

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
SITIO No. 1: LA FISCALA

PORTADA

RESUMEN

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias a través de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito – DPAE contrató por medio del Contrato de Consultoría No. 518 de 2006 a la UNIÓN TEMPORAL GEOTÉCNIA URBANA, la “*Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las Localidades de Usme y Santa Fe de la Ciudad de Bogotá D.C.*”, contrato iniciado a partir del 21 de Noviembre de 2006 con una duración de tres meses.

El sitio se localiza en la parte inferior y terminal de un filo rocoso, el cual fue explotado a cielo abierto para la extracción de material para construcción, el cual fue abandonado hace unos 10 años. A unos 10 metros de distancia se localizan las primera viviendas, y de allí hacia el abajo se extiende el barrio.

Por encima y hacia los costados no hay viviendas. Al costado norte, el filo rocoso está limitado por la vía de acceso hacia la parte alta, y hacia potreros, Por encima, en la parte central del filo topográfico, se encuentran algunos potreros con pastos y rastrojo. Hacia el costado sur, se registran vestigios de la explotación de arcillas y arenas.

Teniendo en cuenta que la estratigrafía y condiciones de los materiales era clara y fácilmente interpretada no se realizó exploración. Entendiendo que el principal mecanismo de falla obedece a pérdida de resistencia del contacto entre discontinuidades, fue necesario interpretar los parámetros con el fin de evaluar los factores de seguridad de estos mecanismos. Para ello se obtuvieron muestras de bloque – bloque y muestra de bloque solamente, los cuales fueron tallados en laboratorio y posteriormente fallados sobre el contacto de bloque – bloque y/o sobre una superficie previamente definida y saturada con un tiempo no menor a 1 hora. Se enviaron 6 muestras de bloques al laboratorio para la elaboración de 3 cortes directos en discontinuidad (se envía un número mayor de muestras debido a daños por la elaboración de las briquetas).

Las condiciones de los modelos de falla muestran factores de seguridad cercanos a uno para condiciones saturadas en discontinuidad y menores a 1 con sismo y agua en discontinuidad. El potencial de falla es alto. La distancia de viaje obtenido para condición de alta probabilidad es de 14 m y para condición media de 18 m. La máxima distancia de un bloque es de 22 m.

La obra de mitigación consiste en un perfilado de materiales inestables y corte en roca a 75°, para luego colocar una malla triple torsión, taches y mortero cemento con pernos de 6 m de largo separados cada 2 m x 2 m. En la parte superior se debe colocar una cuneta en concreto.

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
SITIO No. 1: LA FISCALA

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
SITIO No. 1: LA FISCALA

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO.....	6
SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	7
1 INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 OBJETIVO	8
1.2 Alcance del estudio.....	8
1.3 ORDEN DEL ESTUDIO	9
2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO Y SU ENTORNO	10
2.1 UBICACIÓN GENERAL	10
2.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	10
2.2.1 Generalidades	10
2.2.2 Traslado de coordenadas reales	11
2.2.3 Levantamiento topográfico	11
3 CONDICIONES INICIALES DE LA ZONA.....	14
3.1 CARTOGRAFÍA.....	14
3.2 HIDROLOGÍA.....	15
3.3 INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA	15
3.4 Hidrología y clima.....	16
3.5 DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS, DPAE	22
3.6 INFLUENCIA DE LAS LLUVIAS	23
4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	25
4.1 INTRODUCCION.....	25
4.1.1 Objetivo y Alcance.....	25
4.1.2 Localización.....	25
4.1.3 Descripción General.....	25
4.2 GEOLOGIA REGIONAL	26
4.2.1 Estratigrafía.....	26
4.2.2 Estructuras Geológicas	27
4.2.3 Geomorfología.....	32
4.3 GEOLOGIA LOCAL	32
4.3.1 Estratigrafía.....	33
4.3.2 Estructuras Geológicas	34
4.4 GEOMORFOLOGÍA.....	35
4.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	36
4.6 ASPECTOS DE HIDROGEOLOGÍA.....	37
5 CARACTERIZACIÓN GEOMECAÁNICA DEL MACIZO ROCOSO	38
5.1 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES.....	38
5.2 PARÁMETROS GEOMECAÁNICOS DE RESISTENCIA.....	39
5.2.1 Resistencia al corte de discontinuidades Estudios de referencia.....	39
5.2.2 Resistencia al corte de discontinuidades	40
5.2.3 Bloque deslizante	40
5.2.4 Resumen de parámetros geomecánicos de discontinuidad.....	41
5.3 ANÁLISIS CINEMÁTICO	42
5.3.1 Taludes de estudio.....	42
5.3.2 Posibilidad cinemática.....	43
6 AMENAZA.....	46
6.1 INTRODUCCIÓN.....	46
6.2 Variables aleatorias: límites.....	46
6.3 ANÁLISIS DE FACTORES DE SEGURIDAD.....	47
6.3.1 Mecanismo de falla en cuña.....	47
6.3.2 Mecanismo de falla planar.....	49
6.4 PROBABILIDAD DE FALLA TOTAL	50
6.5 DISTANCIA DE VIAJE	52

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
SITIO No. 1: LA FISCALA

6.6	ZONIFICACIÓN DE AMENAZA.....	55
7	VULNERABILIDAD Y RIESGO	56
7.1	INTRODUCCIÓN.....	56
7.2	TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS	56
7.3	IDENTIFICACIÓN DE AMENAZA – ANÁLISIS DE FRECUENCIA.....	58
7.4	ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS	58
7.4.1	Elementos en riesgo.....	58
7.4.2	Probabilidad de alcance del evento al elemento en riesgo. P(d:d).....	59
7.4.3	Probabilidad temporal espacial de los elementos en riesgo. P(e:t).....	59
7.4.4	Vulnerabilidad.....	59
7.5	ESTIMACIÓN DEL RIESGO – CONSECUENCIAS	60
7.6	ANÁLISIS DEL RIESGO - CONCLUSIONES	61
8	OBRAS DE MITIGACIÓN	64
8.1	SELECCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN	64
8.2	ANÁLISIS DE AMENAZA CON OBRAS	64
8.2.1	Análisis cinemático de taludes de corte.....	64
8.2.2	Análisis de muro en gavión.....	64
8.2.3	Análisis de pernos.....	66
8.2.4	Análisis de reasentamiento de viviendas	66
8.3	DISEÑO DE CUNETA.....	66
	Diseño de cunetas en concreto.....	67
8.4	ITEMS DE DE TRABAJO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	68
8.5	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	69
8.6	PROCESO CONSTRUCTIVO	70
8.7	VIABILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	73
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
9.1	CONDICIONES GENERALES.....	74
9.2	CONDICIONES DE ESTABILIDAD ACTUALES	74
9.3	CONDICIONES DE ESTABILIDAD CON OBRAS	74
9.4	CONDICIONES ECONÓMICAS	74
9.5	INDICADORES.....	74
10	RECOMENDACIONES.....	75
11	BIBLIOGRAFÍA.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1	Localización general del proyecto	12
Figura 2-2	Nube de puntos	13
Figura 3-1	Plancha IGAC No. L-78.....	14
Figura 3-2	Curvas intensidad-Duración-Frecuencia.....	15
Figura 3-3	Localización de estaciones.....	18
Figura 3-4	Histograma de precipitación total mensual (mm) Estación Quiba.....	19
Figura 3-5	Temperatura del aire.....	20
Figura 3-6	Variación de humedad relativa.....	20
Figura 3-7	Variación brillo solar.....	21
Figura 3-8	Variación evaporación.....	22
Figura 4-1	Plancha 246, escala 1:100.000 de Ingeominas (1998).....	28
Figura 4-2	Mapa Geológico de Cundinamarca, Ingeominas (1999).....	29
Figura 4-3.	Fotografía aérea No 0124 del Vuelo C-1132.....	30
Figura 4-4.	Fotografía aérea No 055 del Vuelo R-667.....	31
Figura 4-5	Esquema del frente de la cantera abandonada, hoy con inestabilidad.....	34
Figura 4-6	Discontinuidades	36
Figura 5-1	Muestras de bloque para corte directo	38
Figura 5-2	Bloques deslizantes.....	39
Figura 5-3	Datos de parámetro geomecánicos en discontinuidad.....	41
Figura 5-4	Localización de taludes	44
Figura 6-1	Sección 1- 1 geotécnica –Generación de caída de bloques (1.00 m de diámetro).....	53
Figura 6-2	Análisis de probabilidad. Talud.....	54
Figura 7-1	Riesgo social tolerable.....	61

**ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
SITIO No. 1: LA FISCALA**

En la siguiente figura se presentan los datos dados anteriormente:Figura 7-2 Análisis de riesgo individual y social..... 62
 Figura 7-3 Tipología de viviendas..... 63
 Figura 8-1 Alternativa de mitigación..... 65
 Figura 8-2 Lotes aledaños a la zona de la obra 73

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Coordenadas de la zona de estudio..... 10
 Tabla 2-2 Mojoneros materializados en campo 10
 Tabla 2-3 Listado de coordenadas del punto de amarre 11
 Tabla 2-4 Relación de equipos y elementos por comisión 11
 Tabla 3-1 características de las estaciones 16
 Tabla 3-2 Valores medios mensuales de precipitación..... 17
 Tabla 3-3 Valores medios mensuales multianuales de variables climatológicas 19
 Tabla 3-4 Resultados de laboratorio y valores típicos de los materiales presentes en el subsuelo..... 22
 Tabla 3-5 Ecuación para distribución de precipitaciones diarias..... 24
 Tabla 4-1 Discontinuidades identificadas 36
 Tabla 4-2 Intersecciones de discontinuidades 37
 Tabla 5-1 Ensayos de corte directo de estudios 40
 Tabla 5-2 Parámetros geomecánicos de corte directo en discontinuidad 40
 Tabla 5-3 Resultados de bloque deslizando 41
 Tabla 5-4 Taludes de estudio..... 42
 Tabla 5-5 Resumen de taludes y tipos de falla posibles 45
 Tabla 6-1 Valores extremos de las variables aleatorias 47
 Tabla 6-2 Ángulos medidos Modelo de Low..... 48
 Tabla 6-3 Factores de seguridad por cuña 49
 Tabla 6-4 Factor de seguridad por falla planar..... 50
 Tabla 6-5 Probabilidad de falla en roca mecanismo planar 52
 Tabla 6-6 Probabilidad de falla en roca mecanismo en cuña 52
 Tabla 7-1 Tipificación de construcciones 56
 Tabla 7-2 Descripción de viviendas..... 57
 Tabla 7-3 Probabilidad espacial de personas 59
 Tabla 7-4 Sugerencia de riesgo tolerable AGS (2000) 60
 Tabla 7-5 Resultados del análisis de riesgo 62
 Tabla 8-1 Caudales máximos 67
 Tabla 8-2 Características de la cuneta en piedra pegada..... 68
 Tabla 8-3 Presupuesto..... 69
 Tabla 8-4 Llave DACD de predios aledaños 73

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO..... 78
 ANEXO 2 RESULTADOS DE LABORATORIO CORTE DIRECTO EN DISCONTINUIDAD 83
 ANEXO 3 ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD 109
 ANEXO 4 ANÁLISIS DE FACTORES DE SEGURIDAD EN CUÑA LOW..... 127
 ANEXO 5 ANÁLISIS DE FACTORES DE SEGURIDAD HOEK..... 131
 ANEXO 6 PROBABILIDAD TOTAL..... 137
 ANEXO 7 ANÁLISIS DE RIESGO..... 140
 ANEXO 8 ANÁLISIS CINEMÁTICO CON TALUD DE CORTE..... 142
 ANEXO 9 MEMORIAS DE CÁLCULO PERNOS..... 144
 ANEXO 10 MEMORIAS DE CÁLCULO DE CUNETAS..... 146
 ANEXO 11 MEMORIAS CANTIDADES DE OBRA..... 149
 ANEXO 12 ESPECIFICACIONES..... 152

LISTA DE PLANOS

Plano 1 TOPOGRAFIA
 Plano 2 GEOLOGÍA
 Plano 3 GEOMORFOLOGÍA
 Plano 4 AMENAZA ACTUAL
 Plano 5 VULNERABILIDAD
 Plano 6 RIESGO
 Plano 7 OBRAS

GLOSARIO

Amenaza: probabilidad de que ocurra un evento potencialmente dañino en un área y un período de tiempo dados.

Arcillolita: Roca sedimentaria de origen detrítico. Es una roca compacta, sin fisilidad que está formada por partículas del tamaño de la arcilla.

Base topográfica: Mapa base que contiene información topográfica, utilizable para referenciar localizaciones de otros elementos, y la elaboración de mapas temáticos (mapas geológicos, estructurales, de uso de tierras, entre otros).

Buzamiento (geología general): Ángulo de inclinación que forma un filón, estructura o capa rocosa con un plano horizontal, medido perpendicularmente a la dirección o rumbo del filón.

Cauce: Canal por donde normalmente discurren las aguas de un río. El cauce es continuamente modificado por el caudal, la velocidad, la pendiente, la carga de sedimentos y el nivel de base local del río.

Clima: referente al periodo de retorno de lluvias asociado a la zona.

Cobertura: Un conjunto de datos asociados temáticamente y considerados como una unidad. Una cobertura usualmente representa un tema único, o corresponde a una capa de información tal como suelos, ríos, caminos, uso de la tierra, entre otros.

Cuencas hídricas: Se refiere a todas las cuencas determinadas por la divisoria de aguas, tanto superficiales como subterráneas.

Deslizamientos: El movimiento consiste de deformación por corte y desplazamiento

Drenaje. Referente a la cantidad de drenajes y pendientes del cauce.

Efectos antrópicos: densidad de vivienda y efectos de explotación de áreas adyacentes.

Erosión: el estado actual de la zona frente a los procesos de degradación por agentes externos.

Escarpe: Cualquier cara rocosa alta, de muy pendiente a perpendicular o en voladizo. El escarpe es usualmente producido por erosión y menos comúnmente se encuentran producidos por fallamiento.

Estabilidad (geotecnia): Resistencia de un estructura, talud o muro de contención a la falla por deslizamiento o colapso bajo condiciones normales, para las que fue diseñado.

Estrato: Capa de roca caracterizada por sus propiedades litológicas particulares y los atributos que la distinguen de las capas adyacentes.

Factor de riesgo: Cualquier elemento o fenómeno del ambiente de trabajo o acción que pueda causar un daño.

Flujos de tierra: El movimiento se caracteriza por la velocidad relativamente baja.

Geología: Ciencia que estudia la composición y la disposición de los materiales que constituyen la litosfera terrestre, su naturaleza, su situación y las causas o fenómenos que originan esa disposición y de los efectos de los agentes que la alteran.

Geomorfología: Ciencia que tiene por objeto el estudio y la explicación de las formas del relieve terrestre.

Levantamiento topográfico: Descripción y delineamiento un terreno en su configuración superficial.

Movimientos en masa: Caída de las rocas, una vez han sido fragmentadas (meteorización), mediante diversos tipos de impulsos gravitacionales.

Nivel freático: Superficie en la zona de saturación de un acuífero libre sometido a la presión atmosférica.

Perfil: Es la secuencia y conjunto de horizontes de un suelo; corte vertical hecho en el suelo a fin de hacer un estudio.

Relieve: Referente a la pendiente del terreno.

Reptación: Es el movimiento lento e imperceptible del material

Riesgo: Es la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un incidente o evento no deseado y de la severidad de sus consecuencias.

Sismo: análisis de estabilidad y actividad sísmica.

Sondeo: Operación que se efectúa con el fin de perforar el suelo, mediante la apertura de orificios de diámetro pequeño para la exploración.

Talud: Superficie inclinada del terreno en la base de un cerro o de una colina, donde se encuentra un depósito de detritos.

Tipo de materiales: referente al levantamiento geológico, reconocimiento geotécnico y a la información de exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio. La metodología hace referencia a tres tipos de material: roca, material intermedio y suelo.

Usos del suelo. Referente al control de erosión y aguas de escorrentía superficial.

Vulnerabilidad: grado de debilidad o resistencia que presentan las personas, sus bienes y el mismo ambiente natural, frente a la ocurrencia de un fenómeno peligroso.

Vulnerabilidad: predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas.

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

kPa: kilo Pascal.

m: Metros.

Ha: Hectarea

w_N %: Humedad natural.

? T/m³: peso unitario.

IL: Índice de Liquidez

N_i: Número de golpes corregido para un esfuerzo de confinamiento de 1 kg/cm².

C_N: Factor de ajuste para tener en cuenta el nivel de confinamiento.

?₁: Factor de corrección por caída del martillo.

?₂: Factor de corrección por longitud del sistema de varillas.

?₃: Factor de corrección por presencia de revestimiento interno.

?₄: Factor de corrección por diámetro de la perforación.

?_{eq}: ángulo de fricción equivalente.

c': Cohesión.

?': ángulo de fricción.

FS: Factor de seguridad

RQD: Rock Quality Designation.

SPT: Ensayos de penetración estándar

P_{x16}: valor medio de la precipitación en la estación de período corto, 16 años

P₁₁₆: precipitación media en la estación de período largo, 16 años en este caso

P₁: precipitación media del período largo, en este caso 29 años

° C: grados centígrados.

m.s.n.m: metros sobre el nivel del mar.

mm: milímetros.

Vi: Valor inicial del bien (antes del evento).

Vf: Valor final del bien (después del evento):

ID: Índice de Daños.?

?? es la dependencia o coeficiente de importancia del ID en la valoración del IVF.

PE: porcentaje de pérdida esperada en la ventana de tiempo (escenario actual).

d: porcentaje de daño asociado a la resistencia y exposición del elemento.

p: probabilidad asociada al FRM potencialmente destructivo.

PEV: Pérdida esperada de una vivienda.

Vs: Valor de las vivienda en pesos (millones).

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto de análisis y evaluación de riesgos en el Distrito Capital hace parte del plan de inversión del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias "FOPAE" cuya administración está a cargo de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias "DPAE" dependencia de la Secretaría de Gobierno. En las metas del proyecto se encuentra el diseño de obras de mitigación de riesgo en sitios críticos, dentro del Componente 1, que corresponde a la elaboración de estudios de evaluación de riesgos de origen socionatural y tecnológico.

En el Distrito Capital se registran situaciones de emergencia en sitios que presentan evidencias de condiciones de riesgo inminente, para las cuales personal de la DPAE recomienda (mediante diagnósticos técnicos) su inclusión en la Base de Datos de Sitios Críticos por Fenómenos de Remoción en Masa, para intervención con medidas de mitigación de riesgo.

En razón de lo anterior, el FOPAE realizó el contrato No. 518 del 2006 el cual inició el 21 de noviembre de 2006 con la UNION TEMPORAL GEOTECNIA URBANA conformado por los ingenieros Germán D. Tapia M. y Edgar Rodríguez G. Debe disponer de un equipo multidisciplinario de ingenieros que aplicando criterios técnicos y el apoyo logístico adecuado realicen el diseño de las obras en forma rápida, y poder así adelantar su construcción en corto tiempo.

Es importante mencionar que los estudios de obras de emergencia tienen limitaciones en cuanto al tiempo de elaboración, el alcance de los diferentes componentes del estudio y los costos asignados a cada variable, brindando mayor relevancia a los diseños y especificaciones de las obras de mitigación.

Este informe final condensa los resultados adelantados desde la firma del Acta de Inicio el 21 de noviembre hasta el 26 de diciembre de 2006.

1.1 OBJETIVO

General

Elaboración de Diseños de Obras, Presupuestos y Especificaciones Técnicas en Sitios Críticos de Riesgo inminente por Remoción en Masa en las **Localidades de Usme y Santa Fe** de la Ciudad de Bogotá D.C. Sitio No. 1: La Fiscala ubicado en la localidad de Usme.

1.2 Alcance del estudio

- ? Recopilación de información primaria y secundaria.
- ? Levantamiento topográfico detallado de la zona de estudio a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0.50 m.
- ? Análisis de características climáticas, hidrológicas, hidrogeológicas, hidráulicas y sismológicas.

- ? Inventario y cartografía de variables como: geología, geomorfología, usos del suelo.
- ? Inventario de los procesos morfodinámicos, con el fin de conocer los mecanismos de falla, los factores condicionantes y desencadenantes de ellos.
- ? Análisis de estabilidad de taludes por fenómenos de remoción en masa.
- ? Análisis de amenaza – vulnerabilidad y riesgo de la zona.
- ? Diseño detallado de obras y acciones tendientes a minimizar el riesgo potencial y maximizar el entorno ambiental.
- ? Presupuesto detallado y especificaciones.

1.3 ORDEN DEL ESTUDIO

El contenido del estudio esta dividido en 11 capítulos en donde cada uno tiene sus propios anexos incluidos. De estos capítulos, 8 son de contenidos técnicos y 3 son de contenido informal como lo es la introducción, las limitaciones, la bibliografía.

Cada capítulo tiene incluido los planos de referencia, las figuras, tablas y fotografías necesarios para entender cada capítulo, los cuales están convenientemente entrelazados entre si manteniendo una secuencia lógica de la información. Los capítulos son los siguientes:

- ? Capítulo 1. Introducción.
- ? Capítulo 2. Descripción general del proyecto y su entorno. En este capítulo se ubica al lector en el proyecto, el levantamiento topográfico. Plano No. 1 Topografía.
- ? Capítulo 3. Condiciones iniciales de la zona. Se presenta el tipo, calidad y pertinencia de la información existente, incluyendo diagnósticos de la DPAE, cartografía y demás que aporten a construir el modelo de la zona.
- ? Capítulo 4. Geología. Se presenta la geología regional y local, el marco estructural, la identificación de mecanismos, hidrogeología. Plano No. 2 y 3. Geología y Geomorfología.
- ? Capítulo 5. Caracterización geomecánica del macizo rocoso. Se presentan los análisis desarrollados en muestras de bloque y sus condiciones de parámetros geomecánicos de discontinuidades y del macizo rocoso.
- ? Capítulo 6. Amenaza. Se identifican los límites de las variables aleatorias, el análisis de estabilidad en roca, el análisis de probabilidad total, la distancia de viaje y la zonificación de amenaza. Plano No. 4 Amenaza actual.
- ? Capítulo 7. Vulnerabilidad y riesgo. Se clasifican las edificaciones de acuerdo a su exposición y resistencia. Se clasifica la vulnerabilidad y se identifica el riesgo. Plano No. 5 Vulnerabilidad. Plano No. 6 Riesgo.
- ? Capítulo 8. Obras. Se enmarcan las obras desde el punto de vista de prevención y/o mitigación dependiendo del nivel de riesgo. Se elaboran cantidades de obra y presupuesto. Plano No. 7 Obras.
- ? Capítulo 9. Conclusiones y recomendaciones.
- ? Capítulo 10. Limitaciones.
- ? Capítulo 11. Bibliografía.

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO Y SU ENTORNO

2.1 UBICACIÓN GENERAL

El sitio de estudio se ubica en la diagonal 65 A sur No. 5-21 este, del barrio La Fiscala, en la, UPZ Danubio. Corresponde a un escarpe minero abandonado, el cual presenta como fenómenos de remoción en masa asociados a caída de bloques de arenisca, flujo de detritos y suelo en residual de arcillolita que pueden afectar directamente a 4 viviendas, a una vía de acceso a la zona y a peatones de la zona.

Las viviendas aledañas al escarpe que se encuentran más vulnerables son:

- ? Diagonal 65A sur No. 3B-38Este. Propietario: Horacio Suárez.
- ? Diagonal 65A sur Transversal. 4A Este. Propietario: Carlos Cruz.

El sitio de estudio tiene un área de influencia de 0.20 Ha. El escarpe tiene una altura de 20 m , ubicándose entre la cota 2678 msnm y 2658 msnm con inclinación entre 45° y 85° con negativos.

La zona de estudio se ubica entre las siguientes coordenadas:

Tabla 2-1 Coordenadas de la zona de estudio

NORTE (m)	ESTE (m)
92970	96470
92970	96520
92930	96520
92930	96470

En la Figura 2-1se presenta la ubicación general del proyecto.

2.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

2.2.1 Generalidades

El día 30 de noviembre se realizó el traslado de coordenadas y amojonamiento de los dos (2) vértices que se indican en la Tabla 2-2 y se definieron los auxiliares para la radiación de los detalles.

Tabla 2-2 Mojones materializados en campo

MOJON	NORTE	ESTE	COTA
1	92964.7752	96480.1164	2654.1240
2	92982.8724	96456.5773	2653.1070

Se levantaron en detalle redes de agua, luz y teléfono, así como vías, viviendas y otras características visibles y de importancia para este trabajo.

2.2.2 Traslado de coordenadas reales

Para realizar el traslado de coordenadas del levantamiento topográfico se empleó la información suministrada por el IGAC del vértice CD-608-A localizado sobre la Avenida Boyacá en el separador central frente a la entrada al Barrio San Francisco.

A continuación se presentan en la Tabla 2-3 las coordenadas del vértice IGAC

Tabla 2-3 Listado de coordenadas del punto de amarre

MOJON	NORTE	ESTE	COTA
CD 608 A	95920.104	93172.075	2571.805

2.2.3 Levantamiento topográfico

Trabajo de campo

El equipo y los recursos utilizados por la comisión para realizar el levantamiento topográfico son los que se relacionan en la tabla siguiente:

Tabla 2-4 Relación de equipos y elementos por comisión

DESCRIPCIÓN	Cantidad
Estación TOPCON GTS-235W	1
Topógrafo	1
Cadenero primero	1
Cadenero segundo	2
Vigilante	2
Radios de onda corta	4
Vehículo	1

Se realizó el levantamiento de todos los detalles por radiación para la elaboración del plano respectivo utilizando una estación total TOPCON GTS-235W, estos detalles fueron: vías, paramentos, postes, hidrantes, válvulas, cajas, pozos y puntos de topografía para generar curvas de nivel cada 0.5 m. El total de puntos levantados fue de 513.

Los detalles del levantamiento fueron almacenados en cartera electrónica, lo cual garantiza su veracidad. Las cotas fueron calculadas por nivelación trigonométrica a partir de los datos de la estación, mediante el software *SURFACE MODELING*.

Trabajo de oficina

? Los datos del levantamiento topográfico realizado, se trasladaron directamente desde el colector de datos de la estación total al computador, evitando así errores de transcripción y agilizando este proceso; en el ANEXO 1 se presenta el listado de coordenadas del levantamiento topográfico y el certificado del BM - IGAC.

Los puntos topográficos fueron interpolados utilizando el software EAGLE POINT modulo *SURFACE MODELING*, hallando las curvas de nivel, y con las carteras de campo y se realizó la planimetría del sitio, obteniendo como resultado el Plano 1.

Figura 2-1 Localización general del proyecto

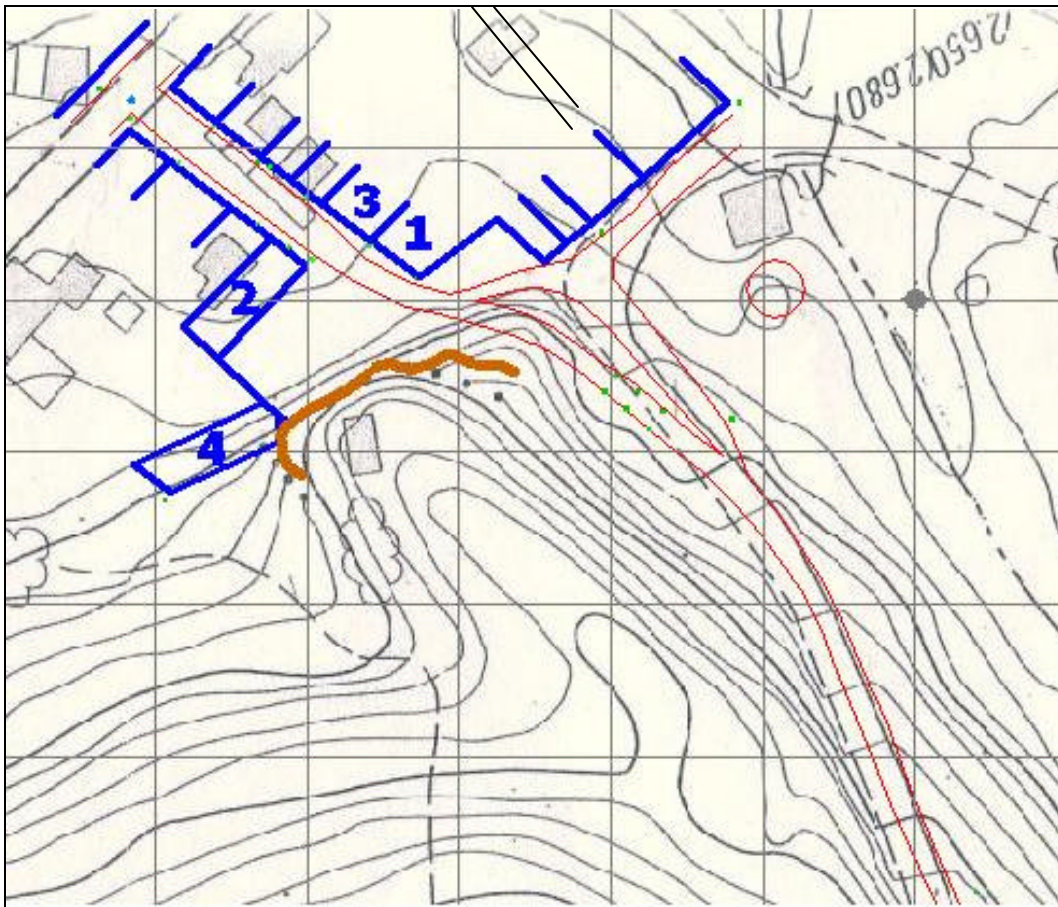
Figura 2-2 Nube de puntos

3 CONDICIONES INICIALES DE LA ZONA

3.1 CARTOGRÁFIA

Se adquirió la plancha del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC No. L-78 en escala 1:2000 del año 1981 presentada en la Figura 3-1.

Figura 3-1 Plancha IGAC No. L-78



Se puede observar que sobre la parte superior del escarpe se ubicaba una vivienda y hacia la parte inferior aparecían tres viviendas. La zona de estudio tiene pendiente alta (curvas de nivel con puntos negros) producto del inicio de extracción minera y/o cortes viales para acceso a la zona. La zona es similar a lo encontrado hoy en día, con los rasgos de la vivienda ubicada en la parte superior de la ladera. Se identifican en esta plancha los predios afectados directamente por la caída de bloques.

Adicionalmente, se solicitaron las fotografías aéreas de diferentes décadas, destinadas al análisis multitemporal geomorfológico. Estas fotografías deben ser analizadas por el Geólogo para el análisis multitemporal.

3.2 HIDROLOGÍA

Se recopiló información pluviométrica y pluviográfica de la Estación Quiba de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB y de la Estación Doña Juana de la Corporación Autónoma Regional - CAR, cercana al área del estudio con el fin de usarla en el análisis de hidrología de la zona. Se solicitó la ecuación para las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para el punto de estudio en la EAAB.

3.3 INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA

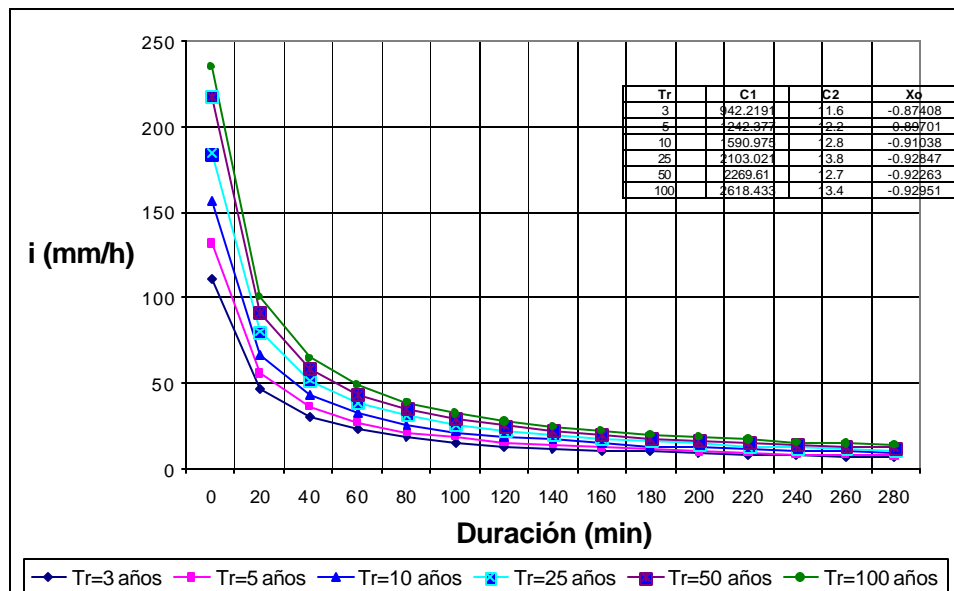
La intensidad de la lluvia se determinó a partir del periodo de retorno, frecuencia y duración de la tormenta de diseño, los datos para los diferentes periodos de retorno fueron suministrados por la EAAB, a partir de los cuales se obtiene la intensidad, utilizando la siguiente ecuación:

$$INTENSIDAD = C_1(DURACIÓN + X_0)^{C_2} \quad [1]$$

Los términos C_1 , C_2 y X_0 de la ecuación de intensidad de la lluvia, son coeficientes que varían con el lugar y el periodo de retorno, datos que son obtenidos en la EAAB¹.

En la Figura 3-2 se presentan las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para el punto que fueron calculadas a partir de la ecuación [1].

Figura 3-2 Curvas intensidad-Duración-Frecuencia



¹ IRH Ltda – EAAB. “Estudio para análisis y caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá”

3.4 Hidrología y clima

Para la caracterización de las variables de precipitación y climatológicas se utilizó la información de la Estación Quiba y Doña Juana respectivamente. En la tabla siguiente se presenta las características de las estaciones:

Tabla 3-1 características de las estaciones

Nombre	Quiba	Doña Juana
Administrador	EAAB	CAR
Cuenca	Bogotá	Bogotá
Subcuenca	Tunjuelo	Tunjuelo
Coordenadas	04°32'N 74°10'W	04°30'N 74°10'W
Norte	992540	993900
Este	990120	991800
Elevación (msnm)	3000	2700
Periodo de registro	1990 - 2005	1989-2003

En la Figura 3-3 se presenta la ubicación de estaciones y el proyecto.

Precipitación

En la estación Quiba la precipitación media anual es de 671 mm (56 mm/mes) y el régimen es esencialmente bimodal donde el periodo más lluvioso corresponde a los meses de marzo, abril y mayo y el de menores lluvias a los meses de octubre y noviembre. El periodo seco cubre desde junio a septiembre y de diciembre a febrero. En la siguiente tabla se presentan los valores medios mensuales de precipitación y en la Figura 3-4 se presenta el histograma de precipitación.

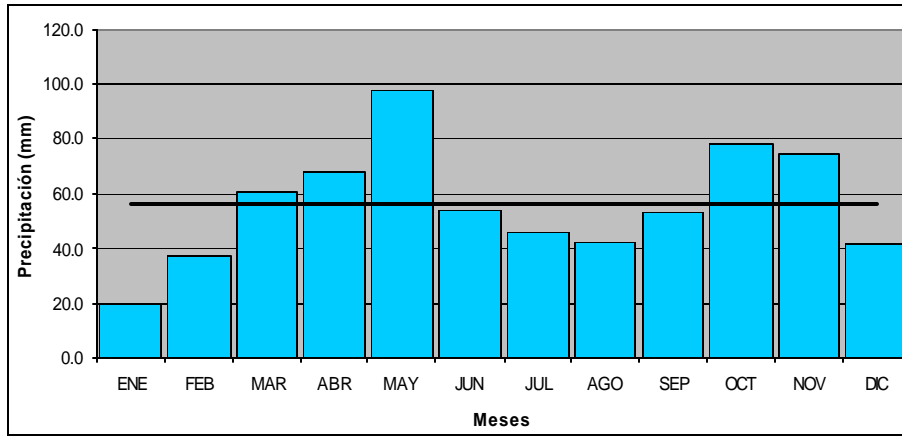
ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
 TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
 LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
 SITIO No. 1: LA FISCALA

Tabla 3-2 Valores medios mensuales de precipitación

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
1990	20.3	46.8	39.9	58.7	110.8	36.1	35.3	7.9	21.9	125.2	55.2	86.2	644.3
1991	7.5	21.7	150.8	65.2	110.5	35.7	35.3	56.3	62.4	23.5	85.0	74.9	728.8
1992	26.3	19.6	20.0	43.6	55.9	25.4	50.8	56	40.1	22.4	89.7	19.3	469.1
1993	46.6	22.4	23.7	80.1	98.8	37.1	28.6	18.8	51.0	70.2	119.0	9.9	606.2
1994	37.7	43.5	77.0	57.6	109.3	46.3	60.8	47.8	37.1	70.9	129.2	9.5	726.7
1995	1.8	8.3	59.1	91.5	87.0	49.6	41.6	64.6	25.4	67.5	70.6	94.7	661.7
1996	43.5	59.8	105.9	70.0	44.2	35.6	49.8	41.2	40.9	96.4	58.1	28.0	673.4
1997	33.0	39.9	29.3	60.0	41.4	67.1	55.0	24.6	39.1	59.7	30.8	0.9	480.8
1998	0.1	17.6	50.1	31.1	193.2	48.6	83.2	42.7	44.3	77.0	40.0	82.6	710.5
1999	26.7	64.2	56.8	72.4	78.3	45.9	21.7	48.3	99.5	59.1	71.6	33.3	677.8
2000	21.8	87.4	96.0	44.2	80.1	55.3	46.4	62.4	59.5	77.3	62.8	32.6	725.8
2001	5.3	40.4	64.6	17.2	82.6	57.3	44.6	25.9	82.4	29.6	50.3	53.6	553.8
2002	18.0	13.1	48.6	121.9	110.2	120.9	32.7	47.9	41.3	85.5	58.6	39.8	738.5
2003	3.9	17.7	75.5	92.9	32.1	44.7	56.9	25.3	44.1	103.6	151.9	35.0	683.6
2004	5.4	54.6	35.9	99.1	100.0	90.2	52.3	68.3	78.6	165.1	93.3	20.3	863.1
2005	18.7	43.1	39.2	84.7	226.7	64.1	38.5	35.2	82.4	122.2	31.7		786.5
Promedio	19.8	37.5	60.8	68.1	97.6	53.7	45.8	42.1	53.1	78.5	74.9	41.4	670.7

Figura 3-3 Localización de estaciones

Figura 3-4 Histograma de precipitación total mensual (mm) Estación Quiba



Temperatura del aire

En la siguiente tabla se presentan los valores medios mensuales principales, obtenidos de la estación climatológica principal Doña Juana - CAR (código 2120630) la cual se encuentra ubicada a 2700 m.s.n.m dentro de la localidad de Ciudad Bolívar.

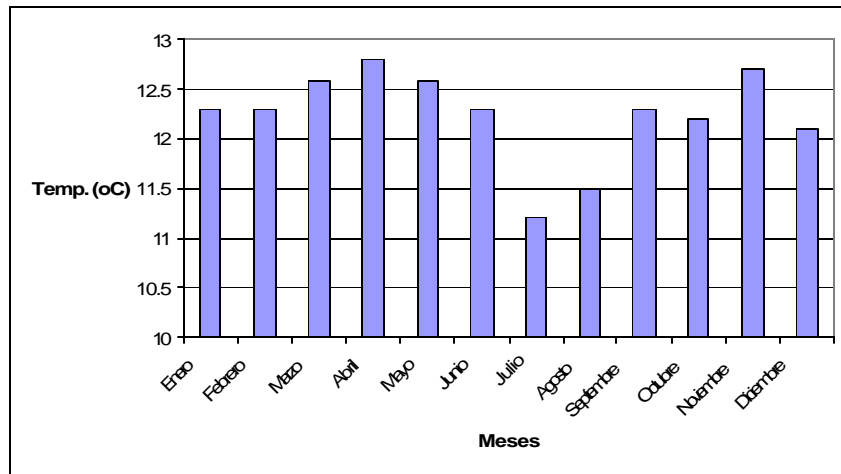
Tabla 3-3 Valores medios mensuales multianuales de variables climatológicas

	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Temperatura (°C)	12	12	13	13	13	12	11	12	12	12	13	12
Humedad Relativa, (%)	69	70	73	73	77	75	78	75	71	71	73	72
Brillo Solar (hr)	32	38	65	60	92	53	53	80	40	50	79	43
Evaporación	65,8	67,1	60,2	71,6	65,3	72,7	63,5	66,9	65,9	75,3	65,5	72,0

La temperatura media del aire es más o menos constante a lo largo del año, la máxima variación es de 1,6 ° C entre el mes más frío y el más cálido. El valor medio de la temperatura es de 12,1° C. Los meses más cálidos son noviembre, marzo, abril y mayo donde se alcanzan valores cercanos a los 13° C. El más frío es el de julio, con 11,2 ° C.

En la Figura siguiente se representa la variación intra-anual de la temperatura y se muestran los valores típicos.

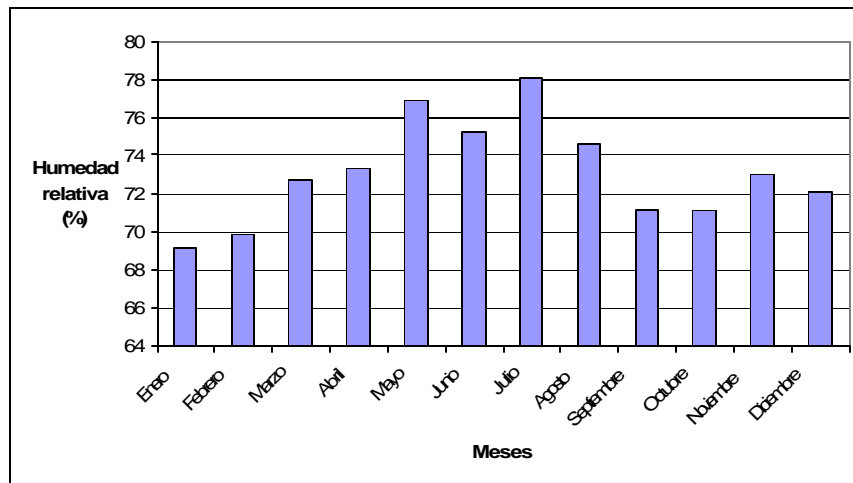
Figura 3-5 Temperatura del aire



Humedad relativa

La Humedad Relativa es casi constante. Muestra una variación máxima del 7,0 % dentro del año. Los meses más secos son enero y febrero con valores de 69,2 y 69,9%, respectivamente. El más húmedo es julio, donde el valor medio alcanza el 78,1%. En la Figura siguiente se representa la variación intra-anual de la humedad relativa y se muestran los valores típicos.

Figura 3-6 Variación de humedad relativa

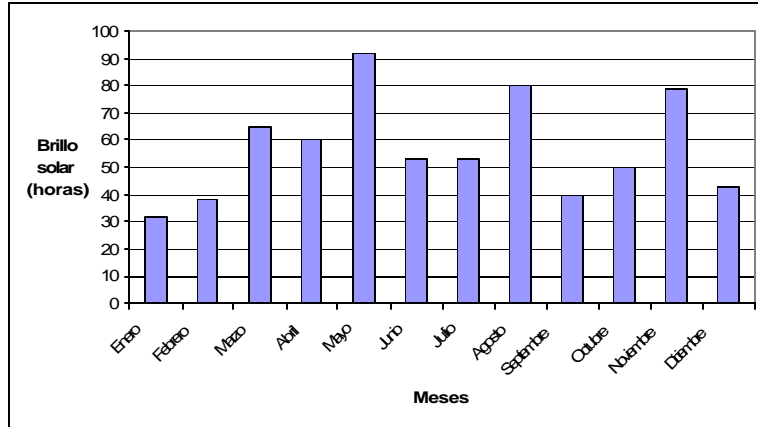


Brillo solar

Las horas de brillo solar varían dentro del año y se aprecian diferencias marcadas hasta de un 60% en algunos meses, con respecto a la media mensual anual. Los meses de mayor presencia de sol son mayo, agosto y noviembre con valores que varían entre las 80 y 90 horas. El mes en que se observa menos el sol es enero con cerca de 30 horas de

brillo, lo que representa aproximadamente un 35% con respecto al valor mayor. Los valores mensuales y la variación dentro del año se ilustran en la figura siguiente:

Figura 3-7 Variación brillo solar



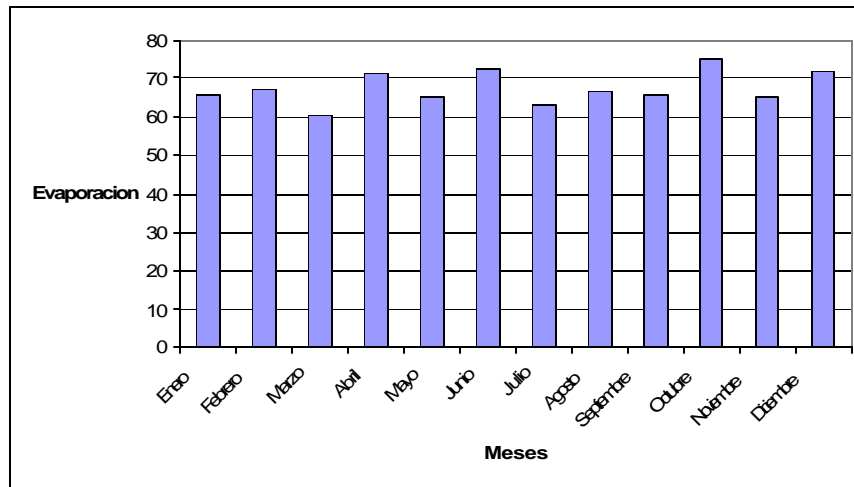
Evaporación

Los valores de evaporación corresponden a los obtenidos de mediciones directas en tanque, en la estación Doña Juana. Los valores de las lecturas son muy homogéneos presentándose un 10% como máxima variación.

Los valores más altos de evaporación ocurren en los meses de abril, junio, octubre y diciembre, en los cuales no se presentan indicadores muy marcados al relacionarlos con las temperaturas altas y los menores valores de humedad relativa. Las cifras para estos meses están cercanas a 72 mm, presentando su mayor valor en el mes de octubre con 75,3 mm. El total anual es de 811,5 mm.

En la Figura siguiente se representa la variación intra-anual de la evaporación y se muestran los valores típicos.

Figura 3-8 Variación evaporación



3.5 DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS, DPAE

En el sector del cual hace parte el actual estudio, se han realizado estudios y diagnósticos que de alguna forma permiten evidenciar y conocer las condiciones geotécnicas del área de estudio. Dentro de la búsqueda de información, se identificaron 3 estudios que se referencian a continuación:

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑO DETALLADO DE OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LOS ESCARPES DE LA EXPLOTACIÓN EN EL BARRIO LA FISCALA, UPES, Mayo de 1999, Consorcio Geotecnia y Cimentaciones – Ponce de León y Asociados S.A. El objeto del estudio era realizar una zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que permitiera determinar las mejores medidas de mitigación en la zona. El área de estudio se ubica hacia el costado norte del sitio de emergencia. Del estudio anteriormente mencionado, se identifican los parámetros geotécnicos que se relacionan a continuación y que para efectos de la realización de este informe se considerarán más adelante:

Tabla 3-4 Resultados de laboratorio y valores típicos de los materiales presentes en el subsuelo

MATERIAL	c (Ton/m ²)	φ (°)	VARIACIÓN (%)
Areniscas	0	30	20
Arcillolitas	0	19	30

Estos valores hacen parte de condiciones de roca más no de las discontinuidades mismas, las cuales controlan el mecanismo de falla.

- a) ESTUDIO GEOTÉCNICO BARRIO LA FISCALA, SECTOR CASA VECINAL FASE II, INGEOMINAS, Abril de 1996. Se realiza el estudio geotécnico de un sector del barrio La Fiscala para realizar obras de protección frente a caída de bloques y flujo de detritos que pudieran afectar una casa vecinal. No existen datos de cortes directos en discontinuidad y el análisis solo se realiza mediante GSI.
- b) ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR FENÓMENOS DE INESTABILIDAD DE TERRENOS EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME, UPES, Octubre de 1998, Investigaciones Geotécnicas Ltda. Se realiza en forma semicualitativa la zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de la localidad de Usme. No se realizan ensayos de corte directo o bloque deslizante en discontinuidad del macizo rocoso.

De la misma manera, la DPAE ha emitido en este punto el diagnóstico No. DI-2227 del 18 de noviembre de 2004. En este documento se explica la existencia de caída de bloques con volúmenes inferiores a 2 m³, observando la presencia de grietas en la parte alta del talud y sugiriendo la ejecución de una obra y mantener el sitio en observación.

3.6 INFLUENCIA DE LAS LLUVIAS

Generalmente los fenómenos de remoción en masa están asociados con los periodos lluviosos, pues la precipitación es uno de sus principales detonantes. Por esta razón, es necesario conocer el régimen pluviométrico temporal y espacial, es decir, identificar los meses más lluviosos.

Lluvia crítica (relación lluvia – deslizamiento)

La precipitación es el factor que comúnmente se asocia con los fenómenos de remoción en masa, debido a que la mayoría de estos eventos ocurren en aguaceros de gran magnitud, o durante los periodos lluviosos, ya que al producirse la precipitación, el agua puede ser conducida por la superficie en forma de escorrentía o puede filtrarse a través de ella. El primero de estos dos fenómenos ocasiona problemas de erosión, principalmente en zonas donde no hay cobertura vegetal, donde la presencia de surcos y cárcavas puede hacer al talud susceptible al movimiento por medio de la infiltración, además de la permeabilidad media de los materiales, el agua procedente de la lluvia puede actuar en el talud o ladera de varias formas:

- ? Aumentando la presión de poros y por consiguiente disminuyendo los esfuerzos efectivos y la resistencia al corte.
- ? Originando presiones hidrostáticas en las diaclasas de las masas rocas produciendo fuerzas hidrodinámicas, especialmente cuando el agua fluye en sentido paralelo a la superficie del talud o ladera.
- ? Reduciendo la cohesión del material (reblandecimiento)
- ? Acelerando la meteorización

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
SITIO No. 1: LA FISCALA

- ? Produciendo erosión interna
- ? Incrementando el peso total de la masa por humedecimiento de la misma.

El efecto adverso de los anteriores procesos en la estabilidad del talud o ladera va aumentando por la ocurrencia de las lluvias, durante varios días consecutivos o con pocos días de diferencia debido a que el talud no ha drenado el agua infiltrada de una lluvia cuando ocurre la siguiente y produce un fenómeno de acumulación progresiva hasta alcanzar los umbrales de inestabilidad que disparan el movimiento de una parte o de toda la ladera.

Para determinar la relación precipitación crítica – duración (relación lluvia – movimiento) es necesario disponer de un inventario detallado de movimientos con fecha de ocurrencia y localización del evento, para lo cual aunque la DPAE ha desarrollado bitácoras y registros históricos no se encontró suficiente información para realizar el análisis estadístico local (insuficiencia de datos en el tiempo). Por ello se recurre al estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inestabilidad del terreno de varias localidades de Bogotá ejecutado por Ingeocim en 1998, en donde a partir de un inventario histórico de deslizamiento en toda Bogotá detonados por lluvias y registros históricos de precipitaciones diarias de estaciones en la ciudad, se encontró que la ciudad se puede dividir en zonas teniendo como ecuación para el suroccidente de Bogotá las siguientes:

Tabla 3-5 Ecuación para distribución de precipitaciones diarias

ZONA	LLUVIA CRITICA (mm)	DURACIÓN (DIAS)
Suroccidental	$0.3609 \times \text{LLUVIA ANUAL (mm)}$	$3.2829 * \text{LLCRITICA}^{0.4157}$

Para la zona de estudio con valores de lluvia anual de 671 mm, corresponde una precipitación acumulada crítica de 242 mm, con una duración de 32 días. El periodo de retorno en esta zona y para la lluvia crítica esta dado en el estudio mencionado para 25 años.

4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

4.1 INTRODUCCION

4.1.1 Objetivo y Alcance

Se adelantó una investigación Geológica con el objetivo de complementar el análisis para la estabilidad de un sitio inestable que se presenta en el Barrio La Fiscala Central. El sitio compromete a unas 4 a 6 viviendas y a la vía de acceso hacia la parte superior del sector, donde adicionalmente se encuentran algunas explotaciones de materias para la construcción.

El estudio pretende establecer un marco de referencia del sitio de interés desde el punto de vista regional, mediante los estudios y mapas disponibles, además de la foto-interpretación geológica de imágenes de diferentes épocas, en donde se hará énfasis en los procesos degradacionales y en los mecanismos de inestabilidad que puedan estar presentes. También se practicó una visita al terreno, para identificar y caracterizar a los diferentes materiales que conforma la masa rocosa afectada por la inestabilidad.

4.1.2 Localización

El sitio declarado en emergencia se localiza en la Localidad de Usme, Barrio La Fiscala. Geográficamente se encuentra en la parte sur-oriental de la ciudad, en la parte montañosa comprendida por la Serranía de Juan Rey – Guacamayas.

El área de influencia comprende la Quebrada La Fiscala, en su parte media. El valle de esta quebrada se inicia en la Serranía de Guadalupe - Chipaque, y conforma una amplia hoya hidrográfica, cruzando la Serranía de Juan Rey – Guacamayas, hasta confluir en la parte baja con el Río Tunjuelo.

4.1.3 Descripción General

El sitio se localiza en la parte inferior y terminal de un filo rocoso, el cual fue explotado a cielo abierto para la extracción de material para construcción, el cual fue abandonado hace unos 10 años. A unos 10 metros de distancia se localizan las primera viviendas, y de allí hacia el abajo se extiende el barrio.

Por encima y hacia los costados no hay viviendas. Al costado norte, el filo rocoso está limitado por la vía de acceso hacia la parte alta, y hacia potreros, Por encima, en la parte central del filo topográfico, se encuentran algunos potreros con pastos y rastrojo. Hacia el costado sur, se registran vestigios de la explotación de arcillas y arenas.

En la visita realizada, se observó que el talud generado por la antigua explotación, presenta condiciones de inestabilidad activa. En el antiguo patio de explotación, el cual se encuentra cubierto por pasto, se aprecian bloques recientemente desprendidos desde la cima del talud de corte, en donde se aprecia el nicho que se produjo. En la parte central

inferior a media del talud de corte, se observan una serie de grietas abiertas, que afectan la masa rocosa. Las condiciones de inestabilidad y posible desprendimiento de una masa de volumen importante.

4.2 GEOLOGIA REGIONAL

4.2.1 Estratigrafía

Dentro del área de influencia afloran rocas del Cretáceo superior, Terciario inferior y depósitos de suelos transportados de edad reciente. A continuación se describen las principales unidades lito estratigráficas:

Formación Guadalupe Superior: En la parte superior está conformada por niveles de arenisca de grano fino a medio, cemento moderado a escaso, hasta de condición friable, color gris claro a blancas con estratificación gruesa. Hacia la parte inferior aflora el denominado nivel de Plaeners, compuesto por limolitas silíceas y chert color habano, en estratos delgados a medios, con intercalaciones de lodolitas y arenisca fina de cuarzo.

Formación Guaduas: En la parte superior se registran arcillolitas abigarrada, con capas de arenisca de cuarzo de grano fino; a la parte inferior predomina arcillolita, limolita y arenisca con capas de carbón. En la cartografía geológica de Ingeominas, Mapa Geológico de Cundinamarca (1999) y Plancha 246-Fusagasuga (1998), no aflora dentro del área de interés, y se encuentra cubierta por sedimentos glacio-fluviales recientes.

Formación Usme: Se compone de lodolitas grises y rojas en la parte inferior, y por encima areniscas de cuarzo de grano fino a grueso en estratos gruesos con intercalaciones de lodolitas. Hubach, 1957, denomina a la formación Usme a una secuencia de rocas que afloran cerca de la población de igual nombre al sur de la ciudad de Bogotá. La formación la define el mismo autor como: "... en su base un nivel de areniscas con algunas intercalaciones de arcillolitas, con un espesor considerable, al cual se le asigna el nombre de la Arenisca de La Regadera. El resto de la sucesión, consta de arcillolitas de color gris claro, que contiene algunos foraminíferos, con algunas intercalaciones de arenisca de grano medio. El conjunto de la formación tiene un espesor de unos 500 a 600 m y descansa concordante sobre la formación Bogotá".

Acosta y Ulloa (2001), describen a esta formación: "... está constituida por una secuencia de lodolitas grises claras, con esporádicas intercalaciones de areniscas de cuarzo y feldespatos finas, en capas medias paralelas su parte superior consta de una secuencia de arenisca de cuarzo, gruesas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas grises y gris verdosas, plásticas". El espesor total asumido es de 500 m.

Formación Regadera:

La Formación Regadera aflora en los flancos o vertientes del Río Tunjuelo. La formación tiene un espesor total de 765 m, Acosta y Ulloa (2001)

Esta compuesta por conglomerados líticos y areniscas de cuarzo limolíticas en capas muy gruesas con esporádicas intercalaciones de lodolitas rojas. Las estructuras

sedimentarias frecuentes son: estratificación cruzada de mediana y gran escala, estratificación truncada y lenticular. Los niveles de arenisca son generalmente blandos y friables.

Hubach, (1957) se refiere a este nivel como...” arenisca de grano medio y grueso hasta conglomerática con intercalaciones de arcilla, que conforma la base de la Formación Usme...”

Julivert (1963), indica la presencia de bancos detríticos resistentes, de arenisca de tamaño variable, generalmente grueso, alternando con conglomerado y niveles de arcillosita abigarrados.

Acosta y Ulloa (op.cit.), dividen a esta formación en cuatro segmentos

Segmento 1 (base de la secuencia): Areniscas de cuarzo y feldespato, finas hasta conglomerados, blancas, amarillentas violáceas con cemento silíceo en capas medias

Segmento 2: Con afloramientos aislados, con los cuales estima correspondan a lodolitas con intercalaciones de arenisca gruesas en la parte media.

El segmento 3: Constituido por una secuencia de arcillolitas grises, verdosas, que por meteorización dan coloraciones violáceas y rojizas, con intercalaciones de areniscas cuarzo-feldespáticas, medias gruesas.

El segmento 4, corresponde a la parte superior de la formación. Está constituido por una sucesión de capas de areniscas cuarzosas – feldespáticas, gruesas, blancas y amarillentas, con cemento silíceo, en capas delgadas a gruesas, con óxido de hierro e intercalaciones de arcillolitas grises en capas delgadas

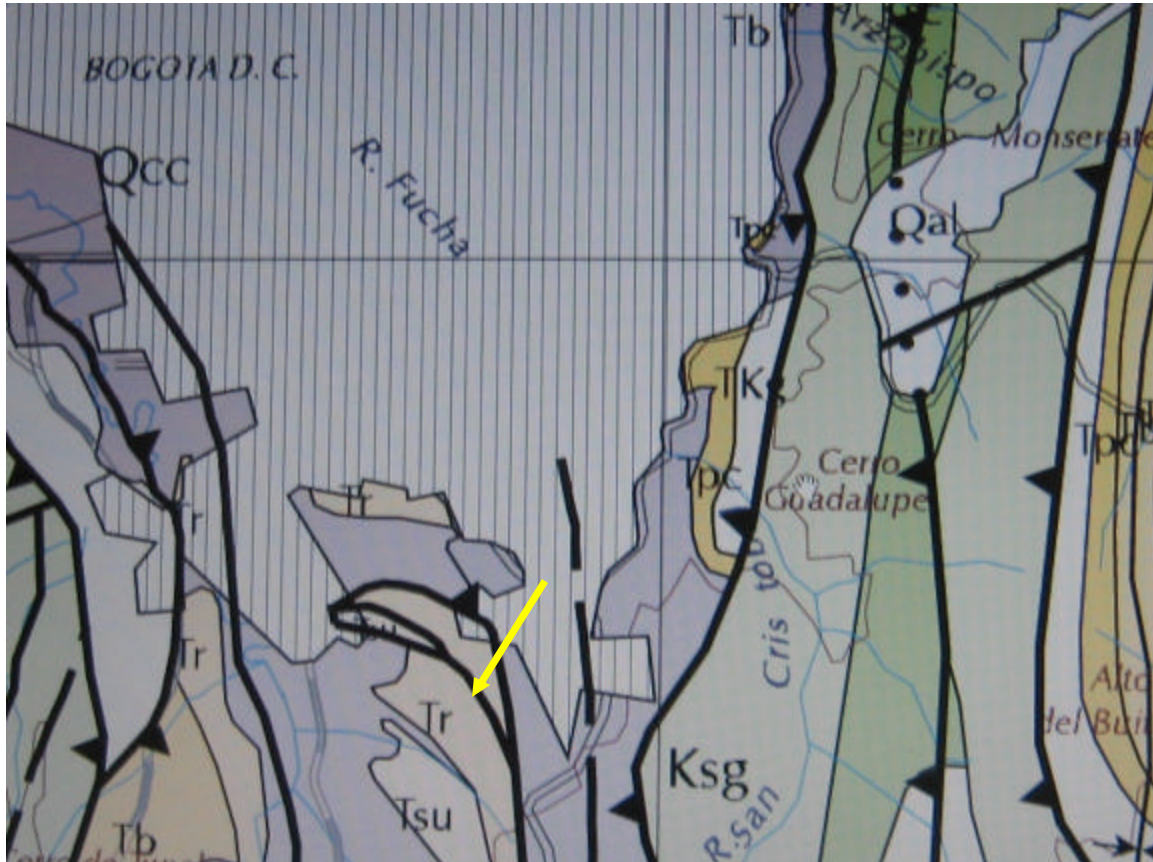
Formación Bogotá: En la parte superior aflora arcillolita abigarrada con esporádicas intercalaciones de arenisca feldespática, de grano medio a grueso. Hacia la base de la formación, se presenta alternancia de lodolitas rojizas y arenitas feldespáticas y líticas de grano medio a fino en capas muy gruesas.

4.2.2 Estructuras Geológicas

Las estructuras Geológicas regionales para el sur de la Sabana de Bogotá se pueden apreciar en las figuras Nos. 1 y 2. Se tratan de una serie de serranías rocosas, de tipo estructural, limitadas entre sí por fallas inversas, y de rumbos NS con ligeras flexuras al E y al W.

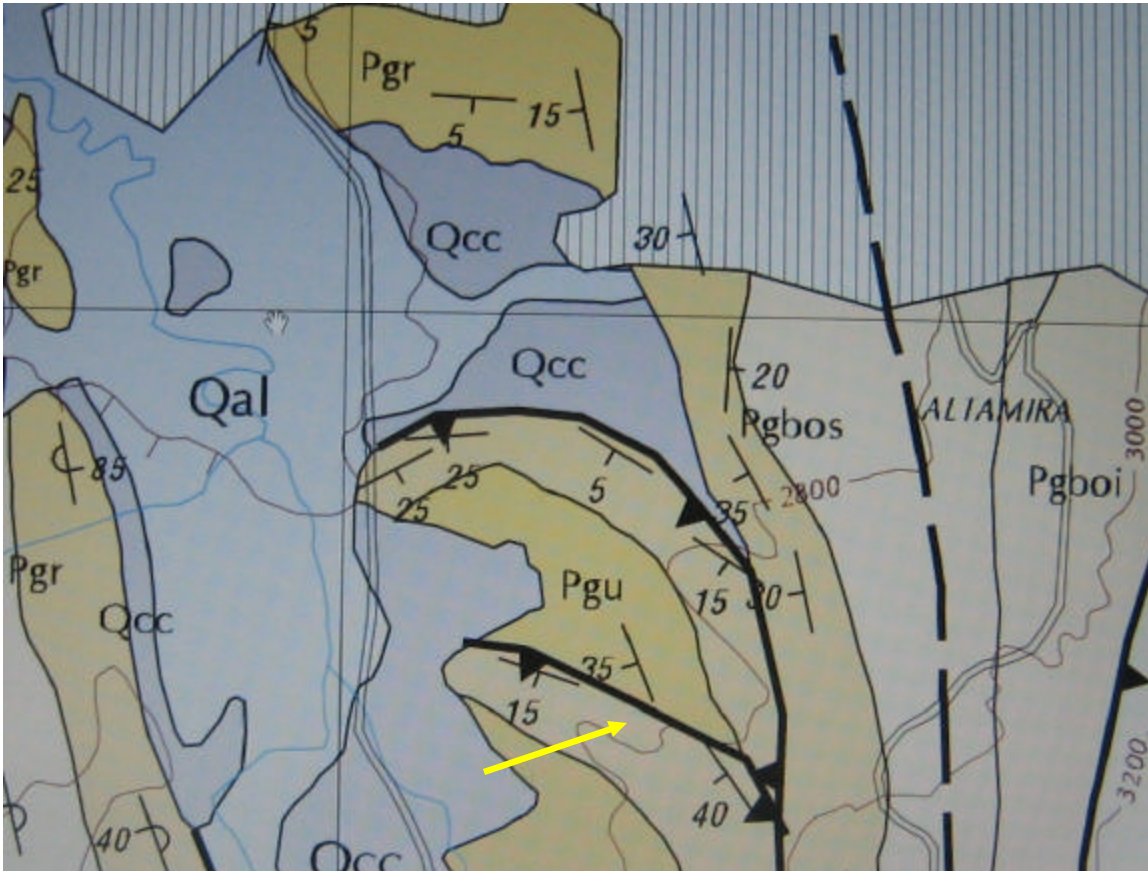
Según Ingeominas (1998 y 1999), se trata de un sistema imbricado de fallas inversas, que han provocado el levantamiento de esta parte de la cordillera a manera de “escamas” tectónicas que se traslapan de manera sucesiva de E a W. De acuerdo a esta interpretación no se identifica la presencia de pliegues.

Figura 4-1 Plancha 246, escala 1:100.000 de Ingeominas (1998).



Comprende el sur de la Sabana de Bogotá y el valle del Río Tunjuelo, al Oriente, los cerros de Guadalupe y Monserrate. Obsérvese el predominio de fracturas con orientación preferencial NS, y de tipo inverso. Con flecha de color amarillo se indica la localización aproximada del Barrio Fiscala.

Figura 4-2 Mapa Geológico de Cundinamarca, Ingeominas (1999).



Nótese la definición de fallas inversas con orientación arqueada y dirección promedio NW a NWW. Con flecha amarilla se indica la localización aproximada del sitio de interés.

En el sitio de interés se propone la presencia de una fractura inversa o de cabalgamiento con dirección NWW y buzamiento hacia el SWW. Esta situación en particular coincide con la interpretación geológica que se realizó en las fotografías aéreas de los vuelos 1132 y R667, Nos. 124 y 055, respectivamente, véase Figura 4-3 y

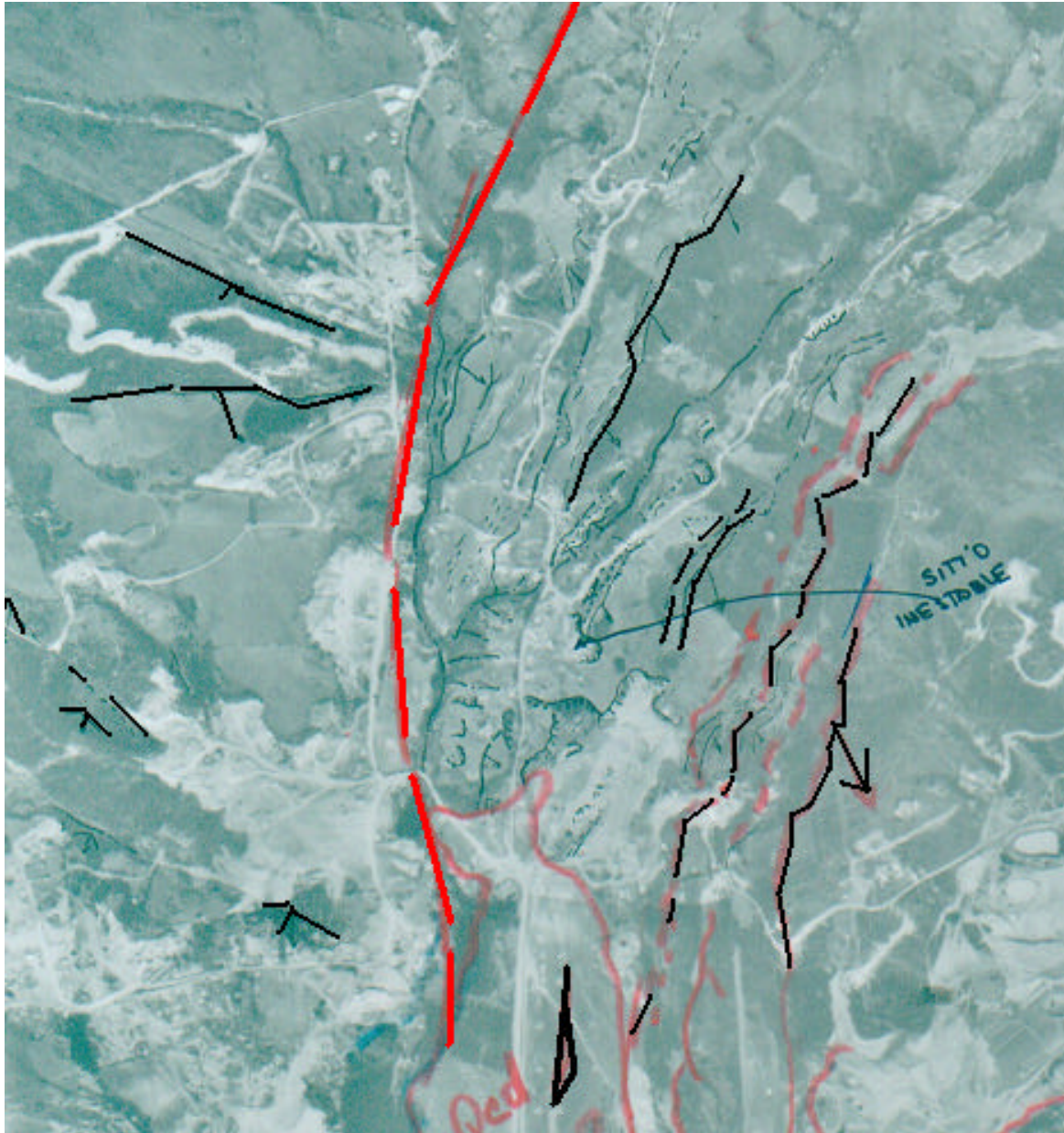
Figura 4-4.

El trazo de la falla es neto y muestra un definido contraste entre la orientación de las secuencias de la Formación Usme y Arenisca de la Regadera. El sitio inestable de interés se localiza a unos 300 metros del trazo de la fractura mencionada.

Figura 4-3. Fotografía aérea No 0124 del Vuelo C-1132



Figura 4-4. Fotografía aérea No 055 del Vuelo R-667



4.2.3 Geomorfología

El sitio de interés se localiza en la estribación y empalme de la Serranía de Juan Rey – Guacamayas con la Sabana de Bogotá. La mencionada serranía está compuesta por una serie de filos topográficos angostos y longilíneos, separados por valles angostos y generalmente cortos.

La Quebrada Fiscala cruza transversalmente a la Serranía de Juan Rey – Guacamayas, en un valle de fondo estrecho, y observándose una asimetría marcada en cada una de sus vertientes. Se aprecia un evidente truncamiento de los filos topográficos que se proyectan a cada lado del drenaje mencionado.

El sistema de drenaje es paralelo a lo largo del rumbo de secuencias de rocas sedimentarias, cortado o con afluentes transversales, que comunican un ordenamiento del drenaje de tipo rectangular corto.

Al acercarse al empalme con la superficie plana y baja de la Sabana de Bogotá se identifican remanentes a manera aterrazada de un cono de deyección que conformó la quebrada Fiscala, y que parcialmente la diseca, hasta establecer una serie de terrazas pareadas. Aguas abajo del sitio de estudio, el cono se muestra de una manera más amplia y con bordes escarpados.

Los procesos degradacionales naturales que se aprecian en los alrededores al sitio de interés son la erosión vertical y lateral en los fondos de los drenajes naturales. Esta situación es evidente ante la conformación de las geoformas escarpadas y aterrazadas que se aprecian a lo largo del drenaje principal, y en algunas corrientes menores.

Cabe recordar que el régimen de lluvias en esta región se caracteriza en precipitaciones anuales bajas, distribuidas en periodos cortos con lluvias intensas, en general de tipo torrencial.

Un proceso que ha afectado, modificado e intervenido de manera severa en todo el entorno es la actividad minera para materiales de construcción. Se observa una gran cantidad de canteras activas y otras abandonadas. Existen algunas que se laboran para la extracción de arena, otras de arcilla y algunas para bloques o “rajón”. La minería en la mayoría de los casos se realiza de manera indiscriminada y sin planeamientos mineros técnicos. Seguramente, uno de los principales efectos secundarios que han generado en los macizos rocosos corresponde a la sobre-fracturación de las masas rocosas.

4.3 GEOLOGIA LOCAL

El sitio de interés se localiza en la parte terminal de un extenso filo topográfico, por el costado sur (izquierdo) de la Quebrada La Fiscala. El sitio inestable se limita a un antiguo talud de corte producido en una cantera, hoy abandonada. El filo topográfico tiene orientación NW, y se prolonga hacia el SE en una longitud de unos 2 Km.

De acuerdo a la cartografía de Ingeominas (1998 y 1999), la prolongación de la Serranía hacia el sur está conformada por la Formación Regadera.

La vertiente derecha de la quebrada aparece conformada por la formación Usme, según Ingeominas (1998 y 1999). Esta parte se encuentra sin incidencia en el proceso de la inestabilidad de interés.

4.3.1 Estratigrafía

El sitio donde se identifica la inestabilidad se encuentra en uno de los filos rocosos que coincide con la presencia de un banco grueso de arenisca de la Formación Regadera.

Consiste de un banco (8 a 10 m) de arenisca cuarzosa, amarilla rojiza, de grano medio a grueso, con estratificación masiva en la parte superior a delgado, lenticular y truncado hacia la parte media del talud inestable, para de nuevo presentar una condición masiva, hasta de estratificación mediana, en la parte inferior. En la base de este “afloramiento”, y conformando el talud de corte de la vía que conduce hacia la parte alta del barrio, se presenta un banco (2 m) de arcillolita abigarrada, y blanda, de color gris claro, y de aspecto masivo a ligeramente laminar.

Las estructuras sedimentarias que se observan corresponden a estratificación cruzada, lenticular y truncada.

En la banca de la vía y en el talud inferior de la misma, se registran la presencia de bancos de arenisca similar a la descrita anteriormente.

La meteorización observada en la secuencia de arenisca se reduce a una ligera decoloración cerca a la superficie, y de tonos rojizos hacia profundidad. En el talud inestable, el color rojizo se extiende para toda la masa expuesta prácticamente. En los niveles de arcillolita, la roca expone un mayor desmejoramiento y disgregación del material rocoso. Se aprecia una delgada cubierta de roca fragmentada y fácilmente erosionable.

Figura 4-5 Esquema del frente de la cantera abandonada, hoy con inestabilidad.



4.3.2 Estructuras Geológicas

La estratificación corresponde al principal elemento estructural en la masa rocosa de interés, con orientaciones medidas de:

A la cima, por detrás del talud inestable : $210^{\circ}/40^{\circ}$

En el piso de la vía, al norte del talud inestable : $240^{\circ}/45^{\circ}$

En la cantera abandonada: $220^{\circ}/65^{\circ}$.

Es por lo tanto evidente la existencia de una flexuración de la secuencia, tanto en el rumbo, como en el buzamiento. Esta situación seguramente se encuentra afectada por la misma condición de las estructuras de la estratificación, y posiblemente como incidencia de la falla que se localiza a lo largo del canal de la Quebrada La Fiscala. En la parte alta y hacia el SE, la masa rocosa es de condición masiva con espaciamiento amplio entre los planos de estratificación. Se reduce el espaciamiento, hacia la parte media, donde además se hace evidente el truncamiento de la estratificación.

El diaclasamiento, no se pudo medir en detalle debido a las condiciones de alto riesgo que presenta el talud en cuestión. Este se encuentra totalmente agrietado con fracturas abiertas, y con desprendimientos recientes de bloques de roca.

En la parte alta del talud y dentro de la masa de arenisca masiva, recientemente se registró el desprendimiento de bloques de roca, generados por un movimiento en masa de

tipo planar en cuña. Ya hacia la parte media, donde la roca cambia a una condición de estratificación con espesores moderados.

Ante la socavación o erosión hídrica a que ha sido sometido el nivel de arcillolita, y a la conformación de un talud negativo por debajo del banco de arenisca, la masa rocosa ha generado una serie de fracturas abiertas, generadas por el esfuerzo distensivo, que se ha concentrado a esta parte de la masa rocosa. Estas fracturas se desarrollan a manera escalonada entre los diferentes planos de estratificación de la secuencia de arenisca.

4.4 GEOMORFOLOGÍA

El sitio inestable puede dividirse en tres segmentos o laderas. Dos involucrados dentro del talud de corte que aparece en la cantera abandonada, y uno tercero relacionado al talud de corte de la vía. Estos segmentos están controlados mediante la relación entre la composición litológica, y el espaciamiento de las discontinuidades dominantes.

El segmento o talud derecho de la cantera está compuesto por arenisca cuarzosa masiva, prácticamente sin intercalaciones de niveles de arcillolita. El proceso que predomina es la segregación de bloques rocosos controlados por discontinuidades, que producen cuñas de roca. La parte superior, presenta la mayor susceptibilidad, debido adicionalmente a su menor confinamiento y mayor desmejoramiento por meteorización y lixiviación.

El segmento o talud izquierdo de la cantera está compuesto por igual roca que en el caso anterior, pero aquí la secuencia presenta a los planos de estratificación mas angostos y truncados. El tamaño de los bloques o fragmentos de roca, son de menor tamaño. Se observan algunos desprendimientos hacia la parte superior del talud, relacionado a la alta pendiente y a una mayor meteorización.

El tercer segmento se relaciona al talud de corte de la vía de acceso, a la parte superior del barrio. En este sitio la orientación de la estratificación es favorable a la estabilidad. No obstante, hacia la base del talud, aflora un nivel de arcillolita abigarrada, blanda que ha sido socavada, hasta producir un talud negativo y la pérdida de soporte a la secuencia de arenisca que se localiza topográficamente por encima. Por encima del nivel de arcillolita, y afectando a la arenisca se identifican una serie de grietas de distensión, las cuales afectan un bloque de roca de unos 4 m de altura y hasta unos 2.5 de profundidad. Es posible que al desprenderse el bloque que se encuentra mas relajado, seguramente puede propagarse la misma condición hacia la parte superior de la masa rocosa.

4.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

Se obtuvo información básica de discontinuidades principales medidas en campo teniendo en cuenta que debido a las condiciones del macizo una investigación detallada implicaba alto riesgo para el geólogo.

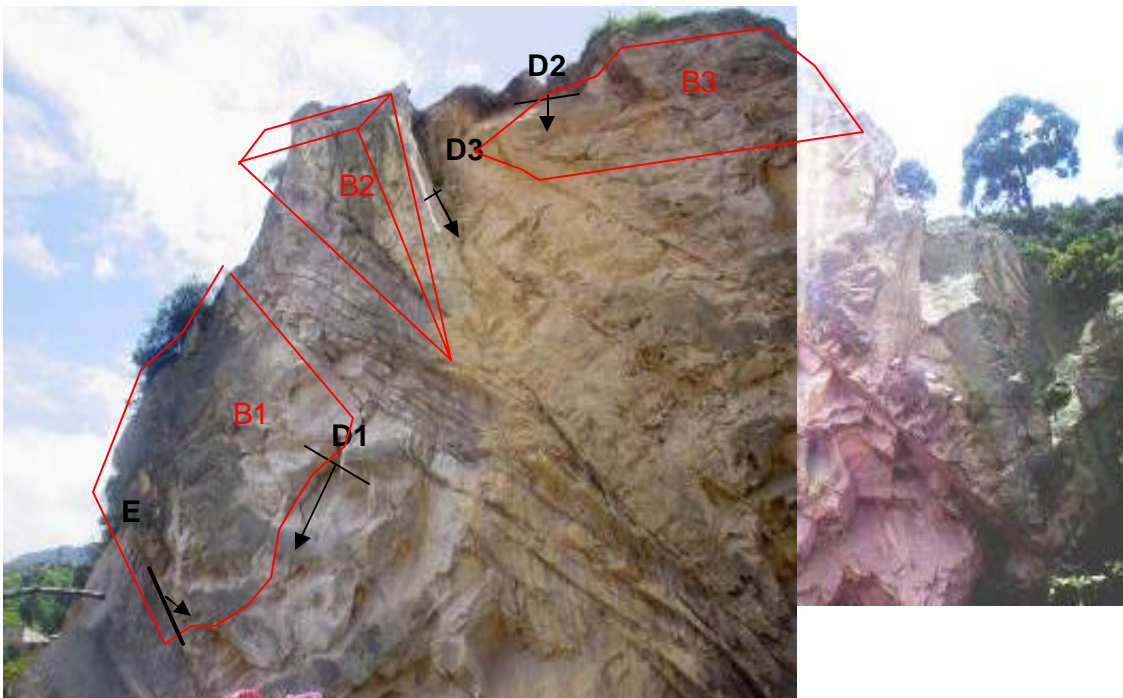
Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla e identificados en el plano de Geología Local:

Tabla 4-1 Discontinuidades identificadas

Plano No.	Az. buzamiento ? d	Buzamiento ? d
E	235	50
D1	3	70
D2	340	60
D3	254	80

En la siguiente secuencia fotográfica se identifican las discontinuidades anteriores:

Figura 4-6 Discontinuidades



En la figura se identifican tres bloques principales inestables y su mecanismo de inestabilidad: Bloque 1 por una discontinuidad casi vertical con negativo en la parte inferior sobre la estratificación con potencial de la discontinuidad en volcamiento, Bloque 2 en mecanismo de falla en cuña conformado por la D3 y E y bloque 3 en falla planar. Las intersecciones de estas discontinuidades se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4-2 Intersecciones de discontinuidades

Plano No.	Az. Buzamiento α	Buzamiento α
D1D2	303	54
D1D3	326	58
D1E	288	35
D2D3	326	59
D2E	280	40
D3E	168	26

4.6 ASPECTOS DE HIDROGEOLOGÍA

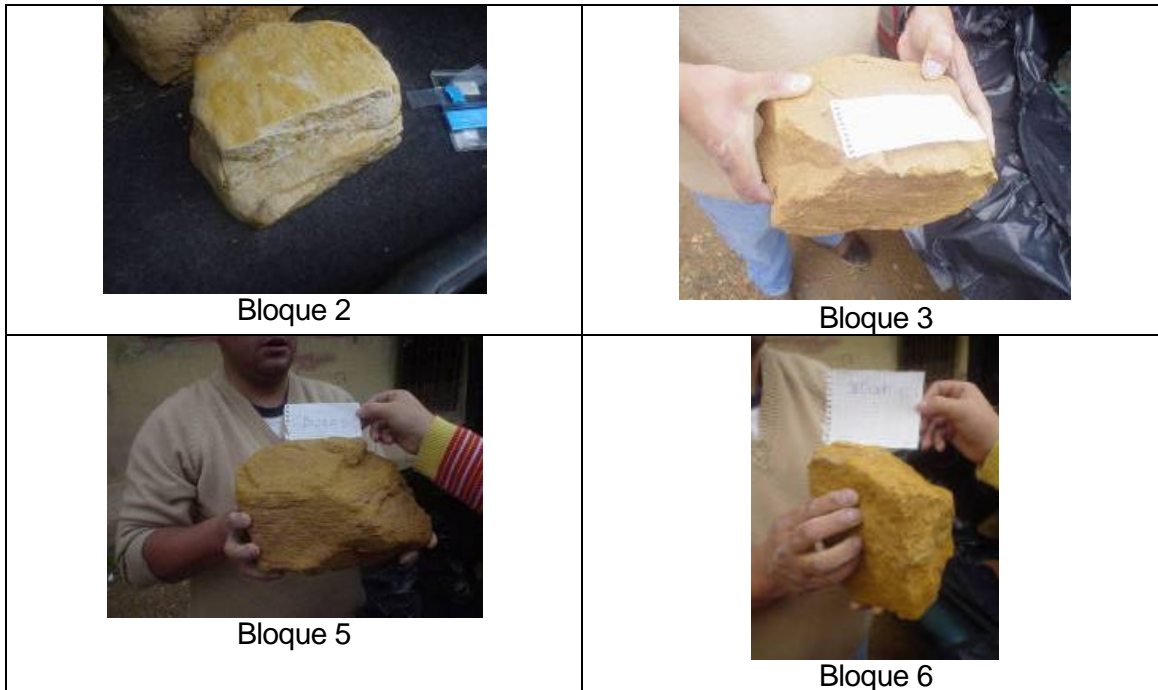
La zona corresponde a la parte media y alta de la ladera, en donde los cortes viales y de extracción controlan la línea de agua existente. Las discontinuidades rellenadas preferentemente por arcillas se llenan rápidamente por el agua generando sobrepresiones que ayudan a movilizar los bloques. Este proceso es rápido pero acumulativo, favorecido por los negativos y las condiciones de fracturamiento del macizo. Igual manera el estrato impermeable que es la arcillolita se encuentra como unidad inferior y el estrato permeable como unidad superior, favoreciendo la infiltración y llegando hasta el contacto entre estas dos unidades favoreciendo el reblandecimiento de los bloques y su posterior movilización. Hacia las zonas de la arcillolita y en partes blandas de la arenisca, por la facilidad de reblandecimiento el agua de escorrentía superficial lava y genera flujos superficiales.

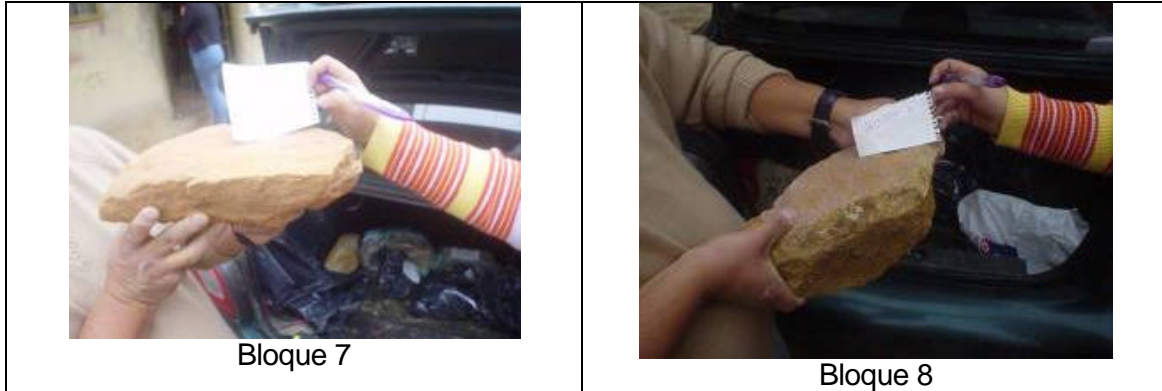
5 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO

5.1 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIALES

Teniendo en cuenta que la estratigrafía y condiciones de los materiales era clara y fácilmente interpretada no se realizó exploración. Entendiendo que el principal mecanismo de falla obedece a pérdida de resistencia del contacto entre discontinuidades, fue necesario interpretar los parámetros con el fin de evaluar los factores de seguridad de estos mecanismos. Para ello se obtuvieron muestras de bloque – bloque y muestra de bloque solamente, los cuales fueron tallados en laboratorio y posteriormente fallados sobre el contacto de bloque – bloque y/o sobre una superficie previamente definida y saturada con un tiempo no menor a 1 hora. Se enviaron 6 muestras de bloques al laboratorio para la elaboración de 3 cortes directos en discontinuidad (se envía un número mayor de muestras debido a daños por la elaboración de las briquetas). En la siguiente figura se presentan las muestras de bloque obtenidas:

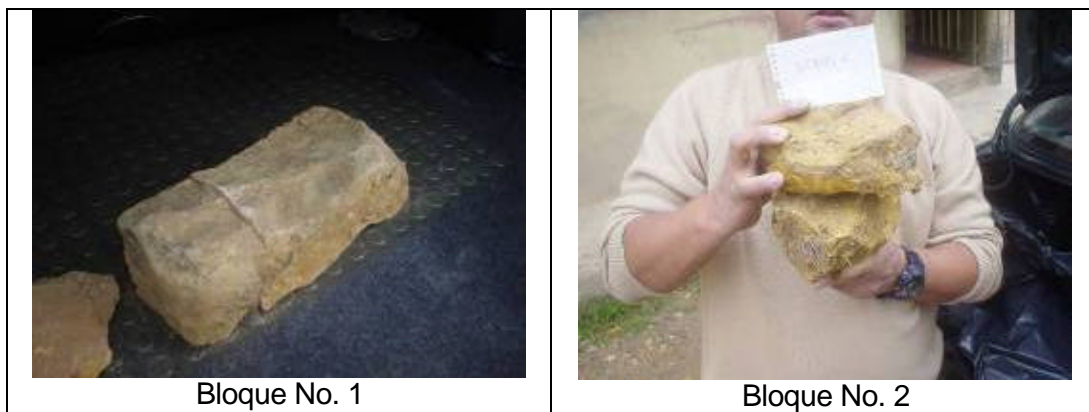
Figura 5-1 Muestras de bloque para corte directo





Igualmente, se realizaron dos ensayos de bloque deslizante en el No. 1 y No. 2, bloques los cuales son mostrados en la siguiente figura:

Figura 5-2 Bloques deslizantes



5.2 PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE RESISTENCIA

5.2.1 Resistencia al corte de discontinuidades Estudios de referencia

Con el fin de consolidar parámetros adicionales en discontinuidades se obtuvo valores de diferentes estudios elaborados por los consultores para diferentes entidades en estudios de riesgo para la DPAE misma, Secretaría de Educación del Distrito y entidades privadas en la misma Formación y en condiciones similares del macizo rocoso.

A continuación se resumen los datos encontrados en estos estudios:

Tabla 5-1 Ensayos de corte directo de estudios

TIPO	Bloque deslizante		PICO		ESTUDIO
	f° Prom	sf°	c _{min} (t/m ²)	f°	
Corte Directo			1.7	25	Estudio de Riesgo para el CED Granjas de San Pablo. Secretaría de Educación del Distrito. Noviembre de 2006. Germán D. Tapia M.
Bloque deslizante	39.88	9.08			
Corte Directo			0.6	33.7	Estudio de riesgo por FRM Barrio Gibraltar. Consorcio IGR.DPAE. Febrero 2006.
Corte Directo			0.1	13.7	
Corte Directo			2.2	31.1	
Corte Directo			0.2	17.1	

5.2.2 Resistencia al corte de discontinuidades

Se realizaron tres ensayos de corte directo en discontinuidad. Inicialmente en dos de los bloques fue necesario predefinir la superficie de falla, para posteriormente sobre los bloques fallados, desarrollar nuevamente la falla en esta superficie precortada. Los valores de ángulo de fricción altos obedecen a la situación de precortado de la muestra de bloque. Los resultados de laboratorio son presentados en el ANEXO 2. En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos:

Tabla 5-2 Parámetros geomecánicos de corte directo en discontinuidad

BLOQUE	Condición	f	c (kg/cm ²)
BLOQUE 2	Residual	28.5	0.23
	Pico	30.3	0.43
	Residual 2	25.1	0.17
	Pico 2	28.0	0.21
BLOQUE 3	Residual	61.4	0.00
	Pico	66.2	0.67
	Residual 2	34.5	0.00
	Pico 2	36.4	0.10
BLOQUE 5	Residual	47.9	0.00
	Pico	49.3	0.63
	Residual 2	29.8	0.00
	Pico 2	33.7	0.10
BLOQUE 7	Residual	61.3	0.19
	Pico	64.6	0.75
	Pico 2	34.9	0.00
	Residual 2	39.3	0.05

5.2.3 Bloque deslizante

Los resultados de bloque deslizantes sobre las muestras se presentan en la siguiente tabla:

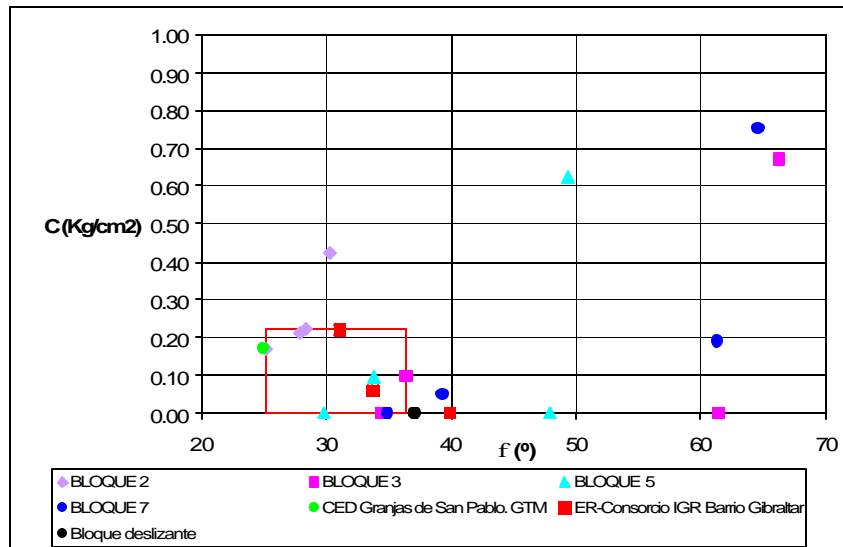
Tabla 5-3 Resultados de bloque deslizando

Muestra	Bloque 1	Bloque 4
Área aproximada	86.75	45.12
Peso bloque superior	1484.6	945.1
Peso bloque inferior	1385.3	1073.9
Lectura (m)	Ángulo (°)	Ángulo (°)
1	48	38
2	49	38
3	45	36
4	49	35
5	47	37
6	45	37
7	47	37
8	45	36
9	43	35
10	43	37
Promedio	46	37
Desv. Estandar	2.2	1.1

5.2.4 Resumen de parámetros geomecánicos de discontinuidad

Los resultados totales se presentan en la siguiente figura con la tendencia asumida para el modelo:

Figura 5-3 Datos de parámetro geomecánicos en discontinuidad



5.3 ANÁLISIS CINEMÁTICO

En este análisis se evalúan los modos probables de falla (planar, volteo y en cuña) para el conjunto de taludes en los que se expresa el macizo rocoso, contrastándolos con los posibles planos de movilización detectados en el levantamiento estructural. La evaluación persigue dilucidar acerca de los modos que sean probables y detectar los planos involucrados en dichos modos.

El análisis debe llevarse finalmente en amenaza a identificar la distancia de viaje probable del bloque crítico. El análisis permite apoyar el manejo de la amenaza y su valor de probabilidad dentro del área de trabajo.

5.3.1 Taludes de estudio

Se identificó una zona probable de caída de bloque. Para esta zona se ubicaron taludes típicos que representaran la posibilidad de caída de bloques dentro del análisis. En la Figura siguiente se presenta la ubicación de los taludes típicos. Para el análisis posterior de caída de bloques se seleccionó la sección 2 trazadas en el plano geológico.

En la tabla siguiente se presentan los datos de los taludes determinados para la zona.

Tabla 5-4 Taludes de estudio

TALUD	ORIENTACIÓN TALUD	
	a	b
1	241	73
2	301	74
3	13	57
4	311	70
5	11	86
6	354	88
7	354	84
8	286	83
9	343	85
10	22	86
11	105	60
12	326	84
13	42	55
14	7	70
15	348	75
16	70	42

5.3.2 Posibilidad cinemática

Una vez se han definido las familias de discontinuidades y las intersecciones de discontinuidades en el capítulo de geología y los taludes de estudio se puede proceder a la realización del análisis cinemático, cálculo presentando en el ANEXO 3.

En este análisis se evidencia que bajo las condiciones geométricas mencionadas para los taludes y consecuentemente con las disposiciones de las diaclasas, ocurren mecanismos de falla tipo cuña y planar en los diferentes taludes. La condición de volcamiento no se presenta. Para este análisis se consideró un ángulo de fricción igual a 15° , conservador para el análisis.

Figura 5-4 Localización de taludes

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
 TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
 LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
 SITIO No. 1: LA FISCALA

En la tabla siguiente se presenta los resultados obtenidos:

Tabla 5-5 Resumen de taludes y tipos de falla posibles

TALUD	ORIENTACIÓN TALUD		MOVIMIENTO									
	a	b	PLANAR		CUÑA					VOLCAMIENTO		
			Plano	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano	
1	241	73										
2	301	74			D1D2	D1E						
3	13	57										
4	311	70			D1D2		D1D3		D2D3			
5	11	86	D1	D2								
6	354	88	D1	D2								
7	354	84	D1	D2								
8	286	83			D1D2	D1E		D2E				
9	343	85	D1	D2	D1D2		D1D3					
10	22	86	D1									
11	105	60										
12	326	84		D2			D1D3		D2D3			
13	42	55										
14	7	70		D2								
15	348	75	D1	D2								
16	70	42										

6 AMENAZA

6.1 INTRODUCCIÓN

La amenaza se debe entender como la probabilidad de que ocurra la falla para cualquier mecanismo en un determinado lapso de tiempo. Esta amenaza se relaciona con el sitio puntual de donde se desprenden los materiales, en la caída de bloques. No obstante, es innegable que por efectos gravitatorios las masas deslizadas pueden avanzar y eventualmente comprometer áreas adicionales. En este capítulo se abordan ambos tópicos: por una parte, la probabilidad de falla de los materiales y por otra, la probabilidad de que ellos avancen. La conjugación de estos dos elementos permite la definición de franjas de amenaza graduales semi-paralelas a los taludes (hacia arriba y hacia abajo) que tienen que ver con las distancias de viaje, eventos retrogresivos o afectación de terrenos de los taludes que involucran los materiales y su resistencia.

Así pues, la primera etapa para taludes en roca consiste en definir desde el punto de vista cinemático su posibilidad de evento como falla planar, cuña o volcamiento frente a cada uno de los taludes existentes a lo largo del macizo rocoso y donde existe la posibilidad de este fenómeno, esto definido anteriormente. La segunda etapa consiste en definir por mecanismo de falla, la curva de probabilidad de colapso que es función del factor de seguridad, FS para las combinaciones de variables aleatorias extremas como son: parámetros geomecánicos (c y ϕ) e influencia de los sismos y las lluvias (Rosenblueth, 1975 y Hart, 1987) dentro de la probabilidad total.

La tercera etapa consiste en la definición de las distancias de viaje: como funciones de probabilidad a partir de eventos aleatorios en roca.

6.2 Variables aleatorias: límites

Se consideran como variables aleatorias o fuentes de incertidumbre: la cohesión, el ángulo de fricción, el grado de reblandecimiento de los materiales (relacionado con la lluvia) o la presencia de presiones de agua y la aceleración sísmica. Las tres primeras, denominadas endógenas, se estimaron para cada material y la última, entendida como evento condicionante o exógeno, recibió tratamiento basado en la Microzonificación Sísmica de Bogotá. Todos los demás parámetros se suponen conocidos y con muy baja variabilidad, es decir, determinísticos. La incorporación de los agentes disparadores de los procesos de inestabilidad en los modelos de análisis se concentrará en este numeral exclusivamente a la acción de la lluvia y el sismo y no a agentes antrópicos u otros.

Los parámetros de resistencia son producto de la caracterización geomecánica expuesta en el capítulo anterior, la aceleración horizontal del terreno en caso de sismo se tiene en 0.24g, correspondiente a la Zona I, Cerros. Para el análisis de discontinuidad se tuvo en cuenta un nivel del 50% la altura de la discontinuidad para condiciones extremas de agua. En la se resumen los valores extremos de los parámetros utilizados: c_{\min} , c_{\max} , ϕ_{\min} , ϕ_{\max} , para los diferentes materiales involucrados en los modelos de análisis.

Tabla 6-1 Valores extremos de las variables aleatorias

MATERIAL	c_{\max} (t/m²)	$\phi_{(\max)}$	c_{\min} (t/m²)	$\phi_{(\min)}$
Discontinuidad	2.30	36	0.000	25

6.3 ANÁLISIS DE FACTORES DE SEGURIDAD

La evaluación de estabilidad se efectúa para el talud rocoso y para los mecanismos mencionados anteriormente. Para el talud en suelo se modeló de acuerdo a los métodos de equilibrio límite.

De acuerdo con los resultados del análisis cinemático, son factibles fallas de tipo planar y cuña en la zona de estudio. Los párrafos siguientes se destinan a una breve descripción de dichos tipos de falla que se presentan en el sitio.

6.3.1 Mecanismo de falla en cuña

Los factores de seguridad se obtienen mediante el empleo de una hoja de cálculo que sistematiza la expresión propuesta por Low (1996) cuyo desarrollo matemático se muestra en el ANEXO 4. Low parte de la geometría de la cuña, las consideraciones mecánicas de cada discontinuidad y el manejo del parámetro de agua. Las consideraciones de sismo no descritas en el artículo fueron resueltas por el consultor de acuerdo a la definición del problema y las consideraciones dadas en el artículo.

El desarrollar esta programación facilita al consultor el control de datos y el análisis del problema, así como la validación de todas las cuñas generadas en un tiempo prudencial de análisis.

De los taludes y planos de falla en cuña se calcularon los ángulos necesarios para el modelo planteado por Low. Las cuñas formadas y sus ángulos propuestos para el modelo de Low se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 6-2 Ángulos medidos Modelo de Low

PLANO	TALUD	1	2	? ₁ ?	? ₂ ?	Esquema
D1D2	T9	20	3	70	60	
D1E	T8	62	66	70	50	
D1D3	T9	20	89	70	80	
D2E	T8	54	51	60	50	
D2D3	T12	14	72	60	80	

Se utilizó como altura de la cuña para la zona de 5,0 m de escarpe de arenisca. Se utilizó una altura de agua del 50% de la altura total de la cuña.

Tabla 6-3 Factores de seguridad por cuña

VALORES PARA EL FS D1D2T9	CON AGUA		SIN AGUA	
	CON SISMO	SIN SISMO	CON SISMO	SIN SISMO
Cmin - ϕ min	0.00	0.00	0.10	0.27
Cmin - ϕ max	0.00	0.00	0.15	0.42
Cmax - ϕ min	0.00	0.00	1.73	1.91
Cmax - ϕ max	0.00	0.00	1.78	2.06
VALORES PARA EL FS D1E7T8	CON AGUA		SIN AGUA	
	CON SISMO	SIN SISMO	CON SISMO	SIN SISMO
Cmin - ϕ min	0.00	0.00	0.39	0.86
Cmin - ϕ max	0.00	0.00	0.61	1.34
Cmax - ϕ min	0.00	0.00	5.37	5.84
Cmax - ϕ max	0.00	0.00	5.59	6.32
VALORES PARA EL FS D1D3T9	CON AGUA		SIN AGUA	
	CON SISMO	SIN SISMO	CON SISMO	SIN SISMO
Cmin - ϕ min	0.00	0.00	0.08	0.35
Cmin - ϕ max	0.00	0.00	0.12	0.55
Cmax - ϕ min	0.00	0.00	3.09	3.36
Cmax - ϕ max	0.00	0.00	3.13	3.56
VALORES PARA EL FS D2E7T8	CON AGUA		SIN AGUA	
	CON SISMO	SIN SISMO	CON SISMO	SIN SISMO
Cmin - ϕ min	0.00	0.00	0.38	0.72
Cmin - ϕ max	0.00	0.00	0.59	1.11
Cmax - ϕ min	0.00	0.00	3.86	4.19
Cmax - ϕ max	0.00	0.00	4.07	4.59
VALORES PARA EL FS D2D3T12	CON AGUA		SIN AGUA	
	CON SISMO	SIN SISMO	CON SISMO	SIN SISMO
Cmin - ϕ min	0.00	0.00	0.12	0.32
Cmin - ϕ max	0.00	0.00	0.19	0.50
Cmax - ϕ min	0.00	0.00	2.23	2.43
Cmax - ϕ max	0.00	0.00	2.30	2.61

Tal y como se observa, y utilizando las propiedades mencionadas anteriormente el potencial de falla en cuña es evidente para D2E y D1E situación corroborada en campo. Los valores en cero obedecen a que de acuerdo al modelo de Low y Hoek la cuña “flota” o es decir que la fuerza de agua con sismo o sin sismo o el sismo solo levantan la cuña y la mandan hacia abajo. Desde el punto de vista mecánico el valor del FS se debe considerar como inestable y no como un valor absoluto.

6.3.2 Mecanismo de falla planar

Los factores de seguridad se obtienen mediante el empleo de una hoja de cálculo que sistematiza la expresión propuesta por Hoek y Bray (1981).

La altura utilizada de generación de bloques fue de 3.0 m. La altura de agua utilizada fue de 1.5 m, es decir el 50% de la altura del bloque de falla probable. Con el fin de obtener valores coherentes a lo observado fue necesario aumentar los valores de cohesión

mínimos a 4.3 t/m² y el valor máximo a 7.5 t/m². En la tabla siguiente se presenta el resumen de factores de seguridad obtenidos.

Tabla 6-4 Factor de seguridad por falla planar

CONDICION				PLANO - TALUD			
Fricción	Cohesion (T/m2)	Lluvia	Sismo	D1T6	D1T15	D2T6	D2T14
fmax	cmax	Sin	Sin	1.91	8.24	2.19	6.89
fmin	cmax	Sin	Sin	1.81	8.14	2.04	6.73
fmax	cmin	Sin	Sin	1.21	4.84	1.44	4.13
fmin	cmin	Sin	Sin	1.11	4.74	1.28	3.98
fmax	cmax	Sin	Con	1.59	7.41	1.77	5.89
fmin	cmax	Sin	Con	1.56	7.38	1.69	5.81
fmax	cmin	Sin	Con	0.95	4.29	1.11	3.47
fmin	cmin	Sin	Con	0.92	4.26	1.03	3.39
fmax	cmax	Con	Sin	1.06	4.84	1.35	4.61
fmin	cmax	Con	Sin	1.16	5.13	1.37	4.74
fmax	cmin	Con	Sin	0.50	2.42	0.76	2.50
fmin	cmin	Con	Sin	0.59	2.72	0.77	2.62
fmax	cmax	Con	Con	0.86	4.44	1.09	4.05
fmin	cmax	Con	Con	1.00	4.76	1.15	4.20
fmax	cmin	Con	Con	0.33	2.17	0.56	2.14
fmin	cmin	Con	Con	0.47	2.49	0.62	2.29

En el ANEXO 5 se presenta la memoria de cálculo. Como se puede observar existe potencial de inestabilidad para condiciones actuales, es decir sin sismo y sin lluvia para el talud 6 con las discontinuidades D1 y D2. Los demás taludes permanecen estables aun con condiciones con sismo y lluvia.

6.4 PROBABILIDAD DE FALLA TOTAL

La amenaza, entendida como la probabilidad de excedencia de un parámetro específico durante un tiempo de exposición determinado, puede describirse en el caso de fenómenos de remoción en masa, mediante la evaluación del Factor de Seguridad *FS* como parámetro específico de estabilidad (Sánchez, 2000). Pero para estimar la probabilidad de falla es necesario conocer la distribución estadística del factor de seguridad (González, 2001). La solución a la relación existente entre estas dos variables y la obtención de las mismas, se plantea aquí siguiendo los lineamientos metodológicos de los Estimativos Puntuales, PEM (Rosenblueth, 1975 y Hart, 1987). Por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia de un evento particular (*FRM*) se evalúa en términos de sus eventos condicionantes a través de la ley de probabilidades totales, en donde la probabilidad de ocurrencia de un FRM está definida por la siguiente ecuación:

$$P^D = P^D/LS \cdot P^L/LS + P^D/L\bar{S} \cdot P^L/\bar{L}\bar{S} + P^D/L\bar{S} \cdot P^L/\bar{L}S + P^D/L\bar{S} \cdot P^L/\bar{L}\bar{S}$$

Dicha probabilidad, como lo expresan sus términos, es función de las probabilidades condicionales de que se presente el FRM para todas las posibles combinaciones de lluvia y sismo, así:

$p^{\{D\}}$: Es la probabilidad de ocurrencia de un FRM.

$P^{\{D/LS\}}$: Es la probabilidad condicional de que tenga lugar el FRM dado que haya lluvia y sismo.

$p^{\{LS\}}$: Es la probabilidad de que se presenten la lluvia y el sismo simultáneamente.

$P^{\{D/L\bar{S}\}}$: Es la probabilidad condicional de que se genere el FRM dado que haya lluvia y no se presente sismo.

$p^{\{L\bar{S}\}}$: Es la probabilidad de que haya lluvia y no se produzca sismo.

$P^{\{D/L\bar{S}\}}$: Es la probabilidad condicional de que ocurra el FRM dado que se presente el sismo y que no haya lluvia.

$p^{\{\bar{L}S\}}$: Es la probabilidad de que se presente sismo, pero no lluvia.

$P^{\{D/\bar{L}S\}}$: Es la probabilidad condicional de ocurra el FRM dado que no haya lluvia ni sismo.

$p^{\{\bar{L}\bar{S}\}}$: Es la probabilidad de que no se presenten ni el sismo ni la lluvia.

El PEM permite, conocidas las distribuciones estadísticas de los n parámetros que intervienen en el problema combinados en un algoritmo que resulta en un factor de seguridad, obtener el promedio y la desviación estándar de dicho FS y por ende, la probabilidad condicional.

Bajo el marco teórico expuesto, la evaluación de amenaza requiere entonces como insumos: los mecanismos de falla; en este sentido, se recurre a los tratados en el numeral anterior y a la probabilidad de las variables involucradas como sismo y lluvia tratado también anteriormente. Estos elementos, coligados con los resultados del análisis de estabilidad para las distintas combinaciones permiten determinar las curvas de probabilidad de falla para cada uno de los taludes en estudio.

La probabilidad de falla de los distintos mecanismos, se obtiene mediante el cálculo del factor de seguridad para las 16 diferentes combinaciones de variables extremas y su ajuste a funciones de probabilidad Normal y/o Weibull.

Finalmente, la probabilidad de ocurrencia y de no ocurrencia de todas las combinaciones de sismo y lluvia críticos se calculó con base en su periodo de retorno (T) únicamente y teniendo en cuenta escenarios, el actual (un año) y a corto, mediano plazo y largo plazosegún las expresiones que aparecen a continuación.

$$P^{\{D\}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

$$P^{\{\bar{D}\}} = 1 - P^{\{D\}}$$

donde:

$P^{\{D\}}$ = probabilidad de ocurrencia del evento crítico

$P^{\{\bar{D}\}}$ = probabilidad de no ocurrencia del evento crítico

T = período de retorno

n = período de análisis

Finalmente, para cada mecanismo de falla se calculó la probabilidad total para la condición más desfavorable, resultados que se presentan en el ANEXO 6.

Los niveles de amenaza se definen de acuerdo al siguiente rango dado por la DPAE para estudios de amenaza:

- ? Amenaza baja: probabilidad de falla entre 0.01 y 0.12
- ? Amenaza media: Probabilidad de falla entre 0.12 y 0.40
- ? Amenaza alta: Probabilidad de falla entre 0.40 y 1.00

Finalmente, para cada mecanismo de falla se tienen los siguientes valores de probabilidad:

Tabla 6-5 Probabilidad de falla en roca mecanismo planar

SECCION		pf: 1 año	pf: 10 años	pf: 25 años	pf: 50 años	pf: 1 año	pf: 10 años	pf: 25 años	pf: 50 años
PLANO-TALUD	D1T6	0.098	0.281	0.489	0.661	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTA
	D1T15	0.001	0.004	0.007	0.010	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA
	D2T6	0.041	0.158	0.302	0.426	BAJA	MEDIA	MEDIA	MEDIA
	D2T14	0.001	0.003	0.005	0.006	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA

Tabla 6-6 Probabilidad de falla en roca mecanismo en cuña

	pd: 1 año	pd: 10 años	pd: 25 años	pd: 50 años	AM: 1 año	AM: 10 años	AM: 25 años	AM: 50 años
D1D2T9	0.602	0.715	0.836	0.935	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
D1ET8	0.179	0.409	0.658	0.864	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA
D1D3T9	0.440	0.599	0.770	0.909	MEDIA	ALTA	ALTA	ALTA
D2ET8	0.226	0.444	0.680	0.873	MEDIA	ALTA	ALTA	ALTA
D2D3T12	0.516	0.653	0.801	0.921	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA

Como se puede observar en general el modelo tiene un comportamiento de amenaza media a alta y solo en dos condiciones de falla planar el modelo tiene amenaza baja. El modelo más crítico por falla planar con Pf de 0.66 a 50 años. Para falla en cuña el valor de Pf oscila entre 0.86 a 0.93 en 50 años con condiciones de amenaza entre media y alta. La probabilidad real puede estar entre 0.426 a 0.85.

6.5 DISTANCIA DE VIAJE

El evento de caída de bloques se presenta a lo largo de una sección de talud delimitados y mostrados en el Plano de Geología donde existe la presencia de arenisca y como se mencionó arriba, mediante mecanismos de falla planar y en cuña. Indistintamente del mecanismo, los bloques caen y recorren alguna distancia antes de detenerse: convierten su energía potencial en energía cinética y ésta se va disipando en el recorrido.

Con el fin de identificar el alcance de los bloques inestables en la caída se hace necesario: 1. Conocer las dimensiones del bloque; 2. Establecer la topografía del terreno en la trayectoria; 3. Establecer las posibles condiciones de caída y 4. Emplear un simulador aleatorio de trayectorias pues es éste el tipo de comportamiento de este tipo de eventos.

En lo que se refiere al primer aspecto, de acuerdo con las observaciones de campo, los bloques caídos son de diferentes dimensiones pero predominan los bloques alargados (dos dimensiones mayores a la tercera) geometría que se relaciona con la separación y la persistencia de las discontinuidades. El análisis con este tipo de bloques brinda datos conservadores para el análisis y por ello con el fin de considerar la situación más crítica se puede figurar mediante bloques esferoidales que de acuerdo a la evaluación en campo pueden darse del orden de 1.00 m de diámetro. Su masa es de 1309 kg.

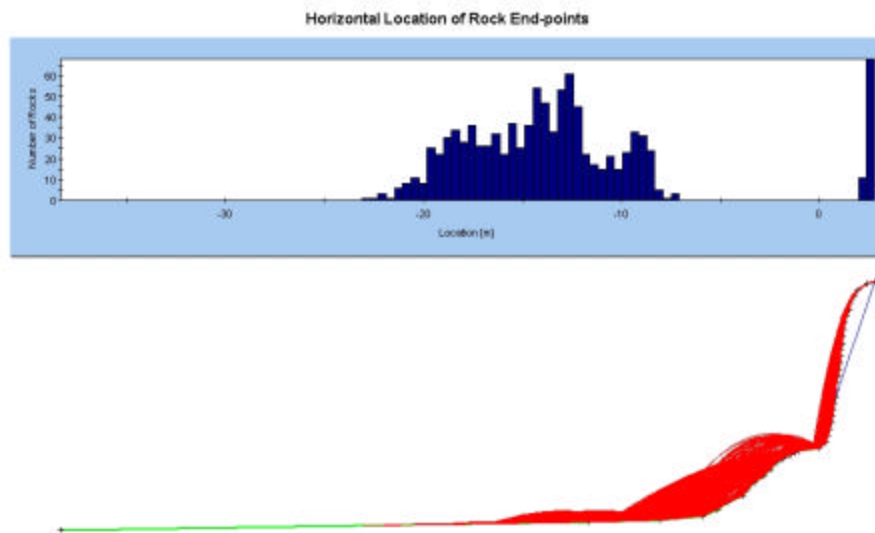
Este diámetro de bloque y su forma (esférica) es la más crítica generando mayores distancias y valores de velocidad y energía cinética, es decir se considera bloque crítico.

Con respecto a la topografía del terreno se utilizo la sección identificada como 1.

El tercer asunto, las condiciones de caída, pueden ser por caída libre o mediante la acción de un agente externo como un sismo, lo que se puede representar con una velocidad inicial, cálculo que se presente adelante. Finalmente, como simulador se utiliza el programa de computador ROCKFALL de RockSciences que permite el ingreso de las dimensiones, la topografía que se simula por medio de coeficientes de rugosidad normal y tangencial, así como diferentes condiciones iniciales de velocidad. Como resultado se obtienen la distancia máxima alcanzada por el bloque, su velocidad y energía cinética en el trayecto.

No obstante, con el fin de que el análisis sea representativo, se hizo un tratamiento estadístico de varios bloques cayendo aleatoriamente desde la corona del talud y/o desde alguna zona dada de la sección, se combinaron dos condiciones iniciales de velocidad, nula y de 1.53 m/s que corresponde a sismo y un bloque de 1.0m.

Figura 6-1 Sección 1- 1 geotécnica –Generación de caída de bloques (1.00 m de diámetro)



La velocidad de 1.54 m/s se deduce de acuerdo a la ecuación de movimiento uniformemente acelerado:

$$a = \frac{V^2 - V_0^2}{2X}$$

Donde:

X: Desplazamiento

V: Velocidad final

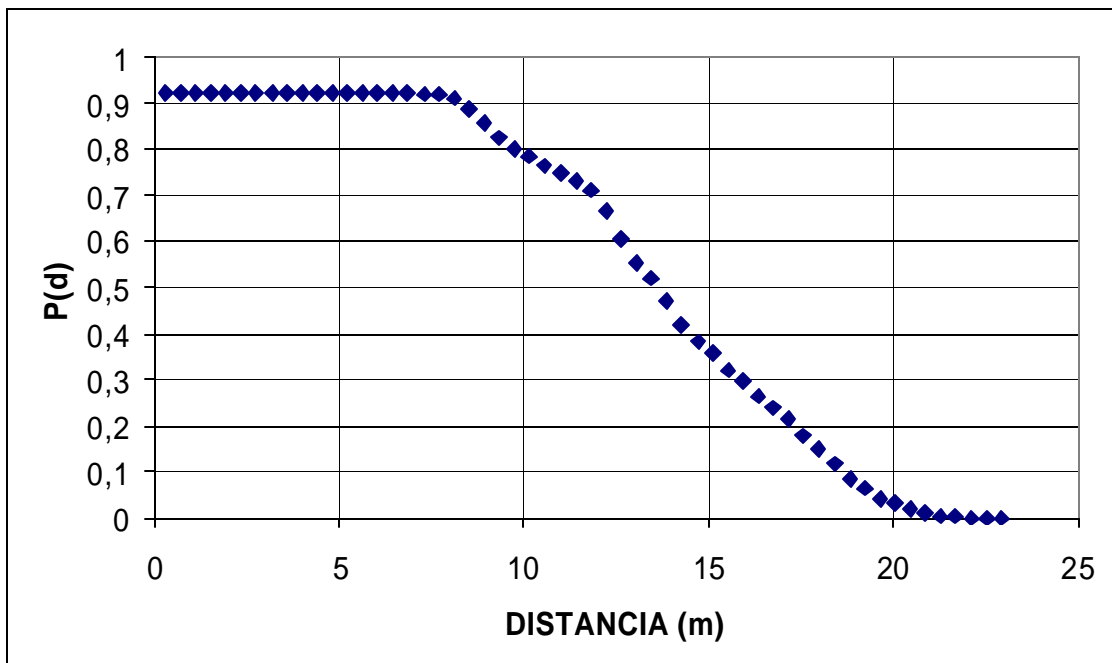
V₀: Velocidad inicial

a: aceleración

Asumiendo valores de X: distancia o desplazamiento una vez el diámetro del bloque, la aceleración de 0.24 de la gravedad y la velocidad inicial de 0 m/s se obtiene una velocidad final de 1.54 m/s.

Los resultados se tabularon para obtener curva de probabilidad de llegada *Probabilidad de D, vs Distancia a la base del talud*. En la Figura siguiente se presentan los datos obtenidos de distancia de viaje para la sección de estudio

Figura 6-2 Análisis de probabilidad. Talud



La selección de la distancia con el fin de realizar la sectorización para amenaza se realiza teniendo en cuenta los siguientes rangos:

Probabilidad alta de distancia: $1.0 < P(D) < 0.40$

Probabilidad media de distancia: $0.12 < P(D) < 0.40$

Probabilidad baja de distancia: $0.01 < P(D) < 0.12$

Es importante mencionar que la probabilidad de distancia esta asociada a la probabilidad del evento como tal. Para eventos de amenaza media, la probabilidad alta de distancia será asociada a amenaza media, la probabilidad media y baja de distancia a amenaza baja. Para amenaza alta por mecanismo de falla, la probabilidad alta de distancia estará asociada a la amenaza alta, la probabilidad media de distancia a amenaza media y la probabilidad baja de distancia a amenaza baja por mecanismo de falla.

De esta forma la probabilidad de falla alta se produce hasta una distancia de 14 m, la amenaza media a una distancia de 18 m y posterior una amenaza baja hasta 22 m.

Finalmente y con el fin de que el modelo sea correcto se revisó y/o calibró frente a lo ocurrido en eventos anteriores, con valores acertados a la realidad.

6.6 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

Los pasos para realizar la zonificación son los siguientes:

1. Ubicar la zona de aferencia del talud de estudio.
2. Identificar el área de influencia de la superficie crítica de análisis.
3. Dentro del área inestable se considera con valor de amenaza de acuerdo al valor calculado anteriormente. La distancia de viaje evalúa la distancia hasta donde se debe dibujar el valor de amenaza.
4. Hacia atrás de la corona de la superficie crítica de movimiento se determina las condiciones retrogresivas y su posible avance, para lo cual en este caso se tomo la distancia de 2,0 m y 5,0 m, adoptado de acuerdo al potencial erosivo del material y la perdida de soporte por eventos detonantes, así la discontinuidad

Esta información fue trasladada al plano topográfico y según la ubicación de los taludes de estudio. En el Plano No. 4 se indican los resultados luego de llevar a cabo los pasos descritos anteriormente, determinando así las zonas de amenaza baja, media y alta por fenómenos de remoción en masa.

7 VULNERABILIDAD Y RIESGO

7.1 INTRODUCCIÓN

El análisis que a continuación se desarrolla se basó siguiendo el documento “Landslide Risk Management Concepts and Guidelines” de la Sociedad Australiana de Geomecánica (AGS en sus siglas en inglés), en su subcomité de Control de riesgo en deslizamientos efectuado en marzo de 2000, el artículo técnico “A framework for landslide risk assessment and management” desarrollado por Fell, et al en abril de 2005 y el libro técnico “Landslide risk assessment” de E. M. Lee y D. K. C. Jones . Estos documentos presentan procesos de análisis de amenaza, estimación y cálculo de riesgo, criterios de tolerancia y valoración del juicio ingenieril específicamente para problemas de remoción en masa de laderas en vías y zonas afectadas con viviendas y población.

Permite identificadas diferentes variables valorar con cierta rigurosidad y un espectro amplio de posibilidad la pérdida de vidas humanas por eventos de esta naturaleza. El consultor aplicó la metodología expuesta ajustando con criterio y la experiencia a la información existente junto con la experiencia obtenida en diferentes proyectos para la ciudad de Bogotá.

7.2 TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS

La tipología de las viviendas puede ser clasificada teniendo en cuenta la tipología de viviendas dada por Leone (1996), descritas en la tabla siguiente:





Tabla 7-1 Tipificación de construcciones

TIPO DE VIVIENDA	DESCRIPCIÓN
B1	Tugurios (ranchos). Viviendas en material de recuperación.
B2	Construcciones en mampostería o prefabricadas. De mala calidad constructiva. Sin refuerzo estructural ni fundación adecuada.
B3	Construcciones de hasta dos niveles de buena calidad de construcción (con estructura).
B4	Construcciones de más de dos niveles de buena calidad de construcción (con estructura).

En total en la zona de influencia del proyecto se identifican tres viviendas, de las cuales dos se encuentran habitadas. Las viviendas tienen las siguientes condiciones:

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
 TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
 LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
 SITIO No. 1: LA FISCALA

Tabla 7-2 Descripción de viviendas

No.	No. De pisos	Dirección	Tipo de estructura	Condición	Clasificación
1	1	Diagonal 65 A sur No. 4-18 Este 	Pórtico con columnas de concreto y bloque No. 6	Habitada	B3
2	1	Diagonal 65 A sur No. 5.21 Este Julia Piñeros 	Pórtico con columnas con bloque No. 6. En buen estado. Ha sido afectada por caída de bloques con rompimiento de muros.	Habitada	B3
3	1	Diagonal 65 A sur No. 4-14 Este 	Pórtico con columnas y bloque No. 6. En regular estado. Casa lote.	Abandonada	B2
4	1	Diagonal 65 A Bis Sur No. 4-22 Este Anita Lancheros 	Mampostería sin pórticos. Hacia el patio se ubica el escarpe minero con taludes casi verticales. No le ha ocurrido nada durante los últimos 10 años.	Habitada	B2

7.3 IDENTIFICACIÓN DE AMENAZA – ANÁLISIS DE FRECUENCIA

En el capítulo anterior se realizó el análisis de amenaza teniendo en cuenta las condiciones actuales y las variables de agua y sismo que pudieran afectar la estabilidad de la ladera. De acuerdo a la evaluación de probabilidad total se adopta como valor probable al año en la ocurrencia de un evento de sismo y agua el valor de P_f es de 0.498%.

Este valor obtenido será el utilizado como la frecuencia del evento al año sobre la zona en condiciones extremas, es decir sin incluir la probabilidad de los eventos lluvia y sismo, sino como un evento de “hecho”. Es decir $P(\text{FRM})=0.498$. Para este evento con una probabilidad relativamente alta, se analizó la distancia de viaje de la masa utilizando el programa ROCK FALL. A continuación se expone el análisis de vulnerabilidad y riesgo en la zona.

7.4 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

El análisis de las consecuencias producto de la generación de un evento de FRM incluye los efectos políticos o particulares por la ocurrencia, pérdida de los negocios, afectación de la reputación del dueño del proyecto, inversiones para mitigación, pérdida de movilidad de la vía, entre otros aspectos sociales y económicos y por supuesto la pérdida de propiedad o bienes físicos y de vidas humanas.

Las primeras consecuencias son difíciles de evaluar y por tanto en este análisis solo será centralizado hacia la pérdida de vidas humanas en la zona. Las pérdidas de propiedad como pueden ser las viviendas no serán valoradas por la complejidad de la variable en cuanto a costos, variabilidad de materiales entre otros aspectos, pero será tenido en cuenta indirectamente por los ocupantes de las viviendas.

El análisis de consecuencias incluye los siguientes puntos:

- ? Identificación y cuantificación de los elementos en riesgo incluyendo propiedad y personas.
- ? Probabilidad del alcance del evento al elemento en riesgo. $P(d:d)$
- ? Probabilidad temporal espacial de los elementos en riesgo. $P(e:t)$
- ? Vulnerabilidad de los elementos en riesgo en términos de daño a la propiedad y pérdida de vidas humanas o heridas. $V(v:t)$ y $V(p:t)$

Estas consecuencias serán explicadas a continuación:

7.4.1 Elementos en riesgo.

Las únicas consecuencias del análisis serán las de las personas dentro de las viviendas y los peatones en la zona que pudieran transitar. En la zona no existe infraestructura adicional importante que pudiera ser afectada por la ocurrencia del FRM.

7.4.2 Probabilidad de alcance del evento al elemento en riesgo. $P(d:d)$

La probabilidad de que el FRM alcance el elemento en riesgo depende de la localización relativa del elemento en riesgo, el tipo de evento y materiales involucrados, así como la geometría del talud de movimiento. En este caso la distancia de viaje evaluada en el capítulo anterior a la luz permite definir que existe un 45% de probabilidad de que ocupe la zona, es decir que $P(d:d)$ puede ser valorado como 0.45.

7.4.3 Probabilidad temporal espacial de los elementos en riesgo. $P(e:t)$

La probabilidad temporal espacial es la probabilidad que el elemento en riesgo este en el área afectada por la amenaza en el tiempo de ocurrencia del evento.

En este caso de acuerdo a las encuestas realizadas el número de personas promedio de día es de 1 (adultos) y de noche 6 personas (2 adultos y 4 niños). Es decir que una persona puede estar 12 horas en la casa los 7 días de la semana, la otra pueden estar del orden de 20 horas por día los 7 días de la semana, mientras que las otras 4 (niños) pueden estar en la casa del orden de 13 horas los 7 días de la semana.

Entonces la probabilidad para las personas puede ser calculada así:

Tabla 7-3 Probabilidad espacial de personas

Conv. $P(e:t)$	Tipo	Prob.	Consideración
$P(at)$	Adulto que trabaja	0,57	11 horas durante 5 días a la semana y luego 20 horas en 2 días de la semana
$P(ah)$	Adulto que esta en el hogar	0,83	20 horas en 7 días a la semana
$P(n)$	Niños	0,48	8 horas en 5 días a la semana y 20 horas en 2 días de la semana
$P(t)$	Todos de noche	0,42	10 horas en los 7 días de la semana

7.4.4 Vulnerabilidad

Es el grado de perdidas o daño de un elemento dado o elementos, que pudieran ser afectados por la amenaza. Es una condición de probabilidad dado que el evento ocurra y el elemento este en la trayectoria. Para elementos físicos el daño esta expresado como 0 en no perdida a 1 como pérdida total. Para personas es usualmente dado como probabilidad entre 0 y 1 enmarcado en si puede haber muertos o heridos.

En este caso la AGS recomienda para el análisis los siguientes valores:

? Para personas dentro de viviendas:0.50

En cuanto a viviendas se adopta que es completamente vulnerable ante la caída de bloques es decir con un valor de 1 o pérdida total.

La vulnerabilidad entonces esta asociada a la exposición y resistencia de las viviendas y por tanto para las viviendas ubicadas abajo del escarpe se asocia vulnerabilidad alta y las ubicadas lateralmente vulnerabilidad media.

7.5 ESTIMACIÓN DEL RIESGO – CONSECUENCIAS

Calculo de la probabilidad anual de perdida de vida

La probabilidad anual de que una persona particular pierda la vida – $P(pv)$ puede ser calculado como:

$$P(pv) = P(FRM) \cdot P(d:d) \cdot P(e:t) \cdot V$$

Cada uno de los términos fueron definidos anteriormente.

Riesgo tolerable – riesgo aceptable

Se considera como riesgo tolerable como aquel que la sociedad puede vivir con cierta seguridad de obtener un nivel de seguridad. Es necesario que este en continua observación para su control o intervención ya que es inestable en el tiempo y su posible intervención es costoso.

Un riesgo aceptable es aquel que no requiere intervención y el cual la sociedad puede convivir garantizando su seguridad y se acepta, su intervención es barata en tiempo y esfuerzo de entidades.

La ciudad debe estar acorde con riesgos aceptables los cuales no requieren intervenciones costosas o el nivel de riesgo es aceptado por la comunidad en donde convive el problema sin generar posibilidad de pérdida de vidas humanas.

Riesgo individual.

La AGS sugiere los siguientes valores de riesgo tolerable de perdida de vida individual como:

Tabla 7-4 Sugerencia de riesgo tolerable AGS (2000)

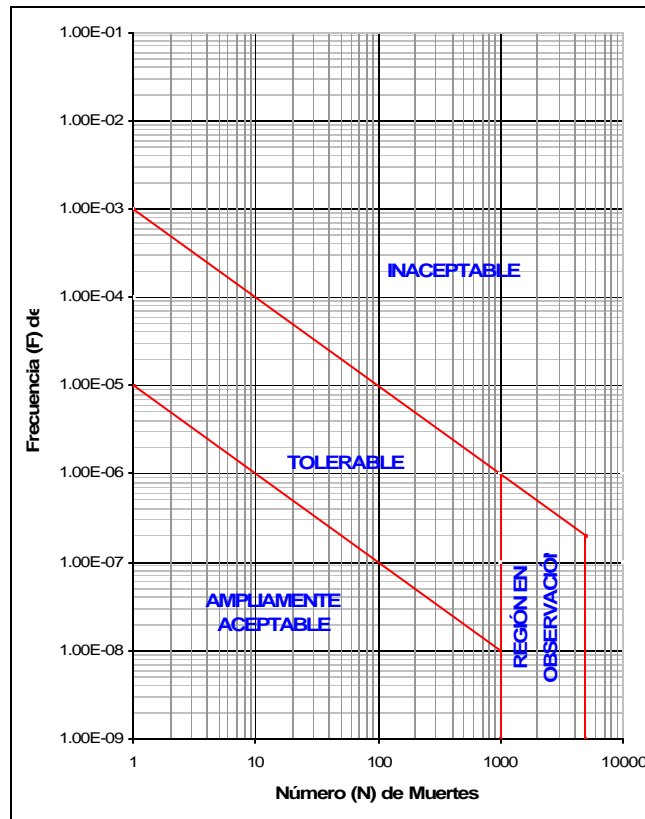
Situación	Riesgo tolerable sugerido para la pérdida de vida	Riesgo aceptable sugerido para la pérdida de vida
Taludes naturales	10^{-3}	10^{-4}
Taludes de ingeniería existentes	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-5} - 10^{-7}$
Taludes nuevos	$10^{-5} - 10^{-6}$	$10^{-6} - 10^{-7}$

La AGS sugiere que el riesgo aceptable sea usualmente considerado por un orden de magnitud menor al de los niveles de riesgo tolerable.

Riesgo social

La aplicación del riesgo social con criterio de evaluación de pérdida de vida es el reflejo de la realidad de la sociedad que es menos tolerante a los eventos cuando un mayor número de vidas son perdidas en un evento simple que el mismo número de vidas son perdidas en un mayor de eventos separados en número y tiempo. Para evaluar el riesgo tolerable social de pérdida de vidas humanas se utiliza la guía de la AGS presentada a continuación:

Figura 7-1 Riesgo social tolerable



Esta guía muestra regiones de número de muertes de vidas y la frecuencia del evento anual. Para el análisis se tuvo en cuenta los dos niveles de interpretación para análisis individual o riesgo social.

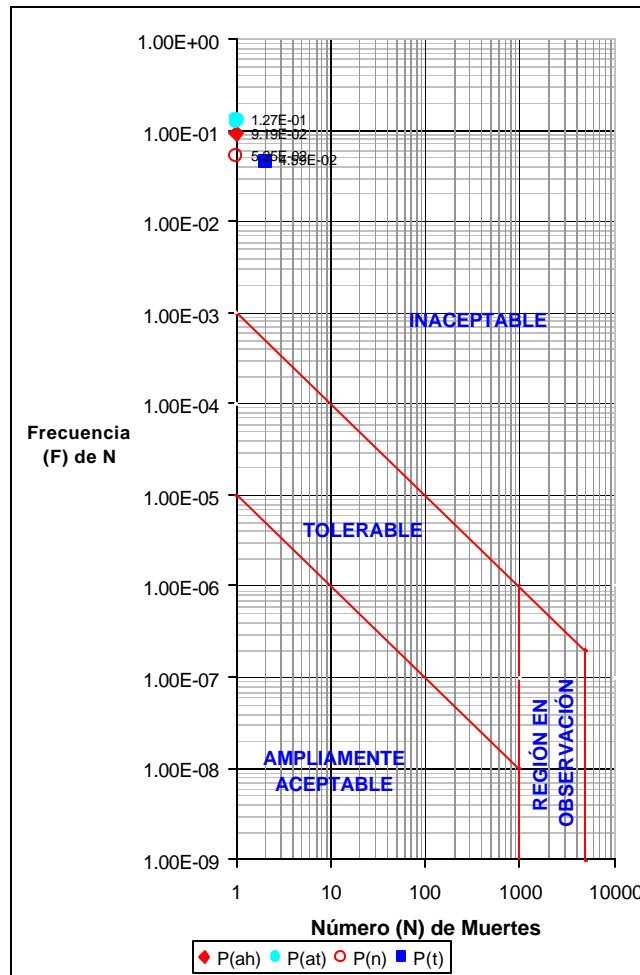
7.6 ANALISIS DEL RIESGO - CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos se presentan en el de este informe y en la siguiente tabla:

Tabla 7-5 Resultados del análisis de riesgo

P(ah)	Probabilidad anual de la persona en mas riesgo	9.19E-02
P(at)	Probabilidad anual de la persona que trabaja	1.27E-01
P(n)	Probabilidad anual de los niños	5.25E-02
P(t)	Probabilidad anual de personas que mueran en una noche	4.59E-02
	Probabilidad anual de las personas que mueran en año	2.72E-01
	Número de personas que pueden morir en un evento	2

En la siguiente figura se presentan los datos dados anteriormente:Figura 7-2 Análisis de riesgo individual y social



De la figura anterior se puede observar que el riesgo se encuentra a niveles inaceptables o en riesgo alto para cualquiera de las condiciones, ya sea de día, de noche o en cualquier circunstancia parcial. El riesgo se conoce como inaceptable y debe ser intervenido inmediatamente. El Plano No. 6 se obtiene de esta forma riesgo alto.

Figura 7-3 Tipología de viviendas

8 OBRAS DE MITIGACIÓN

8.1 SELECCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN

Actualmente el talud existente presenta bloques inestables que amenaza caer hacia las viviendas existentes y la vía de entrada a la zona. El planteamiento de cualquier alternativa debe incluir la descarga de los materiales inestables.

Inicialmente se desarrollo una alternativa de descarga de bloques inestables y un talud de corte cuya orientación y buzamiento del talud no generaba condiciones de inestabilidad desde el punto de vista cinemática. Es decir geoméricamente las discontinuidades no eran favorables al movimiento. Esta alternativa se presenta en la Figura 8-1.

Esta alternativa implicaba la generación de una berma y un talud de corte a 60°, generando costos altos por el corte en roca necesario para perfilar con esta inclinación.

Por ello como segunda alternativa se contempló un talud de corte a una pendiente mas alta (75°) y con una orientación que implica problemas de inestabilidad, para lo cual es necesario colocar elementos tales como pernos. Esta alternativa que aun cuando requiere estos elementos resulta con costos similares a la anterior pero incluyendo dentro del proceso de reasentamiento por obra a una vivienda.

8.2 ANÁLISIS DE AMENAZA CON OBRAS

8.2.1 Análisis cinemático de taludes de corte

Teniendo en cuenta la orientación del talud de corte planteado para el diseño (341/75), se realizó el análisis cinemático con las discontinuidades encontrando falla planar con la discontinuidad D1 y D2 y falla por cuña con D1D3 y D2D3. Los resultados son presentados en el ANEXO 8.

Para estas condiciones se evaluó nuevamente los factores de seguridad teniendo en cuenta los parámetros geomecánicos definidos anteriormente. Los resultados son presentados en el ANEXO 8. El análisis de factores de seguridad no es analizado ya que se considera de orden de magnitud similar a los encontrados en el capítulo de amenaza. Es necesario aumentar el FS con pernos.

8.2.2 Análisis de muro en gavión

Se ubicara un muro en gavión al costado nororiental con el fin de evitar procesos erosivos en la arcillolita. Este muro tendrá dos niveles y se cimentará en la cota 2657.5 msnm. No se realiza el cálculo de estabilidad ya que esta no será su función.

Figura 8-1 Alternativa de mitigación

8.2.3 Análisis de pernos

Teniendo en cuenta los planos de falla definidos anteriormente, las condiciones del macizo rocoso y de estabilidad se desarrollo una hoja electrónica para el análisis del número de pernos que deben ser necesarios a lo largo del talud de corte. Los resultados son presentados en el ANEXO 9. En total se obtuvo una separación entre pernos de 2m x 2 m cumpliendo un factor de seguridad con sismo mayor a 1.3 y en condiciones normales de 1.9.

8.2.4 Análisis de reasentamiento de viviendas

Después de ejecutado el perfilado del talud se considero necesario reasentar la familia ubicada en el predio No. 4, esquinero al sur con dirección Diagonal 65ª Bis sur NO. 4-22 Este perteneciente a Anita Lancheros. Este predio se ubica en la parte inferior del escarpe y se hace necesario definir una zona de aislamiento ambiental y de control de caída de bloques.

8.3 DISEÑO DE CUNETA

Las curvas de intensidad – duración y frecuencia fueron definidas en el numeral 3.2 del presente informe.

Cálculo de caudales máximos esperados

Para el cálculo de los caudales máximos esperados, se utilizó la fórmula racional, aceptada para cuencas con superficies menores de 1 km². Este planteamiento se identifica con la ecuación:

$$Q = kiAc$$

donde Q es el caudal pico de la creciente (m³/s); k un factor de conversión que en el sistema métrico es igual a 0.00278 (m³/s/Ha mm/hr); i la intensidad máxima para la frecuencia de diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca vertiente (mm/hr); A el área de la cuenca (Ha); y c el coeficiente de escorrentía, con valor numérico entre 0 y 1, que depende de las características fisiográficas de la cuenca y de la cobertura del suelo.

Las variables de trabajo fueron las siguientes:

? Área de drenaje: 0.0929 Ha.

? Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de la precipitación en una tormenta. Debido a la alta variabilidad de la intensidad de la precipitación, este valor es de difícil determinación (máxime si se emplea la información). Por tal motivo se optó por estimar el coeficiente de escorrentía

teniendo en cuenta el uso actual del suelo: en concordancia se asignó para zona con cobertura vegetal un coeficiente de 0.45.

? Tiempo de concentración

El tiempo de concentración, o tiempo requerido para que el agua caída en el punto más alejado de la cuenca hidrográfica fluya a una sección específica de análisis en el drenaje, es función de las características topográficas de la cuenca. En este caso, por tratarse de microcuencas de pendiente media a alta, el tiempo de concentración puede evaluarse gracias a la fórmula de Kirpich:

$$T_c = 4.83 \frac{L^{0.77}}{\sqrt{S}}$$

En donde:

T_c = tiempo de concentración (min)

L = Longitud (km)

S = la pendiente (m/m)

Bajo el marco reseñado, el tiempo de concentración calculado fue de menos de 1 minuto aproximadamente; sin embargo, para efectos de cálculo del caudal máximo se adoptó de manera conservativa como tiempo de concentración el tiempo calculado más 8 minutos.

? Caudales máximos. Con los valores anteriores se calculan los caudales máximos para tres diferentes periodos de retorno, 5, 10 y 25 años. Estos resultados se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 8-1 Caudales máximos

"TC" TIEMPO DE CONCENTRACION ADOPTADO (min)	TIEMPO DE RETORNO	"I" INTENSIDAD DE LA LLUVIA (mm/hr)	"Q" CAUDAL (m ³ /s)
9.58	5	78.358	0.009
9.58	10	93.942	0.011
9.58	25	112.718	0.013

De acuerdo con Suárez (1992) para el diseño de obras en el cauce de una corriente permanente se recomienda trabajar con periodos de retorno de veinticinco años y para cunetas y taludes y en áreas de corrientes ocasionales se puede utilizar un periodo de retorno de diez años. De esta forma el caudal de diseño para las obras de drenaje será de 0.011 m³/s o 11 lt/s.

Diseño de cunetas en concreto

Con el fin de realizar el control del agua analizada anteriormente se debe diseñar una cuneta que logre evacuar en forma efectiva y controlada. Para ello se plantea inicialmente

diseñar dos cunetas a lado y lado del área de trabajo y de esta forma manejar la mitad del caudal por cuneta. Bajo este concepto a continuación se detalla el análisis de diseño de las obras de drenaje.

Para el diseño de la cuneta se utiliza el Método de Manning que dice:

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{0.5}}{n}$$

Donde:

A : Área de la sección mojada

R : Radio hidráulico

S : Pendiente (calculada con base en el levantamiento topográfico)

n : Rugosidad

Teniendo en cuenta que el flujo es uniforme, la Rugosidad de Manning (*n*) = 0.03 para la cuneta en las paredes de concreto.

De acuerdo a esto, al caudal a movilizar y planteando el diseño de la cuneta en forma rectangular se obtiene el equilibrio con un FS= 6.0, los valores de la tabla siguiente:

Tabla 8-2 Características de la cuneta en piedra pegada

altura	0.230	m
ancho	0.310	m
espesor	0.080	m
area	0.023	m ²
n	0.030	Rugosidad de manning
angulo	22.000	pendiente de la cuneta en el terreno
pendiente	0.404	
perimetro mojado	0.450	
Radio hidraulico	0.050	
Q(litros/s)	10.909	Caudal de diseño
FD	1.000	Factor de distribución
Q(litros/s)	10.909	Caudal por cuneta
Q manning	0.065	m ³ s
Q manning	64.701	litros/s
FS	5.931	

En el Plano 8 se presentan el detalle de cunetas y sección longitudinal.

8.4 ITEMS DE DE TRABAJO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Se definieron los siguientes ítems de trabajo:

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
SITIO No. 1: LA FISCALA

- 1 PRELIMINARES
- 2 OBRAS DE PROTECCIÓN Y ANCLAJE
 - 2.1 Barrera de Protección provisional
 - 2.2 Perfilado de Taludes
 - 2.3 Pernos de Anclaje
 - 2.4 Malla Hexagonal de Triple Torsión
 - 2.5 Revestimiento con Mortero
 - 2.6 Cunetas
 - 2.7 Gaviones
- 3 PLAN DE RESTAURACIÓN Y ABANDONO
- 4 SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL

Para cada uno de estos ítems se desarrollaron las especificaciones técnicas de construcción, las cuales se presentan en el ANEXO 11.

8.5 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Se realizaron cinco secciones sobre el talud de corte y una sección sobre el muro en gavión. Con estas secciones y la planta de excavación definida se calcularon las cantidades de obra. Posterior a esto se definieron los precios unitarios del mercado, obteniendo el siguiente presupuesto:

Tabla 8-3 Presupuesto

Presupuesto la Fiscala					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1 Generales					
1.1	Localización y Replanteo	M2	681	\$ 1,227.82	\$ 836,143.10
1.2	Campamento	UN	1	\$ 1,143,613.00	\$ 1,143,613.00
1.3	Aislamiento y protección de la zona intervenida para caída de bloques	ML	120	\$ 32,896.60	\$ 3,947,591.52
1.4	Señalización frentes de trabajo y zona exterior	UND	1.00	\$ 798,917.00	\$ 798,917.00
Subtotal (1)					\$ 6,726,264.62
2 Excavaciones					
2.1	Desprendimiento de bloques inestables (Descarga)	M3	400	\$ 43,574.65	\$ 17,429,860.00
2.2	Excavación en roca (Perfilado en Roca)	M3	400	\$ 93,845.92	\$ 37,538,368.00
Subtotal (2)					\$ 54,968,228.00
3 Obras					
3.1	Pase de drenaje	ML	30	\$ 11,551.43	\$ 346,542.84
3.2	Perno con varilla de 1"	ML	558	\$ 104,652.72	\$ 58,396,217.76
3.3	Muro en Gavión	M3	15	\$ 103,007.20	\$ 1,545,108.00
3.4	Malla hexagonal de triple torsión mas taches y mortero 1:3	m2	395	\$ 41,319.00	\$ 16,321,003.26
3.5	Cuneta en concreto	ML	90	\$ 21,401.35	\$ 1,926,121.50
Subtotal (3)					\$ 78,534,993.36
4 Finales					
4.1	Aseo general	M2	681	\$ 2,817.15	\$ 1,918,479.15
Subtotal (4)					\$ 1,918,479.15
Total sin AIU (1+2+3+4)					\$ 142,147,965.14
ADMINISTRACIÓN (8%)					\$ 11,371,837.21
UTILIDADES (10%)					\$ 14,214,796.51
IVA SOBRE UTILIDADES (16%)					\$ 2,274,367.44
IMPREVISTOS (20%)					\$ 28,429,593.03
Total incluido AIU e IVA sobre Utilidades					\$ 198,438,559.33

En el presupuesto no se incluye el reasentamiento de la vivienda No.4 que tiene un valor de \$15'000.000.00 ya que no hace parte del costo de la obra. El Plano No. 8 Obras de mitigación presenta las obras de diseño geotécnico y la vivienda que se reasentara. En el ANEXO 10 se presentan las memorias de cálculo de cantidades de obra.

8.6 PROCESO CONSTRUCTIVO

La ejecución de la construcción de la obra de mitigación, además de cumplir con todas las normas, especificaciones técnicas de construcción y todas las requeridas, planos, condiciones legales, condiciones presupuestales y contractuales, requerimientos exigidos y acordados con la interventoría, deben cumplir con el procedimiento requerido que a continuación se presenta.

Para facilitar el proceso constructivo este se va a dividir en tres etapas que se describen a continuación:

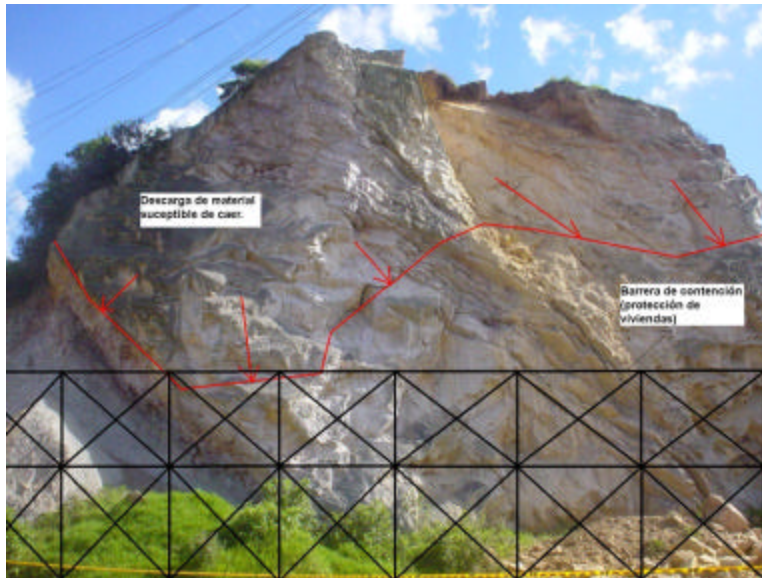
ETAPA PREVIA Antes de iniciar la obra es necesario reasentar la vivienda identificada como No. 4 ubicada en la Diagonal 65ª Bis sur NO. 422 Este perteneciente a Anita Lancheros. Posterior a esto se continuara con el proceso constructivo.

ETAPA I

En la primera etapa se realizará la localización y el replanteo identificando los puntos de cortes, cunetas y demás que se encuentran el plano de obras

1. Se debe reconocer, identificar, localizar y ubicar claramente todas las características de la zona del proyecto.
2. Hacer el cerramiento de la zona del proyecto para aislar la zona de trabajo, colocando una barrera bien sea en madera o en material común para evitar que los bloques a desprender alcancen las viviendas aledañas.
3. Seguidamente, se procede al retiro del material susceptible de caer desde la parte superior del talud, mediante una máquina o de manera manual según sea necesario. Por seguridad en el proceso es necesario que el personal a cargo de esta labor se encuentre sujeto a un punto de seguridad mediante un arnés o según las indicaciones técnicas y de construcción, además, de las que la interventoría según la conveniencia del proyecto exija.

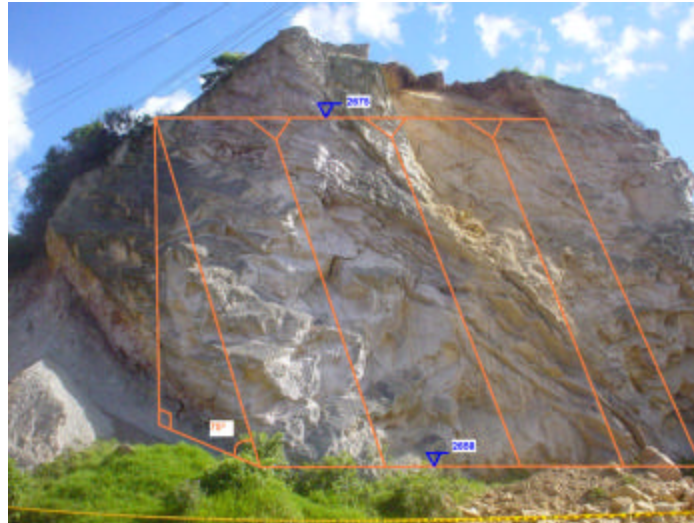
Fotografía 8-1 Bloques críticos a remover y malla de protección



ETAPA II

En la segunda etapa se realizará el perfilado del talud con un ángulo de 75° con la horizontal, este proceso se debe realizar con martillo hidráulico, a máquina o manual desde la parte superior del talud en la cota 2675 hasta la pata del talud a la cota 2658. Se recomienda disponer después de la movilización de los mayores bloques la instalación de un andamio que ayude en estas labores y en las siguientes. Debido a las irregularidades del macizo rocoso y a la dureza de la arenisca el ángulo del talud puede variar máximo de 70 a 80 grados; en el plano de obras se aprecia una pendiente totalmente homogénea, sin embargo esto constructivamente es difícil de lograr, pero se debe tratar de buscar la mayor uniformidad posible. Lo importante es que el interventor debe garantizar que no existan pendientes negativas del talud de corte.

Fotografía 8-2 Talud de corte



ETAPA III

Posterior al perfilado del talud se procede a la colocación de los pernos, los cuales están numerados y con sus respectivas coordenadas en el plano de obras. Dichos pernos deben tener un ángulo de inclinación de 5° con respecto a la horizontal y estar ubicado justo en el lugar que indica la tabla. Los andamios ayudaran en la colocación de estos pernos y la instalación de la maquinaria. Es posible que la máquina de instalación de pernos se descuelgue por el talud situación que será convenida con el interventor. Después de la colocación de los pernos se debe tender la malla triple torsión desde dos metros atrás de la corona del talud en donde deben ir ubicados taches de acero de 2 metros de longitud, los cuales soportarán parte del peso total de la malla. Los taches deben ir en tresbolillo cada 3 metros. Después de ubicados los taches se aseguran los pernos con las platinas para posteriormente con andamios proceder a vaciar el mortero de arriba hacia abajo.

ETAPA IV

En esta etapa se debe construir el muro en gavión según las especificaciones técnicas en la zona nororiental del talud cimentado sobre la roca a una cota de 2657.5. Se debe verificar que a esta altura se encuentra la roca, de no ser así se debe bajar el nivel de cimentación hasta encontrar la roca o recalzar en concreto ciclópeo hasta llegar a la cota de cimentación planteada. Una vez finalizada y revisada la construcción del muro, se debe rellenar con material común compactado con canguro al 90% la zona comprendida entre el espaldón del muro y el talud no permanente.

Finalmente se procede a la construcción de la cuneta teniendo en cuenta las especificaciones y la sección transversal que se observa en el plano de obras. En ningún momento la cuneta debe sobrepasar las pendientes máximas de diseño.

8.7 VIABILIDAD DE CONSTRUCCIÓN

Para desarrollar de manera segura la obra es necesario tener en cuenta la protección de las viviendas aledañas a la zona para tener seguridad en el momento del desprendimiento de los bloques. Esto incluye aislamiento de la vía, control de tráfico de peatones y habitantes de viviendas. Dentro del cálculo del presupuesto total de obra se contempla el reasentamiento de la casa No.4 ubicada en la dirección Diagonal 65 A Bis Sur No. 4-22 Este, que pertenece a la señora Anita Lancheros. En al Figura 8-2 se aprecian los lotes aledaños a la zona de la obra.

Figura 8-2 Lotes aledaños a la zona de la obra*



Los demás lotes (1,2 y 3) que se aprecian en la figura deben ser protegidos durante la construcción de la obra, especialmente en la etapa de desprendimiento de bloques inestables.

El la Tabla 8-4 se pueden apreciar las llaves DACD de cada uno de los predios observados anteriormente, especialmente el lote 4. La zona superior del escarpe tiene llave_DACD 002602114. Parte de este predio será utilizado para reconfigurar la zona. Aun así se encontró un mojón del DAMA en la parte superior que presume que la zona pertenece a un parque. Es necesario por tanto contactar al DAMA para el manejo institucional de la zona.

Tabla 8-4 Llave DACD de predios aledaños

No.	Bar_Cod	Man_Cod	Pre_Cod	Llave_DACD
1	002590	29	01	0025902901
2	002590	28	11	0025902811
3	002590	29	02	0025902902
4	002590	28	01	0025902801

* Imagen tomada de la página en Internet <http://mapas.idu.gov.co/internet/>

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONDICIONES GENERALES

Se adelanto el estudio para el diseño de obras de mitigación en el Sitio No. 1 Barrio La Fiscala ubicado en la diagonal 65 A sur No. 5-21 este, en la, UPZ Danubio. Corresponde a un escarpe minero abandonado de 20 m de alto, el cual presenta como fenómenos de remoción en masa asociados a caída de bloques de arenisca, flujo de detritos y suelo en residual de arcillolita que pueden afectar directamente a 4 viviendas, a una vía de acceso a la zona y a peatones de la zona. Se realizó la geología de la zona determinando como potencial de falla en cuña y planar. Se realizó cuatro cortes directos en discontinuidad obteniendo valores de cohesión entre 0.00 kg/cm^2 a 0.20 kg/cm^2 y ángulo de fricción entre 25° a 35° .

9.2 CONDICIONES DE ESTABILIDAD ACTUALES

Las condiciones de los modelos de falla muestran factores de seguridad cercanos a uno para condiciones saturadas en discontinuidad y menores a 1 con sismo y agua en discontinuidad. El potencial de falla es alto. La distancia de viaje obtenido para condición de alta probabilidad es de 14 m y para condición media de 18 m. La máxima distancia de un bloque es de 22 m.

9.3 CONDICIONES DE ESTABILIDAD CON OBRAS

La obra de mitigación consiste en un perfilado de materiales inestables y corte en roca a 75° , para luego colocar una malla triple torsión, taches y mortero cemento con pernos de 6 m de largo separados cada 2 m x 2 m. En la parte superior se debe colocar una cuneta en concreto.

9.4 CONDICIONES ECONÓMICAS

El corte en roca es complejo y por tanto se puede aceptar inclinaciones entre 70° a 80° , sin taludes negativos. Las obras tienen un valor de \$ 198,438,559 millones de pesos incluidos los impuestos de ley demás condiciones de AIU de (38%). Se incluye el reasentamiento de una vivienda.

9.5 INDICADORES

Ítem	Cantidad	Unidad
Área Total del proyecto	0.20	Ha
Área de uso para obras	0.18	Ha
Predios influenciados por el proyecto	4	No. Predios
Familias influenciadas por el proyecto	4	No. Familias
Predios reasentados	1	No. Predios

10 RECOMENDACIONES

El presente estudio se basó en la información obtenida en campo y los ensayos de laboratorio de muestras representativas.

Los análisis de estabilidad realizados son aproximados y la totalidad de los resultados obtenidos se han incluido en el informe. Debe entenderse que los materiales térreos son materiales inelásticos, heterogéneos y no isotrópicos, en los cuales su comportamiento no es fácilmente predecible, ni independiente del entorno climático y antrópico en el cual se encuentran.

En consecuencia, aunque se ha realizado el mejor trabajo posible, de todas formas los modelos, especialmente los probabilísticos, son limitados tanto intrínsecamente como por el factor escala del trabajo (1:1000) y es de esperar que durante la implantación de las obras o el desarrollo de la evolución del terreno, se presenten discrepancias localizadas con los modelos y los planos que los representan.

Cualquier cambio obtenido en las condiciones del terreno producto de intervención antrópica, actividad sísmica u obras de ingeniería diferentes a las planteadas aquí pueden cambiar las condiciones de riesgo y por lo tanto deben ser reportadas a la entidad competente y por ende al consultor.

11 BIBLIOGRAFÍA

- ? INGEOMINAS - UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. (1997). Microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá. Agosto.
- ? AIS, INGEOMINAS, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (1996), “Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia”, Comité AIS 300 – Amenaza Sísmica, Bogotá.
- ? Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente
- ? INGEOCIM LTDA (1998), “Zonificación por inestabilidad del terreno en diferentes localidades de Santa Fe de Bogotá”.
- ? González A. J., Zamudio E. y Castellanos R. (1999). “Relaciones de Precipitación Crítica-Duración Lluvias que Disparan Movimientos en Masa en Santa Fe de Bogotá – Colombia”. Bogotá D.C.
- ? INGEOMINAS (2003). “Estudio de evaluación de amenaza por deslizamiento para los Barrios El Espino y El Cerro El Diamante, e instalación y monitoreo de instrumentación geotécnica”.
- ? Consorcio IGR (2005), “Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de lluvias - Sitio 2 Barrio Juan José Rondón”.
- ? ACHILLEOS, Eftychos. User Guide for PCSTABL 5 M. Purdue University – West Lafayette, Indiana. Diciembre de 1988.
- ? ARANGO CARLOS. Estudio de suelos. Conjunto camino del Cerro. Avenida Carrera 7 No. 151-90. Estudio de Suelos. Agosto de 2004.
- ? ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES – INGEOMINAS. Estudio general de amenaza sísmica de Colombia. Bogotá. Octubre de 1996.
- ? COLORADO ROCKFALL SIMULATION PROGRAM. Version 4 . Colorado Department of Transportation. March 2000.
- ? DUNCAN, Michel en TURNER, A. Keith y SHUSTER, Robert. Landslides, Investigation and Mitigation – Special Report 247. National Academy Press – Washington, D.C. 1996. Chapter 13.
- ? FINLAY, P.J., MOSTYN, G.R. y FELL, R. Landslide Risk Assessment – Prediction of Travel Distance. Australia. Julio de 1998.
- ? GONZÁLEZ, Álvaro (1999). Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT en X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Sociedad Colombiana de Ingenieros – Sociedad Colombiana de Geotecnia. Bogotá. 1999.
- ? GOODMAN, R.E. Introduction to rock mechanics. John Wiley and sons. 1989. Cap. 8. Pp 293 – 335.

ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS
LOCALIDADES DE USME Y SANTA FE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.
SITIO No. 1: LA FISCALA

- ? HARR. Reliability based design in civil engineering. Dover. Pp. 187 – 222. 1987.
- ? HOEK. Evert y BRAY, John. Rock slope Engineering. Institution of Mining an Metalurgy. Great Britain University Press. Cambridge. 1974.
- ? INGEOCIM. Estudios de remoción en masa en varias localidades de Bogotá. Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inestabilidad del terreno para las localidades de Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal, Santa Fe, Chapinero, Usaquén y Suba de Santa Fe de Bogotá. Octubre de 1998.
- ? INGEOMINAS – UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá. 1997.
- ? INGEOMINAS. Zonificación geotécnica de Santafé de Bogotá. Convenio 200-86 (Departamento Administrativo de Planeación Distrital), Informe 2081. 1993.
- ? ISRM. Rock characterization testing and monitoring – suggested methods. ET Brown pergamon press. 1981.
- ? JULIVERT, M. Léxico estratigráfico internacional. Vol V, fasc. 4ª Colombia. 1968.
- ? KOEFOED. Otto. Geosounding principles publicado por el servicio geológico holandés (TNO).
- ? LOBOGUERRO Alberto. Proyecto de remodelación morfológica y evaluación de amenaza pr remoción en masa de la Cantera el Cedro (Localidad Usaquen). Octubre 2003.
- ? LOW, B. K. Reliability analisys of rock wedges in Journal of geotechnical and geoinveronmental engineering. June 1997.
- ? PROSPECCIÓN, SONDEOS E INSTRUMENTACIÓN PSI LTDA. Estudio de Riesgo Barrio Madrid. Localidad Rafael Uribe Uribe. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá Abril de 2004.
- ? UNION TEMPORAL RIESGOS URBANOS Germán Darío Tapia Muñoz – Edgar Rodríguez Granados. Estudio de Riesgo Barrio San Isidro. Localidad Ciudad Bolívar.

Plano 1 TOPOGRAFIA

Plano 2 GEOLOGÍA

Plano 3 GEOMORFOLOGÍA

Plano 4 AMENAZA ACTUAL

Plano 5 VULNERABILIDAD

Plano 6 RIESGO

Plano 7 OBRAS

ANEXO 1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ANEXO 2 RESULTADOS DE LABORATORIO CORTE DIRECTO EN DISCONTINUIDAD

ANEXO 3 ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD

ANEXO 4 ANÁLISIS DE FACTORES DE SEGURIDAD EN CUÑA LOW

ANEXO 5 ANÁLISIS DE FACTORES DE SEGURIDAD HOEK

ANEXO 6 PROBABILIDAD TOTAL

ANEXO 7 ANÁLISIS DE RIESGO

ANEXO 8 ANÁLISIS CINEMÁTICO CON TALUD DE CORTE

ANEXO 9 MEMORIAS DE CÁLCULO PERNOS

ANEXO 10 MEMORIAS DE CÁLCULO DE CUNETAS

ANEXO 11 MEMORIAS CANTIDADES DE OBRA

ANEXO 12 ESPECIFICACIONES