

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – DPAE –
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 526 DE 2005

CONSULTORÍA PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO
POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN
LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C.

UNIÓN TEMPORAL CRC

CONCEPTO TÉCNICO No. 4348 *OKB*

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE: D.A.P.D.
LOCALIDAD: RAFAEL URIBE URIBE
BARRIO: BUENOS AIRES – LA ESPERANZA II SECTOR
UPZ: 55 – Diana Turbay
ÁREA (Ha): 0,93 Ha
FECHA DE EMISIÓN: 16 de enero de 2006
TIPO DE RIESGO: Por remoción en masa.
VIGENCIA: Temporal, mientras no se modifiquen
significativamente las condiciones físicas del sector o
se realicen obras de mitigación.

El presente concepto está dirigido al Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD) para el Programa de Legalización de Barrios, como un instrumento para la reglamentación del mismo y como tal busca establecer restricciones y/o condicionamientos para la ocupación del suelo y recomendaciones para el uso de las zonas de alta amenaza. Corresponde a una herramienta para la planificación del territorio y toma de decisiones sobre el uso del suelo.

El informe contiene el concepto técnico de riesgo por movimientos en masa del barrio Buenos Aires – La Esperanza II Sector, de conformidad con los términos del contrato suscrito por FOPAE y la Unión Temporal CRC para tal fin, y consta de siete secciones, de las cuales las dos primeras tratan sobre las generalidades, la tercera registra los resultados obtenidos a nivel de información básica, la cuarta cubre los aspectos relacionados con la evaluación de riesgo, la quinta sintetiza los resultados obtenidos, la sexta cubre las recomendaciones pertinentes y al final del informe, en la séptima sección, se reseñan las fuentes de información consultadas.

2 GENERALIDADES

A continuación se presentan las generalidades del trabajo, que sirven de referencia para las demás secciones del Informe.

2.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO BUENOS AIRES – LA ESPERANZA II SECTOR

El desarrollo denominado Buenos Aires – La Esperanza II Sector, se encuentra localizado en la zona sur oriental de la capital de la República de Colombia, en la localidad No. 18, Rafael Uribe Uribe, y en la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) No. 55 – Diana Turbay, entre las siguientes coordenadas planas con origen Bogotá:

Norte: 93.680 a 93.820

Este: 96.720 a 96.860

En la **Figura 1** se muestra la localización general del barrio, el cual ocupa un área aproximada de 0,93 Ha.



Figura 1. Localización general del barrio (Fuente: Cartografía DAPD suministrada por FOPAE)

Vale la pena aclarar que se trabajó con base en la cartografía que entregó el FOPAE, la cual corresponde a la cartografía y nomenclatura de Catastro Distrital (DACD) y en la cual los límites de barrio están definidos con base en la demarcación de Planeación Distrital (DAPD).

2.2 ESTRUCTURACIÓN DEL INFORME

Está definido en los términos de referencia elaborados por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) de la Secretaría de Gobierno del

Distrito Capital, según la invitación pública para contratación directa No. 7302-64-2005, adelantada por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE).

A continuación se presentan los principales aspectos que permitieron el desarrollo del concepto y su estructura por capítulos.

2.2.1 Definición del concepto

Las características más representativas que permitieron estructurar el concepto y los procedimientos para su ejecución se referencian a continuación.

2.2.1.1 Objetivo

El objetivo del trabajo es emitir el concepto técnico de riesgo por movimientos en masa para el desarrollo Buenos Aires – La Esperanza II Sector de la Localidad de Rafael Uribe Uribe, en Bogotá D. C., de acuerdo con los términos de referencia del FOPAE.

2.2.1.2 Alcance

El trabajo incluye la recopilación de información secundaria, obtención de información primaria, análisis de información, análisis geotécnicos, evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, análisis de información y formulación de recomendaciones.

2.2.1.3 Destinatarios

Los destinatarios del concepto son las entidades de planificación a quienes se les suministran las herramientas para toma de decisiones en lo que corresponde al problema estudiado.

2.2.1.4 Documentos básicos y especificaciones de trabajo

El trabajo se adelantó de acuerdo con los siguientes documentos y requerimientos:

- Términos de referencia para la elaboración del trabajo elaborados por FOPAE.
- Contrato No. 526 de 2005, suscrito por FOPAE y la Unión Temporal CRC.
- Propuesta del Consultor de fecha 03 de octubre de 2005.

De estas referencias pueden extractarse las principales especificaciones de trabajo, como son:

- Escala: 1:1000
- Nivel de resolución: Local, detallado, 1:1000

- Tipo de decisiones de mitigación que se esperan tomar: Emisión de concepto de amenaza y riesgo del barrio.

2.2.2 Personal participante y datos del Consultor

La firma consultora encargada del trabajo es la UNIÓN TEMPORAL CRC, conformada por los Ingenieros Héctor Vicente Rodríguez Romero y Carlos Héctor Cantillo Rueda y la firma Consulcons Ltda. El domicilio de la Unión Temporal CRC es la Calle 64 No. 10 – 45 oficina 413 de la ciudad de Bogotá, teléfonos 2557487 y 3478260, correo electrónico ccantillo@fastmail.fm.

El grupo de trabajo que participó en la consultoría está conformado por los siguientes profesionales, indicando sus respectivas actividades:

- Ingeniero Civil Jorge Alberto Rodríguez: Encargado de la dirección del proyecto.
- Ingeniero Civil Carlos Héctor Cantillo Rueda: Encargado de la coordinación del proyecto, la redacción, edición y producción del informe final, y, la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Igualmente desempeñó el cargo de Gerente y Representante Legal de la firma consultora.
- Ingenieros Civiles Carlos Eduardo Rodríguez Pineda, Nubia Rocío Barragán y Erika Velandia: Participaron como expertos en geotecnia en la evaluación de amenaza.
- Ingeniero Geólogo Gilmar Iván Patiño Barrera y Geólogo Mauricio Alfonso Rubio: Elaboraron los estudios geológicos.
- Ing. Catastral Willian León Quevedo: Encargado del Sistema de Información Geográfica (SIG) y del dibujo en AutoCAD.
- Ing. Ambiental y Sanitaria Nicole Botero Martínez: Participó como experta en el tema ambiental.
- Dr. Rafael Suárez Rondón y Estudiante de Sociología Sonia Cristina Cantillo: Encargados de la investigación social y participación comunitaria, así como en la búsqueda de información secundaria.
- Geóloga Carolina López: Auxiliar de geología.
- Estudiante de Ingeniería Civil Sergio David Garzón: Auxiliar de Ingeniería encargado del inventario de predios.
- Consulcons Ltda.: Firma encargada de la exploración del subsuelo.

2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS BASES METODOLÓGICAS Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

2.3.1 Bases metodológicas generales

La evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo se basa en la "Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Movimientos en Masa a Escala Local", de Cantillo (1998), ajustada a las condiciones específicas del trabajo, como marco general. Tal propuesta involucra la ejecución de diversas etapas como se menciona a continuación:

- Definición del estudio: Corresponde a la planeación de los trabajos.
- Análisis de contexto: Comprende los análisis de las condiciones físicas, ambientales y sociales de la zona y la comunidad que la ocupa, que involucra el análisis de referentes físicos (Geología regional, geomorfología regional, clima, hidrología, hidrografía, hidrogeología, sismología), históricos (p. e. los antecedentes de inestabilidad, la historia del poblamiento de la zona, etc.), ambientales (p. e. cobertura vegetal, drenajes naturales y artificiales, etc.) y sociales (p. e. uso del suelo) y su relación con los problemas de inestabilidad en la zona.
- Evaluación de amenaza: Con base en la información de contexto y las metodologías propuestas se definen las áreas con diverso nivel de amenaza.
- Identificación y caracterización de elementos expuestos: Como condición necesaria para los análisis de vulnerabilidad, se efectúa un inventario y caracterización de los elementos físicos que integran el sistema, como las viviendas, infraestructura y mobiliario urbano; de manera indirecta, a través de la investigación social, se conocen las características sociales y demográficas de la zona y la identificación de las principales actividades y relaciones y funciones sociales y económicas que se desarrollan en el sector.
- Análisis de vulnerabilidad: De acuerdo con el objetivo de los conceptos a emitir se consideran solamente los factores relacionados con la exposición y resistencia de los elementos físicos susceptibles de ser afectados por la materialización de la amenaza.
- Evaluación de riesgos: Corresponde al diagnóstico de riesgos por movimientos en masa, con base en la evaluación de amenaza y análisis de vulnerabilidad, y explicado a partir de la integración de conceptos de corte técnico (geotécnico), social, ambiental y de planificación urbanística.
- Formulación de medidas para la reducción integral del riesgo: Corresponde a las recomendaciones tendientes a la reducción del riesgo

desde diversas perspectivas (Técnicas, sociales, ambientales y urbanísticas).

2.3.2 Metodología de evaluación de amenaza

Se aplicó la metodología denominada "Sistema Semicuantitativo de Estabilidad", SES Modificado, de Ramírez (1989), incluida en los términos de referencia de FOPAE (2005). Los resultados obtenidos se ajustaron de conformidad con los siguientes criterios, proceso que, al final, arrojó la zonificación de amenaza definitiva: Consideración de la presencia de procesos morfodinámicos activos o potenciales, evaluación de antecedentes, testimonios de la comunidad y reconocimientos geotécnicos en el sector.

2.4 INFORMACIÓN SECUNDARIA CONSULTADA

Como se mencionó con anterioridad, se adelantó una recopilación de información secundaria en diversas fuentes, principalmente en el Centro de Documentación e Información (CDI) de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE), el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá (SIRE), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y consultas en internet, además de la información suministrada por el Contratante.

En el caso particular del presente concepto, se consultaron las referencias registradas en la última parte del informe, y principalmente las que se enuncian a continuación.

2.4.1 Estudios antecedentes

Se utilizó información de los estudios registrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación de estudios antecedentes

TITULO	AUTOR	FECHA
Evaluación Preliminar de Susceptibilidad y Amenaza en las Localidades de Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe, Usme y San Cristóbal de Santa Fe de Bogotá, D. C., Fase I	Ingeominas para DAPD	Octubre de 1995
Zonificación por Inestabilidad del Terreno para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santafé de Bogotá D. C.	Ingeocim Ltda. para FOPAE	Octubre de 1998

2.4.2 Informes DPAE antecedentes

De manera ídem se adelantó consulta de informes emitidos por la DPAE relacionados con el barrio estudiado y que se enumeran a continuación: Respuestas oficiales 15673, 15573.

2.5 MARCO GENERAL DE REFERENCIA

2.5.1 Referente conceptual

En el **Anexo 1** se presenta un marco conceptual general, en el cual se definen términos como amenaza, vulnerabilidad, riesgo, desastres, gestión de riesgos y procesos de remoción en masa.

2.5.2 Referente físico de la Localidad de Rafael Uribe Uribe

2.5.2.1 Clima, hidrografía e hidrología

Los principales datos climáticos de la Localidad son:

- Humedad Relativa: Seca
- Precipitación Total: 800 a 1.000 mm promedio anual
- Altimetría: Entre 2.590 y 2.670 metros sobre el nivel del mar

Dependiendo de la relación precipitación - brillo solar, se presenta la condición de zona seca, en la totalidad del territorio, presentándose pequeñas variaciones a causa de los períodos de lluvias. Hidrográficamente la zona pertenece a la cuenca del río Tunjuelito y a la microcuenca de la Quebrada Chiguaza (también conocida como La Pichosa). (Fuentes: Portal www.redbogota.com del programa Red Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia, 2005 y Geoingeniería, 2002).

2.5.2.2 Aspectos sísmicos

De acuerdo con el mapa de microzonificación sísmica de la ciudad (Ingeominas y Uniandes, 1997), la Localidad de Rafael Uribe Uribe se encuentra en las zonas 1 y 5. Particularmente el área de estudio se ubica en la Zona 1 "Cerros", a la que le corresponde el valor del parámetro Am de 0,24 g.

3 RESULTADOS OBTENIDOS A NIVEL DE INFORMACIÓN BÁSICA

A continuación se presentan los resultados obtenidos a nivel de información básica que sirven de base para la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo del barrio estudiado.

3.1 ESTUDIO GEOLÓGICO

El componente geológico es de capital importancia para la emisión del concepto técnico de riesgo por remoción en masa. A continuación se presentan los resultados del trabajo de investigación adelantado y que sirve de base para la definición del nivel de amenaza en el barrio objeto de evaluación.

3.1.1 Geología regional

Para la emisión del presente concepto de riesgos por remoción en masa, se hace necesario enmarcar al barrio Buenos Aires – La Esperanza II Sector en la geología regional, con el fin de identificar las diferentes estructuras y formaciones geológicas de incidencia en el sector. La litología y estructuras geológicas del área en la cual se enmarca la zona de estudio son las siguientes:

3.1.1.1 Estratigrafía

Las rocas que afloran en el barrio Buenos Aires - La Esperanza corresponden a la formación Regadera; sobre esta yacen depósitos de rellenos antrópicos de gran espesor; estas rocas se encuentran en proceso de alteración a suelos residuales arenarcillosos.

En 1957 Enrique Hubach denominó "Regadera" a un espeso nivel de areniscas con intercalaciones de arcillolitas las cuales afloran al SE de la ciudad de Bogotá, en proximidades al embalse de La Regadera, esta unidad fue redefinida por Julivert en 1963.

La formación Regadera está constituida por una serie de estratos gruesos y resistentes de arenisca cuarzosa de grano grueso poco consolidadas con algunas capas lenticulares conglomerados finos y matriz arcillosa.

Esta formación tiene dos conjuntos; el conjunto inferior consiste en bancos de arenisca con estratificación cruzada y espesores entre 0,5 y 15 m. Las areniscas alternan con arcillolitas de color gris claro a rosadas y hasta rojizas con espesores que no sobrepasan los 0,3 m; en el conjunto superior predominan las arcillolitas.

La formación La Regadera se extiende desde la zona del embalse del mismo nombre en dirección norte hasta el extremo sur de la ciudad; la sección típica de esta unidad se observa en cercanías del embalse pero alcanza su espesor máximo en el sureste de la ciudad en las proximidades del cerro Juan Rey.

3.1.1.2 Geología estructural

La principal estructura geológica es el sinclinal asimétrico de Usme – Tunjuelito que presenta un eje de plegamiento con dirección aproximada N-S y se extiende hacia el sur por más de 20 kilómetros. La estructura se inclina de sur a norte y su flanco occidental se encuentra en posición normal con buzamientos hasta de 45°, mientras que el flanco oriental se encuentra invertido en algunos tramos. De otra parte, el sinclinal se encuentra afectado por fallas perpendiculares y oblicuas a su dirección general y por pliegues menores que se presentan especialmente en áreas donde afloran formaciones rocosas de características blandas como la Formación Bogotá.

Ingeominas (1997) cartografía la Falla de Tunjuelito que tiene rumbo NNE-SSW al sur, pasa a rumbo N-S al centro y cambia a rumbo NNW-SSE al norte. Según ellos se trata de una falla inversa que delimita por el occidente al Sinclinal de Usme – Tunjuelito.

3.1.2 Geología local

Se realizó con base en el reconocimiento detallado de campo, el estudio de información secundaria y el levantamiento topográfico suministrado por el

Contratante. Los resultados se registran en el **Plano 1 del Apéndice 1** y se describen a continuación:

3.1.2.1 Formación Regadera (Tr)

La Formación Regadera aflora en gran parte del barrio Buenos Aires - La Esperanza II Sector, está compuesta por estratos horizontales de arcillolitas de color amarillo (**Fotografía 1**), de grano fino a medio, friables cubiertas por suelos negros y suelos residuales. Teniendo en cuenta la descripción de la geología regional, el conjunto de rocas que se presentan en el barrio, corresponden al conjunto inferior de la Formación Regadera, las cuales presentan una estratificación horizontal. Según el estudio de la Unión Temporal Consultores en Riesgo (2002) del barrio San Ignacio (barrio colindante), la formación Regadera está constituida por intercalaciones de areniscas y arcillolitas y se encuentra parcialmente saturada, forma suelos a partir de desprendimientos de arcillolitas y areniscas (Ver Plano 1).



Fotografía 1. Detalle de las rocas de la Formación Regadera Superior, expuestas a superficie debido al corte de la vía que comunica el barrio Buenos Aires – La Esperanza II Sector con el barrio San Ignacio.

3.1.2.2 Suelos residuales (Qsr)

Los suelos residuales son producto de la meteorización y alteración del material parental, en éste caso de la formación Regadera Superior; básicamente son materiales arcillosos abigarrados de color gris a rojizo compacto. Esta unidad es de poca extensión en el área, presenta un espesor aproximado de 0.60m a 1m (**Fotografía 2**). En muchos sectores estos materiales presentan erosión laminar, reptación, fisuramiento (grietas), lo que permite la infiltración de las aguas de escorrentía superficial constituyendo una amenaza por inestabilidad del terreno. Sin embargo estos fenómenos no afectan las estructuras de las viviendas.



Fotografía 2. Detalle de los suelos residuales derivados de la formación Regadera Superior, Expuestas por un corte en un paso peatonal.

3.1.2.3 Suelos negros (Qsn)

Se encuentran expuestos en varias partes del barrio presenta espesores entre 0.3m y 1m, consisten en limos arcillosos orgánicos, compactos, en algunos sitios presenta fisuramiento, razón por la cual captan agua de superficie, aumentando su potencial de inestabilidad. Los suelos negros se observan en los taludes de corte de las explanaciones para la construcción de viviendas se localizan hacia la parte este del barrio (**Fotografía 3**). Estos suelos hacia la parte Sur del barrio fueron removidos para el cultivo de maizales, el cual no se hizo de manera tecnificada alterando la estabilidad del terreno.



Fotografía 3. Detalle de los suelos residuales derivados de la formación Regadera Superior, los cuales infrayacen a una capa de suelos negros, expuestos por un corte en un paso peatonal.

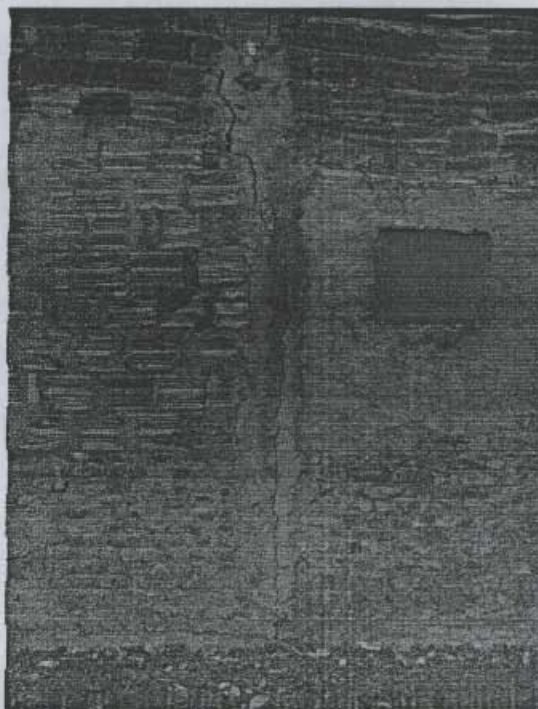
3.1.2.4 Rellenos antrópicos (Qra)

Corresponden a materiales depositados sin ninguna técnica, en el barrio se presentan en algunos sitios puntuales, son de baja calidad, con espesores apreciables (hasta 3,5 m), conformados por basuras y materiales de excavación, que consisten en limos arcillosos, de color café con vetas amarillas y grises, con presencia de raíces, óxidos de hierro, húmedos y muy poco compactos (Fotografía 4).

La presencia de estos rellenos, unida al hecho de que algunas viviendas presentan alta vulnerabilidad estructural debido a prácticas de construcción muy pobres (viviendas en mampostería con ausencia de columnas y vigas de arriostramiento), ha generado agrietamiento en unas pocas viviendas, principalmente en la manzana 3 del barrio (Fotografías 5).



Fotografía 4. Corte efectuado para la construcción de una escuela en el lote 8 de la manzana 3. Se observa expuesto el relleno con espesor de 3,60 m.



Fotografía 5. Casa M-3, L-3, costado norte. Columna agrietada por movimiento de rellenos.

3.1.3 Aspectos hidrogeológicos

Con respecto a la infiltración de las aguas lluvias y aguas servidas, los rellenos, los suelos residuales y suelos negros son susceptibles de inestabilidad, debido a su composición y alta permeabilidad. Los suelos residuales tienen un alto fisuramiento, lo que permite la circulación del agua de escorrentía subsuperficial hasta la interface con las rocas de la Formación Regadera Inferior, por tal motivo no se descarta la posibilidad de flujos de agua subterránea, especialmente durante temporadas lluviosas, debido a que las condiciones topográficas y geológicas lo facilitan.

Las rocas de la formación Regadera superior se pueden comportar como un acuicierre, por sus características permeables y por la disposición topográfica en la que se encuentran, sin embargo en el barrio Buenos Aires - La Esperanza II Sector esta condición no genera procesos de remoción en masa posiblemente por su buzamiento contra pendiente el cual favorece la estabilidad.

Los suelos negros permiten la circulación del agua lluvia y de escorrentía que se percola hasta su contacto con la formación Regadera o suelos residuales que lo subyacen. Razón por la cual se pueden llegar a presentar flujos de tierra o derrumbes durante época invernal.

De acuerdo con lo anterior, el área de localización del barrio es susceptible de inestabilidad por la escorrentía superficial y baja consistencia de los suelos.

3.1.4 Geomorfología

En el barrio se identificaron los procesos morfodinámicos y las características de los mismos con el propósito de calificar los parámetros del relieve de acuerdo con la metodología de zonificación adoptada.

3.1.4.1 Unidades geomorfológicas

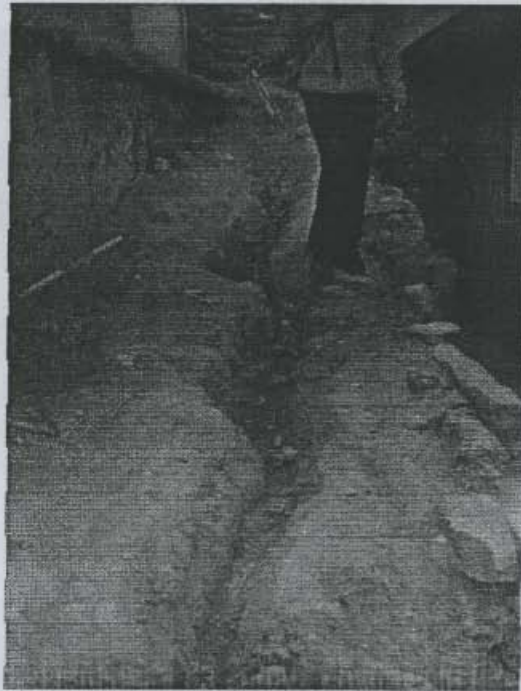
Según Ingeominas en 1998, el barrio Buenos Aires - La Esperanza II Sector, se localiza en una topografía escalonada y pendientes topográficas entre los 10° y 35°, constituida por alternancias de arcillolitas y areniscas, cubierta por suelos residuales. Con drenajes subdendrícos de baja densidad, los niveles arenosos conforman pequeños lomos y colinas alargadas.

3.1.4.2 Procesos morfodinámicos

A continuación se describen los procesos morfodinámicos identificados en el barrio Buenos Aires – La Esperanza II Sector:

- **Erosión laminar y en surcos**

La erosión se acentúa sobre áreas desprovistas de vegetación, donde se encuentran expuestos los suelos residuales y rellenos antrópicos. Ésta puede llegar a desencadenar una serie de procesos morfodinámicos como flujos de tierra y deslizamientos. La erosión laminar y en surcos se presenta principalmente en las vías de acceso peatonal, por donde circulan las aguas de escorrentía superficial y en los taludes de corte (**Fotografía 6**).



Fotografía 6. Erosión laminar y en surcos en vías sin pavimentar del sector.

- Reptación

Se manifiesta como un desplazamiento muy lento de la parte superficial del terreno, aún en taludes de pendiente moderada y con cobertura vegetal. En veranos prolongados el movimiento puede ser prácticamente nulo, pero en inviernos pronunciados puede alcanzar velocidades considerables (Fotografía 7). hacia la parte superior del barrio en el sector sin lotear, se presenta este proceso, con un pequeño escarpe, representando una amenaza puntual para las viviendas que se construyan en la manzana 2. El grado de esta amenaza aumenta por el hecho de que una parte de dicha zona se ha arado para fines de cultivo, lo cual incrementa el almacenamiento de agua en la capa de suelo residual.



Fotografía 7. Reptación del suelo residual en lote 5 de la manzana 5.

- Taludes de corte y explanaciones.

Los taludes de corte no están categorizados dentro del contexto global como procesos morfodinámicos; sin embargo, sí son parte del proceso antrópico de explanaciones que generan cambios en las geoformas debido al cambio de pendientes.

En el barrio, los taludes de corte no representan un potencial alto de inestabilidad, aunque estén expuestos los materiales característicos de la zona debido a su poco espesor y a que se ubican en la parte mas baja del barrio. Estos cortes son verticales y presentan alturas de 2 a 3m en suelos residuales y negros, y hasta de 8m en rocas de la formación Regadera Superior. No obstante hacia la parte sur del barrio es altamente susceptible a procesos de remoción en masa por la presencia de un escarpe que limita al barrio Buenos Aires con el barrio Serranía (Fotografía 8), el cual esta totalmente vertical desprovisto de vegetación y de obras de protección.



Fotografía 8. Corte efectuado para la construcción de una vivienda del Barrio Serranía (al norte del barrio Buenos Aires – La Esperanza II Sector). Se aprecia el macizo rocoso que conforma el lomo sobre el cual se encuentra construido el Barrio Buenos Aires – La Esperanza II Sector.

3.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

En el barrio Buenos Aires - La Esperanza II Sector se realizaron tres perforaciones (a profundidades de 3,0 m, 3,7 m y 4,4 m), en los diferentes rellenos existentes en el barrio, realizando de manera continua en el ensayo de SPT, con el fin de conocer los materiales involucrados en ellos y su respectivo espesor (Ver Apéndice 2).

De acuerdo con las perforaciones efectuadas, los rellenos están constituidos por basuras y materiales de excavación, que consisten en limos arcillosos, de color café claro con vetas amarillas y grises, con presencia de raíces, óxidos de hierro, húmedos, presentan basuras (plásticos). Estos materiales experimentan resistencias hasta de 12 golpes/pie con el ensayo de penetración estándar. A profundidades de 3,6 m.

El material limo arcilloso de color café yace sobre el suelo residual arcilloso abigarrado: de color gris a rojizo, compacto. Estos materiales experimentan resistencias con el ensayo de penetración estándar hasta de 40 golpes/pie a los 3,5 m de profundidad. No obstante en la perforación 23 el relleno yace sobre suelos negros limos arcillosos, compactos, con presencia de raíces delgadas y óxidos de hierro, y experimentan resistencias hasta de 25 golpes/pie con el ensayo de penetración estándar, a los 2,5 m de profundidad.

Los resultados de la exploración realizada permiten concluir que el espesor de los rellenos varía entre los 2,40 m y los 3,60 m de profundidad.

4 ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

En esta sección se presentan los análisis de información y los resultados obtenidos de acuerdo con los procedimientos metodológicos y criterios expuestos al inicio del informe.

4.1 EVALUACIÓN DE AMENAZA

Como se mencionó anteriormente, la evaluación de amenaza se fundamenta en la aplicación del método SES, y sus resultados se ajustaron de acuerdo con diversos criterios, como los procesos morfodinámicos y las observaciones de campo. Es importante precisar que la profundidad de la evaluación se circunscribe al alcance de los trabajos.

4.1.1 Aplicación de la Metodología SES

En la generación de los conceptos técnicos se empleó como base la metodología de SES Modificado (Sistema Semicuantitativo de Evaluación de Estabilidad) propuesta por Ramírez (1989) y modificada por González (1997), la cual se adjunta en el Anexo 2.

La metodología aplicada para la generación de estos conceptos califica variables como materiales, factor antrópico, relieve, drenaje, cobertura, clima, erosión y sismicidad, que se procesaron mediante la ayuda de un Sistema de Información geográfica (SIG) con el fin de establecer una zonificación aproximada de estabilidad. Los resultados se presentan en el Plano 2 del Apéndice 1.

4.1.1.1 Materiales (M)

El sistema semicuantitativo considera este parámetro como el de mayor incidencia en la estabilidad de la zona, adoptando un valor de 70 para la mayor calificación (mayor estabilidad), según el tipo de material: Roca, material intermedio y suelo.

En el barrio, los materiales clasifican dentro del contexto de roca (Regadera Superior) y suelo (rellenos, suelos arcillosos y suelos negros). Los puntajes asignados a estos materiales son los siguientes:

Desde el punto de vista de materiales, las zonas más susceptibles a procesos de remoción en masa corresponden a los rellenos que ocupan un 10% del área, a los suelos negros que ocupan el 20% del área aproximadamente, los cuales son inconfiados lateralmente por la disposición de cortes.

- Roca: 20 puntos
- Suelos residuales: 12 puntos
- Suelos Negros: 4 puntos
- Rellenos: 2 puntos

4.1.1.2 Factor antrópico (A)

La acción antrópica como agente detonante de fenómenos de remoción en masa constituye un factor determinante en la estabilidad del terreno; en el barrio uno de los principales problemas de inestabilidad del terreno está relacionado con la conformación inadecuada de rellenos antrópicos y algunos taludes de corte para la construcción de viviendas a media ladera (**Fotografía 9**).

Para la calificación de este parámetro se realizó un ajuste a la metodología SES, de acuerdo con las características del barrio; se conservó el nivel de intervención como severo, fuerte, moderado, incipiente y positivo; el ajuste efectuado consiste en la denominación de varios niveles:

- Zona I: Sectores potencialmente inestables y sin obras de drenaje. 5 puntos.
- Zona II: Cortes aislados y descargas de agua. 15 puntos.
- Zona III: Zonas de relleno de poco espesor (<2m) con cortes y sin descargas controladas de agua. 25 puntos
- Zona IV: Zonas de rellenos aislados de poco espesor con cortes y descarga controlada de agua. 30 puntos



Fotografía 9. Corte efectuado para la construcción de un Jardín Infantil en el lote 8 de la manzana 3, se observa expuesto a superficie un relleno con espesor de 3,60m.

4.1.1.3 Relieve (R)

La condición de inestabilidad de una ladera esta asociada en términos de relieve, a las características morfométricas y a los procesos morfodinámicos actuantes sobre ellas. La calificación de este parámetro en el barrio se efectuó con respecto al mapa

de pendientes arrojado por el SIG y la forma de la ladera (convexa, rectilínea o cóncava) de acuerdo con el modelo de J. B. Dalrymple et al. (1966), donde se adoptaron valores de 5, 3 o 0, asignando el mejor valor a las áreas con menor susceptibilidad a deslizamiento (formas convexas).

- Puntaje 5: Zona de ladera convexa.
- Puntaje 3: Zona de ladera recta.
- Puntaje 0: Zona de ladera cóncava.

En el barrio, las zonas de mayor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa son las áreas cóncavas del costado norte y sur del barrio, donde están ubicados los suelos negros y rocas de la formación Regadera Superior.

4.1.1.4 Drenaje (D)

Este parámetro se evaluó considerando dos aspectos: La facilidad de drenaje y la pendiente promedio del cauce, como se muestra en la **Tabla 2**. Por tratarse de áreas pequeñas en general, se cambió la característica densidad de drenaje por facilidad de drenaje.

Tabla 2. Valores de estabilidad por drenaje

PENDIENTE PROMEDIO DE CAUCES	FACILIDAD DE DRENAJE		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Alta (>15°)	35	30	23
Media (5-15°)	25	19	13
Baja (0-5°)	16	10	6

4.1.1.5 Cobertura (U)

La cobertura constituye un factor determinante en las condiciones de estabilidad de una ladera, principalmente en lo referente al control de erosión e infiltración de aguas de escorrentía. El área se zonificó con respecto a la densidad de viviendas o cubrimiento (mayor o menor al 50%), con respecto al pavimento de las calles (sin afirmado, afirmado y pavimento) y rastrojo bajo cultivos permanentes o semipermanentes

- Zona I: Zonas de rastrojo bajo y cultivos permanentes o semipermanentes: 17 puntos
- Zona II: Pastos o vegetación herbácea: 14 puntos
- Zona III: Cobertura impermeable (pavimento) y viviendas con cubrimiento > 50% : 20 Puntos

- Zona IV: Cobertura permeable y viviendas con cubrimiento < 50% : 12 puntos

4.1.1.6 Clima (C)

La cuantificación de este parámetro se realiza con base en la relación lluvia – deslizamiento, teniendo en cuenta el trabajo de Castellanos y otros (1999), que determina la lluvia crítica y su período de retorno para cada zona. De acuerdo con el estudio de Castellanos, para el barrio corresponde la Estación de Santa Lucía para la cual la tasa de retorno de la lluvia crítica es de 24,6 años, a la cual la metodología asigna un puntaje de 32. El parámetro se relaciona con los valores de las otras variables dentro de esta metodología por ser un factor detonante de los eventos de inestabilidad (lluvia).

4.1.1.7 Erosión (E)

En la evaluación de este factor se tuvo en cuenta el tipo de erosión, la proximidad a los cauces y la influencia como agente desencadenante de movimientos en masa. En el barrio los procesos observados fueron erosión laminar, erosión en surcos, y áreas sin procesos erosivos. Estos procesos se presentan en gran parte del barrio (calles, lotes y áreas descubiertas de pastos y vegetación).

- Áreas sin erosión: 12 puntos.
- Erosión laminar: 10 puntos.
- Erosión en surcos: 8 puntos.

El barrio en su totalidad es susceptible a la inestabilidad por erosión debido a la composición de sus materiales, a la inadecuada construcción y distribución de las viviendas y a las calles destapadas del barrio.

4.1.1.8 Sismicidad (S)

De acuerdo con el Estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá (Ingeominas y Uniandes, 1997) y como ya se refirió antes, se estableció que el barrio pertenece a la zona 1 – Cerros, a la que le corresponde un coeficiente a_h de 0,24 g. De otra parte, según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente (NSR – 98), el tipo de perfil de suelo puede asociarse con el S3. En consecuencia toda la zona tiene una calificación de 1.

4.1.1.9 Resultados de la aplicación del método SES

En el Plano 2 se presenta el resultado final de la aplicación del método que corresponde a la sumatoria, en cada punto, de la calificación obtenida de cada una de las variables consideradas, empleando para ello una herramienta SIG, e interpretando los resultados como una medida de la estabilidad, dentro de los rangos establecidos por la metodología y que se reproducen en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Rangos de calificación metodología SES (Fuente: FOPAE, 2005)

CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD (CES)
Alta	Menor de 146
Media	Entre 146 y 171
Baja	Mayor de 171

Como se observa en el plano, prácticamente toda el área del barrio se encontraría en categoría alta, con algunos pequeños sectores en amenaza media; dicho resultado no refleja directamente la verdadera condición del barrio, por lo que se procederá a utilizar los demás criterios enunciados para la evaluación definitiva de amenaza.

4.1.2 Antecedentes históricos de remoción en masa en la zona

De acuerdo con la búsqueda de antecedentes, el primer registro documental lo constituye el Diagnóstico No. DI-2042 de la DPAAE, que data del mes de junio de 2004, consistente en el análisis de un deslizamiento de tipo rotacional en un talud de corte de la parte posterior del predio del Señor Víctor Julio Melo, identificado con dirección Calle 49B Bis A Sur No. 2F – 05, formulado por la Alcaldía Local de Rafael Uribe Uribe a la Unidad Ejecutiva Local DEL, (Dirección Ejecutiva de Localidades) de la Secretaría de Gobierno.

En dicho documento se establece, entre otros aspectos, que se presentan en esta zona niveles de riesgo muy altos, especialmente de carácter geotécnico, por una fuerte intervención antrópica donde se realizan cortes verticales para el emplazamiento de viviendas sin implementar medidas para la estabilización del terreno y manejo del agua lluvia y de escorrentía, lo que aumenta la infiltración y saturación de los materiales que conforman los taludes, incrementando la susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa. Estas condiciones permiten inferir para el sector una calificación de amenaza alta por movimientos en masa de tipo deslizamiento.

Se enfatiza en la amenaza que representa la alta intervención antrópica en el sector que genero un deslizamiento de tipo rotacional, conformado por un material saprolítico que consiste en un suelo de textura arenosa con bloques cuyo tamaño no supera los 20 cm de diámetro producto de la meteorización de areniscas y presenta una cobertura vegetal de pastos.

Se concluye que debido a los empujes del terreno se puede presentar el colapso total de la vivienda del señor Melo y de no implementarse la obra para la estabilización y protección del talud afectado y el adecuado manejo del agua lluvia y de escorrentía se puede presentar el avance retrogresivo del deslizamiento comprometiendo la estabilidad del predio de la señora Johana Sarmiento.

4.1.3 Zonificación de amenaza

Consideradas la información y los criterios consignados se define la zonificación de amenaza que se presenta en el **Plano 3 del Apéndice 1**.

4.1.4 Calificación de amenaza

En la **Tabla 4, del Apéndice 3**, se presentan los resultados obtenidos discriminados según las categorías de amenaza, y según la nomenclatura de manzanas y predios entregada por DPAAE.

4.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

De acuerdo con la metodología propuesta, la vulnerabilidad física de las viviendas es una variable que solamente se analiza en las zonas que presentan amenaza media y alta, y se tienen en cuenta dos factores: Exposición y resistencia de los elementos expuestos, que en este caso son las viviendas.

El factor exposición se define en términos de la ubicación del elemento en relación con el área de influencia de la amenaza, y particularmente para los procesos de remoción en masa, está también relacionado con la ubicación relativa según el tipo de proceso que origina las condiciones de amenaza.

La mayor amenaza en este barrio está relacionada con la eventual inestabilidad de los taludes de corte de las viviendas sobre suelo residual y suelos negros y los procesos de reptación, frente a la cual estas edificaciones están altamente expuestas y presentan una resistencia media, por lo que se concluye que para estas zonas la vulnerabilidad es media.

4.3 EVALUACIÓN DE RIESGO

Considerando la situación de amenaza y condición de vulnerabilidad se definen en riesgo medio las viviendas localizadas sobre los suelos residuales y que han efectuado cortes para su construcción o se encuentran en proceso de reptación; el resto del barrio se encuentra en riesgo bajo por remoción en masa. De acuerdo con los resultados de este trabajo no hay predios en alto riesgo.

Los resultados se muestran en la **Tabla 5 del Apéndice 3** y en el **Plano 4 del Apéndice 1**.

5 CONCEPTO DE RIESGO

De acuerdo con el trabajo adelantado y la información recolectada puede concluirse lo siguiente:

- El barrio Buenos Aires – La Esperanza II Sector, desde la perspectiva del riesgo por remoción en masa puede ser legalizado con restricciones, que se aplican a los sectores de amenaza y riesgo altos.

- El barrio presenta mayoritariamente amenaza media por remoción en masa, en sectores donde se han efectuado cortes al terreno, conformado por suelos residuales. Las viviendas allí emplazadas presentan una vulnerabilidad media frente a la eventual materialización de un proceso de inestabilidad.

En las **Tablas 6 y 7** se presentan resúmenes de amenaza y riesgo por remoción en masa para este barrio.

Tabla 6. Resumen de calificación de amenaza

CALIFICACIÓN DE AMENAZA	PREDIOS
AMENAZA ALTA	Manzana 2 Predio 1, Zona Verde y Zona Comunal 1 Manzana 4 Predios 1 a 4 y ZC2
AMENAZA MEDIA	Manzana 1 Todos los predios Manzana 3 Predios 1 y 11 Manzana 4 Predios 5 a 7 Manzana 5 Todos los predios
AMENAZA BAJA	Resto del barrio

Tabla 7. Resumen de calificación de riesgo

CALIFICACIÓN DE RIESGO	PREDIOS	RECOMENDACIONES
RIESGO ALTO MITIGABLE	Manzana 4 Predios 1 a 4 y ZC2	Su desarrollo debe quedar condicionado a la ejecución de estudios geotécnicos detallados. En el caso de ZC2 se debe destinar como suelo de protección por riesgo.
RIESGO MEDIO	Manzana 1 Todos los predios Manzana 2 Todos los predios Manzana 3 Predios 1 y 11 Manzana 4 Predios 5 a 7 Manzana 5 Todos los predios	Continuar con el trámite de legalización. Su desarrollo debe supeditarse al cumplimiento de la Resolución 364 de 2000
RIESGO BAJO	Resto del barrio	Continuar con el trámite de legalización.

6 RECOMENDACIONES

De conformidad con los resultados del trabajo se plantea la ejecución de las siguientes medidas que permitirían la reducción del riesgo:

- En el sector de la manzana 4 se recomienda adelantar un estudio que defina las obras de mitigación adecuadas.
- La amenaza presente en el barrio por el fenómeno de remoción en masa tipo reptación puede ser mitigada mediante la construcción de un sistema drenaje superficial (cunetas) y subsuperficial (filtros) que minimice la acumulación de agua en la capa de suelo residual.
- Los daños en las viviendas construidas sobre los rellenos se pueden minimizar mediante la adopción de prácticas constructivas adecuadas, mejorando el sistema de resistencia estructural de las viviendas y profundizando su cimentación.

7 FUENTES DE CONSULTA

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente NSR98. Bogotá, Colombia.

Cantillo R., Carlos (1998). Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Remoción en Masa a Escala Local. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, DPAE (Varios años). Centro de Documentación e Información - Conceptos y diagnósticos técnicos. Bogotá, Colombia.

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, FOPAE (2005). Términos de Referencia Definitivos Invitación Pública para Contratación Directa FOPAE 7302 - 64 - 2005. Bogotá, Colombia.

González, A. J., Zamudio, E., Castellanos, R. (1999). Relación de Precipitación - Duración de Lluvias que Disparan Movimientos en Masa en Santafé de Bogotá, Colombia.

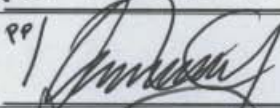
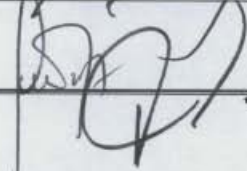
Ingeominas y Universidad de los Andes (1997). Estudio de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Bogotá, Colombia.

Portal www.redbogota.com del programa Red Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia (2005). Sitio en Internet: <http://www.lopublico.redbogota.com>

Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá, SIRE (2005). Sitio en internet: <http://www.sire.gov.co>

CONSULTORÍA PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA
LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C.

Unión Temporal Consultores en Riesgos (2002) (Omar Darío Cardona, C. Cantillo & Consulcons Ltda.) para FOPAE. Estudio de Zonificación de Amenaza por Remoción en Masa en los barrios San Ignacio y San Martín en la Localidad de Usme de la Ciudad de Bogotá, D. C. Bogotá, Colombia.

ELABORÓ	UNIÓN TEMPORAL CRC – Contrato de consultoría CONS- 526-05 CARLOS H. CANTILLO RUEDA Representante Legal y Especialista en Riesgos T. P. 2520233583 CND	 E..
REVISÓ	CÉSAR FERNANDO PEÑA PINZÓN Geólogo - Especialista en Geotecnia M. P. 1751 C.P.G.	
REVISÓ	DIANA PATRICIA ARÉVALO S. Jefe Grupo Estudios Técnicos y Conceptos DPAE	pp/ 
APROBÓ	GUILLERMO ÁVILA Coordinador Área de Investigación y Desarrollo DPAE	
Vo. Bo.	FERNANDO RAMÍREZ CORTÉS Director DPAE	

UNIÓN TEMPORAL CRC
APÉNDICE 1
PLANOS

UNIÓN TEMPORAL CRC
APÉNDICE 2
REGISTROS DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Perforación No. 22

Nombre: CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA
LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C.

Proyecto: 1

Hoja 1 de 1

Localización: Barrio Buenos Aires - La Esperanza

Cota:

Fecha: Ene-06

Profundidad (m)	Clasificac. USDC	DESCRIPCION	Nivel Freático	Muestra	Recobro (%)	RQD (%)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)					SPT (N _{campo})					Lavado sobre tamiz 200										
							10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70
							Resistencia al corte Cu (t/m ²)					Peso Unitario (t/m ³)					Límites y Humedad Natural										
					2	4	6	8	10	12	14	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	10	20	30	40	50	60	70		
1,0		Relleno antrópico constituido por basuras (plásticos) y materiales de excavación: limo arcilloso, café claro con vetas amarillas y grises, húmedo, presenta raíces y óxidos de hierro.																									
2,0			1																								
3,0			3,60																								
4,0			Suelo residual arcilloso abigarrado: de color gris a rojizo, compacto.																								
5,0		4.40 fin de sondeo																									
6,0																											
7,0																											
8,0																											
9,0																											
10,0																											
11,0																											

CONVENCIONES

Muestra	Inalterada	Tubo Partido	Núcleo	Alterada	<ul style="list-style-type: none"> ■ Compresión confinada ✕ Veleta de Laboratorio □ Veleta de campo ○ Penetrómetro manual-inalt. ● Penetrómetro manual-alter. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Número de golpes/ pie (N) ▲ Peso Unitario Total 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lavado sobre tamiz 200 H.natural L.Plástico L.Líquido
---------	------------	--------------	--------	----------	--	--	--



Perforación No. 23

Nombre: CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C.

Proyecto: 1

Hoja 1 de 1

Localización: Buenos Aires - La Esperanza

Cota: _____

Fecha: Ene-06

Profundidad (m)	Clasific. USC	DESCRIPCIÓN	Nivel Freatico	Muestra	Recobro (%)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)						SPT (N_{campo})						Lavado sobre tamiz 200								
						10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70
						Resistencia al corte C_u (t/m^2)						Peso Unitario (t/m^3)						Límites y Humedad Natural								
						2	4	6	8	10	12	14	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	10	20	30	40	50	60	70
1,0		Relleno antrópico constituido por basuras (plásticos) y materiales de excavación: limo arcilloso, café claro con vetas amarillas y grises, húmedo, presenta raíces y óxidos de hierro.																								
				1									8													
2,0				2									12													
		2.40		3									25													
3,0		Suelos negros: material limo arcilloso, compacto, con raíces delgadas y óxidos de hierro.		4									40													
		3.00 fin de sondeo																								
4,0																										
5,0																										
6,0																										
7,0																										
8,0																										
9,0																										
10,0																										
11,0																										



CONVENCIONES

Muestra

Inalterada
Tubo Partido



- Compresión inconfínada
- ✕ Veleta de Laboratorio
- Veleta de campo

● Número de golpes/ pie (N)

■ Lavado sobre tamiz 200



Perforación No. 24

Nombre: CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C.

Proyecto: 1

Hoja 1 de 1

Localización: Buenos Aires - La Esperanza

Cota:

Fecha: Ene-06

Profundidad (m)	Clasificac. USC	DESCRIPCION	Nivel Freatico	Muestra	Recobro (%)	RQD (%)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (δ)							SPT (N _{campo})							Lavado sobre tamiz 200									
							10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70	10	20	30	40	50	60	70			
							Resistencia al corte Cu (t/m ²)							Peso Unitario (t/m ³)							Límites y Humedad Natural									
							2	4	6	8	10	12	14	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	10	20	30	40	50	60	70			
1,0		Relleno antrópico constituido por escombros de construcción y de excavación: limo arcilloso, café claro con vetas amarillas y grises, presenta raíces, húmedo y poco compacto.		X																										
2,0				X																										
3,0		3.20		X																										
4,0		Material limoso - arcilloso: de color amarillento, con raíces delgadas, presenta restos de		X																										
5,0		3.70 fin de sondeo																												
6,0																														
7,0																														
8,0																														
9,0																														
10,0																														
11,0																														

CONVENCIONES

- Muestra
- Inalterada
- Tubo Partido
- Compresión inconfiada
- × Veleta de Laboratorio
- Veleta de campo
- Número de golpes/ pie (N)
- Lavado sobre tamiz 200



UNIÓN TEMPORAL CRC
APÉNDICE 3
TABLAS DE CALIFICACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO

TABLA 4
CALIFICACIÓN DE AMENAZA, BARRIO BUENOS AIRES – LA ESPERANZA II SECTOR

MANZANA	PREDIO	CÓDIGO	AMENAZA
02	01	BE-02-06	ALTA
02	ZONA VERDE		ALTA
02	ZONA COMUNAL 1		ALTA
04	01	BE-04-01	ALTA
04	02	BE-04-02	ALTA
04	03	BE-04-03	ALTA
04	04	BE-04-04	ALTA
04	ZC2		ALTA
03	01	BE-03-01	MEDIA
03	11	BE-03-11	MEDIA
05	01	BE-05-01	MEDIA
05	02	BE-05-02	MEDIA
05	03	BE-05-03	MEDIA
05	04	BE-05-04	MEDIA
05	05	BE-05-05	MEDIA
05	06	BE-05-06	MEDIA
05	07	BE-05-07	MEDIA
01	01	BE-01-01	MEDIA
01	02	BE-01-02	MEDIA
01	03	BE-01-03	MEDIA
01	04	BE-01-04	MEDIA
01	05	BE-01-05	MEDIA
01	06	BE-01-06	MEDIA
01	07	BE-01-07	MEDIA
01	08	BE-01-08	MEDIA
02	01	BE-02-01	MEDIA
02	02	BE-02-02	MEDIA
02	03	BE-02-03	MEDIA
02	04	BE-02-04	MEDIA
02	05	BE-02-05	MEDIA
04	05	BE-04-05	MEDIA
04	06	BE-04-06	MEDIA
04	07	BE-04-07	MEDIA
03	02	BE-03-02	BAJA
03	03	BE-03-03	BAJA
03	04	BE-03-04	BAJA
03	05	BE-03-05	BAJA
03	06	BE-03-06	BAJA
03	07	BE-03-07	BAJA
03	08	BE-03-08	BAJA
03	09	BE-03-09	BAJA
03	10	BE-03-10	BAJA

TABLA 5
CALIFICACIÓN DE RIESGO, BARRIO BUENOS AIRES – LA ESPERANZA II SECTOR

MANZANA	PREDIO	CÓDIGO	RIESGO
04	01	BE-04-01	ALTO
04	02	BE-04-02	ALTO
04	03	BE-04-03	ALTO
04	04	BE-04-04	ALTO
04	ZC2		ALTO
04	05	BE-04-05	MEDIO
04	06	BE-04-06	MEDIO
04	07	BE-04-07	MEDIO
02	01	BE-02-01	MEDIO
02	ZONA VERDE		MEDIO
02	ZONA COMUNAL 1		MEDIO
03	01	BE-03-01	MEDIO
03	11	BE-03-11	MEDIO
05	01	BE-05-01	MEDIO
05	02	BE-05-02	MEDIO
05	03	BE-05-03	MEDIO
05	04	BE-05-04	MEDIO
05	05	BE-05-05	MEDIO
05	06	BE-05-06	MEDIO
05	07	BE-05-07	MEDIO
01	01	BE-01-01	MEDIO
01	02	BE-01-02	MEDIO
01	03	BE-01-03	MEDIO
01	04	BE-01-04	MEDIO
01	05	BE-01-05	MEDIO
01	06	BE-01-06	MEDIO
01	07	BE-01-07	MEDIO
01	08	BE-01-08	MEDIO
03	02	BE-03-02	BAJO
03	03	BE-03-03	BAJO
03	04	BE-03-04	BAJO
03	05	BE-03-05	BAJO
03	06	BE-03-06	BAJO
03	07	BE-03-07	BAJO
03	08	BE-03-08	BAJO
03	09	BE-03-09	BAJO
03	10	BE-03-10	BAJO

UNIÓN TEMPORAL CRC
ANEXO 1
REFERENTE CONCEPTUAL

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS – DPAE –
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 526 DE 2005

CONSULTORÍA PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS DE RIESGO
POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA LEGALIZACIÓN DE DESARROLLOS EN
LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C.

UNIÓN TEMPORAL CRC

ANEXO 1 AL CONCEPTO TÉCNICO DE RIESGO

MARCO CONCEPTUAL

Conceptos básicos

De acuerdo con Cardona (1997), la amenaza o peligro, o factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, está representada por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un cierto sitio y en cierto período de tiempo. La amenaza es el potencial de ocurrencia del fenómeno; no es el fenómeno, ni el evento.

Al respecto Sánchez-Silva (1997) establece que dependiendo de la delimitación del sistema, la amenaza podría estar incluida dentro del mismo y por lo tanto no necesariamente ser un factor de riesgo externo.

Resumiendo y complementando lo anterior, se puede definir la amenaza como el peligro latente, de carácter externo o interno al sistema bajo estudio, que tiene un potencial de materialización en un período dado (probabilidad de ocurrencia), caracterizable en el tiempo, que está relacionado con un área potencialmente afectada y cuya severidad puede ser determinada cuantitativa y cualitativamente. (Cantillo, 1999).

Se puede definir entonces la amenaza por deslizamientos como la probabilidad de ocurrencia de un evento geotécnico (proceso de inestabilidad) capaz de producir daño en un espacio e intervalo de tiempo determinado. (Rodríguez, 2001).

De otra parte, la vulnerabilidad puede entenderse como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas. La resiliencia es la capacidad de recuperación de un sistema.

Un desastre es un proceso social que reviste una situación de anormalidad, como consecuencia de la materialización de una amenaza, que implica pérdidas ambientales (humanas y/o materiales), en un contexto determinado por la

vulnerabilidad y resiliencia del sistema afectado. El riesgo es el desastre potencial, definido como el daño, destrucción o pérdida esperada obtenida de la convolución de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y en un cierto período de tiempo. (Cardona, 1997, ref. cit.)

Se entiende como "Gestión de Riesgo" el conjunto de acciones encaminadas a la reducción de los niveles de riesgo de un contexto específico, relacionadas con la promoción, divulgación, planeación y ejecución de medidas de manejo de riesgos y desastres y preparativos para desastres. La visión moderna de la gestión del riesgo implica cuatro políticas públicas distintas:

- a) La identificación del riesgo (que involucra la percepción individual, la representación social y la estimación objetiva)
- b) La reducción del riesgo (que involucra a la prevención - mitigación)
- c) La transferencia del riesgo (que tiene que ver con la protección financiera)
- d) El manejo de desastres (que corresponde a la respuesta y la reconstrucción).

(Cardona, 2003).

Procesos de remoción en masa

Nuestro planeta es un sistema dinámico, contando con varios procesos de modelación del paisaje, entre ellos la denudación, inducida por fenómenos climáticos y geológicos naturales, a los cuales, en tiempos recientes de la edad geológica, se ha unido la acción humana que se presenta en varias direcciones: Como agente directo de modificación del paisaje o como generador y/o catalizador de los procesos de denudación. Dentro de los procesos de denudación se encuentran los llamados procesos de remoción en masa (en el presente trabajo se consideran expresiones sinónimas las siguientes: "Movimientos en masa", "movimientos de falla de taludes", "inestabilidad de taludes", "inestabilidad del terreno" y en forma genérica, aunque con reservas por las confusiones que puede generar el término "deslizamientos"), que vienen a constituirse en una de las amenazas más frecuentes y más severas que afectan el territorio colombiano y los cuales pueden ser caracterizados de diversas maneras, según su tipo y su dinámica espacial y temporal. (Cantillo, 1998). Bajo el término "Procesos de Remoción en Masa" se designa a los movimientos de falla del terreno que abarcan un volumen apreciable de material (suelo o roca), incluyendo una gran variedad de movimientos y tipos de materiales. (Castellanos, 1996).

Se utiliza el término deslizamiento en su carácter general, para abarcar casi todas las variedades de movimientos en masa de taludes incluyendo caídas de roca y suelo, volcamiento, deslizamientos rotacionales y traslacionales, flujos de tierra, detritos y de lodos, algunos de los cuales en rigor presentan poco a ningún movimiento sobre superficie de rotura definida como se concibe un verdadero

deslizamiento. Otro término general muy usado en Colombia es el de "derrumbe" que es empleado para referirse a la acumulación de materiales de un talud que han sufrido deslizamientos y quedan en reposo más abajo de su posición original. (García, Manuel, citado por Castellanos, 1996).

El sistema más común de clasificación de deslizamientos es el propuesto por Varnes (1978), por lo que también ha sido el más utilizado para definir el tipo de amenaza, como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Clasificación de deslizamientos según Varnes (1978)

MATERIAL MECANISMO DE FALLA	ROCA	SUELO	
		Fino	Granular
Caídas	Caída de roca	Caídas de suelo	Caídas de detritos
Deslizamiento rotacional	Hundimiento en roca	Hundimiento de suelo	Hundimientos de detritos
Deslizamiento traslacional	Deslizamiento traslacional en roca	Deslizamiento traslacional en suelo	Deslizamiento traslacional de detritos
Flujos	Flujos de roca	Flujos de lodo o flujo de tierra	Flujos de detritos
Propagación lateral	Propagación lateral		
Complejos	Movimientos complejos		

El fenómeno de los deslizamientos se basa en que: "Toda masa de suelo situada debajo de la superficie de una ladera o talud natural, o bien debajo de la superficie del talud formado por un desmonte o excavación, tiene tendencia a desplazarse hacia abajo y hacia afuera por efecto de su propio peso. Cuando esta tendencia es contrarrestada por la resistencia al corte de suelo, el talud es estable; en caso contrario, se produce el deslizamiento" (K. Terzaghi, 1950, citado por Castellanos, 1996). Esta definición, aunque sencilla, envuelve un fenómeno cuya naturaleza es compleja, si se consideran sus causas, la diversidad de mecanismos que producen la falla del terreno, las consecuencias de la falla y las consideraciones requeridas para su corrección. (Castellanos, 1996).

El análisis de taludes tradicional considera que las causas de los deslizamientos pueden ser internas y externas; las primeras (que en el presente trabajo se denominarán como factores intrínsecos o inherentes) tienen que ver con la litología (tipo de material), sus condiciones (estado de meteorización, estructura) y la presencia y acción del agua subterránea; casi siempre las causas internas producen cambios sobre la resistencia al corte del terreno.

Las causas externas tienen que ver con las alteraciones bien sea por la acción de fenómenos naturales -lluvias, sismos, pérdida de soporte por socavación de corrientes de agua, volcanes- o por factores antrópicos -sobrecargas en la parte superior de un talud (rellenos, obras), cortes en la base (minería, obras de ingeniería y otras), modificación perjudicial del régimen de drenaje y deforestación-. La mayor influencia de las causas externas se manifiesta en un aumento del esfuerzo cortante aplicado a los materiales que forman el talud.

Es común hacer referencia a la acción de las causas enunciadas, como factores contribuyentes o disparadores. Como factores contribuyentes pueden actuar bien las causas internas o externas en relación con los fenómenos o procesos que hacen susceptible a la falla un talud (Ej. materiales débiles o alterados, la pendiente natural, etc.). Los agentes (o factores) disparadores (o detonantes) son aquellos que actúan de manera tal o en determinado momento que producen la disminución necesaria de resistencia o el aumento suficiente de esfuerzos que dispara la falla, al sobrepasarse el umbral donde el esfuerzo aplicado es menor a la resistencia. (Cantillo, 1998 y Castellanos, 1996).

Para los efectos de este trabajo se define susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa como la potencial actitud o vocación de una masa de suelo o roca en talud, a alterar sus condiciones de estabilidad, ante la acción de uno o varios agentes disparadores. Se acostumbra distinguir zonas de susceptibilidad baja a nula, media y alta. La susceptibilidad es una réplica conceptual de vulnerabilidad (en este caso el agente disparador actuaría como amenaza y la masa de suelo a manera de elemento expuesto). Las consecuencias de la acción del agente disparador sobre un terreno susceptible, pueden ser potenciales (similitud con el riesgo) o efectivamente presentarse un movimiento en masa (similitud con la concepción de desastre). (Cantillo, 1998).

De acuerdo con González (1990), los movimientos de remoción en masa pueden considerarse como fenómenos de segundo orden, pues son producto de factores naturales o artificiales, los cuales constituyen los eventos de primer orden o causas.

Desde esta óptica, al considerar la acción combinada de una amenaza de primer orden (evento detonante que materializa el proceso de inestabilidad, como por ejemplo lluvias, movimientos sísmicos, erosión natural, efectos de la acción del hombre, o combinaciones de ellos), que encuentra condiciones favorables en la naturaleza y nivel de exposición del terreno (susceptibilidad), se está planteando la primera fase de la cadena del riesgo. Una vez configurado el proceso de inestabilidad, aunque sea potencial, éste se convierte en amenaza para los elementos expuestos (población, edificaciones, infraestructura, actividades y relaciones de la comunidad, etc.), los cuales presentan unas determinadas características tanto de exposición como de resistencia a sus efectos y un nivel de resiliencia, que definirán el nivel potencial de daños o pérdidas (riesgo). (Cantillo, 1998).

Fuentes de consulta

Cantillo R., Carlos (1999). Fundamentos Conceptuales sobre Riesgos y Desastres. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

Cantillo R., Carlos (1998). Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Remoción en Masa a Escala Local. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Cardona A., Omar D. (2003). Memorias Curso Virtual de Gestión de Riesgos. Structuralia y Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Cardona A., Omar D. (1997). Los Desastres: Eventos Ambientales. Artículo Técnico. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Castellanos J., Ramiro N. (1996). Lluvias Críticas en la Evaluación de Amenaza de Eventos de Remoción en Masa. Tesis de Postgrado, Magister en Geotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

González G., Alvaro J. (1990). Conceptos sobre la Evaluación de Riesgo por Deslizamientos. VI Jornadas Geotécnicas. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá, Colombia.

Rodríguez C. E. (2001). *Hazard Assessment of Earthquakes induce Landslides on Natural Slopes. Ph. D. Tesis, Imperial College. London, U. K.*

Sánchez - Silva, Mauricio (1997). Estrategias para la Evaluación de Riesgos. Universidad de los Andes. Especialización en Evaluación de Riesgos y Prevención de Desastres. Bogotá, Colombia.

UNIÓN TEMPORAL CRC
ANEXO 2
METODOLOGÍA SES MODIFICADA

**ANEXO N° 2 – TOMADO DE FOPAE (2005)
SISTEMA SEMICUANTITATIVO DE ESTABILIDAD
SES MODIFICADO**

1. MARCO METODOLÓGICO PARA LA EMISIÓN DE CONCEPTOS TÉCNICOS

En este inciso se presenta de manera muy sucinta la metodología aplicada en el proceso de generación de conceptos técnicos la cual, dada las implicaciones así como los recursos que demanda.

1.1 METODOLOGÍA Y VARIABLES

La metodología aplicada consiste en el SES Modificado (Sistema Semicuantitativo de Evaluación de Estabilidad) propuesta por Ramírez (1989) y modificado por González (1997), a la cual se le incorporó y evaluó la variable Factor Antrópico (A) del mismo modo como se adoptaron, en algunos casos, criterios y valores diferentes en su evaluación; así por ejemplo para la condición estructural se tiene una influencia significativa de la orientación de las discontinuidades con respecto a la cara libre de los escarpes, la valuación del drenaje se concibió bajo criterios diferentes a la metodología original.

A continuación se describe de manera breve las variables y criterios empleados

1.1.1 MATERIALES - M (Puntaje Máximo: 70)

El sistema semicuantitativo de evaluación de estabilidad dentro de los parámetros de evaluación considera al material como el de mayor incidencia en la estabilidad de una zona o región. Su valoración en términos cualitativos se hace en función de la litología: Roca, material intermedio y suelo.

• **Roca**

El material tipo roca se valora de acuerdo al origen y textura (litología), resistencia del material rocoso y condición de fracturamiento (determinado con base en la densidad de fracturamiento), Tablas N° 1.1 y N° 1.2

Tabla N° 1.1. Criterios para definición de tipo de roca

TIPO DE ROCA							
ORIGEN	Textura	FÁBRICA					
		NO ORIENTADA			ORIENTADA		
		Entrelazada	Cementada	Consolidada	Foliada	Cementada	Consolidada
ÍGNEO	Cristalino	R 1					
	Piroclástico		R 2				
METAMÓRFICO	Cristalina						
	Masiva	R 1					
	Cristalina						
	Foliada				R 2		
SEDIMENTARIO	Cristalina	R 2					
	Clástica		R 3	R 3		R 4	R 4

Tabla N° 1.2. Matriz de Valores de Estabilidad para roca

TIPO ROCA	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	FRACTURAMIENTO (TAMAÑO BLOQUE - cm)			
		Mínimo (masiva) (<100)	Ligero (10-100)	Moderado (1-10)	Intenso (< 1)
R1	Alta ($\sigma_c > 1120$)	50	39	21	9
R2	Media ($560 < \sigma_c <$	38	29	16	7
R3	Baja ($280 < \sigma_c < 560$)	35	25	15	8
R4	Muy baja ($\sigma_c < 280$)	30	20	12	8

Para la resistencia a la compresión se modificaron los rangos de clasificación del material rocoso originalmente propuestos por Ramírez (1989) por los de la escala propuesta por Deery Miller, donde el límite de roca de resistencia muy baja es 280 kg/cm², el cual está acorde con el tipo de rocas presentes en el área del Distrito (Ingeocim Ltda.).

Adicionalmente en la condición estructural más particularmente se considera la orientación de las discontinuidades relacionadas con diaclasas o fracturas y que condicionen la estabilidad de escarpes o laderas; para el efecto, se consideran los valores planteados en la Tabla N° 1.3.

Tabla N° 1.3. Matriz de Valores de Estabilidad por orientación de discontinuidades para roca

Orientación discontinuidades	Puntuación
Favorable o neutro	20
Desfavorable	5
Muy desfavorable	0

• Material Intermedio

Para el material intermedio se valora la matriz y la influencia de las estructuras heredadas. Se consideran materiales intermedios los depósitos del cono del Tunjuelo (Qct), conos de deyección (Qcd), Terrazas altas (Qta) y depósitos de Talus (Qdt) y coluviales (Qdlc). Los depósitos coluviales y fluvioglaciares que están constituidos por más del 70% de clastos se consideran, también, como material intermedio. Su valoración se efectúa según se relaciona en las Tablas N° 1.4, N° 1.5 y N° 1.6.

Tabla N° 1.4. Matriz de Valores de Estabilidad para material intermedio

ROCA PARENTAL		Erodabilidad de la Matriz				Influencia de las Estructuras *			
		Baja	Media	Alta	Muy alta	Baja	Media	Alta	Muy Alta
MATERIAL RESIDUAL	Ígnea	I-2	I-3	I-4	I-4	Baja	Media	Alta	Muy Alta
	Metamór.	I-1	I-2	I-3	I-4				
	Sedimen.	I-1	I-2	I-3	I-4				
MATERIAL TRANSPORTADO	Talus material coluvial	I-2	I-3	I-4	I-4				
Tipo I-1						49	38	21	10
Tipo I-2						36	28	15	8
Tipo I-3						22	18	11	6
Tipo I-4						13	10	6	3

* ver tablas N° 1.5 y N° 1.6

Estos depósitos principalmente son transportados donde las estructuras heredadas corresponden a superficies antiguas de procesos morfodinámicos, de densidad alta, en donde se asume para la mayoría de materiales intermedios, baja influencia de las estructuras heredadas.

La Tabla N° 1.7 resume la clasificación atribuida a cada uno de los materiales intermedios y su respectivo puntaje según Ramírez (1988).

Tabla N° 1.5. Matriz de identificación de estructuras heredadas

ESTRUCTURAS HEREDADAS	DENSIDAD	
	baja	alta
Diques y otras intrusiones	2	4
Discontinuidades o disposición errática de los materiales	3	6
Sistemas de diaclasamiento (reellenos o no, estriados o no)	4	8
Contactos litológicos y estratificación depositacional (inherente a la roca parental)	5	10
Superficies de meteorización pronunciada (a lo largo de diaclasas y contactos)	5	10
Antiguas superficies de deslizamientos (Generalmente asociados a una o varias de las estructuras anteriores)	6	12

Tabla N° 1.6. Matriz de Valores de influencia de las estructuras

INFLUENCIA	Suma de los valores de las Estructuras identificables
Baja	0 - 10
Media	10 - 20
Alta	20 - 30

INFLUENCIA	Suma de los valores de las Estructuras identificables
Muy Alta	> 30

Tabla N° 1.7. Unidades de materiales intermedios y clasificación para el Modelo Semicuantitativo

UNIDAD	SÍMBOLO	PUNTAJE
Coluviones	Qdlc	22
Talus	Qdlt	11
Depósitos fluvio-glaciares	Qfg	22
Conos del tunjuelo	Qct	11
Conos de deyección	Qcd	22
Terrazas altas	Qta	22

• Suelos

Los suelos se clasifican en residuales y transportados, valorando su consistencia o compacidad, si son finos o granulares respectivamente (Tablas N° 1.8, N° 1.9 y N° 1.10)

Tabla N° 1.8. Clasificación de suelos por condición del terreno

TIPO DE SUELO	CONDICIÓN EN EL TERRENO					
	Granular (Densidad)			Fino (Consistencia)		
	Alta	Media	Baja	Dura	Media	Blanda
Tipo S 1	35	22	11	32	20	8
Tipo S 2	27	17	8	25	15	6
Tipo S 3	15	10	6	15	10	4
Tipo S 4	7	6	4	7	6	3

* ver tablas N° 1.9 y N° 1.10

Por su comportamiento geomecánico se consideran como suelos las Terrazas bajas (Qtb), Depósitos Aluviales (Qal), Rellenos antrópicos (Rfb, Rab), suelos residuales (Qsr), Depósitos de la Sabana (Qsb), Flujos de tierra (Qft) y Formación Tlatá (Tqt). Los Depósitos de ladera coluvial (Qdlc) y los Depósitos fluvio-glaciares (Qfg) se consideran como suelos siempre que la matriz represente más del 30% del depósito, es decir matriz - soportados.

Tabla 1.9. Influencia por grado de meteorización

Tipo de suelo	RESIDUAL			
	SUELO		SUELO SAPROLÍTICO	
	G	F	G	F
Roca Parental				
Metamórfica	S 1	S 2	S 2	S 3
Sedimentaria	S 1	S 2	S 2	S 3
Ígnea	S 2	S 3	S 3	S 4
Volcánica	S 2	S 3	S 3	S 4

Tabla 1.10. Influencia por medio de transporte

Por acción directa de la gravedad		Por agentes naturales (A, V, H) *	
G	F	G	F
S 3	S 4	S 2	S 3

* A, V, H: Agua, Viento, Hielo

(G): Composición predominante granular (> 65% ret. T 2000)

(F): Composición predominante fina (> 35% pasa T 2000)

La Tabla N° 1.11 resume las clasificaciones de los suelos que cubren el área de estudio, tomando como base la de Ramírez (1988).

Tabla N° 1.11. Unidades de suelos y clasificación para el modelo semicuantitativo

UNIDAD	SÍMBOLO	TIPO DE TRANSPORTE	PUNTAJE
Suelos Residuales	Qsr	Meteorización	6-15
Rellenos	Rfb	Gravedad	2
Suelos de la Sabana	Qsb	Agua	4
Formación Tlatá	TQt	Agua	4
Depósitos aluviales	Qal	Agua	10
Terrazas bajas	Qtb	Agua	15
Flujos de tierra	Qft	Gravedad y agua	2
Depósitos coluviales	Qdlc	Gravedad	6
Depósitos fluvio-glaciares	Qfg	Agua	10-15

1.1.2 FACTOR ANTRÓPICO (A) – Puntaje Máximo: 50

La intervención del hombre sobre el medio físico puede considerarse como efecto contribuyente o detonante de procesos de inestabilidad del terreno, su acción se refleja en la deforestación, cambios morfológicos, intervención sobre los drenajes naturales y descargas o sobrecargas; sin embargo, ésta en muchas ocasiones es mucho más influyente que otros factores; por tanto, en su análisis se evalúan efectos derivados de procesos de consolidación urbana, manejo de aguas, la red vial, la ubicación geográfica de los asentamientos, y las actividades de extracción de materiales para la construcción que por su dinámica se han incorporado gradualmente a las áreas urbanas. No obstante, en contados casos esta intervención puede considerarse y por tanto evaluarse como positiva. A continuación se relacionan los aspectos generales a tener en cuenta y en la Tabla N° 1.12 los valores derivados de su evaluación.

- ⊙ Sobrecarga
- ⊙ Descarga
- ⊙ Infiltración de aguas y manejo de aguas servidas
- ⊙ Intervención del drenaje (modificación de rondas y cauces)
- ⊙ Explotaciones mineras

Tabla N° 1.12. Valores de Estabilidad por Factor Antrópico

NIVEL	DESCRIPCIÓN	VALOR	
		MÍN	MÁX
Severa	Zonas de actividad minera, conformación de rellenos de espesor importante, práctica de cortes, obstrucción de cauces	0	10
Fuerte	Práctica intensiva de cortes / rellenos, descargas de agua	10	20
Moderada	Cortes / rellenos escasos y de moderado espesor, descargas controladas de agua	20	30
Incipiente	Cortes / rellenos aislados, disponibilidad de sistemas adecuados de drenaje	30	35
Positiva	Presenta obras de estabilización, control o protección; buenos sistemas de drenaje	40	50

1.1.3 RELIEVE (R) – Puntaje Máximo: 36

La condición de estabilidad de una vertiente o ladera está asociada en términos de relieve, a las características morfométricas y a los procesos morfodinámicos actuantes sobre ellas. La evaluación del parámetro relieve parte del modelo morfológico de una vertiente propuesto por Dalrymple et al (1962), donde se distinguen ocho unidades hipotéticas, definidas en función de su forma y de los procesos morfodinámicos dominantes sobre ellas. De esta manera se puede describir una vertiente en función de las unidades establecidas con relación a su papel en la formación, transporte y desarrollo de fenómenos de remoción en masa. Esto se expresa en las Tablas N° 1.13 y N° 1.14 y Figura N° 1.

Tabla 1.13. Valores de estabilidad por relieve

Sub-zonas	Pendiente (°)	A
Interfluvio	0-2	31
Ladera con infiltración	2-4	21

Tabla 1.14. Perfil longitudinal

Perfil	B
Convexo	0

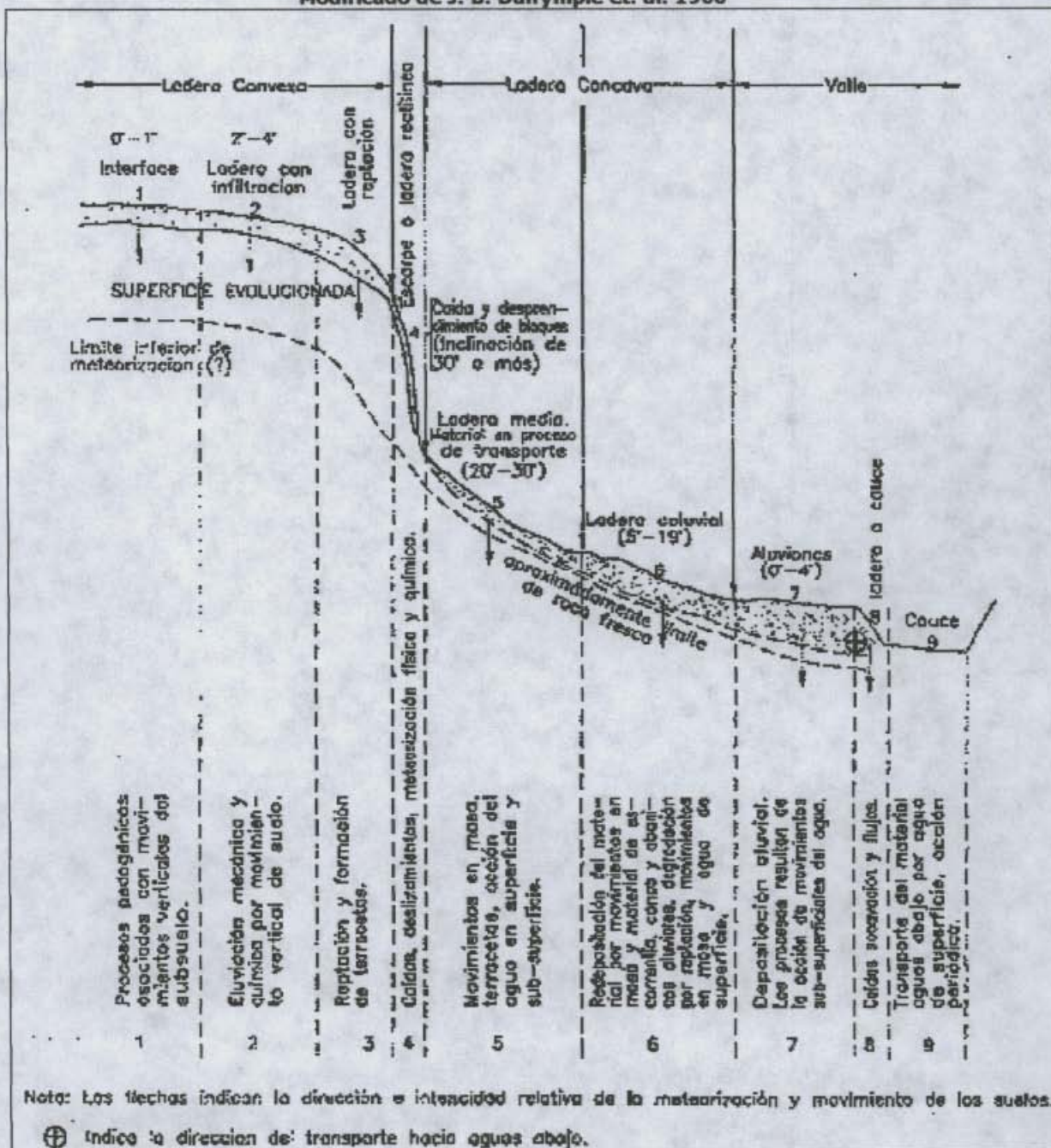
Tabla 1.13. Valores de estabilidad por relieve

Ladera con reptación	10-30	9
Escarpe o ladera	> 30	21
Ladera intermedia de transporte	20-30	7
Ladera coluvial	5-20	7
Aluviones	0-4	23
Ladera de cauce	> 40	7

Tabla 1.14. Perfil longitudinal

Rectilíneo	3
Cóncavo	5

MODELO DE PROCESOS GEOMÓRFICOS
Modificado de J. B. Dalrymple et. al. 1966



1.1.4 DRENAJE (D) – Puntaje Máximo: 35

El parámetro drenaje se evalúa bajo dos elementos fundamentales: la densidad de drenaje y la pendiente promedio del cauce. El puntaje de estabilidad varía entre 35 puntos para un área con densidad alta y pendiente promedio del cauce baja y 6 puntos para las condiciones opuestas (Tabla N° 1.15). El cálculo de la pendiente promedio del cauce se realiza tomando como unidad base la microcuenca.

Tabla 1.15. Valores de estabilidad para drenaje

Pendiente promedio de cauces	Densidad de drenaje (m / Ha)		
	Alta (> 80)	Media (30 – 80)	Baja (< 30)
Baja (0-5°)	35	30	23
Media (5-15°)	25	19	13
Alta (>15°)	16	10	6

1.1.5 USO DEL SUELO Y COBERTURA (U) – Puntaje Máximo: 25

La cobertura del suelo se constituye en un factor determinante en las condiciones de estabilidad de una ladera, particularmente en lo referente al control de la erosión e infiltración de aguas de escorrentía. Por otro lado, y con el propósito de ampliar el espectro de posibilidades se consideró en general el uso o cobertura de cualquier tipo que se presente en el área de evaluación; de esta manera es posible considerar otros posibles usos como áreas libres, zonas comunales, vías, viviendas, etc. En tal virtud, se aplicó los criterios y puntajes de estabilidad propuestos en la Tabla N° 1.16.

La inclusión de la cobertura urbana (tierras edificadas) se realizó tomando en cuenta la similitud en el efecto de intercepción, retardo e impermeabilización que producen las áreas de consolidación urbana con respecto a la cobertura de vegetación. Así, la parte urbana se clasificó en áreas con y sin pavimento, las áreas con pavimento se asimilaron a las zonas con cobertura de rastrojo bajo y las áreas sin pavimentar a zonas con pastos. Adicionalmente las áreas de canteras, se asimilaron a áreas con cultivos limpios o de desmonte.

1.1.6 CLIMA (C) – Puntaje Máximo: 40

La valoración del parámetro clima se realizó en función de la precipitación, por considerar que las lluvias en la mayoría de los casos actúa como factor detonante de los eventos de inestabilidad.

Tabla N° 1.16. Puntajes de Estabilidad parámetro Uso del Suelo y Cobertura (U)

COBERTURA	PUNTAJE
Cubierta Vegetal	
Bosque nativo, secundario, rastrojo alto	25
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes	17
Pastos o vegetación herbácea	14
Cultivos limpios o desmonte (canteras)	8
Suelo cubierto por otros usos	
Cobertura impermeable (pavimento)	20
Cobertura permeable (afirmado)	12
Vivienda con cubrimiento > 50%	20
Vivienda con cubrimiento < 50%	12

La zonificación del parámetro lluvia se realiza con base en el análisis de la relación lluvia - deslizamiento. Se determina la lluvia crítica representativa y su período de retorno correspondiente a las estaciones pluviométricas de influencia en el área de evaluación. Así, los sectores más críticos se definen donde los períodos de retorno son menores, es decir la posibilidad que se presente la lluvia precedente es mayor, y viceversa. La cuantificación del parámetro clima se definió como se muestra en la Tabla N° 1.17:

Tabla N° 1.17. Valoración parámetro clima

PERÍODO DE	CLASIFICACIÓN	PUNTAJE
------------	---------------	---------

RETORNO (AÑOS)		
< 10	Muy Alta	3
10 – 15	Alta	9
15 – 20	Media Alta	19
20 – 25	Media	26
25 – 30	Baja	32
>30	Muy Baja	37

1.1.7 EROSIÓN (E) – Puntaje Máximo: 12

La evaluación de la erosión, como detonante en la generación de movimientos en masa, dentro del SES es un parámetro que requiere ser ajustado según las características del área de estudio.

Para su valoración se tuvo en cuenta tanto la naturaleza del tipo de erosión (surcos, cárcavas, fierras malas y socavación), como su proximidad a cauces e influencia como posible desencadenante de movimientos en masa; así, se le asigna el mayor peso a los procesos de socavación de cauces, tal como se indica en la Tabla N° 1.18.

Tabla N° 1.18. Asignación puntaje de estabilidad al mapa erial

Tipo de erosión	E
Sin erosión	12
Laminar	10
Diferencial (surcos)	8
Tubificación	5
Concentrada (cárcavas)	4
Socavación	3

1.1.8 SISMICIDAD (S) – Puntaje Máximo: 24

La evaluación del parámetro de sismo, como factor contribuyente o detonante de movimientos en masa se realiza tomando como insumo la Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá (Ingeominas - UniAndes).

Para mejorar esta condición, se discriminó el área en función de los materiales involucrados, así: para los materiales rocosos, asumidos dentro del modelo SES como tipo (S1), se les asignó un puntaje de estabilidad de 8 puntos; para los materiales intermedios (S2) un puntaje de 4 y para los suelos residuales y transportados (S3) un puntaje de 1. Estos puntajes son coherentes con la asignación de puntajes del SES para sismo, Tabla N° 1.19.

Tabla N° 1.19. Calificación de parámetro sísmico

Riesgo sísmico Tipo de material**	Valores de A_a^*						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
S1	24	21	17	13	8	5	2
S2	12	10	8	7	4	3	1
S3	4	3	3	2	1	1	0

* A_a : aceleración pico efectiva

**Tipos de materiales según el código colombiano de construcciones sismo – resistentes (NSR 98)

- S1: a) Roca de cualquier característica, ya sea cristalina o lutítica que tiene una velocidad de la onda de cortante > 750 m/s
 b) Perfiles conformados por suelos duros con un espesor menor de 60 m, compuestos por depósitos estables de arenas, gravas o arcillas duras
- S2: Perfil en donde entre la roca y la superficie hay más de 60 m de depósitos de arcillas duras o suelos no cohesivos
- S3: Perfil en donde entre la roca y la superficie hay más de 10 m de depósitos de arcillas cuya dureza varía entre mediana a blanda, con ó sin intercalación de arenas u otros suelos no cohesivos

1.1.9 PROCESOS MORFODINÁMICOS (P)

Se empleó como parámetro de calibración; en consecuencia se cartografiaron – estrictamente en campo – procesos activos o potenciales en la que se consideró la tendencia a la propagación y grado de actividad. Para efecto de la zonificación, se asume que este parámetro castiga a cualquier otra estimación.

1.2 CALIFICACIÓN DE AMENAZA

Entendiendo que de las variables definidas hay cinco (5) que pueden ser zonificadas: Material, Factor Antrópico, Relieve, Uso del Suelo y Erosión; en tanto que Drenaje, Clima y Sísmicidad se aplican de manera general para el área en evaluación.

Las variables M, R, U y D definen las zonas homogéneas, en tanto que las variables A, C, S y E se considera que actúan como detonantes; la superposición sistemática de unos y otros permitió establecer una zonificación en términos de calificación de estabilidad (CES) y categorías de estabilidad.

Los intervalos de la calificación de estabilidad (CES) de cada parámetro o mapa temático, se establece como se precisa en la Tabla N° 1.20.

Tabla N° 1.20. Calificación de estabilidad (CES)

PARÁMETRO	SÍMBOLO	PUNTAJE	
		MÁXIMO	MÍNIMO
MATERIAL	M	70	1
FACTOR ANTRÓPICO	A	50	2
RELIEVE	R	36	7
DRENAJE	D	35	6
USO DEL SUELO	U	25	3
CLIMA	C	40	3
EROSIÓN	E	12	2
SISMO	S	22	0
CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD		290	23

La categoría de estabilidad en términos de niveles de Amenaza y en función de la calificación de estabilidad, definida como la sumatoria ponderada de los valores de estabilidad asignados a cada parámetro, se estableció por Ingeocim Ltda. (1998) a partir del análisis de frecuencias de la calificación de estabilidad, asignada a cada polígono resultante del cruce de topología de los mapas temáticos. El resultado del análisis de frecuencias de la calificación de estabilidad (CES) arrojó una distribución de tipo normal.

Así, las categorías de Amenaza se establecen en los intervalos indicados en la Tabla N° 1.21.

TABLA N° 1.21. RANGOS DE CATEGORIZACIÓN DE AMENAZA

CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD (CES)
Alta	$< CAL \leq 146$
Medía	$146 < CAL \leq 171$
Baja	$171 < CAL$