



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ

000001

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

**AREA DE ANÁLISIS DE RIESGOS**  
**CONCEPTO TÉCNICO No. 3456 DE 1.999**

**ENTIDAD SOLICITANTE:** D.A.P.D.  
**OBJETIVO:** PROGRAMA DE LEGALIZACIÓN DE BARRIOS  
**LOCALIDAD:** CIUDAD BOLIVAR.  
**BARRIO:** EL CERRO DEL DIAMANTE  
**TIPO DE RIESGO:** Por Remoción en masa.  
**FECHA DE EMISIÓN:** Noviembre 30 de 1.999  
**VIGENCIA:** Temporal, mientras no se modifiquen significativamente las condiciones físicas del sector, o se realicen obras de mitigación.

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Decreto 657 de 1994, por el cual se establece que la DPAE (antes OPES) debe emitir conceptos para evitar la urbanización en zonas de alto riesgo, esta entidad adelantó los estudios "Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C." y "Estudio Geotécnico, Evaluación de Alternativas de Medidas de Mitigación y Diseños Detallados de Las Obras Recomendadas Para Estabilizar la Zona Compreendida entre las Quebradas Santo Domingo y Santa Rita, Barrio El Espino – Localidad de Ciudad Bolívar" donde se determina el nivel de amenaza y riesgo actual para el barrio en mención, así como los aspectos físicos de las viviendas a fin de medir los índices de vulnerabilidad. Dichos estudios sirven de fundamento para la elaboración del presente concepto, particularmente del Barrio El Cerro del Diamante.

## 2. DESCRIPCION

### 2.1. Localización y Antecedentes

La Localidad de Ciudad Bolívar se encuentra en la parte Sur - Oeste del Distrito Capital, y el Barrio El Cerro del Diamante está ubicado en la parte Noroeste de esta, aproximadamente entre las siguientes coordenadas (Según plano de loteo):

Norte: 98.450 a 98.750  
Este: 88.800 a 89.300

3456-1





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ

## DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Limita al Norte con los Barrios Rincón del Porvenir y Mirador de la Estancia, al Este con el Barrio San Rafael, al Sur con los barrios Espinos I y Espinos III y al Oeste con el barrio Espinos I.

Para la elaboración del concepto se empleó la base cartográfica del barrio El Cerro del Diamante, escala 1:500 suministrado por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital.

### 2.2. Geología

La composición estratigráfica de la zona comprende areniscas de la secuencia sedimentaria de Edad Cretáceo – Terciaria (Formación Guaduas).

Según Hubach (1957:99) la Formación Guaduas consta principalmente de lutitas con frecuentes intercalaciones de areniscas. La Formación Guaduas consta principalmente de lutitas con frecuentes intercalaciones de areniscas. Dentro de estas últimas se destacan las denominadas Arenisca La Guía y Arenisca Lajosa que han permitido subdividir el Guaduas en tres conjuntos.

En el sector se encuentran la Formación Guaduas Conjunto Inferior (KTgi): Consta esencialmente de arcillolitas gris oscuras con una capa delgada de carbón en el tope. El espesor del conjunto alcanza los 65 metros.

Estructuralmente la zona se encuentra influenciada por la falla de terreros, la cual es de tipo inverso y se presenta al norte de la Localidad de Ciudad Bolívar rompiendo la secuencia del Grupo Guadalupe.

### 2.3. Geomorfología

De acuerdo a las características morfométricas, morfogenéticas y morfodinámicas la zona presenta las siguientes formas de relieve:

Un relieve montañoso de control estructural con geoformas de pendientes estructurales con Crestas agudas, pendientes rectas que varían según ángulo de buzamiento, drenaje subparalelo, valles en V y media caña. Los cuales están sometidos a un conjunto de procesos de Deslizamientos translacionales y caídas de roca, erosión hídrica concentrada, erosión laminar, canchales y con geoformas de crestas redondeadas y pedimentos, pendientes regulares, menor a 37°; los procesos característicos son deslizamientos, reptación, erosión hídrica concentrada y erosión laminar.





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA

## DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Un rasgo genético colinado de control estructural plegado con geoformas de terrenos ondulados con una expresión de crestas angulares o redondeadas, pendientes irregulares  $>14^\circ$ , drenaje dendrítico y valles en V; las cuales están sometidas a un conjunto de procesos degradacionales; como deslizamientos, erosión laminar erosión hídrica concentrada en surcos y cárcavas.

### 2.4. Hidrología

La distribución anual de las lluvias en la zona es bimodal, con dos periodos lluviosos intercalados con dos periodos secos, con una precipitación media multianual de 600 mm y la precipitación crítica varía entre 210 mm a 220 mm, con un periodo de retorno de 10 a 15 años.

El sistema hidrográfico natural esta enmarcado dentro de la Cuenca del Río Tunjuelo, que nace en el Páramo de Sumapaz y cuyo cauce a sido modificado mediante embalses de regulación para suministro de agua potable y por explotaciones de gravilla. La cuenca tiene un área de 41427 ha, con un caudal promedio de 4 m<sup>3</sup>/s. Adicionalmente, la Formación Guaduas se considera importante como acuífero.

### 2.5. Uso del Suelo

El sector esta limitado a infraestructura urbana, constituida por construcciones de tipo residencial, red vial sin pavimentar, servicios básicos provisionales, etc.

La no existencia de alcantarillado pluvial permite que las diversas aguas se unan y corran libremente ocasionando problemas sanitarios, ambientales y creando condiciones de inestabilidad.

### 2.6. Geotecnia

La variación de la textura y composición de la formación Guaduas hace que cada uno de los conjuntos presente un comportamiento geomecánico diferente. En términos generales el terreno en este sector se comporta como rocas blandas, con resistencia a la comprensión simple menor a 560 Kg/cm<sup>2</sup>.





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA

000004

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

**2.7. Factor Antrópico**

La intervención antrópica es alta, el sector presenta infraestructura urbana sin un planeamiento adecuado, con servicios básicos provisionales manejados por la comunidad de manera antitécnica, generándose fugas de aguas y mal manejo de las aguas de escorrentia y aguas servidas.

Los procesos activos que pueden ocasionar fenómenos de remoción en masa están fuertemente influenciados por dos actividades humanas: la intensa actividad minera que ha tenido lugar en amplios frentes de explotación y el proceso de urbanización del sector.

En el primero de los casos, la explotación artesanal e incontrolada del material rocoso ha dado como resultado el desconfinamiento del macizo rocoso en todos los frentes de explotación, lo que aunado al intenso fracturamiento de la roca y a la depositación de remanentes de explotación, ofrece un escenario propicio para la caída o volcamiento de bloques.

En el segundo caso, el proceso de urbanización impuso el retiro de la cobertura vegetal y el vertimiento de aguas servidas en el terreno, lo cual ha afectado la estabilidad.

**3. EVALUACIÓN DE AMENAZA**

Para realizar el análisis de la amenaza por remoción en masa se emplearon como técnicas de mapeo el Sistema Semicuantitativo de Evaluación de Estabilidad (SES) de Ramírez (1988,1989) y la Metodología de Taludes Naturales (MTN) de Shuk (1968,1970,1995), y se utilizó como parámetro de calibración el inventario de procesos.

La evaluación se realizó mediante el cruce sistemático en el SIG de los mapas temáticos resultantes de la cuantificación de las siguientes variables:

INTRINSECOS	DETONANTES
M - Material	E - Erosión
R - Relieve	C - Clima (Lluvias)
D - Densidad de Drenaje	S - Sismo
V - Cobertura Vegetal	A - Acción Antrópica

Dado que el área de estudio está dentro de la zona urbana, se realizó la inclusión del factor antrópico como parámetro que afecta la estabilidad de una ladera.





Secretaría  
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA

000005

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

El Mapa de Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa, define 5 (cinco) categorías según su probabilidad de falla (o factor de seguridad relativo); para efectos del presente concepto la DPAE unificó las categorías Baja con Muy Baja y Alta con Muy Alta, siendo esta la categorización a utilizar:

Categoría Amenaza	Descripción	Factor Seguridad Relativo	Probabilidad Falla
Alta	Laderas con procesos activos de fenómenos de remoción en masa o Laderas con evidencias de procesos de inestabilidad inactivos y/o procesos erosivos intensos.	$F_s < 1.10$	$P_f > 44\%$
Media	Laderas sin evidencias de inestabilidad actual, con procesos erosivos de intensidad media a alta.	$1.10 \leq F_s < 1.94$	$12\% < P_f \leq 44\%$
Baja	Laderas de piedemonte de pendiente baja, o laderas de pendiente alta en rocas o Laderas rectilíneas localizadas generalmente en la parte alta de las vertientes, o en zonas planas en áreas urbanas consolidadas.	$F_s \geq 1.94$	$P_f \leq 12\%$

Según el Estudio Geotécnico, Evaluación de Alternativas de Medidas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas Para Estabilizar la Zona Comprendida Entre las Quebradas Santo Domingo y Santa Rita, Barrio El Espino, se identifican en el sector ocho(8) fuentes de amenaza de las cuales una (Fuente de amenaza No. 5), se ubica en el límite inferior del barrio sobre la Parte alta del antiguo frente de explotación de la cantera Santa Rita, clasificado como un deslizamiento por falla planar en suelo y roca, que presenta una planta semicircular con radio aproximado de unos 60 metros y presencia de grietas de tracción en su cuerpo, proceso de tendencia retrogresiva, cuya dinámica en el momento parece haberse detenido.

Para este sector, La evaluación analítica de estabilidad se basó en los resultados de las pruebas de laboratorio y la información de los levantamientos topográfico y geológico. Se realizó un análisis probabilístico apoyado en los resultados de modelación de la estabilidad de la ladera con el programa PC Stable por el método de superficie especificada de falla de Janbu, para valores adecuadamente seleccionados de los parámetros de resistencia; la modelación se realizó sobre secciones transversales. La probabilidad de falla para cada una de las zonas analizadas se evaluó siguiendo la metodología PEM (Point Estimated Method) propuesta por Rosenblueth y para cuatro tipos de condiciones:

- Sin sismo y sin lluvia
- Con sismo y sin lluvia
- Sin sismo y con lluvia
- Con sismo y con lluvia

Se evaluó la probabilidad de ocurrencia (en función de los períodos de retorno) de los factores detonantes como lluvias intensas y sismos de gran magnitud, teniéndose lo siguiente:

3456-5





Secretaría  
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

- Lluvia crítica: P= .04
- Sismo con a=.3g: P=.0021

En los análisis de estabilidad se consideró una aceleración a=.24g, que corresponde a la aceleración máxima determinada por el estudios de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá para las zonas de los cerros.

Se evaluó la probabilidad de falla proyectada para periodos de veinte (20) años, mediante la expresión:

$$Pf_{20} = 1 - \exp(-Pf_{anual}) * D$$

donde  $Pf_{20}$  es la probabilidad de falla a veinte años,  $Pf_{anual}$  es la probabilidad de falla anual y D es el período de diseño (20 años)

Específicamente, se evaluó la probabilidad de falla, teniendo en cuenta la condición de falla planar para el material movido y extendiendo el análisis para considerar que el fenómeno pueda ser retrogresivo. Para efectuar el modelamiento del comportamiento del agua en la estabilidad de la ladera se asumió un nivel piezométrico 3.5 metros por encima de la superficie del deslizamiento. Los métodos de evaluación empleados fueron el de superficie especificada de falla de Jabu y el de superficie aleatoria de Janbu.

Los resultados de los análisis para el sector ubicado sobre el antiguo frente de explotación de la cantera Santa Rita se clasifica como de amenaza alta y muy alta. Bajo estas consideraciones se define la zona de la parte inferior del barrio como de amenaza alta, por lo cual es necesario generar una franja de seguridad.

Realizado el proceso metodológico de evaluación de amenaza, anteriormente descrito, se concluye:

3.1. Zona de amenaza alta:

Corresponde a: Mz 1 (predio 5); Mz 2 (predios 10, 21 y 22); Mz 4 (predios 30 y 31); Mz 5 (predios 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18); Mz 7 (predios 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 35 y 36); Mz 8 (predios 14, 15, 16 y 17); Mz 10 (predios 1, 2, 3, 4, 5 y 6); Mz 11 (predios 16, 17, 18, 19, 20 y 21); Mz 24 (predios 1, 2, 3, 4, 5 y 6); y zona comunal 1, sectores donde deben realizarse estudios detallados para determinar las especificaciones de construcción si se pretende dar uso urbano o para equipamiento comunitario y las Zonas verdes 1, 5, 12 y 15, donde se recomienda conservar el uso asignado (zona delimitada en el plano de loteo anexo).





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA

000007

## DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

- 3.2. Zona de amenaza media: Para los demás sectores del desarrollo la amenaza es media. La deficiencia en la infraestructura de servicios públicos, principalmente de alcantarillado pluvial y de aguas negras, permite la ocurrencia de infiltraciones en un terreno con pendiente entre moderada y fuerte, con lo cual se podría dar inicio a movimientos de masa.

### 4. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

Para su evaluación se tuvo en cuenta tanto los aspectos físicos de las viviendas como las características socio-culturales de la población, tomando el barrio como unidad territorial de análisis. En general se evaluaron los siguientes aspectos:

DESCRIPCION	ASPECTOS A EVALUAR
Vulnerabilidad Física.	Tipología de la vivienda, según Leone (1.996). Clasificación de los daños, según el DRM*
Vulnerabilidad Socio-Cultural.	Tenencia de la vivienda. Acceso a la infraestructura de servicios Analfabetismo. Ocupación.

Se siguieron los siguientes pasos:

- Cálculo del IVS ( índice de vulnerabilidad social) a nivel sector teniendo en cuenta los datos del censo de 1.993 suministrados por el DANE.
- Tipificación de las viviendas a nivel manzana, con énfasis en los sectores afectados por procesos, complementados con la tipificación de viviendas a nivel general.
- Cálculo de los IVF (índice de vulnerabilidad física) de las manzanas afectadas teniendo en cuenta las solicitudes determinadas en los escenarios de amenaza.
- Cálculo de los IVD (índice de vulnerabilidad general por deslizamiento) a nivel manzana y de los índices de pérdidas relativos a las zonas amenazadas para cada uno de los escenarios.
- Superposición de los resultados de los dos escenarios, obteniendo un mapa, tomando como criterio de decisión el IPGprom (Índice de pérdidas globales) Mayor.
- Multiplicando el índice de vulnerabilidad general por los valores analizados, se obtiene el índice de pérdidas, es decir las pérdidas directas (de capital o de personas afectadas). Este





Secretaría  
GOBIERNO

ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ

000008

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

índice se cuantifica de acuerdo al elemento expuesto y se saca un promedio aritmético para obtener el índice de pérdida global (IPG).

CATEGORÍA DE VULNERABILIDAD	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
ALTA	$IPG > 0,625$	El daño en viviendas e infraestructura, iría desde fracturación de la estructura hasta derrumbe total; El daño de la estructura se calcula entre el 70 y el 100%. Las viviendas menos resistentes son las de tipo tugurial.
MEDIA	$0,375 > IPG < 0,625$	Aquellos sectores con casas en mampostería o prefabricadas, que ante un evento no colapsarían, aunque presentarían deformaciones o fisuras importantes en elementos estructurales. El daño de la estructura se calcula entre el 40 y 60%.
BAJA	$IPG < 0,375$	El daño en las viviendas e infraestructura existente no es considerable debido a la buena calidad de las construcción (con estructura) y/o a la lejanía a la fuente del evento; Se podrían presentar fisuras menores. El daño de la estructura se calcula entre el 20 y el 30%.

Realizado el análisis de vulnerabilidad para el barrio cabe destacar que la mayoría de viviendas son definitivas de 1y 2 pisos, con servicio de energía provisional, red de alcantarillado artesanal, y red vial semiconsolidada sin pavimentar. Por lo anterior se concluye que la vulnerabilidad en el sector es media, lo que indica que ante un evento de remoción en masa las viviendas no colapsarían, aunque presentarían deformaciones o fisuras importantes en elementos estructurales; el daño de la estructura se calcula entre el 40% y el 60%.

5. GRADO DE RIESGO

Para expresar el riesgo global (IRG) incurrido en el área de estudio se combinó la probabilidad de ocurrencia del fenómeno (amenaza) con el índice de pérdidas potenciales (vulnerabilidad), obteniendo la siguiente categorización:

CATEGORIA DEL RIESGO	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
Bajo	$0,001 \leq IRG_{prom} < 0,375$	Las pérdidas esperadas en promedio de viviendas y personas afectadas, están entre el 1% y el 37,5%
Medio	$0,375 \leq IRG_{prom} < 0,625$	Las pérdidas esperadas en promedio de viviendas y personas afectadas, están entre el 37,5% y el 62,5%
Alto	$IRG_{prom} \geq 0,625$	Las pérdidas esperadas en promedio de viviendas y personas afectadas, son mayores al 62,5%

3456-8





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ

**DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS**

Según el Estudio Geotécnico, Evaluación de Alternativas de Medidas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas Para Estabilizar la Zona Comprendida Entre las Quebradas Santo Domingo y Santa Rita, la vulnerabilidad para las viviendas ubicadas en la parte inferior del barrio es alta debido al tipo de viviendas y ya que sólo hay evidencias de actividad minera se establece que los niveles de riesgo son medios a bajos y recomienda para este sector establecer un sistema de alcantarillado seguro, que impida el vertimiento de las aguas servidas en el terreno.

Como resultado del proceso metodológico realizado se concluye:

- 5.1. En la actualidad el riesgo para todo el barrio es grado Medio por Remoción en Masa, tipo deslizamiento.

Teniendo en cuenta que el riesgo está en función de la amenaza y la vulnerabilidad, éste solamente se puede determinar en los sectores en los que se encuentren elementos bajo riesgo; en aquellas zonas desocupadas (sin elementos bajo riesgo) sólo se puede determinar el grado de amenaza.

- 5.2 Para el proceso de legalización, se sugiere denominar como sectores afectados no sólo aquellos que presenten alto riesgo sino también los de alta amenaza por remoción en masa (delimitadas en el mapa de loteo anexo), que constituye un riesgo potencial, y en el cual se recomienda conservar el uso asignado.

- 5.3 Desde el punto de vista de riesgos, la DPAE considera factible la legalización del desarrollo.

**6. MITIGABILIDAD**

Se recomienda adelantar medidas de protección y control, tendientes a mejorar las condiciones de estabilidad del entorno físico en las áreas donde la acción antrópica podría generar condiciones favorables para los movimientos de masa. Estas medidas contemplan obras de control de erosión, de recuperación morfológica de cortes y obras de infraestructura, como por ejemplo la implementación de redes de acueducto y alcantarillado, para evitar que continúe el deterioro del sector.

Para adelantar obras de infraestructura en el sector se recomienda realizar estudios específicos para su construcción y así evitar que las condiciones de amenaza se modifiquen negativamente

Es necesario dotar a estas comunidades de servicios básicos, que permitan dar un manejo adecuado a las aguas tanto servidas, como de consumo y lluvias.





Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

En general, se deberá implementar medidas físicas para control de la amenaza en los sectores con procesos activos, como la incorporación de acciones de ordenamiento y uso de del suelo como prevención y recuperación de los cuerpos de agua y las márgenes de las quebradas Santo Domingo y Santa Rita.

**7. OBSERVACIONES**

El presente concepto técnico está basado en el estudio de "Zonificación de riesgos por Inestabilidad del Terreno Para diferentes sectores del D.C. realizado por la firma INGEOCIM Ltda, bajo el contrato de consultoría No. 1314-107-97, el estudio desarrollado por Civiles Ltda., denominado "Estudio Geotécnico, Evaluación de Alternativas de Medidas de Mitigación y Diseños Detallados de las Obras Recomendadas Para Estabilizar la Zona Comprendida Entre las Quebradas Santo Domingo y Santa Rita, Barrio El Espino – Localidad de Ciudad Bolívar" y en observaciones de los profesionales del Área de Análisis de Riesgos de la DPAE.

*DMS*  
**DORIS SUAZA ESPAÑOL**  
Geóloga Esp. Evaluación de Riesgos  
Mat. 1550 C.P.G.

*[Firma]*  
**PILAR DEL ROCÍO GARCÍA G.**  
Geóloga  
Mat. 1539 C.P.G.

*[Firma]*  
**Vo. Bo. JAVIER PAVA SANCHEZ**  
Coordinador Area de Análisis de Riesgos