas en las fases anteriores. Este riesgo será representando espacialmente en un mapa a escala 1:500, donde será representada su magnitud, de acuerdo con los niveles de amenaza y vulnerabilidad de los elementos expuestos. El área de afectación potencial y los elementos que se verían afectados en el evento de la ocurrencia de dicho fenómeno, constituyen los aspectos principales a este riesgo. Los criterios establecidos por IGL para realizar la delimitación y asignar el grado de riesgo, serán discutidos con la interventoría y funcionarios de la DPAE.

2.4 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Con base en los análisis de estabilidad y condición de amenaza establecida y en el estudio de vulnerabilidad de las unidades de vivienda se plantean acciones y medidas de mitigación que serán seleccionadas según un análisis básico de beneficio costo mediante árboles de decisión, sin dejar de lado la condición social o beneficio social de la comunidad a quien va dirigido el

estudio, aspecto que resulta difícil de cuantificar. Igualmente se establecerá niveles de intervención de los diferentes actores de riesgo para las diferentes alternativas de solución, de tal forma que permita o facilite a la Dirección la toma de decisiones, así se buscará definir niveles de responsabilidad entre la Dirección, empresas de servicios públicos y la comunidad, entre otros.

Desde el punto de vista de medidas y obras de control de los procesos identificados y analizados en el área se harán las recomendaciones y se plantearán una serie de obras y medidas de mitigación y prevención que busquen mejorar la condición ambiental de los sitos de estudio.

Se plantearán medidas y/o obras de tipo general y local, con el fin de cambiar y mejorar la actitud de los habitantes frente a su entorno físico; y de ejecución de obras de ingeniería tendientes a mejorar las condiciones de estabilidad de las laderas, así:

a. **Taludes Mineros:** De acuerdo con los resultados que se obtengan en el análisis de estabilidad se definirán los tipos de medida e ejecutar, los cuales podrán ir desde la conformación de los taludes (perfilado); labor que incluye inicialmente el retiro de materiales blandos, hasta la definición de medidas específicas de contención.

b. **Obras Complementarias:** Teniendo en cuenta que uno de los principales agentes detonantes de los problemas de inestabilidad es el agua, las soluciones expuestas deberán acompañarse con un adecuado manejo del agua de escorrentía y de las aguas servidas.

c. **Recomendaciones de Estabilización Geotécnica:** Las obras de este tipo podrán corresponder bien con estructuras de contención o de aislamiento, drenaje, subdrenaje o la remoción total de los rellenos y reconformación de las zonas.

d. **Obras Paisajísticas:** Estas obras mejorarán el entorno ambiental del sector y ayudarán a mantener la estabilidad que se logre con las medidas correctivas y preventivas expuestas. Así se podrán contemplar la empradización de las cimas de los taludes, la siembra de especies nativas en las zona aledañas a la pata y cresta de los taludes, e incluso el replanteamiento de los planes urbanísticos actuales.

Cualquiera que sea el plan de recuperación propuesto se contemplará como mínimo los siguientes acciones:

- Reubicación de las viviendas.
- Localmente estructuras de Contención tipo muros y/o anclajes.
- Propuestas de planes de recuperación ambiental y de programas de arborización.
- Planes de manejo del entorno físico para ser adelantado por la comunidad.

TABLA DE CONTENIDO

3. INTRODUCCIÓN 1
3.1.CARTOGRAFÍA BASE 1
3.1.1. Localización cartográfica del Área 1
3.1.2. Puntos Topográficos 1
3.1.3. Equipo 1
3.1.4. Levantamiento Topográfico 2
3.1.5. Colección de la información de campo 2
3.1.6. Trabajo de Oficina 2
3.2. GEOLOGÍA 5
3.2.1. Método 5
3.2.2. Marco Geológico General. 6
3.2.3. Geología Local 12
3.2.4 Estratigrafía Local 13
3.2.5 Depósitos Recientes 13
3.2.6 Geología Estructural Local 16
3.2.7 Hidrogeología 20
3.3. GEOMORFOLOGÍA 21
3.3.1. Geomorfología General 21
3.3.2. Geomorfología Local 22
3.4. INVENTARIO DE VIVIENDAS 24
3.5. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 25
3.6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO 28
3.6.1. Precipitación 28
3.6.2. Precipitación de corta duración – Curva de intensidad – Duración – Frecuencia 32
3.6.3. Relación de Precipitación Crítica - Duración que Disparan Movimientos en Masa 37

CAPITULO 3
ESTUDIOS BÁSICOS

3. INTRODUCCIÓN

En este Capítulo se presenta la información temática que la consultoría consideró básica para el buen desarrollo del proyecto. El orden seguido en la presentación de los datos corresponde al usado para la obtención de los mismos; se inició con el levantamiento topográfico con el detalle necesario para esta clase de estudios y teniendo siempre presente que un buen levantamiento topográfico permite que la implementación de las obras sea más precisa. Las otras disciplinas consideradas como la base del estudio fueron la geología, geomorfología, hidrología, hidráulica y climatología, incluyendo de igual forma el aspecto social con la realización del inventario de viviendas.

3.1.CARTOGRAFÍA BASE

3.1.1. Localización cartográfica del Área

El área se localiza en un cuadrángulo que tiene como coordenadas planas:

N: 93275.00 m E: 92750.00 m en el extremo suroccidental.

N: 93400.00 m E: 92850.00 m en el extremo nororiental.

Con elevaciones entre 2633 - 2661 m.s.n.m., ocupa un área aproximada de 1.125 Ha.; los datos están referenciados a las coordenadas cartesianas con origen en la intersección del meridiano 74º 09’ con el paralelo 4º 41’, al cual se le asignaron la coordenadas planas N: 109320.965 m y E: 92334.879 m. Las cotas se encuentran referidas al nivel medio del mar en Buenaventura con el plano de proyección de 2550 m.s.n.m.

3.1.2. Puntos Topográficos

Se tomó como punto de partida la placa topográfica **CT - 1225** que se localiza en la parte alta, con coordenadas planas N: 93468.210 m y E: 92671.613 m, con una elevación media calculada por el IGAC sobre el plano de referencia de 2689,640 m.s.n.m. con vista a la placa topográfica **CT - 599** con un azimut plano Norte al Este de 109º 52’ 17.754” y a una distancia de 5584.81 m. Se anexa certificación.

3.1.3. Equipo

El levantamiento se realizó con una Estación Total Nikon DTM-300 de precisión angular a los 5 segundos y con alcances de lectura con prisma sencillo de 1200 m de distancia en longitud, con capacidad para almacenar hasta 500 puntos topográficos, con lectura vertical cenital y el acompañamiento de dos prismas para la lectura de los puntos.

3.1.4. Levantamiento Topográfico

Se realizó a partir de los puntos topográficos mencionados anteriormente, tomando como acimut verdadero a la dirección de la placa **CT 1225** y mediante una poligonal cerrada *(Ver FIGURA No. 3.1)* con la cual se trasladaron las coordenadas y la elevación; se tomó un punto en la parte alta del sector el carrizal y de allí con vista directa al área de estudio, procediendo luego a localizar los puntos que sirvieron como base para levantar la totalidad del área. El levantamiento topográfico se realizó en dos etapas, como sigue:

Zona Abierta: Toma de información únicamente del área despejada con secciones transversales, colocando los prismas en los cambios de pendiente hasta obtener un cubrimiento total del área de estudio; los intervalos entre las secciones varían entre 1-4m de distancia según las condiciones del terreno. El tiempo que demandó este procedimiento fue de 3 días y se tomaron alrededor de 1800 puntos.

Zona de Construcciones y Detalles: Toma de información de los puntos topográficos de infraestructura como son paramentos, andenes, construcciones, postes, pozos, cercas, etc. Este procedimiento tuvo una duración de 1 día.

3.1.5. Colección de la información de campo

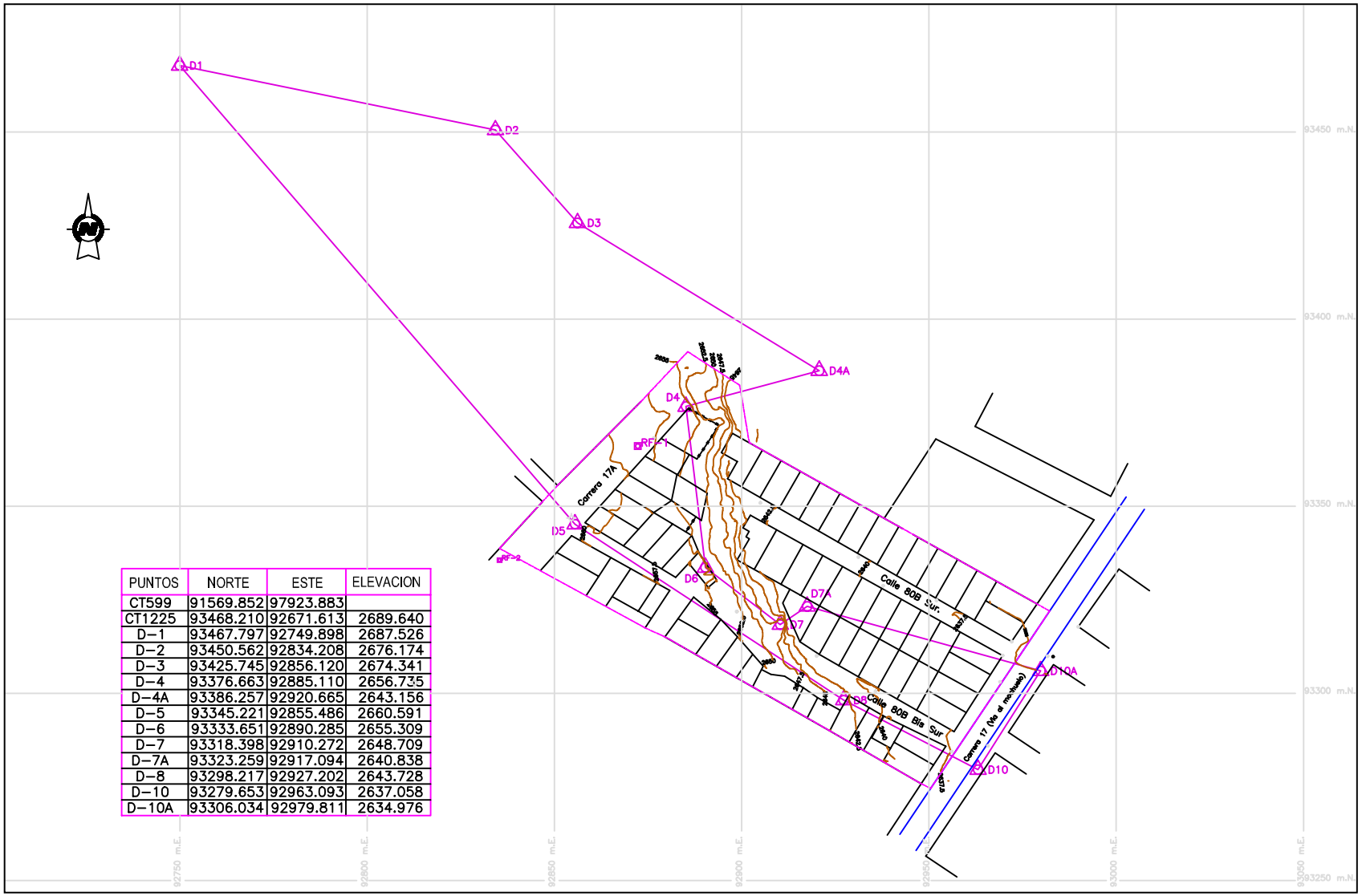
Para la colección de datos de campo se optó por consignar a diario y a veces dos veces por día la información tomada en la estación total, mediante un colector de datos serial **RS-232** y el programa de computadora Transit Vrsn. 2.11 propio de los fabricantes de la estación total. (*Ver ANEXO A*).

3.1.6. Trabajo de Oficina

El trabajo consistió en georeferenciar los puntos topográficos tomados en campo mediante el programa Transit Vrsn. 2.11 y ajustar la poligonal de amarre mediante el programa de computadora Eagle Point Vrsn. 14.3 con el módulo Survey Adjusment a partir de los puntos topográficos **CT - 1225**, **D1**, **D2** y **D3** que dio como resultado de cierre y precisión de levantamiento de 1:13294.

El procesamiento cartográfico del levantamiento se ejecutó empleando el módulo Surface Modeling del Programa de computadora EaglePoint Vrsn. 14.1, bajo un modelo de interpolación dirigida, lo que representó definir y respetar las barreras físicas actuales, condicionando la interpretación a éstas, sin permitir el desempeño del programa a su libre esquema de triangulación. En este sentido jugaron un papel importante las secciones transversales.

Como resultado de la actividad anterior, se definió la salida gráfica del Plano Topográfico a escala 1: 500 con curvas de nivel cada 0.5 m.



PUNTOS	NORTE	ESTE	ELEVACION
CT599	91569.852	97923.883	
CT1225	93468.210	92671.613	2689.640
D-1	93467.797	92749.898	2687.526
D-2	93450.562	92834.208	2676.174
D-3	93425.745	92856.120	2674.341
D-4	93376.663	92885.110	2656.735
D-4A	93386.257	92920.665	2643.156
D-5	93345.221	92855.486	2660.591
D-6	93333.651	92890.285	2655.309
D-7	93318.398	92910.272	2648.709
D-7A	93323.259	92917.094	2640.838
D-8	93298.217	92927.202	2643.728
D-10	93279.653	92963.093	2637.058
D-10A	93306.034	92979.811	2634.976

Secretaria
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA
ESTUDIOS DE RIESGO & SIG

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCION Y ESTABILIZACION EN EL BARRIO CARRIZAL DE SAN JOAQUIN LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR SANTAFE DE BOGOTA

CONTRATO No. CCS-270/00

POLIGONAL

FUENTE: TOPOGRAFIA NOVIEMBRE DE 2000

TOPOGRAFIA: TOP. JOSE PINEDA MAT.00-1988

INTERVENTORIA : INGEMETRICA LTDA.

CONVENCIONES

- CURVA DE NIVEL — 2645
- PREDIO — 9
- POZO ALCANTARILLADO
- POSTE ALUMBRADO
- POSTE TELEFONO
- POSTE ENERGIA
- PUNTO TOPOGRAFICO — D6
- AREA DE ESTUDIO

SIN ESCALA

DICIEMBRE 2000

FIGURA 3.1

El proceso así desarrollado puede entenderse como una conceptualización de un submodelo para un SIG, ya que primero se elaboraron las diferentes capas (coberturas) y posteriormente se hizo la interpolación. De esta manera entonces, se definió el manzaneo de manera completa, se seleccionaron los postes de alumbrado y los pozos de inspección, se delinearon las vías y se delimitaron los taludes. Para una mejor aplicación del programa se procesaron parcialmente en tres dimensiones los diferentes elementos topográficos levantados, lo cual dio como resultado la no generación de errores y una mayor precisión y calibración para los límites y contornos. Con base en lo anterior y para terminar la generación del mapa base, se realizó la integración e interpretación final de todo el conjunto (*Ver PLANO No. 1*).

3.2. GEOLOGÍA

El objetivo del estudio geológico es obtener un conocimiento completo de la geología del sector El Carrizal para poder desarrollar el modelo geológico real, el cual será utilizado para el modelamiento geomorfológico y geotécnico. A continuación se hace la descripción geológica detallada del área de estudio, aplicada a la ingeniería. Inicialmente se tiene el marco geológico general, dentro del cual queda referenciada estratigráfica y estructuralmente la zona estudiada. La geología local incluye una columna estratigráfica especifica, *Ver FIGURA No. 3.2*. y un corte geológico que ayudan en el entendimiento del modelo geológico del área.

3.2.1. Método

En primer lugar, se realizó una fotointerpretación preliminar y un reconocimiento de campo. Luego se llevó a cabo el levantamiento topográfico del sector a escala 1:500. Con base en el mapa base topográfico y en la fotointerpretación, se generó un primer mapa geológico de las unidades aflorantes. Utilizando dicho mapa se programaron los sitios para las trincheras, perforaciones y apiques. Finalmente, utilizando la información obtenida en campo y el análisis temporal del relieve a partir de restituciones de la década de los setenta, se realizó una reinterpretación geológica y elaboración del mapa final a escala 1:500 del área de investigación especifica.

Durante el reconocimiento de campo se levantaron cuatro (4) columnas estratigráficas detalladas, tomando especial cuidado en los procesos de alteración físico-química y estructural. También se realizó un control detallado de las discontinuidades presentes en cada uno de los escarpes analizados. Las columnas estratigráficas se correlacionaron cuidadosamente teniendo en cuenta la actitud de los estratos y las estructuras del sector para elaborar la columna estratigráfica especifica. La interpretación fotogeológica local se realizó a escala 1:5.000 con fotografías aéreas del sector tomadas el 11 de junio de 1990 (IGAC R-1131, fotos 3540 y 3542, 3530 y 3531). Para el marco general, se emplearon fotos aéreas a escala 1:22000 tomadas el 3 de junio de 1940 (IGAC C-772, fotos 136 a 138).

3.2.2. Marco Geológico General.

El sector se encuentra localizado al noroccidente del Sinclinal de Usme, en su flanco Oeste. El pliegue corresponde a una de las principal estructuras geológicas que condiciona, a escala regional, la disposición de los estratos de las unidades litoestratigráficas del área. Espacialmente afloran rocas de edad Cretácica y Terciaria, así como depósitos cuaternarios de pendiente, abanicos aluviales y sedimentos lacustres.

El sector se muestra afectado por actividad tectónica local y regional, presencia de plegamientos y fallas, lo que condicionó la evolución de la ladera y el comportamiento mecánico de los materiales que la conforman. La otra gran estructura corresponde a una falla inversa denominada Falla El Mochuelo.

- ***Estratigrafía***

Estratigráficamente, en el área afloran rocas pertenecientes desde el Santoniano Superior hasta el Mioceno Superior y depósitos del Cuaternario. El Terciario está representado por las Formaciones Areniscas de la Regadera, Bogotá, Cacho y Guaduas, mientras que el Cretáceo, se encuentra representado por el Grupo Guadalupe (*Ver PLANO No. 2*).

- Grupo Guadalupe (Ksg)

Descripción original hecha por Hettner (en Hubach, 1957). En el área de estudio, únicamente se presenta el miembro inferior de este Grupo, el cual aparece diferenciado y cartografiado en el Mapa Geológico (*Ver PLANO No. 2*)

El Grupo Guadalupe aflora como parte del flanco occidental del Sinclinal de Usme. En términos generales, el Grupo Guadalupe desarrolla un relieve prominente, con contra pendientes que, generalmente, supera los 45°.

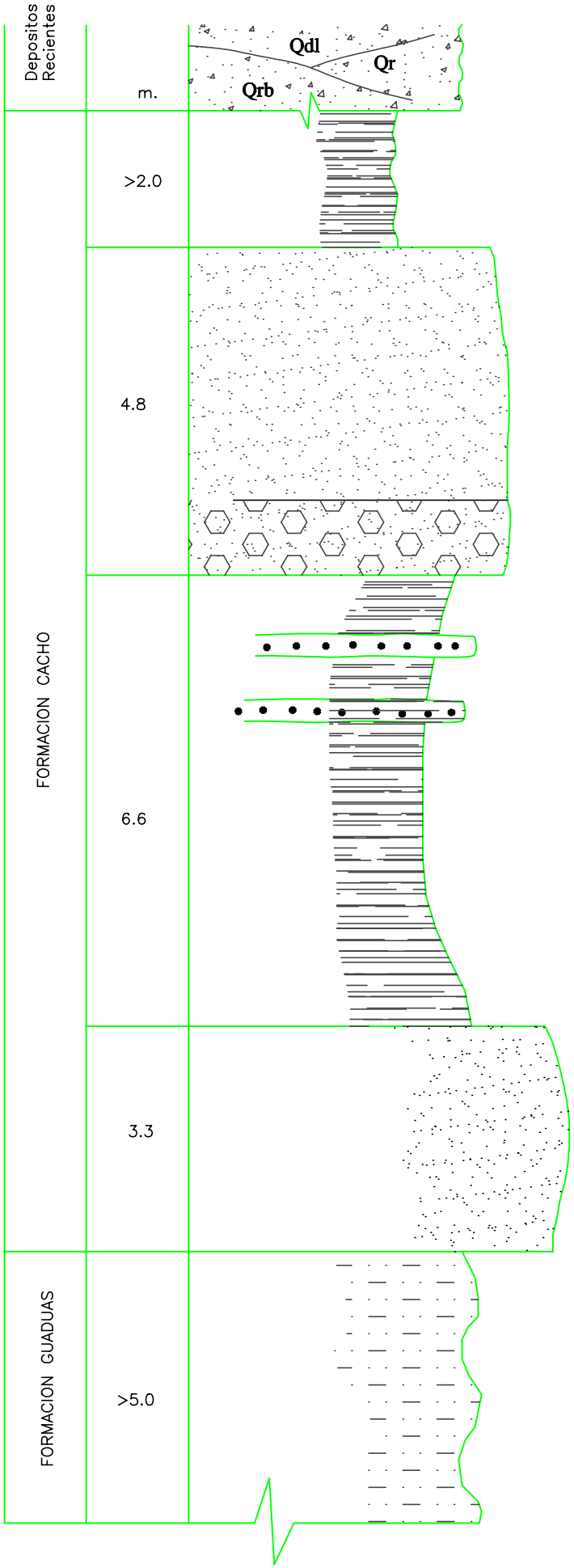
El ambiente en el cual se depositó el Grupo Guadalupe fue marino somero. Se considera que esta unidad se acumuló durante el intervalo de tiempo transcurrido entre el Santoniano Tardío y el Maestrichtiano Temprano. Las características fisicoquímicas (empaquetamiento, redondez y acidez) y el ambiente de depositación le han impreso a este Grupo un carácter competente.

- Guadalupe Superior

Hubach (1957), utiliza este término para agrupar a aquellos bancos de areniscas que afloran al sur de la Sabana de Bogotá que son explotados como materiales de construcción. Según Renzoni (1962), la unidad está formada por 65 metros de areniscas con muy pocas intercalaciones lutíticas. En el área de La Calera, la unidad tiene aproximadamente 180 metros de espesor, en donde cerca del 20% de la sucesión medida por Ujueta (1962), consta de arcillolitas silíceas bien estratificadas de color gris. Se caracteriza por su tamaño constante de grano, cuyo valor se encuentra cercano a los 0.25 mm.

Figura No.. 3.2
COLUMNA ESTRATIGRAFICA DETALLADA
SECTOR EL CARRIZAL
BARRIO SAN JOAQUIN

ESCALA 1:100



Depositos recientes constituidos por rellenos antropicos y de material erocionado, asi como de material seleccioneado para base de obras civiles

NIVEL 1 (Tpcl). Arcillolitas plasticas moradas a rojizas, meteorizadas y oxidadas. estratificacion media

NIVEL 2. (Tpca). Litoarenitas friables amarillentas de grano fino a medio con niveles conglomeraticos. meteorizadas tienen un alto porcentaje de plagioclasa (20%) y biotita lavada (3%) MATRIZ ARCILLOSA.

NIVEL 3. (Tpcl) Arcillolita gris morada en capas delgadas, meteorizada y fracturada se observaron delgadas intercalaciones de arenisca y trazas de Biotita.

NIVEL 4. Litoarenitas friables amarillentas de grado fino a grueso. Densamente diaclasada y meteorizada en grado alto. Se observaron oxidos de manganeso y hierro.

Ktg. Arcillolitas gris rojiza limosa

- Formación Guaduas (KTgs)

En la denominación original hecha por Hettner en 1892, la describe como un conjunto de arcillolitas multicolor, especialmente amarilla, roja o violeta, intercaladas con limolitas y una arenisca roja y blanca que se convierte en conglomerado.

Posteriormente Hubach, en 1971, subdivide de manera concreta el Guaduas en tres segmentos:

Conjunto Inferior: Está conformado por arcillolitas grises con fósiles hacia la base. Según Porta (1974, p. 278) frecuentemente se encuentran capas de carbón en este segmento.

Conjunto Medio: Está delimitado por dos niveles de areniscas: la inferior, Arenisca la Guía y la superior Arenisca Lajosa. Entre las dos areniscas se tiene una espesa sucesión de arcillolitas grises, compactas, algunas veces carbonáceas, la cual contiene los niveles de carbón explotables y algunas intercalaciones de areniscas. Es este nivel el que se considera como la unidad productiva de carbón de la Formación Guaduas.

Conjunto Superior: Está conformado por capas de areniscas intercaladas en una sucesión predominantemente arcillosa, de color rojizo y azuloso. Es generalizado que en esta parte superior de la Formación Guaduas no se tengan los mantos de carbón que existen en la parte inferior y media.

Los afloramientos más destacados de esta unidad se encuentran sobre la vía al llano y litológicamente se asemejan a los de la Formación Bogotá. El espesor de la Formación Guaduas es muy variable, pero hacia la parte central de la Sabana de Bogotá se acepta un espesor que oscila entre 700 y 1000 metros.

En términos generales, el ambiente de acumulación de la Formación Guaduas es marino con influencia litoral, como se deduce por el carácter ortocuarcítico de las Areniscas La Guía y Lajosa, y por la presencia de los distintos fósiles encontrados en sus niveles inferiores y las capas de carbón de los mismos. Al parecer, el mayor espesor de la unidad se acumuló hacia la parte norte de la sabana. Las características fisicoquímicas y ambiente de depositación le han impreso a esta Formación un carácter incompetente con un comportamiento geomecánico deficiente.

Esta unidad se acumuló desde el Maestrichtiano Temprano al Paleoceno Temprano (Guerrero & Sarmiento, 1996).

- Formación Cacho (Tpc)

Referencia original de Scheibe (1938) y posteriormente Hubach (1945, en Julivert 1968) la utiliza para separar las Formaciones Guaduas y Bogotá. Más adelante, la Sociedad Colombiana

de Geólogos y Geofísicos del Petróleo (1961, en Julivert 1963, p. 16) la elevan al rango de formación.

La unidad está compuesta por dos unidades de areniscas separadas por un intervalo de lutitas amarillentas a blancuzcas. Las arenitas son de color pardo a blanco, con tamaño de grano que varía de fino a grueso, con gradación normal y estratificación cruzada. Los dos segmentos de areniscas fueron denominados por Hubach (op. cit.) como Infracacho y Supracacho. Se estima que el espesor total de la formación es de unos 100 metros.

La Formación Cacho desarrolla una morfología sobresaliente en medio de dos unidades que exhiben una morfología suave. El comportamiento geomecánico de estas areniscas sucias es débil frente a los procesos de degradación.

Aunque en la actualidad no se han encontrado fósiles en esta unidad, Van der Hammen (1958, en porta, 1974) la ha considerado como Paleoceno.

- Formación Bogotá (Tpb)

Su autor, Hubach (1931) afirma que la Formación Bogotá es una espesa sucesión arcillosa, yesífera que tiene hasta 3000 metros de grosor en el área del Valle de Tunjuaque-Guasca-Guatavita, en la cual no se han encontrado capas de carbón.

El límite superior de la Formación Bogotá se ubica en la base de la Formación Arenisca de La Regadera, la cual se encuentra bien desarrollada en el Valle del río Tunjuelo. Hubach (1957) afirma que “el límite entre el Formación y el Bogotá se distingue fácilmente por el conjunto de areniscas de grano grueso del Cacho”. Al igual que Formación Guaduas estas arcillolitas son susceptibles, en un grado alto, a los fenómenos de inestabilidad.

En cuanto a su edad, parece estar comprobado que su sedimentación ocurrió desde el Paleoceno, hasta el Eoceno Temprano (Van Der Hammen, 1957, p. 200).

- Formación Areniscas de La Regadera (Ter)

La Formación Areniscas de La Regadera, definida por Julivert (1963), está compuesta por areniscas de grano grueso y conglomerados con cantos de cuarzo en una matriz arenosa, areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, friables, arcillolitas y lutitas. Según Julivert (op. cit.) las Areniscas de La Regadera es un nivel con un espesor de cerca de 400 metros. Las Areniscas de La Regadera conforman una serie de cerros muy resistentes a la erosión, y por lo tal, desarrollan crestones en ambos flancos del Sinclinal de Usme.

De los diferentes afloramientos observados en campo se puede concluir que la Formación Areniscas de La Regadera se subdivide en dos conjuntos, un conjunto inferior formado principalmente por areniscas friables blancas amarillentas de grano grueso y un conjunto

superior conformado por alternancia de niveles de arcillolita de color vinotinto a violáceo y areniscas amarillentas friables.

El ambiente de acumulación de las Areniscas de La Regadera correspondió a un sistema fluvial migrante que tendía a pantanos con salinidad de media a alta durante el Eoceno Medio (Acosta & Beltrán, 1987).

- **Depósitos Recientes (Q)**

Sobre las arcillolitas y las areniscas de las formaciones de edad Terciaria y Cretácea se han acumulado en las laderas depósitos coluviales, de remoción en masa y rellenos antrópicos que han suavizado la morfología del sector.

- Depósitos fluvioglaciares (Qfg)

En el Mapa Geológico (*Ver PLANO No. 2*) aparecen cartografiados una serie de depósitos, los cuales se presume, fueron acumulados como el resultado de grandes flujos de materiales provenientes del ancestral Páramo de Sumapaz. Según las descripciones llevadas a cabo por Porta (1974) acerca de la Formación Tilatá, estos depósitos podrían ser una facies más próxima de dicha formación.

- Depósitos de Ladera (Qdl)

Generalmente, los depósitos de ladera se presentan en forma de pequeños cuerpos de morfología semiplana, localizados principalmente hacia las zonas de mayor complejidad tectónica, en las áreas aledañas a las zonas de fracturamiento, unidades con alta inclinación de sus estratos y/o en las zonas de discontinuidad litológica, originados a partir de la acumulación individual por procesos erosivos.

Es de anotar que algunos de éstos depósitos aún se encuentran activos, presentándose en ellos reptación del suelo. Los depósitos de ladera en el área general, están asociados al Grupo Guadalupe. Si bien muchos de ellos se encuentran relativamente estabilizados, su génesis y su posición topográfica en zonas de moderada a alta pendiente hace que sean considerados inestables.

- Relleno Antrópico (QRa)

Se aprecian depósitos antrópicos conformados por desperdicios orgánicos y de construcción. Su espesor es muy variable pudiendo alcanzar los 4 metros.

- Depósito aluvial (Qal)

Estos depósitos están restringidos a la Quebrada El Infierno y se componen de material areno-arcilloso, proveniente de las Formaciones Guaduas y Bogotá principalmente. Su espesor es variable y puede alcanzar los 2 metros.

- Depósito de Terraza (Qtb)

En el área seleccionada existen relictos de depósitos de terraza compuestos por limos de color rojo a negro. En el suroeste del área seleccionada se observa esta terraza baja en una posición alta y disectada por rejuvenecimiento debido a la actividad tectónica.

- ***Geología Estructural Regional***

La región se encuentra controlada por el flanco occidental del pliegue Sinclinal de Usme, el cual tiene una orientación aproximada Norte–Sur y una longitud superior a los 20 kilómetros con un cierre periclinal al norte. Asociados al pliegue, existen sistemas de falla de carácter Normal y de Rumbo (*Ver PLANO No. 2*). Las fallas Normales son transversales e inciden de manera directa en la estabilidad de los taludes del sector.

Entre las fallas importantes cercanas al sector, se encuentra la falla inversa El Mochuelo, la cual invierte las capas de la Formación Cacho y pone a cabalgar las arcillolitas de la Formación de Guaduas sobre la Formación Bogotá y sobre las areniscas de la Formación Cacho. Esta estructura influyó en la evolución tectónica del lugar de forma importante ya que con su convergencia al oriente pone fin al Sinclinal asimétrico de Usme y prácticamente desaparece a la Formación Cacho. Por lo anterior se piensa que su salto puede ser superior a los cien metros. A partir de la edad de las rocas que se ven involucradas se puede decir que esta estructura inicio su actividad en el Eoceno tardío. En el sector se encuentran fallas satélites de carácter normal y desplazamiento horizontal que afectan las rocas terciarias.

3.2.3. Geología Local

En el sitio evaluado afloran litoarenitas y arcillolitas, correspondientes a la Formación Cacho (Tpc) que se depositaron durante el Paleoceno, al igual que depósitos de pendiente conformados por limos, arenas y arcillas mal seleccionados asociados tanto a actividad antrópica (antiguos frentes de explotación de material) como a procesos denudativos.

El ambiente de depósito de dicha Formación es de tipo continental conformado por la dinámica fluvial (ríos meándricos y trenzados) y por depósitos tipo transicional (paludales–lacustres).

El predominio litológico es principalmente de arenas (tamaño fino a grueso), con estratificación plano-paralela (horizontal / diagonal) y cruzada. Las intercalaciones de arcillolitas conforman el 49 % de la columna estratigráfica (*Ver FIGURA No. 3.2 y PLANO No. 3*).

3.2.4 Estratigrafía Local

Con base en el levantamiento geológico de campo y en la geología estructural se elaboró un modelo del subsuelo para el área, el cual destaca la secuencia estratigráfica y la disposición estructural del macizo. De gran ayuda para la elaboración de este modelo fue la base cartográfica obtenida en el levantamiento topográfico, escala 1:500.

Las secciones Geológicas que se incluyen en el Mapa Geológico Local, muestran el modelo estratigráfico generado, el cual permite apreciar que la secuencia estratigráfica esta conformada por litoarenitas y arcillolitas de la Formación Cacho. La secuencia tiene un espesor de 18.7 m y está compuesta por dos niveles de arenisca y dos de arcillolita así:

Nivel 1 (Tpcl): con un espesor calculado de 2. m, está conformado por arcillolitas plásticas morada rojizas, con presencia de minerales ferrosos y un grado alto de meteorización.
Nivel 2 (Tpca): constituído por litoarenitas feldespáticas friables, de grano fino a medio con niveles conglomeráticos, color amarillo claro, de baja resistencia, meteorizadas, diaclasadas y masivas con coloraciones rojizas producto de la alteración de minerales de hierro. El nivel tiene un espesor de 4.8 m (*Ver Fotografía No. 3.2-1*).
Nivel 3 (Tpcl): Arcillolita gris morada en capas laminares, rojiza, plástica, meteorizada, limosa, diaclasada y fracturada. Se observa trazas de biotita lavada y ferro magnesianos, contacto neto plano con las areniscas. De 6.60 m de espesor.
Nivel 4 (Tpca): constituido por litoarenitas friables feldespáticas, de grano fino a grueso, color amarillento, de baja resistencia, meteorizadas y diaclasadas; presentan una estratificación gruesa con coloraciones rojizas producto de la alteración de minerales de hierro, observándose costras ferruginosas. Se observó biotita lavada y material carbonoso, no presenta bioturbación ni material orgánico. El nivel tiene un espesor de 3.3 m (*Ver Fotografía No. 3.2-2*).

3.2.5 Depósitos Recientes

En el área analizada hay un predominio de rellenos antrópicos constituidos por desperdicios y sobrantes de construcción. El espesor individual de estos depósitos varia de 0.8 a 2.5 metros.

Otro tipo de depósito son los originados por la acumulación del material proveniente de los fenómenos de remoción en masa que han afectado los rellenos ó el suelo residual arcilloso y arenoso. El espesor de dichos depósitos puede alcanzar el metro. A continuación se hace una descripción de cada uno de estos depósitos recientes:

- Suelo Residual (Qsr)

A partir de la alteración química de la arcillolita y litoarenitas se ha formado un suelo residual arcilloso y arenoso en gran parte del talud analizado. El espesor de este suelo es variable pudiendo alcanzar el metro en la morfología más deprimida. Básicamente, aflora en la parte central del área. (*Ver FOTOGRAFÍA No. 3.2.2)*.

Fotografía No. 3.2-2
Descripción: Vista al suroccidente. Nivel de litoarenitas meteorizado de la Formación Cacho. Obsérvese el grado de fracturamiento debido a la Falla El Mochuelo.

- Depósitos de Ladera (Qdlf)

Para la cartografía detallada se han denominado depósitos de ladera (fluidos) a las acumulaciones originadas por el material proveniente de los fenómenos de remoción en masa que han afectado los rellenos ó el suelo residual arcilloso y arenoso. El espesor de dichos depósitos puede alcanzar el metro y se encuentran en la base del escarpe principal. Se diferencian del Qdl por el grado de saturación, su geoforma y el lugar donde se localizan.

- Depósitos de Ladera (Qdl)

Para la cartografía detallada se han denominado depósitos de ladera a las acumulaciones que han tenido su origen debido al material movido en forma intermitente a lo largo del talud a partir de los rellenos antrópicos.

Este depósito corresponde a las acumulaciones de residuos en una matriz arcillo arenosa en equilibrio, las cuales son de poco espesor (0.5-1.5 m) y poca extensión, a la vez que ocupa la parte central alta del escarpe; desde el punto de vista vulométrico no son fuente de problemas de estabilidad.

- Depósitos de Desperdicios (Qrb)

En esta unidad se agrupan los rellenos mal conformados y que ocupan un porcentaje importante del área en estudio. La unidad está conformada por desperdicios orgánicos y de construcción. Se han podido medir hasta 1.60 metros de espesor. Estos rellenos no fueron técnicamente conformados lo que ha dado lugar a movimientos de los mismos a lo largo de la ladera por efectos de aguas de infiltración.

- Depósitos para base (Qr)

Esta unidad agrupa los rellenos antrópicos regularmente conformados constituidos por material seleccionado y que ocupan un gran porcentaje del área en estudio. Se han podido medir hasta 1.60 metros de espesor. Estos rellenos no han dado lugar a movimientos de remoción.

3.2.6 Geología Estructural Local

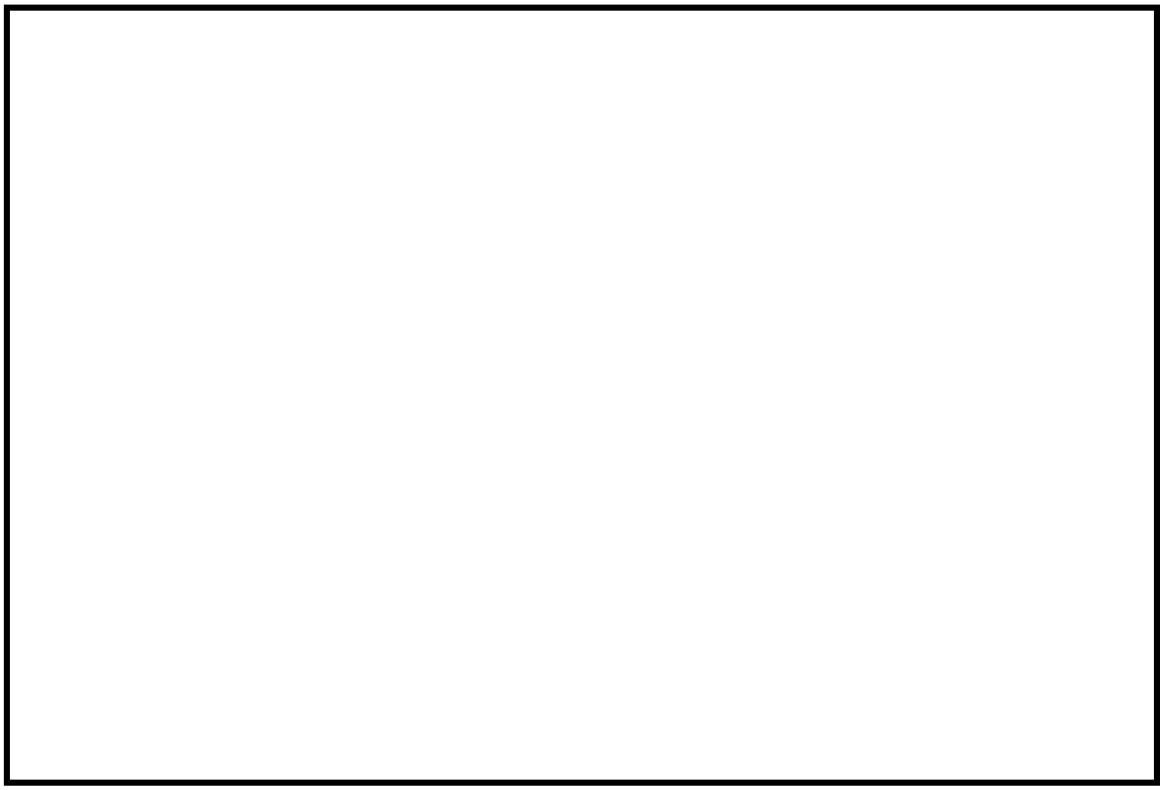
Existen una estructura importante en el área evaluada que corresponde a una falla de cabalgamiento denominada Falla El Mochuelo, en el flanco occidental del pliegue sinclinal de Usme con trazos menores correspondientes a fallas de carácter inverso, uno de estos trazos se observa en el área estudiada; el cual se describe a continuación:

- ***Falla Satélite de la Falla El Mochuelo***

El trazo principal se localiza en el centro del área de investigación sobre el escarpe. Esta estructura se prolonga al sur por varios kilómetros. Como se menciono anteriormente la Falla El

Mochuelo invierte las capas de la formación Cacho y pone en contacto cabalgante estas rocas y las de la Formación Guaduas sobre la Formación Bogotá. En el escarpe estudiado se pudo medir una zona de cizalla que varia entre 1 y 2.5 m de ancho, afectando las areniscas del nivel dos y las arcillas del nivel 3. El desplazamiento observado es menor de 50 cm no permitiendo así su representación en los cortes. (*Ver Fotografías No. 3.2-3 y 3.2-4*).

Fotografía No. 3.2.3



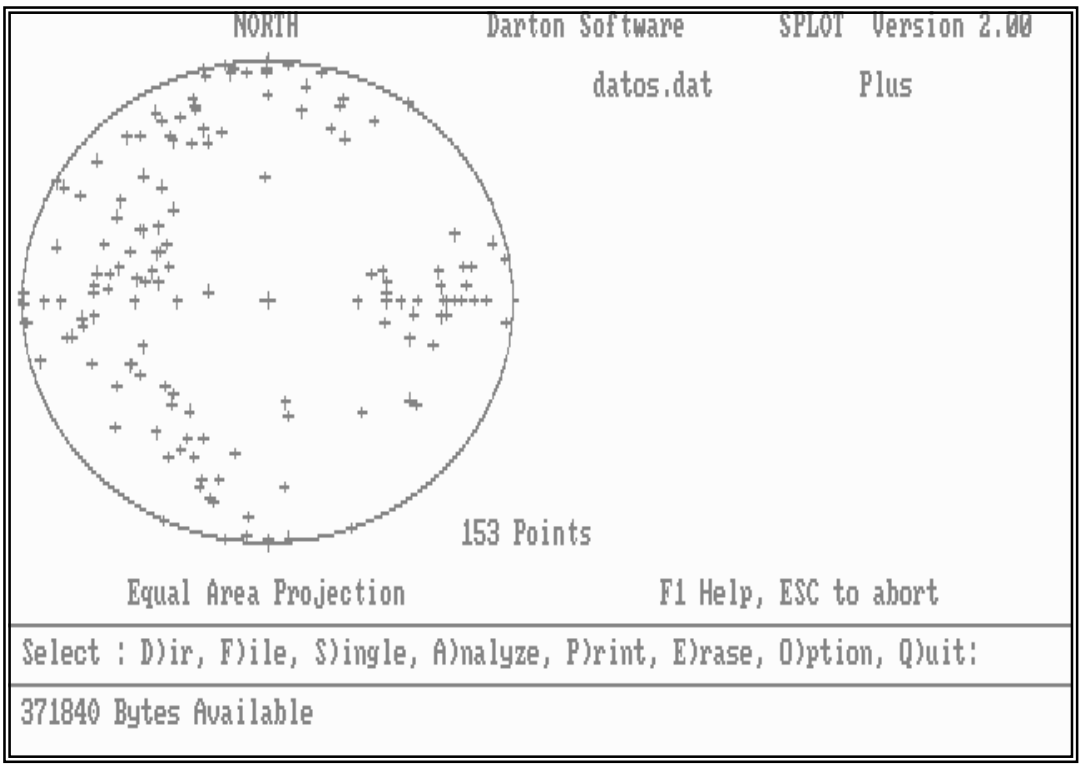
Fotografías No. 3.2-3 y 3.2-4
Descripción: Vista al Suroccidente. Zona de cizallamiento de la Falla El Mochuelo. Afectando los niveles de litoarenita y arcillolita. Obsérvese el grado de alteración de la roca.

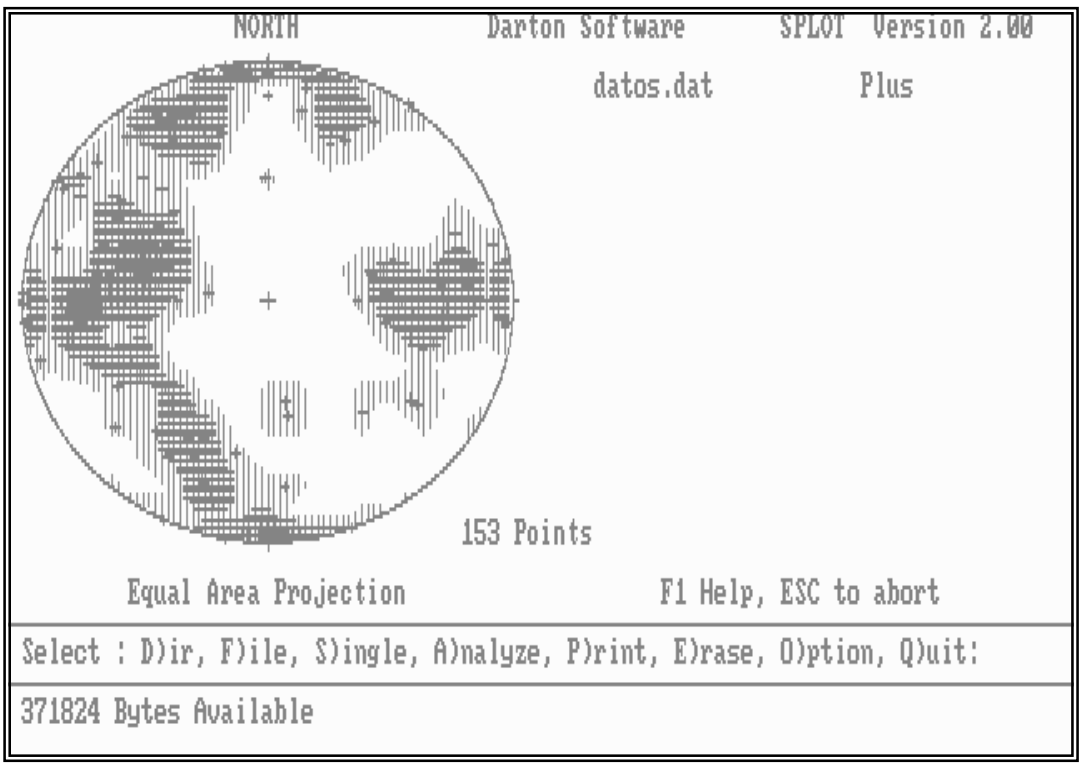
- ***Discontinuidades***

La secuencia estratigráfica tiene una actitud de estratificación al oeste inclinada en promedio 56 grados, lo cual está indicando que los estratos se encuentra en posición favorable al talud para la estabilidad, no solo por el acimut del buzamiento sino también por el grado de inclinación. El rango de variación de la estratificación se presenta mas adelante y se puede notar que a pesar de la presencia de la Falla El Mochuelo, de desplazamiento principalmente vertical, la actitud de los estratos no varía en forma notoria. Debe tenerse presente que las diaclasas han generado planos de discontinuidad desfavorables al talud. *(Ver FIGURA No. 3.3)*.

Esta falla explica el fuerte patrón de diaclasamiento. El macizo está afectado principalmente por cuatro sistemas de discontinuidades cuyas bandas están agrupadas así: (acimut/buzamiento).

Figura No 3.3 ANÁLISIS DE POLOS





Estratificación :	250/70 – 280/40
Diaclasas Principales :	30/40 – 50/65
	80/41 – 140/60
	205/75 – 227/77

Las diaclasas se caracterizan por presentar persistencia media, espaciamiento entre 30 y 5 centímetros, abertura desde cerrada hasta abierta (10 mm), secas con superficies rugosas y óxido como relleno. La rugosidad de las paredes es predominantemente ondulada suave.

El análisis detallado del comportamiento, homogeneidad e influencia de las discontinuidades sobre el comportamiento y estabilidad del macizo se realiza en el capitulo de la evaluación geotécnica del área. La inclinación del plano de la falla geológica tiene un acimut que varía entre 260 y 280, buzando entre 50 y 60 grados.

3.2.7 Hidrogeología

Los sedimentos de grano grueso tales como los que componen las Formaciones Cacho y Regadera (arenas y gravas) tuvieron espacios porales entre las partículas sedimentarias. Estos materiales son los que tienen la mayor capacidad de almacenamiento, con porosidades iniciales tan altas como 35%; pero que posteriormente cuando los sedimentos son litificados para formar rocas sedimentarias la capacidad de almacenamiento de agua se pierde debido a la adición de cemento (o matriz) entre los granos reduciendo el tamaño del poro, por ejemplo la Formación Cacho. Por otro lado, una vez formadas las rocas puede ganar porosidad debido al fracturamiento que se produce con la actividad tectónica; lo anterior se aplica para la Formación Cacho, especialmente en el sector estudiado donde la Unidad se encuentra ubicada en un escarpe fallado.

De acuerdo con las perforaciones realizadas en el área de estudio no se observó el nivel freático en ninguna de ellas. El agua observada en uno de estos sondeos y en la trinchera No. 2 corresponde principalmente a aguas servidas.

- ***Acuíferos Confinados***

Un acuífero confinado es aquel que es limitado en su parte inferior y superior por materiales impermeables y con agua a una presión significantemente mayor que la presión atmosférica.

Generalmente el agua entra al acuífero en un área de recarga y fluye hacia abajo a causa de la fuerza de gravedad a través de los poros del acuífero (las litoarenitas de la Formación Cacho). El agua en los poros en las partes profundas del acuífero está bajo grandes presiones debido al peso del agua de las partes más altas del acuífero.

En el sector que nos ocupa no es posible ubicar acuíferos confinados a poca profundidad y el escarpe asociado (antiguo frente de explotación), donde aflora la Formación Cacho tampoco se constituye en una zona de recarga.

- ***Acuíferos Libres***

Los acuíferos libres son todos aquellos localizados próximos a la superficie, sin barreras de permeabilidad que impidan un contacto libre con la tabla de agua (nivel freático) y en donde las aguas se encuentran a presión atmosférica.

Estos acuíferos son recargados esencialmente por las aguas lluvias que se infiltran a través del suelo y la cual es retenida por materiales impermeables ubicados cerca a la superficie. Estos acuíferos no se presentan en el sector. En su lugar se puede hablar de acuíferos colgados relacionados a los depósitos de ladera especialmente a los arenosos, los cuales están alimentados por aguas servidas.

- ***Zonas de Recarga***.

Un acuífero para ser adecuado necesita además ser recargado continuamente. Esta recarga se produce en los sectores ubicados en partes altas. La mayoría de las veces estas zonas de recarga se encuentran asociadas a las cabeceras de las corrientes de primer orden.

Estas zonas de recarga se caracterizan por presentar una alta precipitación y una buena cobertura vegetal que permite la retención del agua que posteriormente se percola y almacena en los espacios de las rocas (poros); que en el caso del sector de interés podrían ser las areniscas de la Formación Cacho. Aunque el trazo de la Falla El Mochuelo facilita la infiltración del agua hacia el subsuelo este escarpe no se constituye en zona de recarga por las características topográficas, litológicas y el grado de meteorización de las areniscas.

3.3. GEOMORFOLOGÍA

3.3.1. Geomorfología General

En el sector se presentan geoformas especialmente de origen estructural, correspondientes al sinclinal de Usme y al fallamiento de carácter normal e inverso, las cuales han venido evolucionando y generando morfologías inestables debido a los procesos de erosión, acumulación y de remoción en masa.

Con base en la fotointerpretación y el trabajo de campo, se identificaron geoformas relacionadas con distintos ambientes, las cuales se han agrupado en categorías desde el punto de vista morfogenético.

- Geoformas de Ambiente Denudativo (Tipo Estructural – Estructural/Denudativo)
    - Unidad de escarpes y pendiente estructural
    - Unidad de topografía y disección moderada
    - Unidad denudacional fuertemente disectada

- Unidad denudacional fuertemente disectada
- Unidad de pendientes denudativas

- Geoformas de Ambiente Fluvial
  - Aluviones
  - Terrazas

- Geoformas de Origen Antrópico
  - Rellenos
  - Cortes

3.3.2. Geomorfología Local

Básicamente en el sector estudiado existen solo geoformas generadas por la acción del hombre sobre el relieve como frentes de explotación minera, rellenos y cortes de vías.

Las laderas que están siendo cambiadas por acción del hombre y por procesos denudativos presentan mayor susceptibilidad a presentar fenómenos de remoción en masa, mientras que taludes de origen no antrópico y que han alcanzado un equilibrio, los hace menos susceptibles a la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

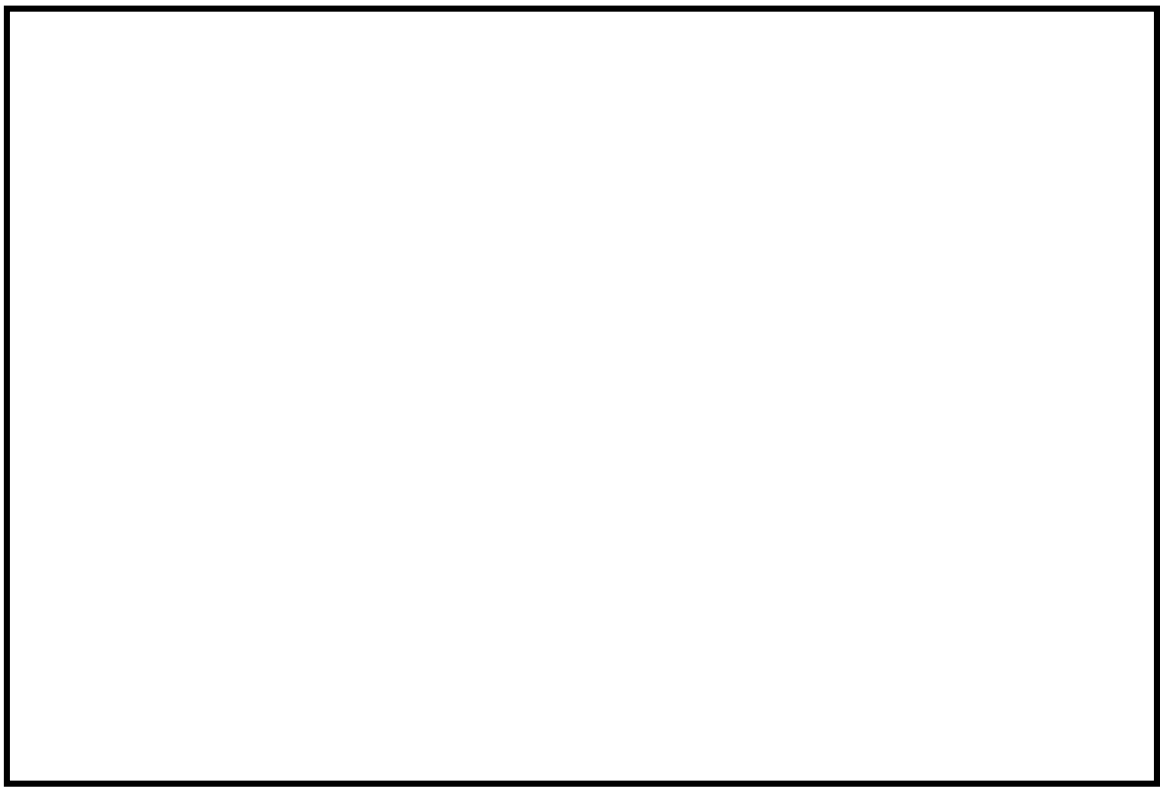
Las geoformas asociadas a los procesos antrópicos fueron consideradas como una ladera compuesta por un talud de explotación, una corona y base de rellenos o de obras civiles. Por lo tanto la principal geoforma del sector estudiado, surge como el producto de procesos de intervención antrópica y de erosión, que han originado escarpes y taludes “rugosos” en material arenoso-arcilloso.

El proceso denudativo en el sector tiene como factores condicionantes la actividad tectónica y las características fisicoquímicas de las rocas. La presencia de la Falla El Mochuelo ha fracturado densamente las areniscas y arcillolitas de la Formación Cacho facilitando la meteorización química de los feldespatos y minerales ferro magnesianos alterándolos a minerales arcillosos y óxidos respectivamente. Estos nuevos minerales van formando una delgada capa sobre la ladera que es arrastrada lentamente a la morfología deprimida del talud por acción de la lluvia.

En la zona de estudio se observaron diferentes tipos de procesos morfodinámicos que están relacionados directamente con la actividad antrópica y la acción del agua. A continuación, se relacionan los procesos morfodinámicos presentes en el área: *Ver PLANO No. 4.*

- **Flujos:** El antiguo frente de explotación presenta fenómenos de remoción en masa menores por el bajo grado de amenaza que generan y por su magnitud. Estos fenómenos se observan a lo largo del talud principal e involucran litología arenosa, arcillosa y un relleno de desperdicios. La remoción se produce inicialmente como un deslizamiento tipo rotacional que afecta los rellenos antrópicos y posteriormente, como consecuencia de la acción de aguas de escorrentía al lavar el talud, el material suelto y meteorizado fluye hasta la pata del talud.

  De acuerdo con lo anterior estos flujos son los procesos más significativos en el área de estudio. Por lo tanto cuando el contenido de humedad del suelo es lo suficientemente alto da origen a la remoción del material alterado que se encuentra sobre el talud en forma de flujo. (*Ver FOTOGRAFÍA No. 3.3-5*).

- 

Fotografía No. 3.3-5
Descripción: Vista al Sur. En el plano central el flujo del material arcillo-arenoso suelto. Nótese que a pesar de la poca magnitud del fenómeno ha afectado la vivienda.

Erosión Hídrica: Este proceso tiene lugar en las zonas donde la vegetación esta bastante disminuida por intervención antrópica, siendo los niveles arenosos los más afectados. Las geoformas están moderadamente desarrolladas; prueba de esto, es la existencia de surcos y cárcavas que cumplen la labor de drenaje.

La disposición geométrica y la heterogeneidad de los rellenos así como la morfometría aleatoria de los cortes mineros, conllevan a sectorizar o zonificar el talud en función de los procesos actuantes que a su vez dependen de la disposición de los rellenos y materiales movidos.

Morfometricamente se definen tres sectores que se asocian a la disposición y comportamiento de los materiales y hacen parte integral de cada uno de los perfiles geotécnicos siendo estos sectores comunes a lo largo del talud.

– Alta o Corona	Corresponde a la parte alta del talud conformada principalmente por rellenos o suelos residuales de poco espesor (<1 m). De pendiente baja a media, zona de aporte de material y de infiltración.
– Medio o talud	Sector de pendiente media a alta, conformada por rellenos inestables, en movimiento, y afloramientos del macizo rocoso, zona de transporte de material.
– Baja o pata talud	Configura la base del talud de corte, compuesta por rellenos de conformación o nivelación para construcción de viviendas. Zona de pendientes muy bajas, de acumulación de material.

En el *PLANO No 4* Geomorfológico se presenta el inventario de procesos y la zonificación de seis zonas geomorfológicas homogéneas. (*Ver NUMERAL No. 5.1)*.

3.4. INVENTARIO DE VIVIENDAS

Como parte de las actividades incluidas en la ejecución del estudio de riesgo, se realizó un inventario de viviendas, el cual consistió en el diligenciamiento con la ayuda de la comunidad de un formato que busca obtener la información base para el planteamiento del modelo de vulnerabilidad física de las viviendas. (*Ver ANEXO B*).

El formato fue adaptado a los alcances del estudio a través de una estructura compuesta de cuatro partes básicas: 1) Datos generales; 2) Características estructurales y de calidad constructiva de la vivienda; 3) Evaluación de los daños actuales; y 4) Aspectos socio–económicos.

La información colectada en dicho formato incluye, entre otros, datos sobre el estado actual de la vivienda, cobertura de servicios, valor estimado de los bienes y enseres, el valor estimado del predio y su área construida.

Con base en la información consultada con la comunidad, que consiste en planos a escala 1:1000 del sector, se estableció la distribución del desarrollo habitacional en el área en estudio y se ajustó con la condición actual de predios. Así se le asignó a cada predio una referencia a partir del lote y número de la manzana (Según plano). Lo anterior se desarrolló con el fin de facilitar la inclusión de la información base en el Sistema de Información Geográfico (SIG).

Se levantó la información de 38 predios de los 61 que se encuentran dentro del área estudiada. La diferencia se debe a que los predios que no presentan afectación alguna por la ocurrencia de un Fenómeno de remoción, como es el caso de la viviendas localizadas hacia la vía a El Mochuelo, no eran necesarias de inventariar.

La información de campo fue transcrita a una base de datos estructurada en aplicación ACCESS, la cual presenta un archivo de salida en aplicación EXCEl, como queda indicado en la *TABLA No. 3.1*, a partir de la cual se llevó a cabo un análisis de la condición física de cada predio con el fin de evaluar la vulnerabilidad física y el nivel de daño esperado en términos de perdidas económicas.

3.5. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Con el fin de identificar los materiales de la zona de estudio desde el punto de vista geológico y geotécnico, se realizó un programa de exploración del subsuelo, el cual está constituido por dos fases. La primera consistió en el reconocimiento de los materiales locales y los rasgos estructurales; la segunda fase consistió en una exploración a mayor profundidad y la caracterización geotécnica de los materiales.

FASE I

Esta fase consistió en la elaboración, mediante excavación manual de dos trincheras exploratorias en diferentes sectores de la zona de estudio, las cuales se presentan en la *FIGURA No. 4.1*, correspondiente al mapa de exploración. Lo anterior permitió identificar y describir los materiales originados por antiguos depósitos, rellenos, suelos residuales y afloramientos de roca. Para llevar a cabo esta fase se utilizaron formatos de “Registro de Campo”, que permitieron describir y medir los espesores de material expuesto en las trincheras. De algunas trincheras fue posible extraer muestras de material para su caracterización.

Igualmente dentro de esta fase se inició el levantamiento estructural del macizo rocoso expuesto, tomando datos de los sistemas de discontinuidades relacionadas con: orientación, separación, abertura, rugosidad, tipo de relleno, continuidad y persistencia; mediante el formato de campo diseñado para tal fin y que se anexa al presente informe.

En el *ANEXO C* se encuentran los registros diligenciados en campo de las trincheras indicando su localización georeferenciada y algunas características geométricas de las mismas, y del levantamiento estructural.

JAVIER A. MILLAN Y ASOCIADOS

TABLA No.1 INVENTARIO DE VIVIENDAS

Cód.	Ficha	No. de la manzana	No. del lote	Código del barrio o asentamiento	Dirección	Propietario	Tiempo de vivir en el barrio (Años)	Tiempo de vivir en la casa (Años)	Estado de ocupación	No. de apartamentos en la edificación	No. de familias en la edificación	No. de residentes en la edificación	Area bruta de la construcción (m2)	Area lote catastro (m2)	Número de pisos	Estado de la construc. %	Edad de la const. (Años)	Agua	Alcantarillado	Energía eléctrica	Gas	Teléfono	Calle pavimentada	Ubicación de la viv. En la ladera	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Estructura de la placa del piso	Estructura del techo
		2,2	3	2,1		4	5	6	9	10	11	12	13		14	8	15	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	17	18	19	20	21
	1	C	03	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80B - 86 SUR	DIOGENES ORTIZ	6	6	0	1	2	12	48		1	90	6	1	1	1		1			3	6		3
	2	C	05	SAN JOAQUIN		DIOGENES ORTIZ	6	6	1							0								2	1			
	3	C	06	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 17 SUR	MARIA ANGELA HERNANDEZ	1	1	0	1	1	3	28		1	100	1	1	1	1		1		1	1	5		3
	4	C	06A	SAN JOAQUIN					1							0								2	1	6		
	5	C	07	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 41 SUR	MISAEL GUTIERREZ	4	4	0	1	1	4	24		1	100	4	1	1	1		1		1	1	1		3
	6	C	08	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 30 SUR	ANA TERESA LLANO	3	1	0	1	1	4	60		1	100	1	1	1	1		1		2	2	1		3
	7	C	09	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 48 SUR	MARGOTH JIMENEZ	1,5	0,5	0	1	1	3	36		1	75	0,5	1	1	1		1		1	3	5		3
	8	C	12	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 52 SUR	MARIA ELIZABETH CASTAÑO	4	4	0	1	1	5	40		1			1	1	1		1		2		6		3
	9	E	09	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 03 SUR	TERESA DE JESUS QUINTERO			0	1	1	1	12		1	30				1		1		2	1	1		3
	10	E	01B	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 06 SUR	EISNEY RODRIGO IGLESIAS	4	4	0	2	2	10	12		1	80		1	1	1		1		2	3	6		3
	11	E	02	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 04 SUR	LEONEL CUEVAS	0,3	0,3	0	2	2	5	72		1	80	0,5	1	1	1				3	2	1		3
	12	E	03	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 02 SUR								64					1	1	1				2	1			3
	13	E	05	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80A - 12 SUR	CARLOS ALEXANDER MONTEALEGRE	2	2	0	1	1	4	30			100	1	1	1	1		1		2	1	1		3
	14	E	06	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80A - 08 SUR	JAVIER RUIZ	2	2	0	1	1	8	18		1	100		1	1	1				2		6		3
	15	E	10	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80A - 08 SUR	GUSTAVO BETANCUR							9							1						6		3
	16	E	07	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 37 SUR	OLGA LUZ PEREA FLORES	1	1	0	1	1	7	42		1	100		1	1	1		1		3	1	1		3
	17	B	15	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 46 SUR	MARIA DEL CARMEN TORRES	4	4	0	2	2	9	40		1	100		1	1	1				2		6		3
	18	B	13	SAN JOAQUIN	CLL 80C BIS Nº 17A - 40 SUR	JOSE OMAR FAJARDO	5	5	0	1	1	4	36		1	100		1	1	1		1		2	2			3
	19	B	09	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 24 SUR	REINEL JIMENEZ UNI	2	2	0	1	1	4	42		1	100	4	1	1	1				2		5		3
	20	B	07	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 18 SUR	ANA ELVIA TECANO	5	3	0	1	1	5	72		1	60		1	1	1						6		3
	21	B	05	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 12 SUR	MARCO FIDEL RODRIGUEZ	4	1	0	1	1	4	48		1	60	2	1	1	1		1		2	2	1		3
	22	B	04	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80B - 29 SUR	CAMPO ERNESTO CAÑON	0,2	0,2	0	1	1	5	72		1	100	5	1	1	1		1	1		2	1		1
	23	A	15	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 56 SUR	AMANDA GUTIERREZ R.	1	1	0	1	1	8	60		1	100	3	1	1	1				1	3	6		3
	24	A	14	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 54 SUR	BENJAMIN BAEZ SALCEDO	2	2	0	1	3	8	72		1	100	2	1	1	1		1			2	6		3
	25	B	21	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 35 SUR	FLOR MARIA SANCHEZ	6	6	0	1	2	12	72		1	50	3	1	1	1		1		1 Y 2	1 Y 2	1		3
	26	A	13	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 36 SUR	LUZ MARINA GALINDO	6	6	0	1	1	9			1	40	1	1	1	1		1		2				3
	27	A	12	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 34 SUR	HIPOLITO GUERRA	2,5	2,5	0	1	1	3	65		1	100	2,5	1	1	1		1		2	1 Y 2	1		3
	28	B	19	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 31 SUR	ALBA MARINA CRUZ	4	4	0	1	1	10	25		1	40	4	1	1	1						6		3
	29	B	18	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 25 SUR	MARIA	2	2	0	1	1	2	42		1	100	3	1	1	1				2	2	2		3
	30	B	20	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 51 SUR	ANA YANETH RIVEROS			0	1	1	4	60		1	50		1	1	1		1		1	1	1		3
	31	A	11	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 32 SUR	ANGELA BAEZ SALCEDO	2	1	0	1	1	5	36		1	20	1	1	1	1				1	3	6		3
	32	A	10	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 30 SUR	ORIOLA CASAÑEDA	3	3	0	1	1	4	20		1	10		1	1	1						6		3
	33	A	09	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 28 SUR	LUIS EDUARDO LOPEZ	4	4	0	1	1	1	66		1	100	4	1	1	1		1		1	1	1		3
	34	B	16	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 23 SUR				0				72		1	100								2	1	1		3
	35	B	14	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 43 SUR				1				72		2	100		1	1	1		1		2	1	1	1	1
	36	B	12	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 19 SUR				0				72		1	0								2	1	2	1	1
	37	A	08	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 24 SUR				0				72			100								2	1	1	1	3
	38	A	07	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 24 SUR				1							50								2	1	2		3
									-																			
									-																			
									-																			
									-																			
									-																			
									-																			
									-																			
									-																			

JAVIER A. MILLAN Y ASOCIADOS

TABLA No.1 (C) INVENTARIO DE VIVIENDAS

No. de la manzana	No. del lote	Código del barrio o asentamiento	Dirección	Propietario	Tipo de cubierta	Estado de la const.	Ha sufrido anterior-mente daño por	Inestabilidad del suelo	Localización de la viv. En la zona en mov.	Nivel de exposición	Muros portantes	Columnas	Vigas	Nudos de los pórticos	Muros de cortante	Escaleras	No. Pisos	Cubierta	Tabiques divisorios	Instala-ciones eléctricas	Instala-ciones sanitarias	Plomería Canali-zación (Gas)	Daño en toda la construc.	Monto mensual de ingresos familiares (en miles$)	Valor de bienes - enseres- (en miles$)	Valor estimado del inmueble por el propietario (en miles$)
2,2	3	2,1		4	22	23	24	25	26	27	28,1	28,2	28,3	28,4	28,5	28,6	28,7	28,8	29,1	29,2	29,3	29,4	30	A	B	C
C	03	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80B - 86 SUR	DIOGENES ORTIZ	1	2			3	1														900	2000	6000
C	05	SAN JOAQUIN		DIOGENES ORTIZ					3	2																
C	06	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 17 SUR	MARIA ANGELA HERNANDEZ	3	1			1	2									2				2	240		4000
C	06A	SAN JOAQUIN							1	2																
C	07	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 41 SUR	MISAEL GUTIERREZ	1	1			1	2														250	5000	
C	08	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 30 SUR	ANA TERESA LLANO	3	2			1	2														250		
C	09	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 48 SUR	MARGOTH JIMENEZ	3	1			1	2														500	3000	6500
C	12	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 52 SUR	MARIA ELIZABETH CASTAÑO	4	2			1	2														400	150	4000
E	09	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 03 SUR	TERESA DE JESUS QUINTERO	3	1			1	2														250		2500
E	01B	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 06 SUR	EISNEY RODRIGO IGLESIAS	3	3	24,4		1	3														200	500	5000
E	02	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 04 SUR	LEONEL CUEVAS	3	2		25,1	1	3							2						2	600	4000	10000
E	03	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 02 SUR		3	1			1	2																
E	05	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80A - 12 SUR	CARLOS ALEXANDER MONTEALEGRE	3	1			1	2														500	2000	15000
E	06	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80A - 08 SUR	JAVIER RUIZ	3	3			1	2																
E	10	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80A - 08 SUR	GUSTAVO BETANCUR	3	3			1	3																
E	07	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 37 SUR	OLGA LUZ PEREA FLORES	2	3			1	3														200	1000	
B	15	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 46 SUR	MARIA DEL CARMEN TORRES	3	3		25,1	3	3														300	120	2500
B	13	SAN JOAQUIN	CLL 80C BIS Nº 17A - 40 SUR	JOSE OMAR FAJARDO	1	1			3	3														250	2000	10000
B	09	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 24 SUR	REINEL JIMENEZ UNI	1	1	24,3		3	2															2000	5000
B	07	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 18 SUR	ANA ELVIA TECANO	3	3			3	2														250	1000	2000
B	05	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 12 SUR	MARCO FIDEL RODRIGUEZ	3	1			3	1														300	2000	20000
B	04	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80B - 29 SUR	CAMPO ERNESTO CAÑON	2	1			1	1															5000	
A	15	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 56 SUR	AMANDA GUTIERREZ R.	3	3	24,1	25,1	3	3														600	1500	7000
A	14	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 54 SUR	BENJAMIN BAEZ SALCEDO	3	3	24,3	25,1	3	2														1000	11000	12000
B	21	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 35 SUR	FLOR MARIA SANCHEZ	3	2	24,2	25,1	3	3	4	4	4					4		4	4		4	200	5000	15000
A	13	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 36 SUR	LUZ MARINA GALINDO	3	2			1	2																
A	12	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 34 SUR	HIPOLITO GUERRA	3	1	24,3		3	2														500	1000	7000
B	19	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 31 SUR	ALBA MARINA CRUZ	3	3	24,3	25,1	3	2														200	1000	12000
B	18	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 25 SUR	MARIA	1 Y 3	1			3	1																
B	20	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 51 SUR	ANA YANETH RIVEROS	3	2	24,1	25,2	3	2														250	3000	
A	11	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 32 SUR	ANGELA BAEZ SALCEDO	3	3	2		3	2														500	3000	12000
A	10	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 30 SUR	ORIOLA CASAÑEDA	3				3	1														400	500	2000
A	09	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 28 SUR	LUIS EDUARDO LOPEZ	3	1																				
B	16	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 23 SUR		3	1																				
B	14	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 43 SUR		2	1			3	1																
B	12	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 19 SUR		2	1			3	1																
A	08	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 24 SUR		3	1			3	1																
A	07	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 24 SUR		3	1			3	1																

FASE II

Esta etapa consiste en la perforación mediante equipo manual y de percusión en diferentes zonas establecidas previa observación de los resultados de la Fase I. Así, para los materiales de los depósitos de rellenos localizados en la parte alta del talud se exploraron hasta encontrar los niveles del material rocoso subyacente,. Se realizaron 6 perforaciones cuyo resultado se presentan en el *CAPITULO No. 4*.

Las perforaciones se complementaron con ensayos de corte in situ tipo SPT (prueba de penetración estándar), lo que permite establecer las características de compacidad de los rellenos y los niveles de suelo residual. En esta fase se complementó el levantamiento estructural llegando a tomar cerca de 160 datos estructurales que se presentan en la *TABLA No. 3.2*. Igualmente se extrajeron muestras para ser enviadas al laboratorio para los ensayos pertinentes, de acuerdo con los mecanismos de falla identificados. Así mismo se realizaron ensayos de propiedades índice como límites, humedad, peso unitario, carga puntual, y de resistencia geomecánica como compresión simple y corte directo.

3.6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico tiene como objetivos describir el régimen temporal y espacial de la precipitación media anual, determinar los aguaceros de corta duración con el fin de calcular los caudales máximos esperados para diseñar las obras de drenaje para la estabilización del talud en el barrio y determinar la influencia de la precipitación como agente detonante de los fenómenos de remoción en masa.

La zona de estudio está ubicada al sur occidente de Santa Fe de Bogotá, en la parte media de la Quebrada La Trompeta, la cual nace hacia los 3050 m.s.n.m y drena un área de 6 km^2 para finalmente verter sus aguas al Río Tunjuelito en la parte baja de su cuenca. Como efecto de las aguas de escorrentía por precipitación y el mal manejo de aguas servidas en el sector del Barrio San Joaquín se han generado procesos erosivos sobre la cara frontal del talud y vías de acceso al barrio que han creado zonas de acumulación de material hacia la parte baja, así mismo este material es transportado sin ningún tipo de control, ya que no existen obras de drenaje.

Para el análisis hidrológico se estudió solamente el elemento climatológico precipitación, ya que es el principal agente de la erosión hídrica y uno de los factores detonantes de los fenómenos de remoción en masa.

3.6.1. Precipitación

Con el objetivo de establecer el comportamiento climático del área de estudio se tomó la información de la estación climatológica de Santa María de Usme del IDEAM, por ser ésta la más cercana y encontrarse a una altura muy similar al área de ejecución del proyecto. La *TABLA No. 3.3* ilustra las características de dicha estación.

TABLA No 3.2 DATOS ESTRUCTURALES POR ESTACION

No.	No ESTACION	TIPO DE DATO	AZIMUT DEL BUZAMIENTO	BUZ/TO	PERSISTENCIA	ESPACIAMIENTO	ABERTURA	RELLENO	RUGOSIDAD	CONDICION DE AGUA
1	1	D	200	79	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
2		D	210	76	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
3		D	70	45	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
4		D	180	75	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	PLANAR - SUAVE	HÚMEDA
5		D	160	60	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	PLANAR - SUAVE	HÚMEDA
6		E	270	78	0	0	0	0	0	SECA
7		E	250	70	0	0	0	0	0	SECA
8		E	260	60	0	0	0	0	0	SECA
9		E	265	40	0	0	0	0	0	SECA
10	1a	E	260	73	0	0	0	0	0	SECA
11		E	270	68	0	0	0	0	0	SECA
12		E	270	73	0	0	0	0	0	SECA
13		D	100	55	DISCONTINUA (<2m)	5 cm	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	ONDULADA - RUGUSA	SECA
14		D	120	60	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	ONDULADA - RUGUSA	SECA
15		D	110	50	DISCONTINUA (<2m)	2 cm	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	ONDULADA - RUGUSA	SECA
16		D	120	50	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	ONDULADA - RUGUSA	SECA
17		D	45	45	DISCONTINUA (<2m)	5 cm	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
18		D	50	45	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
19		D	25	60	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
20		D	40	60	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
21		D	120	60	POCO CONTINUA (2-5m)	50 cm	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
22		D	136	62	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
23		F	92	89	CONTINUA (>10m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - ESPEJO DE FALLA	SECA
24		D	5	79	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
25		D	50	70	DISCONTINUA (<2m)	40 cm	MUY ABIERTA (20 - 50 mm)	ARCILLA	PLANAR - RUGOSA	SECA
26		D	200	65	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARCILLA	PLANAR - RUGOSA	SECA
27		E	260	41	0	0	0	0	0	SECA
28		E	255	40	0	0	0	0	0	SECA
29		E	270	51	0	0	0	0	0	SECA
30		D	90	45	DISCONTINUA (<2m)	5 cm	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARENA	ONDULADA - RUGUSA	SECA
31		D	100	45	DISCONTINUA (<2m)	5 cm	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
32		D	100	42	DISCONTINUA (<2m)	15 cm	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
33		D	90	45	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
34		D	95	55	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
35		D	30	60	DISCONTINUA (<2m)	30 cm	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
36	2	DM	120	39	POCO CONTINUA (2-5m)	20 cm	CERRADA	NO EXISTE	ESCALONADA - RUGOSA	SECA
37		D	20	70	DISCONTINUA (<2m)	40 cm	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARENA	PLANAR - SUAVE	SECA
38		D	25	52	DISCONTINUA (<2m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
39		D	320	50	DISCONTINUA (<2m)	SEPARADAS (1-3 m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
40		D	355	66	DISCONTINUA (<2m)	SEPARADAS (1-3 m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
41		D	150	80	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARCILLA	ONDULADA - SUAVE	SECA
42		D	160	78	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARCILLA	ONDULADA - SUAVE	SECA
43		E	280	40	0	0	0	0	0	SECA
44		D	350	35	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARENA	ONDULADA - SUAVE	SECA
45	3	D	12	54	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	PLANAR - SUAVE	SECA
46		D	15	65	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	PLANAR - SUAVE	SECA
47		D	32	65	POCO CONTINUA (2-5m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
48		D	180	89	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARCILLA	PLANAR - SUAVE	SECA
49		D	180	85	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - RUGOSA	SECA
50		D	190	80	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - RUGOSA	SECA
51		D	185	88	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARCILLA	ONDULADA - SUAVE	SECA
52		D	90	30	POCO CONTINUA (2-5m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
53		D	105	40	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARCILLA	ONDULADA - RUGUSA	SECA
54		D	110	35	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARCILLA	ONDULADA - RUGUSA	SECA
55		D	60	50	DISCONTINUA (<2m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	HÚMEDA
56		D	70	45	DISCONTINUA (<2m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
57		D	130	80	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
58		D	120	89	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
59		D	120	85	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
60		D	90	89	DISCONTINUA (<2m)	10 cm	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARENA	PLANAR - SUAVE	SECA
61		D	85	89	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARENA	PLANAR - SUAVE	HÚMEDA
62		D	25	90	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
63		D	5	87	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
64		D	100	37	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA

No.	No ESTACION	TIPO DE DATO	AZIMUT DEL BUZAMIENTO	BUZ/TO	PERSISTENCIA	ESPACIAMIENTO	ABERTURA	RELLENO	RUGOSIDAD	CONDICION DE AGUA
65	4	E	265	70	0	0	0	0	0	SECA
66		E	275	50	0	0	0	0	0	SECA
67		D	100	45	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
68		D	100	60	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
69		D	30	55	POCO CONTINUA (2-5m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
70		D	10	90	POCO CONTINUA (2-5m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
71		D	305	63	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
72		E	270	61	0	0	0	0	0	SECA
73		D	115	40	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
74		D	200	75	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
75		E	275	60	0	0	0	0	0	0
76		DM	103	52	0	7 cm	CERRADA	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - SUAVE	SECA
77		D	35	46	0	6 cm	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - SUAVE	SECA
78		D	16	74	0	7 - 10cm	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - SUAVE	SECA
79		D	172	88	0	7 -10 cm	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - SUAVE	SECA
80		D	305	60	0	0	0	0	0	0
81		D	193	87	0	20 cm	0	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - RUGUSA	SECA
82		D	138	54	0	0	0	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - RUGUSA	SECA
83		D	114	41	0	MUY JUNTAS (<5 cm)	0	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - SUAVE	SECA
84		DM	43	48	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	0	0	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - RUGUSA	SECA
85		D	82	65	0	0	0	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - RUGUSA	SECA
86		D	171	85	0	0	0	NO EXISTE	0	0
87		D	172	87	0	0	0	NO EXISTE	0	0
100		D	95	60	POCO CONTINUA (2-5m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	ABIERTA (5 - 20 mm)	ARENA	ONDULADA - SUAVE	SECA
101		D	90	80	0	0	0	NO EXISTE	0	SECA
102		D	85	65	0	0	0	NO EXISTE	0	SECA
103		D	90	73	POCO CONTINUA (2-5m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	ABIERTA (5 - 20 mm)	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
104		D	60	60	DISCONTINUA (<2m)	0	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ÓXIDOS HIERRO	0	SECA
105		E	265	60	0	0	0	NO EXISTE	0	0
106		E	270	65	0	0	0	NO EXISTE	0	0
107		E	270	62	0	0	0	NO EXISTE	0	0
108		D	205	64	DISCONTINUA (<2m)	0	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
109		DM	20	67	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
110		DM	15	75	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
111		D	15	65	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
112		DM	125	45	DISCONTINUA (<2m)	0	0	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
113		DM	85	88	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
114		D	170	90	POCO CONTINUA (2-5m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
115		DM	215	90	POCO CONTINUA (2-5m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
116		D	355	88	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	PLANAR - RUGOSA	SECA
117		D	355	88	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	PLANAR - RUGOSA	SECA
118		D	93	60	DISCONTINUA (<2m)	10 cm	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	PLANAR - RUGOSA	SECA
119		D	125	62	DISCONTINUA (<2m)	0	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
120	4A	DM	165	62	DISCONTINUA (<2m)	3 cm	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
121		D	160	65	DISCONTINUA (<2m)	0	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
122		D	100	20	DISCONTINUA (<2m)	0	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
123		D	350	40	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
124		D	160	74	DISCONTINUA (<2m)	0	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
125		D	143	75	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
126		D	155	73	0	0	0	NO EXISTE	0	0
127		D	165	87	0	0	0	NO EXISTE	0	0
128		D	140	78	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	0	0	NO EXISTE	0	0
129		D	70	65	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
130		D	80	70	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
131		D	80	72	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
132		D	275	87	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
133		D	75	85	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
134		D	155	62	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
135		D	65	52	DISCONTINUA (<2m)	0	CERRADA	ARENA	ONDULADA - SUAVE	SECA
136		D	0	89	0	0	0	NO EXISTE	0	0
137		D	340	90	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	0	0	NO EXISTE	0	0
138		D	105	78	DISCONTINUA (<2m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
139		D	120	77	DISCONTINUA (<2m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
88	5	D	120	60	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - RUGOSA	SECA
89		D	180	87	DISCONTINUA (<2m)	5 cm	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - RUGOSA	SECA
90		D	175	85	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - RUGOSA	SECA

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA Y DISEÑO DETALLADO DE OBRAS DE PROTECCION Y CONTROL EN EL BARRIO SAN JOAQUÍN, LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

No.	No ESTACION	TIPO DE DATO	AZIMUT DEL BUZAMIENTO	BUZ/TO	PERSISTENCIA	ESPACIAMIENTO	ABERTURA	RELLENO	RUGOSIDAD	CONDICION DE AGUA
91		D	260	70	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - RUGOSA	SECA
92		E	270	30	0	0	0	0	0	SECA
93		E	285	50	0	0	0	0	0	SECA
94		E	275	50	0	0	0	0	0	SECA
95		D	85	60	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
96		D	150	75	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
97		D	165	90	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	10 cm	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - RUGUSA	SECA
98		D	274	62	0	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - RUGUSA	0
99		D	65	51	0	20 cm	CERRADA	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - RUGUSA	0
140		E	285	59	0	0	0	0	0	0
141		E	270	45	0	0	0	0	0	0
142		E	270	40	0	0	0	0	0	0
143		F	150	66	0	0	0	0	ONDULADA - ESPEJO DE FALLA	0
144		D	160	75	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	0	NO EXISTE	0	0
145		D	150	68	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	ONDULADA - SUAVE	SECA
146		D	260	88	POCO CONTINUA (2-5m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	ONDULADA - SUAVE	SECA
147		D	135	45	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
148		D	255	36	POCO CONTINUA (2-5m)	0	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARCILLA	ONDULADA - SUAVE	SECA
149		F	255	84	0	0	0	NO EXISTE	0	0
150		F	120	49	0	0	0	NO EXISTE	ONDULADA - ESPEJO DE FALLA	0
151		F	110	60	0	0	0	NO EXISTE	ONDULADA - ESPEJO DE FALLA	0
152		E	179	43	0	0	0	0	0	0
153		D	190	69	DISCONTINUA (<2m)	0	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARCILLA	ONDULADA - SUAVE	0

CONVENCIONES:

TIPO

D: DIACLASA

DM:DIACLASA MAESTRA

F: FALLA

E: ESTRATIFICACIÓN

TABLA 3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE SANTA MARÍA DE USME

CÓDIGO	2120124
CUERPO DE AGUA	TUNJUELITO
COORDENADAS	89046N – 96036E
ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	2800
MUNICIPIO	STA FE BOGOTA
PERIODO DE REGISTRO	1978 – 1997
DEPARTAMENTO	CUNDINAMARCA

En la zona se presenta un régimen de precipitación caracterizado por lluvias de baja intensidad y larga duración, que obedece a la formación de cinturones de nubes generados por la condensación del aire húmedo procedente de la Amazonia, durante el movimiento regular de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT: sector de la parte tropical donde convergen las masas de aire o corrientes de aire húmedo provenientes de los hemisferios norte y sur), y de otro lado por las Ondas del Este, procedentes del océano Atlántico Venezolano y noreste colombiano (Catatumbo), lo que sucede especialmente hacia los meses de Julio, Agosto y Septiembre.

Dicha particularidad permite que exista una continuidad entre el invierno provocado por la ZCIT cuando baja en Abril-Mayo al Ecuador y cuando regresa hacia los meses de Octubre y Noviembre al Atlántico, generando en la zona andina un Régimen bimodal de precipitación.

En el barrio San Joaquín la precipitación promedio multianual alcanza un valor de 663.9 mm con una distribución temporal que tiene su primer período húmedo entre los meses de Marzo, Abril y Mayo, con este último como el mes más lluvioso del periodo con 92.3 mm de precipitación media mensual multianual. Los meses de Octubre y Noviembre corresponden al segundo período de lluvias, siendo el mes de Octubre el más extremo con 68.6 mm de precipitación media mensual multianual. La temporada de sequía cubre dos períodos, el más seco de ellos comprendido entre Diciembre y Febrero, y donde Enero es el mes más seco, con 15.5 mm de precipitación media mensual multianual. (*FIGURA No. 3.4*)

3.6.2. Precipitación de corta duración – Curva de intensidad – Duración – Frecuencia

La forma más común para determinar los eventos de lluvia a usarse en un diseño parte de la utilización de una tormenta de diseño que involucre una relación entre la intensidad de la lluvia, obtenida a partir de la profundidad de la precipitación en un delta de tiempo, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio. Dicho de esta manera las curvas IDF son representaciones de una tormenta o evento máximo para un sitio o localidad para efectos del diseño de obras hidráulicas. A continuación se explica el procedimiento para la obtención de las curvas IDF.

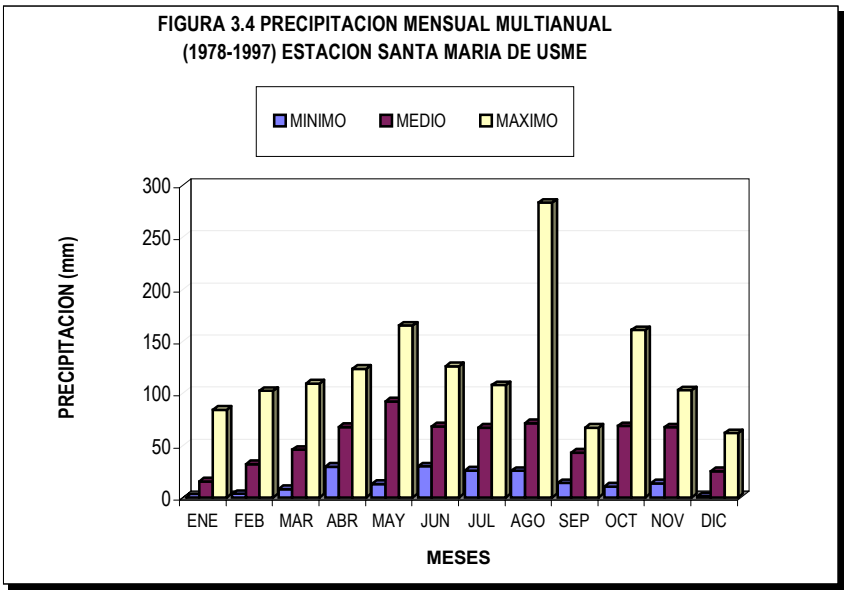


FIGURA 3.4 PRECIPITACION MENSUAL MULTIANUAL (1978-1997) ESTACION SANTA MARIA DE USME

Para, la determinación de la curva generalizada IDF se utilizó el método de Kothyia y Garde (1982), el cual se basa en la siguiente expresión:

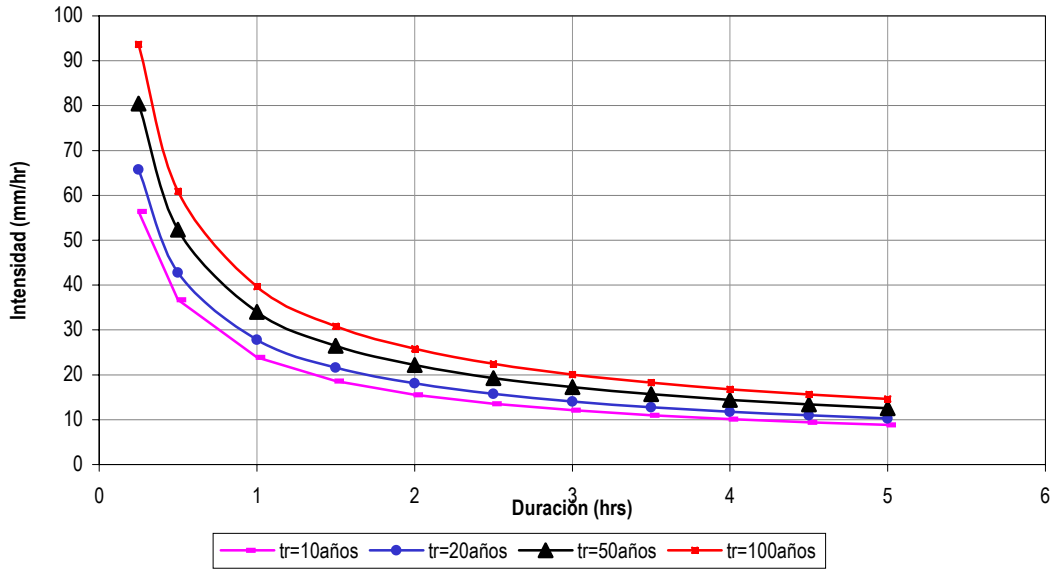
$$I = \frac{0.65 T_r^{0.22}}{t^{0.62}} \left(R_2^{24h} \right)^{0.92}$$

Donde:

Tr es el período de retorno en años, *t* es la duración del aguacero en horas y R_2^{24h} es la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de 2 años, que se obtiene a partir del análisis de frecuencias de los datos de precipitación máxima en 24 horas tomados por el **IDEAM** en la estación pluviométrica:

Del análisis realizado para el área de proyecto se obtuvo R_2^{24} = 29 mm; con este valor se establecieron las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para el área de estudio las cuales se muestran en la *FIGURA No. 3.5*

FIGURA 3.5 CURVAS GENERALIZADAS IDF



- ***Hietogramas de Precipitación en la zona de estudio***

Los hietogramas de precipitación (totales y de excesos) fueron deducidos para diferentes períodos de retorno y muestran el comportamiento de la precipitación para un aguacero de tiempo t, definiendo como variable de diseño la relación lluvia-caudal que finalmente queda representada en el hietograma de precipitación de excesos. La relación lluvia caudal establece qué porcentaje de precipitación se convierte en caudal efectivo de escorrentía en la zona del proyecto.

Para determinar los hietogramas se utilizó la información generada de las curvas IDF, para este caso se tomó la información proveniente de las curvas para 20, 50 y 100 años de periodo de retorno, la cual a su vez proviene de los registros de precipitación máxima en 24 horas. Para la definición de la relación lluvia-caudal se aplicó el método de Ven Te Chow, el cual fue adaptado a las condiciones y características de la región en estudio.

Continuando con el procedimiento se utilizó el método del bloque alterno considerando intervalos de tiempo de media hora para un aguacero de duración 4 horas; a partir de ellos se obtuvo el hietograma de precipitación total para los tres periodos de retorno considerados y que se muestran en la *FIGURA No. 3.6*. Para la determinación del hietograma de precipitación de excesos se aplicó el método del Soil Conservation Service (1972) que considera la precipitación de excesos como una función de la precipitación total y las abstracciones, las cuales

representan la cantidad de lluvia que no se convierte en escorrentía directa, la siguiente expresión define la precipitación de excesos:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

donde, P es la precipitación Total, Pe es la precitación de excesos y S son las abstracciones las cuales a su vez se obtienen de:

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10\right)$$

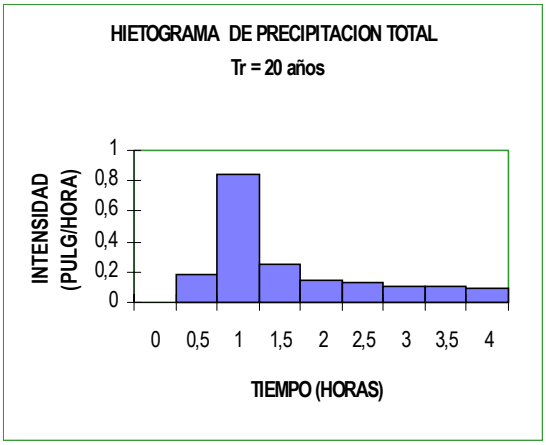
En la cual CN es el número de curva que está en función de la cobertura vegetal y el uso del suelo en la zona del proyecto, haciendo uso de los mapas temáticos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi e Ingeominas, se estima el valor del CN (número de curva) según la tabla 5.5.2. del texto Hidrología aplicada de Ven Te Chow, propio de áreas abiertas residenciales del grupo hidrológico de suelos C, con un valor de 89.

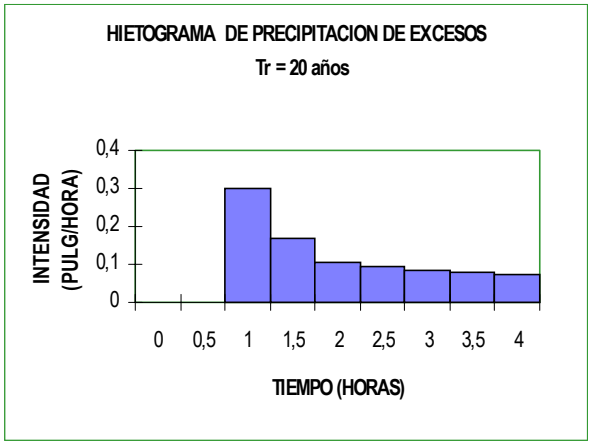
Así, se obtiene:

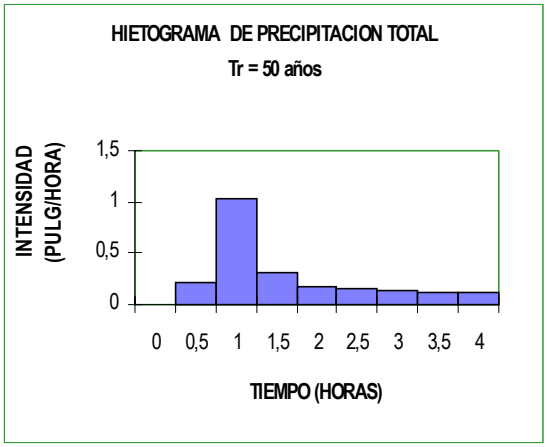
S = (1000/89-10)=1.24

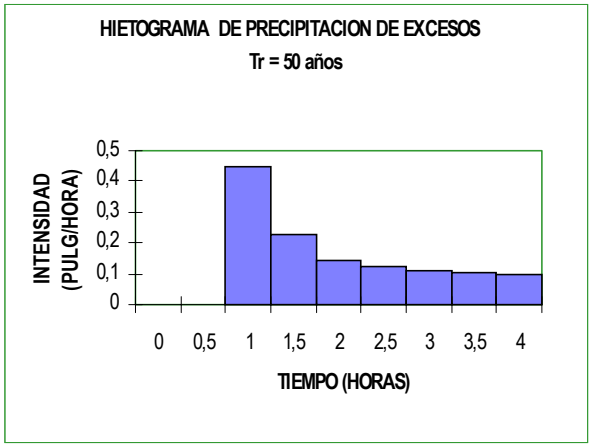
El procedimiento de cálculo efectuado para las condiciones del área se refleja en los hietogramas de precipitación total y de excesos ilustrados mediante la *FIGURA No. 3.6*.

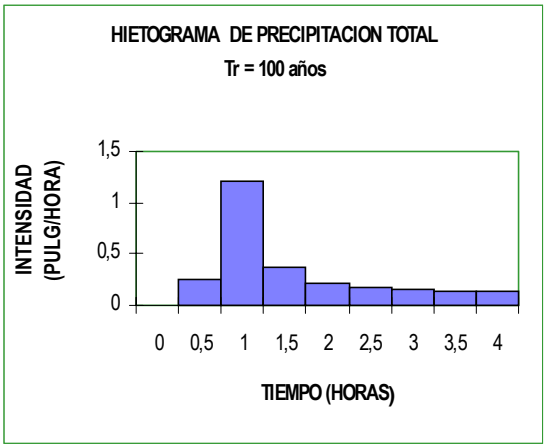
FIGURA 3.6 RESUMEN DE HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL Y EFECTIVA

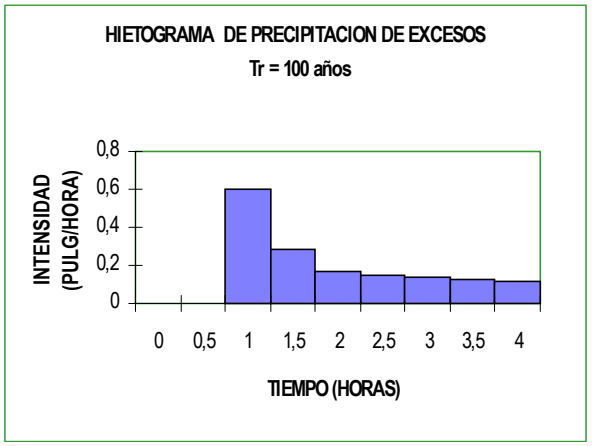












3.6.3. Relación de Precipitación Crítica - Duración que Disparan Movimientos en Masa

Para determinar la relación precipitación critica - duración, se utilizó el "Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Varias Localidades de Santafé de Bogotá" (INGEOCIM - UPES, 1998), realizado por la firma INGEOCIM Ltda para la Unidad de Atención y Prevención de Desastres (UPES) de Santafé de Bogotá.

En este estudio se encontró que la ciudad de Santafé de Bogotá se puede dividir en dos zonas a partir de la lluvia critica y de la duración, con las siguientes ecuaciones:

Zona Suroccidental

LLcrit = 0.3609 * LLan

Cerros Orientales

LLcrit = 12.6326 + 0.3609 * LLan

Donde:

LLcrit = lluvia crítica en mm

LLan = lluvia anual en mm

Zona Suroccidental

$D = 3.2829 * LLcrit^{0.4157}$

Cerros Orientales

D = 0.04923 * LLcrit

Donde:

D = Duración en días.

El sector de estudio corresponde a la zona sur occidental obteniéndose una precipitación critica de 263.4 mm y una duración de 30 días.

De acuerdo con esos resultados, se puede concluir que los fenómenos de remoción en masa que ocurren en el sector no tienen como factor detonante principal la precipitación, ya que la probabilidad de ocurrencia de la precipitación critica es muy baja, tan solo en 3.3 %.

TABLA DE CONTENIDO

4. INTRODUCCIÓN _____ 1

4.1 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO. _____ 1
4.1.1. Perforaciones y Levantamiento Estructural _____ 1
4.1.2. Ensayos de Laboratorio. _____ 2
4.1.3. Ensayos in situ. _____ 2

4.2. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA _____ 20
4.2.1. Macizo Rocoso _____ 20
4.2.2. Material rocoso. _____ 20
4.2.3. Suelos Residuales de cobertura (Qsr) _____ 29
4.2.4. Depósitos recientes (Qrb, Qdl) _____ 30

4.3. MECANISMOS DE FALLA _____ 30

4.4. EVALUACIÓN DE AGENTES DETONANTES. _____ 31
4.4.1 Lluvias _____ 31
4.4.2. Sismos _____ 32

CAPITULO 4
EVALUACIÓN GEOTECNICA

4. INTRODUCCIÓN

Con base en la información base descrita en el Capítulo anterior, se continuó el Estudio Geotécnico del sector, para lo cual fue muy útil el conocimiento detallado de la geología y de los procesos geomorfológicos, así como la exactitud del mapa base.

4.1 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO.

La investigación del subsuelo se inició con el trabajo de campo y reconocimiento de la geología local, haciendo énfasis en geología para ingeniería y en la identificación de los procesos denudativos que afectan el área estudiada. Una vez establecidas las unidades de roca, suelo y depósitos antrópicos que afloran, y sus condiciones de estabilidad, se estableció el programa de exploración. De esta forma, la exploración se lleva a cabo por medio de dos etapas o fases, indicadas en el capítulo anterior, *NUMERAL 3.5*.

Con la inspección geológica y con los resultados del levantamiento estructural y de las perforaciones, se estableció el modelo estratigráfico y Geotécnico de las laderas que conforman la zona estudiada, y se realizó una adecuada clasificación geomecánica de los diferentes materiales y taludes.

4.1.1. Perforaciones y Levantamiento Estructural

La exploración del subsuelo se realizó mediante la ejecución de 2 trincheras, 6 perforaciones y 5 estaciones para levantamiento estructural. Su localización y cubrimiento en el área se puede observar en la *FIGURA No. 4.1* mientras que sus registros se presentan en el *ANEXO C*.

Mediante una detenida inspección de trincheras, se caracterizaron los materiales que conforman los taludes mineros. El procedimiento implementado consistió en destapar y limpiar los taludes seleccionados para exponer los materiales en condición fresca, este recurso se combinó en los sitios que lo permitían, con la profundización de la investigación mediante perforaciones en la base de la trinchera, tratando de establecer la continuidad del perfil encontrado.

Las 6 perforaciones se llevaron a cabo con equipo mecánico de avance con broca helicoidal y se complementaron con ensayos *in situ* de penetración estándar (SPT). Con base en los cuales se estimaron parámetros de resistencia de los diferentes materiales *(Ver FIGURAS Nos. 4.2. a 4.7)*. Igualmente, se obtuvieron muestras inalteradas de los materiales arcillosos y alteradas de los rellenos y materiales limo arcillosos o areno arcillosos.

Teniendo en cuenta el grado de exposición del macizo rocoso en la base del talud, se adelantó una toma de datos estructurales con predominio de materiales arenosos, que permitió conocer la orientación promedio (rumbo y buzamiento), y características como persistencia, espaciamiento, abertura, relleno y rugosidad de los planos de diaclasamiento y estratificación; al igual que la información necesaria para la clasificación del macizo rocoso por el método de RMR . (*Ver TABLA No. 3.2 y FIGURA No 4.8*).

4.1.2. Ensayos de Laboratorio.

Con base en los resultados iniciales de la investigación de la Fase I, se definieron los puntos y niveles de muestreo, lográndose una adecuada representación de todos los materiales encontrados. Es así como se tomaron muestras alteradas en bolsa, generalmente de la matriz de los depósitos tipo relleno, se recuperaron muestras del ensayo de Penetración estándar y se obtuvieron muestras inalteradas en tubo de pared delgada tipo shelby en aquellos niveles de materiales más blandos y arcillosos y en bloque para la litoarenita.

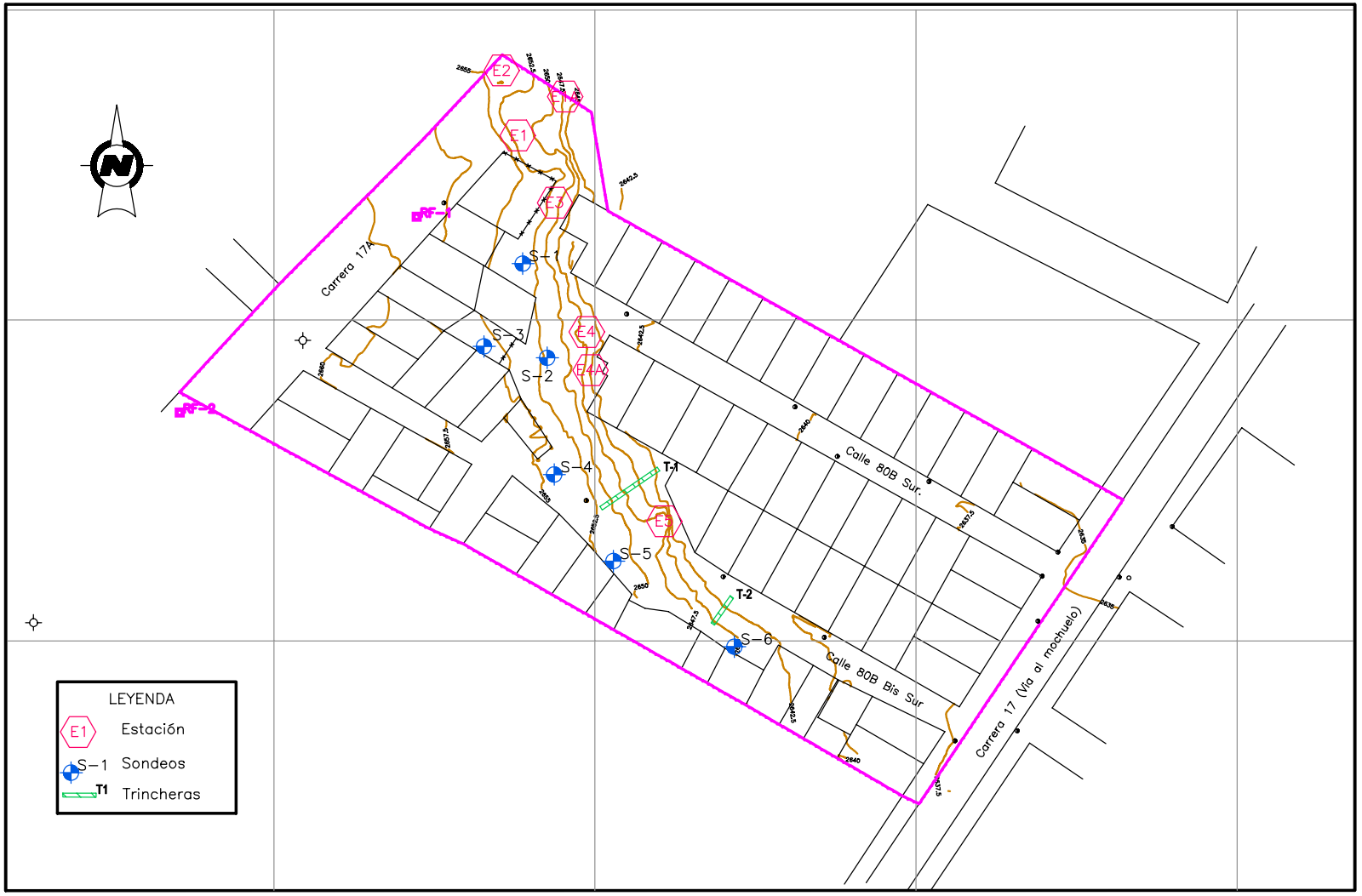
Las muestras obtenidas se identificaron visualmente y, con base en la estratigrafía obtenida, se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio, el cual consistió en la ejecución de pruebas para clasificación (límites de consistencia (11), determinación del contenido de humedad natural (22) y el peso unitario (18); sobre las muestras inalteradas se llevaron a cabo además, pruebas de compresión simple (2), corte directo (2 muestras, tres puntos por muestra) y carga puntual (2 muestras litoarenita). En la *TABLA No. 4.1* se presenta el resumen general de resultados, mientras el *ANEXO D* contiene los resultados de cada ensayo de laboratorio.

4.1.3. Ensayos in situ.

Teniendo en cuenta la heterogeneidad de los materiales que conforman los depósitos producto de los procesos de inestabilidad que afectan al sector, se acudió al ensayo de penetración estándar para la caracterización geomecánica de los diferentes estratos, así: se adelantaron pruebas de SPT en forma continua en las diferentes perforaciones y en cada tipo de material identificado.

Una vez establecidos los valores de campo se realizaron las correcciones por confinamiento y longitud de varillaje, y se normalizaron los valores de campo. Utilizando el método de estimación de parámetros efectivos de resistencia con SPT establecido por González 1997, para cada material muestreado se le estimó los parámetros de resistencia. La *TABLA No. 4.2* muestra los resultados obtenidos para los diferentes materiales ensayados.

Igualmente, se adelantó en campo la clasificación del macizo rocoso según lo establecido por Hoek, 1995, definiendo el Índice de Calidad del Macizo (**GIS**) en los sectores en que se expone, principalmente en la base del talud sobre el nivel de litoarenita de la Formación Cacho.



Secretaria
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA
ESTUDIOS DE RIESGO & SIG

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCION Y ESTABILIZACION EN EL BARRIO CARRIZAL DE SAN JOAQUIN
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR
SANTAFE DE BOGOTA

CONTRATO No. CCS-270/00

EXPLORACION DEL SUBSUELO

FUENTE: TOPOGRAFIA NOVIEMBRE DE 2000
TOPOGRAFIA: TOP. JOSE PINEDA MAT.00-1988
INTERVENTORIA : INGEMETRICA LTDA.

CONVENCIONES

CURVA DE NIVEL 2945
PREDIO 9
POZO ALCANTARILLADO
POSTE ALUMBRADO
POSTE TELEFONO
POSTE ENERGIA
PUNTO TOPOGRAFICO DS
AREA DE ESTUDIO

10 50 100 150 200 250
ESCALA GRAFICA EN METROS

ESCALA 1:1000

DICIEMBRE 2000

FIGURA 4.1

FIGURA No 4.8 CARACTERISTICAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES

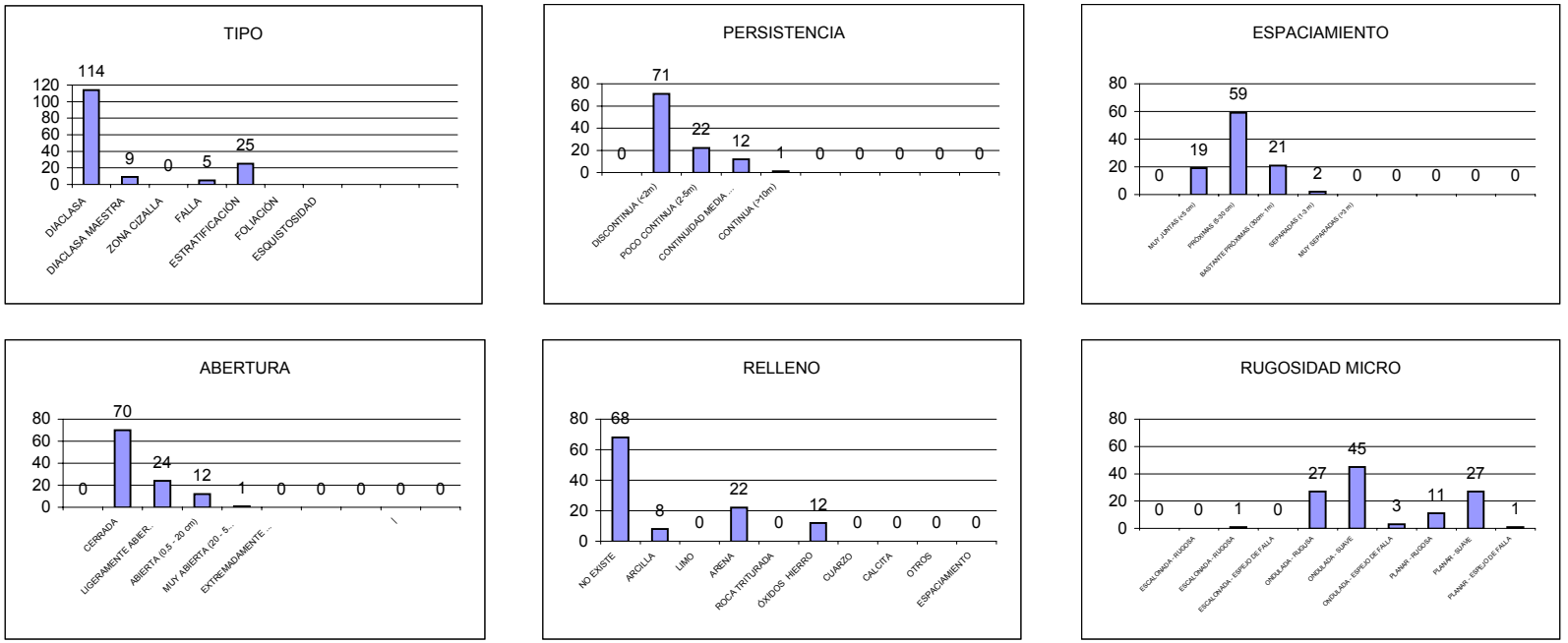


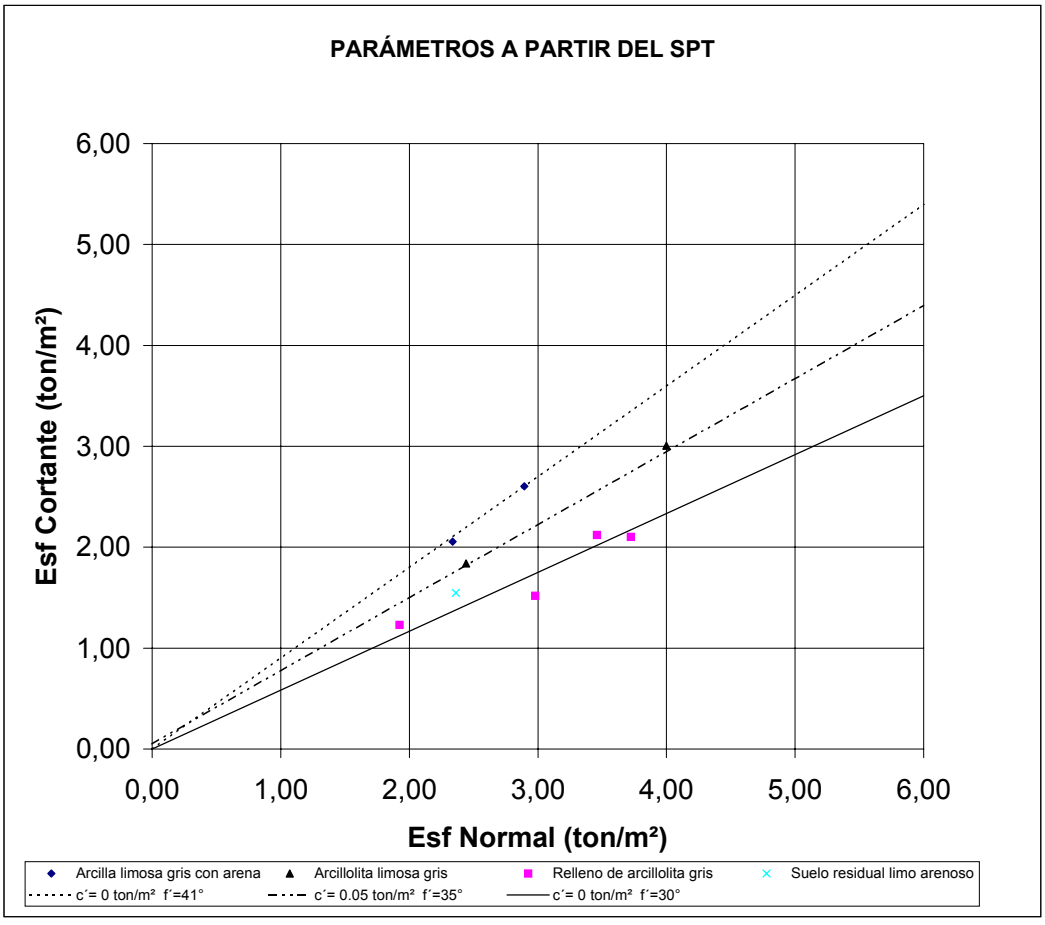
TABLA No. 4.1. RESUMEN REGISTRO DE CAMPO Y RESULTADOS DE LABORATORIO

													LÍMITES						COMPRESIÓN INCONFINADA		CARGA PUNTUAL		CORTE DIRECTO					
	MUESTRA		PROF (m)		Prof.						γ	γc.	LL	LP	IP	Wn	% T200	USC	Qu	E	Is, C. Puntual	σ´c	c´	ϕ´	c´r	ϕ´r	SPT, N_{70}	SPT, N
SONDEO	No.	TIPO	Inicial	Final	prom.	Espesor (m)			MATERIAL	Fm G.		(ton/m³)	(ton/m³)	(%)	(%)	(%)	(%)			(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(°)	(kg/cm²)	(°)	golpes/pie	golpes/pie
1			0,00	0,50	0,25	0,500	0,000	Relleno arcillo-limoso habano	Qrb	1		1,700																
1			0,50	0,90	0,70	0,400	0,000	Relleno arcilloso habano	Qrb	1		1,700																
1			0,90	1,10	1,00	0,200	0,000	Limo	Qrb	7		1,700																
1	M1	SS	1,10	1,55	1,33	0,225	0,225	Arcilla limosa gris con arena	Qsr-Tpca	2	2,079	2,079	42,9	18,8	24,1	14,2	56,0	CL									63	31
1			1,55	1,60	1,58	0,050	0,000	Arcilla limosa gris con arena	Qsr-Tpca	2		2,019																
1	M2	SS	1,60	2,05	1,83	0,225	0,225	Arcilla limosa gris con arena	Qsr-Tpca	2		2,019															71	35
2			0,00	0,90	0,45	0,900	0,000	Relleno arcillo-limoso gris (Qdl)	Qdl	1		1,700																
2	M1	SS	0,90	1,10	1,00	0,100	0,100	Relleno de arcillolita gris	Qrb	1	2,089	1,755				12,5											18	9
2	M1	SS	1,10	1,35	1,23	0,125	0,125	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3	2,089	1,755				12,5											26	13
2			1,35	1,60	1,48	0,250	0,000	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3		1,750																
2	M2	SS	1,60	2,05	1,83	0,225	0,225	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3	2,098	1,762				15,8											15	7
2			2,05	2,10	2,08	0,050	0,000	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3		1,760																
2	M3	SS	2,10	2,55	2,33	0,225	0,225	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3	2,082	1,749	42,2	19,4	22,8	17,7		CL									29	14
2			2,55	2,60	2,58	0,050	0,000	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3		1,750																
2	M4	SS	2,60	2,80	2,70	0,100	0,100	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3	2,082	1,749															22	11
2	M4	SS	2,80	3,05	2,93	0,125	0,125	Arcillolita limosa gris	Tpcl	4	2,224	2,224				9,1											52	26
3			0,00	1,00	0,50	1,000	0,000	Relleno arcillo-limoso habano	Qrb	1		1,700																
3	M1	SH	1,00	1,20	1,10	0,100	0,100	Arcillolita limosa gris rojiza	Ktg	14		2,200	53,8	26,5	27,3	19,1		CH										
3	M1	SH	1,20	1,40	1,30	0,100	0,100	Arcillolita limosa gris rojiza	Ktg	14		2,200	53,8	26,5	27,3	19,1		CH										
3	M2	SS	1,40	1,85	1,63	0,225	0,225	Arcillolita limosa gris rojiza	Ktg	14	2,252	2,252				14,3											77	38
4			0,00	0,70	0,35	0,700	0,000	Relleno limo-arcilloso gris	Qrb	1		1,700																
4			0,70	0,80	0,75	0,100	0,000	Suelo residual limo arenoso	Qsr-Tpca	5		2,000																
4	M1	SH	0,80	1,10	0,95	0,150	0,150	Suelo residual limo arenoso	Qsr-Tpca	5	2,068	2,068				14,2	44,0	SC										
4	M1	SH	1,10	1,20	1,15	0,050	0,050	Suelo residual limo arenoso	Qsr-Tpca	5	2,068	2,068				14,2	44,0	SC										
4	M2	SS	1,20	1,65	1,43	0,225	0,225	Suelo residual limo arenoso	Qsr-Tpca	5	2,016	2,016				13,9											30	15
4			1,65	1,70	1,68	0,050	0,000	Suelo residual limo arenoso	Qsr-Tpca	5		2,000																
4			1,70	1,80	1,75	0,100	0,000	Litoarenita habana clara	Tpca	6		2,050																
4	M3	SS	1,80	2,25	2,03	0,225	0,225	Litoarenita habana clara	Tpca	6	2,061	2,061				9,7											85	42
5			0,00	0,80	0,40	0,800	0,000	Relleno limoso café	Qrb	1		1,700																
5	M1	SH	0,80	1,20	1,00	0,200	0,200	Arcillolita limosa gris	Tpcl	4	2,192	2,192	32	18,6	13,4	10,4		CL										
5	M2	SS	1,20	1,35	1,28	0,075	0,075	Arcillolita habana	Tpcl	4	2,146	2,146	36,6	17,7	18,9	11,5		CL										
5	M2	SS	1,35	1,65	1,50	0,150	0,150	Arcillolita habana	Tpcl	4	2,146	2,146															44	22
6			0,00	0,65	0,33	0,650	0,000	Relleno limoso	Qrb	1		1,700																
6			0,65	1,00	0,83	0,350	0,000	Suelo residual	Qsr-Tpca	7		2,000																
6	M1	SH	1,00	1,40	1,20	0,200	0,200	Arcilla limosa habana	Qsr-Tpca	12	2,075	2,075	26,3	14,2	12,1	15,6		CL	5,57	90,2								
6	M2	SS	1,40	1,85	1,63	0,225	0,225	Arcilla limosa habana	Qsr-Tpca	12		2,000															41	20
T2	M	SH						Arcilla arenosa habana	Qsr-Tpca	12	2,019	2,019	42,6	21,3	21,3	24,1		CL										
T2	M	SH						Arcilla limosa gris	Qsr-Tpca	12	1,762	1,762				11,3												
T2	M	SH						Arcilla limosa habana violeta	Qsr-Tpca	3	2,267	2,267	32,6	19	13,6	13,7		CL										
T3	M	B						Litoarenita habana clara	Tpca	6	2,050	2,050	23,3	19,9	3,4	5,5	28,2		8		0,56	13,0	0,18	40,3	0,15	25		
T3	M	B						Litoarenita con oxidos de hiero	Tpca	6	2,240	2,240									6,80	163,0	0,15	29,2				
																							0,24	21,4				

	CONVENCIONES:			γ	:	Peso unitario						σ_c	:	Resistencia a la compresión									***Tipo de muestra***					
				LL	:	Límite líquido						E 1%	:	Módulo de elasticidad al 1% de deformación									SH	:	Tubo Shelby			
				LP	:	Límite Plástico						c´	:	Cohesión									SS	:	Split Spoon			
				IP	:	Índice de plasticidad						ϕ´, ϕ r	:	Angulo de fricción pico y residual									B	:	Bloque			
				Wn	:	Humedad Natural						SPT	:	Ensayo de Penetración Estándar														
				USC	:	Clasificación Unificada de Suelos																	Fm G.	:	Formación Geológica			

TABLA 4.2 RESULTADOS DEL ANALISIS PARAMETRICO A PARTIR DEL SPT

SONDEO	PROF (m)	MATERIAL	Fm G.	CODIGO	γ (ton/m³)	γcorreg (ton/m³)	LÍMITES LL (%)	LP (%)	IP (%)	Wn (%)	USC	SPT, N_{70} golpes/pie	SPT, N golpes/pie	σ´v (ton/m²)	Rs	τ (ton/m²) Kishida	Schermentr	JRB	Schermentman
2	1,00	Relleno de arcillolita gris	Qdl	1	2,089	1,755				12,5		18	9	1,705	0,17	1,07	1,23	0,98	1,22
1	1,33	Arcilla limosa gris con arena	Qsr-Tpca	2	2,079	2,079	42,9	18,8	24,1	14,2	CL	63	31	2,338	0,23	2,37	2,48	2,05	2,49
1	1,83	Arcilla limosa gris con arena	Qsr-Tpca	2		2,019						71	35	2,893	0,28	3,01	3,12	2,60	3,14
6	1,63	Arcilla limosa habana con arena	Qsr-Tpca	12		2,000						41	20	2,670	0,26	2,15	2,40	1,92	2,42
2	1,23	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3	2,089	1,755				12,5		26	13	1,925	0,19	1,36	1,55	1,23	1,55
2	1,83	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3	2,098	1,762				15,8		15	7	2,978	0,29	1,64	1,85	1,52	1,86
2	2,33	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3	2,082	1,749	42,2	19,4	22,8	17,7	CL	29	14	3,460	0,34	2,34	2,67	2,12	2,69
2	2,70	Relleno de arcillolita gris	Qrb	3	2,082	1,749						22	11	3,722	0,36	2,30	2,62	2,10	2,64
2	2,93	Arcillolita limosa gris	Tpcl	4	2,224	2,224				9,1		52	26	4,000	0,39	3,39	3,74	3,01	3,77
5	1,50	Arcillolita habana	Tpcl	4	2,146	2,146						44	22	2,442	0,24	2,08	2,29	1,84	2,30
3	1,63	Arcillolita limosa gris rojiza	Ktg	14	2,252	2,252				14,3		77	38	2,867	0,28	3,13	3,18	2,69	3,20
4	1,43	Suelo residual limo arenoso	Qsr-Tpca	5	2,016	2,016				13,9		30	15	2,361	0,23	1,72	1,95	1,55	1,96
4	2,03	Litoarenita habana clara	Tpca	6	2,061	2,061				9,7		85	42	3,583	0,35	3,96	4,00	3,39	4,03



4.2. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

Una vez establecido el marco geológico, aunado a los resultados de la exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio, se definió el Modelo Estratigráfico y Geotécnico del área en estudio y se adelantó una adecuada clasificación de los diferentes materiales encontrados.

4.2.1. Macizo Rocoso

El macizo rocoso en el área en estudio se encuentra configurado por rocas de la Formación Cacho, por bancos gruesos de Litoarenitas y arcillolitas, altamente fracturadas, con espesores entre 2.0 y 6.6 m, buzando 56° al oeste, presentando una condición favorable para la estabilidad de la ladera. *Ver MAPA GEOLOGÍA LOCAL y COLUMNA ESTRATIGRÁFICA (PLANO No. 3)*.

Por la influencia de la traza de falla, el macizo se clasificó, según Hoek 1995, con un GIS (Índice de Calidad del Macizo) entre 38 a 58 para el banco de litoarenita y de un GIS de 30 para el estrato de la arcillolita. La clasificación por el método RMR, Bienaswky 1976, se adelanto en el macizo de litoarenita para las cuatro estaciones de levantamiento de información estructural, la *TABLA No 4.3* muestra la calificación de cada parámetro y los resultados obtenidos; el macizo conformado por la litoarenita se clasifica como malo a medio con RMR entre 37 y 60, predominando valores de RMR cercanos a 40. Las características del macizo están determinadas principalmente por la baja resistencia del material rocoso (esfuerzo a la compresión simple menor a 10 Kg/cm2) y el alto fracturamiento (mas de cuatro familias de discontinuidades).

Estructuralmente el macizo se caracteriza por presentar diez sistemas o lineamientos de discontinuidades, predominando los buzamientos mayores a 50 grados. Las orientaciones de los sistemas principales son 66/57, 172/89 y 268/85, las cuales condicionan localmente la estabilidad del macizo. La *TABLA No. 4.4* muestra las características de cada sistema de familias de discontinuidades, así como su distribución o asignación a cada estación o zona de estudio, y la *FIGURA No. 4.9* muestra la representación gráfica de las mismas.

Del tratamiento estadístico (*FIGURA No. 4.8)*, se establece que los sistemas de discontinuidades presentan una persistencia discontinua, un espaciamiento entre muy juntas y bastante próximas predominando espaciamientos entre 5 y 30 cm, de abertura cerrada a ligeramente abierta (menor a 5 mm), sin rellenos o rellenos de material arenoso con óxidos de hierro y de rugosidad ondulada suave a planar rugosa

4.2.2. Material rocoso.

Se identifican dos tipos de material litológico: uno es la y el otro un nivel de litoarenita.

TABLA No. 4.3

CLASIFICACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS - Bienaswky 1976

σ'_c (Kg/cm^2)	> 2000	<= 2000	< 1000	< 500	< 250	< 100	< 30
Calificación/15	15	12	7	4	2	1	0
RQD (%)	< 100	< 90	< 75	< 50	< 25		
Calificación/20	20	17	13	8	3		
S (m)	> 3	<= 3	< 1	< 0.3	< 0.05		
Calificación/30	30	25	20	10	5		
Estado de las discontinuidades	Muy rugosas, no continuas, sin abertura, la pared es dura	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es dura	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es débil	Espejo de falla o abertura < 5 mm. o aberturas menores en diaclasas continuas	Abertura con relleno débil > 5 mm. o diaclasas abiertas > 5 mm. y continuas		
Calificación	25	20	12	6	0		
Agua	Seco						
Calificación/10	10						
RMR	> 80	<= 80	<= 60	<= 40	<=20		
Descripción	Muy bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy malo		

CLASIFICACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS - BARRIO SAN JOAQUÍN, LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

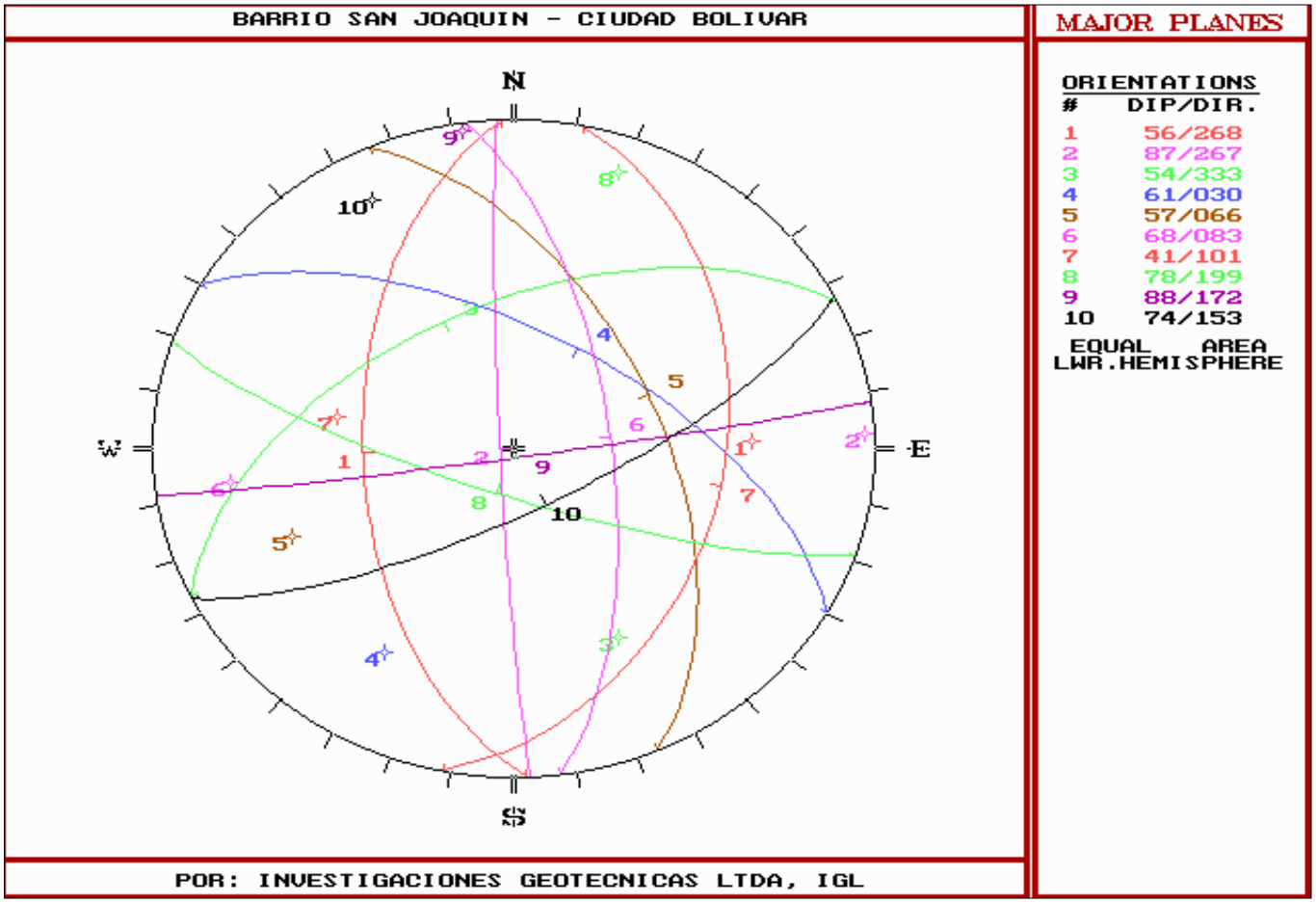
ZONA ESTRUCTURAL		**ESTACIÓN 1**	**ESTACIÓN 3**	**ESTACIÓN 4**	**ESTACIÓN 4A**	**ESTACIÓN 5**
σ'_c (Kg/cm^2)	**Valor**	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
	Calificación/15	1	1	1	1	1
RQD (%)	**Valor**	41	96	41	91	74
	Calificación/20	9	19	9	18	13
S (m)	**Valor**	0.05-0.30	0.30-1.00	0,05	0.05-0.30	0.05-0.30
	Calificación/30	10	20	5	10	10
Estado de las discontinuidades	**Descripción**	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es débil	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es débil	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es débil	Espejo de falla o abertura < 5 mm. o aberturas menores en diaclasas continuas	Medianamente rugosas, separación < 1 mm., la pared es débil
	Calificación/25	12	12	12	6	12
Agua	**Descripción**	Seco	Humeda	Seco	Humeda	Seco
	Calificación/10	10	8	10	8	10
RMR	**Calificación/100**	42	60	37	43	46
	Descripción	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio
GSI		50	58	38	45	42

RQD%= 100 EXP(-0.1*L)*(0.1*L+1) (Priest y Houston, 1967)
L= Número promedio de diaclasas por metro lineal
L= 1m/S(m)

TABLA No. 4.4 FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES Y ESTRATIFICACIÓN

OBSERV.	# Familia	Azimut α	Buzam β	Estaciones asociadas	PERSISTENCIA	ESPACIAMIENTO	ABERTURA	RELLENO	RUGOSIDAD	CONDICION DE AGUA
E	1	**269,40**	**55,95**	1A,2,4,5				NO EXISTE		SECA
D	2	**267,92**	**85,25**	3,4,4A,5	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
D	3	**333,40**	**54,15**	1A,4,4A	DISCONTINUA (<2m)	SEPARADAS (1-3 m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
D	4	**30,63**	**60,36**	1A,4,3	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
D	5	**66,01**	**56,57**	3,7,4,4A,5	DISCONTINUA (<2m)	MUY JUNTAS (<5 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA
D	6	**83,66**	**67,53**	4,4A,5	CONTINUIDAD MEDIA (5-10m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	HÚMEDA
D	7	**101,32**	**40,07**	1A,3,4		PRÓXIMAS (5-30 cm)	CERRADA	ÓXIDOS HIERRO	ONDULADA - SUAVE	SECA
D	8	**199,50**	**77,58**	1,3,4	POCO CONTINUA (2-5m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	PLANAR - SUAVE	SECA
D	9	**172,21**	**88,68**	1,1A,3,4,4A,5	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 mm)	ARENA	PLANAR - RUGOSA	SECA
D	10	**153,89**	**73,91**	1,1A,3,4A,5	DISCONTINUA (<2m)	PRÓXIMAS (5-30 cm)	LIGERAMENTE ABIERTA (<5 cm)	#N/A	ONDULADA - SUAVE	SECA
D	11	**116,19**	**58,12**	1,1A,4,4A,5	DISCONTINUA (<2m)	BASTANTE PRÓXIMAS (30cm- 1m)	CERRADA	NO EXISTE	ONDULADA - SUAVE	SECA

FIGURA 4.9 ESTEREOGRAMA DE FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES PRINCIPALES



Arcillolitas (Tpcl): Rocas blandas de color gris morada a rojiza de la Formación Cacho, algo limosas y meteorizadas. Afloran en la parte media del talud y se encuentran dispuestas sobre el nivel 2 de lito arenitas, este nivel esta directamente afectado por el lineamiento de la falla, por lo cual se encuentra altamente fracturado y en superficie con un alto grado de meteorización química formando suelos residuales de poco espesor.

Las características geomecánicas para los niveles de arcillolita se establecen para el macizo rocoso por medio del modelo propuesto por Hoek – Brown en función del GIS (*ver FIGURA No. 4.10*), para el material rocoso mediante el ensayo de SPT, González 1997, y las discontinuidades mediante información secundaria dada la dificulta de su muestreo.

La *FIGURA No. 4.11* muestra las envolventes de falla para cada uno de las condiciones expuesta en el parágrafo anterior. En resumen las propiedades promedio son:

Peso Unitario	2.20	Tn/m^3
Humedad natural	***19***	***%***
Límite líquido	***54***	***%***
Límite líquido	***26***	***%***
SPT	26-38	gol/pie
Macizo		
Angulo de fricción	***35-42***	Grados
Cohesión	1.7-1.0	Tn/m^2
Discontinuidad*		
Angulo de fricción	***20***	Grados
Cohesión	1.5	Tn/m^2
Material residual(SPT)		
Angulo de fricción	***30***	Grados
Cohesión	1.0	Tn/m^2

(*) información secundaria de estudios geotécnicos en el sector.

Litoarenita (Tpca): Rocas blandas, friables, feldespáticas de grano fino a medio con niveles conglomeraticos, color amarillo claro, meteorizadas y altamente fracturadas. En el área afloran en la basa del talud y en la aparte alta del mismo, confinando el nivel arcillolítico, dicha conformación con la disposición de la estratificación son los responsables de la estabilidad del talud.

Al igual que al nivel del estrato arcilloso se caracterizó el comportamiento geomecánico de la litoarenita en función de la masa involucrada, así las *FIGURAS Nos. 4.12 y 4.13* muestra la estimación de los parámetros de resistencia, en este caso fue posible obtener y moldear una muestra para el ensayo de corte directo a lo largo de un plano de discontinuidad.

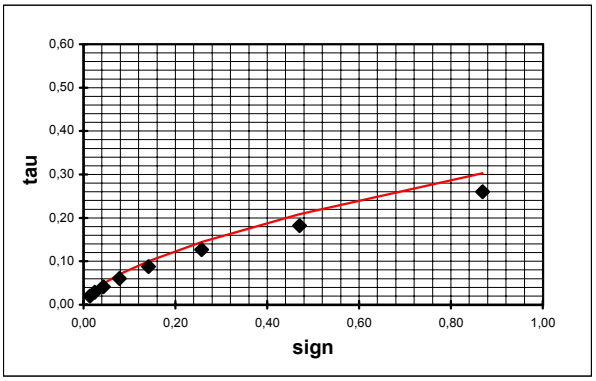
FIGURA No. 4.10
ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE HOEK-BROWN Y ENVOLVENTE EQUIVALENTE DE MOHR

ADAPTADO DE HOEK, 1994

DATOS : GSI = 30 sigci (Mpa) = 1,3 mi= 4 ARCILLOLITA

RESULTADOS

mb/mi = 0,08
mb = 0,328
s = 0,00042
a = 0,50
sigt= -0,002
A= 0,3
B= 0,61
E = 361



Angulo de friccion y cohesion para diferentes esfuerzos normales :

sn = 0,02 MPa
t = 0,03 MPa
f = 42,9 degrees
c = 0,0104 MPa

sn = 0,04 MPa
t = 0,05 MPa
f = 35,3 degrees
c = 0,0171 MPa

sig3	sig1	ds1ds3	sign	snd	tau	X	Y	XY	X^2	Taucalc
0,01	0,06	4,98	0,01	0,01	0,02	-1,91	-1,70	3,24	3,64	0,02
0,01	0,08	4,01	0,02	0,02	0,03	-1,64	-1,55	2,54	2,70	0,03
0,02	0,12	3,20	0,04	0,04	0,04	-1,38	-1,38	1,91	1,90	0,05
0,04	0,17	2,59	0,08	0,08	0,06	-1,12	-1,22	1,36	1,25	0,07
0,08	0,27	2,13	0,14	0,14	0,09	-0,86	-1,06	0,90	0,73	0,10
0,16	0,43	1,81	0,26	0,26	0,13	-0,59	-0,90	0,53	0,35	0,14
0,33	0,70	1,57	0,47	0,47	0,18	-0,33	-0,74	0,24	0,11	0,21
0,65	1,18	1,40	0,87	0,87	0,26	-0,06	-0,59	0,04	0,00	0,30
					Sums =	-7,89	-9,13	10,77	10,69	

FIGURA No. 4.11
ENVOLVENTES DE RESISTENCIA - ARCILLOLITA

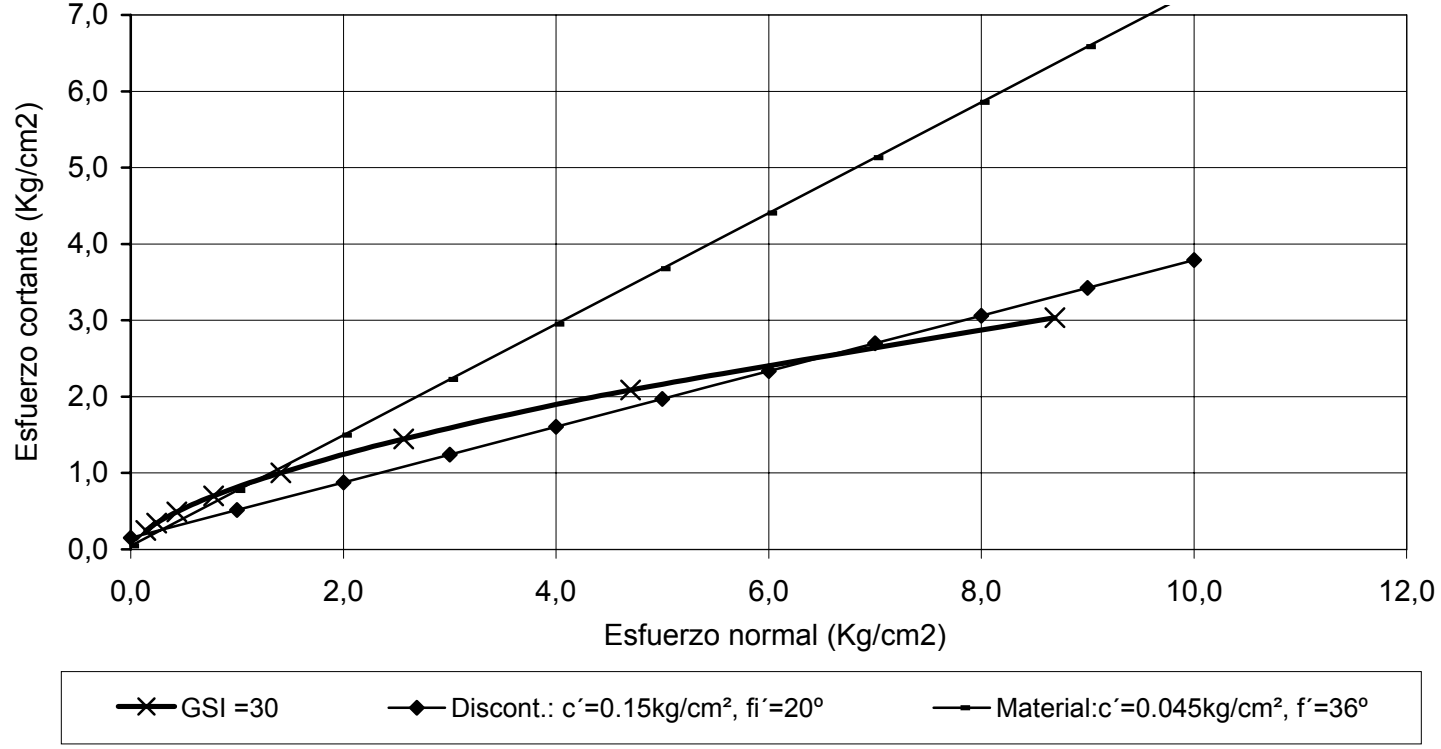


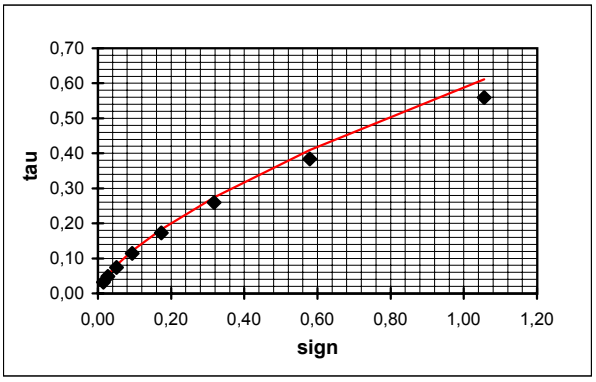
FIGURA No. 4.12
ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE HOEK-BROWN Y ENVOLVENTE EQUIVALENTE DE MOHR

ADAPTADO DE HOEK, 1994

DATOS : GSI = 38 sigci (Mpa) = 1,3 mi= 15 LITOARENITA

RESULTADOS

mb/mi = 0,11
mb = 1,638
s = 0,00102
a = 0,50
sigt= -0,001
A= 0,6
B= 0,67
E = 571



PLY1HOEK.XLS

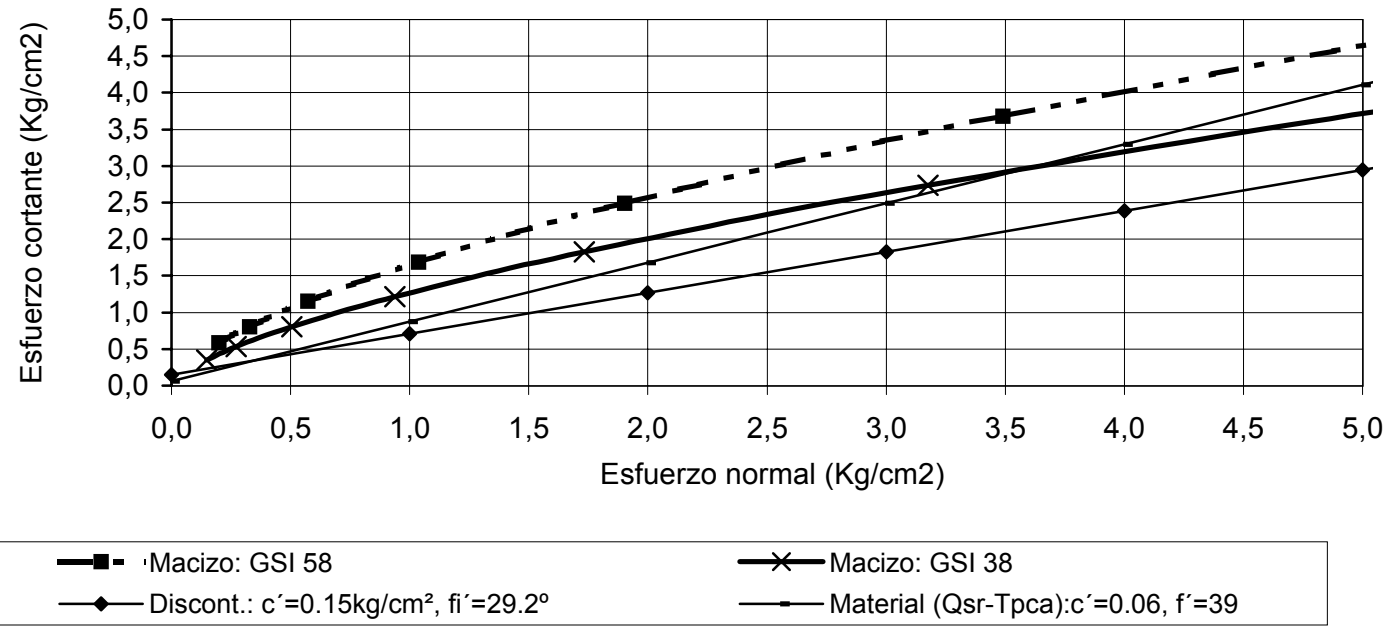
Angulo de friccion y cohesion para diferentes esfuerzos normales :

sn = 0,02 MPa
t = 0,04 MPa
f = 55,2 degrees
c = 0,0131 MPa

sn = 0,04 MPa
t = 0,07 MPa
f = 48,9 degrees
c = 0,0218 MPa

sig3	sig1	ds1ds3	sign	snd	tau	X	Y	XY	X^2	Taucalc
0,01	0,12	10,51	0,01	0,01	0,03	-1,85	-1,50	2,78	3,44	0,04
0,01	0,16	7,97	0,03	0,03	0,05	-1,58	-1,32	2,08	2,49	0,05
0,02	0,23	6,02	0,05	0,05	0,07	-1,30	-1,13	1,47	1,70	0,08
0,04	0,34	4,58	0,09	0,09	0,11	-1,03	-0,94	0,97	1,06	0,12
0,08	0,50	3,55	0,17	0,17	0,17	-0,76	-0,76	0,58	0,58	0,18
0,16	0,75	2,81	0,32	0,32	0,26	-0,50	-0,59	0,29	0,25	0,27
0,33	1,16	2,28	0,58	0,58	0,38	-0,24	-0,42	0,10	0,06	0,41
0,65	1,83	1,90	1,06	1,05	0,56	0,02	-0,25	-0,01	0,00	0,61
					Sums =	-7,25	-6,91	8,28	9,58	

FIGURA No. 4.13
ENVOLVENTES DE RESISTENCIA - LITOARENITA



Sus características geomecánicas promedios asumidas son:

Peso Unitario	2.0-2.4	Tn/m^3
Humedad natural	***5-10***	***%***
% pT200	***28***	***%***
SPT	42	gol/pie
Resistencia C. Simple	***8-14***	***Kg/cm^2***
Indice carga puntual	***0 .6 - 6.8***	***Kg/cm^2***
Macizo		
Angulo de fricción	***49-55***	Grados
Cohesión	2.1-1.3	Tn/m^2
Discontinuidad(CD)		
Angulo de fricción	***29***	Grados
Cohesión	1.5	Tn/m^2
Material residual (SPT)		
Angulo de fricción	***39***	Grados
Cohesión	0.6	Tn/m^2

4.2.3. Suelos Residuales de cobertura (Qsr)

En el área afloran suelos residuales producto de la degradación de los niveles de arenitas (niveles 2 y 4) y del nivel 3 arcilloso, localizados sobre el talud orientado norte sur, su espesor varía de pocos cms a espesores del orden del metro donde se encuentra capas del macizo rocoso meteorizado, cuyo espesor total es difícil de cuantificar por la misma condición del alto grado de fracturamiento del macizo y por la influencia del lineamiento de la falla.

Su caracterización geomecánica se asocian a los materiales de origen y se establecen en el numeral anterior.

Hacia el costado sur oriente del área de estudio, sobre el nivel 1 arcilloso, se encuentran depósitos residuales arcillosos, definidos con claridad en la trinchera No 2. Estos materiales difieren de los suelos residuales producto de la degradación de los niveles superiores (N2, N3 y N4). Corresponden a materiales arcillo limosos con algo de arena color habano a gris claro, oxidados, de plasticidad media y consistencia firme.

Sus características geomecánicas establecidas son:

Peso Unitario	1.7-2.0	Tn/m^3
Humedad natural	***11-24***	%
Límite líquido	43	%
Límite plástico	21	%
SPT	20	gol/pie

Angulo de fricción*	***28***	Grados
Cohesión*	1.0	Tn/m^2

(*) información secundaria de estudios geotécnicos en el sector.

4.2.4. Depósitos recientes (Qrb, Qdl)

Dentro de este grupo se encuentran los depósitos movilizados producto de la falla de las laderas, cartografiados como Qdl, y los rellenos antrópicos (Qrb) conformados por materiales arcillosos con arena y materiales de desechos de construcción.

La caracterización de éstos materiales se adelanta como un solo tipo teniendo en cuenta que los materiales movilizados son de producto de los rellenos construidos por el hombre.

Corresponden a arcillas limosas habanas a grises claros, oxidados, de composición heterogénea por la presencia de materiales de desechos de construcción, de plasticidad media a alta y consistencia media a firme. Sus características promedio son:

Peso Unitario	2.0	Tn/m^3
Humedad natural	18	%
Límite líquido	42	%
Límite plástico	20	%
SPT	7 – 14	gol/pie (rechazo)
Angulo de fricción	25	Grados
Cohesión	0.45	Tn/m^2

4.3. MECANISMOS DE FALLA

Los procesos geomorfológicos identificados en el área, son principalmente de erosión sobre los rellenos, suelos residuales y sobre el material rocoso expuesto en la base del talud, y movimientos en masa (FRM) tipo deslizamientos rotacionales y traslacionales en los depósitos recientes y suelos residuales, que una vez movilizados se convierten en pequeños flujos dada la morfometría del talud.

Es de aclarar que durante los trabajos de campo e inspección del comportamiento de los taludes no se visualizaron fallas del macizo rocoso, aunque la disposición de las discontinuidades muestran posibilidades de fallas planares, en cuña y por volteo.

Se establecieron escenarios de acuerdo con los mecanismos de falla posibles que bajo solicitaciones de los agentes externos, aguas lluvias y de escorrentía, podrían eventualmente desencadenar los fenómenos, los que estarían favorecidos por la intensificación de los procesos de intemperización, denudación y acción del hombre, por la inadecuada disposición

de aguas de escorrentía, la excavación en la base de los taludes aumentando localmente la pendiente del talud y el mal manejo de rellenos.

Dentro de este marco se consideraron dos mecanismos potenciales de falla, a saber:

- Tipo 1: Deslizamiento rotacional que involucraría los depósitos arcillosos, bien sea suelos residuales o rellenos que se encuentran dispuestos sobre el macizo rocoso. Por las características estratigráficas encontradas este tipo de falla puede involucrar el relleno y el suelo residual al tiempo o en forma individual, son de pequeña magnitud y los espesores de material a movilizar menores a los 2 m.

- Tipo 2: Deslizamientos traslacionales que se pueden generar sobre los rellenos antrópicos de escombros y suelos residuales, que por su disposición y morfometría de su basamento favorecen la generación de superficies de falla a lo largo de planos rectos.
- Tipo 3: Movimientos a lo largo de las discontinuidades sobre el macizo rocoso, favorecidos por la disposición de las familias y la dirección y buzamiento de los taludes. Se contemplan posibilidades de fallas planares, en cuña y por volteo.
- Tipo 4: Teniendo en cuenta las características geomecánicas y la condición estructural del macizo rocoso, se chequeará la estabilidad general del macizo a fallas de tipo deslizamientos rotacionales.

Como análisis base de la condición de estabilidad del macizo rocoso, se realizaron los análisis de posibilidad cinemática a que falle el macizo rocoso a lo largo de las discontinuidades o de sus intersecciones. Así, con el levantamiento estructural adelantado sobre cada uno de los datos tomados, se establecieron las posibilidades de falla planar y en cuña según los criterios establecidos por Hoek & Bray 1974.

4.4. EVALUACIÓN DE AGENTES DETONANTES.

Para el caso en estudio, se contemplan los agentes detonantes de lluvia y sismo; agentes como la erosión y el factor antrópico se tienen en cuenta con los cambios morfométricos que vienen implícitos en la topografía.

4.4.1 Lluvias

El comportamiento de la lluvia en el sector objeto del estudio se estableció a partir de la Estación pluviográfica Santa María de Usme (2120124), que es la más cercana a la zona de estudio y se encuentra ubicada en la cuenca del Río Tunjuelito, margen izquierda.

Según la interpretación del estudio de lluvia crítica y los mecanismos de falla establecidos en el área en estudio, se puede inferir que la lluvia como aportante de agua de escorrentía sobre el

talud no es la causa detonante de los procesos de movimientos en masa, su mayor influencia se encuentra sobre los procesos de erosión que afectan los materiales sueltos y las caras expuestas del macizo rocoso, especialmente los niveles arenosos. Las aguas de escorrentía provenientes de las aguas servidas y de las fugas del acueducto se configuran como la causa detonante de los movimientos, el sector no ha contado con una cobertura de este tipo de servicios, y se han implementado por la misma acción de la comunidad.

Lo anterior se ve agravado por la falta de una infraestructura vial que conduzca sus aguas de escorrentía en forma apropiada.

De acuerdo a lo anterior y gracias al análisis temporal de las topografías actuales y de 1978, se adelantó un análisis retrospectivo para determinar sobre la falla inferida de un talud conformado principalmente por suelos residuales del nivel 3, Litoarenita, Sección de análisis BB´, los niveles de agua con los cuales se produjo la falla, (*ver FIGURA No. 4.14*); como resultado se determina que la falla se produce a bajos niveles de saturación de los rellenos, para Ru (coeficiente de presión de poros) entre 0.15 y 0.30, que concuerda con la morfometría del relleno y con los resultados de resistencia al corte estimados con base en el ensayo del SPT.

Teniendo en cuenta la características morfométricas y de cobertura del área en estudio, se puede afirmar que el área de aporte de aguas es pequeña y se limita por la parte alta a la vía de acceso al sector, límite del área de estudio. Localmente los rellenos localizados en cambio de pendiente, se pueden saturar por la formación de niveles de agua colgados, producto de la baja permeabilidad de la roca arcillosa que sirve de base de los mismos y el poco espesor de éstos.

4.4.2. Sismos

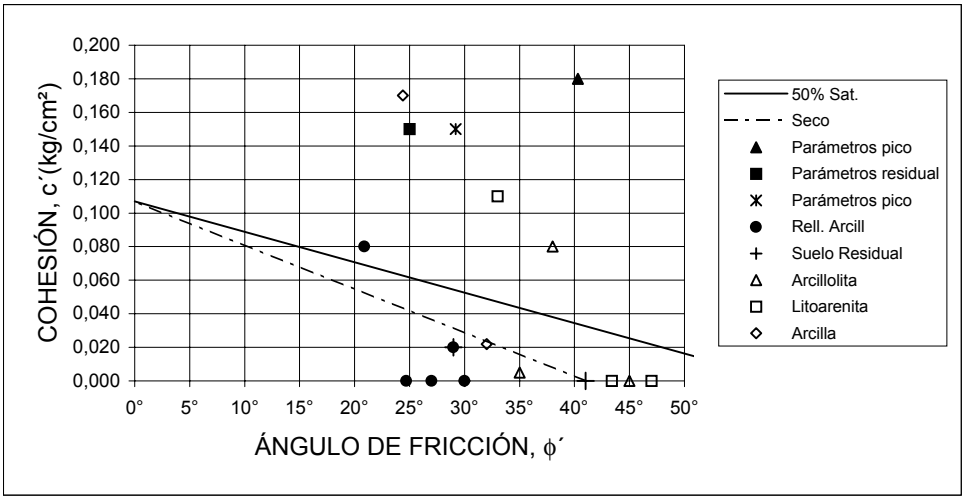
Partiendo del hecho, que la fallas de taludes por efecto de un evento sísmico no ha sido el común de los procesos identificados en los cerros de la Ciudad, menos en los sectores con una alta intervención del hombre, y teniendo en cuenta la morfometría y disposición de los materiales superficiales, rellenos y suelos residuales, se considera conveniente incluir el efecto sísmico para el análisis de la amenaza.

Este parámetro se valora con base en los resultados del estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, INGEOMINAS-UNIANDES, 1997. El análisis probabilístico muestra valores al nivel de roca de aceleración máxima horizontal de 0.20 g para un período de retorno de 475 años como el evento más crítico.

Teniendo en cuenta los efectos locales y siguiendo los lineamientos del estudio de Riesgo de las Laderas de Bogotá, González & Millán, 1999, se asigna un valor de aceleración horizontal máxima de 0.24 g. Con este valor se adelantan la condiciones extremas del cálculo de probabilidad condicional con los agentes detonantes.

FIGURA No. 4.14 RESULTADOS DEL ANÁLISIS RETROSPECTIVO. SECCIÓN B-B´

ϕ´ (°)	c´(kg/cm²)	tan ϕ´	COND. DE AGUA	OBSERVACIONES
41°	0,000	0,87	Seco	
0°	0,107	0,00		
59°	0,000	1,66	50% Sat.	
0°	0,107	0,00		



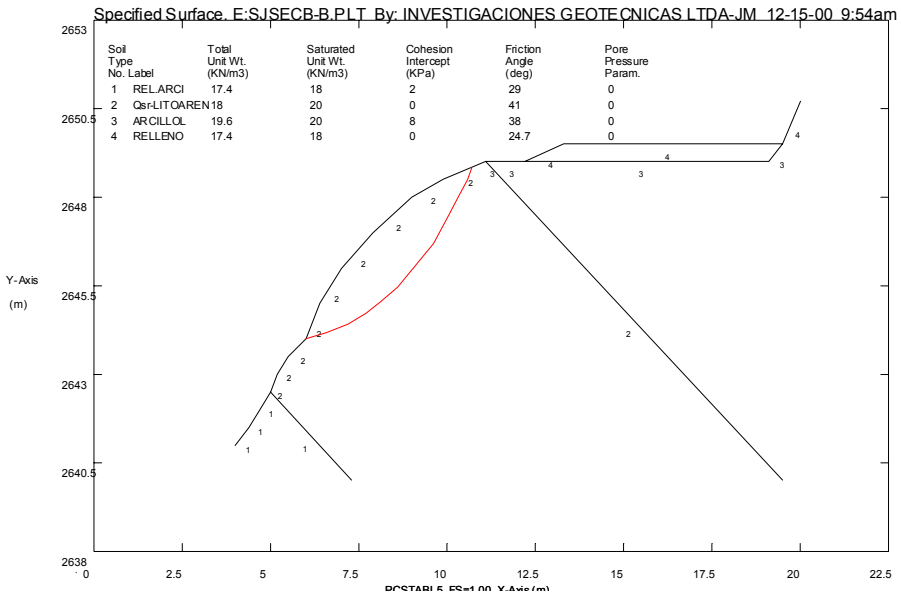


TABLA DE CONTENIDO

5. INTRODUCCIÓN _____ 1
5.1. ZONIFICACIÓN GEOTECNICA _____ 1
5.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD _____ 11
5.2.1.Análisis de posibilidad Cinemática _____ 11
5.2.2. Análisis estático _____ 13
5.3. ZONIFICACIÓN POR AMENAZA _____ 27

CAPITULO 5
EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD Y AMENAZA

5. INTRODUCCIÓN

Con la información presentada en el capítulo anterior se complementaron los datos necesarios para evaluar el comportamiento y respuesta de los diferentes materiales del sector estudiado frente a los factores geológicos y antrópicos actuantes en el sector. La consultoría consideró necesario realizar una zonificación "morfológica–geotécnica" para poder desarrollar de la mejor manera posible el análisis de estabilidad del sector estudiado.

En los siguientes parágrafos se explica de manera clara y resumida la forma como se evalúo la amenaza por fenómenos de remoción en masa y la zonificación hecha para la categorización de la misma.

5.1. ZONIFICACIÓN GEOTECNICA

Una vez establecidos los criterios geomorfológicos que condicionan la evolución de las laderas en el área en estudio, se establece una zonificación geotécnica que determina zonas con comportamientos geotécnicos similares, con tipologías y dinámicas de movimientos característicos en cada zona.

El sector se puede categorizar como una geoforma de **modelado antrópico** conformada por un talud de corte minero, correspondiente a un frente de explotación de materiales para construcción abandonado, sobre el cual se han dispuesto rellenos de nivelación sin control técnico de compactación a lo largo de toda la corona del frente de explotación.

La comparación morfométrica entre la topografía de 1978, fuente IGAG, y el levantamiento actual, muestra que el talud minero se ha mantenido mostrando una estabilidad del macizo, y los cambios en 20 años obedecen a cortes para la construcción de viviendas y la conformación de rellenos de nivelación. (*Ver perfiles, FIGURAS Nos. 5.2 a 5.4).*

Dadas las características geomorfológicas del talud establecidas en el Capítulo 3 se busca establecer una zonificación del mismo, que permita por una parte definir la estabilidad por sectores o alineamientos y por la otra que se la base para el planteamiento de alternativas de mitigación del riesgo asociado.

De acuerdo a lo anterior, las zonas se establecen con criterios dinámicos, teniendo en cuenta el perfil geotécnico representativo de cada alineamiento del talud, sobre los cuales se asocia una condición predominante de estabilidad en términos de factor de seguridad y probabilidad de falla. En general, se tienen en cuenta las siguientes parámetros:

Tipo de Material: De acuerdo con los trabajos de geología y exploración, los siguientes son los tipos de materiales presentes en el área de estudio:

- Macizo rocoso, compuesto por intercalaciones de arcillolita con litóarenitas, (Tpc).
- Suelos residuales y
- Materiales superficiales, Qrb, Qr, Qdl.

Tipos de Procesos de Degradación: Se establecieron dos tipos de procesos y tres tipos de FRM asociados a los mecanismos de falla identificados en el capítulo anterior, así:

- **e** - Erosión
- **d** - Deslizamientos
  - ➔ **drs** - Deslizamientos rotacionales en suelo
  - ➔ **dts** - Deslizamientos traslacionales en suelo.
  - ➔ **dtr** – Deslizamientos traslacionales en roca.
    Planares, cuñas y volteo.

Se establecen 9 perfiles geotécnicos característicos de las condiciones actuales del talud, (*ver FIGURA No. 5.1 (Localización) y FIGURAS Nos. 5.2 a 5.4)*, los cuales permiten establecer las condiciones de estabilidad propias de cada sector del talud, además de facilitar la zonificación del talud y el planteamiento de alternativas de mitigación de la amenaza.

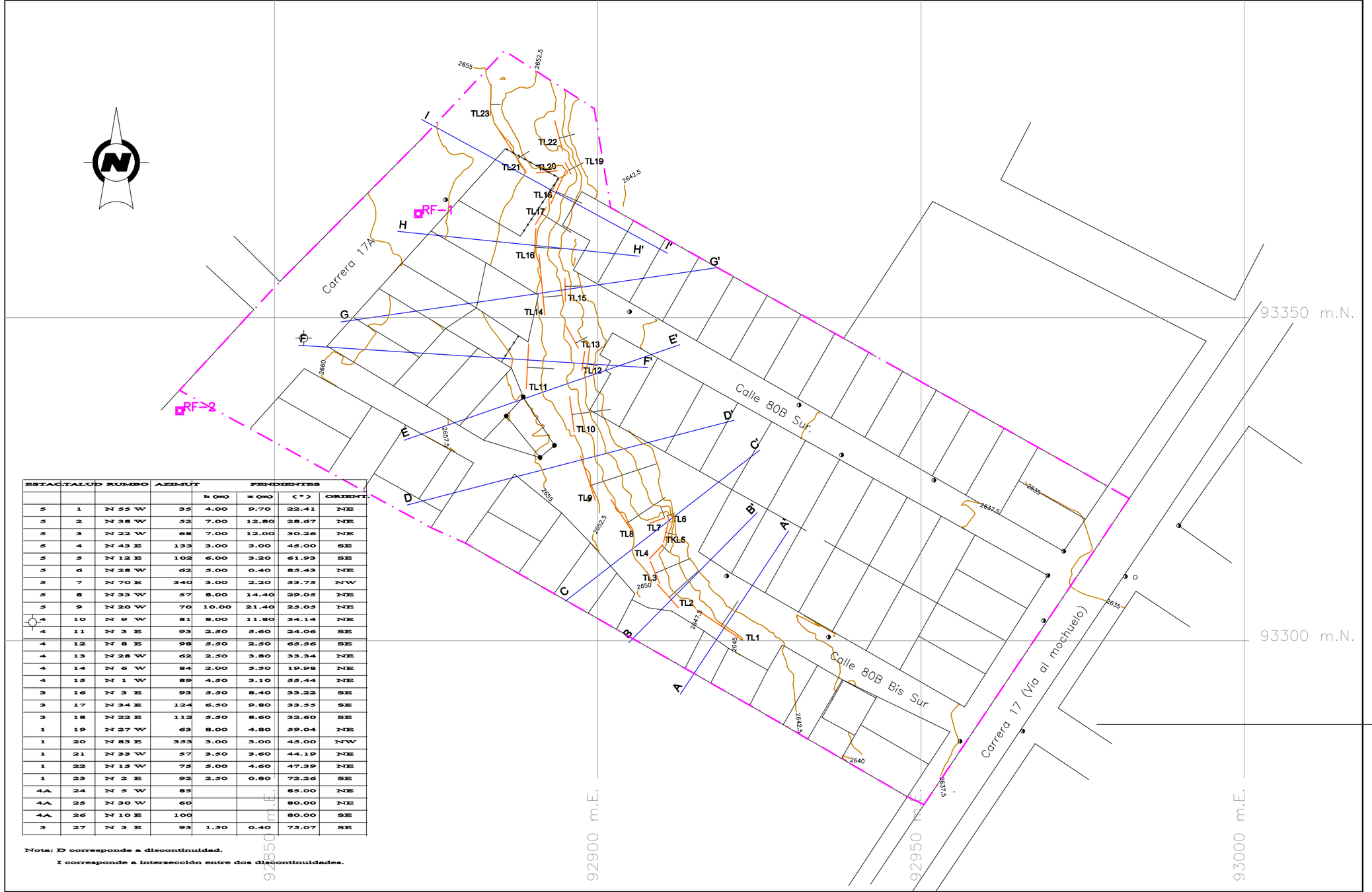
De acuerdo con lo anterior, el talud se sectoriza en seis (6) zonas homogéneas con alineamientos aproximadamente rectilíneos que se describen a continuación: (*Ver mapa Geomorfológico, PLANO No. 4*).

ZOAre — De modelado antrópico, talud conformado por rellenos de nivelación de poco espesor, dispuestos sobre suelos arcillosos, de pendiente baja, con procesos de erosión de pequeña magnitud. Corresponde a la parte baja del talud.

Z1Arb/srcdr — De modelado antrópico, talud conformado por rellenos arcillosos y basuras de espesor del orden de 1.5 m dispuestos sobre suelos residuales arcillosos, de alta pendiente, predominando deslizamientos superficiales tipo rotacional y flujos en materiales arcillosos. Perfil AA´.

Z2Amrdtr/e — Zona de modelado antrópico. Conformada por el macizo rocoso entallado en la litoarenita, de pendiente muy alta con taludes seudo verticales, afectado por procesos erosivos y deslizamientos traslacionales en suelo residual y roca. Perfil BB´ y CC´.

Z3Adl/rbdrf/e — Zona de modelado antrópico. Compuesta principalmente por rellenos de basuras y depósitos de ladera, de pendiente media a alta, con procesos de erosión y



ESTAC.	TALUD	RUMBO	AZIMUT	PENDIENTES			
				h (m)	x (m)	(°)	ORIENT.
5	1	N 55 W	35	4.00	9.70	22.41	NE
5	2	N 38 W	52	7.00	12.80	28.67	NE
5	3	N 22 W	68	7.00	12.00	30.26	NE
5	4	N 43 E	133	3.00	3.00	45.00	SE
5	5	N 12 E	102	6.00	3.20	61.93	SE
5	6	N 28 W	62	5.00	0.40	85.43	NE
5	7	N 70 E	340	3.00	2.20	53.75	NW
5	8	N 33 W	57	8.00	14.40	29.05	NE
5	9	N 20 W	70	10.00	21.40	25.05	NE
4	10	N 9 W	81	8.00	11.80	34.14	NE
4	11	N 3 E	93	2.50	5.60	24.06	SE
4	12	N 8 E	98	5.50	2.50	65.56	SE
4	13	N 28 W	62	2.50	3.80	33.34	NE
4	14	N 6 W	84	2.00	3.50	19.98	NE
4	15	N 1 W	89	4.50	3.10	55.44	NE
3	16	N 3 E	93	5.50	8.40	33.22	SE
3	17	N 34 E	124	6.50	9.80	33.55	SE
3	18	N 22 E	112	5.50	8.60	32.60	SE
1	19	N 27 W	63	8.00	4.80	59.04	NE
1	20	N 83 E	353	3.00	3.00	45.00	NW
1	21	N 33 W	57	3.50	3.60	44.19	NE
1	22	N 13 W	75	5.00	4.60	47.39	NE
1	23	N 2 E	92	2.50	0.80	72.26	SE
4A	24	N 5 W	85			85.00	NE
4A	25	N 30 W	60			80.00	NE
4A	26	N 10 E	100			80.00	SE
3	27	N 3 E	93	1.50	0.40	75.07	SE

Nota: D corresponde a discontinuidad.
I corresponde a intersección entre dos discontinuidades.

Secretaria
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA
ESTUDIOS DE RIESGO & SIG

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCION Y ESTABILIZACION EN EL BARRIO CARRIZAL DE SAN JOAQUIN
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

SANTAFE DE BOGOTA

CONTRATO No. CCS-270/00

SECCIONES TRANSVERSALES PERFILES GEOTECNICOS ALINEAMIENTOS TALUDES

FUENTE: TOPOGRAFIA NOVIEMBRE DE 2000

TOPOGRAFIA: TOP. JOSE PINEDA MAT.00-1988

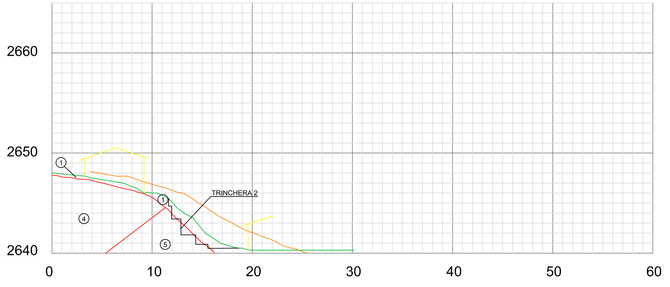
INTERVENTORIA : INGEMETRICA LTDA.

CONVENCIONES

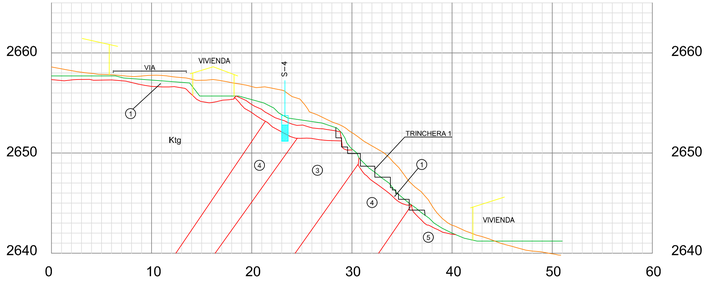
CURVA DE NIVEL 2945
PREDIO 9
POZO ALCANTARILLADO
POSTE ALUMBRADO
POSTE TELEFONO
POSTE ENERGIA
PUNTO TOPOGRAFICO D6
AREA DE ESTUDIO
SECCIONES-PERFILES
ALINEAMIENTO TALUD

1 3 2 4 5 10 15 20 25
ESCALA GRAFICA EN METROS

ESCALA 1:500
DICIEMBRE 1000
FIGURA51



SECCIÓN A-A´



SECCIÓN D-D´



SECCIÓN G-G´

Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA
ESTUDIOS DE RIESGO & SIG

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCION Y ESTABILIZACION EN EL BARRIO CARROZAL DE SAN JOAQUIN
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR
SANTAFE DE BOGOTA
CONTRATO No. CCS-270/00

SECCIONES

FUENTE: TOPOGRAFIA NOVIEMBRE DE 2000
TOPOGRAFIA: TOP. JOSE PINEDA MAT.00-1988
INTERVENTORIA : INGEMETRICA LTDA.

CONVENCIONES

TOPOGRAFIA NOV/2000
TOPOGRAFIA PLANCHA IGAC ESC.1:2000
CONTACTO GEOLOGICO

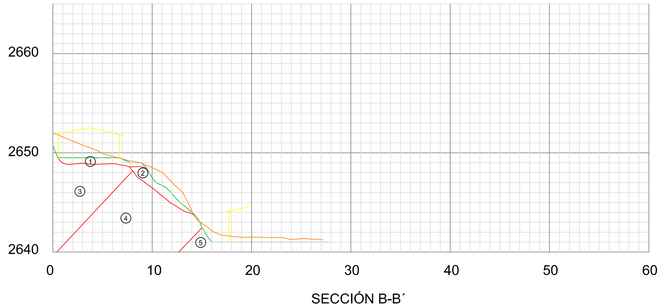
MATERIALES GEOTECNICOS

1. Relleno
2. Suelo Residual
3. Arcillolita
4. Litoarenita
5. Arcilla

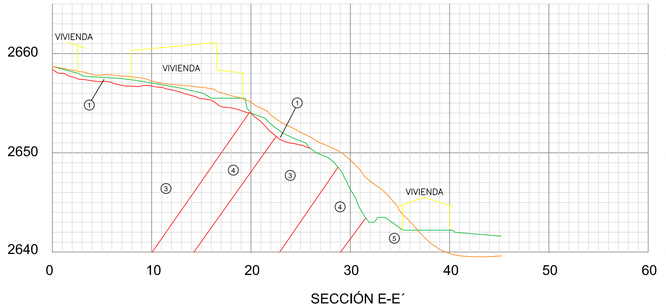
Sondeo

ESCALA H=1:250
V=1:250
DICIEMBRE 2000

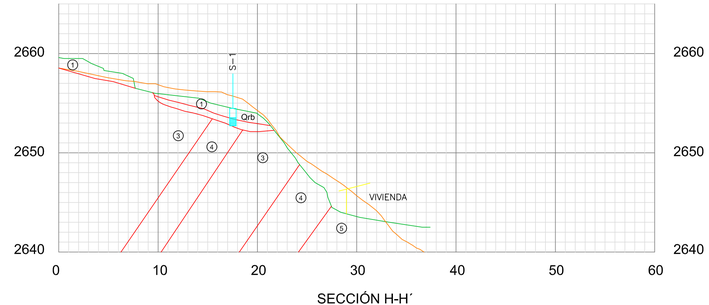
FIGURA 5.2



SECCIÓN B-B´



SECCIÓN E-E´



SECCIÓN H-H´

Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA
ESTUDIOS DE RIESGO & SIG

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCION Y ESTABILIZACION EN EL BARRIO CARRIZAL DE SAN JOAQUIN
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR
SANTAFE DE BOGOTA
CONTRATO No. CCS-270/00

SECCIONES

FUENTE: TOPOGRAFIA NOVIEMBRE DE 2000
TOPOGRAFIA: TOP. JOSE PINEDA MAT.00-1988
INTERVENTORIA : INGEMETRICA LTDA.

CONVENCIONES

TOPOGRAFIA NOV./2000
TOPOGRAFIA PLANCHA IGAC ESC.1:2000
CONTACTO GEOLOGICO

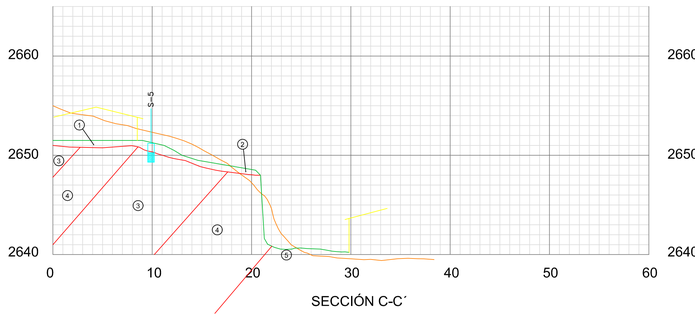
MATERIALES GEOTECNICOS

1 Relleno
2 Suelo Residual
3 Arcillolita
4 Litoarenita
5 Arcilla

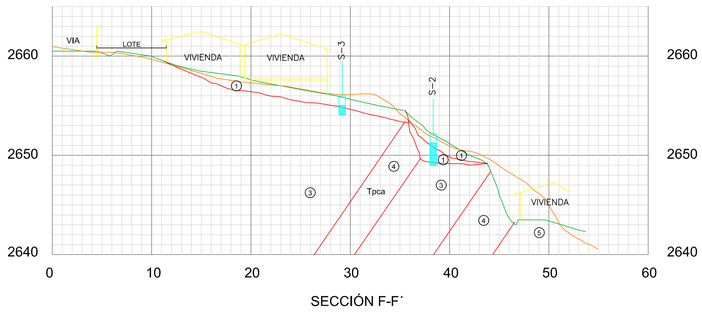
Sondeo

ESCALA H=1:250
V=1:250
DICIEMBRE 2000

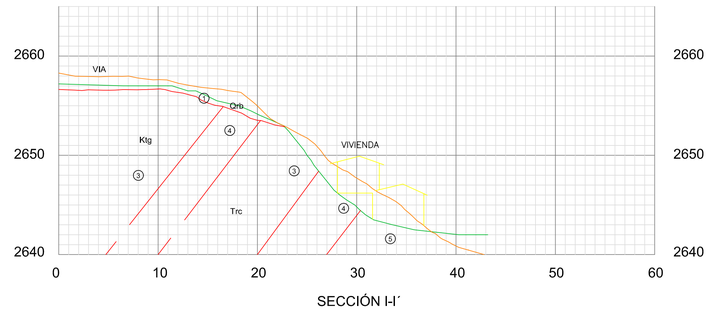
FIGURA 5.3



SECCIÓN C-C´



SECCIÓN F-F´



SECCIÓN I-I´

Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS LTDA
ESTUDIOS DE RIESGO & SIG

ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCION EN MASA Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS DE CONTROL, PROTECCION Y ESTABILIZACION EN EL BARRIO CARRIZAL DE SAN JOAQUIN
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR
SANTAFE DE BOGOTA
CONTRATO No. CCS-270/00

SECCIONES

FUENTE: TOPOGRAFIA NOVIEMBRE DE 2000
TOPOGRAFIA: TOP. JOSE PINEDA MAT.00-1988
INTERVENTORIA : INGEMETRICA LTDA.

CONVENCIONES

TOPOGRAFIA NOV./2000
TOPOGRAFIA PLANCHA IGAC ESC.1:2000
CONTACTO GEOLOGICO

MATERIALES GEOTECNICOS

1. Relleno
2. Suelo Residual
3. Arcillolita
4. Litoarenita
5. Arcilla

Sondeo

ESCALA H=1:250
V=1:250
DICIEMBRE 2000

FIGURA 5.4

deslizamientos rotacionales sobre los rellenos de pequeña magnitud y flujos que se originan a partir de os movimientos rotacionales. Perfiles DD´ y EE´.

Z4Adl/mrdrf/e Zona de modelado antrópico. Conformado por rellenos y depósitos de ladera en la parte alta y por el macizo rocoso en la parte media y baja del talud, de pendiente media a alta, con procesos de erosión sobre el macizo rocoso y deslizamientos rotacionales que se convierten en flujos al alcanzar las zonas de alta pendiente. Perfiles FF´ y GG´.

Z5Amr/rdt/e Zona de modelado antrópico. Conformada principalmente por los niveles de litoarenita y arcillolita, de alta pendiente, y rellenos en la corona del talud, con procesos de erosión intensa y deslizamientos traslacionales en suelos y rocas. Perfiles HH´ y II´.

5.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

5.2.1.Análisis de posibilidad Cinemática

Con base en los resultados de los análisis de frecuencias mostrado en el capítulo 4 se adelanta los análisis de posibilidad de cinemática de falla del macizo rocoso a lo largo de las discontinuidades, para lo cual se establecieron 26 alineamientos de taludes con sus pendientes promedios. (*Ver TABLA No. 5.1 y FIGURA No. 5.1).*

Los análisis se adelantaron según los criterios establecidos por Hoek y Bray, 1974. Para efectos de cálculos se consideró como ángulo de fricción a lo largo de las discontinuidades, el resultado de los ensayos de laboratorio sobre la litoarenita, $\phi = 21^o$, mientras para la arcillorita según fuentes secundarias un $\phi = 20^o$.

Para cada alineamiento de talud, dependiendo de su localización relativa a las estaciones de toma de información, se le asociaron las familias de discontinuidades características y la estratificación, (Ver *TABLA No. 4.4)*. Para cada talud se adelantaron de manera analítica las posibilidades de falla planar y por volteo a lo largo de las discontinuidades, mientras para las fallas en cuña se establecieron las diferentes intersecciones de discontinuidades para los respectivos análisis, los cálculos mencionados se adelantaron mediante una aplicación en hoja electrónica que permitió estimar las posibilidades de falla de manera ágil para la cantidad de combinaciones posibles.

Los resultados se muestran en el Anexo E, memorias de cálculo, mientras la *TABLA No. 5.1* muestra el resumen de los mismos. La posibilidad de fallas planares se pueden presentar a lo largo de las familias D5 66/56, D7 101/40 y D11 116/58 a lo largo de los taludes orientados aproximadamente NS, mientras la falla por volteo se puede presentar a lo largo de las superficies con orientaciones preferenciales de las familias D2 268/85 y localmente a lo largo de las familias D9 172/89 y D10 154/74. Las familias de mayor incidencia para la posibilidad

TABLA No. 5.1 RESUMEN ANALISIS DE POSIBILIDAD CINEMATICA DE FALLA TRASLACIONAL

ESTAC.	TALUD	RUMBO	AZIMUT	PENDIENTES				FALLA PLANAR	FALLA EN CUÑA	FALLA POR VOLTEO
				h (m)	x (m)	(°)	ORIENT.			
1	19	N 27 W	63	8,00	4,80	59,04	NE		I37, I311, I411	
1	20	N 83 E	353	3,00	3,00	45,00	NW			D9
1	21	N 33 W	57	3,50	3,60	44,19	NE		I37, I311, I711	
1	22	N 15 W	75	5,00	4,60	47,39	NE		I47	
1	23	N 2 E	92	2,50	0,80	72,26	SE	D7	I47, I411	D2
3	16	N 3 E	93	5,50	8,40	33,22	SE		I48	
3	17	N 34 E	124	6,50	9,80	33,55	SE		I48	
3	18	N 22 E	112	5,50	8,60	32,60	SE		I48	
3	27	N 3 E	93	1,50	0,40	75,07	SE	D7	I47, I48, I49, I410, I59, I510, I79,I710,I910	
4	10	N 9 W	81	8,00	11,80	34,14	NE			
4	11	N 3 E	93	2,50	5,60	24,06	SE			
4	12	N 8 E	98	5,50	2,50	65,56	SE	D11	I59, I511, I910	
4	13	N 28 W	62	2,50	3,80	33,34	NE			
4	14	N 6 W	84	2,00	5,50	19,98	NE			
4	15	N 1 W	89	4,50	3,10	55,44	NE	D7	I47, I49, I411, I59, I511, I79, I911	D2
4A	24		85			85,00		D5	I59,I511,I911	D2
4A	25		60			80,00		D5		
4A	26		100			80,00		D11	I59,I511,I911	D2
5	1	N 55 W	35	4,00	9,70	22,41	NE			
5	2	N 38 W	52	7,00	12,80	28,67	NE			
5	3	N 22 W	68	7,00	12,00	30,26	NE			
5	4	N 43 E	133	3,00	3,00	45,00	SE			
5	5	N 12 E	102	6,00	3,20	61,93	SE	D11	I59, I510, I511, I910, I911, I1011	D2
5	6	N 28 W	62	5,00	0,40	85,43	NE	D5		
5	7	N 70 E	340	3,00	2,20	53,75	NW		I12, I15, I25	D10
5	8	N 33 W	57	8,00	14,40	29,05	NE			
5	9	N 20 W	70	10,00	21,40	25,05	NE			

de fallas en cuña son las D3 333/54, D4 31/60, D8 200/78 y D11 116/58 sobre el costado norte del talud, mientras las orientaciones D4 30/60, D5 66/56, D10 154/74 y D11 116/58 para el costado sur del talud.

Los sectores de talud mas afectados por estabilidad a lo largo de las discontinuidades son: el sector **Z2A**mrdtr/e conformado por el nivel 2 de litoarenita, donde se pueden generar fallas planares a lo largo de la D5, en cuña principalmente por las familias D5 y D9 y por volteo la D2. El sector **Z4A**dl/rbdrf/e donde el macizo se conforma por los niveles 2 y 3 (arcilloso), se pueden generar localmente fallas planares a lo largo de las familias D5, D7 y D1, fallas en cuña principalmente por las familias D5 y D9. Y el sector **Z5A**mr/rdt/e, donde aflora el macizo rocoso a lo largo del talud, se pueden generar fallas en cuña sobre los taludes orientados NS y por las familias D4 y D8, mientras sobre el alineamiento NW, además de las fallas en cuña se pueden generar fallas planares a lo largo de las familias D7 y D9.

Los alineamientos y pendientes característicos de las zonas **Z0A**re, **Z1A**rb/srcdr y **Z3A**dl/rbdrf/e favorecen la condición de estabilidad del macizo, en las cuales las posibilidades de fallas a lo largo de las discontinuidades es muy baja a nula.

En general se puede establecer que el macizo rocoso es estable y que la falla a lo largo de las discontinuidades se presenta a pendientes mayores a 55º, las cuales se presentan en la base del talud de corte, sobre el nivel de litoarenita, producto de las excavaciones para nivelación del terreno donde se localizan las viviendas.

5.2.2. Análisis estático

Para evaluar las condiciones generales de estabilidad de las diferentes zonas geotécnicas, y para los mecanismos de falla considerados, se realizaron análisis de estabilidad por equilibrio límite sobre modelos geotécnicos que cubren el área en evaluación. Los perfiles de análisis se presentan en las *FIGURAS Nos. 5.1 (Localización) Nos. 5.2, a 5.4.*

Los análisis de estabilidad se emplean en la determinación de las probabilidades de falla asociadas a la condición de estabilidad de las diferentes zonas, de tal forma que así se tiene en cuenta la variación de los parámetros de resistencia y eventos detonantes, mediante las combinaciones de ocurrencias o no de niveles críticos de agua y de eventos sísmicos.

La valoración de los agentes detonantes se presentó en el numeral anterior. Su inclusión en los análisis se realiza por la presencia o ausencia de las condiciones críticas de diseño. Se consideran cuatro posibles combinaciones de parámetros de resistencia y para cada condición se obtienen cuatro factores de seguridad, los cuales son:

Fs - - con C - Ø –
Fs - + con C - Ø +
Fs + - con C + Ø –

Fs + + con C + Ø +

Donde,
Fs - - Condición de estabilidad sin agua ni sismo.
Y (-) o (+) Parámetros de resistencia mínimos o máximos.

Desde el punto de vista geomecánico, las propiedades de los materiales interesados se establecieron a partir de las pruebas de resistencia ejecutadas en laboratorio y mediante la evaluación de parámetros en función de los resultados del SPT, las cuales se complementaron y compararon con datos reportados en otros estudios realizados en el sector y en estudios de áreas vecinas, como el Estudio Geotécnico Sector de Sotavento II sector, El Pinar, Villas del Recuerdo, el Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Inestabilidad del Terreno para varias localidades de Santa Fe de Bogotá, realizado por INGEOCIM (1998) y el Proyecto de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá, realizado por la Universidad de Los Andes-Ingeominas en 1996.

Los parámetros promedio de resistencia adoptados para los análisis de estabilidad se muestran en la *TABLA No. 5.2*:

TABLA No. 5.2 PARÁMETROS PROMEDIOS DE RESISTENCIA PARA ANÁLISIS

MATERIAL	COHESIÓN t/m^2	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	PESO UNITARIO t/m^3
Relleno Arcilloso	0.45	25.0	1.750
Litoarenita macizo	2.1	49.0	2.060
Discontinuidad	1.5	29.0	
Arcillolita macizo	1.7	35.0	2.200
Discontinuidad	1.5	20.0	
Suelo Arcilloso	1.0_	28.0	2.000
Suelo Residual	0.15	35.0	2.000

Las variaciones de los parámetros se establecieron mediante una selección a criterio de los evaluadores, según la base de datos obtenida en el desarrollo del presente estudio y complementado con información secundaria. Los valores asumidos se muestran para cada condición en las *TABLAS Nos. 5.3 a 5.12*

Para cada zona geotécnica y perfil geotécnico característico, se establecieron los modos de falla de la siguiente manera:

ZOAre No falla, pendientes muy bajas.
Z1Arb/srcdr Falla rotacional sobre rellenos arcillosos con basuras.
Z2Amrdtr/e Fallas rotacionales sobre suelos residuales y traslacionales a lo largo de discontinuidades.
Z3Adl/rbdrf/e Fallas rotacionales y / o traslacionales en los suelos de relleno.

TABLA No. 5.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SECCIÓN A-A'

Relleno arcillo limoso

	c´ (ton/m²)	ϕ´ (°)
mín	0,0	20,0
med	0,5	25,0
máx	0,9	31,0

γ = 1,75 ton/m³

Ah= 0,24 g

Falla de pie - talud. Rotacional

RANGO: 12.0-15.0 16.0-18.0

							ru=	0,15		0,30
ARCHIVO	ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS			
SJA-A01 .SI	X		X		NO	NO	0,478	0,485		
SJA-A02 .SI	X		X		SI	NO	0,350	0,363	0,234	0,245
SJA-A03 .SI	X		X		NO	SI	0,315	0,320		
SJA-A04 .SI	X		X		SI	SI	0,223	0,228	0,141	0,147
SJA-A05 .SI	X			X	NO	NO	1,957	1,991		
SJA-A06 .SI	X			X	SI	NO	1,821	1,853	1,685	1,719
SJA-A07 .SI	X			X	NO	SI	1,425	1,448		
SJA-A08 .SI	X			X	SI	SI	1,320	1,345	1,217	1,239
SJA-A09 .SI		X	X		NO	NO	0,787	0,800		
SJA-A10 .SI		X	X		SI	NO	0,576	0,595	0,381	0,403
SJA-A11 .SI		X	X		NO	SI	0,520	0,526		
SJA-A12 .SI		X	X		SI	SI	0,364	0,376	0,228	0,237
SJA-A13 .SI		X		X	NO	NO	2,136	2,196		
SJA-A14 .SI		X		X	SI	NO	2,036	2,061	1,819	1,851
SJA-A15 .SI		X		X	NO	SI	1,517	1,562		
SJA-A16 .SI		X		X	SI	SI	1,446	1,462	1,274	1,303

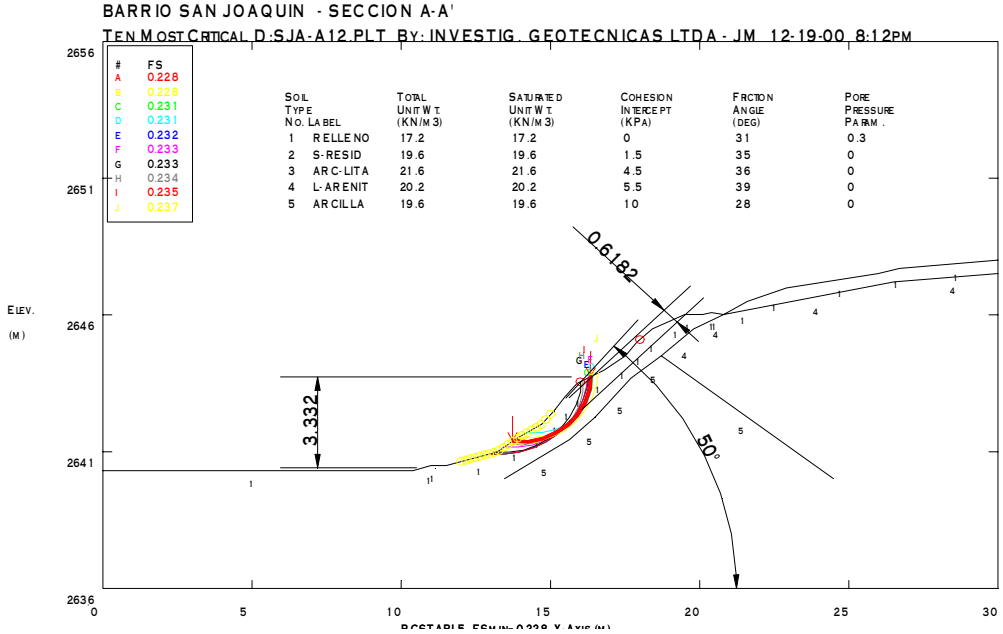


TABLA No. 5.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SECCIÓN A-A'

Relleno arcillo limoso

	c´ (ton/m²)	ϕ´ (°)
mín	0,0	20,0
med	0,5	25,0
máx	0,9	31,0

γ = 1,75 ton/m³
Ah= 0,24 g

Falla de pie - talud. Traslacional
BLOQUES

							ru=	0,15		0,3	
ARCHIVO		ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS		FS	
SJA-A17	.SI	X		X		NO	NO	0,469	0,532		
SJA-A18	.SI	X		X		SI	NO	0,353	0,435	0,245	0,384
SJA-A19	.SI	X		X		NO	SI	0,311	0,411		
SJA-A20	.SI	X		X		SI	SI	0,228	0,427	0,150	0,533
SJA-A21	.SI	X			X	NO	NO	1,927	2,355		
SJA-A22	.SI	X			X	SI	NO	1,806	2,235	1,684	2,115
SJA-A23	.SI	X			X	NO	SI	1,432	1,770		
SJA-A24	.SI	X			X	SI	SI	1,341	1,670	1,247	1,566
SJA-A25	.SI		X	X		NO	NO	0,773	0,877		
SJA-A26	.SI		X	X		SI	NO	0,581	0,718	0,400	0,633
SJA-A27	.SI		X	X		NO	SI	0,510	0,677		
SJA-A28	.SI		X	X		SI	SI	0,372	0,699	0,247	0,721
SJA-A29	.SI		X		X	NO	NO	2,202	2,685		
SJA-A30	.SI		X		X	SI	NO	2,055	2,483	1,858	2,269
SJA-A31	.SI		X		X	NO	SI	1,592	1,982		
SJA-A32	.SI		X		X	SI	SI	1,488	1,822	1,346	1,669

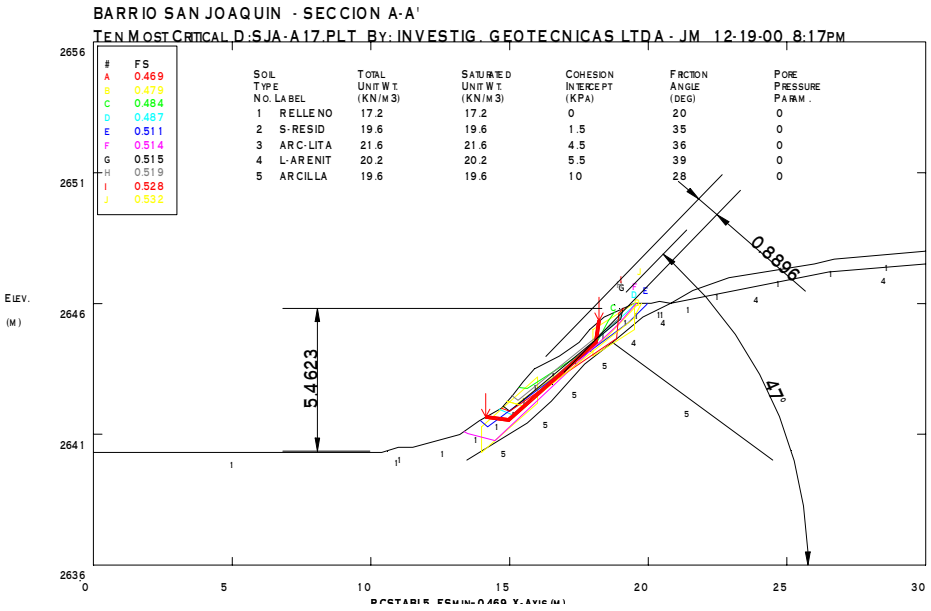


TABLA No. 5.5 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SECCIÓN D-D'

Relleno arcillo limoso

	c´ (ton/m²)	ϕ´ (°)
mín	0,0	20,0
med	0,5	25,0
máx	0,9	31,0

γ = 1,75 ton/m³

Ah= 0,24 g

Falla de talud. Rotacional

RANGO: 31.5-33.0 37.0-40.0

						ru=	0,15		0,30	
ARCHIVO	ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS			
SJD-D01 .SI	X		X		NO	NO	1,060	1,240		
SJD-D02 .SI	X		X		SI	NO	0,880	1,040	0,700	0,840
SJD-D03 .SI	X		X		NO	SI	0,592	0,663		
SJD-D04 .SI	X		X		SI	SI	0,485	0,550	0,380	0,438
SJD-D05 .SI	X			X	NO	NO	4,826	5,224		
SJD-D06 .SI	X			X	SI	NO	4,638	5,057	4,450	4,870
SJD-D07 .SI	X			X	NO	SI	2,781	3,036		
SJD-D08 .SI	X			X	SI	SI	2,671	2,925	2,560	2,815
SJD-D09 .SI		X	X		NO	NO	1,474	1,532		
SJD-D10 .SI		X	X		SI	NO	1,215	1,268	0,958	1,002
SJD-D11 .SI		X	X		NO	SI	0,853	0,880		
SJD-D12 .SI		X	X		SI	SI	0,691	0,715	0,528	0,550
SJD-D13 .SI		X		X	NO	NO	5,555	5,945		
SJD-D14 .SI		X		X	SI	NO	5,244	5,659	4,934	5,349
SJD-D15 .SI		X		X	NO	SI	3,175	3,428		
SJD-D16 .SI		X		X	SI	SI	2,993	3,246	2,811	3,064

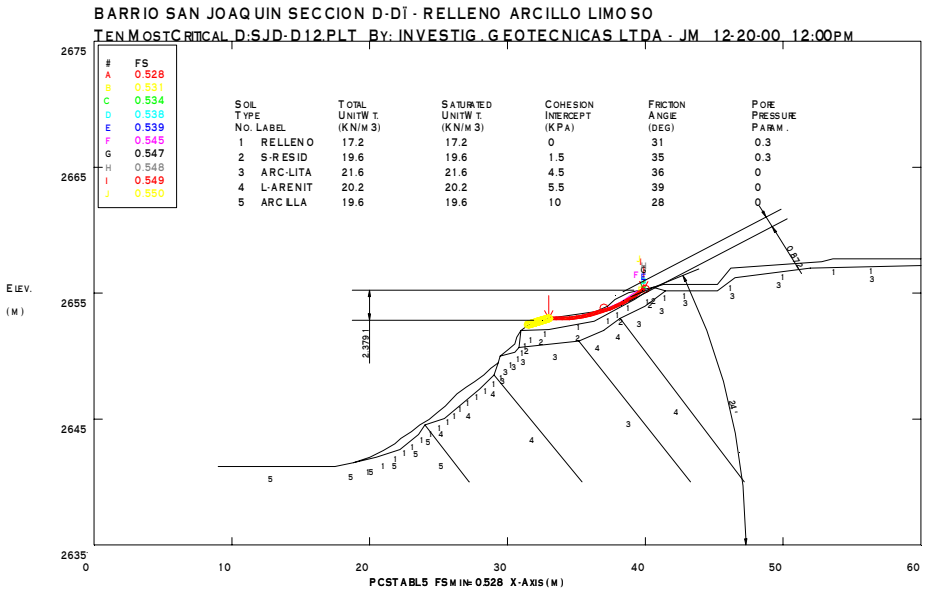


TABLA No. 5.6 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SECCIÓN D-D'

Suelo Residual

	c´ (ton/m²)	ϕ´ (°)
mín	0,0	29,0
med	0,15	35,0
máx	0,3	42,0

γ = 1,75 ton/m³

Ah= 0,24 g

Falla de talud. Rotacional

RANGO: 31.5-33.0 37.0-40.0

							ru=	0,15		0,3	
ARCHIVO	ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS			FS	
SJD-D17 .SI	X		X		NO	NO	1,589	1,630			
SJD-D18 .SI	X		X		SI	NO	1,323	1,362	1,058	1,094	
SJD-D19 .SI	X		X		NO	SI	0,895	0,911			
SJD-D20 .SI	X		X		SI	SI	0,735	0,750	0,577	0,590	
SJD-D21 .SI	X			X	NO	NO	1,962	2,029			
SJD-D22 .SI	X			X	SI	NO	1,696	1,760	1,430	1,489	
SJD-D23 .SI	X			X	NO	SI	1,118	1,148			
SJD-D24 .SI	X			X	SI	SI	0,956	0,985	0,796	0,823	
SJD-D25 .SI		X	X		NO	NO	2,553	2,607			
SJD-D26 .SI		X	X		SI	NO	2,128	2,184	1,700	1,751	
SJD-D27 .SI		X	X		NO	SI	1,435	1,462			
SJD-D28 .SI		X	X		SI	SI	1,179	1,203	0,925	0,946	
SJD-D29 .SI		X		X	NO	NO	2,849	2,948			
SJD-D30 .SI		X		X	SI	NO	2,498	2,538	2,067	2,143	
SJD-D31 .SI		X		X	NO	SI	1,621	1,665			
SJD-D32 .SI		X		X	SI	SI	1,400	1,420	1,140	1,177	

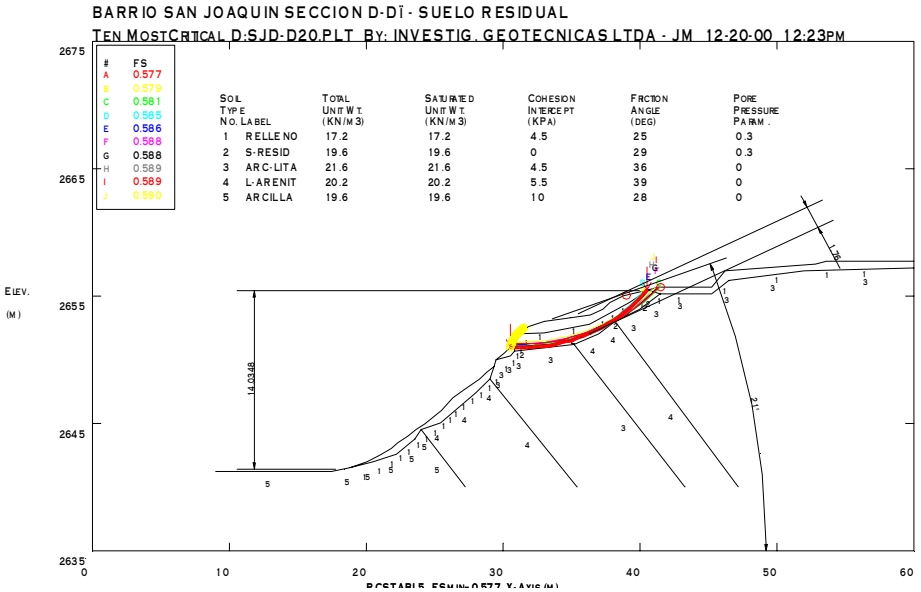


TABLA No. 5.7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SECCIÓN D-D'

Relleno arcillo limoso

	c´ (ton/m²)	ϕ´ (°)
mín	0,0	20,0
med	0,15	25,0
máx	0,9	31,0

γ = 1,75 ton/m³
Ah= 0,24 g

Falla de talud. Rotacional

							ru=	0,15		0,3	
ARCHIVO	ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS			FS	
SJD-D33 .SI	X		X		NO	NO	0,280	0,565			
SJD-D34 .SI	X		X		SI	NO	0,563	0,630	0,499	0,580	
SJD-D35 .SI	X		X		NO	SI	0,405	0,444			
SJD-D36 .SI	X		X		SI	SI	0,355	0,398	0,301	0,357	
SJD-D37 .SI	X			X	NO	NO	1,682	1,745			
SJD-D38 .SI	X			X	SI	NO	1,652	1,712	1,622	1,679	
SJD-D39 .SI	X			X	NO	SI	1,174	1,224			
SJD-D40 .SI	X			X	SI	SI	1,155	1,200	1,134	1,176	
SJD-D41 .SI		X	X		NO	NO	0,761	0,820			
SJD-D42 .SI		X	X		SI	NO	0,675	0,747	0,587	0,659	
SJD-D43 .SI		X	X		NO	SI	0,499	0,541			
SJD-D44 .SI		X	X		SI	SI	0,430	0,477	0,357	0,408	
SJD-D45 .SI		X		X	NO	NO	1,678	1,758			
SJD-D46 .SI		X		X	SI	NO	1,632	1,714	1,584	1,662	
SJD-D47 .SI		X		X	NO	SI	1,167	1,196			
SJD-D48 .SI		X		X	SI	SI	1,133	1,161	1,098	1,129	

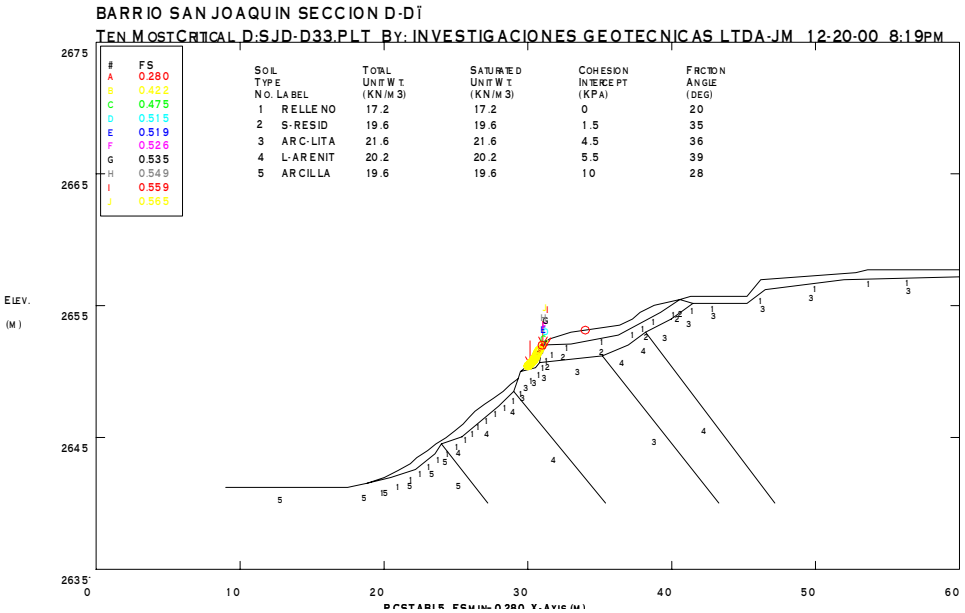


TABLA No. 5.8 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SECCIÓN F-F'

Relleno arcillo limoso

	c´ (ton/m²)	ϕ´ (°)
mín	0,0	20,0
med	0,5	25,0
máx	0,9	31,0

γ = 1,75 ton/m³
Ah= 0,24 g

Falla de talud. Rotacional
RANGO: 16.0-19.0 22.0-24.0

							ru=	0,15		0,30
ARCHIVO		ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS		
SJF-F01	.SI	X		X		NO	NO	0,561	0,591	
SJF-F02	.SI	X		X		SI	NO	0,441	0,467	0,320	0,346
SJF-F03	.SI	X		X		NO	SI	0,353	0,373	
SJF-F04	.SI	X		X		SI	SI	0,265	0,283	0,181	0,197
SJF-F05	.SI	X			X	NO	NO	1,917	2,112		
SJF-F06	.SI	X			X	SI	NO	1,751	1,953	1,584	1,798
SJF-F07	.SI	X			X	NO	SI	1,291	1,413		
SJF-F08	.SI	X			X	SI	SI	1,174	1,311	1,057	1,204
SJF-F09	.SI		X	X		NO	NO	0,930	0,971		
SJF-F10	.SI		X	X		SI	NO	0,732	0,769	0,533	0,567
SJF-F11	.SI		X	X		NO	SI	0,580	0,613		
SJF-F12	.SI		X	X		SI	SI	0,437	0,466	0,294	0,322
SJF-F13	.SI		X		X	NO	NO	2,207	2,462		
SJF-F14	.SI		X		X	SI	NO	2,037	2,204	1,819	1,974
SJF-F15	.SI		X		X	NO	SI	1,425	1,598		
SJF-F16	.SI		X		X	SI	SI	1,314	1,439	1,197	1,284

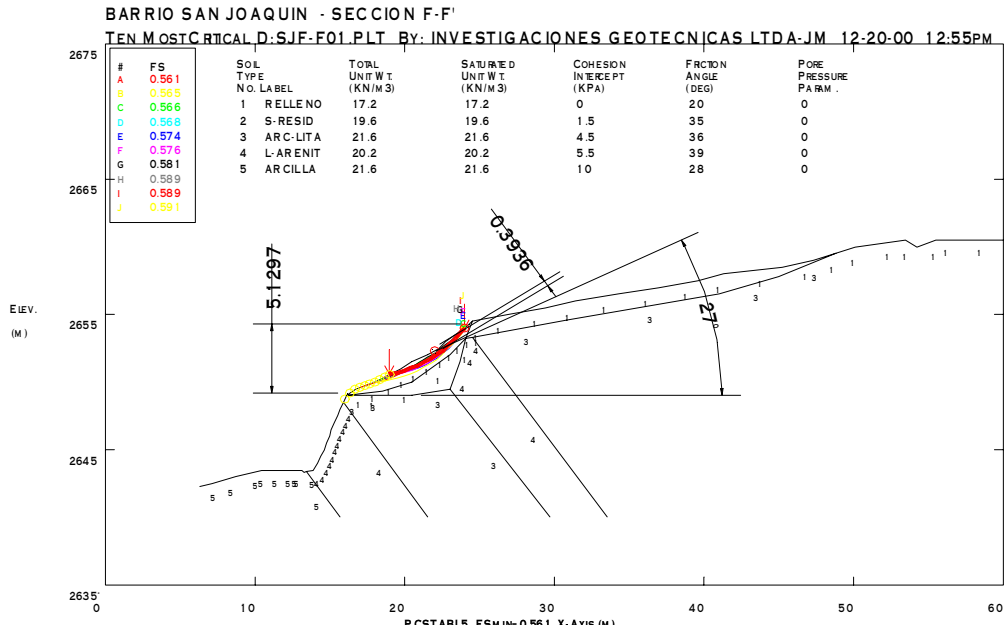


TABLA No. 5.9 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SECCIÓN C-C'

Litoarenita

ϕ´ (°)	c´ (ton/m²)	Falla planar	γ = 2,06 ton/m³	Ah= 0,24 g

ARCHIVO	ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Espesor(m)	Sismo	FS	OBSERVACIONES
SJC-C01 .SI		40,3		1,8	0,5	NO	3,191	c'=1.8ton/m², f'=40.3º, Sismo:NO
SJC-C07 .SI		40,3		1,8	1,0	NO	2,346	
SJC-C13 .SI		40,3		1,8	1,5	NO	1,940	
SJC-C19 .SI		40,3		1,8	2,0	NO	1,708	
SJC-C25 .SI		40,3		1,8	2,5	NO	1,534	
SJC-C29 .SI		40,3		1,8	3,0	NO	1,401	
SJC-C02 .SI		40,3		1,8	0,5	SI	2,452	c'=1.8ton/m², f'=40.3º, Sismo:SI
SJC-C08 .SI		40,3		1,8	1,0	SI	1,757	
SJC-C14 .SI		40,3		1,8	1,5	SI	1,429	
SJC-C20 .SI		40,3		1,8	2,0	SI	1,238	
SJC-C26 .SI		40,3		1,8	2,5	SI	1,099	
SJC-C30 .SI		40,3		1,8	3,0	SI	0,993	
SJC-C03 .SI	29,2		1,5		0,5	NO	2,597	c'=1.5ton/m², f'=29.2º, Sismo:NO
SJC-C09 .SI	29,2		1,5		1,0	NO	1,842	
SJC-C15 .SI	29,2		1,5		1,5	NO	1,497	
SJC-C21 .SI	29,2		1,5		2,0	NO	1,298	
SJC-C27 .SI	29,2		1,5		2,5	NO	1,163	
SJC-C31 .SI	29,2		1,5		3,0	NO	1,060	
SJC-C33 .SI	29,2		1,5		4,0	NO	0,935	
SJC-C04 .SI	29,2		1,5		0,5	SI	2,018	c'=1.5ton/m², f'=29.2º, Sismo:SI
SJC-C10 .SI	29,2		1,5		1,0	SI	1,401	
SJC-C16 .SI	29,2		1,5		1,5	SI	1,118	
SJC-C22 .SI	29,2		1,5		2,0	SI	0,953	
SJC-C28 .SI	29,2		1,5		2,5	SI	0,845	
SJC-C32 .SI	29,2		1,5		3,0	SI	0,764	

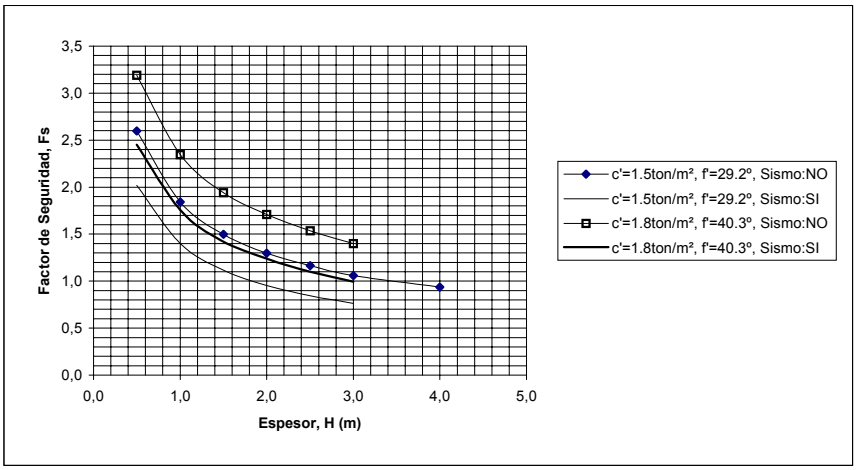


TABLA No. 5.10 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FALLA PLANAR - SECCIÓN C-C'

Litoarenita

	c´ (ton/m²)	ϕ´ (°)
mín	1,5	25,0
med	1,7	32,7
máx	1,8	40,3

γ = 2,06 ton/m³
Ah= 0,24 g
ru= 0,25
Falla Planar. Espesor = 4m

ARCHIVO	ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo	FS
SJC-C33 .SI	X		X		NO	NO	0,857
SJC-C34 .SI	X		X		SI	NO	0,650
SJC-C35 .SI	X		X		NO	SI	0,617
SJC-C36 .SI	X		X		SI	SI	0,448
SJC-C37 .SI	X			X	NO	NO	1,170
SJC-C38 .SI	X			X	SI	NO	0,807
SJC-C39 .SI	X			X	NO	SI	0,812
SJC-C40 .SI	X			X	SI	SI	0,522
SJC-C41 .SI		X	X		NO	NO	0,920
SJC-C42 .SI		X	X		SI	NO	0,712
SJC-C43 .SI		X	X		NO	SI	0,669
SJC-C44 .SI		X	X		SI	SI	0,499
SJC-C45 .SI		X		X	NO	NO	1,231
SJC-C46 .SI		X		X	SI	NO	0,866
SJC-C47 .SI		X		X	NO	SI	0,861
SJC-C48 .SI		X		X	SI	SI	0,569

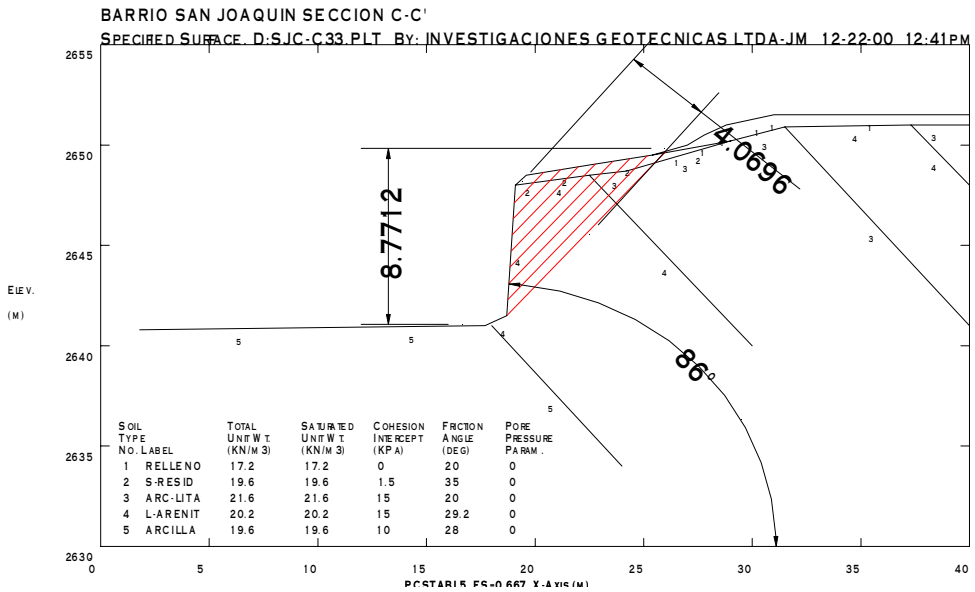


TABLA No. 5.11 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FALLA POR VOLTEO SECCIÓN C-C'

Litoarenita

	c´ (ton/m²)	ϕ´ (°)
mín	1,5	25,0
med	1,7	32,7
máx	1,8	40,3

γ = 2,06 ton/m³
Ah= 0,24 g

Falla por volteo

						Sat (%)=	25,00	50,00
ϕ´ mín	ϕ´ máx	c´ mín	c´ máx	Agua	Sismo		FS	
X		X		NO	NO		1,322	1,322
X		X		SI	NO		1,170	0,940
X		X		NO	SI		0,941	0,941
X		X		SI	SI		0,861	0,730
X			X	NO	NO		1,499	1,499
X			X	SI	NO		1,328	1,066
X			X	NO	SI		1,067	1,067
X			X	SI	SI		0,977	0,828
	X	X		NO	NO		2,219	2,219
	X	X		SI	NO		1,832	1,334
	X	X		NO	SI		1,335	1,335
	X	X		SI	SI		1,184	0,954
	X		X	NO	NO		2,509	2,509
	X		X	SI	NO		2,071	1,508
	X		X	NO	SI		1,509	1,509
	X		X	SI	SI		1,339	1,079

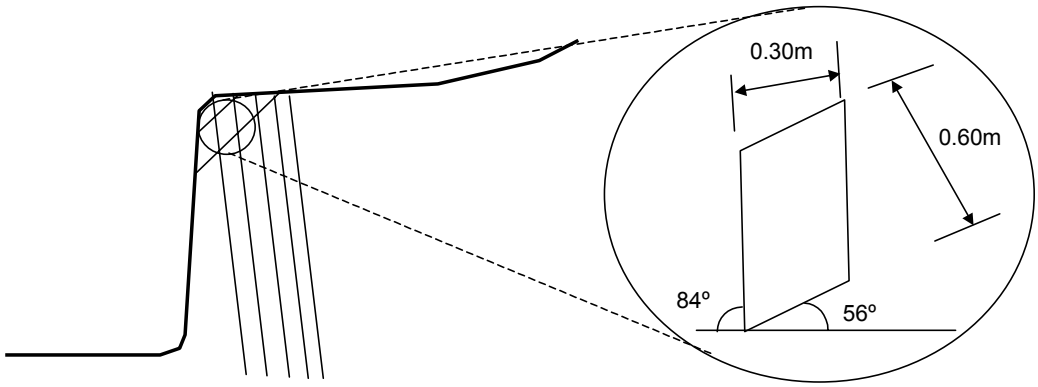


TABLA No. 5.12 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD FALLA EN CUÑA

Criterio Hoek y Bray, 1977

Litoarenita

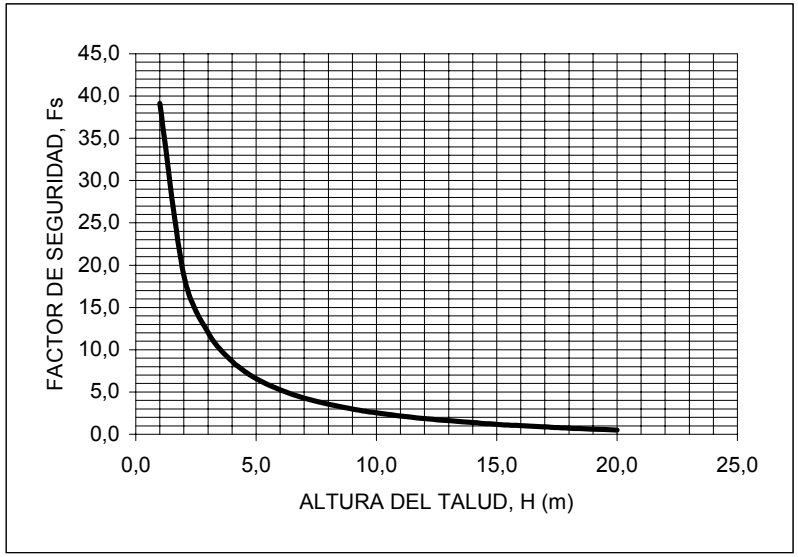
RESULTADOS DEL ENSAYO, CONDICIÓN SECA

c´=1,50 ton/m² fi´=25° Residual. Análisis

c´=1,80 ton/m² fi´=40° Pico

Condición de agua: Saturada

H(m)	FS
1	39,140
2	18,800
3	12,020
4	8,640
5	6,601
6	5,245
7	4,277
8	3,551
9	2,986
10	2,534
12	1,856
15	1,178
16	1,009
17	0,859
18	0,726
20	0,500



Z4Adl/mrdrf/e Fallas rotacionales en los suelos de relleno, traslacionales a lo largo de discontinuidades.

Z5Amr/rdt/e Fallas traslacionales a lo largo de discontinuidades y rotacionales o traslacionales en rellenos o suelos residuales.

Igualmente se adelanta un chequeo de la falla general del macizo rocoso teniendo en cuenta el alto grado de fracturamiento que presenta. Los resultados muestran que la falla es posible en el nivel 3 arcilloso, altamente fracturado por influencia de la traza de falla, por tanto los sectores afectados por este mecanismo son Z4A y Z5A, localizados al norte del talud y alineados aproximadamente NS. (*Ver FIGURA No. 5.5).*

Los resultados muestran que la falla solo ocurriría en el momento que el estrato se encuentre saturado y con presencia de un sismo, situación poco probable por un lado por la alta permeabilidad secundaria, la disposición de la estratificación y las altas pendientes del talud conformado.

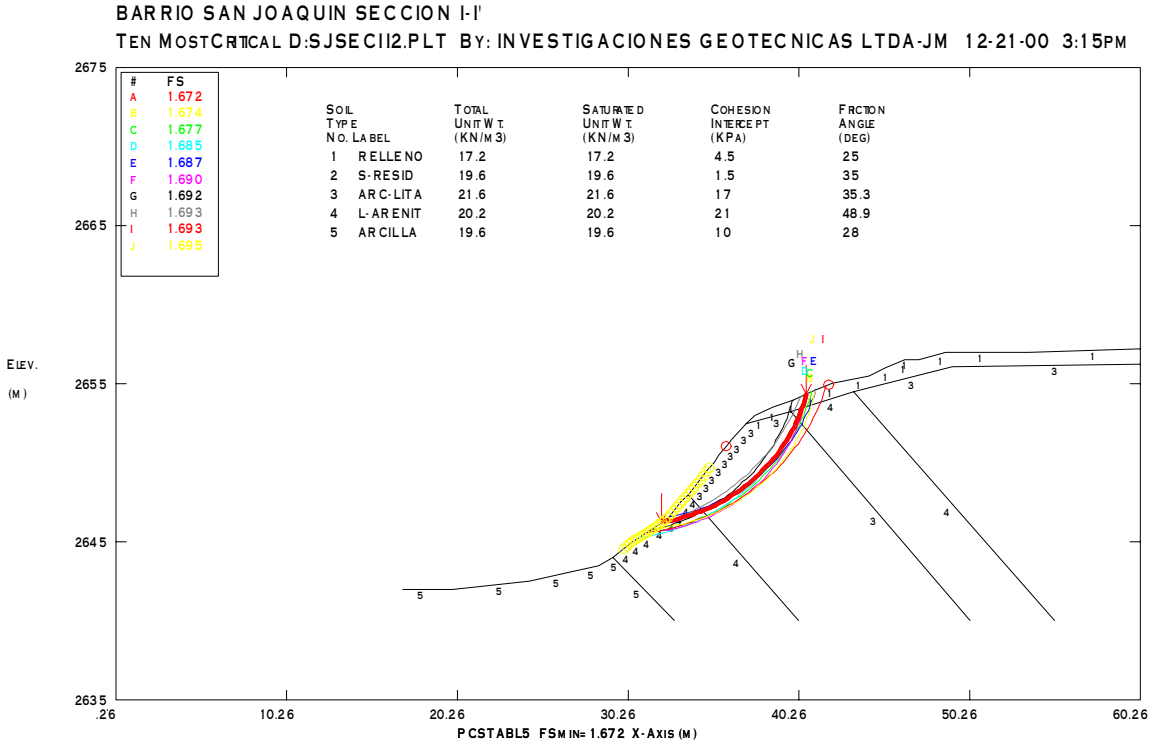
En las *TABLAS Nos. 5.3 a 5.12* se presentan los resúmenes de los resultados en términos de factores de seguridad para cada condición establecidos para cada zona o perfil geotécnico.
Las posibles fallas en los depósitos recientes, rellenos antrópicos arcillosos con basuras, presentan características tales como: superficie de falla circular alargada, de poca profundidad con espesores menores a 1 m, y volúmenes de masa movilizada entre 1 y 5 m^3; y la falla se presenta en condiciones saturadas.

Los análisis estáticos de las posibles fallas a lo largo de las discontinuidades, (*TABLAS Nos. 5.9 a 5.12*) muestran: La falla planar se presenta preferiblemente en taludes seudo verticales con espesores de material superior a los 3 m, condición que solo se puede dar el sector Z2A, en los sectores Z4A y Z5A la falla planar es menos probable que se presente debido a que los taludes y las discontinuidades que la facilitan son menos pendiente y la altura de los taludes son menores a 3 m. Para efectos de categorizar la amenaza se asume típica la falla a lo largo de la familia D5 sobre el talud del perfil CC' y un espesor de material de 4 m, *TABLA No. 5.10*.

Para el análisis de la falla en cuña, se asume como perfil característico el HH´ y se toma como sistemas actuantes el D7 y D4, Los análisis de sensibilidad, *TABLA No. 5.12*, muestran que la falla solo se presentaría para altura de taludes mayores de 14 m en condiciones saturadas, lo que representa que su probabilidad de falla es muy baja y que en la actualidad no está condicionando la estabilidad del talud en los sectores donde existe la posibilidad cinemática.

La falla por volteo se analizó para el perfil CC´, a lo largo de las diaclasas D2 y D5, se asume un tamaño de bloque de 0.30 m de espesor por 0.50 m de altura. Los resultados muestran que la falla por volteo se presentaría para condiciones de saturación del talud y/o acción del sismo, el sector de mayor afectación por este tipo de mecanismo es Z2A, mientras en los sectores Z4A y Z5A su afectación se minimiza principalmente por la inclinación y orientación de los taludes. (*TABLA No. 5.11)*.

FIGURA 5.5 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GENERAL MACIZO - SECCIÓN I-I'



5.3. ZONIFICACIÓN POR AMENAZA

La aproximación probabilística de la amenaza se adelanta por el método de estimación de punto (PEM) propuesto por Rosenblueth, 1975. Se establecen diferentes escenarios de acuerdo con los detonantes (agua y sismo), partiendo de una condición de falla de talud sin agua y sin sismo hasta llegar a una falla con agua y con sismo.

La estimación del área de afectación de los eventos amenazantes tanto hacia la parte posterior de la zona en movimiento como el avance de la masa movilizada se realiza siguiendo los siguientes procedimientos:

Para estimar la distancia de viaje o posible área de afectación de los procesos que se desencadenan en cada zona, se utiliza el modelo establecido por P.J. Finlay et al., 1998, que tiene en cuenta la morfometría de la ladera, altura y pendiente y el espesor de la masa movilizada. El modelo tiene en cuenta el tipo de ladera o talud, si es de corte, de relleno, con estructura de contención y la falla de material rodado. Los resultados obtenidos se validaron en función de las observaciones de campo y el análisis de la morfometría de las zonas de depositación.

Para delimitar la zona de afectación de los eventos amenazantes en la corona del talud, se evalúa teniendo en cuenta la máxima longitud de la falla del relleno que está dispuesto sobre la corona del talud y a lo largo del mismo, los análisis muestran que la máxima longitud de afectación es del orden de los 8 m, esta longitud se tomó como límite de acción de los posibles movimientos y se mide con relación al frente de talud más interno.

En esta etapa se desarrolló un proceso que permitió llegar a delimitar espacialmente los diferentes grados de amenaza dentro del área de interés, integrando la información básica, hasta aquí obtenida. Para la Categorización de la amenaza se tuvo en cuenta aspectos de magnitud, estado de actividad y tendencia a la propagación de los procesos que actualmente están afectando el área.

Para la Categorización de la Amenaza actual se estableció un período de corto plazo a 4 años, el cual se considera adecuado para la evaluación del riesgo actual y configura un nivel de probabilidad mayor que para un tiempo de exposición de un año y se categoriza en función del valor esperado de Fs para un escenario de ocurrencia del evento por influencia del agua y sin sismo; mientras la amenaza para un tiempo mayor de exposición se categoriza en función de la probabilidad de falla asociada a los condiciones críticas de los eventos detonantes lluvia y sismo -en el caso del presente estudio- se toma como tiempo de exposición máximo de 25 años o de periodo de diseño.

Se toma como escala de Categorización de la amenaza, la establecida en el estudio de INGEOCIM 1998, la cual permite partir de una misma referencia y unificar criterios al respecto. (*Ver TABLA No. 5.13*).

TABLA No 5.13 CATEGORIZACION DE LOS NIVELES DE AMENAZA

FACTOR DE SEGURIDAD	PROBABILIDAD DE FALLA	NIVEL DE AMENAZA
<= 0.625	> 0.731	Muy Alta MA
> 0.625 - 1.328	0.731 - < 0._326	Alta A
> 1.328 - 1.936	0.326 - < 0.121	Media M
> 1.936 - 3.408	0.121 - < 0.004	Baja B
> 3.408	<= 0.0004	Muy Baja MB

Fuente: González & Millán, 1999.

Los resultados para cada zona se resumen en las *TABLAS Nos. 5.14 y 5.15*.

La *TABLA No. 5.16* presenta los resultados de las características de los eventos amenazantes asignados para cada zona geotécnica y el *PLANO No. 5* muestra la configuración espacial de la Amenaza, establecida en cada zona geotécnica teniendo en cuenta la posible trayectoria de la masa movilizada.

TABLA No. 5.16 RESULTADOS DE LA AMENAZA POR FRM POR ZONAS HOMOGÉNEAS

ZONA	PERFIL	T. FALLA	TALUD		MOVIMIENTO						DISTANCIA DE VIAJE (m)	Fs(E)	Pf	CATEGORIA AMENAZA
			H (m)	A (º)	D (m)	AREA	W (m)	V (m3)	L (m)	H4 (m)				
Z1Arbdr	A-A'	Rot-Talud	3.33	50.0	0.62	1.78	1.23	2.20	6.54	1.29	3.74	1.197	0.354	A
Z1Arbdr	A-A'	Tras-Talud	5.46	47.0	0.89	2.82	1.78	5.02	9.86	1.59	4.76	1.196	0.357	A
Z3Adldrf/e	D-D'	Rot-Talud	2.38	24.0	0.87	1.82	1.74	3.18	12.51	1.86	7.17	1.147	0.387	A
Z4Adl/mrdrf	F-F'	Rot-Talud	5.13	27.0	0.39	1.62	0.78	1.27	21.45	1.68	11.39	1.060	0.400	A
Z5Amrdt/e	I-I'	Rot-Talud	11.78	60.0	3.10	20.48	6.20	127.15	27.47	3.47	20.67	1.670	0.030	M
Z2Amrdt/e	C-C´	Planar-Talud	8.77								9.00	0.759	1.000	MA
Z5Amrdt/e	I-I'	En cuña-Talud	12.00								12.00	1.700	0.025	B

Dada las características de la zona Z5A, donde la estabilidad la determina la conjugación entre los sistemas de discontinuidades y la disposición de los taludes, la categorización de la amenaza se adelantó mediante la subdivisión de la misma, el primer sector orientado preferencialmente el dirección NE presenta posibilidades de falla en cuña y falla del macizo sobre el nivel arcilloso, siendo más critica la falla del macizo, por tanto se le asocio un nivel de amenaza medio. El segundo sector con orientación preferencial NW y que corresponde al límite del área en estudio presenta posibilidades de falla planares, en cuña, por volteo y del macizo, siendo más critica la falla planar y del macizo, por lo tanto se le asocio un nivel de amenaza alto.

TABLA No. 5.14 FS vs Pf EN DEPÓSITOS ARCILLOSOS

ϕ (°)	c (T/m2)	A- A' Z1Arbdr FS	A-A' Z1Arbdr FS	D-D' Z3Adldrf/e FS	D-D' Z3Adldrf/e FS	F-F Z4Adl/mrdrf FS	F- F' (ru=0.3) Z4Adl/mrdrf FS	D-D' (ru=0.3) Z3Adldrf/e FS
min	min	0,478	0,469	1,060	1,589	0,561	0,478	0,280
min	min	0,350	0,353	0,880	1,323	0,441	0,320	0,563
min	min	0,315	0,311	0,592	0,895	0,353	0,315	0,405
min	min	0,223	0,228	0,485	0,735	0,265	0,181	0,355
min	max	1,957	1,927	4,826	1,962	1,917	1,957	1,682
min	max	1,821	1,806	4,638	1,696	1,751	1,584	1,652
min	max	1,425	1,432	2,781	1,118	1,291	1,425	1,174
min	max	1,320	1,341	2,671	0,956	1,174	1,057	1,155
max	min	0,787	0,773	1,474	2,553	0,930	0,787	0,761
max	min	0,576	0,581	1,215	2,128	0,732	0,533	0,675
max	min	0,520	0,510	0,853	1,435	0,580	0,520	0,499
max	min	0,364	0,372	0,691	1,179	0,437	0,294	0,430
max	max	2,136	2,202	5,555	2,849	2,207	2,136	1,678
max	max	2,036	2,055	5,244	2,498	2,037	1,819	1,632
max	max	1,517	1,592	3,175	1,621	1,425	1,517	1,167
max	max	1,446	1,488	2,993	1,400	1,314	1,197	1,133
	Fs(E)-A	1,197	1,196	2,960	1,912	1,241	1,061	1,147
	Pf - A	0,387	0,387	0,144	0,004	0,343	0,459	0,385
	Pf - C4	0,354	0,357	0,135	0,005	0,309	0,400	0,387
	Pf - C25	0,399	0,398	0,149	0,023	0,360	0,475	0,402
	Fs(E) 25	1,179	1,179	2,896	1,869	1,219	1,042	1,128

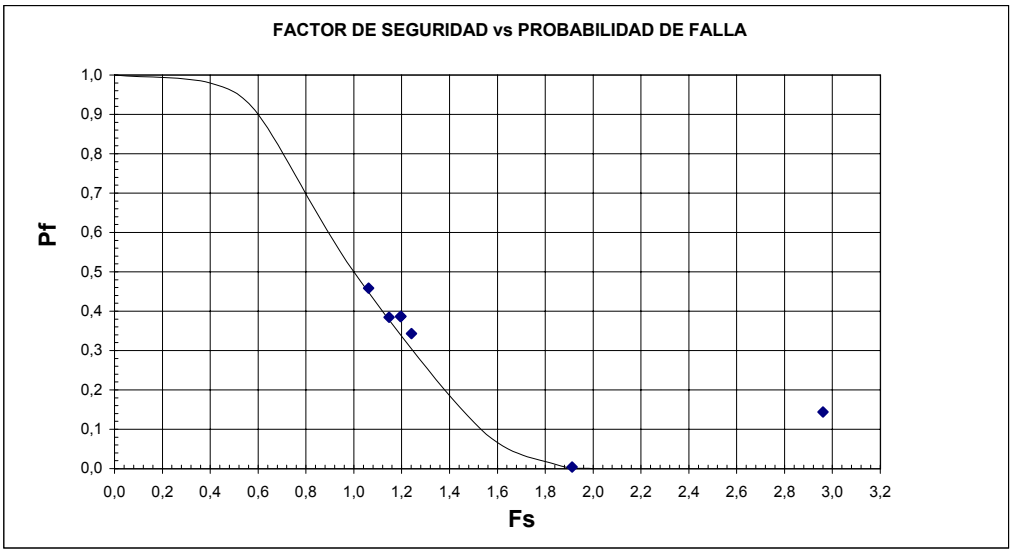


TABLA No. 5.15 FS vs Pf EN MACIZOS ROCOSOS

		f. Planar	f. Por Volteo
ϕ (°)	**c (T/m2)**	FS	FS
min	min	0,857	1,322
min	min	0,650	0,940
min	min	0,617	0,941
min	min	0,448	0,730
min	max	1,170	1,499
min	max	0,807	1,066
min	max	0,812	1,067
min	max	0,522	0,828
max	min	0,920	2,219
max	min	0,712	1,334
max	min	0,669	1,335
max	min	0,499	0,954
max	max	1,231	2,509
max	max	0,866	1,508
max	max	0,861	1,509
max	max	0,569	1,079
	Fs(E)-A	0,759	1,206
	Pf - A	1,000	0,131
	Pf - C4	0,773	0,039
	Pf - C25	0,999	0,116
	Fs(E) 25	0,747	1,429

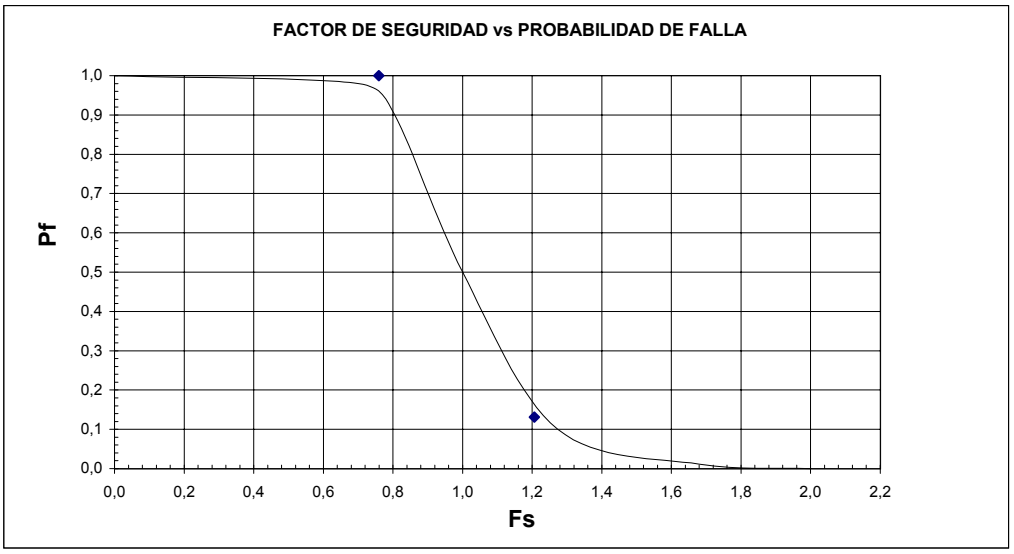


TABLA DE CONTENIDO

6.1. INVENTARIO DE VIVIENDAS 1
6.2 CONDICIÓN ACTUAL 1
6.2.1. Estructura de las viviendas 1
6.2.2. Condición social 2
6.3. EVALUACIÓN DE DAÑOS POSIBLES 8
6.3.1. Asignación de Solicitación 8
6.3.2. Evaluación de Vulnerabilidad 9
6.4. EVALUACIÓN DE RIESGO 10

CAPITULO 6
EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO

La evaluación de vulnerabilidad se adelanta siguiendo los lineamientos metodológicos establecidos por LEONE, 1996. Así, en forma semicuantitativa se establece el nivel de vulnerabilidad de las unidades de vivienda, en función de los posibles daños que pueden llegar a sufrir los elementos expuestos situados en la zona de afectación previsible por el fenómeno amenazante. El nivel de daño de los elementos expuestos se define tipificando las viviendas por su tipología establecida en el inventario y sus modos de daño asociados a la solicitación impuesta por los diferentes eventos amenazantes, los que a su vez dependen de los mecanismos de falla y de su distancia de viaje, establecidos en el Capítulo anterior.

6.1. INVENTARIO DE VIVIENDAS

En las *TABLAS Nos. 6.1 y 6.2* se presenta el resumen general del inventario, el cual está discriminado en tres partes, siendo éstas: datos básicos, datos de los elementos estructurales y datos sociales. Es indispensable recalcar que la información recolectada es de carácter más cualitativo que cuantitativo sobre su tipología estructural y de la condición social de los habitantes del sector, dentro del objetivo de poder aproximarse conceptualmente a su resistencia o capacidad de respuesta ante eventos de remoción en masa de diferentes magnitudes. Sobre este aspecto, conviene agregar que en general casi ninguna edificación y mucho menos las que ocupan la atención de este estudio son diseñadas, ni construidas específicamente para resistir empujes o fuerzas laterales generadas por fenómenos de remoción en masa y que por lo tanto, la evaluación que sobre el particular puede hacerse con base en el inventario es muy limitada. En conclusión, se busca definir de manera más sistemática una metodología de evaluación más específica, en cuanto a la capacidad intrinseca de la estructura existente a reaccionar ante eventos de tal naturaleza.

6.2 CONDICIÓN ACTUAL

6.2.1. Estructura de las viviendas

A partir del inventario realizado, se establecen niveles de capacidad de respuesta ante posibles solicitaciones de fenómenos amenazantes, FRM, de acuerdo al tipo de estructura de la vivienda inventariada, definiéndose seis tipologías:

A - Viviendas con estructura en concreto o mampostería estructural.
B - Viviendas con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado.
C - Viviendas de muros cargueros y viviendas prefabricadas.
D - Viviendas informales.
E - Edificaciones en proceso de construcción.
F - Lotes vacíos

Nota: Tomado de IRH, 1999.

De ésta forma, las viviendas tipo **A** se consideran menos vulnerables que las viviendas tipo **D;** es decir, tienen una mayor capacidad de resistir. La clasificación **E** y **F** se tiene en cuenta porque se asume que estos predios hacen parte del loteo de los barrios en estudio y de alguna forma representan algún valor para sus propietarios y puede representar limitantes para ser desarrollados o construidos.

En un primer nivel se incluyen las casas que de forma aparente cumplen con rasgos y parámetros mínimos de rigidez y solidez estructural, representados en una estructura aporticada, mampostería estructural o el empleo de muros cargueros confinados por columnas a distancias razonables y con placa de entrepiso en concreto. Lo anterior, sin entrar a establecer la existencia o no de cálculos estructurales y el cumplimiento de otros requisitos a nivel de distribución y refuerzo mínimo, lo que no estaba dentro del alcance del presente estudio.

En un segundo nivel, se clasifican las viviendas construidas con muros cargueros, tienen placa de entrepiso en concreto y la incorporación de columnas y elementos de amarre es local y esporádica, es decir, son viviendas que en su concepción tratan de adicionar algún tipo de refuerzo adicional a la metodología tradicional de muros y placas.

En un tercer nivel, se clasifican todas las demás tipologías de viviendas, es decir, viviendas con muros cargueros, fundados sobre cimiento ciclópeo y viviendas prefabricadas.

En un cuarto nivel, se incluyen las viviendas construidas con madera, cartón o tejas metálicas o sus combinaciones, es decir viviendas informales o viviendas que normalmente se llaman tuguriales.

Vale la pena anotar que las viviendas se encuentran referenciadas espacialmente en el área de estudio, de tal forma que resulta simple asignarles el tipo de evento amenazante al que están expuestas.

6.2.2. Condición social

Este asentamiento humano se genera alrededor de la Industria de Explotación de Chircales, como lo muestra la antigüedad del frente de explotación; según topografía de 1978 el talud minero ya existía y se iniciaba incipientemente el desarrollo habitacional alrededor del frente de explotación.

El desarrollo del poblamiento intenso del Barrio San Joaquín y específicamente del sector El Carrizal, empieza aproximadamente hace 6 años, siendo más intenso en los 2 últimos años; gran parte de sus pobladores son provenientes de barrios aledaños, mientras que otros habitantes han adquirido su lote con el transcurrir del tiempo y han construido su vivienda. En el área de estudio se registraron 36 familias y 163 habitantes, en algunas viviendas viven hasta 12

TABLA No.6.1 INVENTARIO DE VIVIENDAS - DATOS SOCIOECONOMICOS

Cód.	Ficha	No. de la manzana	No. del lote	Código del barrio o asentamiento	Dirección	Propietario	Tiempo de vivir en el barrio (Años)	Tiempo de vivir en la casa (Años)	Estado de ocupación	No. de apartamentos en la edificación	No. de familias en la edificación	No. de residentes en la edificación	Area bruta de la construcción (m2)	Número de pisos	Estado de la construc. %	Edad de la const. (Años)	Agua	Alcantarillado	Energía eléctrica	Gas	Teléfono	Calle pavimentada	Monto mensual de ingresos familiares (en miles$)	Valor de bienes - enseres- (en miles$)	Valor estimado del inmueble por el propietario (en miles$)
		2,2	3	2,1		4	5	6	9	10	11	12	13	14	8	15	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	A	B	C
39	1	C	3	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80B - 86 SUR	DIOGENES ORTIZ	6	6	Ocupada	1	2	12	48	1	90	6	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 900,00	$ 2.000,00	$ 6.000,00
41	2	C	5	SAN JOAQUIN	0	DIOGENES ORTIZ	6	6	No Ocupada	0	0	0	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
42	3	C	6	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 17 SUR	MARIA ANGELA HERNANDEZ	1	1	Ocupada	1	1	3	28	1	100	1	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 240,00	$ 0,00	$ 4.000,00
49	4	C	6A	SAN JOAQUIN	0	0	0	0	No Ocupada	0	0	0	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
43	5	C	7	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 41 SUR	MISAEL GUTIERREZ	4	4	Ocupada	1	1	4	24	1	100	4	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 250,00	$ 5.000,00	$ 0,00
44	6	C	8	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 30 SUR	ANA TERESA LLANO	3	1	Ocupada	1	1	4	60	1	100	1	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 250,00	$ 0,00	$ 0,00
45	7	C	9	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 48 SUR	MARGOTH JIMENEZ	1,5	0,5	Ocupada	1	1	3	36	1	75	0,5	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 500,00	$ 3.000,00	$ 6.500,00
48	8	C	12	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 52 SUR	MARIA ELIZABETH CASTAÑO	4	4	Ocupada	1	1	5	40	1	0	0	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 400,00	$ 150,00	$ 4.000,00
59	9	E	9	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 03 SUR	TERESA DE JESUS QUINTERO	0	0	Ocupada	1	1	1	12	1	30	0	NO	NO	SI	NO	SI	NO	$ 250,00	$ 0,00	$ 2.500,00
51	10	E	1B	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 06 SUR	EISNEY RODRIGO IGLESIAS	4	4	Ocupada	2	2	10	12	1	80	0	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 200,00	$ 500,00	$ 5.000,00
52	11	E	2	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 04 SUR	LEONEL CUEVAS	0,3	0,3	Ocupada	2	2	5	72	1	80	0,5	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 600,00	$ 4.000,00	$ 10.000,00
53	12	E	3	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17A - 02 SUR	0	0	0	Ocupada	0	0	0	64	0	0	0	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
55	13	E	5	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80A - 12 SUR	CARLOS ALEXANDER MONTEALEGRE	2	2	Ocupada	1	1	4	30	0	100	1	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 500,00	$ 2.000,00	$ 15.000,00
56	14	E	6	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80A - 08 SUR	JAVIER RUIZ	2	2	Ocupada	1	1	8	18	1	100	0	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
60	15	E	10	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80A - 08 SUR	GUSTAVO BETANCUR	0	0	Ocupada	0	0	0	9	0	0	0	NO	NO	SI	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
57	16	E	7	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 37 SUR	OLGA LUZ PEREA FLORES	1	1	Ocupada	1	1	7	42	1	100	0	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 200,00	$ 1.000,00	$ 0,00
30	17	B	15	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 46 SUR	MARIA DEL CARMEN TORRES	4	4	Ocupada	2	2	9	40	1	100	0	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 300,00	$ 120,00	$ 2.500,00
28	18	B	13	SAN JOAQUIN	CLL 80C BIS Nº 17A - 40 SUR	JOSE OMAR FAJARDO	5	5	Ocupada	1	1	4	36	1	100	0	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 250,00	$ 2.000,00	$ 10.000,00
24	19	B	9	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 24 SUR	REINEL JIMENEZ UNI	2	2	Ocupada	1	1	4	42	1	100	4	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 2.000,00	$ 5.000,00
22	20	B	7	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 18 SUR	ANA ELVIA TECANO	5	3	Ocupada	1	1	5	72	1	60	0	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 250,00	$ 1.000,00	$ 2.000,00
20	21	B	5	SAN JOAQUIN	CLL 80B BIS Nº 17 - 12 SUR	MARCO FIDEL RODRIGUEZ	4	1	Ocupada	1	1	4	48	1	60	2	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 300,00	$ 2.000,00	$ 20.000,00
19	22	B	4	SAN JOAQUIN	KRA 17A Nº 80B - 29 SUR	CAMPO ERNESTO CAÑON	0,2	0,2	Ocupada	1	1	5	72	1	100	5	SI	SI	SI	NO	SI	SI	$ 0,00	$ 5.000,00	$ 0,00
15	23	A	15	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 56 SUR	AMANDA GUTIERREZ R.	1	1	Ocupada	1	1	8	60	1	100	3	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 600,00	$ 1.500,00	$ 7.000,00
14	24	A	14	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 54 SUR	BENJAMIN BAEZ SALCEDO	2	2	Ocupada	1	3	8	72	1	100	2	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 1.000,00	$ 11.000,00	$ 12.000,00
36	25	B	21	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 35 SUR	FLOR MARIA SANCHEZ	6	6	Ocupada	1	2	12	72	1	50	3	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 200,00	$ 5.000,00	$ 15.000,00
13	26	A	13	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 36 SUR	LUZ MARINA GALINDO	6	6	Ocupada	1	1	9	0	1	40	1	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 200,00	$ 1.000,00	$ 5.000,00
12	27	A	12	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 34 SUR	HIPOLITO GUERRA	2,5	2,5	Ocupada	1	1	3	65	1	100	2,5	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 500,00	$ 1.000,00	$ 7.000,00
34	28	B	19	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 31 SUR	ALBA MARINA CRUZ	4	4	Ocupada	1	1	10	25	1	40	4	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 200,00	$ 1.000,00	$ 12.000,00
33	29	B	18	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 25 SUR	MARIA	2	2	Ocupada	1	1	2	42	1	100	3	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
35	30	B	20	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 51 SUR	ANA YANETH RIVEROS	0	0	Ocupada	1	1	4	60	1	50	0	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 250,00	$ 3.000,00	$ 0,00
11	31	A	11	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 32 SUR	ANGELA BAEZ SALCEDO	2	1	Ocupada	1	1	5	36	1	20	1	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 500,00	$ 3.000,00	$ 12.000,00
10	32	A	10	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 30 SUR	ORIOLA CASAÑEDA	3	3	Ocupada	1	1	4	20	1	10	0	SI	SI	SI	NO	NO	NO	$ 400,00	$ 500,00	$ 2.000,00
9	33	A	9	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 28 SUR	LUIS EDUARDO LOPEZ	4	4	Ocupada	1	1	1	66	1	100	4	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
31	34	B	16	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 23 SUR	0	0	0	Ocupada	0	0	0	72	1	100	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
29	35	B	14	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 43 SUR	0	0	0	No Ocupada	0	0	0	72	2	100	0	SI	SI	SI	NO	SI	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
27	36	B	12	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17A - 19 SUR	0	0	0	Ocupada	0	0	0	72	1	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
8	37	A	8	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 24 SUR	0	0	0	Ocupada	0	0	0	72	2	100	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
7	38	A	7	SAN JOAQUIN	CLL 80B Nº 17 - 24 SUR	0	0	0	No Ocupada	0	0	0	0	0	50	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00

TABLA No.6.2 INVENTARIO DE VIVIENDAS - EVALUACION ESTRUCTURAL

Cód.	Ficha	No. de la manzana	No. del lote	Area bruta de la construcción (m2)	Número de pisos	Estado de la construc. %	Edad de la const. (Años)	Ubicación de la viv. En la ladera	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Estructura de la placa del piso	Estructura del techo	Tipo de cubierta	Valor de bienes - enseres- (en miles$)	Valor estimado del inmueble por el propietario (en miles$)	Tipo de estructura	Valor x m2 vivienda (en miles$)
		2,2	3	13	14	8	15	17	18	19	20	21	22	B	C		
39	1	C	3	48	1	90	6	0	Viga de amarre	De recuperación		Madera	Teja	$ 2.000,00	$ 6.000,00	D	125
41	2	C	5	0	0	0	0	Relleno	Ciclopeo	En construcción				$ 0,00	$ 0,00	E	
42	3	C	6	28	1	100	1	En corte	Ciclopeo	Prefabricado		Madera	Zinc	$ 0,00	$ 4.000,00	C	142,9
49	4	C	6A	0	0	0	|	Relleno	Ciclopeo	De recuperación		Madera	De recuperación	$ 0,00	$ 0,00	D	
43	5	C	7	24	1	100	4	En corte	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Asbesto cemento	$ 5.000,00	$ 0,00	C	0,0
44	6	C	8	60	1	100	1	Relleno	Zapatas	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 0,00	$ 0,00	C	0,0
45	7	C	9	36	1	75	0,5	En corte	Viga de amarre	Prefabricado		Madera	Zinc	$ 3.000,00	$ 6.500,00	C	180,6
48	8	C	12	40	1	0	0	Relleno	0	De recuperación		Madera	De recuperación	$ 150,00	$ 4.000,00	D	100,0
59	9	E	9	12	1	30	0	Relleno	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 0,00	$ 2.500,00	C	208,3
51	10	E	1B	12	1	80	0	Relleno	Viga de amarre	De recuperación		Madera	Zinc	$ 500,00	$ 5.000,00	D	416,7
52	11	E	2	72	1	80	0,5	Est. Palafítica	Zapatas	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 4.000,00	$ 10.000,00	C	138,9
53	12	E	3	64	0	0	0	Relleno	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 0,00	$ 0,00	C	0,0
55	13	E	5	30	0	100	1	Relleno	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 2.000,00	$ 15.000,00	C	500,0
56	14	E	6	18	1	100	0	Relleno	0	De recuperación		Madera	Zinc	$ 0,00	$ 0,00	D	0,0
60	15	E	10	9	0	0	0	0	0	De recuperación		Madera	Zinc	$ 0,00	$ 0,00	D	0,0
57	16	E	7	42	1	100	0	Est. Palafítica	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Asbesto cemento	$ 1.000,00	$ 0,00	C	0,0
30	17	B	15	40	1	100	0	Relleno	0	De recuperación		Madera	Zinc	$ 120,00	$ 2.500,00	D	62,5
28	18	B	13	36	1	100	0	Relleno	Zapatas	Muros portanes		Madera	Asbesto cemento	$ 2.000,00	$ 10.000,00	C	277,8
24	19	B	9	42	1	100	4	Relleno	0	Prefabricado		Madera	Teja	$ 2.000,00	$ 5.000,00	C	119,0
22	20	B	7	72	1	60	0	0	0	De recuperación		Madera	Zinc	$ 1.000,00	$ 2.000,00	D	27,8
20	21	B	5	48	1	60	2	Relleno	Zapatas	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 2.000,00	$ 20.000,00	C	416,7
19	22	B	4	72	1	100	5	0	Zapatas	Muros portanes		Concreto re	Asbesto cemento	$ 5.000,00	$ 0,00	C	0,0
15	23	A	15	60	1	100	3	En corte	Viga de amarre	De recuperación		Madera	Zinc	$ 1.500,00	$ 7.000,00	D	116,7
14	24	A	14	72	1	100	2	0	Zapatas	De recuperación		Madera	Zinc	$ 11.000,00	$ 12.000,00	D	166,7
36	25	B	21	72	1	50	3	En corte	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 5.000,00	$ 15.000,00	C	208,3
13	26	A	13	0	1	40	1	Relleno	0	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 1.000,00	$ 5.000,00	C	
12	27	A	12	65	1	100	2,5	Relleno	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 1.000,00	$ 7.000,00	C	107,7
34	28	B	19	25	1	40	4	0	0	De recuperación		Madera	Zinc	$ 1.000,00	$ 12.000,00	D	480,0
33	29	B	18	42	1	100	3	Relleno	Zapatas	Muros confinados		Madera	Asbesto cemento	$ 0,00	$ 0,00	B	0,0
35	30	B	20	60	1	50	0	En corte	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 3.000,00	$ 0,00	C	0,0
11	31	A	11	36	1	20	1	En corte	Viga de amarre	De recuperación		Madera	Zinc	$ 3.000,00	$ 12.000,00	D	333,3
10	32	A	10	20	1	10	0	0	0	De recuperación		Madera	Zinc	$ 500,00	$ 2.000,00	D	100,0
9	33	A	9	66	1	100	4	En corte	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 0,00	$ 0,00	C	0,0
31	34	B	16	72	1	100	0	Relleno	Ciclopeo	Muros portanes		Madera	Zinc	$ 0,00	$ 0,00	C	0,0

TABLA No.6.2 INVENTARIO DE VIVIENDAS - EVALUACION ESTRUCTURAL

Cód.	Ficha	No. de la manzana	No. del lote	Area bruta de la construcción (m2)	Número de pisos	Estado de la construc. %	Edad de la const. (Años)	Ubicación de la viv. En la ladera	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Estructura de la placa del piso	Estructura del techo	Tipo de cubierta	Valor de bienes - enseres- (en miles$)	Valor estimado del inmueble por el propietario (en miles$)	Tipo de estructura	Valor x m2 vivienda (en miles$)
		2,2	3	13	14	8	15	17	18	19	20	21	22	B	C		
29	35	B	14	72	2	100	0	Relleno	Ciclopeo	Muros portanes	oncreto re	oncreto re	Asbesto cemento	$ 0,00	$ 0,00	C	0,0
27	36	B	12	72	1	0	0	Relleno	Ciclopeo	Muros confinados	oncreto re	oncreto re	Asbesto cemento	$ 0,00	$ 0,00	B	0,0
8	37	A	8	72	2	100	0	Relleno	Ciclopeo	Muros portanes	oncreto re	Madera	Zinc	$ 0,00	$ 0,00	C	0,0
7	38	A	7	0	0	50	0	Relleno	Ciclopeo	Muros confinados		Madera	Zinc	$ 0,00	$ 0,00	B	
1		A	1							Lote						F	
2		A	2							Lote						F	
3		A	3							Muros portanes		Madera	Asbesto cemento			C	
4		A	4							Muros portanes		Madera	Asbesto cemento			C	
5		A	5							Muros portanes		Madera	Asbesto cemento			C	
6		A	6							Lote						F	
16		B	1							Muros portanes		Madera	Asbesto cemento			C	
17		B	2							Muros portanes		Madera	Asbesto cemento			C	
18		B	3							Muros portanes		Madera	Asbesto cemento			C	
21		B	6							Muros portanes		Madera	Asbesto cemento			C	
23		B	8							Lote						F	
25		B	10							Muros portanes		Madera	Asbesto cemento			C	
26		B	11							Lote						F	
32		B	17							Lote						F	
37		C	1							Lote						F	
38		C	2							Lote						F	
40		C	4							Lote						F	
46		C	10							Lote						F	
50		E	1A							De recuperación		Madera	De recuperación			D	
54		E	4							Lote						F	
58		E	8							Lote						F	

personas repartidas en dos apartamentos, en promedio habitan cinco personas por predio.(*Ver TABLA No. 6.1*).

- *Servicios Sociales.*

En el área de estudio y en su alrededor más cercano, no se encuentran áreas Institucionales como Centros de Salud, Iglesia y Hogares de Bienestar Familiar, por lo que los habitantes del sector sólo tienen acceso a estos servicios en los barrios circunvecinos. Adicionalmente el barrio no cuenta con espacios de recreación y está rodeado o colinda con una zona de explotación inactiva.

- *Infraestructura De Servicios Públicos.*

Según las encuestas realizadas en la zona de estudio, el 75% de los habitantes cuentan con los servicios de agua, alcantarillado, luz, y teléfono, las 8 unidades de vivienda que no poseen los servicios básicos se localizan principalmente tanto en la base como en la corona del talud. De otra parte, la infraestructura vial es precaria, de bajas especificaciones, sin estructura de pavimento ni manejo de aguas de escorrentía. Gran parte del servicio de alcantarillado existente corresponde a un trabajo comunal, por tanto deberá ser revisado y actualizado, especialmente en lo referente al manejo de aguas lluvias.

El acceso al barrio está determinado por la vía al Mochuelo que parte de la Avenida Boyacá como vía principal; el servicio de transporte urbano se puede categorizar como de buena frecuencia, de hecho el barrio posee un paradero de buses y microbuses. El 100 % de las vías del sector se encuentran sin pavimentar, aunque la vía al mochuelo, que colinda con el área en estudio, se encuentra pavimentada; hecho que configura un factor contribuyente a los procesos de degradación por la ausencia de control de aguas de escorrentía, función de este tipo de infraestructura.

- *Tipo de Edificaciones*

El tipo de construcción de las viviendas en este sector son preferencialmente de 1 piso y se puede calificar como regulares a malas, siendo las de menores características las localizadas tanto en la base como en la corona del talud. Igualmente se presenta una heterogeneidad en la tipología de las viviendas, lo que surge como respuesta al mismo proceso individual de conformación del barrio. Los materiales más utilizados para la construcción de las viviendas, son bloque, ladrillo y concreto; los techos varían de tejas de Zinc, madera, plástico, hasta tejas de cemento de asbesto y los pisos son de concreto, madera y otros en tierra.

Algunas viviendas se encuentran en mal estado por la ausencia de materiales de construcción adecuados y por la carencia de diseños y técnicas de construcción. El 15% de las viviendas han sufrido problemas de inundaciones y deslizamientos, algunas presentan grietas y otras se encuentran en zonas de alto riesgo.

En las encuestas realizadas en la zona de estudio solo están registradas 12 viviendas que se encuentran construidas en un 100%, las 27 restantes cuentan con un 50% y hasta un 30% de construcción únicamente.

- *Actividades económicas.*

La capacidad económica de los habitantes desde el punto de vista de sus ingresos, se puede catalogar como baja a muy baja, ya que en un alto porcentaje trabaja independientemente en actividades como conducción, comercio ambulante, construcción, oficios varios y trabajos temporales y otros generan sus ingresos de pequeñas tiendas que tienen en sus viviendas. El salario mensual de los habitantes oscila entre cero y cuatrocientos mil pesos mensuales, ya que un 30 % de los cabeza de familia están sin empleo, lo cual indica que la posibilidad actual de recuperar sus condiciones de vida ante el evento de una catástrofe es nula. La mayoría de los ingresos se encuentran entre 1 y 2 salarios mínimos, sumando el trabajo de por lo menos dos personas por grupo familiar.

En cuanto a sus bienes y pertenencias, la mayoría de las familias catalogan que sus pertenencias presentan un valor menor a 3 millones de pesos, mientras que las familias restantes estiman un valor promedio entre 5 millones de pesos, tan solo un habitante considera que el valor de sus enceres asciende a los 11 millones de pesos. De igual forma pasa con el valor del inmueble, ya que algunas familias estiman que su vivienda o lote puede encontrarse entre los 2 y 20 millones de pesos, valor que creen conveniente, si llegaran a ser desalojados de sus viviendas. Es de anotar que este numeral en un 30 % de las personas encuestadas se negaron a responder. (*Ver TABLA No. 6.1*).

- *Percepción del problema*

La comunidad reconoce los problemas por la ocurrencia de FRM que se presentan en la zona, subvalorando en algunos casos o aceptando en otros, las posibles consecuencias de ellos.

Cualquiera que sea su percepción ante los problemas de inestabilidad, la decisión de no evacuar sus viviendas es una constante en los habitantes, puesto que allí adquirieron su lote y construyeron su vivienda, en la cual permanecerán a pesar de los problemas de inestabilidad, hasta tanto no tengan un nuevo recinto seguro sin estar expuestos a pagar por segunda vez.

En general no se nota que la comunidad se encuentre organizada y los esfuerzos por mejorar su entorno frente a los derrumbes o deslizamientos como ellos identifican los movimientos en masa, son individuales y esporádicos.

6.3. EVALUACIÓN DE DAÑOS POSIBLES

La estimación cuantitativa de daños posibles se adelanta para cada tipo de vivienda en función de la asignación de una solicitación impuesta por un determinado proceso generador de daño, que a su vez depende del grado de exposición del elemento expuesto. Este procedimiento se realiza a criterio del experto en evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa, tomando como base la siguiente Tabla de Clasificación de daños propuesta por DRM {DELEGATION AUX RISQUES MAJEURS} y presentada por LEONE, 1996. (*Ver TABLA No. 6.3*).

TABLA No. 6.3 INTENSIDADES DE DAÑO

INTENSIDAD DE DAÑO	MODOS DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
1	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada	0,01 – 0,1
2	Fisuración de muros. Reparaciones no urgentes	0,2 – 0,3
3	Deformaciones importantes, fisuras en elementos estructurales	0,4 –0,6
4	Fracturación de la estructura, evacuación inmediata	0,7 – 0,8
5	Derrumbe parcial o total de la estructura	0,9 – 1,0

Tomada de Leone, 1996

Donde el porcentaje de daño se define como la diferencia entre el valor inicial del bien antes del evento y el valor final del bien después del evento, dividida por el valor inicial del bien.

6.3.1. Asignación de Solicitación

La asignación de solicitaciones se realiza definiendo una zona de interacción entre el fenómeno y el elemento expuesto para el mecanismo de falla que arroje la condición más crítica en los análisis de estabilidad.

- *Tipo de Movimientos y Solicitaciones*

Para el modelo de vulnerabilidad es necesario establecer los deslizamientos rotacionales y traslacionales como los eventos generadores de daño, para los cuales - en cada zona geotécnica o condición local- de manera cualitativa y/o cuantitativa se le define su área de afectación, teniendo en cuenta tanto la magnitud del evento como la morfometría del frente de viaje del movimiento y su influencia en cuanto al retroceso de la corona del movimiento.

Se definen tres tipos de solicitaciones:

- Desplazamientos verticales–DV.
- Empujes-E.
- Impactos-I

Los desplazamientos verticales son experimentados por los elementos localizados sobre la corona de los deslizamientos y su posible área de retroceso; su valoración se hace a partir de la dinámica de los movimientos, que para este caso específico se considera que se desencadenarían de manera súbita y rápida.

Las solicitaciones por empuje son experimentadas por los elementos que se encuentran al frente de la masa en movimiento sobre la dirección de avance; su magnitud se establece con criterios geométricos en función de la relación entre la altura de la acumulación del material movido y la del elemento expuesto, sobre la base de tres niveles:

Alta Altura de acumulación mayor a los 2/3 de la altura del elemento.
Media Altura de acumulación entre 1/3 y 2/3 de la altura del elemento.
Baja Altura de acumulación menor a 1/3 de al altura del elemento.

La solicitación por impacto se asocia a los movimientos que por su dirección de viaje sobre taludes seudo verticales pueden impactar las viviendas que se localizan justamente en la base del talud. Su estimación de daño se asocia con los volúmenes de material movilizado.

- *Cualificación de los Daños*

La Cualificación de los daños se realiza generando una matriz que permite adelantar la asignación de los índices correspondientes en función de la tipología de las viviendas y el tipo de solicitación. La tipología de las viviendas representa la capacidad de asimilación de la estructura a solicitaciones impuestas por el fenómeno amenazante. Con estos criterios se define la siguiente matriz: (*Ver TABLA No. 6.4*).

TABLA No. 6.4. MATRIZ DE ÍNDICES DE DAÑOS

	TIPOLOGÍA					
SOLICITACIÓN	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Desplazamiento Vertical	3	4	4	4	1	1
Empujes	2	2/3	3	4	1	1
Impactos	1	2 / 4	4	4/5	1	1
No Solicitación						

Nota: Índice de daño asociado según la Tabla No. 6.3

6.3.2. Evaluación de Vulnerabilidad

Con base en la matriz de daños se establece el algoritmo de asignación en cada caso en particular, definiendo el índice de vulnerabilidad como el porcentaje de pérdida esperado,

evaluado en función del valor inicial de la vivienda antes del evento y el valor final una vez que ocurre el daño, con base en el área construida de cada predio tomado como dato básico en el formulario de inventario.

Como variable discriminante en este proceso se introduce el área de afectación del predio por efectos de la solicitación, ya que los movimientos en masa son de pequeña magnitud. Adicionalmente se tienen en cuenta que los costos de reparación son mayores si se hiciera obra nueva, por lo tanto, el costo de daño se afecta por un multiplicador de 1.2. La *TABLA No. 6.5* muestra los resultados obtenidos. Los intervalos de clasificación se establecen según la información contenida en la *TABLA No. 6.6*:

TABLA No. 6.6 CATEGORIZACION NIVELES DE VULNERABILIDAD

NIVELES	VULNERABILIDAD
MB Muy Bajo	< 0.1
B Bajo	< 0.3
M Medio	< 0.6
A Alto	< 0.8
MA Muy Alto	< 1.0

Tomada de UPES / INGEOCIM, 1998

La representación de estos resultados sobre la base cartográfica se presenta en el *PLANO No. 6*, empleando el criterio semáforo, esto es:

Tonos rojos: Niveles de vulnerabilidad altos.
Tonos amarillos: Niveles de vulnerabilidad medios.
Tonos verdes y azules: Niveles de vulnerabilidad bajos.

6.4. EVALUACIÓN DE RIESGO

Una vez definida la amenaza en términos de probabilidad de ocurrencia y establecidos los índices de vulnerabilidad en términos de costo de daño, (*Ver TABLA No. 6.5*), el riesgo por fenómenos de remoción en masa en términos de costo esperado de falla se define como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad (*Ver PLANO No. 7*).

Adicionalmente se establece un índice de riesgo **IR** definido como el porcentaje de daño esperado con relación al valor inicial del predio, el cual permite establecer intervalos de riesgo. La categorización de los niveles de riesgo se establece teniendo en cuenta la alta vulnerabilidad social de la comunidad afectada, de tal forma que una afectación mayor al 30 % del predio se considera como alto riesgo tal como se muestra en la *TABLA No. 6.7*.

TABLA No.6.5 EVALUACION DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

					CONDICION ACTUAL ESTRUCTURA									AMENAZA ACTUAL						SOLICITACION					VULNERABILIDAD				RIESGO		
Cód.	Ficha	No. de la manzana	No. del lote		Estado de la construc. %	Area bruta de la construcción (m2)	Número de pisos	Edad de la const. (Años)	Estado de la const.	Ha sufrido daño por	Inestabilidad del suelo	Nivel de exposición x FRM	TIPO ESTRUCTURA	Z. Geotecnica x evento amenazante	Tipo de FRM	Perfil análisis	Fs mínimo	Pf (4 años)	Amenaza	Localización vs. FRM.	Tipo	Intensidad daño	Tasa de daño	Area afectada (%)	Vi ($*1000)	Vd ($*1000)	Indice de daño	Vulnerabilidad	$ Esperado (*1000)	Indice de riesgo	Riesgo Actual
		2,2	3		8	13	14	15	23	24	25	27								26											
	1	C	3	C3	90	48	1	6	Regular			Nulo	D	Z0A						0											
	2	C	5	C5	0	0	0	0				Nulo	E	Z0A						Relleno											
	3	C	6	C6	100	28	1	1	Buena			Medio	C	Z1A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	En corte	DV	4	0,75	1	3.920	3.528	0,90	**MA**	1.376	0,35	**A**
	4	C	6A	C6A	0	27	1	0	Regular			Medio	D	Z1A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	4	0,75	1	810	729	0,90	**MA**	284	0,35	**A**
	5	C	7	C7	100	24	1	4	Buena			Medio	C	Z1A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	En corte	DV	4	0,75	1	3.360	3.024	0,90	**MA**	1.179	0,35	**A**
	6	C	8	C8	100	60	1	1	Regular			Medio	C	Z2A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	4	0,75	0,5	8.400	3.780	0,45	**M**	1.474	0,18	**M**
	7	C	9	C9	75	36	1	0,5	Buena			Medio	C	Z2A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	En corte	DV	4	0,75	0,5	5.040	2.268	0,45	**M**	885	0,18	**M**
	8	C	12	C12	0	40	1	0	Regular			Medio	D	Z3A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	4	0,75	0,5	1.200	540	0,45	**M**	211	0,18	**M**
	9	E	9	E9	30	12	1	0	Buena			Nulo	C	Z4A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	4	0,75	1	1.680	1.512	0,90	**MA**	590	0,35	**A**
	10	E	1B	E1B	80	12	1	0	Mala	Infiltración		Medio	D	Z4A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	4	0,75	1	360	324	0,90	**MA**	126	0,35	**A**
	11	E	2	E2	80	72	1	0,5	Regular			Medio	C	Z4A						Est. Palafítica											
	12	E	3	E3	0	64	1	0	Buena			Medio	C	Z4A						Relleno											
	13	E	5	E5	100	30	1	1	Buena			Medio	C	Z4A						Relleno											
	14	E	6	E6	100	18	1	0	Mala			Medio	D	Z4A						Relleno											
	15	E	10	E10	0	380	1	0	Mala			Medio	D	Z5A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	4	0,75	1	11.400	10.260	0,90	**MA**	4.001	0,35	**A**
	16	E	7	E7	100	42	1	0	Mala			Medio	C	Z4A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Est. Palafítica	DV	4	0,75	1	5.880	5.292	0,90	**MA**	2.064	0,35	**A**
	17	B	15	B15	100	40	1	0	Mala		Deslizamiento	Medio	D	Z1A	Drs	AA	1,20	0,36	**A**	Relleno	E	4	0,75	1	1.200	1.080	0,90	**MA**	389	0,32	**A**
	18	B	13	B13	100	36	1	0	Buena			Medio	C	Z1A	Drs	AA	1,20	0,36	**A**	Relleno	E	3	0,5	0,8	5.040	2.268	0,45	**M**	816	0,16	**M**
	19	B	9	B9	100	42	1	4	Buena	Inundación		Nulo	C	Z0A						Relleno											
	20	B	7	B7	60	72	1	0	Mala			Nulo	D	Z0A						0											
	21	B	5	B5	60	48	1	2	Buena			Medio	C	Z0A						Relleno											
	22	B	4	B4	100	72	1	5	Buena			Alto	C	Z0A						0											
	23	A	15	A15	100	60	1	3	Mala	Deslizamiento	Deslizamiento	Medio	D	Z5A	Drs	DD	1,15	0,39	**B**	En corte	I	5	0,95	1	1.800	2.052	1,14	**MA**	800	0,44	**A**
	24	A	14	A14	100	72	1	2	Mala	Inundación	Deslizamiento	Alto	D	Z5A	Dtrc	HH	1,60	0,03	**B**	Relleno	E	4	0,75	1	2.160	1.944	0,90	**MA**	58	0,03	**B**
	25	B	21	B21	50	72	1	3	Regular	Sismo	Deslizamiento	Alto	C	Z4A	Drs	FF	1,06	0,40	**A**	En corte	E	4	0,75	1	10.080	9.072	0,90	**MA**	3.629	0,36	**A**
	26	A	13	A13	40	66	1	1	Regular			Medio	C	Z5A	Dtrc	HH	1,60	0,03	**B**	Relleno	E	3	0,5	0,8	9.240	4.158	0,45	**M**	125	0,01	**B**
	27	A	12	A12	100	65	1	2,5	Buena	Inundación		Nulo	C	Z4A	Drs	FF	1,06	0,40	**A**	Relleno	E	3	0,5	0,3	9.100	1.365	0,15	**B**	546	0,06	**B**
	28	B	19	B19	40	25	1	4	Mala	Inundación	Deslizamiento	Nulo	D	Z3A	Drs	AA	1,20	0,36	**A**	Relleno	E	4	0,75	0,5	750	338	0,45	**M**	122	0,16	**M**
	29	B	18	B18	100	42	1	3	Buena			Medio	B	Z3A	Drs	AA	1,20	0,36	**A**	Relleno	E	2	0,25	0,3	7.140	536	0,08	**MB**	193	0,03	**B**
	30	B	20	B20	50	60	1	0	Regular	Deslizamiento	Caida de rocas	Alto	C	Z4A	Drs	FF	1,06	0,40	**A**	En corte	E	3	0,75	1	8.400	7.560	0,90	**MA**	3.024	0,36	**A**
	31	A	11	A11	20	36	1	1	Mala	Sismo		Alto	D	Z4A	Drs	FF	1,06	0,40	**A**	En corte	E	4	0,75	0	1.080	-	-	**MB**	-	0,00	**B**
	32	A	10	A10	10	20	1	0	Regular			Alto	D	Z4A						0											
	33	A	9	A9	100	66	1	4	Buena			Medio	C	Z4A						En corte											
	34	B	16	B16	100	72	1	0	Buena			Nulo	C	Z2A	Dtrp	CC	0,76	1,00	**MA**	Relleno	E	3	0,25	0,1	10.080	302	0,03	**MB**	302	0,03	**B**
	35	B	14	B14	100	72	2	0	Buena			Medio	C	Z2A						Relleno											
	36	B	12	B12	0	72	1	0	Buena			Medio	B	Z1A						Relleno											
	37	A	8	A8	100	72	2	0	Buena			Alto	C	Z4A						Relleno											
	38	A	7	A7	50	0	1	0	Buena			Alto	B	Z4A						Relleno											
	39	A	1	A1			1	0				Nulo	F																		
	40	A	2	A2			0	0				Nulo	F																		

TABLA No.6.5 EVALUACION DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

					CONDICION ACTUAL ESTRUCTURA									AMENAZA ACTUAL						SOLICITACION					VULNERABILIDAD				RIESGO		
Cód.	Ficha	No. de la manzana	No. del lote		Estado de la construc. %	Area bruta de la construcción (m2)	Número de pisos	Edad de la const. (Años)	Estado de la const.	Ha sufrido daño por	Inestabilidad del suelo	Nivel de exposición x FRM	TIPO ESTRUCTURA	Z. Geotecnica x evento amenazante	Tipo de FRM	Perfil análisis	Fs mínimo	Pf (4 años)	Amenaza	Localización vs. FRM.	Tipo	Intensidad daño	Tasa de daño	Area afectada (%)	Vi ($*1000)	Vd ($*1000)	Indice de daño	Vulnerabilidad	$ Esperado (*1000)	Indice de riesgo	Riesgo Actual
		2,2	3		8	13	14	15	23	24	25	27								26											
	41	A	3	A3			1	0	Buena			Nulo	C																		
	42	A	4	A4			1	0	Buena			Nulo	C																		
	43	A	5	A5			1	0	Buena			Nulo	C																		
	44	A	6	A6			0	0				Nulo	F																		
	45	B	1	B1			2	0	Buena			Nulo	C																		
	46	B	2	B2			2	0	Buena			Nulo	C																		
	47	B	3	B3			2	0	Buena			Nulo	C																		
	48	B	6	B6			1	0	Buena			Nulo	C																		
	49	B	8	B8			0	0				Nulo	F																		
	50	B	10	B10			1	0	Buena			Nulo	C																		
	51	B	11	B11		66	0	0				Medio	F	Z1A	Drs	AA	1,20	0,36	**A**	Relleno	E	1	0,05	0,5	1.980	59	0,03	**MB**	21	0,01	**B**
	52	B	17	B17		66	0	0				Alto	F	Z2A	Dtrp	CC	0,76	1,00	**MA**	Relleno	I	5	0,95	1	1.980	2.257	1,14	**MA**	2.257	1,14	**MA**
	53	C	1	C1				0				Nulo	F																		
	54	C	2	C2				0				Nulo	F																		
	55	C	4	C4				0				Nulo	F	Z0A																	
	56	C	10	C10		54		0				Medio	F	Z3A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	1	0,05	0	1.620	-	-	**MB**	-	0,00	**B**
	58	E	1A	E1A		45		0	Regular			Alto	F	Z4A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	1	0,05	1	1.350	81	0,06	**MB**	32	0,02	**B**
	59	E	4	E4				0				Medio	F	Z4A											-						
	60	E	8	E8		66		0				Medio	F	Z5A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	1	0,05	0,5	1.980	59,4	0,03	**MB**	23	0,01	**B**
	61	E	11	E11		66	0	0				Medio	F	Z4A	Drs	DD	1,15	0,39	**A**	Relleno	DV	1	0,75	1	1.980	1.782	0,90	**MA**	695	0,35	**A**

TABLA No. 6.7 CATEGORIZACION NIVELES DE RIESGO

NIVELES	ÍNDICE RIESGO
MB Muy Bajo	< 0.01
B Bajo	< 0.10
M Medio	< 0.30
A Alto	< 0.50
MA Muy Alto	> 0.51

Según los resultados obtenidos se establece que los niveles de riesgo muy altos a altos se localizan tanto en la base del talud como en la corona, en promedio el sector presenta un nivel de riesgo medio con un índice de perdida de 21% con un costo esperado de falla o riesgo asociado del orden de los 25 millones de pesos en el caso de falla generalizada del talud. Un solo predio se caracteriza por presentar un muy alto nivel de riesgo y corresponde al predio B17 (lote), mientras los predios A15, B21 y B20 presentan niveles altos de riesgo debido principalmente a su alto nivel de exposición y alta probabilidad de ocurrencia de los eventos amenazantes.

De otra parte, se considera que los predios que los niveles de exposición son nulos su riesgo asociado es igualmente nulo. Estos predios se localizan por fuera de la zona de influencia de la amenaza y corresponden a la gran mayoría de los predios que se ubican en la zona semiplana tanto en la base como en la corona del talud.

TABLA DE CONTENIDO

7. INTRODUCCIÓN _____ 1

7.1. ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES _____ 1

7.2. PLAN GENERAL DE ACCIONES _____ 2
- 7.2.1. Medidas preventivas y correctivas _____ 2
- 7.2.2. Medidas de mitigación _____ 2

7.3. PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS. _____ 3
- 7.3.1. Manejo de la escorrentía superficial _____ 5
- 7.3.2. Perfilado de taludes. _____ 5
- 7.3.3 Diseño de Obras de Estabilización. _____ 5
- 7.3.4. Reubicación de familias. _____ 5
- 7.3.5. Consolidación urbana _____ 6
- 7.3.6. Política de no-intervención. _____ 7

7.4. PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS _____ 7
- 7.4.1. Planteamiento de Alternativas. _____ 8
- 7.4.2. Análisis de Alternativas. _____ 13

CAPITULO 7
MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO

7. INTRODUCCIÓN

Con los diferentes factores y elementos que se tuvieron en cuenta para la determinación del riesgo en el sector estudiado, especialmente con el conocimiento adquirido de cada uno de los procesos de remoción en masa y en general de erosión, se plantearon las diferentes alternativas de mitigación y control. Entre los parámetros más importantes que siempre se tuvieron presentes en la escogencia de las obras de mitigación estuvo la funcionalidad de la obra frente al aspecto humano–social, la factibilidad de la medida mitigante y la relación costo / beneficio.

7.1. ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES

Los resultados de la evaluación del riesgo en el área estudiada muestran que los niveles de amenaza actual se generan por la alta intervención del hombre sobre el medio físico. Las zonas inestables están asociadas principalmente a dos actividades antrópicas: los cortes mineros producto de la excavación y banqueo para la construcción de viviendas y la conformación de rellenos en materiales tipo estéril, desechos de construcción y basuras, construidos sin un control técnico adecuado.

La baja consolidación urbana sin manejo urbanístico, la falta de pavimentación de las vías de acceso sumado a la ausencia de manejo de las aguas de escorrentía, junto con el mal uso que la comunidad da a las zonas comunes del barrio, botadero de basuras, configuran agentes aceleradores de los procesos de inestabilidad y en ocasiones magnifican los eventos generadores de daño.

Los procesos generadores de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el sector estudiado se caracterizan por ser superficiales y de pequeña magnitud. La mayoría de los eventos movilizan masa muy pequeñas, menores a 5 m^3. Los mecanismos de falla de los depósitos son de carácter progresivo y de poca velocidad, los procesos presentan bajo poder destructivo de acuerdo con las características de los mecanismos de falla, especialmente su baja energía potencial como se deduce de los eventos que ocasionaron las ultimas emergencias en el barrio, las cuales se debieron a la alta vulnerabilidad de las viviendas afectadas.

El riesgo asociado a los eventos amenazantes se configura dada la alta exposición de las viviendas construidas, bien sea en la base de los taludes (muy próximas al pie del talud), o sobre el escarpe de las laderas inestables, sin haber dejado el aislamiento mínimo necesario para determinar una franja de seguridad.

7.2. PLAN GENERAL DE ACCIONES

El plan de acciones establece las medidas preventivas, correctivas y de mitigación que buscan en primera instancia, bajar al mínimo los niveles de riesgo a que está expuesta la comunidad, bien sea controlando los procesos o anulando los niveles de exposición de las viviendas y, en segunda instancia, busca corregir las condiciones del entorno físico y ambiental que favorecen la ocurrencia de los procesos de inestabilidad.

Cada una de las medidas se deben convertir en planes y proyectos, los cuales en su conjunto se consideran esenciales para un manejo integral y sistemático de la problemática de riesgo actual del sector estudiado. En la medida en que los proyectos no sean llevados a cabo el problema se puede magnificar de tal forma que la población afectada se multiplicaría.

7.2.1. Medidas preventivas y correctivas

Dentro de este grupo se proponen las siguientes acciones:

Regulación del espacio público: Se refiere a la restricción de uso del suelo que se debe aplicar en las áreas no urbanizadas y en los predios producto de la reubicación, especialmente la franja de afectación directa del talud.

Reubicación de familias: Comprende la reubicación de las familias y adquisición de predios que se localizan en áreas de alto riesgo.

Obras de protección y control: Este grupo de medidas busca la consolidación urbana, mediante obras en el ámbito de infraestructura, como la conformación de la vía de acceso y el manejo de aguas de escorrentía, la construcción de un sistema de alcantarillado adecuado y mediante el control de erosión y reforestación de las áreas adyacentes.

Información pública: Esta actividad busca mediante campañas educativas darle a la comunidad la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de ésta frente a su medio físico, su entorno habitacional y frente al cuidado y mantenimiento de las obras de prevención y mitigación que se lleguen a adelantar en el sector.

7.2.2. Medidas de mitigación

Este tipo de medidas tienden a disminuir en forma directa el riesgo y buscan modificar las características de los eventos amenazantes o las características de los elementos expuestos. Teniendo en cuenta las características de los eventos amenazantes en el área y que su afectación se limita a las áreas inmediatamente adyacentes, se establecieron como medidas de mitigación obras físicas de intervención y control de los fenómenos de remoción en masa. Dichas medidas se subdividieron en:

I. Control de Erosión

- Obras para el control de la escorrentía Superficial.
- Perfilado de Taludes y empradización.

II. Estabilización

- Retiro de masas inestables.
- Reemplazo y compactación con material seleccionado
- Estabilización mediante estructuras de contención sencillas.
- Manejo de aguas sub – superficiales.
- Arborización.

Es evidente que la puesta en marcha y la ejecución de este esquema de medidas de prevención y mitigación debe ser compartida por las diferentes entidades del orden Distrital además del DPAE y naturalmente, como actor principal, la comunidad interesada. Dentro de este contexto se establecieron niveles de responsabilidad para la ejecución de las medidas planteadas. En la *TABLA No. 7.1* se presenta una matriz en la que a cada proyecto se le asigna los responsables directos e indirectos y su nivel de injerencia.

Esta matriz ha sido, igualmente, la base para que esta consultoría haya definido los proyectos y planes que podrían ser atendidos por el DPAE y que están contextualizados en la problemática estudiada y dentro de los alcances de este estudio.

Como puede apreciarse al nivel de proyecto que involucre la ejecución de obras físicas de mitigación, se identificaron tres principales tipos de obras: el control de la escorrentía superficial, perfilado de taludes y retiro y reconformación de taludes.

7.3. PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS.

Como planteamiento de medidas se presentan a escala general las diferentes alternativas de tratamiento de las zonas inestables como las medidas o acciones necesarias establecidas como parte de la solución de la problemática de los riesgos del sector en estudio y que deben ser tenidas en cuenta para un manejo integral del sitio.

Y son el resultado de un planteamiento en términos de viabilidad técnica como económica y que buscan minimizar el riesgo por fenómenos de remoción en masa existente.

TABLA No 7.1 MATRIZ DE RESPONSABILIDADES

RESPONSABLES		COMUNIDAD	FOPAE		IDU	FDL	EAAB
			Niv. Resp.	Tip. Acción			
ACCIONES							
1	**MEDIDAS PREVENTIVAS**						
1,1	Regulación del Espacio Publico		**1**	**Rec**		**2**	
1,2	Reubicación de familias		**1**	**Ad**			
1,3	Planes de Desarrollo - Equipamento Urbano						
1.3.1	Vías		**2**	**R**	**1**	**2**	
1.3.1.1	Escaleras		**2**	**R**		**1**	
1.3.1.2	Construcción Alcantarillado		**2**	**R**			**1**
1.3.2	Zonas Comunes de Recreación	**2**				**1**	
1,4	Información Pública		**1**	**T**			
2	**MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACION**						
2,1	Manejo de Aguas de Escorrentia		**2**	**R**	**1**		
2,2	Perfilado de taludes y empradización	**2**	**1**	**D,R**			
2,3	Arborización	**2**	**1**	**R,E**		**2**	
3	**MEDIDAS DE MITIGACION**						
3,1	Perfilado de Taludes	**2**	**1**	**D,C**			
3,2	Obras de Contención		**1**	**D,C**			
3,6	Drenaje Subsuperficial	**2**	**1**	**D,C,R**			

TIPO DE ACCION

D	Diseño
C	Construcción
R	Recomendaciones y Pautas
E	Ejecución
Ad	Adquisión Terrenos
Rec	Restricción Uso
T	Talleres

NIVEL DE RESPONSABILIDAD

1	Responsabilidad principal
2	Responsable de segunda instancia
3	Responsaable de tercera instancia

FOPAE	Fondo de Prevención y Atención de Emergencias Bogotá.
IDU	Intituto de Desarrollo Urbano
FDL	Fondo de Desarrollo Local
EAAB	Empresa Acueducto y Alcantarillado de Bopgotá

7.3.1. Manejo de la escorrentía superficial

Consiste en el diseño y construcción de una red de drenaje superficial, compuesta por cunetas revestidas en concreto reforzado y localizadas a lo largo de todas las vías y accesos peatonales.

7.3.2. Perfilado de taludes.

Se recomienda en los sectores o taludes de mayor pendiente afectados por procesos intensos de erosión y deslizamientos, localmente cubiertos con materiales botados o rellenos heterogéneos.

El perfilado de los taludes mediante el retiro total de las masas susceptibles al movimiento, permite eliminar el evento amenazante. Esta medida se aplica a las zonas definidas con grados de amenaza media a alta por procesos de pequeña magnitud, asociados a materiales botados y rellenos de nivelación mal conformados.

Igualmente en los sectores donde aflora el macizo rocoso, el corte del talud se establece con pendientes que minimicen las posibilidades de falla planar o en cuña según análisis.

En este numeral se incluye la protección de los taludes contra la erosión.

7.3.3 Diseño de Obras de Estabilización.

Este tipo de obras se propone en los sectores donde el perfilado de taludes establecido elimine la posibilidad de espacios de separación libres entre la corona del talud y el paramento de la viviendas y donde sea necesario proteger el macizo rocoso, especialmente en los niveles arcillosos. Consisten en la reconformación del talud con estructuras sencillas de contención como pueden ser gaviones o muros en llantas y el mismo reemplazo y compactación con material seleccionado.

Adicionalmente dada la altura de los cortes y el alto nivel de exposición del macizo rocoso estos estructuras confinan el macizo rocoso y lo protegen de su degradación por agentes de intemperismo y de la misma acción del hombre.

7.3.4. Reubicación de familias.

Para este caso se define necesario optar por este tipo de medida, teniendo en cuenta la alta proximidad de las viviendas en la base y corona del talud, lo que cualquier acción necesariamente conlleva la intervención de dichos predios. Se contempla tanto la reubicación de viviendas como la compra de predios o lotes que aún no han sido construidos. La selección de los predios a adquirir y familias a reubicar se debe establecer en función de las políticas del

DPAE y la alterativa de mitigación adoptada, en cada alternativa planteada se presentan las viviendas que a criterio del Consultor se debe incluir en el programa de reubicación.

7.3.5. Consolidación urbana

El plan de obras de prevención contempla acciones tendientes a consolidar el barrio como un área residencial con los servicios mínimos requeridos y el establecimiento de unas normas, también mínimas, que permitan un ordenamiento urbanístico tendiente a erradicar los agentes físicos de riesgo, además de la regularización del barrio dentro de los parámetros exigidos por la oficina de Planeación Distrital, la preservación del entorno y la mejor convivencia ciudadana.

Aunque este tipo de acciones no son competencia directa del DPAE ni hacen parte de este estudio, se consideran básicas para el manejo integral de la problemática de riesgos. A continuación se relacionan las obras y medidas que cumplen los objetivos expuestos:

- Construcción de las vías de acceso, tanto vehiculares como peatonales, cuya mayor injerencia corresponde al IDU en su Programa de Pavimentos Locales, y cuya implementación mejorará la conducción de las aguas superficiales y de infiltración, disminuyendo de esta forma, el aporte de agua a las zonas inestables.

- Regulación e intervención de las áreas aledañas al área de estudio que hoy presentan un uso minero, como son la continuación del talud norte que en el pasado hizo parte del mismo frente de explotación y que hoy aún presenta el mismo uso, con el riesgo para la ciudad que se configure en un área problema como la del objeto del estudio.

- Dotar al sector de un sistema de alcantarillado de aguas negras y lluvias adecuado, lo cual corresponde directamente a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. El alcantarillado existente es comunitario y no cumple con las normas técnicas mínimas, además de las condiciones de estabilidad de los sectores por donde se ha construido.

- Dadas las características de acceso al barrio, es necesario implementar un sistema de acceso peatonal adecuado mediante caminos y escaleras localizadas en las áreas hoy inestables, permitiendo un uso comunal para éstas. Estas obras se plantearán como manejo paisajístico del sector, junto con el perfilado y empradización.

- Establecimiento de campañas educativas que lleven a la comunidad a entender claramente:

  1) El nivel de riesgo a que están expuestos
  2) Identificar los agentes detonantes y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos.

3) Entender y conocer las bondades de las obras recomendadas para la mitigación del riesgo y cómo debe ser la construcción y el mantenimiento de las mismas.

Estas campañas deben ser realizadas por la DPAE a través del CLE correspondiente, mediante charlas, talleres y/o cartillas de fácil entendimiento y divulgación.

7.3.6. Política de no-intervención.

Este tipo de acción es válida como ejercicio técnico para establecer los niveles de riesgo que pueden llegar a ser asumidos por parte de la Ciudad en el sector estudiado, pero pierde total validez del planteamiento, en el siguiente contexto:

- La degradación del medio físico adelantada por la acción del hombre, es de carácter exponencial y en un futuro próximo puede llegar a magnificar la problemática de riesgo en el sector y por ende, la misma problemática social.
- La comunidad está en su derecho de que el Estado intervenga su hábitat para mejorar su calidad de vida.
- El avance de los procesos amenazantes como los fenómenos de remoción en masa, al no ser tratados pueden llegar a cobrar vidas humanas, especialmente niños.

7.4. PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En este numeral se establecen los indicadores que, desde el punto de vista de mitigación de riesgos por fenómenos de remoción en masa, se deben seguir para la atenuación de los efectos que puedan generar la ocurrencia de eventos amenazantes en la zona en estudio. Dentro de este contexto sólo se tienen en cuenta las obras y medidas que buscan estabilizar los movimientos o disminuir la vulnerabilidad actual (*Ver NUMERALES Nos. 7.3.1 a 7.3.4)*.

Para éste ejercicio la consultoría se apoyó en la técnica de los árboles de decisión. Estos permiten establecer un análisis beneficio / costo de las diferentes alternativas y con base en los resultados obtenidos, se puede definir o recomendar la línea de acción que debe entrar a seguir la DPAE. Lo anterior no significa que se deje de lado en la toma de decisiones, los aspectos sociales como elementos básicos de la función pública.

El numeral correspondiente a las obras planteadas para la consolidación urbana se considera básico para el manejo integral del problema, pero no se tiene en cuenta como variable decisoria, ya que la responsabilidad principal no recae en la DPAE. Además, entran en el juego entidades como el IDU, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, EAAB, Juntas de Acción Local (JAL) y los Fondos de Desarrollo Local (FDL).

7.4.1. Planteamiento de Alternativas.

Para establecer los elementos para la toma de decisiones se realizó un análisis prospectivo comparativo entre la condición actual y escenarios o alternativas con la implementación de obras y medidas de reubicación de familias, y se compararon los riesgos asumidos en términos de los costos de cada alternativa bajo los siguientes criterios:

- Reducir los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos a valores bajos y eventualmente a medios.
- Bajar los niveles del riesgo a que esta expuesta la comunidad a niveles bajos a muy bajos.

Para el caso estudiado, se tienen los siguientes planteamiento de escenarios buscando siempre minimizar la afectación sobre la comunidad, léase minimizar la reubicaciones de familias:

H_0 Condición actual.
H_1 Condición actual con reubicación de familias y sin tratar el talud.
H_2 Condición con la implementación de obras de perfilado del talud y reconformación local.
H_3 Condición con la implementación de obras de reconformación total del talud.

Las Hipótesis 2 y 3 llevan implícito el manejo de aguas de escorrentía y tratamiento de los taludes contra la erosión. Las hipótesis de planteamiento de medidas de mitigación establecidas para cada zona con fines de adelantar los análisis de alternativas se muestra en la *TABLA No. 7.2*.

Para su análisis de la condición actual se cuenta con los resultados obtenidos en los numerales de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Las condiciones futuras con obras o medidas se establece con base en el mismo procedimiento modelando las condiciones de amenaza y vulnerabilidad a las nuevos escenarios, (*ver ANEXO F)* de memorias de cálculo. La *TABLA No. 7.3* muestra el resumen de los costos de cada alternativas y los indicadores correspondientes de vulnerabilidad y riesgo asociados.

- ***Alternativa 0 o Condición actual. (Ho)***

Corresponde al escenario actual, el cual representa la línea base de referencia y dentro del contexto de la ciudad y su gestión de riesgos es un escenario que puede imperar a corto plazo, es decir a 4 años.

La condición actual se caracteriza por presentar un índice de vulnerabilidad promedio de Iv = 0.56 y localmente predios con índices de Iv = 1 y un índice de riesgo de 0.21, que se asocian niveles de vulnerabilidad y riesgo medios.

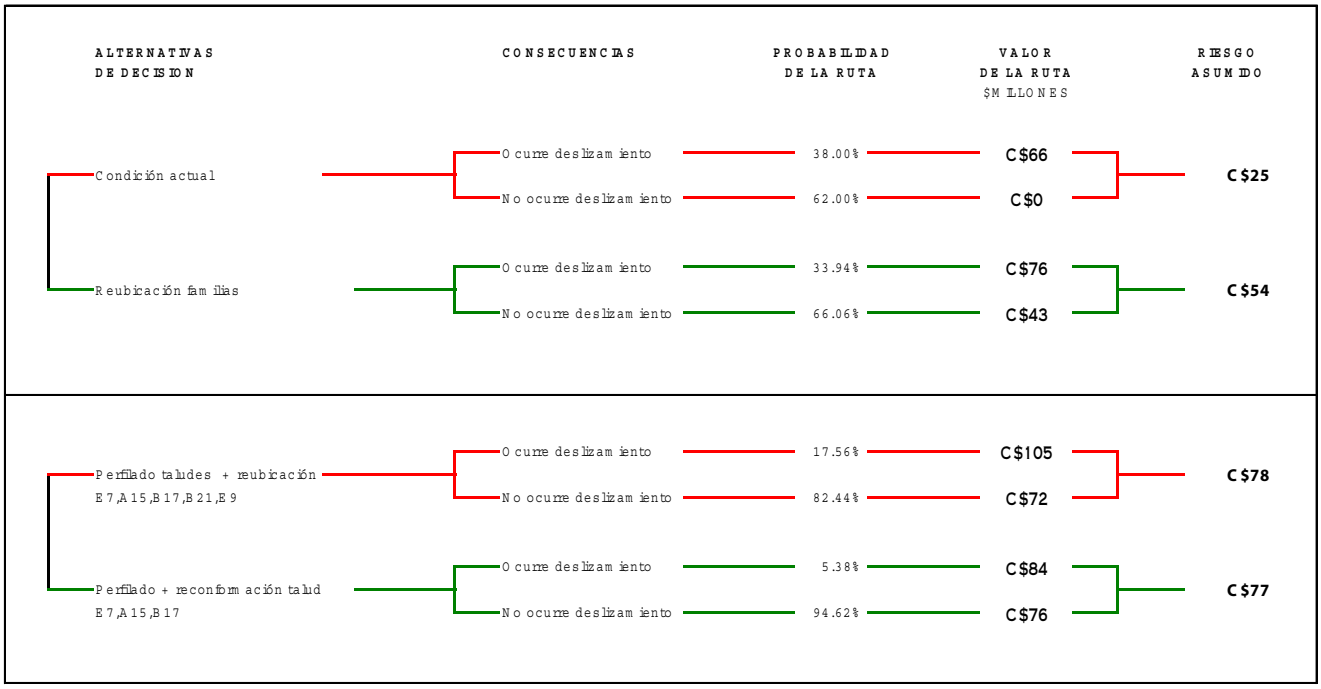
TABLA No. 7.2 ALTERNATIVAS DE MITIGACION

ZONA	ACCIONES - OBRAS		
	Alternativas		
	Reubicación (H1)	*Perfilado (H2)*	*Reconformación (H3)*
Z0Are		Acceso peatonal	Aceso peatonal
		Cuneta - entrega	Cuneta - entrega
		Caja	Caja
Z1Arb/srcdr		Retiro del relleno	Retiro del relleno
		Conformación andén	Conformación con muro en llantas
		Cuneta	Conformación andén
		Empradización	Cuneta
			Empradización
			Acceso peatonal (pata de talud)
Z2Amrdtr/e	Lote B17	Perfilado en roca	Perfilado en roca
		Lote B17	Conformación andén
			Conformación con muro en llantas
			Cuneta
			Acceso peatonal (pata de talud)
			Lote B17
Z3Adl/rbdrf/e		Retiro del relleno y depósitos recientes	Retiro del relleno y depósitos recientes
		Remplazo con material seleccionado	Conformación con muro en llantas
		Cuneta	Cuneta
		Empradización	Empradización
Z4Adl/mrdrf	Vivienda B20	Retiro del relleno y depósitos recientes	Retiro del relleno y depósitos recientes
	Vivienda B21	Perfilado en roca	Perfilado en roca
	Vivienda E9	Remplazo con material seleccionado	Conformación con muro en llantas
	Vivienda E7	Cuneta	Cuneta
	Lote E11	Caja	Caja
		Empradización	Empradización
		B21, E7, E9	E7
Z5Amrdt/e	Vivienda A15	Perfilado en roca	Perfilado en roca
	Vivienda lote E10	Empradización	Conformación con muro en llantas
		A15	Empradización
			Cuneta
			A15

TABLA No. 7.3 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION
SECTOR - EL CARRIZAL - SAN JOAQUIN
COSTOS DE FALLA E INVERSION

ALTERNATIVA		INDICE		COSTO (millones de pesos)						PROBABILIDAD
No	**Descripción**	Vulnerab.	Riesgo	Bienes	Daño	Falla	Reubica.	Obras	Inversión	RUTA
0	Condición actual	0,56	0,21	119,00	66,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,38
1	Reubicación familias E7,A15,B17,B21,E9,E10,E11,B20	0,34	0,11	119,00	33,00	11,20	43,20	0,00	43,20	0,34
2	Perfilado taludes + reubicación E7,A15,B17,B21,E9	0,31	0,06	119,00	32,80	5,76	21,42	50,74	72,16	0,18
3	Perfilado + reconformación talud E7,A15,B17	0,07	0,00	119,00	7,80	0,42	9,66	66,59	76,25	0,05

ARBOL DE DECISIONES



- ***Alternativa 1. (H1)***

Esta alternativa busca la mitigación mediante la reubicación de familias y demolición de construcciones que se encuentran con altos niveles de vulnerabilidad, y lograr que el riesgo asociado se reduzca a niveles aceptables sin recurrir a un masivo programa de reubicación, solución inviable tanto por los altos costo como por la repercusión social.

La alternativa 1 plantea la adquisición de los predios (viviendas y lotes) localizados tanto en la base del talud como el la corona del mismo con niveles de vulnerabilidad muy altos a altos. Inicialmente la alternativa H_1 contempla los siguientes predios B17, B20, B21, E7, E9, E10, E11 y A15 cuyo costo es del orden de los 43 millones y el actual riesgo esperado en perdidas es del orden de los 17 millones.

Con este escenario posible de reubicación, se logra disminuir los niveles de vulnerabilidad a 0.34 y niveles de riesgo a 0.11, mientras los costos de falla se reducen en un mas de un 50 %. Esta alternativa aunque logra disminuir los niveles de riesgo y es viabilidad desde el punto de vista económico, no mejora las condiciones de estabilidad del talud ni ataca los factores que contribuyen a la misma. Hecho que puede en un futuro aumentar los niveles de riesgo que se logren por la continua intervención negativa de hombre sobre el medio físico.

- ***Alternativa 2. (H2)***

La alternativa H2 contempla acciones entre el control de los eventos amenazantes y la reubicación de familias. La acciones propuestas se encuentran en detalle en la *TABLA No. 7.2* y consiste en el perfilado de taludes mediante el retiro de material de relleno o suelo movido y mejoramiento de los rellenos localizados en la corona del talud para evitar una afectación mayor de viviendas, con el manejo de aguas de escorrentía.

Para cada zona geotécnica se aplicaron las medidas enumeradas en la *TABLA No. 7.2* y se evaluaron las nuevas condiciones de estabilidad, las cuales dependen del escenario espacial donde actuaría cada medida y su afectación a los elementos expuestos, así: el retiro de material o perfilado de taludes elimina el evento amenazante por el mecanismo de falla establecido para los rellenos, el talud resultante presenta un factor de seguridad promedio o valor esperado de 1.6 que representa probabilidades de falla asociada menores a 0.1, en condiciones normales el talud se considera estable. Mediante el manejo de las aguas de escorrentía la estabilidad de los rellenos de la corona mejoran los valores medios de Fs = 1.15 a Fs =1.9.

En la alternativa H2 la reubicación de familias se define con relación al nuevo escenario de amenaza y bajo los mismos criterios utilizados en la alternativa H1 se define afectar los predios B17, B21, E7, E9, y A15, estableciendo una solución de compensación entre los costos de H1 y los costos de H2 minimizando los costos de reubicación.

Adicionalmente en los sectores donde el perfilado involucre la afectación de las zonas peatonales se recurre a la reconformación de los rellenos lo que mejora las condiciones de estabilidad de los mismo y minimiza la posibilidad de afectación de las viviendas localizada en la corona del talud en la eventualidad de la ocurrencia de un evento, especialmente por el manejo de las aguas de escorrentía principal agente detonante en el sector.

Esta alternativa reduce los niveles de vulnerabilidad a Iv=0.31, en un 50 %, mientras los niveles de riesgo a valores del orden de 0.06. Los costos de reubicación son del orden de 21.5 millones de pesos y los costos de obras del orden de 51 millones para un total de inversión de 72.5 millones.

La factibilidad llevar a cabo la alternativa es alta, y su acción se ve limitada en la reconformación de rellenos en la corona y en la dificultad en el manejo de aguas de escorrentía bajo la morfometría actual. La dificulta de esta alternativa reside principalmente en el mantenimiento de las condiciones de estabilidad que se logre sobre el macizo rocoso, especialmente en los niveles arcillosos, aunque se busca la protección del talud contra la erosión, la heterogeneidad de los alineamientos, la altura del talud y la falta de un tratamiento urbano de la zona, con el tiempo no se garantiza que se vuelva a usar el talud como zona de disposición de materiales y se aumente la degradación del macizo.

- ***Alternativa 3. (H3)***

Esta alternativa busca además de eliminar los depósitos susceptibles a moverse, la rectificación del alineamiento del talud rocoso que facilite su tratamiento y manejo y la reconformación morfométrica del mismo talud mediante la construcción de estructura de contención en muros en llanta. Este tratamiento permite lograr un mejoramiento del entorno urbano mediante la conformación de zonas peatonales de acceso a las viviendas y un mejor manejo del sistema de captación y conducción de las aguas de escorrentía. (*Ver TABLA No. 7.2)*.

La alternativa H_3 contempla la adquisición de los predios B17, A15, y E7, principalmente por su cercanía al talud y la dificultad que representan para el proceso constructivo. La estabilidad del talud rocoso queda representado con factores de seguridad mayores a Fs = 1.6 tanto para las fallas planares, en cuña o rotacionales, que se aumenta con la conformación del mismo con los muros en llanta y con el manejo de las aguas de escorrentía.

Esta alternativa reduce los niveles de vulnerabilidad a valores muy bajos de Iv = 0.07 y el riesgo asociado a niveles menores a 0.01, el costo de reubicación de familias es del orden de 10 millones mientras los costos de obras ascienden a los 67 millones. Esta alternativa por su componente social y que involucra el mejoramiento del entorno urbano se presenta como la más atractiva, igualmente sus costos relativamente bajos hacen que su implementación sea factible.

Las anteriores medidas de estabilización se complementan con las obras de drenaje para el manejo de las aguas de escorrentía y la protección de la erosión mediante el tratamiento de las superficies expuestas y siembra de especias arbóreas.

7.4.2. Análisis de Alternativas.

Con ayuda de los árboles de decisión en términos de costo de riesgo asumido, se compararon la condición base o inicial con los 3 escenarios o planteamiento de alternativas de solución a la problemática de riesgos. Los resultados se muestran en la *TABLA No. 7.3* y sus resultados se resumen así:

De datos obtenidos del árbol de decisión indican que la condición de menor costo asumido o riesgo es la de no intervención (H_0), esto se justifica por la magnitud y bajo poder destructor de los eventos amenazantes, de hecho a la fecha se han presentado dos emergencias en el sector y los habitantes retiraron los materiales movilizados y continúan en las viviendas.

La reubicación de familias (H_1), como medida de mitigación presenta el menor costo asumido o riesgo, 54 millones, comparativamente con una alta inversión del orden de 43 millones. El no implicar tratamiento alguno al talud y que reduce el riesgo a niveles bajos su validez en el tiempo se ve restringida una parte por el aumento de los niveles de amenaza y la dificultad en mantener las condiciones de vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Las alternativas de tratamiento del talud, H_2 y H_3, en cuanto a riesgo asumido son comparables y se encuentran un 40% por encima de la alternativa de reubicación. La alternativa de perfilado (H_2) reduce la posibilidad o probabilidad de falla del talud en un 50 % con relación a la situación actual, mientras la alternativa de reconformación del talud la anula. Ambas alternativas minimizan los niveles de riesgo a valores inferiores a 0.10, el costo de falla de la alternativa H2 es del orden de los 6 millones mientras de la H3 de 0.5 millones.

La alternativa de perfilado de taludes (H_2), urbanísticamente no mejora las condiciones de accesibilidad del sector y dificulta el manejo de las aguas de escorrentía. Los costos de implementación son del orden de 72 millones e involucra una mayor inversión en la reubicación de familias que la alternativa (H_3).

La alternativa de reconformación del área (H_3), aunque los costos de implementación son del mismo orden a la alternativa H_2, de 76 millones, representa en conjunto, técnica y socialmente la mejor alternativa para el tratamiento de la problemática de riesgos. La mayor parte de la inversión se enfoca al tratamiento del talud mediante obras de estabilización con un costo del orden de 66 millones, minimizando la reubicación de familias y adquisición de predios, lo que obedece principalmente a la minimización de la falla del talud con una probabilidad de ocurrencia promedio del orden de 0.05.

De todas las alternativas la que produce un mayor efecto en la mitigación del riesgo es la H3, reduciendo los costos de daño y de falla a valores inferiores al 10 % con relación a la condición actual, mientras las alternativas H_1 y H_2 la reducción sería del orden del 50 % en el costo de daño y entre el 20 y 40 % en el costo de falla.

De lo anterior se deduce que de las alternativas planteadas para el tratamiento de la problemática de riesgos la más favorable tanto para la Ciudad como para la Comunidad afectada es la alternativa denominada reconformación del talud (H_3). La anterior alternativa deberá ser complementada con las medidas de carácter preventivo establecidas en el numeral 7.2.1 y con las medidas de consolidación urbana establecidas en el numeral 7.3.5 para darle un tratamiento integral a la problemática del riesgo de la comunidad del el Sector El Carrizal, Barrio San Joaquín , Localidad de Ciudad Bolívar.

TABLA DE CONTENIDO

8. INTRODUCCIÓN _____ 1
8.1. PLANTEAMIENTO DE OBRAS. _____ 1
8.2. DISEÑOS DE OBRAS _____ 2
8.2.1. Obras de control de aguas de escorrentía superficial y subsuperficial._____ 2
8.2.2. Obras de Estabilización. _____ 3
8.2.3. Perfilado de taludes. _____ 3
8.2.4. Obras complementarias _____ 3
8.3. ESPECIFICACIONES _____ 4
8.4. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO _____ 5
8.5. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO Y PAISAJÍSTICO_____ 5

CAPITULO 8
DISEÑO DETALLADO DE OBRAS

8. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con lo establecido en los dos capítulos anteriores y especialmente los resultados del análisis beneficio–costo en términos de reducción del riesgo, la intervención en el área de estudio contempla la implementación de acciones y medidas preventivas y de mitigación tipo reubicación de viviendas, que tienden a mejorar la vulnerabilidad de la comunidad, y la construcción de obras de estabilización, encaminadas a controlar o eliminar los eventos amenazantes.

Como resultado de la intervención se tendría una reducción de los altos niveles de riesgo actual al que está expuesto la comunidad en forma localizada, hasta llegar a niveles muy bajos, logrando una reducción del riesgo del 90 %. (*Ver TABLA No. 7.3*)**.**

Este capítulo presenta los resultados de los diseños detallados de las obras de mitigación planteadas en él capitulo anterior y que deben ser implementadas en el área de estudio. Las obras contemplan estructuras hidráulicas tipo cunetas y filtros, perfilado de taludes y reconformación del mismo con muros de contención en llantas, retiro de materiales sueltos, obras de protección contra la erosión como la conformación de zonas duras y empradización y plantación de árboles.

8.1. PLANTEAMIENTO DE OBRAS.

El planteamiento de obras se presenta en el *PLANO No. 8* y contempla las siguientes actividades:

- Demolición de viviendas, A15, B21, y E7.
- Perfilado y rectificación alineamiento talud.
- Reconformación talud con muros en llanta.
- La construcción de dos accesos peatonales.
- Obras de drenaje superficial y subsuperficial, zanjas, cunetas y filtros.
- Obras de protección y control de erosión y plantación de árboles.
- Construcción de andenes.
- Reconstrucción local sistema de alcantarillado.

Igualmente se debe incluir las medidas de mitigación como la reubicación de familias y adquisición de predios tanto construidos como los lotes. Así adicionalmente a los predios

mencionados se deben adquirir o colocarles restricción de uso a los predios vacíos (lotes) B17, E11 y E10.

8.2. DISEÑOS DE OBRAS

El diseño de las obras en detalle, una vez seleccionada la alternativa de mitigación de riesgos, guarda los conceptos presentados en el Capítulo 7; por lo tanto, en este numeral se presentan los aspectos adicionales que se consideran importantes dentro del proceso del diseño.

Los diseños en planta se presentan en el *PLANO No. 8*, mientras los detalles constructivos se presentan en los *PLANOS Nos. 9 y 10* .

8.2.1. Obras de control de aguas de escorrentía superficial y subsuperficial.

Consiste en el diseño y construcción de una red de drenaje superficial, compuesta por cunetas revestidas en concreto reforzado y localizadas a lo largo de todas las vías peatonales de acceso al sector, la cual entregara las aguas a la red de alcantarillado del barrio. Como obra de manejo de aguas subsuperficiales se contempla un lecho filtrante en la zona o sector geotécnico Z1A.

Para la determinación de los caudales de diseño se empleo el método racional asignado a cada tramo, el área aferente y el caudal acumulado correspondientes; el coeficiente de escorrentía se tomó de acuerdo al tipo de suelo y a la impermeabilidad de la zona. La intensidad del aguacero de diseño se determinó a partir de las curvas I-D-F presentadas en el Capítulo 3, para un tiempo de concentración adoptado de 5 minutos y períodos de retorno de 10 y 25 años.

Finalmente, las dimensiones para las secciones transversales de los diferentes tipos de cunetas adoptados, fueron definidos de tal manera que además de cumplir con los requerimientos de capacidad hidráulica más un borde libre de 10 cm, se minimizara en lo posible la profundidad de las excavaciones y se mantuviera un ancho razonable de las vías peatonales, dentro de las restricciones físicas y de ordenamiento existentes. En el *ANEXO G* de Memorias de Cálculo, se presenta el cuadro general del dimensionamiento hidráulico.

Dentro de éste numeral de manejo de aguas, se incluye el mejoramiento del sistema del alcantarillado existente dentro del área de influencia de las obras de estabilización y mitigación del riesgo. Se contempla la construcción de cajas de paso y tubería en PVC y la entrega se hará a la red de alcantarillado principal del sector.

8.2.2. Obras de Estabilización.

Teniendo en cuenta la magnitud de los procesos a controlar y los empujes a soportar, por facilidad constructiva y economía, se definió como sistemas de contención los conformados por muros en llantas.

Los muros en llanta se concibieron por la facilidad constructiva que representan y por la parte económica, siendo un sistema de contención económico con relación a otros y frente a los mismos gaviones. Su principal función es la de confinar los rellenos en material seleccionado que se construirán para la conformación de zonas comunitarias y reconformación de la corona del talud protegiendo los niveles arcillosos del talud.

Las memorias de diseño se presentan en el *ANEXO G* y los detalles constructivos en los planos correspondientes.

8.2.3. Perfilado de taludes.

El perfilado de los taludes busca el retiro total de las masas susceptibles al movimiento que corresponden a materiales de relleno o depósitos producto del movimiento de los anteriores, y permite eliminar el evento amenazante; igualmente el perfilado de taludes contempla la rectificación del alineamiento de las direcciones que conforman el talud rocoso, buscando la condición de estabilidad cinemática. Se recomienda en los sectores o taludes de mayor pendiente afectados por procesos intensos de erosión y por procesos de movimientos de pequeña magnitud, asociados a materiales botados. Esta medida se aplica a las zonas definidas con grados de amenaza alta a muy alta.

Los taludes resultantes conformados principalmente por los niveles de litoarenitas presentan factores de seguridad del orden de Fs=1.6, que representan probabilidades de falla menores a Pf=0.1, ver capítulo de evaluación de estabilidad y amenaza, por tanto estos deben de ser protegidos contra los procesos erosivos bien sea por medio de malla mortero o tratamientos con geomallas.

Dentro del criterio de corrección del alineamiento del talud con base en los análisis de posibilidad cinemática, el perfilado del talud en la zona ZA2 se convierte en la eliminación de la saliente del macizo rocoso mejorando las condiciones generales de estabilidad del mismo.

8.2.4. Obras complementarias

En este numeral se incluye la plantación de árboles y la protección de taludes contra la erosión. La arborización, a su vez, se constituye en un elemento ornamental para el manejo del aspecto

urbanístico y su equipamiento. El tipo de árbol recomendado se presenta en el plano paisajístico.

Como protección de los taludes contra la erosión se establece la malla mortero para los taludes conformados en litoarenita y ecomatrix para las zonas conformadas por rellenos.

Dentro de este grupo de obras se encuentran la impermeabilización de ciertos sectores mediante la construcción de áreas duras en concreto o en adoquín mediante la conformación de andenes a lo largo de la vías peatonales internas del sector que tengan influencia directa sobre la estabilidad del talud. Teniendo en cuenta que el confinamiento de estos sectores se realiza con los muros en llanta se define como baranda jardineras conformadas con las mismas llantas.

Como medida preventiva para que la comunidad no vuelva a ocupar el área correspondiente al predio A15, se recomienda la construcción de un relleno con material seleccionado producto de los perfilados en roca de tal forma que a la zona se de un uso recreativo con la plantación de árboles y adecuación para juegos infantiles.

Igualmente se considera la construcción de dos accesos peatonales, uno al costado sur en escaleras en concreto y el otro al costado sur mediante la conformación de pasos mediante las mismas llantas.

8.3. ESPECIFICACIONES

Las obras planteadas son de común implementación en el medio y por lo tanto no requieren especificaciones de construcción especiales, excepto el muro en llantas. Para las especificaciones generales se pueden tomar como base el Estudio “Especificaciones Generales de Construcción” de INVIAS-1996, o del IDU que cubren la totalidad de las obras recomendadas.

Las siguientes son las especificaciones particulares del INVIAS aplicables a este tipo de obras:

Excavaciones	INVIAS 210-96
Rellenos	INVIAS 610-96
Concretos	INVIAS 630-96
Aceros	INVIAS 640-96
Cunetas Revestidas	INVIAS 671-96
Filtros de Drenaje	INVIAS 673-96

Para el caso específico del presente estudio, se generaron las especificaciones correspondientes a los diferentes tipos de obras establecidas en los diseños y se presentan en el *ANEXO H*.

8.4. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Las cantidades de obra se obtuvieron a partir de los planos de construcción, planta y detalles, empleando las unidades de medidas establecidas en las especificaciones adoptadas y ya referidas. El cálculo de cantidades de obra se adelantó en forma ordenada y sistemática como se muestra en las memorias correspondientes.

En la *TABLA No. 8.1* se presentan las cantidades de obra por ítem establecido y el presupuesto estimado para la construcción de las diferentes tipos de obras contempladas en los diseños; los precios unitarios establecidos para este fin, han sido generados de acuerdo con las condiciones que imponen las características del sector y de las mismas obras. Los análisis de precios unitarios se presenta en la *TABLA No. 8.2*.

En resumen se pueden establecer los siguientes costos:

Costos de obra de estabilización	$ 75’989.000.oo
Costos de mejoramiento urbano	$.14’350.000.oo
Costos de reubicación y demolición viviendas	$.13’410.000.oo
Costos de Interventoría de obra (15 % costo de obra)	$.14’100.000.óo

Los costos de obra de estabilización incluyen los capítulos 1 a 5 del cuadro de costos 8.1, mientras los costos de mejoramiento urbano lo incluyen los numerales 6,7 y 8 del mismo cuadro. En general la consultoría estima conveniente que las obras planteadas se asumidas como un todo, de hecho las obras de mejoramiento igualmente cumplen funciones de controlar los agentes detonantes como el agua de escorrentía y los procesos erosivo.

Los costos de reubicación de familias y demolición de viviendas son del orden de los 14 millones de los cuales tres millones setecientos cincuenta mil son por la actividad de demolición de viviendas contemplada en las obras Por último se asume el costo de interventoría como el 15 % del total de los costos de obra.

8.5. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO Y PAISAJÍSTICO

El sector de San Joaquín y específicamente El carrizal se caracteriza por presentar un acceso preferencialmente peatonal desarrollado sobre senderos con fuertes pendientes, lo mismo que por la carencia de espacios recreativos, equipamiento comunal, andenes, pasos peatonales y vías de acceso. El terreno está muy erosionado, en gran parte sin cobertura vegetal, lo que ha impedido la siembra de especies vegetales. Esta falta de equipamiento urbano y de espacio comunal influye en la baja calidad de vida de las familias que allí viven y han retrasado la adecuada consolidación de este sector de la ciudad.

TABLA No. 8.1 - PRESUPUESTO DE OBRA PROPUESTAS BARRIO SAN JOAQUÍN

CAPITULO	ITEM	DESCRIPCCION	UNIDAD	V. UNIT.	CANTIDAD	V. TOTAL
	1	**PRELIMINARES**				
1	1,1	Localización Replanteo	M2	$ 1.650,00	450,0	$ 742.500,00
	1,2	Campamento	G	$ 1.200.000,00	1,0	$ 1.200.000,00
	1,3	Cerramiento	ML	$ 3.000,00	150,0	$ 450.000,00
	1,4	Demolición de viviendas	UN	$ 1.000.000,00	3,0	$ 3.000.000,00
	2	**EXCAVACION Y RETIRO DE MATERIALES**				
2	2,1	Perfilado y excavación en suelo para estructuras de Contención (Incluye retiro, cargue y transporte a escombreras aprobadas por el DAMA.)	M3	$ 18.700,00	499,0	$ 9.331.300,00
	2,2	Perfilado y excavación en roca blanda (Incluye retiro, cargue y transporte a escombreras aprobadas por el DAMA.)	M3	$ 19.400,00	283,3	$ 5.496.020,00
	3	**RELLENOS**				
3	3,1	Relleno en material seleccionado	M3	$ 22.100,00	632,0	$ 13.967.200,00
	3,2	Relleno con material de sitio	M3	$ 9.223,00	76,0	$ 700.948,00
	3,3	Reconformación áreas	M2	$ 13.800,00	250,0	$ 3.450.000,00
	4	**DRENAJE**				
	4,1	Cuneta Rectangular En Concreto Seccion 0.40X0.3	ML	$ 36.017,15	196,0	$ 7.059.361,40
	4,2	Cuneta Box En Concreto	ML	$ 50.032,78	18,1	$ 905.593,32
	4,3	Filtro De Lecho Seccion 2.3X0.35	ML	$ 42.349,00	12,0	$ 508.188,00
	4,4	Caja De Paso en concreto para Alcantarilla 0.5X0.5X0.5	UN	$ 88.275,69	2,0	$ 176.551,38
4	4,5	Caja De Paso En Concreto Seccion 0.5X0.5X0.5	UN	$ 88.275,69	4,0	$ 353.102,76
	4,6	ENTREGA Y CONEXIONES A ALCANTARILLA				
	4.6.1	Punto De Desague	UN	$ 66.550,00	1,0	$ 66.550,00
	4.6.2	Conexiones Domiciliarias	UN	$ 53.037,00	10,0	$ 530.370,00
	4,7	Tubo En Pvc De 4"	ML	$ 13.552,50	34,4	$ 466.206,00
	4,8	Tubo En Pvc De 6" Alcantarilla	ML	$ 23.223,00	88,0	$ 2.043.624,00
	5	**ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN / RECONFORMACIÓN**				
5	5,1	Muro En Llantas	M2	$ 48.120,00	277,3	$ 13.343.676,00
	6	**OBRAS COMPLEMENTARIAS**				
	6,1	Zonas Duras En Adoquin	M2	$ 16.800,80	215,0	$ 3.612.172,00
6	6,2	Jardinera En Llanta	ML	$ 7.350,94	100,0	$ 735.094,00
	6,3	Escalera En Concreto Ancho=1.50M	ML	$ 90.662,50	6,0	$ 543.975,00
	6,4	Escalera En Llantas	M2	$ 16.673,20	44,0	$ 733.620,62
	7	**PROTECCIÓN CONTRA EROSIÓN**				
	7,1	Empradizacion	M2	$ 5.142,00	70,0	$ 359.940,00
7	7,2	Empradizacion Con Ecomatriz	M2	$ 3.949,50	200,0	$ 789.900,00
	7,3	Malla-Mortero	M2	$ 18.975,00	521,0	$ 9.885.975,00
	7,4	Plantacion De Arboles	UN	$ 17.079,50	4,0	$ 68.318,00

SUBTOTAL		**$ 80.520.185,49**
A.I.U (25%)		**$ 20.130.046,37**
TOTAL		**$ 100.650.231,86**

TABLA No.8.2 - ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CAPITULO	ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	1	**PRELIMINARES**	G			
	1,1	Localización Replanteo	M2	1	1.650	**$1.650**
	1,2	Campamento	G	1	1.200.000	**$1.200.000**
	1,3	Cerramiento	ML	1	3.000	**$3.000**
	1,4	Demolición de viviendas	UN	1	1.000.000	**$1.000.000**
					TOTAL	
2	2	**EXCAVACION Y RETIRO DE MATERIALES**	M3			
	2,1	Perfilado y excavación en suelo para estructuras de Contención (Incluye retiro, cargue y transporte a escombreras aprobadas por el DAMA.)	M3	1	18.700	**$18.700**
	2,2	Perfilado y excavación en roca blanda (Incluye retiro, cargue y transporte a escombreras aprobadas por el DAMA.)	M3	1	19.400	**$19.400**
					TOTAL	
3	3	**RELLENOS**	M3			
	3,1	Relleno en material seleccionado	M3	1	22.100	**$22.100**
	3,2	Relleno con material de sitio	M3	1	9.223	**$9.223**
	3,3	Reconformación áreas	M2	1	13.800	**$13.800**
					TOTAL	
	4	**DRENAJE**				
4	4,1	**CUNETA RECTANGULAR EN CONCRETO**	ML	**SECCION 0.40x0.30**		
	4.1.1	Excavación a mano (Incluye retiro, cargue y transporte)	M3	0,16	18.700	2.992
	4.1.2	Concreto simple de 2500 PSI	M3	0,11	215.165	23.668
	4.1.3	Acero de Refuerzo F'y 37000 PSI (Incluye suministro figurado y armado)	KG	3,3	870	2.871
	4.1.4	Sello de juntas	ML	1,7	580	986
	4.1.5	Formaleta	ML	2	500	1.000
	4.1.6	Mano de obra AA	HC	0,5	9.000	4.500
					TOTAL	**$36.017**
4	4,2	**CUNETA BOX EN CONCRETO**	ML	**SECCION 0.50x0.50**		
	4.2.1	Excavación a mano (Incluye retiro, cargue y transporte)	M3	0,16	18.700	2.992
	4.2.2	Concreto simple de 2500 PSI	M3	0,13	215.165	28.402
	4.2.3	Acero de Refuerzo F'y 37000 PSI (Incluye suministro figurado y armado)	KG	3,9	870	3.393
	4.2.4	Sello de juntas	ML	2,7	580	1.566
	4.2.5	Adoquin rejilla 40x36x8	M2	0,4	18.200	7.280
	4.2.6	Formaleta	ML	2	500	1.000
	4.2.7	Mano de obra AA	HC	0,6	9.000	5.400
					TOTAL	**$50.033**
4	4,3	**FILTRO DE LECHO**	ML	**SECCION 2.3x0.35**		
	4.3.1	Relleno de Material Filtrante	M3	0,8	40.280	32.224
	4.3.2	Geotextil tejido tipo Pavco 2000	M2	2,7	2.750	7.425
	4.3.3	Mano de obra AA	HC	0,3	9.000	2.700
					TOTAL	**$42.349**
4	4,4	**CAJA DE PASO EN CONCRETO PARA ALCANTARILLA**	UN	**SECCION 0.5x0.5x0.5**		
	4.4.1	Excavación a mano (Incluye retiro, cargue y transporte)	M3	0,12	18.700	2.244
	4.4.2	Concreto simple de 2500 PSI	M3	0,13	215.165	26.982
	4.4.3	Acero de Refuerzo F'y 37000 PSI (Incluye suministro figurado y armado)	KG	15	870	13.050
	4.4.4	Formaleta	ML	2	500	1.000
	4.4.5	Mano de obra AA	HC	5	9.000	45.000
					TOTAL	**$88.276**

TABLA No.8.2 - ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CAPITULO	ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
	4,5	**CAJA DE PASO EN CONCRETO**	**UN**	**SECCION 0.5x0.5x0.5**		
	4.5.1	Excavación a mano (Incluye retiro, cargue y transporte)	M3	0,12	18.700	2.244
4	4.5.2	Concreto simple de 2500 PSI	M3	0,13	215.165	26.982
	4.5.3	Acero de Refuerzo F'y 37000 PSI (Incluye suministro figurado y armado)	KG	15	870	13.050
	4.5.4	Formaleta	ML	2	500	1.000
	4.5.5	Mano de obra AA	HC	5	9.000	45.000
					TOTAL	**$88.276**
	4,6	**ENTREGA Y CONEXIONES A ALCANTARILLA**				
4	4.6.1	Punto de Desague	UN	1	66.550	66.550
	4.6.2	Conexiones domiciliarias	UN	1	53.037	53.037
					TOTAL	
	4,7	**TUBO EN PVC DE 4"**	**ML**			
4	4.7.1	Tubo en PVC de 4"	ML	1,05	12.050	12.653
	4.7.2	Mano de obra AA	HC	0,1	9.000	900
					TOTAL	**$13.553**
	4,8	**TUBO EN PVC DE 6" ALCANTARILLA**	**ML**			
4	4.8.1	Tubo en PVC de 6"	ML	1,05	21.260	22.323
	4.8.2	Mano de obra AA	HC	0,1	9.000	900
					TOTAL	**$23.223**
	5	**ESTRUCTURAS DE CONTENCION - RECONFORMACIÓN**				
	5,1	**MURO EN LLANTAS**	**M2**			
	5.1.1	Llantas de desecho	UN	14	800	11.200
5	5.1.2	Manila de nylon de 3/4"	ML	22	720	15.840
	5.1.3	Manila de nylon de 1/2"	ML	14	600	8.400
	5.1.4	Relleno en material seleccionado	M3	0,52	14.000	7.280
	5.1.5	Mano de obra AA	HC	0,6	9.000	5.400
					TOTAL	**$48.120**
	6	**OBRAS COMPLEMENTARIAS**				
	6,1	**ZONAS DURAS EN ADOQUIN**	**M2**			
	6.1.1	Arena de peña	M3	0,03	21.780	653
6	6.1.2	Mortero 1:4 V21 1528 PSI Humedo	M3	0,01	69.740	697
	6.1.3	Adoquin rustico 20x11.5x5.5	UN	44	300	13.200
	6.1.4	Mano de obra AA	HC	0,25	9.000	2.250
					TOTAL	**$16.801**
	6,2	**JARDINERA EN LLANTA**	**ML**			
	6.2.1	Llantas de desecho	UN	5	800	4.000
6	6.2.2	Varilla de 3/8"	ML	2,4	418	1.003
	6.2.3	Relleno de material en tierra negra	M3	0,10	4.840	501
	6.2.4	Relleno con material de sitio	M3	0,11	4.600	497
	6.2.5	Mano de obra AA	HC	0,15	9.000	1.350
					TOTAL	**$7.351**
	6,3	**ESCALERA EN CONCRETO**	**ML**			
	6.3.1	Concreto simple de 2500 PSI	M3	0,28	215.165	60.246
6	6.3.2	Acero de Refuerzo F'y 37000 PSI (Incluye suministro figurado y armado)	KG	4,99	870	4.341
	6.3.3	Formaleta	ML	7,15	500	3.575
	6.3.4	Mano de obra AA	HC	2,5	9.000	22.500
					TOTAL	**$90.663**

TABLA No.8.2 - ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CAPITULO	ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
6	6,4	**ESCALERA EN LLANTAS**	**M2**			
	6.4.1	Llantas de desecho	UN	6	800	4.800
	6.4.2	Excavación	M3	0,27	18.700	5.049
	6.4.3	Relleno con material de sitio	M3	0,25	9.223	2.324
	6.4.4	Mano de obra AA	HC	0,5	9.000	4.500
					TOTAL	**$16.673**
7	**7**	**PROTECCIÓN CONTRA EROSIÓN**				
	7,1	**EMPRADIZACION**	**M2**			
	7.1.1	Relleno de material en tierra negra	M3	0,05	4.840	242
	7.1.2	Suministro de cespedón	M2	1	3.100	3.100
	7.1.3	Mano de obra AA	HC	0,2	9.000	1.800
					TOTAL	**$5.142**
7	7,2	**EMPRADIZACION CON ECOMATRIZ**	**M2**			
	7.2.1	Relleno de material en tierra negra	M3	0,05	4.840	242
	7.2.2	Malla ecomatriz tipo pavco	M2	1,1	1.325	1.458
	7.2.3	Mano de obra AA	HC	0,25	9.000	2.250
					TOTAL	**$3.950**
7	7,3	**MALLA-MORTERO**	**M2**			
	7.3.1	Malla para gavión calibre 12	M2	1	2.430	2.430
	7.3.2	Pernos de anclaje (incluye perno, perforación, platina y mortero)	ML	0,17	75.000	12.750
	7.3.3	Mortero estructural	M3	0,03	81.500	2.445
	7.3.4	Mano de obra AA	HC	0,15	9.000	1.350
					TOTAL	**$18.975**
7	7,4	**PLANTACION DE ARBOLES**	**UN**			
	7.4.1	Excavación	M3	0,125	18.700	2.338
	7.4.2	Relleno de material en tierra negra	M3	0,05	4.840	242
	7.4.3	Siembra de arboles	UN	1	10.000	10.000
	7.4.4	Mano de obra AA	HC	0,5	9.000	4.500
					TOTAL	**$17.080**

En la parte norte del sector y limitando con el área de estudio, se encuentra un zona de explotación de materiales, cuya operación influye directamente sobre cualquier planteamiento de mejorar el entorno urbano local. De acuerdo a lo anterior y a la limitación del planteamiento urbanístico local, aunado a la situación de desalojo de viviendas que el Consultor sugiere reubicar, el grupo asesor en Urbanismo y Paisajismo ha propuesto tres frentes de acción para mejorar las condiciones de habitabilidad de la zona:

- La consolidación de vías y andenes del Barrio especialmente las vías de acceso. Como se trata de modificar sobre las condiciones existentes, el ancho de las vías se ajusta al espacio existente.

  El alineamiento de las vías de acceso debe de ser corregido, se propone andenes de confinamiento y para uso peatonal, acceso a los diferentes sectores y arborización. Recomendamos el uso de la cartilla de andenes que elaboró el Taller del Espacio Público (DAPD), para la modulación de las piezas prefabricadas que el Distrito viene usando en diferentes sectores de la ciudad. En ella se definen las especificaciones para sardineles, rampas, sumideros y trabajos de piso, que podrían ser aplicados aquí.

- La construcción de zonas comunales de recreación especialmente dirigido a la comunidad infantil, en los sectores o espacios de aislamiento entre el talud y las unidades de vivienda que continúen. Por la limitación de áreas se recomienda juegos infantiles modulares como los que está implementado recreación y deportes en toda la ciudad.

  Aprovechando la configuración de los taludes con llantas, se puede construir con las mismas jardineras lineales que a su vez sirven de barandas, sí como de las mismas desprender enredaderas que mejoren el aspecto estético de las llantas, en otras palabras usar las llanta como materas.

- Finalmente, el planteamiento paisajístico incluye la plantación de especies vegetales discriminadas según su porte, resistencia, necesidades, configuración de sus raíces, disponibilidad y la experiencia que de ellas se ha tenido en otras zonas de la ciudad.

  Las Especies recomendadas son:.

  - ♣ Calistemon.
  - ♣ Cayeno
  - ♣ Caucho Sabanero
  - ♣ Holly
  - ♣ Eugenia

La plantación y reforestación en estas zonas garantizan no sólo el mejoramiento en el paisaje y en los suelos, sino que evitan futuras invasiones en estos terrenos y garantizan nuevos espacios de esparcimiento comunales.

Lo anterior queda plasmado en el *PLANO No 11*.

Se Insiste en la necesidad de adelantar con la comunidad campañas cívicas que instruyan sobre la necesidad y conveniencia de cuidar su entorno, la arborización y por supuesto el equipamiento urbano; que enseñen una correcta disposición de las basuras y la valoración del espacio público y el medio ambiente como un factor importante en el logro de una mejor calidad de vida.