

INFORME EJECUTIVO

1 GENERALIDADES

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias a través de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito – DPAE contrató por medio del Contrato de Consultoría No. 485 de 2005 al CONSORCIO IGR conformado por EDGAR EDUARDO RODRÍGUEZ GRANADOS - INGENIERÍA Y GEORIESGOS LTDA, la elaboración del “Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las medidas propuestas en la alternativa más conveniente, para su implementación en el corto plazo, en un sector del barrio Gibraltar, de la Localidad de Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá, D.C.” contrato iniciado a partir del 10 de noviembre de 2005 con una duración de tres meses y finalizando el 10 de febrero de 2005.

La zona se enmarca en tres barrios: Gibraltar I Sector, un sector de Acacias conocido como Sector Esperanza y un sector de Altos de Jalisco conocido como Bosques Sector I y II. La zona se desarrolló en una zona de ladera, sobre terrenos dejados por la explotación de antiguas canteras y en rellenos antrópicos. Los principales fenómenos de inestabilidad en el sector corresponden a caída de rocas en una zona de escarpe (zona A) y a deslizamientos poco profundos que se presentan en las zonas de alta pendiente donde se han realizado cortes para la construcción de viviendas (zona B).

El barrio Gibraltar I sector y el sector de Acacias fue legalizado mediante la resolución No. 1126 de 18 de diciembre de 1996, emitido por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital - DAPD. No se limitó o definió ningún área por zonas de amenaza. El barrio Altos de Jalisco fue legalizado mediante la Resolución No. 1560 de 1994. Igualmente en este documento no se definió zonas de amenaza por remoción en masa.

2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se realizó el levantamiento topográfico de la zona llevando la poligonal de amarre desde un mojón ubicado sobre la Avenida Boyacá en cercanías de la entrada a San Francisco. En total se instalaron tres mojones de concreto desde donde se realizó las diferentes poligonales para el levantamiento de detalles.

En total se ubicaron 3 mojones de concreto, 35 puntos auxiliares para radiación de puntos y 2322 puntos de detalles.

3 CLIMA, HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y SISMOLOGÍA

Se identificaron dos estaciones de pluviométricas, Estación Casablanca y Altos de Jalisco y una Estación Climatológica como es la Estación Doña Juana. El valor de precipitación obtenido en la zona luego de ajustes en la serie de datos de la Estación Altos de Jalisco fue de 607 mm.

La distribución intra anual de la precipitación obedece a un modelo bimodal, en el que se evidencian dos períodos lluviosos intercalados con períodos secos. El primer período lluvioso o húmedo corresponde a los meses de abril y mayo y el segundo se localiza entre los meses de octubre y noviembre. Los períodos secos corresponden a los meses de enero - febrero, el primero y a julio - agosto el segundo.

El valor medio de la temperatura es de 12,1° C. Los meses más cálidos son noviembre, marzo, abril y mayo donde se alcanzan valores cercanos a los 13° C. El más frío es el de julio, con 11,2 ° C. La Humedad Relativa es casi constante. Muestra una variación máxima del 7,0 % dentro del año. Los meses más secos son enero y febrero con valores de 69,2 y 69,9%, respectivamente. El más húmedo es julio, donde el valor medio alcanza el 78,1%.

Las horas de brillo solar varían dentro del año y se aprecian diferencias marcadas hasta de un 60% en algunos meses, con respecto a la media mensual anual. Los meses de mayor presencia de sol son mayo, agosto y noviembre con valores que varían entre las 80 y 90 horas. El mes en que se observa menos el sol es enero con cerca de 30 horas de brillo, lo que representa aproximadamente un 35% con respecto al valor mayor.

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

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

Los caudales obtenidos en la zona para un periodo de retorno de 10, 25 y 100 es de 0.64 m³/s, 0.78 m³/s y 0.99 m³/s respectivamente.

La zona de estudio de acuerdo al Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (INGEOMINAS – Universidad de Los Andes. 1997) se ubica en la Zona 1 – Cerros. Para esta zona el parámetro *A_m* (Aceleración máxima esperada) tiene un valor de 0,24, el cual debe ser utilizado para los análisis de estabilidad. Este valor tiene un periodo de retorno de 475 años.

4 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

Se ubica la zona de estudio en la Formación Regadera compuesto de arenisca con intercalaciones lenticulares de lodolita. La zona de estudio se ubica en el flanco occidental del Sinclinal de Usme.

El Mapa Geológico de Ingeocim-DPAE (1999) mostrado en la Figura 4.1 incluye una falla de cabalgamiento (Falla de Mochuelo) que hace desaparecer parte del Grupo Guaduas (el Mb. Superior), la Formación Cacho y la mayor parte de la Fm. Bogotá. El trazo de falla se ubica 100 metros al occidente de la zona de estudio.

Se identificaron rocas de tipo lodolítica y areniscas, suelos residuales de los mismos materiales, depósitos coluviales antiguos estables y rellenos antrópicos de bajo espesor.

A nivel estructural se midieron y analizaron las familias obteniendo dos familias de discontinuidades.

5 COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO

Desde el punto de vista de uso del suelo se identificaron zonas urbanas consolidadas hacia el Barrio Gibraltar, zonas urbanas no consolidadas hacia la zona de Altos de Jalisco y algunas zonas en pastos.

6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Se ejecutaron en total 31 sondeos, 2 trincheras, 4 apiques y 3 líneas sísmicas. Esta información permitió definir el siguiente perfil general:

- ? Capa vegetal: espesor inferior a 0.50 m
- ? Rellenos de origen antrópico: ubicados especialmente en la zona B en Altos de Jalisco con espesores que varían en promedio entre 1.0 y 3.0 m de espesor,
- ? Depósito coluvial. Ubicado en algunos puntos de la zona B en Altos de Jalisco con espesores no mayores a 1 m
- ? Suelos residuales de arenisca y/o arcillolita. Se ubica a lo largo de la zona con espesores no mayores a 2.0 m.
- ? Roca de arenisca y lentes de arcillolita. Se ubica a lo largo de la zona, con presencia de escarpes y/o ubicado a una profundidad no mayor a 4 m medido desde la superficie del terreno.

Los materiales fueron caracterizados con sus propiedades geomecánicas por medio del ensayo de SPT o penetración estandar obteniendo los siguientes resultados:

MATERIAL	TIPO	c_{max} (t/m ²)	γ (max)	c_{min} (t/m ²)	γ (min)
Roca: arenisca descompuesta	TER	2.508	30.9	0.000	33.7
Suelo residual de arenisca	TERare	1.928	23.9	0.000	25.4
Suelo residual de lodolita	TERlod	1.112	24.5	0.000	27.6
Rellenos y coluvión	Qra	1.011	33.3	0.000	21.9
Brecha de falla	Tpf	0.000	32.2	0.000	28.5

Por medio del ensayo de corte directo se obtuvieron los siguientes valores para los suelos residuales de arenisca (TERare) y rellenos/coluvión (Qra):

TIPO	c_{max} (t/m ²)	γ (max)	c_{min} (t/m ²)	γ (min)
TERare	0.30	31.70	0.00	19
Qra	3.00	28.60	0.70	19
Qra	5.00	35.00	1.00	16
TERare	1.50	31.10	0.00	21

Para el análisis de discontinuidades en roca se realizaron ensayos de bloque deslizante obteniendo valores de 40° en promedio con un mínimo de 23° . Los cortes directos realizados en discontinuidad en roca presentaron los siguientes valores:

MUESTRA	PICO	
	c (t/m ²)	??
PT-18 ESCARPE	0.60	33.70
PT-1 M4	0.10	13.70
PT-5 M1	2.20	31.10
BLOQUE B M1	0.20	17.10

7 EVALUACIÓN DE AMENAZA POR FRM

Finalmente del análisis cinemático realizado en la zona A del estudio se identificaron 7 taludes característicos, los cuales fueron confrontados con las discontinuidades del macizo rocoso obteniendo los tres tipos de falla en macizo rocoso: planar, en cuña y por volcamiento.

De acuerdo a las condiciones del subsuelo y los parámetros obtenidos se analizaron y consolidaron los valores de análisis de estabilidad en suelo y roca para el análisis de amenaza así:

MATERIAL	TIPO	c _{max} (t/m ²)	? _(max)	c _{min} (t/m ²)	? _(min)
Roca: arenisca descompuesta	TER	2.508	30.9	0.000	33.7
Suelo residual de arenisca	TERare	1.928	23.9	0.000	25.4
Suelo residual de lodolita	TERlod	1.112	24.5	0.000	27.6
Rellenos y coluvión	Qra	1.011	33.3	0.000	21.9
Brecha de falla	Tpf	0.000	32.2	0.000	28.5
Discontinuidad en arenisca	Dare	2.200	40.0	0.000	13.0

Se realizó dos tipos de análisis de estabilidad.: 1) en roca evaluando modelo de falla planar, en cuña y volcamiento y calculando los factores de seguridad con y sin sismo, con y sin nivel de agua; 2) En suelo evaluando la estabilidad por modelos de tipo rotacional y trasnacional.

Para los resultados de factores de seguridad se calcularon los valores de probabilidad esperada por evento. A nivel de roca el de mayor probabilidad de ocurrencia es el modelo planar. A nivel de suelo la zona más crítica se ubica hacia el costado sur oriente del talud de Altos de Jalisco.

Finalmente se calculó la distancia de viaje de los bloques de roca en la zona A y de desplazamiento de la masa del suelo en la Zona B. Con esta información y los análisis de probabilidad se consolidó el mapa de amenaza por FRM, obteniendo las tres zonas de amenaza alta, media y baja. La zona A, en el barrio Gibraltar se obtuvo amenaza alta en el escarpe y hasta la distancia de viaje en la entrada de la primera fila de viviendas se presenta amenaza media. En la zona B de Altos de Jalisco se presenta amenaza media

hacia una pequeña área al sur oriente, una transición de amenaza media y luego amenaza baja.

Dentro del análisis de viviendas se realizó la respectiva encuesta a nivel estructural y social.

La zona de estudio del barrio Gibraltar (Gibraltar I y Bosques I y II) presenta un 70% de construcciones con una tipología entre mediana a buena calidad - menos de dos pisos con estructura en mampostería - las cuales presentan una buena respuesta ante la sollicitaciones dadas por los eventos amenazantes (caída de rocas y deslizamientos en suelos)

8 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Con los resultados de las encuestas de viviendas se pudo estimar que aproximadamente el 58% de los predios en la zona de influencia del estudio presentan vulnerabilidad media ante la ocurrencia de fenómenos por remoción en masa, el 38% presenta vulnerabilidad baja ante esta misma sollicitación, mientras que un 4% presenta vulnerabilidad alta.

Teniendo en cuenta la tipología de viviendas que predominan correspondiente a viviendas de autoconstrucción en mampostería se recomienda contemplar este sector de la ciudad para ser incluido en un programa de mejoramiento de vivienda con la asesoría técnica adecuada para este fin.

9 ANÁLISIS DE RIESGO

Finalmente en el análisis de riesgo se calcularon 106 predios en riesgo bajo, 38 predios en riesgo medio y 2 predios en riesgo alto ubicados en la parte superior del escarpe del barrio Gibraltar los cuales son:

MANZANA	LOTE
C	1
C	2

Estos predios mas el predio contiguo al C2 numerado como C-3 el cual esta en riesgo medio se deben reasentar para la construcción de obras.

10 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

Para cada una de las zonas se diseñaron las siguientes obras:

- ? Zona A: Gibraltar. Para esta zona se realizaron los diseños de protección del talud con malla triple torsión con cespedón, cuneta de coronación y muros de gavión incluyendo por obra el reasentamiento de tres predios.

? Zona B en Altos de Jalisco (bosques I y II sector) Para esta zona se realizó el diseño de una escalera con cunetas de drenaje integradas a su estructura.

El valor total de las obras es de ciento setenta y nueve mil quinientos once mil setecientos noventa y seis pesos (\$ 179.511.796) discriminados en la zona A – Gibraltar por \$ 100.758.090 y Zona B – Altos de Jalisco por \$ 41.036.378, ambos valores sin AIU mas IVA. Incluye el valor de los predios a reasentar.

Existen además especialmente hacia el sector de Altos de Jalisco en la parte baja y media de la ladera la presencia de infiltración de aguas negras producto del desacople de tubería de conducción entre pozos (en la gran mayoría de los casos se encuentran colmatados). Es necesario que la EAAB realice la inspección de estas tuberías o instale el sistema adecuado para la zona.

La DPAE debe implementar la medida para contener la caída de bloques en la zona A en forma inmediata, teniendo en cuenta que el último evento ocurrido importante no data de menos de dos años. El reasentamiento de las viviendas ubicadas en la parte superior puede llevarse a cabo en un tiempo no menor a los seis meses.

Es importante que la EAAB diseñe o adopte las obras existentes de drenaje de la corona, drenando en forma adecuada hacia el pozo existente en la corona del talud.

Finalmente se desarrollaron cinco reuniones con la comunidad donde se realizaron los avances del estudio y los resultados finales, consolidando un grupo comunitario para el seguimiento del proceso y posterior vigilancia de la construcción de las obras.
