DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
AREA DE ANALISIS DE RIESGOS

ESTUDIO DE ZONIFICACION DE RIESGOS POR REMOCION EN MASA EN EL BARRIO LA PAZ, SECTOR LOS NARANJOS.

EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑO DE OBRAS A CORTO PLAZO

Informe Final

INDICE

1. INTRODUCCION

1.1 Descripción general 1-1
1.2 Organización del informe 1-1
1.3 Personal 1-2

2. GENERALIDADES

2.1 Objetivos y alcances del estudio 2-1
2.2 Delimitación geográfica del área de estudio 2-1
2.3 Modelos y métodos de análisis 2-2
2.4 Descripción de las actividades realizadas 2-7
2.4.1 Recopilación y análisis de información disponible 2-7
2.4.2 Reconocimiento preliminar de la zona 2-7
2.4.3 Levantamiento topográfico 2-7
2.4.4 Estudio geológico, geomorfológico y de uso del suelo 2-8
2.4.5 Exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio 2-8

3. MEDIO FISICO

3.1 Topografía 3-1
3.1.1 Información básica 3-1
3.1.2 Método de trajo y resultados 3-1
3.2 Geología 3-3
3.2.1 Método de trabajo 3-3
3.2.2 Geología regional 3-4
3.2.3 Geología local 3-5

3.2.4 Geología estructural 3-8
3.3 Geomorfología 3-10
3.3.1 Evolución geomorfológica del área 3-10
3.3.2 Caracterización geomorfológica y zonificación 3-11
3.3.3 Régimen de agua superficial 3-15
3.3.4 Agua subterránea 3-16
3.3.5 Evolución del desarrollo urbanístico 3-16
3.3.6 Identificación y delimitación de procesos erosivos 3-17
3.3.7 Resultados 3-18
3.3.8 Mapa de pendientes 3-19
3.4 Hidrología y clima 3-19
3.4.1 Objetivos 3-19
3.4.2 Análisis de información disponible 3-19
3.4.3 Caracterización hidrológica 3-20
3.4.4 Descripción de los fenómenos climáticos del área de estudio 3-22
3.4.5 Intensidades máximas de lluvias esperadas 3-23

4. INFLUENCIA ANTROPICA SOBRE EL MEDIO FISICO

4.1 Factor antrópico 4-1
4.1.1 Identificación de zonas de intervención antrópica 4-1
4.1.2 Evaluación de la incidencia de las actividades humanas en estabilidad del terreno 4-2
4.1.3 Zonificación del factor antrópico 4-4
4.2 Inventario de uso actual del suelo y cobertura 4-4
4.2.1 Método de estudio 4-4
4.2.2 Unidades de uso 4-5
4.2.3 Incidencia de las unidades de uso en la estabilidad de los terrenos 4-6
4.2.4 Uso potencial del suelo 4-7
4.2.5 Descripción de los suelos 4-8
4.3 Estimación de pérdida de suelo por erosión pluvial 4-13
4.3.1 Método de estudio 4-13
4.3.2 Trabajo preparatorio 4-13
4.3.3 Cálculos 4-14
4.3.4 Análisis de resultados 4-16
4.3.5 Estudio de dispersividad 4-23

5. CARACTERIZACION GEOTECNICA

5.1 Investigación del subsuelo 5-1
5.2 Ensayos in situ y de laboratorio 5-1
5.3 Fenómenos o procesos de inestabilidad geotécnica 5-4

(remoción en masa y erosión)
5.3.1 Aspectos generales 5-4
5.3.2 Inventario y zonificación de procesos de inestabilidad 5-5
5.3.3 Análisis determinístico de estabilidad 5-15

6. EVALUACION Y ANALISIS DE AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA (FRM)

6.1 Introducción 6-1
6.2 Enfoque conceptual del análisis 6-1
6.2.1 Método de estudio y modelo empleado 6-2
6.3 Criterios y variables consideradas 6-4
6.4 Zonificación de susceptibilidad 6-6
6.5 Identificación y evaluación de factores detonantes 6-7
6.6 Análisis probabilístico de estabilidad 6-9
6.6.1 Probabilidad de falla a corto plazo 6-9
6.6.2 Probabilidades de falla a mediano plazo 6-10
6.7 Análisis y zonificación de la amenaza 6-11
6.8 Temporalidad de la amenaza 6-33
6.9 Conclusiones y recomendaciones 6-34

7. ANALISIS DE VULNERABILIDAD FISICA POR FRM

7.1 Introducción y generalidades 7-1
7.2 Método de trabajo 7-2
7.2.1 Inventario de viviendas 7-2
7.2.2 Tipificación de las viviendas 7-3
7.2.3 Calificación de los daños 7-4
7.2.4 Solicitaciones 7-4
7.2.5 Criterios de intensidad 7-6
7.2.6 Resistencia 7-7
7.2.7 Indice de vulnerabilidad física IVF 7-8
7.3 Análisis de los resultados obtenidos en las encuestas 7-9
7.3.1 Vulnerabilidad física 7-10
7.3.2 Vulnerabilidad social 7-15
7.3.3 Vulnerabilidad económica 7-15
7.3.4 Percepción del peligro 7-17
7.3.5 Resultado de las encuestas 7-18
7.4 Resultados del análisis de vulnerabilidad de las viviendas ante fenómenos de remoción en masa 7-32
7.5 Conclusiones y recomendaciones 7-54

8. ANALISIS Y ZONIFICACION DE RIESGO DE LAS VIVIENDAS ANTE FRM

9. ALTERNATIVAS DE MITIGACION

9.1 Introducción 9-1
9.2 Mitigabilidad del riesgo en la zona de estudio 9-1
9.3 Planteamiento de alternativas de mitigación 9-1
9.4 Análisis y selección de alternativas 9-2
9.5 Condiciones específicas de obras o tratamientos de mitigación más comunes 9-3
9.5.1 Excavación y aspectos relacionados con el diseño de excavaciones 9-3
9.5.2 Drenaje superficial y subsuperficial 9-6
9.5.3 Concreto lanzado 9-10
9.5.4 Recubrimiento con malla electrosoldada y concreto lanzado 9-12
9.6 Sistemas de apoyo y refuerzo 9-13
9.6.1 Contrafuertes y tablestacados 9-13
9.6.2 Muros de contención 9-14
9.6.3 Pernos de anclaje 9-14
9.6.4 Pernos en roca 9-15
9.6.5 Tendones y cables anclados 9-16
9.7 Predimensionamiento de obras recomendadas 9-16
9.7.1 Tratamiento de las zonas de relleno 9-17
9.7.2 Drenajes superficiales 9-18
9.8 Análisis de costos de las obras de mitigación 9-19
9.9 Conclusiones y recomendaciones 9-20

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

1 ANTECEDENTES
2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
3 REGISTROS DE PERFORACIONES Y TRINCHERAS
4 ENSAYOS DE LABORATORIO
5 ANALISIS DE ESTABILIDAD
6 INVENTARIO DE VIVIENDAS (VOLUMEN II)

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 3

Tabla 3-1 Coordenadas cartesianas de los mojones
Tabla 3-2 Puntos de fotocontrol – restitución topográfica
Tabla 3-3 Fotografías aéreas analizadas
Tabla 3-4 Ubicación de las perforaciones
Tabla 3-5 Fuentes de información hidrometeorológica
Tabla 3-6 Intensidad y caudales máximos en el área de estudio
Tabla 3-7 Relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual para Santa Fe de Bogotá

CAPITULO 4

Tabla 4-1 Clasificación de unidades de uso del terreno
Tabla 4-2 Granulometría de suelos típicos
Tabla 4-3 Factor de erodabilidad K
Tabla 4-4 Factor de pendiente LS
Tabla 4-5 Factor de cobertura C
Tabla 4-6 Zonificación por pendiente y cobertura
Tabla 4-7 Clasificación de la pérdida de suelo
Tabla 4-8 Factores de erosión EUPS
Tabla 4-9 Estimación total de la pérdida de suelo

CAPITULO 5

Tabla 5-1 Resumen de los resultados obtenidos en el laboratorio
Tabla 5-2 Zanjón Los Naranjos, Zona A
Tabla 5-3 Zanjón Los Naranjos, Zona B
Tabla 5-4 Zanjón Los Naranjos, Zona E
Tabla 5-5 Zanjón Los Naranjos, Zona J
Tabla 5-6 Zanjón La Marranera, Zona K
Tabla 5-7 Zanjón La Marranera, Zona L
Tabla 5-8 Zanjón La Marranera, Zona M
Tabla 5-9 Zanjón La Marranera, Zona N
Tabla 5-10 Recopilación de información para caracterización de los materiales para análisis de estabilidad de taludes
Tabla 5-11 Parámetros geomecánicos empleados
Tabla 5-12 Factores de seguridad de las secciones analizadas

CAPITULO 6

Tabla 6-1 Zonificación geomorfológica
Tabla 6-2 Factores detonantes determinantes en la ocurrencia de FRM
Tabla 6-3 Resultado del análisis probabilísticos de estabilidad
Tabla 6-4 Probabilidad de falla a corto plazo
Tabla 6-5 Probabilidades cuantitativas de amenaza por procesos actuales
Tabla 6-6 Zonificación de la amenaza
Tabla 6-7 Calificación de la amenaza
Tabla 6-8 Características de los predios afectados por amenaza alta y media

CAPITULO 7

Tabla 7-1 Clasificación del tipo de vivienda
Tabla 7-2 Clasificación del daño actual según el DRM
Tabla 7-3 Velocidad de movimiento de los FRM de la zona
Tabla 7-4 Rangos de solicitación para desprendimientos y caída de bloques
Tabla 7-5 Matriz de daño (Indice de Daño Potencial IDP)
Tabla 7-6 Tipología de vivienda, resistencia de las estructuras y posibilidades de mejoramiento de las viviendas
Tabla 7-7 Valores de IP utilizados para la valoración del ID
Tabla 7-8 Resumen de las encuestas realizadas
Tabla 7-9 Calificación de respuestas
Tabla 7-10 Resultado de los análisis de vulnerabilidad
Tabla 7-11 Criterios de categorización de la vulnerabilidad de las edificaciones ante fenómenos de remoción en masa
Tabla 7-12 Revaluación de la vulnerabilidad física en zonas de amenaza media y alta

CAPITULO 8

Tabla 8-1 Calificación del riesgo
Tabla 8-2 Resultados del análisis de riesgos para zonas de amenaza alta y media
Tabla 8-3 Observaciones adicionales
Tabla 8-4 Predios para reubicación
Tabla 8-5 Valor de viviendas según su tipología
Tabla 8-6 Cuantificación de los predios para reubicación

CAPITULO 9

Tabla 9-1 **Lista abreviada de factores causantes de movimientos de falla de taludes y laderas**
Tabla 9-2 **Estrategias básicas de mitigación de riesgos por FRM**
Tabla 9-3 **Sistemas correctivos y preventivos de inestabilidad de taludes**
Tabla 9-4 **Aplicabilidad de los sistemas correctivos y preventivos de inestabilidad de taludes**
Tabla 9-5 **Conceptos básicos de diseño de obras de drenaje**
Tabla 9-6 **Conceptos básicos de diseño de sistemas de contención**
Tabla 9-7 **Clasificación de diferentes medidas de control biotécnico para la protección de taludes**
Tabla 9-8 **Mitigación de problemas por FRM en zonas de relleno**
Tabla 9-9 **Drenaje subsuperficial mediante filtros**
Tabla 9-10 **Estimativo de costos de las obras de mitigación con prioridad a corto plazo**
Tabla 9-11 **Estimativo de costos de las obras de mitigación con prioridad a mediano plazo**
Tabla 9-12 **Obras de mitigación**
Tabla 9-13 **Obras de mitigación complementarias**

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

Figura 2-1 Localización general
Figura 2-2 Fotografía No. 047
Figura 2-3 Fotografía No. 0126
Figura 2-4 Fotografía No. 111

CAPITULO 3

Figura 3-1 Geología regional escala 1:25.000
Figura 3-2 Fotointerpretación geológica
Figura 3-3 Geología regional escala 1:5.000
Figura 3-4 Antiguos procesos de erosión
Figura 3-5 Precipitación media mensual
Figura 3-6 Temperatura
Figura 3-7 Evaporación
Figura 3-8 Humedad relativa
Figura 3-9 Curva Intensidad – Duración – Frecuencia IDF
Figura 3-10 Mapa de precipitaciones
Figura 3-11 Mapa de lluvia crítica
Figura 3-12 Mapa de lluvia crítica – período de retorno

CAPITULO 5

Figura 5-1 Localización de exploración
Figura 5-2 Ensayo de penetración estándar SPT
Figura 5-3 Variación del ángulo de fricción
Figura 5-4 Envolvente de Mohr Coulomb
Figura 5-5 Variación del peso unitario
Figura 5-6 Contenido de humedad y límites de Atterberg

CAPITULO 6

Figura 6-1 Enfoque conceptual del estudio de riesgos por FRM
Figura 6-2 a Figura 6-8 Mecanismos de falla probables en la zona de estudio
Figura 6-9 a Figura 6-21 Secciones de análisis
Figura 6-22 a Figura 6-29 Análisis de la amenaza a largo plazo

CAPITULO 7

Figura 7-1 a Figura 7-35 Resultados del inventario de viviendas
Figura 7-36 Mecanismos de falla de taludes
Figura 7-37 Utilización de conjuntos difusos para la valoración del porcentaje de daño para el ID
Figura 7-38 Distribución de lotes en el sitio de estudio
Figura 7-39 Distribución de viviendas en el sitio de estudio
Figura 7-40 Tipificación actual de viviendas
Figura 7-41 Distribución de la tipificación de viviendas
Figura 7-42 Estado de daño actual en las edificaciones
Figura 7-43 Cubrimiento de servicios públicos
Figura 7-44 Distribución de la población
Figura 7-45 Distribución del empleo
Figura 7-46 Distribución de los ingresos familiares
Figura 7-47 Distribución de la percepción del peligro
Figura 7-48 Tipología de viviendas vulnerables
Figura 7-49 Distribución de viviendas vulnerables

CAPITULO 9

Figura 9-1 a Figura 9-33 Obras de mitigación

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
AREA DE ANALISIS DE RIESGOS

ESTUDIO DE ZONIFICACION DE RIESGOS POR REMOCION EN MASA EN EL BARRIO LA PAZ, SECTOR LOS NARANJOS.

EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑO DE OBRAS A CORTO PLAZO

Informe Ejecutivo

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

En el estudio final se presentan los resultados del estudio de zonificación de riesgos por fenómenos de remoción en masa en el barrio La Paz, sectores Los Naranjos, La Torre y Daza, y en el extremo norte del barrio Danubio Azul, localizados al sureste de la ciudad de Santa Fe de Bogotá, en los límites entre las localidades de Rafael Uribe Uribe y Usme. Estos trabajos se realizaron dentro del Contrato CCS-424/99, suscrito entre el Fondo para la prevención y atención de emergencias de Santa Fe de Bogotá - FOPAE - e Ingeniería y Geotecnia Ltda. - IGL -.

El informe está presentado en nueve capítulos, conformados, cada uno, por un texto con la información básica para cada tema desarrollado, los resultados de cada actividad y los análisis de cada etapa del estudio, acompañados por tablas y figuras debidamente referenciadas y presentadas al final del capítulo correspondiente. Los planos presentados al final del estudio condensan el resultado de todo el estudio, y están numerados de acuerdo con lo solicitado en los términos de referencia.

En general, el sitio de estudio tiene un área aproximada de 10 Ha, drenada por dos zanjones de aguas servidas y aguas lluvias, alrededor de los cuales se han conformado algunos sectores de los barrios La Paz y Danubio Azul, sobre laderas abandonadas de antiguos frentes de explotación de materiales arenosos y arcillosos.

1.2 Procedimiento de estudio

Para desarrollar el estudio de manera idónea y cumplir con los alcances y objetivos propuestos, se adelantaron las siguientes actividades:

1. Recopilación y análisis de información de referencia y de estudios similares desarrollados en el sitio.

2. Reconocimiento preliminar y detallado de la zona, realizado por un Ingeniero Especialista en Geotecnia, un Geólogo Especialista, un Ingeniero Civil, un Ingeniero Agrónomo y un Ingeniero Geólogo. Durante la primera visita al sitio se contó adicionalmente con la compañía y asesoría de los coordinadores de este estudio en la DPAE y con los Interventores del proyecto.

3. Levantamiento topográfico de la zona de estudio con restitución fotogramétrica, complementada y actualizada mediante levantamiento directo en campo.

4. Exploración del subsuelo y toma de muestras representativas, mediante la ejecución de cuatro perforaciones con equipo mecánico de percusión, complementado con la excavación de trincheras exploratorias en los taludes existentes.

5. Pruebas de laboratorio para la determinación de las propiedades geomecánicas de los materiales existentes, mediante ensatos de clasificación, resistencia al corte y dispersividad, entre otros, realizados sobre las muestras obtenidas en la exploración.

6. Evaluación y caracterización del entorno físico, mediante el estudio de las condiciones geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del sector.

7. Inventario y calificación estructural de las viviendas que conforman el sitio de estudio y evaluación socio-económica de los habitantes del sector, mediante la realización de encuestas.

8. Análisis y evaluación de las condiciones de amenaza, vulnerabilidad física y riesgo de las viviendas del sector ante la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

9. Planteamiento de alternativas de mitigación de riesgos a corto plazo.

2. ESTUDIO GEOLOGICO

2.1 Geología

La Sabana de Bogotá es una cuenca cerrada que drena al sur por el río Bogotá, el cual recoge las aguas servidas y de escorrentía de la capital y demás poblaciones ubicadas en sus márgenes. Esta cuenca se encuentra limitada por numerosas fallas tanto al este como al oeste de la misma.

En la zona de estudio, afloran rocas terciarias de la Formación Regadera (Tr), las cuales conforman un sinclinal que aparece en los cerros al sur de la penitenciaría La Picota, continúa en la parte alta de este relieve hasta Santa Lucía y llega hasta cerca del hospital San Carlos. Estas rocas se encuentran cubiertas localmente por la Formación Tilatá (Qpt), depósitos cuaternarios de origen lacustre (Ql), suelos orgánicos (Qs) y por algunos rellenos de origen antrópico (Qre).

Al suroeste de esta zona, en dirección SE-NO, aparece la falla La Fiscala de comportamiento aparentemente activo que puede afectar las unidades litológicas que se presenten a lo largo de su traza, aunque debido su distanciamiento con la zona de estudio no es muy posible la afectación de las viviendas del sector por su actividad.

2.2 Geomorfología

La caracterización geomorfológica de la zona de estudio se realizó con base en los diferentes segmentos de ladera determinados según su origen, las características estructurales de las mismas y la mezcla de procesos denudativos o de acumulación, así como por el perfil de la ladera, los procesos de inestabilidad activos y los cambios de pendiente en la misma.

Los tipos de ladera definidos son:

1. Laderas de origen antrópico presentes a lo largo de las márgenes de los zanjones, y conformadas principalmente por escombros de construcción y materiales finos tipo arena y arcilla, expuestas a erosión hídrica por escorrentía superficial.

2. Laderas de antiguo cauce, conformadas por arcillolitas, limos arenosos o areniscas, y se localizan puntualmente a lo largo de los zanjones Los Naranjos y La Marranera, y en el extremo occidental del barrio La Paz, expuestas a erosión laminar y lateral y a desprendimiento y caída de bloques.

3. Laderas de antigua explotación minera, conformadas por arcillolitas grises, expuestas principalmente a erosión.

4. Laderas de antigua reptación compuestas por suelos orgánicos, ubicadas en las cabeceras de los dos zanjones.

5. Laderas con procesos erosivos potenciales de escorrentía superficial, las cuales conforman las calles de los barrios.

6. Laderas con estabilidad potencial localizadas en la parte alta del sitio de estudio, expuestas a la caída de fragmentos de roca.

7. Laderas de limos arenosos susceptibles a colapso por proceso de humedecimiento - secado en la pata de los taludes.

3. ESTUDIO HIDROLOGICO Y CLIMATICO

La cuenca que drena el área de estudio está conformada por los zanjones Los Naranjos y La Marranera, cuyos cauces se caracterizan por presentar laderas fuertemente intervenidas debido a la disposición indiscriminada de rellenos y basuras, además de estar altamente contaminados debido a que por ellos se conducen las aguas servidas de los habitantes del sector, especialmente de quienes habitan en su ronda. El área de la microcuenca es de 0.086 km^2 y tiene una pendiente que varía entre 11.5 y 15.0%

En cuanto a los fenómenos climáticos de la zona de estudio se encontró, con base en la información de la estación La Picota, que la precipitación media anual de sde 564 mm, la temperatura varía entre 14 y 15°C, una evaporación media mensual que varía entre 57 y 64 mm y una humedad relativa que varía entre 68 y 77%.

La lluvia crítica esperada para el sitio de estudio es de 114.94 mm, la cual puede alcanzar una duración de 5.66 en un período de retorno de 25 a 30 años, con una probabilidad de ocurrencia de 3.33 a 4%.

4. FACTOR ANTROPICO

Procesos como la deforestación, modificación del drenaje natural y cambios en el uso del suelo y la morfología del terreno mediante cortes y rellenos, se han constituido en las actividades humanas de mayor influencia sobre las condiciones de estabilidad del sitio de estudio, y que por lo tanto actúan como agentes detonantes de fenómenos de remoción en masa.

Uno de los problemas identificados como mayor incidente en la inestabilidad del terreno en el sitio de estudio, es la invasión de los zanjones que drenan la zona mediante la disposición de rellenos para la adecuación de vías de acceso y construcción de nuevas viviendas; estos rellenos se convierten en áreas muy susceptibles a procesos de inestabilidad en la medida en que la disposición de los materiales sea más heterogénea o caótica, la compactación no sea la adecuada o se incremente la saturación de los mismos por infiltración de aguas lluvias o de aguas servidas.

La intervención antrópica del área de estudio es actualmente del 100%, discriminada en un índice de ocupación del 64% del área total del sitio de estudio, un 19% de ocupación por calles y vías y el 17% restante corresponde al área

ocupada por los zanjones; la mayor afectación del sitio se concentra en las márgenes de éstos.

Las actividades de mayor influencia o impacto negativo sobre el ambiente y sobre la estabilidad de los taludes del sector, son la disposición indiscriminada de rellenos y el manejo y vertimiento inadecuado de aguas (tanto servidas como lluvias) y de basuras. Sin embargo, la construcción de viviendas y la adecuación de algunos accesos peatonales han influido positivamente en el cambio del régimen de agua superficial, disminuyendo considerablemente la escorrentía y por lo tanto los procesos erosivos.

5. USO DEL SUELO Y PERDIDA DEL MISMO POR EROSION PLUVIAL

Las unidades de uso del suelo se pueden subdividir en residencial (tanto con lotes construidos como vacíos). Institucional (educación y salud), deportivo y en transportes y comunicaciones.

Debido a la eliminación de la cobertura vegetal, en el sitio del área se presenta una pérdida de suelo por erosión pluvial, estimada con el modelo matemático propuesto por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), el cual correlaciona factores de erosión (lluvia), propiedades del suelo y condiciones que afectan el proceso; con el modelo se estimó una pérdida total de suelo de 47.5 m^3/año, considerada como severa.

6. EXPLORACION DEL SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar los materiales que conforman el subsuelo en la zona de estudio y las propiedades geomecánicas de los mismos, se adelantó un programa de exploración consistente en cuatro perforaciones (33.1 m en total) con equipo de percusión y once trincheras exploratorias (53.0 m en total), y un programa de ensayos de laboratorio consistente en la determinación del contenido de humedad natural, límites de Atterberg, peso unitario, contenido de materia orgánica, lavado sobre tamiz 200, granulometría y corte directo.

7. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DEL SUBSUELO

El sustrato rocoso del sitio de estudio está conformado principalmente por arcillolitas, areniscas y capas horizontales de limos arenosos, cubiertos localmente por rellenos antrópicos, expuestos a fenómenos de remoción en masa (especialmente los rellenos que conforman las márgenes de los zanjones) y erosión pluvial.

7.1 Inventario y zonificación de procesos de inestabilidad

Las zonas inestables del área de estudio se localizan principalmente sobre las márgenes de los zanjones, debido a las actividades antrópicas y a los procesos de erosión de la capa superficial de suelo.

Los principales fenómenos de remoción en masa (FRM) identificados en el área de estudio son: deslizamiento activo, flujo de tierras lento y muy lento, reptación y desprendimiento y caída de fragmentos de roca, y localizados a lo largo de 20 zonas inestables definidas.

7.2 Análisis determinístico de estabilidad

En el análisis determinístico de estabilidad se utilizó el programa PCSTABL6, el cual permite evaluar más de 200 superficies de falla diferentes, empleando 7 métodos diferentes. Este procedimiento de análisis parte del ajuste de las propiedades de los materiales, obtenidas a partir de los ensayos de laboratorio, y de diferentes condiciones de saturación de los materiales, estimadas a partir de los datos reportados en las perforaciones y variadas de acuerdo con observaciones de campo; aunque no se encuentra dentro de los alcances del estudio, también se consideró el análisis bajo condición de sismo, de acuerdo con los valores de aceleración de la gravedad establecidos (para la zona de estudio) en el mapa de microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá.

8. EVALUACION Y ANALISIS DE LA AMENAZA POR FRM

8.1 Susceptibilidad del terreno ante FRM

A partir de la evaluación geotécnica de taludes, zonas inestables y de la zonificación geomorfológica, se realizó una zonificación de susceptibilidad del terreno ante los diferentes FRM identificados en la zona. Esta zonificación se realizó principalmente con base en la tipología de procesos activos (o que han sido activos), factores que han llevado a la ocurrencia de fenómenos potencialmente dañinos y comportamiento de los materiales ante los diferentes mecanismos de falla. De esta forma se identificaron 5 zonas diferentes:

Zona 1: Rellenos antrópicos con susceptibilidad alta ante movimientos de remoción en masa, tales como deslizamientos rotacionales y flujos de tierra o de detritos.

Zona 2: Limos arenosos en escarpes empinados y escalonados, con susceptibilidad media a alta a desprendimiento de bloques, casi siempre precedido de volcamiento.

Zona 3: Taludes en arcillolitas, areniscas o limolitas predominantes o intercaladas, de susceptibilidad alta a volcamiento y caída de bloques en afloramientos empinados.

Zona 4: Rellenos antrópicos, suelos residuales y roca meteorizada, de susceptibilidad media a baja a erosión laminar y en surcos. Eventual carcavamiento si los procesos no se controlan.

Zona 5 Terrenos bajos (a cota inferior a la del cauce de los zanjones), de susceptibilidad alta a muy alta de inundación.

8.2 Factores detonantes

Se identificaron 4 factores detonantes para la falla de los taludes:

1. Infiltración tanto de aguas lluvias como de aguas servidas, a través de discontinuidades, que puede propiciar la ocurrencia de desprendimiento y caída de fragmentos de bloques, deslizamientos, flujos y erosión.

2. Socavación en la pata de taludes por procesos de humedecimiento - secado, los cuales pueden generar deslizamientos, flujos y caída o volcamiento de fragmentos de roca.

3. Sobreempinamiento de taludes debido a la disposición indiscriminada de rellenos, lo cual puede provocar deslizamientos y flujos.

4. Erosión concentrada en surcos, la cual puede generar el desprendimiento y volcamiento de bloques o fragmentos de roca, deslizamientos, flujos y, adicionalmente, pérdida de suelos.

Adicional a estos eventos o acciones capaces de propiciar la falla de los taludes de la zona, se presenta también un problema de inundación sobre la margen izquierda del zanjón Los Naranjos (a la altura de la cancha deportiva del barrio La Paz, sector Los Naranjos), la cual si bien no es un factor muy incidente en la ocurrencia de FRM, sí genera una situación de peligro a los habitantes del sitio, y puede tener consecuencias aún más graves si el empinado talud ubicado sobre la margen derecha se desliza por alguno de los procesos mencionados, y ocasiona el represamiento del zanjón.

8.3 Zonificación de la amenaza

Con base en la similitud geotécnica de los taludes (materiales, forma, procesos y resultados del análisis de estabilidad), se definieron 13 zonas de amenaza por FRM a corto plazo, es decir, con base en los procesos actuales. La calificación de

la amenaza (alta, media o baja), se determinó con base en la probabilidad de falla de los taludes, considerando para amenaza alta una probabilidad de falla entre 0.4 y 1.0, para amenaza media entre 0.1 y 0.4, y para amenaza baja menor a 0.1. Finalmente se obtuvieron 6 zonas de amenaza alta y 7 de amenaza media, ubicadas a lo largo de los zanjones, en el extremo occidental del sector La Torre y en algunos taludes de la parte media del sector Los Naranjos. La zona de amenaza baja no está considerada en este estudio, pues aunque representa la mayor parte del área, el único fenómeno actuante es la erosión, tema que escapa a los alcances de este estudio.

9. ANALISIS DE VULNERABILIDAD FISICA POR FRM

Para determinar la vulnerabilidad de las viviendas expuestas a los diferentes FRM que pueden materializarse en el área de estudio, se realizó inicialmente el inventario de las mismas y la evaluación del estado actual de daños cada una; una vez determinado el tipo de vivienda (con base en la tipificación planteada por Leone en 1996), el estado de daño existente y el tipo y velocidad del fenómeno que puede afectarla, se determinó el Indice de Vulnerabilidad Física de cada vivienda, con el cual se calificó la vulnerabilidad de cada una.

Los resultados obtenidos con el método anterior fueron verificados y reevaluados con observación en campo (por parte del Ingeniero Especialista en Evaluación de Riesgos, un Ingeniero Civil y un Ingeniero Geólogo); la calificación final así obtenida es el resultado que se presenta en el informe.

10. ANALISIS Y ZONIFICACION DE RIESGO FISICO ANTE FRM

La calificación de riesgo de cada vivienda es el resultado de la convolución o cruce de la estimación del grado de amenaza y la condición de la vulnerabilidad física de las viviendas que conforman el área de estudio.

Al igual que con la estimación de la vulnerabilidad, la calificación del riesgo obtenida de multiplicar la probabilidad de ocurrencia de los FRM con el Indice de Vulnerabilidad Física de cada vivienda, fue evaluada y redefinida posteriormente en campo con base en el grado de afectación que puede tener cada vivienda (si ésta es en le área vacía o construida de cada lote) en caso de la materialización de la amenaza o en consideraciones especiales de cimentación y construcción de cada vivienda.

Finalmente, de las 127 viviendas evaluadas, 50 tienen riesgo alto, 50 riesgo medio y 10 son de riesgo bajo; las 17 restantes son lotes vacíos. De todas estas hay que reubicar 12 viviendas en zonas de amenaza media y alta, y 4 viviendas más en

zonas inundables. El resto de las viviendas del sector (477) no tienen calificación de riesgo debido a que la amenaza ante FRM es nula.

11. ALTERNATIVAS DE MITIGACION

En el caso del barrio La Paz se considera que el riesgo es totalmente mitigable, y que para tal fin necesario construir algunas obras tendientes a estabilizar el área para brindar a la comunidad la protección y seguridad que en alguna medida podrán ayudar a aliviar las condiciones de "subnormalidad" del sector.

La primera alternativa considerada para la mitigabilidad de los riesgos del sector, y sin ninguna duda la más recomendable, es la construcción del colector combinado de La Paz, a través del cual la EAAB espera conducir (por tubería de Φ=16") las aguas lluvias y las aguas servidas que fluyen actualmente por los zanjones Los Naranjos y La Marranera, provenientes especialmente de las viviendas construidas a lo largo de estos zanjones; la primera etapa de dicho colector fue realizada desde la confluencia de los mismos hacia aguas abajo en 1994, y la continuación del mismo (así como la adecuación del relleno complementario) es un proyecto que planea adelantar, a corto o mediano plazo, la división de Mantenimiento Alcantarillado de la empresa de acueducto. Se considera que a través de la gestión interinstitucional entre la DPAE y la EAAB, el proyecto "EAAB-3458, Colector Combinado de La Paz" puede construirse en muy corto tiempo, significando esto para la DPAE una minimización de gastos pues no habría necesidad de construir obras de magnitud y precio considerable para la mitigación de riesgo y el mejoramiento del entorno urbano del sitio de estudio.

Otra alternativa considerada (y desarrollada ampliamente en este estudio) es la construcción de algunas obras de estabilización de taludes, drenaje superficial y subsuperficial, y de recubrimiento y protección de taludes, obras con las cuales se pretende la reconformación y recuperación de las márgenes de los zanjones y ofrecer a los habitantes que circundan las zonas de amenaza media y alta, condiciones aceptables de seguridad.

En las zonas expuestas a erosión y pérdida de suelo, se cree que la empradización de taludes, la canalización y manejo adecuado de las aguas lluvias y la adecuación de las vías (mediante pavimentación, adoquinado o construcción de obras en concreto – como escaleras –) y zonas desprotegidas o descubiertas, pueden reducir (casi en su totalidad) los efectos de la erosión.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
AREA DE ANALISIS DE RIESGOS

ESTUDIO DE ZONIFICACION DE RIESGOS POR REMOCION EN MASA EN EL BARRIO LA PAZ, SECTOR LOS NARANJOS.

EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑO DE OBRAS A CORTO PLAZO

Contrato de consultoría CCS-424/99

Informe Final

1. INTRODUCCION

1.1 Descripción general

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el estudio de zonificación de riesgos por remoción en masa en los barrios La Paz, sectores Los Naranjos, La Torre y Daza, y Danubio Azul, realizado para la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias - DPAE - bajo el contrato No. CCS-424/99 suscrito entre el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE - e Ingeniería y Geotecnia Ltda. - IGL -.

El sitio de estudio está localizado al sureste del Distrito Capital, entre la Diag. 52 A Sur y la Diag. 54 Sur y la Cra. 3 y la Cra. 5 B, entre los sectores Los Naranjos y La Torre, del barrio La Paz, y el extremo norte del barrio Danubio Azul. A esta zona se llega tomando la Av. Diana Turbay o por la Calle 56 Sur, las cuales nacen en la troncal de la Caracas, vía a Usme, antes y después (respectivamente) de la Penitenciaría La Picota.

1.2 Organización del informe

El capítulo 2 contiene la información relacionada con los conceptos básicos generales y la descripción general del proyecto.

El Capítulo 3 se relaciona con la descripción física del área de estudio, la cual incluye topografía, geología, geomorfología, hidrología y climatología. El capítulo 4 comprende la influencia del factor antrópico sobre el medio físico y el inventario del uso actual del suelo y cobertura. El Capítulo 5 se refiere a la caracterización geotécnica del área.

El capítulo 6 hace referencia a la evaluación y análisis de amenaza por fenómenos de remoción en masa, el Capítulo 7 al estudio de vulnerabilidad por estos fenómenos y el Capítulo 8 al análisis de riesgos. En el Capítulo 9 se presentan las medidas de mitigación.

Al final del texto del informe se presenta el registro fotográfico del área de estudio, en el cual se pueden observar claramente los aspectos de amenaza, vulnerabilidad física y riesgo del área.

1.3 Personal

En el desarrollo del presente trabajo participaron los siguientes profesionales:

- Ingeniero Manuel García López, dirección del estudio y especialista en evaluación geotécnica.

- Geólogo Ramón Acosta Lizarazo, levantamiento y evaluación geológica y geomorfológica.

- Ingeniero Flavio Soler, especialista en evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

- Ingeniero Edilberto Granados, investigación de campo y apoyo logístico en campo y oficina.

- Ingeniero Jorge Romero, análisis de estabilidad de taludes.

- Ingeniera Agrónoma Hilda Helena Silva, evaluación de pérdida de suelos y apoyo logístico en campo y oficina.

- Arquitecta Norma Paola Cañón, coordinación de cartografía y dibujo.

- Ingeniero Jaime Molina, sistemas de información geográfica.

- Ingeniera Geóloga Mabel C. Lesmes, coordinación y desarrollo del estudio, asistente en la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

2. GENERALIDADES

Este trabajo fue ejecutado dentro de los Términos de Referencia del contrato mencionado inicialmente, y atendiendo siempre las indicaciones y observaciones hechas por los Ingenieros Javier Pava y Jairo Pérez y la Geóloga Doris Suaza, de la DPAE, y del Geólogo Edgar Forero y los Ingenieros Edgard Barbosa y Nancy Alfonso, de Geourbana LTDA, encargados de la interventoría de este proyecto.

2.1 Objetivos y alcances del estudio

El objetivo principal de este estudio es la zonificación de riesgos por fenómenos de remoción en masa (FRM) en los barrios La Paz y parte del Danubio Azul, especialmente en las áreas aferentes a los zanjones Los Naranjos y La Marranera, la evaluación de alternativas de mitigación de los procesos encontrados, planteando lineamientos generales sobre técnicas constructivas y de adecuación de predios para la construcción de viviendas futuras, así como el predimensionamiento de las obras recomendadas que se deban realizar a corto plazo, con su respectiva estimación de costos.

El alcance del estudio abarca la zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa y la definición de las alternativas específicas de mitigación del riesgo, así como el predimensionamiento de obras correctivas y las recomendaciones sobre el uso adecuado del suelo, considerando las mejores condiciones técnicas y económicas. Aunque dentro de este alcance no se involucra la evaluación del efecto que pueda tener la ocurrencia de un evento sísmico, este parámetro se tendrá en cuenta en los análisis geotécnicos, y adicionalmente se darán algunas recomendaciones para reducir la vulnerabilidad de las viviendas de la zona ante estos fenómenos; igual consideración aplica para el fenómeno de inundación que puede tener lugar en la parte más baja del área.

2.2 Delimitación geográfica del área de estudio

El área de estudio (de aproximadamente 10.0 Ha) se encuentra al suroriente de la Santa Fe de Bogotá, entre las Diagonales 52 A Sur y 54 sur, y las Carreras. 3ª y 5B. Corresponde a la parte sur de la Localidad 18 (Rafael Uribe Uribe) y el extremo norte de la Localidad 05 (Usme).

La delimitación precisa de dicha área se realizó por los profesionales de la DPAE y la Interventoría durante una visita realizada con los consultores el día 4 de enero de 2000. El área de estudio tiene una forma bastante irregular, y a continuación se indican las vías que la limitan, iniciando el recorrido desde el extremo suroccidental:

Desde el cruce de la Trv. 4B con Diag. 55 Bis Sur se sigue por la Cll. 55 Bis Sur en dirección NW hasta la Cra. 5B, por aquí se toma hacia el NE unas 3.5 manzanas, y

a partir de este sitio el límite va en dirección SE dividiendo las manzanas hasta la Cra. 5 Bis A; aquí se toma el peatonal de la Trv. 5 Bis en dirección SE hasta la Cra. 5 Bis, se toma hacia el occidente hasta la Diag. 55 Bis Sur. Se sigue hacia el sur hasta la Trv. 4C, luego hacia el oriente hasta la Cra. 4C, y por ésta hacia el NE hasta el Peatonal 51; gira luego hacia el SE hasta la Cra. 4A y por ella hasta la Diag. 53 Sur en dirección NE; por la diagonal se toma al este hasta la Cra. 4 Bis, y por ésta se sigue en dirección NE hasta la Diag. 52 A Sur; por esta vía se toma al este hasta la Cra. 3 A (Trv. 3 A), y por la cual se sigue al sur hasta la Diag. 53 C Sur, por la que se toma en dirección este hasta la Cra. 3ª.

Del punto anterior se sigue hacia el norte por unas tres cuadras hasta llegar a la vía principal (destapada) y se sigue por esta vía (Trv. 2 F) en dirección sur hasta la Cll. 53 F Sur; desde esta esquina el límite toma una dirección predominante hacia el oeste, en forma de zig-zag, por la Diag. 53 D Sur hasta la Trv. 2, por aquí se toma la Diag. 54 Sur hasta la Cra. 3 y luego se busca la Cll. 55 hasta empatar nuevamente con el cruce de la Trv. 4 B con Cll. 55 Bis Sur. En la Figura 2-1 se presenta la localización general del área de estudio.

2.3 Modelos y métodos de análisis

Para el desarrollo del estudio se propone aplicar conceptos dados por Millán, Javier (1998). “Lineamientos metodológicos para la evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa”, Proyecto de Grado, Magister en Geotecnia, Universidad Nacional, complementándolos donde sea apropiado con criterios de Cantillo, Carlos (1998) “Propuesta metodológica para la evaluación de riesgos por movimientos en masa a escala local”, Programa de Especialización en Evaluación de Riesgos y Prevención de Desastres, Universidad de Los Andes, Bogotá, y de Soler Flavio et al (1999) “Metodología para análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santa Fe de Bogotá”, XI CPMFIS, Foz de Iguazú, Brasil. A continuación se resume brevemente lo expuesto por cada uno de estos autores en los modelos y métodos de análisis que se utilizarán:

- Millán, J., afirma que “la evaluación de la amenaza es una tarea compleja dado que muchos factores pueden jugar un papel importante en la ocurrencia del fenómeno amenazante. La evaluación requiere así de una gran cantidad de información, aunque las técnicas de análisis pueden ser costosas y consumir una gran cantidad de tiempo”.

  Millán basó su estudio de amenaza y riesgo por FRM en la propuesta metodológica de González (1990), aunque debido a restricciones de tiempo y presupuesto tan solo desarrolló algunos aspectos de evaluación de esta propuesta. Las etapas seguidas finalmente fueron: identificación preliminar del riesgo actual en la zona, con la correspondiente recolección y análisis de información preliminar; implementación del modelo de evaluación; evaluación de factores internos tales como los asociados con geología, geomorfología,

cobertura y uso actual del suelo, y caracterización geotécnica de los materiales; evaluación de agentes detonantes, entre ellos los relacionados con climatología e hidrología, amenaza sísmica, erosión natural y la influencia de factores antrópicos; finalmente, la evaluación de la amenaza por deslizamientos y presentación de los resultados obtenidos.

Es interesante destacar el enunciado de Millán en su trabajo de "Inventario de procesos de remoción en masa en los estudios de amenaza y riesgo en Santa Fe de Bogotá", en el cual afirma que "el camino más directo para evaluar zonas de amenaza por fenómenos de remoción en masa es el inventario de movimientos en masa, el cual se basa en un trabajo de fotointerpretación y reconocimiento de campo, y en la conformación de una base de datos históricos". El mapa de procesos obtenido se convierte así en el insumo básico en esta metodología.

- La metodología planteada por Cantillo, C., busca evaluar el "riesgo asociado a fenómenos de remoción en masa en un contexto de tiempo - espacio, correspondiente a un sistema territorial compuesto por subsistemas interrelacionados e interdependientes, que son básicamente el subsistema físico y el subsistema sociocultural de la comunidad usuaria de ese espacio en el periodo de tiempo en consideración".

  Los factores básicos para la identificación y caracterización espacial y temporal de la amenaza que se considera bajo este método para el análisis son: relieve, tipo de materiales, procesos degradacionales existentes, susceptibilidad ante la erosión, acción sísmica y lluvias, y finalmente el factor antrópico.

  Para la evaluación del riesgo por este método, se consideran las siguientes etapas: definición del estudio, análisis del contexto, evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, análisis de sensibilidad y recomendaciones.

- Soler, F., resume (basado en otros autores) la vulnerabilidad como "una medida de las incapacidades de una comunidad para adaptarse a los cambios o daños en su hábitat, ocasionados por un evento dado". Sin embargo, y a pesar de que las incapacidades son de diversos tipos (física, social y económica, entre otras), generalmente el impacto de los eventos naturales sobre una comunidad se mide únicamente desde el punto de vista físico, ignorando completamente las consecuencias relacionadas con la organización social de las comunidades afectadas.

  Para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo por FRM, Soler propuso una metodología de estudio, la cual trata de incluir todos los aspectos de vulnerabilidad. Las etapas del estudio son: determinación de la amenaza (a corto y mediano plazo); análisis de vulnerabilidad física, basada en la tipificación de

viviendas, en la calificación de los daños producidos en las viviendas por FRM, y las solicitaciones de la amenaza según el tipo de movimiento, la intensidad y la cuantificación de los niveles de daño; análisis de vulnerabilidad ante FRM mediante la correlación de los Indices de Vulnerabilidad Social (IVS) y de Vulnerabilidad Física (IVF); determinación del Indice de Pérdidas, considerando pérdidas materiales y humanas, y finalmente la determinación del Indice de Pérdidas Globales (IPG), el cual relaciona los índices hallados en los pasos anteriores.

El Indice de Riesgo y la categorización del mismo se determina multiplicando cada uno de los Indices de Pérdida resultantes del análisis de la vulnerabilidad por la probabilidad de ocurrencia del fenómeno.

En el presente estudio, e integrando criterios citados, como elementos básicos para la zonificación se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Modelo geológico de la zona a partir del levantamiento geológico y el estudio fotogeológico comparativo y detallado de la misma, buscando obtener una idea precisa del terreno antes de la acelerada expansión urbana que ha tenido. Además de los aspectos litológicos y estructurales, se procurará definir con el mejor detalle posible lo relacionado con el sistema hidrogeológico del área.

- Evolución de los procesos de inestabilidad, determinados a partir de análisis de fotografías aéreas de diversas fechas, cartografía e historia de los moradores.

- Cantidad de viviendas en el área, estado de las mismas, tipología estructural y nivel de daños, considerando especialmente que muchas casas pueden estar construidas totalmente sobre rellenos (de calidad muy dudosa), como ocurre especialmente en las zonas de las rondas de los zanjones. Se sabe que los rellenos donde predominan materiales granulares de baja densidad son susceptibles a falla por movimiento sísmico; los rellenos arcillosos deficientemente compactados pueden originar asentamientos notables; la infiltración en rellenos poco densos puede ser causa de procesos de falla en condiciones estáticas. Por lo tanto este aspecto requiere gran atención y se procurará ayudar a dilucidarlo con las encuestas que se realizarán en cada casa (como complemento o ganancia en precisión de lo que se logre averiguar por otros medios ya enunciados).

- Determinación del número de moradores en zonas de riesgo.

- Análisis de estabilidad considerando, entre otros factores, diferentes condiciones de saturación (posición del nivel freático) y los efectos del sismo de diseño para el área de estudio, esto último basado en el estudio de microzonificación sísmica

para Santafé de Bogotá, realizado por Ingeominas, la Universidad de los Andes y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS.

- Zonificación por grado de amenaza y vulnerabilidad de elementos expuestos, para definir las zonas de alto riesgo. Para este fin se utilizarán criterios definidos por la amplia experiencia de la DPAE, la Interventoría, IGL, los autores colombianos ya mencionados y otras publicaciones.

- **Amenaza**

En el presente estudio se considerarán los siguientes factores para la evaluación de la amenaza: topografía, tipo de materiales, procesos degradacionales existentes, susceptibilidad a la erosión, precipitación, influencia del factor antrópico y uso actual del suelo, que puedan verse relacionados con la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. Cabe destacar que se prestará especial atención a los eventos amenazantes que se puedan suceder en las diferentes unidades geomorfológicas, definidas en función de los materiales expuestos en cada una de ellas y los procesos erosivos que las afectan.

Preliminarmente se pueden definir como zonas de amenaza baja los sitios aún no ocupados por viviendas en sectores de pendiente moderada, sin síntomas de inestabilidad; entre éstos la zona plana del extremo occidental del área, después de la confluencia de zanjones; sin embargo esta zona puede ser de amenaza alta por inundación dependiendo, entre otros factores, de la capacidad hidráulica de la tubería que recibe los 2 zanjones. Este aspecto nos lleva a buscar en la EAAB la información sobre la canalización efectuada y los parámetros hidrológicos utilizados.

Como zona de amenaza media se considera preliminarmente la parte media y sur-oriental de la ladera, correspondiente a la zona construida entre los dos zanjones.

Como zona de amenaza alta las áreas aledañas a las orillas de los dos zanjones (especialmente en sus cabeceras) y algunas partes muy empinadas de la orilla derecha de Los Naranjos.

- **Vulnerabilidad**

Se evaluará la vulnerabilidad física a partir de una tipificación de las viviendas, basada en criterios estructurales. En cada edificación se efectuará una calificación de los daños observados (si ya existen) o de los factores estructurales y de cimentación que pueden causarlos. Las solicitaciones de amenaza serán las relacionadas con movimientos del terreno generados por la inestabilidad de las márgenes de los dos zanjones, los procesos de inestabilidad que pueda generar el proceso de relleno y excavación para la cimentación de las edificaciones, y las

posibilidades de asentamientos excesivos o de falla de los rellenos de cierta magnitud (que tengan baja densidad) ante eventos de lluvias fuertes. Otro punto determinante en la vulnerabilidad de las viviendas, y que será tenido en cuenta para la zonificación, es el grado de exposición de éstas ante los fenómenos evaluados.

- **Riesgo**

A partir de los mapas temáticos de amenaza y vulnerabilidad se evaluará el riesgo, empleando en el grado necesario, y de acuerdo con la Interventoría, el sistema de información geográfica SPANS. Conceptualmente las zonas de riesgo bajo, medio y alto se asociarán con las zonas ya definidas de amenaza y vulnerabilidad y otras variables como la erosión, la socavación de cauces, la inundación, los rellenos blandos o sueltos y la acción antrópica en general (costumbres y tendencias de la gente).

La zonificación de riesgo y el planteamiento de las obras correctivas se realizará con base en los siguientes análisis:

- Análisis estático de estabilidad de taludes de todos los casos de inestabilidad detectados, incluyendo las obras recomendadas. Se utilizarán, el programa de computador PC-Stable, el análisis de caída de bloques empleando el método de Hoek, y los métodos analíticos y gráficos de estabilidad de botaderos de estériles (Hoek y Bray, 1994; Y.H. Yuang, 1977).

- Avalúo del costo de las casas en situación crítica, estimativo del costo de evacuación y reubicación de familias, demolición de casas, terraceo, reconformación y demás obras de estabilización necesarias.

- Magnitud y costo de las diferentes obras, así como el análisis costo/beneficio de alternativas de mitigación.

- Estimativo de la cantidad de aguas residuales o negras aportadas por el sector a los zanjones y estructuras de drenaje existentes, para evaluación de necesidades de mejoramiento o ampliación.

- Estimativo de la cantidad de lluvia en la zona, posibilidad de saturación de materiales de depósito y empleo de correlaciones entre la precipitación y la generación de deslizamientos; para éste último se considerará la metodología utilizada por Castellanos R. (1996) en su trabajo “Lluvias críticas en la evaluación de amenaza de eventos de remoción en masa”, en el cual plantea una correlación entre precipitación crítica y duración del evento.

2.4 Descripción de las actividades realizadas

Para el desarrollo de este trabajo se realizaron las siguientes actividades, en su orden:

2.4.1 Recopilación y análisis de información disponible

Para obtener información de referencia confiable y que permitiera obtener conocimiento sobre la evolución morfológica y social de la zona, se reunió y consultó la información disponible sobre cartografía, fotografías aéreas, registros hidrometeorológicos y climáticos, mapas geológicos y de suelos, y planos topográficos con la localización de obras civiles, vivienda e infraestructura del área, en entidades como el IGAC, IDEAM, INGEOMINAS, EAAB, Planeación Distrital y Catastro, la información sobre estudios anteriores suministrada por la Dirección de Atención y Prevención de Emergencias DPAE y los archivos de INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA. Se prestó especial atención al estudio "Plan de manejo de zonas de alto riesgo para la prevención y atención de desastres en la localidad de Usme", realizado por Plandepro Ltda. en 1994 para la OPES (hoy DPAE), en el cual se tratan algunos aspectos relacionados con la determinación de riesgos de los barrios La Paz y Danubio Azul y en especial con la construcción del colector mixto que la EAAB realizó en 1994 en el barrio La Paz. También se consultaron los planos de diseño del colector en la EAAB, y se está en espera de conseguir las memorias de cálculo de dicha obra para determinar el caudal de diseño. En el Anexo 1 se presentan los antecedentes y algunos comentarios extractados de la información consultada tanto en la DPAE como en la EAAB.

Por medio de la interpretación de las fotografías aéreas disponibles de la zona (Figuras 2-2 a 2-4) se estudió la evolución de procesos, desarrollo de los barrios y de las explotaciones y rellenos con estériles, su evolución temporal y las tendencias de comportamiento del terreno, información básica para labores de zonificación y sectorización.

2.4.2 Reconocimiento preliminar de la zona

Para definir los límites del área de estudio y profundizar en el contexto general de la problemática del sitio, se realizó una visita a la zona con un grupo de profesionales de la DPAE y de la firma interventora del proyecto; durante esta visita se definieron los lineamientos de la exploración del subsuelo, del levantamiento para el control topográfico, y del reconocimiento geotécnico y geológico del sector.

2.4.3 Levantamiento topográfico

Para obtener el plano topográfico del área de estudio se efectuó una fotorestitución a escala 1:1.000 con curvas de nivel cada metro basada en fotografías aéreas a escala 1:5.000, tomadas a finales de 1998.

Para ajustar algunos detalles como disposición de rellenos recientes, desviación del cauce por el mismo fenómeno y construcciones recientes, se realizó un control de campo mediante levantamiento topográfico a lo largo del cauce de los zanjones.

2.4.4 Estudio geológico, geomorfológico y de uso del suelo

Un grupo de profesionales, integrado por un Geólogo Especialista, un Ingeniero Civil, una Ingeniera Geóloga y una Ingeniera Agrónoma, realizó un reconocimiento detallado del área de estudio, durante el cual se adelantaron las siguientes labores:

- Fotointerpretación e identificación en campo de las diferentes formaciones geológicas aflorantes, disposición de estratos, localización y composición de depósitos cuaternarios y de origen antrópico, corrientes de agua y aportes de agua al subsuelo. Como resultado de esta actividad se obtuvo el plano geológico local y regional.

- Identificación de los diferentes fenómenos geomorfológicos que tienen incidencia en la ocurrencia de procesos erosivos y de remoción en masa, tomando como unidad de análisis los segmentos de ladera que puedan ser afectados por cada uno de los procesos determinados. Estos fenómenos se presentan en el plano geomorfológico. Los procesos geomorfológicos incidentes en la ocurrencia de procesos erosivos y de remoción en masa, se incluyen en el mapa de procesos.

- Zonificación de acuerdo con el uso actual del suelo y cobertura vegetal, y factor antrópico.

2.4.5 Exploración del Subsuelo y Ensayos de Laboratorio

Para determinar el tipo de rocas que afloran en el área de estudio y las características de los materiales que conforman los rellenos, se realizaron 10 trincheras (50.3 m) en los escarpes naturales y en las márgenes de los zanjones, y 4 perforaciones (33.1 m) en los rellenos más gruesos.

En los sondeos se tomaron 75 muestras representativas de los materiales encontrados, las cuales se enviaron al laboratorio para realizar ensayos de caracterización y resistencia al corte.

3. MEDIO FISICO

3.1 Topografía

La base cartográfica necesaria para el desarrollo de este estudio se obtuvo a partir de una fotorestitución a escala 1:1.000, complementada con un levantamiento topográfico a lo largo de las zonas con mayor cambio morfológico a través del tiempo, debido a la intervención de los habitantes del sector.

3.1.1 Información básica

Como material básico para la elaboración de la restitución se utilizaron las fotografías 1047 y 1048 a escala 1:5.000 del vuelo SAC-390. Estas fotografías no presentan problemas por cobertura de nubes, muestran en general buena resolución y tienen recubrimiento longitudinal del 60%. Una copia de estas fotografías se presenta en el Anexo 2 - Topografía.

La fotorestitución obtenida presenta curvas de nivel con intervalos de 1.0 m, localización de lotes, viviendas y vías, cauces de agua, líneas de transmisión de energía y demás detalles que se pueden obtener mediante el modelo estereoscópico, complementados mediante el control de campo y el levantamiento topográfico.

3.1.2 Método de trabajo y resultados

Para generar el plano topográfico del área de estudio se realizaron dos actividades diferentes:

- Restitución fotogramétrica a escala 1:1.000 a partir de fotografías aéreas a escala 1:5.000

- Levantamiento topográfico de secciones transversales y longitudinales de los zanjones Los Naranjos y La Marranera, con el cual se actualizó la localización de cauces, rellenos y construcciones recientes en los zanjones mencionados.

- Levantamiento topográfico y materialización en campo de tres mojones de referencia para facilitar el replanteo de las obras que se recomienden para la estabilización del sector. Estos mojones fueron localizados en puntos visibles entre sí y en zonas estables (dos de ellos fueron localizados junto a torres de energía) y sus coordenadas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-1 Coordenadas Cartesianas de los Mojones.

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
PAZ - 1	94001.755	95558.435	2586.110
PAZ - 2	93999.567	95788.769	2607.540
PAZ - 3	94003.926	96091.143	2655.090

Utilizando la red de fotocontrol del IGAC, se identificaron los puntos de control (definidos con coordenadas X, Y, Z, referidas al datum utilizado para Santa Fe de Bogotá) ubicados dentro del área de cubrimiento. Con estos puntos (presentados en la Tabla 3-2) se realizó la aerotriangulación y armada del modelo, y se procedió a la restitución.

Tabla 3-2 Puntos de Fotocontrol - Restitución Topográfica

DATUM WGS-84			
PUNTO	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALTITUD ELIPSOIDAL**
CD-757	4º34´03.803" N	74º06´31.339" w	2,705.630
AP-01	4º32´26.400" N	74º06´43.915" w	2,679.973
AP-02	4º32´24.042" N	74º06´27.267" w	2,669.819
AP-03	4º32´45.473" N	74º07´25.444" w	2,584.421
AP-04	4º32´38.496" N	74º06´47.228" w	2,653.501
AP-05	4º32´19.573" N	74º07´03.169" w	2,610.001
AP-06	4º32´13.785" N	74º06´49.119" w	2,629.335
GPS-1	4º32´31.553" N	74º06´48.761" w	2,647.931
GPS-2	4º32´30.903" N	74º06´49.495" w	2,643.789

DATUM BOGOTA		
PUNTO	**LATITUD**	**LONGITUD**
CD-757	4º34´14.049" N	74º06´43.612" w
AP-01	4º32´36.646" N	74º06´56.188" w
AP-02	4º32´34.288" N	74º09´39.534" w
AP-03	4º32´55.719" N	74º07´37.715" w
AP-04	4º32´48.742" N	74º06´59.501" w
AP-05	4º32´29.820" N	74º07´15.441" w
AP-06	4º32´24.032" N	74º07´01.391" w
GPS-1	4º32´41.799" N	74º07´01.033" w
GPS-2	4º32´41.052" N	74º07´01.764" w

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS			
PUNTO	**NORTE**	**ESTE**	**COTA**
CD-757	96,850.897	96,537.791	2,688.230
AP-01	93,858.955	96,150.111	2,662.447
AP-02	93,786.921	91,114.674	2,652.589
AP-03	94,444.900	94,870.800	2,567.000
AP-04	94,230.500	96,048.000	2,636.000
AP-05	93,649.300	95,556.600	2,592.500
AP-06	93,471.500	95,989.700	2,611.800
GPS-1	94,017.238	96,000.757	2,630.422
GPS-2	93,994.303	95,978.217	2,626.280

Una vez obtenido el plano a partir de la restitución, se actualizó la posición de los cauces y la localización de rellenos y viviendas recientes, mediante el levantamiento topográfico directo, como ya se mencionó.

Finalmente, con la ayuda del programa ACAD 13 se realizó el dibujo del plano final básico para todas las etapas del estudio.

El resultado de este proceso se presenta en el Plano 1 de 15 Topografía, y las carteras del levantamiento en el Anexo 2; en este anexo también se presentan el registro fotográfico de los mojones de referencia. Cabe aclarar que la actualización de la topografía (mediante levantamiento topográfico a lo largo de los zanjones) se realizó los días 8 y 18 de febrero, por lo que no aparecen registrados en los planos cambios topográficos posteriores a esta fecha, originados por la disposición de nuevos rellenos.

3.2 Geología

3.2.1 Método de trabajo

Para realizar el estudio geológico de los zanjones Los Naranjos y La Marranera y su área aferente, se utilizó el siguiente método de trabajo:

- Consulta y adquisición de fotografías aéreas de diferentes épocas, disponibles en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC -.

- Fotointerpretación geológica y geomorfológica regional y local, utilizando para ello las fotografías que se mencionan en la tabla 3-3.

Tabla 3-3 Fotografías aéreas analizadas

Vuelo	Fotografías	Fecha	Escala media
C 1675	046 a 049	Agosto de 1976	1:21.000
C 2323	125 a 128	Diciembre de 1987	1:25.000
R 1183	110 - 111, 187 - 188	Febrero de 1992	1:14.000
SAC 390	1097 - 1098	1998	1:5.000

- Levantamiento geológico en campo durante la primera semana de febrero, determinando las condiciones existentes en los afloramientos rocosos y en los rellenos de escombros dispuestos en las orillas de los zanjones y en la parte baja, al noreste de la confluencia de los mismos.

  Debido a que las laderas del barrio La Paz están totalmente ocupadas por viviendas, y a la cobertura de escombros que cubre los antiguos cauces y

zanjones y gran número de calles del barrio, la cantidad de afloramientos rocosos es muy baja, por lo cual hubo necesidad de utilizar fotografías aéreas de 1976 para las labores de geología y geomorfología.

- Cartografía sobre planos a escala 1:1.000 de la información encontrada en campo.

3.2.2 Geología regional

La Sabana de Bogotá, localizada en el altiplano de la cordillera oriental de Los Andes, es una cuenca cerrada que drena al sur por el río Funza o río Bogotá, cauce que recoge las aguas de escorrentía y aguas negras de la ciudad de Santa Fe de Bogotá. Esta sabana es un sinclinorio solevantado y limitado al este y al oeste por fallas regionales inversas de rumbo suroeste-noreste.

Durante el Cuaternario sucedieron movimientos en masa que originaron grandes depósitos de ladera o material de flujo, los cuales cubren el extremo sur de la ciudad, aunque la parte plana está cubierta por espesos depósitos recientes de origen aluvial. Los procesos erosivos recientes originaron un paisaje de surcos de erosión y cárcavas, las cuales fueron cubiertas posteriormente por rellenos de escombros de construcción.

En 1957 E. Hubach denominó “Regadera” a un espeso nivel de areniscas con intercalaciones de arcillolitas, las cuales afloran al SE de la ciudad de Santa Fe de Bogotá, en proximidades del 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 medio a conglomerático (miembro inferior Tri); arcillas rosadas a amarillas moteadas, con intercalaciones de areniscas en la parte media (Trm). En la parte alta se observan niveles de arenisca cuarzosa conglomerática con estratificación cruzada, e intercalación de arcillolitas y limolitas grises (Trs).

Esta Formación 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, en la zona replegada ubicada al sur de la quebrada Olla del Ramo. Fue depositada en un ambiente fluvial de alta energía y llanura de inundación adyacente, y reposa en forma concordante sobre la Formación Bogotá.; la ausencia de fósiles no ha permitido la datación de esta Formación.

Del barrio La Paz hacia el norte, las rocas de la Formación Regadera conforman un sinclinal que aparece en los cerros al sur de La Picota, continúa en la parte alta

de este relieve hasta Santa Lucía y llega hasta cerca del hospital San Carlos. Al oriente de este barrio y hacia la parte alta del barrio Palermo Sur, se presenta una estructura sinclinal, la cual tiene el mismo rumbo del pliegue localizado entre el hospital San Carlos y el norte de La Picota, por lo que se deduce que se trata de la misma estructura.

De la quebrada Olla del Ramo hacia el sur, la Formación Regadera tiene un espesor aparente muy grande, debido a la existencia de varias estructuras (sinclinal y anticlinal con un flanco invertido), las cuales se presentan desde la quebrada Olla del Ramo hacia la parte más alta de la cordillera. En la zona baja plana se presentan varias unidades de edad cuaternaria; la Formación Tilatá (Qpt), el depósito aluvial del río Tunjuelito (Qal) y niveles de terraza aluvial (Qt).

La llamada Falla de La Fiscala afecta las rocas de la Formación Regadera desde la serranía de Juan Rey hacia el noreste, hasta las proximidades del barrio Danubio Azul.

En la Figura 3-1 se muestra el esquema de la geología regional del área de estudio a escala 1:25.000; en la Figura 3-2 la fotointerpretación geológica regional, y en la Figura 3-3 la geología regional a escala 1:5.000. El esquema geológico regional de esta última figura fue tomado del **"**Estudio de zonificación de riesgos por movimientos de remoción en masa en 101 barrios de la localidad de Usme", realizado por Investigaciones Geotécnicas Ltda, 1997, para la Unidad de Prevención y Atención de Emergencias – UPES –, hoy DPAE**.**

3.2.3 Geología local

En la zona de estudio se encontraron las siguientes unidades estratigráficas (plano 2 de 15):

- Formación Regadera (Tr):

El sustrato rocoso del barrio La Paz está constituido por rocas sedimentarias resistentes (areniscas) de edad Terciaria y rocas blandas - limolitas y arcillolitas - (miembros Trm y Trs de la Formación Regadera), las cuales se presentan plegadas formando estrechos anticlinales y amplios sinclinales de rumbo noreste predominante. Debido al intenso tectonismo se presentan estructuras invertidas tal como se observa en el extremo sureste de la ciudad, al sur de la quebrada Olla del Ramo.

En la parte media de la zona de estudio aflora una sección de arcillolitas y limolitas del miembro medio (Trm) de la Formación Regadera. La mejor exposición se observa en el escarpe localizado al sur de La Picota, en la estructura sinclinal donde aflora una serie de arcillolitas y limolitas rojizas a violáceas con capas lenticulares de arenisca amarillosa ; estos estratos afloran también en la parte media a alta del

zanjón Los Naranjos y continúan en la ladera hacia el sur, hasta el zanjón La Marranera. Localmente, este miembro aflora en el extremo oriental del área de estudio, desde la línea de transmisión, y constituye el sustrato rocoso de la mayor parte del barrio La Paz; el mayor número de los afloramientos consiste en una arenisca gris amarillosa de grano medio a fino, compacta, masiva y resistente. En la parte más alta del barrio aparece una secuencia de areniscas cuarzosas de grano grueso a conglomerático, con estratificación cruzada y una serie de intercalaciones lenticulares de limolitas grises moteadas a violáceas, con areniscas ferruginosas en capas muy delgadas. Estos estratos se han correlacionado con el miembro superior (Trs) de la Formación Regadera.

Las areniscas fueron explotadas en la parte alta del barrio La Paz (extremo oriental) para la extracción de arena y arcilla necesaria en la fabricación de ladrillos y cerámicas.

– Depósitos recientes (Q):

Los depósitos cuaternarios observados en la zona involucran arcillas grises, limos arenosos (de posible origen lacustre), suelos orgánicos de color gris oscuro a negro con algunos niveles delgados de ceniza volcánica. A partir de 1987 se realiza, para la adecuación del barrio La Paz, un gran relleno de escombros de construcción ubicado tanto en la parte baja antes explotada para extracción de arcillas, como en los cauces de los zanjones Los Naranjos y La Marranera.

Es posible que sobre las laderas del barrio La Paz se presentara una acumulación de bloques subredondeados a subangulares de arenisca, embebidos en matriz areno-arcillosa, depósito de espesor variable tal como se observa en la ladera al sur de La Picota, de posible origen fluvioglacial. Durante el proceso de adecuación del terreno, los habitantes utilizaron el material rocoso de este depósito como material para relleno de cárcavas y zanjones, y como material rocoso para la cimentación de las viviendas.

- Formación Tilatá (Qpt):

Con esta Formación se han correlacionado los restos de una serie de estratos grises claros de arcilla, que aparecen en la parte baja del área al noroccidente del barrio La Paz

En 1997 Investigaciones Geotécnicas Ltda. describió una secuencia sedimentaria de arcillas grises al sur de la quebrada Olla del Ramo, las cuales correlacionó con esta Formación; a pesar de que en el barrio La Paz la zona plana baja fue explotada para la extracción de arcillas grises, aun se presentan algunos escarpes de arcillas grises, correlacionables también con esta Formación.

La Formación Tilatá en el área de estudio se restringe a la zona baja localizada en el extremo occidental del barrio La Paz, en proximidades al sector occidental del barrio Danubio Azul.

En este sector la sección observable de la Formación Tilatá está conformada por afloramientos locales en los cuales se observa una secuencia de arcillolitas grises a grises claras, plásticas, en posición horizontal a subhorizontal, suprayacidas por un horizonte de suelo orgánico de color gris oscuro a negro con alto contenido de restos vegetales.

De acuerdo con la información suministrada por los habitantes del barrio La Paz, la parte basal de la zona explotada para la extracción de arcillolitas está formada por estratos de arena y arena con grava, de color gris claro y composición silícea. La Formación Tilatá reposa en forma discordante sobre los estratos de la Formación La Regadera. Fue depositada en un ambiente transicional de fluvial a lacustre entre el Pleistoceno y el Holoceno.

- Depósito lacustre conformado por limos (Ql):

Entre las cotas 2.600 y 2.625 se observa una serie de estratos horizontales de composición limo-arenosa de color pardo a gris parduzco, que se extienden desde el zanjón La Marranera hacia el zanjón Los Naranjos y en dirección NE hacia la capilla del barrio La Paz. El paquete de limos pardos es fácilmente erodable por escorrentía, formando inicialmente surcos de erosión y, en estado más avanzado, cárcavas. Algunas viviendas de la parte baja del barrio La Paz están cimentadas sobre esta unidad.

- Suelo orgánico (Qs):

Se presenta una cobertura de suelo gris oscuro a negro con gran contenido de materia orgánica y restos vegetales. Este suelo se extiende sobre las laderas del barrio La Paz, cubriendo las unidades preexistentes; es orgánico y tiene un espesor variable entre 0.6 y más de 3.0 m.

Dentro del suelo orgánico se presentan algunas capas grises en que predomina la ceniza volcánica; estas capas son compactas, cohesivas y resistentes a la erosión; sin embargo presentan fisuras y grietas verticales que permiten el desarrollo de planos de debilidad.

En el Plano de Geología Local aparecen los suelos orgánicos de la parte alta de los zanjones Los Naranjos y La Marranera asociados a la última glaciación.

- Relleno de escombros (Qre):

Después de establecida la invasión del barrio La Paz (en 1987), los habitantes del sector iniciaron el relleno de los zanjones de Los Naranjos y La Marranera con el fin de obtener áreas adicionales para la construcción de calles y viviendas. Estos rellenos están constituidos por materiales finos (arena, limo y arcilla) y por fragmentos de rocas, ladrillos y concreto. Localmente pueden observarse rellenos de basuras con un contenido considerable de plásticos y materia biodegradable.

Al parecer, la primera fase del relleno de la parte baja de lo que hoy se conoce como los barrios La Paz y Danubio Azul fue ejecutada por los explotadores de arcilla para uso industrial, y posteriormente los rellenos los continuaron los habitantes del sector a pica y pala, sin ningún grado de compactación.

Como puede observarse en los planos, algunas calles del barrio La Paz se han desarrollado sobre rellenos, que ha cubierto antiguos cauces tanto de los zanjones principales como de sus afluentes (cauces secundarios); los rellenos en las márgenes de los zanjones han sido utilizados para la construcción de viviendas o la adecuación de accesos al barrio.

El espesor de los rellenos varía entre 0.6 m en algunas calles hasta 12.0 m sobre el antiguo cauce del zanjón Los Naranjos, en la zona de la Cra. 4 A con Diag. 53 B Sur.

En el Plano 2 de 15 se presenta la Geología Local del área de estudio.

3.2.4 Geología estructural

El extremo sur de Santa Fe de Bogotá está modelado por pliegues asimétricos de dirección predominante sureste - noroeste, limitados por fallas inversas de ángulo bajo. Generalmente los sinclinales son amplios, definidos y continuos, resaltados por la presencia de estratos duros (areniscas) que conforman unidades abruptas de gran continuidad.

En general, los pliegues están afectados por fallas transversales (entre ellas la falla de La Fiscala) de ángulo alto, algunas de las cuales producen un claro desplazamiento en las unidades competentes. El pliegue más importante del área de estudio es el sinclinal de Usme.

- Falla de La Fiscala

Al suroeste del área de estudio y en casi paralela a la quebrada Olla del Ramo en el barrio Danubio Azul, aparece esta falla, de dirección SE-NO, que posiblemente sea activa y afecte todas las unidades litológicas que se presentan en

inmediaciones a su traza. Dado que está localizada al suroeste del barrio La Paz, no afecta las viviendas del sector.

- Sinclinal de Usme:

Esta es la estructura más notable del extremo sureste de Santa Fe de Bogotá, y se extiende desde los barrios de San Carlos y Santa Lucía hacia la población de Usme y el embalse de La Regadera.

El sinclinal de Usme es un pliegue asimétrico de dirección NNW, en el cual los flancos están resaltados por la Formación Regadera y el núcleo está constituido por los depósitos o rellenos cuaternarios.

El núcleo fue activamente explotado en décadas pasadas para la extracción de arcillas utilizadas en la fabricación de productos cerámicos por parte de la Ladrillera Santa Fe.

El flanco oriental del sinclinal ha sido ocupado por diferentes barrios de invasión del SE de Bogotá, especialmente desde el cerro Juan Rey hasta las proximidades del hospital San Carlos, en dirección norte.

- Sinclinal de Palermo:

El eje de esta estructura, ligeramente NE, se localiza en la parte alta del barrio del mismo nombre. El flanco occidental de la estructura presenta un buzamiento medio de 12° al SE, tal como se observa en los afloramientos del escarpe de la antigua cantera.

El barrio La Paz está localizado en el flanco occidental de esta estructura. El mejor afloramiento del sinclinal se encuentra al sur de La Picota, donde las rocas de la Formación Regadera (limolitas y arcillolitas violáceas) afloran en un corte al cual los habitantes del sector le están colocando canales y escaleras de concreto.

- Fallamiento local:

Debido a la densidad habitacional del sitio de estudio y al relleno de escombros que conforman la parte baja y las márgenes de los zanjones, no se pudo observar un patrón de fallamiento claro. El único sitio donde se observó un fallamiento menor se localizó al norte de la iglesia de La Paz, en un talud de corte en la Formación Regadera. Allí se encontró una fractura vertical de rumbo E-W, abierta y rellenada por material ferruginoso. Es posible que se presente una falla de rumbo N-S, la cual controlaría en parte la dirección del cauce del río Tunjuelito y limitaría la extensión de los depósitos aluviales del río, ésta falla estaría por fuera del área de estudio.

3.3 Geomorfología

Debido a la gran cantidad de viviendas ubicadas en las laderas del barrio La Paz, y al relleno de escombros que cubre los zanjones, fue necesario apoyarse en fotografías aéreas de 1976 y en los planos L 58 y L 68 del IGAC a escala 1:2.000, de 1979 y 1981, para el análisis geomorfológico del área de estudio.

El extremo sureste del Distrito Capital presenta una morfología muy típica donde contrastan notoriamente las geoformas de las areniscas de la Formación Regadera, y el suave relieve disectado de la Formación Tilatá y de los depósitos Cuaternarios.

3.3.1 Evolución geomorfológica del área

En la morfología del extremo sureste de Santa Fe de Bogotá puede observarse claramente el contraste entre las geoformas características de la Formación Regadera, y el relieve suave y disectado de los depósitos más recientes y del relleno de los zanjones.

Hasta 1976, en la zona se presentaban los siguientes procesos:

- Antiguos flujos de origen fluvioglacial, ocurridos después de la última glaciación (Würm), los cuales cubrieron gran parte de las laderas del sureste de Bogotá con un depósito de bloques, cantos y fragmentos de arenisca (provenientes de la Formación Guadalupe), embebidos en una matriz areno-limosa. Restos de este flujo se observan al norte del barrio La Paz, en la ladera localizada al sur de La Picota.

- Procesos de erosión hídrica activos durante gran parte del Holoceno, los cuales producen un notable carcavamiento, tanto en la zona plana como en las laderas de pendiente media a alta del barrio, y dan origen a una morfología de "tierras malas" (badlands) en los zanjones Grande, Los Naranjos y La Marranera, hasta finales de la década de los 70 (Figura 3-4).

- Rellenos de escombros, los cuales se inician hacia el año 90, debido a la invasión de las laderas del barrio. Con el objeto de adecuar el área máxima disponible para uso habitacional, los habitantes del sector utilizaron el material rocoso disponible en las laderas (flujo fluvioglacial) y posteriormente utillizaron los escombros de construcción, como lo han hecho hasta ahora. La zona de zanjones al occidente de Los Naranjos, fue prácticamente rellenada, y a partir de 1987 (según los habitantes del barrio), se inició el relleno sobre las márgenes de los zanjones Los Naranjos y La Marranera. Al parecer, el primer relleno se realizó en la parte baja de cada zanjón, hasta el sitio de confluencia

de los mismos; posteriormente, el proceso se extendió a la parte alta y media de Los Naranjos, y la parte baja y media de La Marranera. Actualmente continúa el relleno en las partes media y alta de La Marranera.

Tal como se observa en la Figura 3-4, los procesos geomorfológicos antiguos cartografiados a escala 1:2.000, las zonas de carcavamiento menor (Cm) y el carcavamiento intenso (Ca) se localizan en los zanjones La Marranera, Los Naranjos y Zanjón Grande. El carcavamiento producido en el Zanjón Grande es muy amplio (carcavamiento lateral), y ha progresado hacia aguas arriba hasta la divisoria de aguas, para unirse a una cárcava que se desarrolla sobre la ladera localizada al sur de La Picota. Los zanjones Los Naranjos y La Marranera presentan en la parte alta una zona de reptación. En la parte plana baja de la zona de estudio, ubicada al sur y suroeste del barrio, se apreciaba hasta 1979 una intensa actividad minera a cielo abierto realizada por la ladrillera Santa Fe.

A partir de 1987 la actividad antrópica en el barrio La Paz se torna más intensa y los habitantes del barrio se dedican al relleno de cárcavas o de los zanjones, tal como se mencionó antes.

3.3.2 Caracterización geomorfológica y zonificación

Para la caracterización geomorfológica del área de estudio se tomaron diferentes segmentos de ladera, determinados con base en el origen (antrópico o hidrológico), las características estructurales y la mezcla de dos o más procesos denudativos o de acumulación. Se tuvieron en cuenta además del perfil de la ladera (plana, convexa o cóncava), los procesos de inestabilidad activos y los cambios de pendiente de cada ladera. En la figura 3-4 y en el plano 3 de 15 se presentan los resultados del estudio geomorfológico.

Las diferentes clases de laderas delimitadas en el área se describen a continuación:

I. Laderas de origen antrópico:

Se presentan a lo largo de los zanjones Los Naranjos y La Marranera, y se originan como resultado del proceso de relleno de escombros formados por pedazos de ladrillo, limos, arenas y fragmentos de concreto. Los rellenos del zanjón Grande y del pequeño zanjón que se encuentra al occidente, ocuparon los cauces, y actualmente se han construido numerosas viviendas sobre éstos.

La pendiente longitudinal en el sentido del cauce es baja, y la pendiente transversal alta, expuesta a erosión hídrica por escorrentía superficial, presentándose pequeños surcos de erosión y acarreo de material (escombros) que llegan al cauce. La entrega de aguas servidas en el talud

de estos rellenos puede llegar a saturar el material, ocasionando pequeños flujos locales con un consecuente represamiento temporal de aguas negras. Las laderas de la parte alta y media del zanjón Los Naranjos, conformadas por rellenos, son potencialmente inestables y presentan grietas de tracción incipientes.

Sobre las laderas de origen antrópico la escorrentía superficial causa infiltración local y erosión superficial de la ladera, generando surcos de erosión incipientes.

Este tipo de laderas puede subdividirse en dos clases:

IA – Laderas conformadas por escombros de construcción. Debido a la forma de disposición (material botado y sin ningún tipo de compactación), estas laderas son permeables y de alta infiltración y su estabilidad geotécnica es muy precaria, lo que las convierte en laderas potencialmente inestables.

IB – Rellenos compactados técnicamente con pendiente suave y sin problemas de infiltración.

II. Laderas de antiguo cauce:

En la Figura 3-4 se observan las laderas del antiguo cauce de los zanjones existentes en el barrio La Paz. Las laderas, de alto ángulo (mayor de 45°) y hasta de 12.0 m de altura, presentan una morfología en forma de “V”, ocasionalmente modificada en el fondo por procesos locales de sedimentación; el zanjón Grande presenta un proceso activo de erosión ascendente que alcanza la divisoria de aguas entre el área de estudio y la ladera localizada al sur de La Picota.

Hacia 1979 (fecha de elaboración de la cartografía de la Figura 3-4) se presentó la unión de varios zanjones menores, originándose una amplia zona de erosión lateral de 80.0 m de ancho en el zanjón Grande. En los zanjones Los Naranjos y La Marranera el carcavamiento es profundo, las laderas rectas y hasta de 12 m de altura

Actualmente, las laderas del zanjón Los Naranjos están afectadas por erosión lateral y socavación, por efectos del relleno de escombros. La parte superior de las laderas de estos cauces está expuesta a procesos locales de reptación.

Las laderas de antiguo cauce están formadas por tres tipos diferentes de litología: las de arcillolitas expuestas a erosión laminar y surcos incipientes; otras en limos arenosos con fisuras verticales, drenaje interno por zonas de

debilidad (fisuras) y afectados potencialmente por erosión lateral con la consecuente caída de bloques; las de areniscas expuestas a erosión hídrica y posterior degradación del talud. En consecuencia, y para propósitos de zonificación, se subdivide este tipo de laderas en las siguientes unidades:

IIA – Arcillolitas poco permeables y porosas, estables, aunque localmente se presenta desprendimiento y caída de bloques.

IIB – Limolitas y limos arenosos, ligeramente permeables y potencialmente inestables.

IIC – Areniscas porosas y permeables. Localmente se presentan algunos desprendimientos y caída de bloques.

III. Laderas de antigua explotación minera:

Se observan en el extremo occidental del barrio La Paz y en el barrio Danubio Azul. Se caracterizan por presentar una pendiente muy baja (2 a 4%), las cuales fueron cubiertas totalmente por escombros, y posteriormente ocupadas por viviendas. En ellas se aprecia erosión laminar en el relleno o en suelos limo-arenosos, a lo largo de las calles que no se han pavimentado.

Dentro de la antigua explotación minera se produjeron dos tipos de pendientes: las del límite de explotación (talud frontal de la explotación), vertical de altura variable. El otro tipo es de muy baja pendiente, conformado por el área explotada.

En general, las laderas de antigua explotación están formadas por arcillolitas grises. En estos materiales predominó la acción de la escorrentía, y a pesar del avance permanente del talud frontal durante la operación minera, al parecer no se presentaron grandes problemas de estabilidad.

IV. Laderas con antigua reptación:

En la parte alta de los zanjones Los Naranjos y La Marranera se observa (en las fotografías de 1976) un proceso de reptación de suelos orgánicos, ligeramente porosos, permeables y potencialmente inestables.

Durante el reconocimiento de campo se pudo determinar que el proceso continúa actualmente, aunque en gran parte se encuentra controlado por la cimentación de las viviendas del sector; sin embargo, las aguas de escorrentía y las aguas servidas en las partes altas de los zanjones Los Naranjos y La Marranera pueden continuar recargando en parte el relleno y

el suelo orgánico presentes en cada sitio. Estas áreas se caracterizan por presentar una menor pendiente local y la convergencia del flujo hacia el cauce, por lo que se consideran como potencialmente inestables.

Debido a que el substrato rocoso está conformado por limolitas y arcillolitas poco porosas y poco permeables, es muy posible que el contacto entre el suelo orgánico y las rocas del miembro Trm pueda llegar a saturarse, generando el flujo del suelo sobre la ladera.

V. Laderas con procesos erosivos potenciales:

Se localizan en la mayor parte del barrio La Paz, y corresponden a largos segmentos de ladera que presentan alta escorrentía superficial en época de lluvias, la cual afecta la mayoría de las calles del barrio, debido a la pendiente longitudinal del terreno y a la falta de pavimentación. La erosión en estas calles se manifiesta como erosión difusa y carcavamiento incipiente.

Ocasionalmente, la entrega de aguas de escorrentía sobre el relleno de escombros en episodios de lluvias torrenciales puede originar cárcavas, saturación del relleno y hasta pequeñas fallas locales, las cuales pueden llegar a causar un pequeño represamiento temporal.

Estas laderas están conformadas por rocas densas y poco permeables (arcillolitas y limolitas), las cuales presentan problemas locales de erosión.

VI. Laderas con inestabilidad potencial:

Se localizan en la parte alta del sitio de estudio y comprenden una zona de laderas cortas de pendientes muy altas formadas por taludes de arenisca amarilla, de grano grueso a conglomerático. Estas rocas se encuentran diaclasadas y presentan la posibilidad de caída de fragmentos y bloques de roca; se localizan en la margen izquierda del zanjón Los Naranjos hasta la Diag. 53 B Sur. Este mismo tipo de ladera en la parte alta del barrio La Paz y en el Danubio Azul (hacia la margen izquierda del zanjón La Marranera), está en gran parte controlada por las viviendas y las obras recientes ejecutadas por los vecinos del sector, tales como canales, muros y escaleras de concreto.

VII. Laderas de limos arenosos:

Están conformadas por estratos horizontales de limos arenosos con algunas intercalaciones de ceniza volcánica y corresponden a un nivel que aflora en buena parte de la sabana de Bogotá, a la cota 2600.

Los materiales conforman taludes escalonados bastante fisurados y con grietas verticales que favorecen la erosión y el desprendimiento de bloques por erosión y por procesos de humedecimiento – secado, propios de la alternancia de períodos climáticos.

3.3.3 Régimen de agua superficial

Hasta 1976, el área presentaba un aspecto semiárido con desarrollo pronunciado de cárcavas, y toda la precipitación fluía superficialmente hacia los zanjones Los Naranjos y La Marranera.

Actualmente, debido a que las laderas del área de estudio están cubiertas principalmente por materiales finos (niveles arcillosos de la Formación Regadera y materiales limo-arcillosos del depósito lacustre) y materiales de relleno ligeramente compactados, se considera que solo una mínima cantidad del agua de escorrentía puede infiltrarse por los escasos afloramientos de arenisca y, posiblemente, a lo largo de los contactos entre esta roca y el relleno de escombros (Qre), condiciones que no favorecen la formación de manantiales o nacederos de agua (situación confirmada por los residentes del sector).

Bajo las condiciones descritas, se considera también que en la zona de estudio predomina la escorrentía superficial concentrada aunque en muy poco volumen (se presentan en algunas calles surcos incipientes de erosión), pues la construcción de obras civiles como viviendas, vías, accesos peatonales y algunas obras para conducción de aguas lluvias, han ayudado a controlar las aguas superficiales. No obstante, en las márgenes de los zanjones se presentan procesos de erosión más avanzados (similares a los de la margen izquierda de la quebrada Olla del Ramo, situada al sur del barrio Danubio Azul), debido a que los materiales blandos erodables de las unidades recientes (Ql y Qs) están afectados por planos de debilidad (fisuras y diaclasas) a lo largo de los cuales el agua de escorrentía origina un surco de erosión, el cual gradualmente evoluciona a cárcava.

En un estado avanzado de erosión a lo largo de los zanjones, se sucede una profundización y ampliación del cauce por la acción del agua circulante, proceso que genera taludes negativos en la pata y falla posterior del talud por colapso o desprendimiento, bien sea durante una avenida o ante aguaceros aislados en los períodos secos, fenómeno favorecido además por la ampliación de grietas y fisuras en la parte alta de los taludes.

En el área de estudio el principal problema de aguas superficiales es el causado por el flujo de aguas negras, vertidas a través de entregas inadecuadas e incontroladas sobre las márgenes de los zanjones, debido a la falta de alcantarillado tanto de aguas servidas como de aguas lluvias. La entrega de aguas servidas a los zanjones se realiza en algunos casos sobre el relleno de escombros

y en otros sobre los materiales rocosos del área. Por este motivo se recarga el relleno o se eroda el material del talud; en el primer caso se originan grietas de tracción en el relleno, y en el segundo se amplían fisuras o diaclasas, como pudo observarse en el sitio.

3.3.4 Agua subterránea

El régimen de agua subterránea de poca profundidad se obtuvo a partir de la información de dos de las cuatro perforaciones realizadas en la zona, cuya localización se indica en la taba siguiente:

Tabla 3-4 Ubicación de las perforaciones

PERFORACION	POSICION N.F.	LOCALIZACION
P1	N.R.	Relleno margen derecha del zanjón Los Naranjos
P2	6.80 m	Relleno margen izquierda del zanjón Los Naranjos
P3	N.R.	Relleno parte baja del zanjón La Marranera
P4	4.30 m	Relleno parte alta del zanjón La Marranera

Nota: N.R. = No reportado, por no aparecer en la perfoación.

De los datos mencionados se concluye que existe una recarga en el amplio y espeso relleno de la margen izquierda del zanjón Los Naranjos. Esta recarga se debe al aporte de aguas negras que descienden desde la parte alta del zanjón. Igualmente, la gruesa capa de suelo orgánico (Qs) ubicada en la parte alta del zanjón La Marranera presenta alta humedad e infiltración de aguas lluvias, lo que da origen al nivel freático de la perforación P4.

3.3.5 Evolución del desarrollo urbanístico

En el área de estudio predominan procesos erosivos causados por el agua de escorrentía. Las diferentes unidades geomorfológicas están siendo afectadas en distinta forma, de acuerdo con la pendiente del terreno y la cobertura del suelo.

Debido a la alta densidad de viviendas en el área, que la cubren casi por completo, fue necesario comparar fotografías aéreas de diferentes años y escala media variable entre 1:14.000 y 1:20.000, para determinar los fenómenos erosivos, así como la distribución de los rellenos de origen antrópico. La evolución del desarrollo urbano se puede resumir en la siguiente forma:

- De acuerdo con las fotografías aéreas 047 y 048 del vuelo C-1675, a escala 1:21.000, hasta 1976 las laderas y la parte baja de lo que hoy se conoce como barrio La Paz, aparecen totalmente despobladas. Se aprecia un carcavamiento intenso en el zanjón Los Naranjos desde la divisoria de aguas. Los cauces son profundos y de taludes rectos casi verticales. El zanjón de La Marranera presenta reptación incipiente en el manto de suelo de la parte alta, y

carcavamiento fuerte en la parte baja. En estas fotografías se observa también la explotación de arcillas a cielo abierto que llega al sur hasta la quebrada la Olla del Ramo y las instalaciones de la Ladrillera Santa Fe, donde se procesa el material arcilloso para la elaboración de productos cerámicos.

- En las fotografías 126 y 127 del vuelo C-2323 a escala1:21.000 de 1987, se observa claramente que, aunque en la zona baja y plana del sector sigue la explotación de arcillas a cielo abierto, sobre las rondas y las laderas de los zanjones comienza a aparecer un gran número de viviendas, especialmente hacia el norte y el noroeste de la margen derecha de La Marranera, aunque sobre sus cauces no se haya dispuesto aún relleno alguno. También se han construido viviendas en la parte alta de este zanjón, a pesar de que persiste el proceso de reptación.

- En las fotografías 110 y 111 del vuelo R-1183 a escala 1:14.000, de 1992, se observa que la zona se ha construido hasta la margen derecha de la quebrada Olla del Ramo, a pesar de que la explotación de arcillas continúa en la parte baja de su margen derecha y al sur de la margen izquierda, donde se presenta un gigantesco tajo operado por la Ladrillera Santa Fe. En la parte alta del zanjón Los Naranjos y en la parte baja del zanjón La Marranera aparece un primer relleno de escombros.

3.3.6 Identificación y delimitación de procesos erosivos

En términos generales, se puede anotar que tanto en la zona plana (ubicada en la parte baja del área de estudio) como en las laderas, predominó la erosión en surcos y cárcavas, la cual afectó principalmente a los niveles arcillosos de la Formación Regadera y a la Formación Tilatá, y en un menor grado los estratos de areniscas. Actualmente, y debido al grado de ocupación del sector, los procesos erosivos afectan en menor proporción las laderas de los barrios La Paz y Danubio Azul.

Durante el levantamiento de campo se pudo establecer que en la zona plana y en la de baja pendiente, se presenta erosión laminar sobre las calles y áreas desprovistas de vegetación, y solo en las zonas de media y alta pendiente se observa la formación incipiente de surcos de erosión; esto se debe a la presencia de los rellenos de escombros que cubren la mayor parte de las calles del barrio. Llama la atención la ausencia de grandes fenómenos de remoción en masa; solo se presenta reptación de suelo orgánico en la parte alta del zanjón La Marranera, y del zanjón Los Naranjos.

Como se anotó anteriormente, el flujo de agua por los zanjones origina erosión lateral y posterior inestabilidad en las márgenes, por desprendimiento o colapso de parte del talud. Este fenómeno puede llegar incluso a producir represamiento

temporal de las aguas negras (y ocasionalmente de aguas lluvias) que fluyen por los cauces. La erosión lateral de los cauces es un fenómeno reciente producido por los rellenos incontrolados de escombros que se realizan día a día sobre las márgenes de los zanjones. Este fenómeno se presenta en una longitud aproximada de 100 m sobre la margen izquierda del zanjón Los Naranjos, a partir de su cabecera; desde este punto y hacia aguas abajo, la margen derecha es susceptible a socavación lateral. En el zanjón La Marranera el sector localizado entre los 50 y 100 m desde su parte alta, es igualmente susceptible a erosión lateral; a partir de este punto, aparentemente, la margen izquierda es más susceptible a la socavación lateral, ya que la margen derecha está siendo rellenada con escombros.

Las laderas y zona plana del área de estudio han estado expuestas a procesos erosivos producidos por la acción del agua; estos procesos comprenden formación de surcos de erosión y cárcavas, así como pequeñas zonas afectadas por reptación de suelos. La formación de surcos de erosión y cárcavas ha afectado especialmente a los materiales blandos (arcillolitas y limolitas) de las unidades litológicas, y los cauces principales de drenaje (zanjones Los Naranjos y La Marranera). La erosión máxima producida por carcavamiento se produjo sobre los materiales de la zona plana baja del área de estudio y las márgenes de los zanjones. El área que estuvo expuesta a reptación se localiza en la parte alta de ambos zanjones.

Los procesos erosivos identificados se muestran en el plano 4 de 15. De los procesos puntuales de inestabilidad se hablará en el Capítulo 5 - Caracterización geotécnica, especialmente en el numeral 5.3 procesos de inestabilidad.

3.3.7 Resultados

De acuerdo con la interpretación de las fotografías aéreas y el posterior reconocimiento de campo, se puede concluir que el sitio de estudio se caracteriza geomorfológicamente por presentar:

1. Morfología de cárcavas desarrolladas sobre los materiales erodables que cubren el valle y las laderas.

2. Zanjones profundos con forma en “V”, de taludes rectos casi verticales.

3. Relleno de escombros en zonas de cárcavas, zanjones y áreas explotadas a cielo abierto.

4. Erosión lateral de cauces producida por la incontrolada conformación de rellenos en las márgenes de los zanjones.

5. Socavación lateral inducida por erosión lateral de cauces.

6. Desprendimiento y colapso de taludes debido a erosión y socavación lateral.

7. Recarga de rellenos por entrega incontrolada de aguas negras.

8. Presencia de grietas de tracción incipientes en rellenos de escombros.

3.3.8 Mapa de pendientes

Analizando el mapa de pendientes, presentado en el Plano 5, puede determinarse que el área del estudio presenta en general pendiente baja a media (de 0° a 30°), y solo aparecen pendientes considerables (> 30°) especialmente hacia los bordes de los zanjones y en los taludes del antiguo cauce de los zanjones, hacia el extremo nororiental del área de estudio.

3.4 Hidrología y clima

3.4.1 Objetivos

Los principales objetivos del estudio de hidrología y clima son los siguientes:

- Caracterizar el área de estudio desde el punto de vista hidrológico y climático, analizando los aspectos de precipitación crítica y caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno.

- Relacionar las propiedades hidrológicas y climáticas anteriores con la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

3.4.2 Análisis de información disponible

Para la elaboración del estudio, se consultó la siguiente información básica:

3.4.2.1 Información topográfica

Como se describió en el numeral 1 de este capítulo, se contó con la siguiente información topográfica:

- Restitución fotogramétrica a escala 1:1000 a partir de fotografías aéreas a escala 1:5000.

- Levantamiento topográfico de varias secciones transversales y longitudinales en la zona de estudio.

3.4.2.2 Información hidroclimática:

- "Estudio para el Análisis y Caracterización de Tormentas en la Sabana de Bogotá", realizado para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, por IRH Ltda. en noviembre de 1995.

- "Zonificación de riesgos por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santafé de Bogotá", realizada para la UPES por Ingeocim Ltda.

- Información hidrometeorológica obtenida a partir de los registros de las estaciones indicadas en la tabla 3-5:

Tabla 3-5 Fuentes de Información Hidrometeorológica

CÓDIGO	ESTACION	OPERADA POR	TIPO	ELEVACION (msnm)	COORDENADAS		PERIODO DE REGISTRO (Años)
					Norte	Este	
2120156	Picota	CAR	PG	2580	995.500	994600	18
2120523	Observatorio Meteorológico Nacional	HIMAT	C.P.	2556	1.004.475	999.500	24

3.4.3 Caracterización hidrológica

El área de estudio es drenada por los zanjones Los Naranjos y La Marranera, que recogen parte de las aguas lluvias y aguas servidas de los barrios La Paz y Danubio Azul; la otra parte del agua es drenada por el sistema de alcantarillado, tanto de aguas lluvias como de aguas negras del sector. Dichos zanjones definen una microcuenca alargada, orientada en dirección NE-SW y urbanizada en su totalidad, cuyos cauces se caracterizan por presentar laderas fuertemente intervenidas por los habitantes del sector debido a la disposición de rellenos y basuras, fenómeno que también ha generado la modificación del curso de las aguas. Según información de antiguos moradores, dichos zanjones nunca han sido quebradas (de agua corriente) sino cañadas de drenaje de las aguas lluvias. Esto despeja una de las inquietudes planteadas en el método de trabajo y en reuniones con la DPAE y la Interventoría, relativa a la posible existencia de nacimientos de aguas infiltradas, que hayan sido sepultados y taponados por viviendas y rellenos.

Hacia 1994, la EAAB construyó en el sector un colector mixto pocos metros aguas abajo de la confluencia de los zanjones, pues se venían presentando algunos problemas de represamiento de aguas negras debido a la deficiencia de drenaje

del cauce. Este proyecto involucró también la quebrada la Hoya, a la cual confluyen los zanjones aproximadamente 200.0 m aguas abajo de su intersección; con la instalación del colector, el cauce de la quebrada La Hoya fue entubado y rellenado, conformando sobre este relleno la vía de acceso para el sector.

De acuerdo con la información obtenida de los habitantes del barrio, los zanjones no han presentado problemas de crecientes durante episodios de aguaceros o lluvias fuertes, ni se han generado problemas masivos de inestabilidad de sus márgenes a pesar del grado de intervención, excepto hacia mediados de 1999, cuando se presentó un represamiento de aguas negras debido al taponamiento del interceptor por la gran cantidad de basura arrojada a los zanjones.

A continuación se exponen algunas de las características físicas de la microcuenca.

3.4.3.1 Area de drenaje

El área de drenaje de la microcuenca (A) de los zanjones Los Naranjos y La Marranera es de 85917 m² (0.086 km²).

$$A = 0.086 \text{ km}^2$$

Discriminando esta área para las subcuencas de cada zanjón, se tiene:

- Zanjón Los Naranjos, un área de drenaje de 52433 m² (*0.052 km²*)

- Zanjón La Marranera, un área de drenaje de 33484 m² (*0.033 km²*)

3.4.3.2 Clasificación genética de los drenajes

Hacia 1976, genéticamente los zanjones del sector se podían clasificar como de segundo orden, alimentados por tributarios menores por los que drenaban las aguas lluvias. Sus cauces se caracterizaban por ser amplios y profundos en forma de “V”, y rodeados de vegetación aislada.

Actualmente, y debido a la intervención antrópica y a la disposición indiscriminada de rellenos, los zanjones se han convertido en tributarios de primer orden de la quebrada la Hoya, por la cual siguen hacia el río Tunjuelito. Su nivel de base ha sido levantado considerablemente gracias a la sedimentación favorecida por la existencia de rellenos y proveniente de los procesos de erosión laminar que se presentan en algunas calles del barrio debido al componente arcilloso de los materiales superficiales y a la ausencia de vegetación que pueda favorecer la infiltración.

3.4.3.3 Pendiente media de los cauces principales

Como se mencionó antes, se consideran cauces principales a los dos zanjones del sector.

La pendiente media es la diferencia total de elevación del lecho del zanjón dividido por su longitud total. Se tiene entonces:

- Zanjón Los Naranjos

Cota superior	2627 msnm
Cota inferior	2591 msnm
Diferencia de elevación, h	36 m = 10.97 pies
Longitud, L	314 m = 0.31 km = 0.20 millas
Pendiente media	11.5 %

- Zanjón La Marranera

Cota superior	2642 msnm
Cota inferior	2603 msnm
Diferencia de elevación, h	39 m = 11.89 pies
Longitud, L	260 m = 0.26 km = 0.16 millas
Pendiente media	15.0 %

3.4.4 Descripción de los fenómenos climáticos del área de estudio

3.4.4.1 Precipitación media mensual

El análisis de la precipitación media mensual del área de estudio se realizó con la información de la estación Picota, la cual define un comportamiento bimodal de las lluvias, con incrementos marcados de precipitación entre los meses de marzo a mayo, y nuevamente hacia octubre y noviembre; los meses secos se presentan entre diciembre y febrero. La precipitación media mensual multianual es de 47 mm (564 mm anuales), con un máximo mensual de 74 mm en el mes de Octubre, y un mínimo de 22 mm en enero. En la Figura 3-5 se presenta el diagrama de variación de los valores medios mensuales de precipitación.

3.4.4.2 Temperatura media mensual

La temperatura media mensual tiene pocas variaciones a lo largo del año; está entre 14 y 15 °C. En la Figura 3-6 se presenta el diagrama de variaciones de las temperaturas medias mensuales.

3.4.4.3 Evaporación potencial media mensual

El comportamiento de la evaporación media mensual, está estrechamente relacionado con la temperatura media mensual multianual, por lo cual los valores más altos de evaporación se presentan en los meses con mayor temperatura media. Se tiene entonces una evaporación media mensual de 57 mm (684 mm al año) con un valor máximo de 64 mm para el mes de mayo y un mínimo de 51 mm para el mes de febrero. En la figura 3-7 se presenta el diagrama de variaciones de evaporaciones medias mensuales multianuales, determinadas a partir del método de Thorntwaite.

3.4.4.4 Humedad relativa

El valor medio mensual multianual de la humedad relativa es de 73%, con su valor máximo (77%) en el mes de noviembre, y el más bajo en marzo (68%). En la Figura 3-8 se presentan los valores promedio de humedad relativa en la zona de estudio.

3.4.5 Intensidades máximas de lluvias esperadas:

3.4.5.1 Cálculo del tiempo de concentración

Para el cálculo del tiempo de concentración se utilizó la fórmula propuesta por Kirpich:

$$Tc = \left(11.9 \frac{L^3}{h} \right)^{0.385}$$

donde:

Tc = tiempo de concentración en horas.
L = Longitud del cauce en millas.
h = Diferencia de elevación (pies) entre los límites superior e inferior del área de drenaje.

En este caso se determinó el tiempo de concentración para cada uno de los zanjones:

- Zanjón Los Naranjos

Diferencia de elevación, h	10.97 pies
Longitud, L	0.20 millas

$$Tc = \left(11.9 \frac{0.20^3}{10.97} \right)^{0.385}$$

Tc = 0.16 horas = 9.7 min

- Zanjón La Marranera

Diferencia de elevación, h	11.89 pies
Longitud, L	0.16 millas

$$Tc = \left(11.9 \frac{0.16^3}{11.89} \right)^{0.385}$$

Tc = 0.12 horas = 7.3 min

3.4.5.2 Curva Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF)

De acuerdo con la ubicación geográfica de la zona de estudio, y basados en el "Estudio para el Análisis y Caracterización de Tormentas en la Sabana de Bogotá", se encuadró la microcuenca en consideración, dentro de la Zona 7 definida en dicho estudio. En la Figura 3-9 se presenta la curva IDF propuesta para dicha zona en el estudio mencionado.

3.4.5.3 Intensidades de lluvia para diferentes períodos de retorno

El tiempo de concentración representa el tiempo que debe transcurrir desde el comienzo de una lluvia determinada, para que toda el área de drenaje aporte escorrentía en una sección específica, es decir, para que se produzca la máxima escorrentía superficial. De acuerdo con la anterior, la intensidad de la lluvia crítica para un período de retorno dado, es aquella de duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje en consideración.

Puesto que los tiempos de concentración de cada uno de los zanjones difieren, se tomará como tiempo de concentración representativo de toda la microcuenca el promedio ponderado de acuerdo con el área de drenaje de cada zanjón.

Entonces:

$$T_c = \frac{A_n T_{cn} + A_m T_{cm}}{A}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración de la microcuenca (min)
A_n = Área de drenaje de la subcuenca del zanjón Los Naranjos (m²)
T_{cn} = Tiempo de concentración de la subcuenca del zanjón Los Naranjos (min)
A_n = Área de drenaje de la subcuenca del zanjón La Marranera (m²)
T_{cn} = Tiempo de concentración de la subcuenca del zanjón La Marranera (min)
A_n = Área de drenaje de la microcuenca (m²)

$$T_c = \frac{52433 \cdot 9.7 + 33484 \cdot 7.3}{85917} = 8.8\ min$$

Con base en el tiempo de concentración, se hallaron las intensidades que se presentan en la tabla 3.6.

3.4.5.4 Cálculo de caudales máximos esperados:

Teniendo en cuenta el tamaño de la microcuenca, se empleó el método racional, para el cálculo de caudales máximos esperados así:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/seg)
I = Intensidad (mm/hora)
A = Área de la cuenca (km²)
C = Coeficiente de escorrentía. Se asumió un valor de 0.85 teniendo en cuenta el grado de urbanización que presenta el área.

Los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno se presentan en la tabla 3-6. Estos caudales corresponden al caudal aportado por los dos zanjones al sistema de recolección, durante las lluvias críticas correspondientes a diferentes periodos de retorno.

Tabla 3-6 Intensidad y caudales máximos en el área de estudio

Tr (años)	I (mm/hora)	Q (m^3/seg)
3	49	0.99
5	60	1.22
10	74	1.50
25	90	1.83
50	105	2.13
100	135	2.74

3.4.5.5 Lluvias críticas para diferentes periodos de retorno

Para calcular la relación existente entre la precipitación media anual y la lluvia crítica - duración, se acudió a los estudios "Relaciones de precipitación crítica - duración que disparan movimientos en masa en Santafé de Bogota", presentado por A. González, E. Zamudio y R. Castellanos en el XI CPMSIF en Fox de Iguazú, Brasil (1999), y en el "Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inestabilidad del terreno para varias localidades de Santafé de Bogota", realizado por Ingeocim Ltda. para la UPES en 1998. En este último estudio se encontró que, con base en la relación entre la lluvia crítica y la duración, la ciudad de Santafé de Bogotá puede subdividirse en dos subzonas; las ecuaciones para calcular la lluvia crítica y su duración en cada subzona se presentan en la tabla 3-7:

Tabla 3-7 Relación entre la lluvia crítica y la lluvia anual para Santa Fe de Bogotá (Ingeocim 1998)

Zona	Lluvia crítica (mm)	Duración (días)
Suroccidental	0.3609 x Lluvia anual	3.2829 x Lluvia crítica $^{0.4157}$
Cerros orientales	12.6325 + 0.1814 x Lluvia anual	0.04923 x Lluvia crítica

La representación gráfica de las ecuaciones correspondientes a la zona de los cerros orientales, en la cual se emplaza el barrio La Paz, se muestra en las figuras 3-10 a 3-12.

Reemplazando en las ecuaciones de la tabla 3-7 el valor de lluvia anual (564 mm), obtenemos una lluvia crítica para el sitio de estudio de 114.94 mm, y una duración de 5.66 días. La probabilidad de ocurrencia varía entre 3.33 y 4%, la cual será utilizada para efectos de los análisis de estabilidad (Capítulo 5). Comparando los valores obtenidos en las gráficas (precipitación media anual de 800 a 1100 mm, lluvia crítica entre 200 y 210 mm y período de retorno entre 25 y 30 años), con los obtenidos de las fórmulas, se puede observar claramente un incremento, debido posiblemente a la escala de trabajo y a la extrapolación de datos de referencia.

4. INFLUENCIA ANTROPICA SOBRE EL MEDIO FISICO

4.1 Factor antrópico

Diariamente, víctimas de la violencia y la recesión económica por la que está atravesando el país, numerosas familias llegan a engrosar las comunidades deprimidas de las principales ciudades del país, en especial las del Distrito Capital. Estas familias, debido a sus escasos recursos al momento de arribar a la ciudad, deben asentarse en lugares que ofrecen una muy baja, incluso nula, garantía de seguridad para su vida, tanto desde el punto de vista físico (relacionadas con las condiciones de estabilidad geotécnica del terreno al que llegan), como desde el punto de vista social.

A pesar de esto, y en procura de "mejorar" su condición de vida y de adecuar un sitio para instalar su vivienda, el hombre se ha visto obligado a desarrollar diferentes actividades de intervención (principalmente deforestación, modificaciones al drenaje natural y cambios morfológicos mediante cortes y rellenos) sobre el medio natural que los recibe. Estos procesos antrópicos conllevan un cambio (en ocasiones drástico) en el uso del suelo en las zonas urbanas, la aceleración de procesos erosivos y la ocurrencia o detonación de procesos de remoción en masa, máxime si se considera que en la mayoría de los casos el hombre desconoce totalmente las causas y los efectos de algunos procesos socio-naturales. De hecho, procesos como la disposición indiscriminada de rellenos, la invasión de cauces naturales y el manejo inadecuado tanto de basuras como de aguas servidas, se convierten en una amenaza continua para los habitantes del área de influencia de éstos.

4.1.1 Identificación de zonas de intervención antrópica

La acción antrópica como agente detonante de fenómenos de remoción en masa se constituye en el factor que otorga mayor dinámica a las condiciones de estabilidad. Uno de los principales problemas asociados con la estabilidad del terreno es la invasión de los zanjones que drenan la zona, los cuales se adecuan para la construcción de nuevas viviendas y vías de acceso mediante la conformación de rellenos con diversos materiales (escombros de construcción, limos, arenas, arcillas y basuras en algunos casos). Los rellenos se convierten en áreas cada vez más susceptibles a la inestabilidad, en la medida en que la disposición de los materiales sea más heterogénea y caótica, que la compactación no se desarrolle adecuadamente y que la saturación de los mismos por vertimiento de aguas sea cada vez mayor.

Otro factor que influye en el incremento de la ocurrencia de deslizamientos en zonas inestables es la deforestación y eliminación de la cobertura vegetal, por la destrucción gradual del sistema interconectado de raíces por el incremento en la saturación y la escorrentía; en el sitio de estudio, esta cobertura no ha sido muy

abundante en el pasado, aunque sí se observa su considerable disminución.

Actualmente la intervención antrópica (que en el área de estudio es del 100%) relacionada directamente con la ocurrencia o activación de fenómenos de remoción en masa, está concentrada principalmente en las rondas de los zanjones, intervenidos considerablemente con la disposición indiscriminada de rellenos, el manejo inadecuado de basuras y el vertimiento directo de aguas negras sobre sus cauces.

El Indice de Ocupación del sector alcanza el 64% del área total de estudio; el área de los zanjones corresponde al 17% del área total, y las vías de acceso y calles internas ocupan el 19% del total de la zona.

4.1.2 Evaluación de la incidencia de las actividades humanas en la estabilidad del terreno

Las actividades de relleno indiscriminado a lo largo de los zanjones, de vertimiento inadecuado de aguas servidas y aguas lluvias a los cauces de los mismos y la disposición de basuras sobre sus márgenes, se han convertido paulatinamente en una constante amenaza para los habitantes del sector, relacionada con la potencial ocurrencia de fenómenos de erosión y remoción en masa (deslizamientos y flujos de tierra entre otros). Sin embargo, debe destacarse la incidencia positiva, desde el punto de vista de la disminución del agua de escorrentía (por cambio en el régimen de agua superficial) y reducción de la erosión que ha provocado la construcción de viviendas en el barrio, claro está, aquellas alejadas de las rondas de los zanjones.

La carencia de servicios públicos, especialmente el de alcantarillado de aguas servidas, generó hace un par de años en la parte plana del sector un problema serio de inundación debido al estancamiento de las aguas servidas vertidas en los zanjones, causado por la inexistencia de una pendiente de drenaje y la acumulación de basuras; esta emergencia fue solucionada por la EAAB (en colaboración con la OPES en cuanto a la parte social), mediante la construcción de un colector mixto y la conducción por tubería del caudal de la quebrada La Hoya y el de los zanjones Los Naranjos y La Marranera, recogidas estas últimas pocos metros antes de su confluencia.

Actualmente, la implementación del sistema de alcantarillado en los barrios La Paz y Danubio Azul ha disminuido el vertimiento de aguas servidas sobre los cauces de los zanjones, problema que ha quedado reducido a las viviendas ubicadas sobre las márgenes de los mismos, pues la diferencia de cotas entre la red y las viviendas no ha permitido su conexión al sistema de alcantarillado. El sistema de “vertimiento” que sale de estas casas hacia el cauce de los zanjones es variado: algunas casas tienen salida a través de tubos que descargan a 2.0 o 3.0 m de altura sobre los taludes de la margen derecha del zanjón La Marranera; otras

casas desaguan a través de tubos que llegan casi hasta el fondo del cauce de los zanjones; otras viviendas lo hacen a través de canales, y hay unos pocos casos en los que el extremo del tubo de desagüe quedó cubierto por material botado, lo que está generando la saturación de estos pequeños rellenos.

Se debe ser reiterativo en recordar que casi todos estos vertimientos se están haciendo sobre rellenos, situación que puede generar la saturación y consecuente inestabilidad de los mismos. El caso más crítico en este sentido se presenta en la cabecera del zanjón La Marranera, en donde se está conformando actualmente un relleno de escombros de construcción (con materiales finos como arenas y arcillas, y materiales gruesos como fragmentos de ladrillos y bloques de concreto, entre otros), con el que se pretende prolongar el acceso al sector por la Diag. 53 F Sur. Sobre este relleno se está extendiendo una capa de suelo orgánico (de aproximadamente 0.2 m de espesor) resultante de la apertura del acceso. Se presume que la base de este relleno está siendo saturada por las aguas servidas de las cuatro o cinco casas que se encuentran sobre el borde derecho del relleno, pues como éstas no cuentan con sistema de alcantarillado, disponen sus aguas servidas en el zanjón a través de unos tubos de concreto para alcantarillado de 0.4 m de diámetro, los cuales se encuentran en mal estado (rotos) y las uniones de los tubos permiten filtraciones. Adicionalmente, algunas de las mangueras con las que llevan agua “potable” a estas viviendas se han roto durante la adecuación del acceso, y la fuga ha estado saturando el relleno desde su parte superior. Esto sin considerar que la vivienda ubicada a lado izquierdo del relleno no se ha conectado al “sistema comunal de desecho de aguas servidas”, y por lo tanto está vertiendo estas aguas directamente sobre la parte superior del relleno.

El proceso de saturación del relleno se evidencia claramente en campo. Durante una de las últimas visitas realizadas al barrio (marzo 16 de 2000), se corroboró el precario estado de estabilidad de este relleno y se observó el hundimiento y las grietas de tracción que están apareciendo en la parte superior; la falla de este relleno puede traer serias consecuencias sobre los habitantes de las márgenes del zanjón.

La construcción de los rellenos sobre los bordes de los zanjones ocasiona la invasión de sus rondas, divagación de los cauces y desaparición de la escasa vegetación, lo que los convierte en zonas muy propensas a erosión superficial severa. El drenaje de aguas servidas a través del cauce de los zanjones también tiene una alta incidencia negativa tanto en la salud de los habitantes (especialmente en la población infantil), como en la estabilidad de los rellenos debido a la socavación que puede causar en la pata de los mismos.

La inadecuada disposición de basuras a lo largo de los zanjones causa deterioro ambiental y genera sitios de inestabilidad para los nuevos rellenos, pues los desechos orgánicos no pueden “consolidarse” adecuadamente. Aunque no se conformen nuevos rellenos sobre las basuras, éstas siguen siendo un problema,

pues son arrastradas por la corriente hacia la tubería de alcantarillado de la parte baja, en donde causan taponamiento del sistema, con la consiguiente reversión de flujos y represamiento del agua en el sitio de entrega, tal como sucedió hacia abril o mayo de 1999.

4.1.3 Zonificación del factor antrópico

La caracterización del Factor Antrópico en el área de estudio, mostrada en el Plano 6 de 15, se basó en los siguientes criterios de clasificación:

- Nivel de intervención de los cauces, considerando la obstrucción total o parcial del mismo, y la modificación de su régimen hidráulico.

- Zonas habilitadas para la construcción de viviendas, con cubrimiento de servicios públicos: energía, acueducto y alcantarillado.

- Zonas sin cubrimiento de servicio de alcantarillado.

- Zonas de vertimiento directo de aguas servidas sobre las márgenes de los zanjones, las cuales pueden saturar los rellenos y promover la inestabilidad de los mismos.

- Cubrimiento de vías de acceso, considerando si son vehiculares o peatonales y la existencia de obras de drenaje de aguas lluvias o de obras realizadas por la comunidad a través del programa de "saldo pedagógico". Cabe destacar que dentro del área de estudio no se encuentran vías pavimentadas, excepto la Dig. 52 B, la cual sirve de límite del área.

4.2 Inventario de uso actual del suelo y cobertura

El uso del suelo es la forma específica en que está siendo explotada, en un determinado momento, una parcela de terreno. También se considera como el empleo o la explotación que el hombre hace de los recursos naturales en dicha área.

A continuación se describe la forma como se realizó el inventario de uso actual del suelo y los resultados del mismo.

4.2.1 Método de estudio

La evaluación del uso del suelo y su cobertura se realizó por medio de una inspección al sitio de estudio, durante la cual se identificaron y cartografiaron las diferentes unidades de uso, de acuerdo con la clasificación de la Unidad de Suelos y

Agricultura del CIAF, que consta de cuatro niveles: gran grupo, grupo, subgrupo y tipo de cobertura y uso.

4.2.2 Unidades de uso

Al nivel de gran grupo las unidades de uso se clasificaron en tres categorías: Rasgos culturales, Rasgos vegetales y Cuerpos de agua.

4.2.2.1 Rasgos culturales

A esta clasificación corresponden los grupos Urbano y Transporte y comunicación. En el grupo Urbano se presentan los subgrupos residencial, servicios e industrial.. Para el grupo Transporte y comunicación se presentaron los subgrupos Vías destapadas y Vías cementadas o adoquinadas.

En la unidad de uso residencial se agrupan las construcciones destinadas únicamente a vivienda. En el caso del comercio y la industria, la zonificación se hizo al nivel predial, por no existir una zona de dedicación exclusiva a dichas actividades, sino por establecimientos pequeños, como tiendas, panaderías, papelerías y misceláneas, entre otros.

4.2.2.2 Rasgos vegetales

En esta unidad se identificó el grupo Vegetación espontánea, debido a que las plantas, en su mayoría no corresponden a plantas cultivadas y crecen invadiendo o colonizando el suelo desnudo. Los subgrupos considerados son Herbáceas y Arbóreas y arbustivos.

4.2.2.3 Cuerpos de agua

Las corrientes intermitentes Los Naranjos y La Marranera se agruparon en esta unidad como drenajes colectores de aguas negras (tipo de uso y cobertura) debido a que los predios aledaños vierten sus aguas residuales en ellos.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las unidades de uso, relacionada con la clasificación descrita.

Tabla 4-1 Clasificación de Unidades de Uso del Terreno

Gran Grupo	Grupo	Subgrupo	Tipo
Rasgos culturales	Urbano	Residencial	Lotes construidos Lotes desocupados
		Servicios	Educación institucional Recreación y deporte
		Comercial	comercio informal, establecimientos pequeños

Gran Grupo	Grupo	Subgrupo	Tipo
		Industrial	Manufactura liviana
	Transporte y comunicación	Vías	Vías destapadas Vías cementadas o adoquinadas
Rasgos vegetales	Con cobertura vegetal	Vegetación espontánea	Herbácea Arbórea y arbustiva
	Sin cobertura vegetal	suelos desnudos	Erosión en grado diverso
Cuerpos de agua	Corrientes	Intermitentes	Drenajes

4.2.3 Incidencia de las unidades de uso en la estabilidad de los terrenos

La unidad de uso **residencial** tiene efecto negativo en la estabilidad de los suelos (principalmente en los taludes de relleno) por dos razones: primera, la sobrecarga por el peso de las construcciones ejerce presión sobre las partículas heterogéneas de los suelos haciendo que éstos se compriman. Segunda, la deficiente conducción y entrega de las aguas negras, que provoca saturación de los materiales, los cuales se comportan de manera diferencial ante la acción del agua; dentro del relleno algunos materiales son fácilmente disgregados formando vacíos que luego son ocupados por otros materiales suprayacentes. Los dos casos provocan hundimientos y reptación.

La unidad de uso **servicios**, tiene mayor efecto negativo en el caso de las áreas destinadas a recreación y deporte ya que se encuentran sobre los rellenos, donde el deficiente manejo de aguas lluvias, que drenan hacia los bordes de las canchas, ocasiona erosión superficial en diverso grado, fisuras en el terreno y deterioro en las construcciones aledañas. Además, los vecinos utilizan estos sitios para el acopio de basura, que es parcialmente recolectada por la empresa correspondiente. En el caso de las instituciones educativas, no es evidente la incidencia negativa por flujo de aguas.

En la unidad de uso **comercial** se identifican como factores desestabilizantes de los suelos la mala disposición de las basuras que, en ocasiones, son vertidas en los taludes de los rellenos y luego enterradas con nuevos materiales cuando avanza el proceso de relleno. Igual que las unidades anteriores, una construcción muy pesada y mal manejo de las aguas residuales afectan negativamente la estabilidad de los suelos.

Como exponente del sector **industrial** se identificó una microindustria de fabricación de materas en la parte plana del área de estudio. Los materiales para su funcionamiento son transportados desde otros sectores de la ciudad, por lo que su incidencia en los suelos de la zona es mínima, siendo su principal impacto negativo la colmatación de las redes de alcantarillado, donde es vertida el agua sobrante del proceso industrial, lo que conlleva inundaciones en la zona de entrega de los zanjones.

En el grupo **Transporte y comunicación** se clasificaron las vías del barrio, que en su mayoría son destapadas y no cuentan con un sistema de canalización y recolección de aguas lluvias, lo cual causa procesos de erosión severa en su superficie, evidentes en los surquillos y canales a lo largo de éstas. Las vías más cercanas a los rellenos, que se convierten en pequeños senderos, presentan puntos de inestabilidad que pueden colapsar y presentar carcavamiento y pequeños deslizamientos luego de un aguacero normal.

La unidad de **vegetación** agrupa principalmente los taludes de los zanjones, en los cuales la cobertura vegetal varía con el ritmo de construcción de los rellenos. Esta vegetación alcanza a disminuir ostensiblemente la erosión superficial pero no protege los taludes de movimientos en masa, por ser de carácter temporal, sin tiempo para que el sistema de raíces interactúe con los materiales del suelo.

En el Plano 7 de 15 se presenta el inventario de uso actual del suelo y la cobertura del mismo.

4.2.4 Uso Potencial del Suelo.

En el área de los zanjones el uso potencial del suelo puede variar de acuerdo con las obras de adecuación y control que allí se realicen. Las posibilidades se describen a continuación.

- En el caso de que los cauces sean canalizados y los zanjones rellenados (según proyecto de la EAAB) el área puede usarse para la construcción de la continuación de las vías que comunican el barrio de oriente a occidente (Cra 4 Bis en el sector Los Naranjos y Transversal 4B en el sector La Marranera, hasta empalmar con la transv 4B). El área restante tiene un uso potencial como área de control ambiental, con actividades como la reforestación y la recreación pasiva.

  Para este fin se sugiere la construcción de parques lineales, con la adecuación de zonas verdes y canchas múltiples para la práctica deportiva (basquetbol, microfutbol, voleibol, etc.) y patinódromos y rampas, especialmente frente a la manzana 28 del sector Los Naranjos, donde se cuenta con mayor espacio disponible.

- En el caso de que se realicen obras de reconformación y estabilización de taludes y no se rellenen los zanjones (independiente de la canalización de los cauces) se deben reforestar y cercar sus bordes, adecuando algunos pasos por medio de puentes peatonales para comunicar las orillas. No queda espacio disponible para la construcción de vías, por lo que este uso no se contempla. El área al rededor de los zanjones, siguiendo con el planteamiento del uso

potencial como área de control ambiental, puede ser usada en la construcción de un parque lineal

Herbáceas: Pastos como el Kikuyo y el rye gras, plantas ornamentales como las petunias, hortensias, geranios, pensamientos, bella helena y otras, que conformarán el estrato bajo y darán mayor cobertura sobre la superficie.

Arbustivas: Por su crecimiento y desarrollo confieren una mayor estabilidad de los suelos al profundizar sus raíces para obtener un buen anclaje. Las especies recomendadas para la zona son:

Nombre común.	Nombre científico
Alcaparro enano	*Senna Multiglandulosa*
Caucho sabanero	*Ficus soatensis*
Acacia bragatinga	*Albizzia lophanta*
Cayeno	*Hibiscus rosa sinensis*
Cerezo capuli	*Prunus serotina*
Charne saltón	*Bucquetia glutinosa*
Falso pimiento	*Shinus molle*
Siete cueros	*Tibouchina lepidota*
Pajarito	*Crotalaria agatiflora*

En cualquier caso es importante negar el uso residencial a las áreas de los zanjones y sus alrededores, por la fragilidad de los rellenos que se han venido construyendo y por lo abrupto de su topografía. Además, debido al alto índice de ocupación de la zona, se percibe un déficit de equipamentos deportivos y recreativos, con la consiguiente insatisfacción de las necesidades de los habitantes del sector en este campo. Por lo tanto, permitir nuevos asentamientos humanos implica exponer la población al riesgo por FMR y aumentar las condiciones de hacinamiento y marginalización.

- El área restante del barrio, con uso actual residencial, vías y servicios (educación y recreación), no puede expandirse ni modificar su uso, por lo que se recomienda desmarginalizar la población ampliando la cobertura de servicios públicos y pavimentando las calles para anular el problema de erosión que afecta estas zonas.

4.2.5 Descripción de los suelos

En el área de estudio los suelos han sufrido un constante deterioro y la capa orgánica superficial ha desaparecido, propiciando afloramientos de material parental en la superficie, débilmente estructurado y en algunos casos masivo; en las zonas de relleno los diferentes horizontes han sido enterrados y se presenta abundantes fragmentos de roca de diferentes diámetros (alta pedregosidad).

En sitios donde queda suelo original se pudo observar que su profundidad varía de moderadamente profundos, en las partes planas del área de estudio, a superficiales, en la parte de pendientes considerables; de textura franco limosa en el primer horizonte y moderadamente gruesa en profundidad; con drenaje interno regular y drenaje natural bien drenado; con erosión laminar en grado severo, presencia de surcos, afloramiento y socavación de horizontes subsuperficiales, excavaciones y rellenos producto de la intensa actividad antrópica, afectados por mal manejo de aguas lluvias y residuales.

Los suelos de las zonas de pendiente alta se clasifican en el orden de los Entisoles debido a su escaso desarrollo, asociados con severos procesos de erosión, con un régimen de humedad y temperatura tropical (Troporthents), mientras que los de las zonas planas son Inceptisoles, un poco mas desarrollados, con un duripan (clay-pan) y acumulación de materiales alofánicos en capas subsuperficiales (Durandepts). Las características morfológicas de cada perfil se describen a continuación:

4.2.5.1 Perfil 1

Datos generales:

Fecha de descripción:	15 de Marzo de 2000
Localización geográfica:	Margen derecha del caño Los Naranjos, parte posterior de la cancha múltiple, a 15 m del borde del lote 1 de la manzana 21A.
Relieve:	Quebrado.
Pendiente:	30%.
Drenaje natural:	Bien drenado
Vegetación actual:	Pasto Kikuyo.
Uso Actual:	Vegetación herbácea.
Material parental:	Relleno, material residual.
Taxonomía del perfil:	No hay horizontes diagnósticos, suelo antrópico.

Descripción:

Ap 0 a 40 cm	Color variado (abigarrado), materiales de color amarillo (10YR7/6), pardo gris oscuro (10YR4/2) y café oscuro, textura variable según el material, franca con cantidades moderadas de arcilla, limo y arena, presencia de cascajo de diverso diámetro; estructura migajosa gruesa, débil; consistencia suelta, ligeramente plástica y pegajosa; poros finos, medianos y gruesos, abundantes; actividad de edafofauna escasa, raicillas regular cantidad, finas y medias; reacción al HCl negativa, al H_2O_2 negativa y al NaF ligeramente positiva; límite difuso.

4.2.5.2 Perfil 2

Datos generales:

Fecha de descripción:	15 de Marzo de 2000
Localización geográfica:	Margen izquierda del caño La Marranera, al final de la Diagonal 54, al lado del lote 6 de la manzana 59.
Relieve:	Quebrado.
Pendiente:	30%.
Drenaje natural:	Bien drenado
Vegetación actual:	Pasto Kikuyo.
Uso Actual:	Vegetación herbácea.
Material parental:	Areniscas con intercalaciones de arcilla.
Horizontes diagnósticos:	Superficial, ócrico Subsuperficial, cámbico (clay pan)
Taxonomía del perfil:	Inceptisol

Descripción:

Ap 0 a 40 cm	Color café oscuro (10YR4/4), textura franco limosa; estructura blocosa subangular, gruesa, débil; consistencia suelto, friable, plástica y pegajosa; poros finos y medianos, abundantes; actividad de edafofauna moderada, raicillas abundantes, finas y medias; no se detectan carbonatos (reacción al HCl negativa), la materia orgánica es muy baja (reacción al H_2O_2 negativa) y no se presentan cenizas volcánicas (reacción al NaF negativa); límite abrupto y plano.
Bt 40 a 90 cm	Color negro (5YR2.5/2), textura arcillosa (Clay pan); estructura bloques angulares gruesos, fuerte; consistencia muy dura, muy firme, plástica y pegajosa; poros finos, escasos; actividad de edafofauna escasa, raicillas pocas, finas; no se detectan carbonatos (reacción al HCl negativa), la materia orgánica es muy baja (reacción al H_2O_2 negativa) y no se presentan cenizas volcánicas (reacción al NaF negativa); límite gradual y ondulado.
Bs 90 a 200 cm	Color pardo oscuro (10YR3/3), textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares, medianos, fuerte; consistencia suelta, friable, ligeramente plástica y pegajosa; poros finos y medianos, regulares; actividad de edafofauna escasa; raíces abundantes, no se detectan carbonatos (reacción al HCl negativa), la materia orgánica es muy baja (reacción al H_2O_2 negativa) y no se presentan cenizas

volcánicas (reacción al NaF negativa); límite gradual.

C
200 a 280 cm — Color amarillo (10YR7/8), textura arenosa; estructura granular gruesa, moderada; consistencia suelta, blanda, ligeramente plástica y ligeramente pegajosa; poros finos, regulares; actividad de edafofauna no hay; raíces no hay, no se detectan carbonatos (reacción al HCl negativa), la materia orgánica es muy baja (reacción al H_2O_2 negativa) y con presencia de cenizas volcánicas (reacción al NaF positiva).

4.2.5.3 Perfil 3

Datos generales:

Fecha de descripción:	15 de Marzo de 2000
Localización geográfica:	Margen derecha del caño La Marranera, en el lote 15, manzana 27
Relieve:	plano,
Pendiente:	5%.
Drenaje natural:	Bien drenado
Vegetación actual:	No hay cobertura vegetal.
Uso Actual:	Lote vacío.
Material parental:	Areniscas con intercalaciones de arcilla.
Horizontes diagnósticos:	Superficial, truncado (presumiblemente ócrico) Subsuperficial, cámbico (clay pan)
Taxonomía del perfil:	Inceptisol

Descripción:

La capa superficial ha sido removida para dar paso a la construcción. Como no se cuenta con cobertura específica, se observa fuerte proceso de erosión, con formación de canales paralelos a la pendiente del borde del lote

Bt
40 a 90 cm — Color negro (5YR2.5/2), textura arcillosa (Clay pan); estructura bloques angulares gruesos, fuerte; consistencia muy dura, muy firme, plástica y pegajosa; poros finos y medianos, regulares; actividad de edafofauna escasa, raicillas abundantes, finas y medias; no se detectan carbonatos (reacción al HCl negativa), la materia orgánica es muy baja (reacción al H_2O_2 negativa) y no se presentan cenizas volcánicas (reacción al NaF negativa); límite abrupto, plano.

.

Bs 90 a 200 cm	Color pardo oscuro (10YR3/3), textura arenosa; estructura en migajosa, fina, débil; consistencia suelta, friable, no plástica y ligeramente pegajosa; poros finos abundantes; actividad de edafofauna escasa; raíces no hay, no se detectan carbonatos (reacción al HCl negativa), la materia orgánica es muy baja (reacción al H_2O_2 negativa) y no se presentan cenizas volcánicas (reacción al NaF negativa); límite gradual.

4.2.5.4 Perfil 4

Fecha de descripción:	15 de Marzo de 2000
Localización geográfica:	Parte baja del área de estudio, lote 02 Manzana 58A, talud detrás del lote.
Relieve:	Quebrado
Pendiente:	30%.
Drenaje natural:	Bien drenado
Vegetación actual:	Pasto Kikuyo.
Uso Actual:	Residencial.
Material parental:	Limos de origen fluvial.
Horizontes diagnósticos:	Superficial, ócrico Subsuperficial, cámbico (clay pan)
Taxonomía del perfil:	Inceptisol

Descripción:

Superficial 0 a 30 cm	Capa de material excavado desde el lote superior, con características del horizonte C que se describe en éste perfil.
Au 30 a 50 cm	Horizonte enterrado, Color gris rosáceo (7.5YR6/2), textura franco limosa; estructura en bloques angulares, medianos, moderada; consistencia dura, firme, ligeramente plástica y ligeramente pegajosa; poros finos y medianos, abundantes; actividad de edafofauna escasa, raicillas muertas abundantes, finas y medias; se detectan carbonatos (reacción al HCl positiva), con materia orgánica (reacción al H_2O_2 positiva) y no se presentan cenizas volcánicas (reacción al NaF negativa); límite gradual y plano.
Bw 50 a 120 cm	Color café (7.5YR5/2), textura limo arcillosa; estructura bloques angulares gruesos, fuerte; consistencia dura, firme, plástica y pegajosa; poros medianos, regulares; actividad de edafofauna no hay, raicillas finas escasas; no se detectan carbonatos (reacción al HCl negativa), con materia orgánica

(reacción al H_2O_2 positiva) y se detectan cenizas volcánicas (reacción al NaF positiva); límite abrupto y ondulado.

C
120 a 150 cm

Color gris (5YR6/1) de estructura laminar fina, moderada, con inclusiones color blanco rosáceo (5YR2.5/2) y manchas pardo rojizo oscuro (5YR8/2), sin estructura (masiva); textura arcillosa; consistencia extremadamente dura, muy firme, plástica y pegajosa; poros finos, escasos; actividad de edafofauna no hay; raíces no hay, se detectan carbonatos (reacción al HCl ligeramente positiva), la materia orgánica es muy baja (reacción al H_2O_2 negativa) y con presencia de cenizas volcánicas (reacción al NaF positiva).

4.3 Estimación de Pérdida de Suelo por Erosión pluvial

4.3.1 Método de Estudio

Para la estimación de la pérdida de suelo por erosión pluvial en el barrio La Paz se utilizó el modelo matemático propuesto por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), que correlaciona factores de erosión (lluvia), propiedades del suelo y condiciones que afectan el proceso de erosión. La expresión matemática del modelo es:

$$E = R \times K \times LS \times P \times C$$

donde:

E: pérdida de suelos (Ton/ha/año)
R: erosividad de la lluvia.
K: erosionabilidad del suelo.
L: longitud de la pendiente, expresada en m
S: grado de pendiente, expresado en %
P: prácticas de conservación de suelos (mecánicas, biológicas)
C: Cobertura del suelo (vegetal, urbana).

4.3.2 Trabajo preparatorio

- Revisión de información:

El objetivo de este paso es recolectar la información básica necesaria para la aplicación del modelo matemático. Esta información consiste de:

- Plano topográfico del área de estudio
- Información meteorológica: Precipitación pluvial máxima mensual

multianual
- Información sobre clima, vegetación, suelos, geología, hidrología, todo lo referente el medio físico.
- Información pertinente a la aplicación del modelo USDA para la estimación de la pérdida de suelo.

– Reconocimiento del Terreno

Este paso consistió en la realización de una visita técnica a la zona de estudio para describir perfiles de suelos, toma de muestras, ensayos de infiltración y localización de procesos de erosión, así como tipo de vegetación.

– Cartografía analítica

El método usado en este paso consistió en la superposición de planos temáticos de uso del suelo y de pendientes, con lo que se detectaron zonas homogéneas en cuanto a cobertura vegetal, pendiente, prácticas de control de erosión y suelos.

4.3.3 Cálculos

4.3.3.1 Factor R, Erosividad

Para el cálculo del factor se dispone solamente de información pluviométrica, por lo que se utilizó el modelo de Fournier, cuya expresión matemática es:

$$R = \sum_{i=1}^{n} \frac{p^2}{P}$$

Donde R es el índice de erosividad; *p* es la precipitación momentánea (máxima mensual multianual), *P* es la precipitación total del período (sumatoria de máximos mensuales) estudiado y n es el número de años.

4.3.3.2 Factor K, Erodabilidad

Se entiende la erodabilidad como la facilidad o susceptibilidad que tiene el suelo a ser erosionado. Las propiedades físicas del suelo determinan la erosión causada; unas determinan la velocidad de infiltración, otras la resistencia del suelo a la dispersión y arrastre del agua lluvia y de escorrentía.

Para hallar el valor K, se emplean 5 propiedades del suelo, que se relacionan mediante el nomograma aceptado por el USDA:

% limo + Arena muy fina
% Arena con diámetro mayor a 0.1mm

Contenido de materia orgánica, %
Estructura
Permeabilidad

Para el cálculo del Factor K cuando el porcentaje de materia orgánica no es un número entero o está fuera del rango manejado en el nomograma, se utiliza el modelo matemático cuya expresión es:

$1000K = (2.1\ M^{1.14} \times 10^{-4})(\ 12-a) = 3.25\ (b-2) + [\ 2.5\ (\ c-3\ )\ ]/1.2917$, donde:

K: Indice de erodabilidad
M: (%limo + Arena Muy Fina)(100 - %Arcillas)
a: % de Materia orgánica
b: Estructura del suelo
c: Permeabilidad
1000: Factor de conversión cuando la lluvia está referida en milímetros.

4.3.3.3 Factor LS, Longitud y Grado de Pendiente

Estos factores determinan la facilidad de escurrimiento y la velocidad y energía cinética alcanzada por la escorrentía. La longitud y el grado de pendiente influyen directamente en la capacidad de arrastre que posee el agua de escorrentía.

Así, a mayor grado de pendiente y mayor longitud corresponde mayor erosión, ya que en longitudes pendientes muy largas y pronunciadas, la escorrentía aumenta, tanto en volumen como en velocidad y profundidad.

Para la determinación del factor que mide el efecto de la longitud y grado de pendiente (LS) se utilizó el mapa de pendientes de la zona de estudio y se aplicó la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{LS} = \left(\frac{\lambda}{\boldsymbol{a}}\right)^{\boldsymbol{m}} \left(\frac{\boldsymbol{b} + \boldsymbol{cS} + \boldsymbol{dS}}{\boldsymbol{e}}\right)$$

Donde:
λ : longitud de la pendiente en metros
m : constante y depende del grado de pendiente (pendiente mayor a 5%, m igual a 0.5).
S : grado de pendiente, en porcentaje.
a, b, c, d y ***e***: constantes (22.13, 0.43, 0.30, 0.043.y 6.613, respectivamente).

4.3.3.4 Factor C, Cobertura del Suelo

Relaciona el tipo y extensión de la cobertura del suelo con la erosión originada por

la lluvia; en el caso de la cobertura vegetal, el efecto sobre la erosión se observa en cuatro aspectos:

- Interceptación de la lluvia por la cubierta vegetal
- Disminución de la velocidad de escurrimiento y acción cortante del agua
- Aumento de la granulación del suelo por efecto de las raíces, además del aumento de la porosidad y actividad biológica.
- Incremento de la transpiración, conducente a desecación del suelo.

En el caso de cobertura por construcciones el efecto es de anular la erosión en las áreas construidas, aunque por mal manejo del agua pueden desencadenarse procesos erosivos en áreas aledañas. Cuando el suelo no presenta cobertura, como es el caso de las vías destapadas, el proceso de erosión no se atenúa, por lo que el factor C es inoperante.

4.3.3.5 Factor P, Prácticas de Manejo o Protección

Es posible modificar la erosión en un determinado sitio, con obras de revegetalización y de ingeniería para el manejo del agua superficial, que reducen el proceso. Cuando no se han realizado, el factor P no es importante.

4.3.4 Análisis de resultados

A continuación se presentan y analizan los resultados obtenidos.

4.3.4.1 Factor Erosividad (R):

Se realizó el cálculo a partir de información pluviométrica (máximos mensuales en 24 horas), para un periodo de 18 años (desde 1981 hasta 1998). El valor del Factor Erosividad resultante fue de 19.64. Este valor muestra condiciones de lluvias de moderada intensidad, con apreciable capacidad de erosión.

4.3.4.2 Factor erodabilidad (K):

Para la evaluación del Factor K, se realizaron ensayos de infiltración y toma de muestras para gradación (por hidrómetro y tamizado), y determinación de materia orgánica, en dos sitios: uno, en la margen derecha del zanjón Los Naranjos sobre el relleno en la cancha deportiva, cerca al lote 1 de la manzana 21A, y otro en la margen izquierda del zanjón La Marranera, al final de la diagonal 54 cerca al lote 6 de la manzana 59.

En el Anexo 4 se presentan las curvas de gradación obtenidas a partir de los ensayos de hidrometría y granulometría por mallas. Los resultados del análisis granulométrico y el contenido de materia orgánica, se presentan en la tabla

correspondiente.

Los suelos del área de estudio poseen un contenido de limos y arenas muy finas entre 29 y 55%. El contenido de materia orgánica para los suelos y materiales es muy bajo (entre 0.006 y 0.205), correspondiendo con baja capacidad de absorción de agua y baja estabilidad de los agregados del suelo.

En la tabla siguiente se presentan la granulometría y el contenido de materia orgánica de materiales expuestos a la acción erosiva de la lluvia, en el barrio La Paz:

Tabla 4-2 Granulometría de suelos típicos

Tamaño de partículas (mm)	Porcentaje en la muestra			
	Perfil 1	Perfil 2		Perfil 4
	Muestra 1	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1
2 - 1	1	0	0	1
1 - 0.5	3	3	2	1
0.5 - 0.25	13	16	8	3
0.25 - 0.1	19	21	12	24
0.1 - 0.05	5	12	18	28
0.05 - 0.02	6	8	10	7
0.02 - 0.002	16	18	24	20
menor a 0.002	19	19	29	19
Materia orgánica	0.205	0.01417	0.00657	0.016

La estimación de la infiltración se realizó siguiendo el modelo de Kostiakov, indicando la cantidad de agua que penetra por la superficie del terreno, expresada en lámina de agua (mm). El modelo matemático utilizado relaciona la lámina de agua infiltrada (I) y el tiempo acumulado (t) y se expresa como:

$$I = K\,(t)^m$$

donde:

I = Lámina de agua infiltrada (mm)
K = Coeficiente de la expresión
t = Tiempo acumulado (min)
m = Exponente que toma valores de $0 < m < 1$

La velocidad de infiltración instantánea (i) es la velocidad de penetración del agua en el perfil y se expresa como milímetros por hora (mm/hr). Su expresión matemática es la derivada con respecto al tiempo (t) de la ecuación de la lámina de agua infiltrada (I), o sea:

$$i = \frac{d(I)}{d(t)} \qquad i = \frac{d(kt)^m}{d(t)} \qquad i = k1\ t^n$$

donde:

i = velocidad de infiltración (mm/hr)
k1 = 60 k, nuevo coeficiente
t = tiempo acumulado (min)
n = (m - 1) cuyo valor es siempre negativo -1< n <0

Generalmente, en la medida en que el tiempo aumenta, la velocidad de infiltración disminuye.

La velocidad de infiltración promedio (î) se obtiene al dividir la ecuación de la lámina infiltrada (I) entre el tiempo (t) y se expresa en milímetros por hora (mm/hr). El valor de î disminuye progresivamente cuando el tiempo aumenta; su expresión matemática es:

$$\hat{i} = \frac{d(i)}{d(t)} \qquad \hat{i} = k2\, t^{n}$$

donde:

î = velocidad de infiltración (mm/hr)
k2 = 60 k, nuevo coeficiente
t = tiempo acumulado (min)
n = (m - 1) donde -1< n <0

La infiltración básica se define como la velocidad de infiltración que alcanza el suelo al cabo de un tiempo relativamente grande y se asume como una velocidad constante.

De acuerdo con el Servicio de Conservación de Suelos de USA, la velocidad de infiltración básica (ib), es el valor obtenido cuando la tasa de cambio de la velocidad para un periodo estándar es el 10% o menos de su valor, y matemáticamente se expresa como:

$$\frac{d(i)}{d(t)} = -0.1\, i \qquad i = \frac{d(k1\, t^{n})}{d(t)} \qquad 0.1(k1\, t^{n})$$

Desarrollando la expresión y despejando el valor de t denominado tiempo básico (tb), dado en horas, se tiene:

$$tb = -10\,(m-1)$$

A partir de la ecuación de la velocidad instantánea (i) y tomando el tiempo como tiempo básico (en minutos) se puede expresar la ecuación de infiltración básica,

como:

$$ib = k1 (tb)^n$$

donde:

ib = velocidad de infiltración básica (mm/hr)
tb = tiempo básico (min)
k1 y n = ya definidos.

La estructura depende del tipo de material y varía desde granular, blocosa y columnar hasta masiva, con agregación débil a moderada. Todos los suelos presentan buen drenaje.

En la tabla siguiente se presentan los valores del factor Erodabilidad, K

Tabla 4-3 Factor de erodabilidad K

Muestra Determinación	**P1.M1 Suelo superficial Horizonte Au.**	**P2.M1 Suelo superficial Horizonte Ap**	**P2.M2 Limo arcilloso Horizonte Bt**	**P4.M1 Suelo superficial Horizonte Au.**
% materia orgánica	0.205	0.01417	0.00657	0.016
% Arcillas (ϕ < 0.002)	19	19	29	19
Limo más arena muy fina (ϕ entre 0.1 y 0.002)	29	44	52	55
Estructura	Migajosa gruesa 3	Bloques subangulares gruesos 4	Bloques angulares gruesos 4	Bloques angulares gruesos 4
Infiltración	Rápida 1	Moderadamente lenta 4	Moderadamente lenta 4	Moderadamente lenta 4
Factor K	0.0120	0.0288	0.0297	0.0351
Clasificación	Baja	Medio	Medio	Alto

Como se aprecia en la tabla anterior, los valores del Factor K para los suelos y materiales de la zona, oscilan entre 0.0120 y 0.0351, que varían entre bajo y alto, dependiendo de la infiltración.

En conclusión, los valores hallados para el factor K muestran que los suelos de la zona son susceptibles a la erosión pluvial, debido especialmente a los bajos niveles de materia orgánica y a la agregación (estructura) deficiente de sus

partículas.

En el caso del material de relleno, la erodabilidad se considera baja, debido a la infiltración rápida por deficiente compactación. Por lo cual, el problema en estos no es la erosión superficial sino los movimientos en masa por saturación subsuperficial.

4.3.4.3 Factor de pendiente (LS):

Las pendientes en el área de estudio son muy variadas y van desde plano (menor al 15%) a ondulado (entre 15 y 25%), pasando por quebrado (entre 25 y 50%), hasta muy escarpado (superior al 50%) en los taludes. A continuación se presentan los valores de Longitud, Pendiente y Factor LS.

Tabla 4-4 Factor de pendiente LS

Pendiente	Longitud m	Factor L	Factor S	Factor LS
Menor a 15%	25 a 100 70	1.778	5.263	9.36
15-25%	5 a 100 30	1.164	5.263 18.589	13.88
25- 50 %	8 a 15 9	0.6012	18.589 69.62	26.52
50 – 100%	2 a 10 5	0.475	69.62	33.09

De la tabla anterior se destaca el alto valor de LS para los taludes de los rellenos, determinado por las pendientes alta; Situación que incrementa la escorrentía tanto en volumen como en profundidad.

4.3.4.4 Factor de cobertura, C:

Según el plano 7 de 15, inventario de uso actual del suelo y cobertura, en la zona de estudio se presentan tres tipos de cobertura: vegetal y construcciones, en las que el cubrimiento sobre la superficie es alto y áreas sin cobertura. En la siguiente tabla se muestran los valores del factor C en cada caso.

Tabla 4-5 Factor de cobertura C

COBERTURA DEL SUELO			FACTOR C
TIPO	COBERTURA	UBICACIÓN	
VEGETAL	90%/m^2	Taludes de relleno, bordes de zanjones	0.003
CONSTRUCCIONES	Varía con el área construida	Lotes construidos total o parcialmente, vías cementadas o adoquinadas.	0.003

COBERTURA DEL SUELO			FACTOR C
TIPO	COBERTURA	UBICACIÓN	
ZONAS SIN COBERTURA	0%/m^2	Lotes vacíos, bordes de zanjones sin cobertura, calles destapadas.	1

4.3.4.5 Factor prácticas de conservación (P):

Como en la zona no se presentan prácticas especiales para la conservación de suelos o para el manejo de agua, el Factor P se considera como 1.

4.3.4.6 Pérdida de suelos (E):

Con base en los resultados obtenidos se construyó la matriz de la Tabla de Pérdida de suelo, donde se muestran los valores calculados para cada parámetro y el resultado al aplicar la ecuación universal de Pérdida de Suelo (EUPS).

Para cartografiar la pérdida de suelo, se realizó la zonificación del área de estudio teniendo en cuenta pendiente y cobertura.

Tabla 4-6 Zonificación por pendiente y cobertura

Zona A:	A1: Pendiente menores a 15% con cobertura vegetal o urbana del 90%,.
	A2: Pendientes menores a 15%, sin cobertura.
Zona B:	B1: Pendiente entre 15 y 25% con cobertura del 90%.
	B2: Pendiente entre 15 y 25%, sin cobertura.
Zona C	C1: Pendientes entre 25 y 50%, con cobertura.
	C2: Pendientes entre 25 y 50%, sin cobertura.
Zona D	D1: Pendientes superiores al 50%, con cobertura
	D2: Pendientes superiores al 50%, sin cobertura

La pérdida de suelo se clasifica como aparece en la siguiente tabla (Soil Survey Staff, 1981, citado por Montenegro, 1985)

Tabla 4-7 Clasificación de la pérdida de suelo.

PERDIDA DE SUELO (ton/ha/año)	CLASIFICACION
0	Ninguna
Menor a 2.5	Ligera
De 2.5 a 10	Moderada
De 10 a 25	Severa
Mayor a 25	Muy severa

Los resultados totales de los factores de la EUPS se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4-8 Factores de erosión EUPS

Zona	A		B		C		D	
Factor	**A1**	**A2**	**B1**	**B2**	**C1**	**C2**	**D1**	**D2**
R	19.64	19.64	19.64	19.64	19.64	19.64	19.64	19.64
K	0.0264	0.0264	0.0264	0.0264	0.0264	0.0264	0.0264	0.0264
P	1	1	1	1	1	1	1	1
C	0.003	1	0.003	1	0.003	1	0.003	1
Ls	9.36	9.36	13.88	13.88	26.52	26.52	33.09	33.09
E ton/ha/año	0.0145	4.853	0.0216	7.1967	0.0412	13.75	0.0514	17.15
Clasificación	Ligera	Moderada	Ligera	Moderada	Ligera	Severa	Ligera	Severa

La pendiente, la falta de cobertura y la falta de prácticas de conservación son factores determinantes de la pérdida de suelos en la zona de estudio. Las características físicas y químicas de los suelos hacen que sean susceptibles a la acción erosiva de la lluvia.

El peso unitario de los materiales que conforman los rellenos y el suelo en el sector varía entre 1.94 g/cm^3 y 1.59 g/cm^3 respectivamente, por lo que se aceptó el valor promedio, 1.76 g/cm^3 para estimar la pérdida total, en m^3/año.

Tabla 4-9 Estimación total de la pérdida de suelo

Clasificación	**Area ha**	**Pérdida estimada (promedio) ton-ha/año**	**Pérdida ton/año**	**Pérdida m^3/año**	**Total Suelo perdido m^3/año.**
Ligera	0.7245	0.0323	0.0234	0.4184	
Moderada	2.8467	6.0248	17.151	30.1857	
Severa	0.6204	15.45	9.585	16.8696	47.47

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir:

En el área de estudio debido al efecto del agua lluvia hay una pérdida de 47.5 m^3 de suelo superficial por año, la cual se considera severa.

Según el modelo, el mayor porcentaje de esta pérdida se concentra en las zonas con suelo desnudo, sin construcciones ni vegetación, que corresponden a las vías internas destapadas. En los bordes de los zanjones se presenta erosión superficial severa cuando no existe cobertura vegetal y en el lecho donde se presenta socavación lateral. En la parte baja del área de estudio, al noroccidente, se presentan algunos taludes con erosión severa por falta de cobertura.

El factor que mayor relevancia presentó en la pérdida de suelos es la cobertura de la superficie, por lo que se puede decir que el fenómeno de la erosión se corrige canalizando las aguas de escorrentía, pavimentando o cementando las vías del

sector y recubriendo los taludes con vegetación.

4.3.5 Estudio de Dispersividad

Se realizó un ensayo cualitativo para determinar la dispersividad de los materiales que conforman los suelos en el barrio “La Paz”, que consistió en colocar terrones sin disturbar en recipientes transparentes con agua, y observar el comportamiento estructural de los terrones al transcurrir el tiempo. Las observaciones realizadas se apoyan en el registro fotográfico descrito en el Anexo 4.

De los resultados del ensayo se concluye que los horizontes superficiales tienen una mejor estructura que los horizontes profundos, debido a la acción cementante de la materia orgánica y a la presencia de un “clay pan”. Los suelos con mayor contenido de materia orgánica tienen mayor resistencia a la disgregación cuando son saturados con agua que los materiales profundos, arcillosos o arenosos, carentes de esta. Por tal razón se encuentran algunos taludes con socavación de los materiales subyacentes, formación de surcos, canales y cavernas, mientras que los horizontes superficiales permanecen como voladizos, lo que incrementa el riesgo de caída de materiales desde la superficie.

De otro lado, en la mayor parte del área de estudio el suelo orgánico superficial ha desaparecido, dejando desprotegidos los materiales subsuperficiales, de débil estructuración, con marcada susceptibilidad a la dispersión cuando se saturan con agua y carentes de materiales cementantes, lo que crea un ambiente de severa erosión superficial, evidente por los procesos enumerados anteriormente, que también se presentan a lo largo de las calles destapadas.

Los sedimentos erosionados son transportados por el agua de escorrentía hacia los canales de recolección colmatándolos y provocando represamientos que drenan desordenadamente por surquillos, causando nuevo arrastre de materiales. Cuando los surquillos han aumentado de tamaño y profundidad, en ocasiones dejan al descubierto las cimentaciones de las construcciones y es común que los habitantes los rellenen con escombros y materiales residuales, sin la debida compactación.

En el caso de los rellenos, se pudo establecer que la heterogeneidad de los materiales es tal, que algunos terrones no se disgregaron en 24 horas, mientras que otros a la media hora ya habían perdido su estructura original. De esto se concluye que los rellenos tienen un comportamiento diferencial frente a la disgregación cuando se saturan y van perdiendo estabilidad en la medida que los materiales susceptibles son erodados.

Como los rellenos se realizan en forma dinámica, una vez ha colapsado una parte del talud es reemplazado por un nuevo relleno que enmascara el problema de inestabilidad, por lo menos en forma temporal. Esta situación es común en los

bordes de los zanjones, donde las personas tratan de aumentar el área disponible para construir arrojando materiales heterogéneos sobre los taludes.

El relleno de la parte superior del zanjón “La Marranera” se realizó arrastrando suelo superficial, de las calles del sector “Daza” o “Voz de Alerta”, consistente de materiales más resistentes a la disgregación, por el mayor contenido de materia orgánica. En este caso, el suelo tiene mayor capacidad de absorción de agua y aumenta su peso, por lo que el sistema de falla consiste en fisuramiento y reptación y no en erosión superficial.

5. CARACTERIZACION GEOTECNICA

5.1 Investigación del subsuelo

Para determinar las propiedades geotécnicas de los materiales presentes en el área de estudio, especialmente de aquellos con los que se han conformado los numerosos rellenos a lo largo de los cauces, se desarrolló un programa de exploración consistente en 33.1 m de perforación con equipo de percusión, y 53.0 m de trincheras exploratorias. Esta exploración se enfocó a la determinación de las propiedades geomecánicas de materiales potencialmente inestables, para lo cual se realizó una zonificación geotécnica preliminar de la zona de estudio, y con base en ésta se determinaron los sitios para la realización de sondeos. La Interventoría del proyecto se mantuvo al tanto de este proceso, y aprobó la localización de los sitios de exploración. En la Figura 5-1 se indican los sitios en los cuales se realizaron todos los sondeos.

Inicialmente se propuso ejecutar, adicional a la exploración, una serie de sondeos eléctricos verticales (SEV), pero finalmente éstos no se realizaron dado que con el programa de perforaciones y trincheras se llenaron las expectativas de esta etapa del proyecto, se pudieron determinar directamente los espesores de los rellenos (información corroborada mediante la comparación de la topografía obtenida para este proyecto con planos topográficos del IGAC de 1979), y a que no se contaba con el presupuesto para tal fin.

En el Anexo 3 se presentan los registros de las perforaciones y trincheras realizadas.

5.2 Ensayos in-situ y de laboratorio

En desarrollo de la exploración del subsuelo se ejecutó el ensayo de penetración estándar a todo lo largo de los 4 sondeos, con el fin de determinar el estado de densidad (y su variación con la profundidad) en las zonas de rellenos principales. Siguiendo el método propuesto por A. González (1998) para estimar parámetros de resistencia al corte con base en los resultados normalizados del ensayo SPT, se presentan en las Figuras 5-2 y 5-3 las variaciones del número de golpes/pie y del ángulo de fricción con la profundidad (respectivamente), y en la Figura 5-4 la envolvente de Mohr-Coulomb para los materiales de relleno; la envolvente hallada dio un valor del ángulo de resistencia al corte para los rellenos ϕ'=26°, que se considera razonable. Esta correlación se aplica con frecuencia en estudios de IGL y se ha encontrado bastante confiable. Cabe aclarar que tres de los sondeos (los No. 1, 2 y 4) se efectuaron en los rellenos de media ladera que se han construido en las márgenes de los zanjones.

Con el fin de allegar datos de resistencia no drenada de los materiales de relleno se realizaron los ensayos de veleta y penetrómetro manual en las muestras recuperadas tanto de tubo partido como de tubo shelby. Los valores de resistencia (cohesión) así obtenidos pueden estar algo subestimados por tratarse de muestras con un cierto grado de remoldeo, pero se considera que son aplicables en los análisis de estabilidad dado que se estaría por el lado de la seguridad, especialmente ante la posible existencia de zonas de menor consistencia dentro de los rellenos. Esto es de esperarse si nos atenemos tanto a la heterogeneidad de los materiales utilizados en ellos, como al proceso de construcción, sin mayor control ingenieril. La variación de N fue algo notoria en las perforaciones 2, 3 y 4, mientras que en la No. 1 las condiciones fueron bastante uniformes. La cohesión presentó mayor variación que el valor de N, y esto fue más apreciable en las perforaciones 1, 2 y 4.

En el laboratorio se realizaron los ensayos de clasificación (humedad natural, límites de Atterberg, granulometría con lavado sobre el Tamiz 200) contenido de materia orgánica, peso unitario y resistencia a la veleta de laboratorio y el penetrómetro de bolsillo sobre las 75 muestras obtenidas; en la Tabla 5.1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en estos ensayos, y sus gráficas en las Figuras 5-5 y 5-6. Los resultados de los ensayos de corte directo se presentan en el Anexo 4, Ensayos de laboratorio.

Tabla 5-1. Resumen de los resultados obtenidos en laboratorio.

SONDEO	MUESTRA	PROFUND. (m)	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITES DE ATTERBERG		PESO UNITARIO	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA %	LAVADO SOBRE TAMIZ 200 %
				LIQUIDO %	PLASTICO %	Ton/m^3		
P-1	M-01	0.20 - 0.65	12.3			2.01		
P-1	M-02	0.75 - 1.20	14.7					
P-1	M-03	1.25 - 1.70	13.6					
P-1	M-04	1.85 - 2.30	16.7			1.92		
P-1	M-05	2.45 - 2.90	19.0			2.05		54.1
P-1	M-06	3.05 - 3.50	10.5			1.98		
P-1	M-07	3.65 - 4.10	18.7			2.03	1.1	
P-1	M-08	4.25 - 4.70	17.6	36.5	14.1	2.10		74.1
P-1	M-09	4.70 - 5.00	13.4			2.00		
P-1	M-10	5.00 - 5.10	10.2			1.98		
P-2	M-01	0.15 - 0.60	9.8			2.03		
P-2	M-02	0.75 - 1.20	16.0			1.86		50.0
P-2	M-03	1.35 - 1.80	22.3			2.01		
P-2	M-04	1.95 - 2.40	11.9					
P-2	M-05	2.55 - 3.00	13.4			1.94		
P-2	M-06	3.15 - 3.60	12.3					
P-2	M-07	3.75 - 4.20	13.8			1.91		69.1
P-2	M-08	4.35 - 4.80	14.4			2.02		

SONDEO	MUESTRA	PROFUND. (m)	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITES DE ATTERBERG		PESO UNITARIO	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	LAVADO SOBRE TAMIZ 200
				LIQUIDO %	PLASTICO %	Ton/m^3	%	%
P-2	M-09	4.95 - 5.40	13.6			1.82		
P-2	M-10	5-55 - 6.00	11.6					28.9
P-2	M-11	6.15 - 6.60	17.8	35.0	13.9	1.96		
P-2	M-12	6.75 - 7.20	17.7			1.82		
P-2	M-13							
P-2	M-14							
P-2	M-15	9.55 - 10.00	21.9			1.95		
P-2	M-16	10.15 - 10.60	23.9	31.6	12.9	1.98		
P-2	M-17	10.75 - 11.20	27.6				0.9	43.4
P-2	M-18	11.35 - 11.80	26.6			1.90	0.7	51.2
P-2	M-19	11.95 - 12.40	16.7			2.08		
P-3	M-01	0.15 - 0.60	13.0			1.87		
P-3	M-02	0.75 - 1.20	16.0			1.97		52.0
P-3	M-03	1.35 - 1.80	18.5			2.02		
P-3	M-04	1.95 - 2.40	21.7			2.01		57.6
P-3	M-05	2.55 - 3.00	22.0	32.1	13.5	1.99		
P-3	M-06	3.15 - 3.60	26.5			1.95	1.2	
P-3	M-07	3.75 - 4.20	22.7			2.01		81.6
P-3	M-08	4.35 - 4.80	21.5			2.02	1.0	
P-3	M-09	5.00 - 5.45	17.6			2.07		
P-3	M-10	5-55 - 6.00	20.4			2.05		
P-3	M-11	6.15 - 6.60	17.2	24.3	9.9	2.06		
P-3	M-12	6.75 - 7.20	13.0			2.16		50.5
P-3	M-13	7.25 - 7.70	14.1			2.16		37.8
P-3	M-14	7.75 - 8,20	15.2			2.21		
P-4	M-01	0.20 - 0.65	18.6			1.89		
P-4	M-02	0.70 - 1.15	9.8			1.94		40.4
P-4	M-03	1.20 - 1.75	12.3					
P-4	M-04	1.90 - 2.35	12.3					
P-4	M-05	2.50 - 2.95	38.4				2.3	56.2
P-4	M-06	3.10 - 3.55	22.0	24.1	10.0	1.98	1.1	
P-4	M-07	3.70 - 4.15	17.9			2.18		
P-4	M-08	4.20 - 4.65	20.4			1.93		
P-4	M-09	4.80 - 5.25	20.1			2.13		
P-4	M-10		15.9			2.18		
P-4	M-11	6.00 - 6.45	20.2	50.4	16.1	2.00		
P-4	M-12	6.50 - 6.95	20.5			1.98		67.6
TR-1	M-01	1.00 - 1.20	5.1			1.86	0.6	
TR-1	M-02	2.90 - 3.10	13.9	41.6	12.8	1.83		
TR-2	M-01	1.20	11.2			1.95	0.7	
TR-2	M-02	2.50	6.1			1.93		
TR-2	M-03	4.20	19.9			2.01		
TR-3	M-01	1.20	1.6			1.85		46.6
TR-4	M-01	2.20	8.9			1.91	0.8	

SONDEO	MUESTRA	PROFUND. (m)	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITES DE ATTERBERG		PESO UNITARIO Ton/m^3	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA %	LAVADO SOBRE TAMIZ 200 %
				LIQUIDO %	PLASTICO %			
TR-4	M-02	3.50	11.5			2.06		
TR-5	M-01	1.30	4.8			1.97	0.6	
TR-5	M-02	3.50	5.8			1.85		33.6
TR-6	M-01	0.70	15.5			1.92		
TR-6	M-02	3.00	0.4			1.89		
TR-7	M-01	0.90	3.2			1.73		
TR-7	M-02	1.70	3.6			1.83		96.3
TR-7	M-03	4.70	26.5	48.6	21.4	1.77		
TR-8	M-01	1.00	2.9			2.05	0.1	
TR-8	M-02	5.70	13.5	26.5	10.0	2.02		
TR-9	M-01	2.90	7.5	40.4	13.2	1.99		
TR-10	M-01	0.40	5.5			1.83	1.0	
TR-10	M-02	1.50	6.5			2.00		70.9

5.3 fenomenos o procesos de inestabilidad geotecnica (remocion en masa y erosión)

5.3.1 Aspectos generales

Después de realizar los reconocimientos geológico y geotécnico, y de analizar las fotografías tomadas en campo y los resultados de perforaciones y trincheras, se estableció que los fenómenos o procesos de inestabilidad (remoción en masa y erosión) que tienen mayor posibilidad de ocurrir en el área estudiada, son los siguientes (en orden de mayor a menor gravedad):

a) Deslizamiento rotacional en los rellenos: como factores disparadores pueden actuar la infiltración en el cuerpo del relleno y la eventual socavación por las quebradas, en períodos de lluvias muy fuertes. Se estima que el caudal de aguas servidas, por si solo, no tiene capacidad de arrastre suficiente.

b) Flujo de tierras: fenómeno muy superficial y local en el talud de los rellenos (con aporte de agua) y en sectores de terreno natural. Abarca la reptación o flujo de suelos extremadamente lento.

c) Volcamiento ("toppling") y caída o derrumbe de bloques de material limo arenoso compacto (de origen lacustre) y de rocas: Ocurre en dos o tres puntos donde afloran escarpes en dichos materiales. Como se establece en la descripción de las trincheras, el ancho de las columnas formadas por fisuras y grietas verticales fluctúa entre 0.20 y 0.50 m y la altura puede alcanzar los 3.0 m (con 5.0 m en un caso de talud escalonado en la margen derecha del zanjón Los Naranjos parte baja del barrio).

d) Erosión en la superficie de los rellenos: En calles destapadas y en los sitios donde afloran los escarpes de los limos arenosos.

Se dejan por fuera del análisis dos zonas en reptación que fueron identificadas en el estudio fotogeológico, sobre fotografías anteriores al proceso de urbanización, localizadas en la parte alta de ambos zanjones. Se consideró que podría tratarse de una reptación del manto de suelo superficial. En el curso del reconocimiento geotécnico se apreció que las dos zonas están completamente cubiertas por casas y, por lo tanto en la adecuación del terreno de fundación en que usualmente se hace una excavación escalonada del terreno, se pudo haber retirado la mayor parte o la totalidad del manto reptante; además ambas áreas pueden estar mejor drenadas que en el pasado, como efecto de las construcciones.

5.3.2 Inventario y zonificación de procesos de inestabilidad

Las zonas inestables del área en estudio se localizan en las márgenes de los zanjones debido a los procesos antrópicos y de erosión que se presentan en la capa superficial de suelo (o de relleno, según el material que la conforma) con espesores pequeños a moderados. La descripción de cada zona inestable que se presenta a continuación se inicia desde la cabecera del zanjón, siguiendo el recorrido inicialmente por la margen derecha y luego por la margen izquierda (en el sentido del flujo) de cada zanjón; la descripción se hace inicialmente para el zanjón Los Naranjos y luego para el de la Marranera. Al final se describen los procesos que se presentan en el sector occidental del Barrio La Paz, donde se evidencian algunos procesos de flujos lentos y desprendimiento de fragmentos de roca.

En el Plano 8 de 15, procesos de inestabilidad geotécnica, se presentan los fenómenos descritos anteriormente. En este se asignaron letras mayúsculas a las zonas mayores y letras minúsculas a subzonas (sitios dentro de las zonas) que muestran alguna diferencia en su comportamiento, principalmente en la intensidad del movimiento.

Para describir la tasa de movimiento, que pudo estimarse en los meses abarcados por el estudio en varios sitios, se adoptó la escala de velocidades de Varnes (1978):

- Reptación: movimiento de tierras muy superficial con una tasa $\leq$ 6.0 cm/año, el cual se evidencia con surcos y ondulaciones transversales a la ladera.

- Flujo de tierras muy lento: 6.0 cm – 1.5 m/año: se evidencia en forma similar a la reptación, pero hay presencia de grietas con aberturas de muy pocos milímetros.

- Flujo de tierras lento: 1.5 m/año – 1.5 m/mes, se presenta en zonas a media ladera con rellenos sueltos recientes y son ocasionados generalmente por filtraciones de agua, procesos de erosión o socavación.

- Deslizamiento activo: 1.5 m/mes – 1.5 m/día: se observa en zonas a media ladera, donde existen rellenos sueltos a muy sueltos arcillo arenosos con escombros de poco espesor, sin ningún confinamiento, colocados recientemente sobre el material natural (roca muy meteorizada) afloramientos, con presencia de grietas y pequeños escarpes.

- Flujos de detritos y desprendimiento de fragmentos de roca: se presenta en afloramientos rocosos con taludes casi verticales, expuestos a erosión y socavación.

5.3.2.1 Zona A

En un primer sector de la margen derecha del zanjón Los Naranjos predominan procesos de reptación y movimientos de tierra muy lentos a lentos, que son causados por la conformación inadecuada de un relleno de materiales arcillo-arenosos y escombros para la ampliación del área útil para construcción de viviendas o de vías de acceso. La cabecera del zanjón está conformada por la confluencia de pequeñas corrientes de agua alimentadas por las aguas servidas provenientes de los predios localizados en la parte superior de la ladera.

La zona A se puede dividir en las subzonas que se describen en la tabla siguiente:

Tabla 5-2 Zanjón Los Naranjos, Zona A

Subzona	Descripción
a_1	Zona en reptación conformada por una capa de poco espesor de relleno arcillo arenoso con escombros. Afecta un sector de la Cra. 4Bis, entre las Manzanas 20 y 21; donde se presenta filtración de agua lluvia (escorrentía) y de las aguas servidas proveniente de los alcantarillados de las manzanas localizadas en la parte superior.
a_2	Zona localizada en proximidad a la losa de concreto construida en la cancha del sector La Torre, entre las manzanas 21 y 32, la cual presenta grietas de tensión, que corresponden a un movimiento rotacional de tierras lento, sobre el relleno colocado recientemente (puede ser retrogresivo por la acción de socavación del zanjón).
a_3	Flujo de tierras muy lento; presenta grietas de tensión con aberturas menores a 5 mm en el contacto entre el terreno natural y el relleno recientemente colocado, localizado en proximidad a la manzana 32.

Subzona	Descripción
a_4	Reptación; movimiento muy superficial del relleno colocado contra el talud de arenita en la margen derecha del zanjón Los Naranjos, a la altura de la Cra 4A, frente a la manzana 32 .
a_5 y a_6	Deslizamiento superficial. En la orilla derecha se presentó un deslizamiento de material heterogéneo ocasionado por la saturación causada por la escorrentía superficial; el material deslizado bloqueó el flujo del zanjón, produciendo un represamiento de las aguas servidas e inundando la zona aledaña a la margen izquierda, afectando las manzanas 33, 24 y 25, cerca de la Cra 4A.
a_7	Entre los lotes 8 a 11 de la manzana 21 del sector Los Naranjos se presentó un deslizamiento de poca magnitud del relleno colocado para nivelar la cimentación de éstas viviendas, el cual afectó en su estructura (falla de columnas y vigas de concreto reforzado) teniendo que ser reubicados sus habitantes.

5.3.2.2 Zona B

Pequeña zona afectada por la socavación del zanjón Los Naranjos; presenta reptación del material del relleno colocado contra las viviendas para la ampliación de paso peatonal.

5.3.2.3 Zona C

Zona de afloramientos de arenisca y limos arenosos, donde se presentan procesos de erosión severa, los cuales se manifiestan inicialmente como carcavamiento diferencial, y posteriormente conforman columnas más débiles o de mayor concentración de agua. Esta zona se puede subdividir como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 5-3 Zanjón Los Naranjos, Zona B

Subzona	Descripción
c_1	Erosión severa, localizada en proximidad a la manzana 33.
c_2	Erosión severa y carcavamiento del talud vertical, localizada al suroccidente de la subzona c_1

5.3.2.4 Zona D

Corresponde a flujo de tierras muy lento ocasionado por socavación de la margen derecha del zanjón Los Naranjos, frente a la manzana 34, entre las carreras 4 A

Bis y 4 A.

5.3.2.5 Zona E

Zona de media ladera localizada a lo largo del la Diag. 53 Sur, entre la Cra. 4a y la margen izquierda del zanjón Los Naranjos; se presenta un movimiento de tierras superficial en el relleno, el cual afecta las viviendas localizadas en el flanco derecho. Se distinguen dos subzonas que se describen en la tabla siguiente:

Tabla 5-4 Zanjón Los Naranjos, Zona E

Subzona	Descripción
e_1	Deslizamiento rotacional retrogresivo, el cual afecta una vivienda de tipo tugurial, que presenta inclinaciones importantes y falla en su sistema estructural (vigas y columnas de madera); el escarpe principal se localiza a la altura de la Cra. 4, en vecindad a edificaciones de mampostería y concreto, las cuales pueden estar afectadas moderadamente por este movimiento.
e_2	En la pata del movimiento de tierras e_1 se presenta un flujo de tierras traslacional, generado en parte por los movimientos ocurridos en la parte superior, y en parte por la saturación del material debido al mal manejo de aguas servidas de las casas ubicadas en la parte alta de la ladera (manzanas 19, 20 y 23); aparece un sistema de grietas radiales que confluyen en la parte superior del movimiento.

5.3.2.6 Zona F

Ocurre reptación y movimientos muy lentos ocasionados por la socavación de la margen izquierda del zanjón Los Naranjos, frente a la manzana 23 entre calles 53 Sur y 53 Bis Sur.

5.3.2.7 Zona G

Se presenta entre las diagonales 53 Bis Sur y 53A Sur, frente a la manzana 24 un afloramiento de arenita y limos arenosos con taludes casi verticales con evidencia de procesos de volcamiento de fragmentos de roca (efecto de “toppling”) que se desprenden y depositan en la orilla izquierda del zanjón.

5.3.2.8 Zona H

Se localiza en el costado occidental de la manzana 25, entre las Diagonales 53ª Sur y 53B Sur. Consiste en escarpes casi verticales con afloramientos de arenita friable susceptibles al efecto de volcamiento; el desprendimiento final de

fragmentos de roca puede afectar las viviendas localizadas en la pata de los taludes.

5.3.2.9 Zona I

Zona inundable que se localiza entre las manzanas 24 y 25, en las diagonales 53Bis Sur y 53B Sur, afectando varias viviendas localizadas en la pata de los escarpes de arenita, especialmente aquellas en las que el nivel del piso se encuentra por debajo del nivel del cauce del zanjón.

5.3.2.10 Zona J

Zona localizada entre las Diagonales 53B Sur y 53C Sur, que se encuentra en reptación. Está conformada por un relleno muy reciente, el cual desplazó hacia la margen derecha el cauce del zanjón. Se definen cuatro subzonas que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 5-5 Zanjón Los Naranjos, Zona J

Subzona	Descripción
j_1, j_3 y j_4	Reptación
j_2	Deslizamiento rotacional del material de relleno que conforma el talud de la margen izquierda del zanjón, presenta un escarpe de 0.5 m de altura aproximada y grietas de tracción atrás de la corona.

5.3.2.11 Zona K

Zona en movimiento lento con subzonas laterales que se encuentran en deslizamiento activo (k_2 y k_3). Esta zona se encuentra localizada en la cabecera del zanjón La Marranera entre la Cra 2 Este, la transversal 1B y las diagonales 53F Sur y 53G Sur y está conformada por un relleno muy reciente de material areno-arcilloso y de escombros, realizado sin ningún tipo de control en cuanto a compactación y clasificación del material; el relleno es saturado continuamente por fugas de los precarios sistemas de acueducto y alcantarillado, factor incidente en la inestabilidad de la zona. En la tabla siguiente se describen las subzonas.

Tabla 5-6 Zanjón la Marranera, Zona K

Subzona	Descripción
k_1 y k_2	Deslizamientos retrogresivos de poca magnitud, de la capa de relleno, que pueden aumentar por sobrecarga o infiltración.

Subzona	Descripción
K_3	Zona en flujo lento afectada por el relleno colocado en la parte superior.
K_4	Flujo lento conformado por un relleno de material arcillo arenoso muy reciente, localizado sobre la Cra 2 Este.
K_5	Reptamiento del material localizado en la parte alta de la cabecera del zanjón La Marranera, el cual afecta una cancha de microfútbol ubicado entre las diagonales 53F y 53Bis Sur.

5.3.2.12 Zona L

Está localizada en la margen derecha del zanjón La Marranera a la altura de la Carrera 1ª. Comprende las subzonas que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5-7 Zanjón la Marranera, Zona L

Subzona	Descripción
l_1	Reptación hacia la orilla del zanjón, a la altura de la Cra 1ª.
l_2	Por las características topográficas de este sector (taludes verticales) se presenta el efecto de toppling o desprendimiento de bloques de la parte superior del talud.
l_3	Flujo de tierras muy lento con desprendimiento de fragmento de roca, que afectan las viviendas de la parte superior de la margen derecha del zanjón, a la altura de la Cra 2ª.

5.3.2.13 Zona M

Zona afectada por la socavación del zanjón La Marranera, la cual produce movimientos superficiales (flujo de tierras lento) de poco espesor en proximidad al borde del talud y deslizamientos en la orilla del zanjón. Abarca cuatro subzonas, como se describe en la tabla siguiente.

Tabla 5-8 Zanjón la Marranera, Zona M

Subzona	Descripción
m_1	Flujo de tierras muy lento que afecta algunas de las viviendas cercanas a la margen izquierda del zanjón, en la Manzana 70 del barrio Danubio Azul, entre la transversal 1B y 2 Este,
m_2	Deslizamiento retrogresivo muy reciente que afecta una pequeña zona muy superficial de la margen izquierda del zanjón a la altura de

Subzona	Descripción
	la transversal 1B.
m_3 y m_4	Flujos de tierra lentos, de poca magnitud, ocasionados por la socavación del zanjón La Marranera.

5.3.2.14 Zona N

Serie de procesos de inestabilidad muy superficiales que afectan la margen izquierda del zanjón La Marranera entre carreras 3A y 2A. En la tabla siguiente se describen las subzonas determinadas.

Tabla 5-9 Zanjón la Marranera, Zona N

Subzona	Descripción
n_1	Caída de fragmentos de roca debido a las pendientes casi verticales del talud.
n_2	Flujo muy lento del terreno que conforma la margen izquierda del zanjón, en proximidad a la manzana 55 del barrio El Danubio Azul.
n_3	Reptación y movimientos muy superficiales y muy lentos que afectan las viviendas de la manzana 51 del barrio El Danubio Azul, vecinas a la margen izquierda del zanjón La Marranera, entre carreras 3 A y 3 Bis.
n_4, n_5 y n_6	Flujo de tierra muy lento de los rellenos colocados en la orilla izquierda, entre las manzanas 59 y 64 del Barrio Danubio Azul.

5.3.2.15 Zona O:

Deslizamiento y desprendimiento de fragmentos de roca por nacimientos de agua. El deslizamiento está localizado en la esquina entre la calle 55 Bis Sur y la Transv. 5 Bis; para controlar de alguna manera este fenómeno, los residentes del sector construyeron un pequeño muro de gaviones. Posteriormente, la Junta de Acción Comunal y los vecinos del sitio, con ayuda del programa “Obras con saldo pedagógico”, construyeron un muro en piedra a lo largo de la Transv. 5 Bis, se mejoró el sistema de alcantarillado y se repararon las fugas del sistema de acueducto; con estas obras se logró el manejo adecuado de las aguas de infiltración. En la actualidad se presentan mejores condiciones de estabilidad en esta zona.

5.3.2.16 Zonas P y Q:

Se observan escarpes de arenita friable con taludes casi verticales, susceptibles a desprendimiento de fragmentos de roca de la parte alta, que puede afectar las viviendas localizadas tanto en la pata como en el borde superior del talud.

5.3.2.17 Zona R:

Pequeños desprendimientos y flujos de detritos locales de los limos arenosos y de la roca parcialmente meteorizada, se han colocado pequeños rellenos sueltos de escombros en la parte alta de las calles, diagonales 53Bis, 53F y 53 en el sector Daza) en proximidad a l carrera 24, los cuales, fluyen por la ladera a causa de la escorrentía.

5.3.2.18 Zona S:

Desprendimiento de pequeños fragmentos de limo arenoso de arenita meteorizada, en escarpes casi verticales de poca altura localizados en la parte media baja de la margen derecha del zanjón La Marranera.

5.3.2.19 Zona T:

Deslizamiento ocasionado por el relleno colocado en la parte posterior de un muro en piedra de gran altura, construido para la nivelación del piso de lotes ubicados en la parte alta de la manzana 26. Por la similitud de la estructura y por evidencias de desplazamiento observados en el reconocimiento de campo, puede ocurrir un colapso del muro y originar un problema de inestabilidad como el ocurrido en la subzona.

5.3.2.20 Zona U:

Escarpes casi verticales de 3 a 5 m de altura localizadas en la manzana 50 (entre carrera 5A Bis y 5B), debido al empinamiento del escarpe se presentan desprendimiento de pequeños fragmentos de limo arenosos y arenita, afectando las viviendas localizadas tanto en la parte superior como en la inferior.

5.3.3 Análisis determinístico de estabilidad

Para el análisis determinístico de estabilidad se utilizó el programa PCSTABL6, el cual permite analizar más de doscientas (200) superficies de falla diferentes, empleando siete (7) métodos de análisis. Esto permite la posibilidad de estudiar tendencias del terreno y establecer la más desfavorable y con mayor probabilidad de ocurrencia. El software incluye además la posibilidad de introducir la variable sísmica, lo cual permite hacer un análisis de estabilidad de taludes muy ágil y completo.

El procedimiento de análisis partió del ajuste de las propiedades de los materiales, obtenidas en los ensayos de laboratorio (límites de Atterberg y peso unitario del relleno) y verificadas con información disponible en IGL.

En todos los casos se adoptaron los parámetros necesarios considerando las propiedades del suelo del lado conservador para mantener los resultados de los análisis de estabilidad y recomendaciones de trabajo con suficiente margen de seguridad. La recopilación de información utilizada para el presente estudio se presenta en la Tabla 5-10.

Los parámetros adoptados (valores mínimo, máximo y medio de cohesión y fricción) se presentan en la Tabla 5-11.

Se analizaron 13 secciones representativas de modos de falla en las diferentes zonas inestables encontradas en el estudio y descritas en el numeral anterior, cuya localización se indica en el plano 9 de 15, procesos de inestabilidad Geotécnica, y en el plano 12 de 15, zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa. Los factores de seguridad obtenidos para las diferentes combinaciones de condiciones sísmicas y de saturación se presentan en la tabla 5-12. En el Anexo 5, análisis de estabilidad, se presentan los mecanismos de falla considerados para cada una de las secciones analizadas.

Inicialmente el programa generó superficies de falla circulares, cubriendo el mayor número de posibilidades, aplicando el método de Janbu, obligando el paso de las diferentes superficies de falla a través de puntos “fijos” dados por evidencias de campo (grietas, fisuras, etc.) o por el mecanismo de falla predominante.

Para el análisis de estabilidad de cada sección, una de las condiciones consideradas fue la infiltración de agua causada por la escorrentía y el manejo deficiente de las aguas servidas; la posición del nivel freático fue estimada con base en el dato registrado en la exploración del subsuelo o inferido de las observaciones de campo; de acuerdo con estas premisas, y considerando adicionalmente la capacidad de infiltración de los materiales (y por lo tanto su permeabilidad) así como la dispersividad de los mismos, los análisis para la condición con lluvia se realizaron para materiales "parcialmente saturados", pues aun con la incidencia del factor antrópico los rellenos no alcanzarían a saturarse en su totalidad a pesar de que el vertimiento inadecuado si puede generar la falla.

Para el análisis bajo condiciones sísmicas, se empleó una aceleración de la gravedad de a/g = 0.2, de acuerdo con el mapa de microzonificación sísmica para Santa Fe de Bogotá.

6. EVALUACION Y ANALISIS DE AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA

6.1 Introducción

El barrio La Paz está localizado en zona de laderas al sureste del Distrito Capital, entre las diagonales 52 A Sur y 54 Sur, y las carreras 3 A y 5B. Comprende los sectores de Los Naranjos, La Torre y Daza del barrio La Paz, y sector norte del barrio Danubio Azul.

El análisis de los planos del IGAC de 1981 (escala 1: 2000) y fotografías aéreas de 1976, 1987, 1992 y 1998 (ver la lista de vuelos y fotografías con sus escalas en la Tabla 3-2 del capítulo 3) permite establecer que hasta 1987 eran muy pocas las viviendas construidas en el área, y las existentes estaban en alguna forma relacionadas con la explotación de arenas y arcillas en canteras que se iban desarrollando en algunas zonas. A partir de ese año se intensificó la construcción de viviendas y el relleno gradual tanto de cárcavas de erosión como de los zanjones Los Naranjos y La Marranera. La explotación de materiales comenzó a decrecer a partir de 1992, y los frentes abandonados y cauces rellenados fueron entonces invadidos intensamente.

El sistema de explotación empleado desde el inicio de las actividades mineras en las canteras de los cerros orientales y surorientales de Bogotá se ha caracterizado en muchos casos por la ausencia de controles técnicos en la extracción de materiales. Esta situación se ha convertido gradualmente en una amenaza continua de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, debido a la estabilidad marginal de los taludes de explotación, al intenso grado de fracturamiento secundario de macizos rocosos por el uso de explosivos y al deterioro ambiental tanto por la intensificación de procesos erosivos como por intervención de cuencas, máxime si se considera que una vez culmina la explotación de materiales, los frentes abandonados son ocupados sin la debida adecuación para la conformación de barrios subnormales.

6.2 Enfoque conceptual del análisis

El enfoque conceptual seguido en el presente estudio se ha desarrollado a través de la experiencia de IGL tanto en estudios de estabilidad de taludes (problemas de deslizamientos, flujos y avalanchas, prevención y corrección de fenómenos de inestabilidad, evaluación sectorial o regional de estabilidad) como en estudios de riesgos por fenómenos de remoción en masa – FRM – (zonificación, mitigación y otros aspectos), enfoque que coincide en líneas generales, con el representado en la figura 6-1 que hemos adoptado de Flageollet (1999).

La aplicación de este enfoque lleva a establecer un modelo predictivo de la evaluación de taludes y del comportamiento geotécnico de materiales, basado tanto en estimativos puramente empíricos como en el análisis probabilístico, dado que varios datos de entrada relacionados con la clasificación del proceso (método de falla observado, inferido o previsto), la profundidad de las superficies de falla, los mecanismos de falla o la resistencia al corte, pueden provenir de apreciaciones subjetivas del investigador. También se tiene en cuenta el concepto de que el comportamiento de un sistema geotécnico (un talud, un terraplén, un conjunto de éstos o una zona o serie de zonas) puede expresarse como una función de factores (pluviosidad, relieve, infiltración, uso de la tierra, sismo) que pueden considerarse como variables aleatorias.

6.2.1 Método de estudio y modelo empleado

En general se puede definir la amenaza como “la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno que potencialmente puede afectar un área dada, en un período de retorno determinado”. El presente estudio está enfocado a la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de los procesos de remoción en masa (como deslizamientos, flujos de tierra y procesos de reptación) que pueden afectar los materiales (naturales o de origen antrópico) sobre los cuales se levanta el barrio La Paz. En el Capítulo 5, caracterización geotécnica, se describieron los procesos de inestabilidad que se presentan en el área, los procesos que contribuyen a originarlos y los factores detonantes.

De acuerdo con los diversos modos de falla, el volumen y velocidad de la masa inestable, la acción o impacto de ésta sobre la gente o sus propiedades (viviendas, instalaciones) y sobre las demás obras de infraestructura comunitaria, puede ser significativa; dicha acción se domina "solicitación", y está relacionada directamente con la velocidad y forma del movimiento que debe adquirir la masa inestable para producir el daño.

El concepto de “solicitación” ha sido destacado por Leone (1996) dentro del método de estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa. Flageollet (op. cit.) comenta al respecto que los efectos morfológicos de un deslizamiento de tierras no son iguales a todo lo largo del mismo, puesto que el movimiento ocurre de acuerdo con una dirección dominante, la cual es vertical en la parte superior y lateral en el resto; en la pata ocurre un movimiento de empuje y una acumulación de materiales. En el caso de caída de rocas o detritos hay impacto, acumulación y un efecto de estallido (“blast”). En un flujo de tierras hay ablación (disgregación o supresión de materiales) seguida de empuje, impacto y acumulación. La potencia del efecto destructivo de los modos de solicitación depende de su magnitud individual. Esta magnitud es determinada por el campo de deformación que se mide en términos de velocidad, profundidad, distancia, energía cinética, etc.

Con base en estos conceptos, se llevaron a cabo las siguientes labores para

establecer la zonificación del terreno o división en áreas de comportamiento homogéneo ante determinadas solicitaciones, calificadas de acuerdo con el grado de amenaza que pueden representar (ya sea en forma potencial o activa - actual-) los posibles procesos de remoción en masa (Soeters y Van Westen, 1996).

a) Zonificación geomorfológica de acuerdo con los materiales presentes en el sitio, las características topográficas (incluyendo la similitud de inclinación o pendiente de los taludes) y la homogeneidad de comportamiento ante procesos de infiltración (Plano 3 de 15, Geomorfología). Las zonas y subzonas geomorfológicas establecidas se resumen en la tabla 6-1.

b) Levantamiento detallado de procesos de inestabilidad y estudio de estos procesos en relación con el medio ambiente en que ocurren. Los resultados de estas actividades se presentan en el numeral 5.3 y en el plano 9 de 15.

c) Evaluación de procesos erosivos y cálculo de pérdida de suelos, debido a que este proceso puede considerarse como uno de los factores contribuyentes a la generación de movimientos de remoción en masa. En este punto se consideraron como insumos básicos el plano de procesos de erosión (4 de 15), mapa de pendientes (5 de 15) y el inventario de uso actual de suelo y cobertura (7 de 15).

d) Identificación y evaluación de los factores detonantes.

e) Análisis de posibles mecanismos de falla en relación con el comportamiento de materiales como los presentes en el área y con los procesos observados – actuales o activos y potenciales – que se describieron en los capítulos 4 y 5.

f) Determinación de los parámetros de resistencia (c' y ϕ') máximos y mínimos para cada una de las zonas homogéneas con base en los trabajos de investigación del subsuelo y los análisis retrospectivos de estabilidad. Igualmente, se determinó el perfil del talud para cada una de las zonas homogéneas.

g) Análisis de estabilidad para las diferentes combinaciones de parámetros de resistencia, lluvia y sismo.

h) Cálculo de las probabilidades de falla anuales por medio del método PEM.

i) Determinación de las probabilidades de falla de los diferentes taludes para diversos períodos de retorno.

j) Zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa tanto a corto como a largo plazo.

Tabla 6-1 Zonificación geomorfológica

ZONA	SUBZONA	MATERIALES PRESENTES	CARACTERISTICAS	PROCESOS EXISTENTES O MAS PROBABLES	CONDICION DE INESTABILIDAD
I	A	Laderas de origen antrópico formadas por escombros de construcción y suelos areno limosos y arcillosos orgánicos	Suelos de densidad media a baja, permeables y de alta infiltración	Deslizamientos rotacionales superficiales. Flujos de tierra y de detritos, reptación, infiltración de aguas servidas.	Activa en vecindad del cauce de los zanjones. Potencial en el resto.
	B	Rellenos compactados de pendiente suave	Densidad media a alta Proceso técnico de construcción, adelantado por la EAAB. Baja permeabilidad	Ninguno (de remoción en masa) Erosión superficial local.	Estable Potencial
II	A	Arcillolitas	Parcialmente meteorizadas y fracturadas	Caída de bloques local.	Activa
	B	Limolitas y limos arenosos	Densidad media a alta, fisurados y de baja a media permeabilidad.	Deslizamientos de detritos. Flujo de detritos y de tierras lentos. Inundación Desprendimiento y caída de bloques	Potencial Activa Activa Activa
	C	Areniscas	Parcialmente meteorizadas y fracturadas	Desprendimiento y caída de bloques	Activa
III		Laderas de antigua explotación de arcillas (arcillolita con intercalaciones de arenisca)	Porosidad y permeabilidad bajas.	Erosión superficial. Ninguno de remoción en masas.	Potencial Estable
IV		Laderas de antigua reptación. Suelos orgánicos, limosos, sobre areniscas con lentes de limolita.	Densidad media a baja Porosidad.y permeabilidad medias	Erosión superficial Ninguno de remoción en masa.	Activa Estable.
V		Laderas de arcillolitas y limolitas	Meteorizadas, fracturadas. Compactas Permeabilidad baja	Ninguno de remoción en masa. Erosión incipiente en surcos y cárcavas.	Estable Activa
VI		Laderas de alta pendiente local en areniscas.	Meteorizadas, fracturadas deleznables porosas. Alta permeabilidad secundaria.	Caída ocasional de bloques. Erosión local	Activa Activa
VII		Escarpes de limos arenosos verticales y escalonados.	Meteorizados, deleznables. Con fisuras y grietas verticales. Densidad media a baja	Erosión intensa Desprendimiento ocasional de losas y pqueños bloques	Activa Potencial

6.3 Criterios y variables consideradas

Tal como se planteó desde un comienzo (Capítulo 2), se considera que en el área estudiada deben tenerse en cuenta los siguientes factores que influyen en la generación o la reactivación de fenómenos de remoción en masa:

- Topografía (representada en el plano 1 de 15 y analizada por medio del mapa de pendientes, plano 5 de 15).

- Tipos de materiales presentes (descritos en el plano 2 de 15, geología local,

evaluados también desde el punto de vista geomorfológico, plano 3 de 15, y caracterizados geotécnicamente en el Capítulo 5).

- Procesos degradacionales existentes y susceptibilidad a la erosión (planos 4, 8 y 9 de 15).

- Condiciones hidrogeológicas e influencia del clima, en especial la pluviosidad (sección 3.4.4 y 3.4.5 del capítulo 3), y con análisis desde el punto de vista de la erosión (sección 4.3 del capítulo 4).

- Influencia del factor antrópico y uso actual del suelo (plasmada en el estudio de erosión, Capítulo 4 y planos 4, 6, 7 y 8 de 15).

Como métodos de evaluación de la amenaza, se consideraron los siguientes:

- Análisis determinístico de estabilidad para el cálculo de los FS para cada una de las zonas de susceptibilidad o comportamiento geotécnico similar, utilizando para esto los parámetros geomecánicos de cada tipo de material.

  Entran aquí los valores de propiedades índice, peso unitario y parámetros de resistencia al corte, tratados en la sección 5.3.3 del capítulo 5 y recopilados en las tablas 5-10 y 5-11. Se utilizaron valores de cohesión y fricción máximos, mínimos y promedio como forma de resolver su variabilidad.

  Lo relativo a presiones de poros y grado de saturación se estudió considerando posiciones del nivel freático establecidas a partir de la exploración del subsuelo y de la inferencia hidrogeológica, o de observaciones de campo. Para todos los análisis se tomó el material como parcialmente saturado.

- Análisis probabilístico de estabilidad o cálculo de probabilidades de falla.

  En general, el factor de seguridad (FS) de un talud está dado por la relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes. Las fuerzas resistentes son función de los parámetros de resistencia del material (ángulo de fricción ϕ' y cohesión c´), la aceleración producida por el sismo (α), el peso unitario (γ) y la geometría del talud. Las fuerzas actuantes son función del peso unitario (γ), la sobrecarga (q), la geometría del talud, la presión de poros (expresada mediante la relación de presión de poros, r_u) y la aceleración producida por el sismo (α). La convolución de estas variables (según el modelo de falla) determina la distribución de probabilidad del factor de seguridad (FS); se puede determinar la probabilidad de falla del talud (P (Dz)) determinando la probabilidad de que el FS sea menor o igual a 1.0.

  Para simplificar el modelo, algunas de las variables se tomaron como constantes

(el peso unitario y la geometría del talud). Además, como no se tiene una relación entre la presión de poros (expresada como, r_u) y la precipitación, se calcularon los FS para condiciones razonables de saturación, suponiendo que el caso más crítico se presenta cuando la precipitación es mayor o igual a la lluvia crítica (probabilidad de ocurrencia de 3.3 a 4.0%, aproximadamente), hallada en la sección 3.4.5.5 del capítulo 3.

6.4 Zonificación de Susceptibilidad

A partir de la identificación de procesos de remoción en masa (de actividad actual o potencial), de los factores que han llevado a la ocurrencia de fenómenos potencialmente dañinos y del comportamiento de los materiales ante diferentes mecanismos de falla (evaluación geotécnica de taludes resumida en el plano 9 de 15), y con ayuda del plano geológico (2 de 15) y la caracterización geomorfológica, se realizó la zonificación de la susceptibilidad del terreno ante fenómenos de remoción en masa tales como volcamiento, desprendimiento de bloques, deslizamiento rotacional, flujo de tierra y de detritos, y ante fenómenos que sin involucrar remoción en masa, sí pueden contribuir a ella mediante la eliminación de soporte en la base o el frente de taludes, como la erosión, o inducir procesos de pérdida de resistencia el corte, en especial el ablandamiento ante la saturación de materiales arcillosos o desmoronamiento de arenas saturadas, tal como podría suceder ante la inundación en zonas bajas.

En el plano 11 de 15, susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa, se presenta la subdivisión del área estudiada en cinco zonas de susceptibilidad a los siguientes procesos o fenómenos:

Zona 1: Rellenos antrópicos con susceptibilidad alta ante movimientos de remoción en masa, tales como deslizamientos rotacionales y flujos de tierra o de detritos.

Zona 2: Limos arenosos en escarpes empinados y escalonados, con susceptibilidad media a alta a desprendimiento de bloques, casi siempre seguido de volcamiento.

Zona 3: Taludes en arcillolitas, areniscas o limolitas predominantes o intercaladas, de susceptibilidad alta a volcamiento y caída de bloques en afloramientos empinados.

Zona 4: Rellenos antrópicos, suelos residuales y roca meteorizada, de susceptibilidad media a baja a erosión laminar y en surcos. Eventual carcavamiento si los procesos no se controlan.

Zona 5 Terrenos bajos (a cota inferior a la del cauce de los zanjones), de

susceptibilidad alta a muy alta de inundación.

Con base en esta zonificación de susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa, la zonificación geomorfológica, los resultados obtenidos en el análisis de la pérdida de suelo y los límites las superficies de falla potenciales obtenidas en el análisis de estabilidad, pudieron definirse las diferentes zonas de amenaza ante FRM.

6.5 Identificación y evaluación de factores detonantes.

En las figuras 6-2 a 6-8 se esquematizan e ilustran los mecanismos de falla que se pueden presentar en los taludes estudiados, principalmente en los zanjones Los Naranjos y La Marranera, conformados básicamente por materiales de rellenos (escombros de construcción, arenas, limos y arcillas principalmente).

Los mecanismos se hacen efectivos merced a la acción combinada de factores contribuyentes (también llamados inherentes o intrínsecos), que hacen al talud propenso a la falla. En el caso de los rellenos puede mencionarse la heterogenidad de los materiales, la compactación deficiente, la pendiente excesiva del talud frontal y la sobrecarga por construcciones o por rellenos adicionales. En los afloramientos de las arcillolitas, areniscas y limolitas o de limos arenosos, la pendiente muy alta, la presencia de discontinuidades verticales (en los limos arenosos), la fracturación y el grado de meteorización.

La falla del talud tiene lugar ante la acción de factores detonantes (o disparadores) que bien pueden ser algunos de los nombrados, entre los contribuyentes, que adquiere un valor crítico (“umbral”), o ciertos agentes externos como el agua lluvia o la infiltrada durante o después de aguaceros fuertes, los sismos, la socavación en la pata por corrientes de agua, la excavación para construcción de vivienda o de calles en la base de taludes, o la sobrecarga excesiva y rápida.

Precisando lo considerado en el caso, para cada uno de los FRM encontrados en la zona se tienen los siguientes factores detonantes:

a) Desprendimiento y caída de bloques: Propiciado principalmente por la infiltración, a través de las discontinuidades, tanto de aguas lluvias como de aguas servidas. Este proceso se presenta en afloramientos rocosos de taludes casi verticales, y ha sido evaluado mediante análisis de estabilidad determinístico y probabilístico para diferentes posiciones del nivel freático, con y sin sismo.

b) Deslizamientos y flujos en rellenos antrópicos: Principalmente por infiltración de aguas lluvias y de aguas servidas; también influyen de manera importante la socavación en la pata por corrientes de agua, sobreempinamiento del talud por excavaciones antrópicas y erosión concentrada en surcos. La evaluación de estos

factores se realizó mediante observación directa, correlación histórica con relatos de moradores del barrio y análisis de estabilidad para diversas posiciones del nivel freático.

c) Volcamiento y desprendimiento de bloques en limos arenosos: Infiltración de aguas lluvias y servidas; humedecimiento–secado en la pata de los taludes; erosión concentrada en las discontinuidades. La evaluación se realizó por medio de observación directa.

d) Erosión: Este proceso se desencadena cuando uno o varios de los factores que intervienen en la ecuación de Pérdida de Suelos alcanza un valor significativo o crítico; influyen en su ocurrencia las lluvias y la escorrentía e infiltración consecuente, así como el sobreempinamiento del talud. La evaluación se realizó mediante el estudio de erosión basado en ensayos y observaciones de campo y laboratorio, y en suposiciones o aproximaciones válidas para nuestro medio.

e) Inundación: El factor detonante ha sido la lluvia excesiva que ha llevado a caudales importantes en el zanjón Los Naranjos. La evaluación es posible mediante el estudio de niveles en secciones topográficas transversales, basado en el cálculo de caudales para diversos periodos de recurrencia.

En la tabla 6-2 se indican los factores detonantes que favorecen la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa:

Tabla 6-2 Factores detonantes determinantes en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa

FACTOR DETONANTE	FENOMENO DE REMOCION EN MASA				
	Desprendimiento y caída de bloques	Deslizamiento y flujos de tierra	Desprendimiento y volcamiento de bloques	Erosión	Inundación
Infiltración de agua	P	P	S	S	
Socavación o proceso de humedecimieto-secado en la pata del talud		P	P		
Erosión concentrada		S	S		
Sobreempinamiento del talud		S		S	
Lluvias fuertes				P	P
Escorrentía superficial o subsuperficial				P	

P Mayor incidencia o principal en la ocurrencia del fenómeno
S Menor incidencia o secundario en la ocurrencia del fenómeno

6.6 Análisis probabilístico de estabilidad

Con ayuda del programa PCSTABL6 se analizaron 44 secciones transversales en los taludes inestables que conforman el área; de éstas se escogieron 13 secciones características (una para cada zona de amenaza), determinando la estabilidad de cada talud mediante el cálculo del factor de seguridad con la teoría del equilibrio límite (método de Janbu) y determinando la probabilidad de falla por el método del punto medio –PEM- (Rosenblueth, 1975). Los resultados del análisis determinístico básico se presentaron en la tabla 5-12. Las secciones de análisis se representan en las figuras 6.9 a 6.22 y su localización se indica en los planos 9 de 15, procesos de inestabilidad geotécnica y 12 de 15, zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa.

Las probabilidades de falla se determinaron a corto plazo (probabilidad total para un período de análisis de 1 año), a mediano plazo (5 años) y largo plazo (15 años).

6.6.1 Probabilidades de falla a corto plazo

Utilizando el método de Rosenblueth (1975), se determinó la probabilidad de falla a corto plazo utilizando el teorema de probabilidad total tomando los resultados de los análisis de las cuatro condiciones extremas para los factores detonantes lluvia y sismo.

- Sin lluvia sin sismo.
- Con lluvia sin sismo.
- Sin lluvia con sismo.
- Con lluvia con sismo.

Es importante resaltar que las probabilidades de falla se ajustaron a distribuciones normales y lognormales obteniéndose de esta forma valores mínimos y máximos (generalmente, los valores mínimos corresponden a la distribución normal y los máximos a los valores obtenidos de la distribución lognormal).

En la tabla 6-3 se presenta el resumen de los resultados a corto plazo obtenidos para cada una de las secciones de estudio. La localización se las secciones se indica en el plano 9 de 15, procesos de inestabilidad geotécnica.

6.6.2 Probabilidades de falla a mediano plazo

Para determinar la probabilidad de falla de los taludes a mediano y largo plazo se tuvieron en cuenta las dos (2) hipótesis siguientes:

- Hipótesis 1

Aplicando el método PEM, la probabilidad de ocurrencia para un año de exposición *(P (Dz))* está dada por la probabilidad total. Para un período de exposición dado, se toma la probabilidad de ocurrencia de por lo menos una vez en ese período de exposición, es decir:

- Para dos años: $P(Dz)_2 = P(Dz) + (P(Dz) - (P(Dz))*P(Dz)$
- Para tres años: $P(Dz)_3 = P(Dz) + (P(Dz)_2 - (P(Dz))*P(Dz)_2$
- Para cuatro años: $P(Dz)_4 = P(Dz) + (P(Dz)_3 - (P(Dz))*P(Dz)_3$
- En general: $P(Dz)_n = (PDz) + (P(Dz)_{n-1} - (P(Dz))*P(Dz)_{n-1}$

En otras palabras, la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento para un período de exposición dado *(Td)* será:

$$P(Dz)_{Td} = 1 - (1/Tr)^{Td}$$

donde *Tr* es el período de retorno del deslizamiento que se puede aproximar a:

$$Tr = 1/P(Dz)$$

- Hipótesis 2

Se utiliza al igual que en la primera la teoría de la probabilidad total, pero ésta hipótesis se mantiene constante la probabilidad de ocurrencia del deslizamiento y se varía la probabilidad de ocurrencia (y por lo tanto de no ocurrencia) de la lluvia y el sismo [1] es decir:

$$P(Dz)_n = P(PDz / S\,LL) * P(S)_n * P(LL)_n + P(Dz / S'LL) * P(S')_n * P(LL)_n + P(Dz/S\,LL') * P(S)_n * P(LL')_n + P(Dz/S'LL') * P(S')_n * P(LL')_n.$$

donde,

$P(Dz)_n$ = Probabilidad de que ocurra el deslizamiento con un período de retorno de n años.

$P(PDz / S\,LL)$ = Probabilidad de que ocurra el deslizamiento anual con sismo y

1 González, A. (1992) "Avalanche Risk Evaluation at Utica – Colombia". Primer Simposio Internacional sobre Sensors Remotos y Sistemad de Información Geográfica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.

con lluvia.

P(Dz / S'LL)= Probabilidad de que ocurra el deslizamiento anual sin sismo y con lluvia.

P(Dz/S LL') = Probabilidad de que ocurra el deslizamiento anual con sismo y sin lluvia.

P(Dz / S'LL') = Probabilidad de que ocurra el deslizamiento anual sin sismo y sin lluvia.

$P(S)_n$ = Probabilidad de que ocurra el sismo con un período de retorno de n años.

$P(LL)_n$ = Probabilidad de que ocurra la lluvia con un período de retorno de n años.

$P(S')_n$ = Probabilidad de que no ocurra el sismo con un período de retorno de n años.

$P(LL')_n$ = Probabilidad de que no ocurra la lluvia con un período de retorno de n años.

El análisis de la probabilidad de falla a mediano y largo plazo (5 y 15 años) correspondiente a las hipótesis 1 y 2, se efectúa a partir de la relación entre probabilidad de falla del talud y el periodo de análisis (años) presentada en forma gráfica para las secciones características (figuras 6-22 a 6-29).

6.7 Análisis y zonificación de la amenaza.

A partir de las características topográficas, geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del terreno, y considerando la susceptibilidad de los materiales ante los fenómenos de remoción en masa (FRM) y los mecanismos de falla para los 44 procesos de inestabilidad geotécnica encontrados en el área de estudio, se realizaron numerosos análisis de estabilidad, de los cuales se escogieron 13 secciones representativas con las que se realizó la zonificación de amenaza presentada en el plano 12 de 15.

Los valores de probabilidad de falla a corto plazo, obtenidos para las secciones típicas se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 6-4 Probabilidad de falla a corto plazo

ZONA	SECCION	PROBABILIDAD DE FALLA	
		MAXIMA	MINIMA
1	D	0.134	0.132
2	A4	0.520	0.477
2 A	B	0.218	0.193

ZONA	SECCION	PROBABILIDAD DE FALLA	
		MAXIMA	MINIMA
3	E1	0.431	0.376
4	J2	0.220	0.202
5	H	0.792	0.754
6	M2	0.544	0.492
6 A	N3	0.218	0.212
6 B	L1	0.226	0.221
7	P	0.663	0.539
8	O	0.520	0.477
9	R	0.181	0.171
10	K	0.171	0.168

Una vez determinada la probabilidad de falla en términos cuantitativos, la designación de las zonas de amenaza se realizó con base en los criterios presentados en la tabla 6-5:

Tabla 6-5 Probabilidades cuantitativas de amenaza por procesos actuales

CALIFICACION CUALITATIVA	PROBABILIDAD CUANTITATIVA	
	MAXIMA	MINIMA
Alta	1.00	0.40
Media	0.40	0.10
Baja	0.10	0.00

Como resultado del análisis se definieron 14 zonas de amenaza actual a corto plazo ante fenómenos de remoción en masa para el barrio La Paz, las cuales se describen en la tabla 6-6, y gráficamente se presentan en el plano 12 de 15. Dicha zonificación obedece también a la superposición de los planos temáticos 3 de 15, geomorfología, 8 de 15, pérdida de suelo, 9 de 15 procesos de inestabilidad geotécnica y 11 de 15, susceptibilidad a FRM, así como a los resultados obtenidos en los análisis de estabilidad ejecutados sobre los perfiles de las gráficas 6-9 a 6-21.

En la tabla 6-7 se presenta la síntesis de la calificación de la amenaza en el área de estudio, y en la tabla 6-8 los predios que pueden ser afectados por fenómenos de amenaza alta y media, en la cual se incluyen algunas características estructurales de cada vivienda.

La calificación de las solicitaciones de la tabla 6-6 se presenta en las tablas 7-3 y 7-4 del Capítulo 7, y la calificación de las respuestas de la tabla 6-8 en la tabla 7-9, también del Capítulo 7.

Las conclusiones y recomendaciones en cuanto a mitigación del riesgo (que puede consistir en reducir o controlar la amenaza, disminuir la vulnerabilidad, o ambas), se

presentan en el Capítulo 9.

Tabla 6-7 Calificación de la amenaza

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
2	34	1	D	1	0.134	0.132	M	V5	2
2	34	2	D	1	0.134	0.132	M	V5	1
2	34	3	D	1	0.134	0.132	M	V5	1
2	34	4	D	1	0.134	0.132	M	V5	2
2	34	5	D	1	0.134	0.132	M	V5	2
2	34	19	D	1	0.134	0.132	M	V5	2
1	21	8	A4	2	0.52	0.477	A	V3	0
1	21	9	A4	2	0.52	0.477	A	V3	3
1	21	10	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	21	11	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	21	12	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	21	25	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	21	26	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	21	27	A4	2	0.52	0.477	A	V3	0
1	21	28	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	21	29	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	21	30	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	26	17	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	26	18	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	26	19	A4	2	0.52	0.477	A	V3	3
1	26	31	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	26	32	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	26	33	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
2	32	1	A4	2	0.52	0.477	A	V3	3
2	32	2	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
2	32	3	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
2	33	25	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
2	33	26	A4	2	0.52	0.477	A	V3	4
1	20	1	B	2A	0.218	0.193	M	V5	2
1	20	2	B	2A	0.218	0.193	M	V5	0
1	20	3	B	2A	0.218	0.193	M	V5	0
1	20	4	B	2A	0.218	0.193	M	V5	2
1	20	5	B	2A	0.218	0.193	M	V5	2
1	20	6	B	2A	0.218	0.193	M	V5	2

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
1	20	7	B	2A	0.218	0.193	M	V5	2
2	33	28	B	2A	0.218	0.193	M	V5	2
2	33	29	B	2A	0.218	0.193	M	V5	2
2	33	30	B	2A	0.218	0.193	M	V5	2
2	33	31	B	2A	0.218	0.193	M	V5	2
1	19	2	E1	3	0.431	0.376	A	V3	0
1	20	23	E1	3	0.431	0.376	A	V3	0
1	20	24	E1	3	0.431	0.376	A	V3	4
1	23	11	E1	3	0.431	0.376	A	V3	0
1	23	12	E1	3	0.431	0.376	A	V3	0
1	23	13	E1	3	0.431	0.376	A	V3	4
1	10	14	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	10	15	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	10	16	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	10	17	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	24	9	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	24	10	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	0
1	24	11	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	24	12	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	24	13	H	5b	0.792	0.754	A	EC3	4
1	24	19	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	4
1	25	12	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	0
1	25	13	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	0
1	25	14	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	25	15	H	5b	0.792	0.754	A	EC3	4
1	25	16	H	5b	0.792	0.754	A	EC3	2
1	25	24	H	5b	0.792	0.754	A	EC3	4
1	25	25	H	5b	0.792	0.754	A	EC3	4
1	25	26	H	5b	0.792	0.754	A	EC3	4
1	27	7	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	27	8	H	5b	0.792	0.754	A	EC3	4
1	27	30	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	4
1	27	31	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	27	32	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	0
1	27	33	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	27	34	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5
1	27	35	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	4
1	27	36	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	4
4	59	5	H	5a	0.792	0.754	A	DV1	5

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
1	10	4	M2	6	0.544	0.492	A	V2	4
1	10	5	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
1	10	16	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
1	10	17	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
1	10	18	M2	6	0.544	0.492	A	V2	0
1	10	19	M2	6	0.544	0.492	A	V2	0
1	10	21	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	59	1	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	59	2	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	59	3	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	59	4	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	64	3	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	64	4	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	64	12	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	64	13	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	69	1	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	69	15	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	69	16	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	69	17	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	70	15	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	70	16	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	70	17	M2	6	0.544	0.492	A	V2	5
4	52	12	N3	6A	0.218	0.212	M	V5	2
4	64	1	N3	6A	0.218	0.212	M	V5	0
4	64	2	N3	6A	0.218	0.212	M	V5	0
1	10	9	L1	6B	0.226	0.221	M	V5	1
2	48	1	P	7b	0.663	0.539	A	EC3	4
2	48	2	P	7b	0.663	0.539	A	EC3	4
2	48	4	P	7b	0.663	0.539	A	EC3	2
2	49	3	P	7b	0.663	0.539	A	EC3	2
2	49	4	P	7a	0.663	0.539	A	DV1	5
2	49	16	P	7a	0.663	0.539	A	DV1	5
2	49	17	P	7b	0.663	0.539	A	EC3	2
2	50	5	P	7a	0.663	0.539	A	DV1	4
2	50	6	P	7b	0.663	0.539	A	EC3	0
2	50	16	P	7a	0.663	0.539	A	DV1	5
2	50	17	P	7b	0.663	0.539	A	EC3	4
2	46	1	O	8	0.52	0.477	A	V3	4

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
2	47	1	O	8	0.52	0.477	A	V3	4
2	47	2	O	8	0.52	0.477	A	V3	4
2	47	3	O	8	0.52	0.477	A	V3	3
3	1	1	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	1	7	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	2	1	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	2	14	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	3	1	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	3	6	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	3	7	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	3	8	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	3	9	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	5	1	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	5	2	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	5	3	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	5	4	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	5	5	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
3	5	6	R	9	0.181	0.171	M	V5	2
1	8	1		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	8	2		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	8	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	8	4		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	8	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	8	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	8	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	8	8		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	9	1		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	9	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	3		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	9	4		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	9	5		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	9	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	7		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	9	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	10		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	9	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	14		11	0.01	0.001	B	V5	2

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
1	9	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	17		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	18		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	19		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	9	20		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	21		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	22		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	9	23		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	24		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	9	25		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	9	26		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	10	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	10	2		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	10	3		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	10	6		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	10	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	10	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	10	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	10	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	10	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	10	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	10	20		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	19	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	3		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	19	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	13		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	19	14		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	19	15		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	19	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	17		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	19	18		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	19	19		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	19	20		11	0.01	0.001	B	V5	1

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
1	19	21		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	19	22		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	19	23		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	24		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	25		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	26		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	19	27		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	11		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	20	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	13		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	20	14		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	20	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	17		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	20	18		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	19		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	20	20		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	21		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	20	22		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	21	1		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	21	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	5		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	21	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	13		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	21	14		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	16		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	21	17		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	21	18		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	19		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	21	20		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	21		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	22		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	21	23		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	21	24		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	*23*	1		11	0.01	0.001	B	V5	1

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
1	*23*	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	*23*	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	*23*	4		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	*23*	5		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	*23*	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	*23*	7		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	*23*	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	*23*	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	*23*	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	*23*	14		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	*23*	15		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	*23*	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	*23*	17		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	*23*	18		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	*23*	19		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	*23*	20		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	24	1		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	24	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	24	3		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	24	4		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	24	5		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	24	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	24	7		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	24	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	24	14		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	24	15		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	24	16		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	24	17		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	24	18		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	24	20		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	24	21		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	24	22		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	24	23		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	24	24		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	24	25		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	24	26		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	24	27		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	24	28		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	24	29		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	3		11	0.01	0.001	B	V5	2

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
1	25	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	5		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	25	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	8		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	25	9		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	25	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	17		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	18		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	19		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	20		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	21		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	22		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	23		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	27		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	25	28		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	29		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	30		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	25	31		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	25	32		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	33		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	25	34		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	25	35		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	36		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	37		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	25	38		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	2		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	26	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	5		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	6		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	7		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	8		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	9		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	12		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	14		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	15		11	0.01	0.001	B	V5	1

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
1	26	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	20		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	21		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	22		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	23		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	24		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	25		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	26		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	27		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	28		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	29		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	30		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	34		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	35		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	36		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	37		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	38		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	39		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	40		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	41		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	42		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	43		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	26	44		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	45		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	46		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	47		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	26	48		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	2		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	6		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	9		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	10		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	11		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	27	12		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	27	13		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	27	14		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	27	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	17		11	0.01	0.001	B	V5	1

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
1	27	18		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	27	19		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	20		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	21		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	22		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	23		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	27	24		11	0.01	0.001	B	V5	0
1	27	25		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	26		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	27		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	28		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	29		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	37		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	38		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	39		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	40		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	41		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	42		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	43		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	27	44		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	27	45		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	1		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	28	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	7		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	28	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	14		11	0.01	0.001	B	V5	2
1	28	15		11	0.01	0.001	B	V5	1
1	28	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	5		11	0.01	0.001	B	V5	1

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
2	33	6		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	33	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	9		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	33	10		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	33	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	14		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	17		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	33	18		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	33	19		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	20		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	21		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	22		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	23		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	33	24		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	27		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	32		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	33	33		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	34		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	35		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	33	36		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	34	6		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	34	7		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	34	8		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	34	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	34	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	34	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	34	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	34	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	34	14		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	34	15		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	34	16		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	34	17		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	34	18		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	1		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	3		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	4		11	0.01	0.001	B	V5	0

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
2	35	5		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	35	6		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	35	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	8		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	14		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	15		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	17		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	18		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	19		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	20		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	21		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	22		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	23		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	24		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	25		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	35	26		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	27		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	28		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	29		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	30		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	31		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	32		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	33		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	35	34		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	35	35		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	35	36		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	35	37		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	35	38		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	44	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	44	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	44	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	44	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	44	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	44	6		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	44	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	44	8		11	0.01	0.001	B	V5	2

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
2	44	9		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	45	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	2		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	45	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	4		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	45	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	11		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	45	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	14		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	45	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	16		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	45	17		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	45	18		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	5		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	46	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	8		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	46	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	11		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	46	12		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	46	13		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	46	14		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	46	17		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	47	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	47	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	47	6		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	47	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	47	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	48	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	49	1		11	0.01	0.001	B	V5	2

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
2	49	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	49	5		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	49	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	49	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	49	8		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	49	9		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	49	10		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	49	11		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	49	12		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	49	13		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	49	14		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	49	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	49	18		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	49	19		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	49	20		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	49	21		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	50	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	50	2		11	0.01	0.001	B	V5	1
2	50	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	50	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	50	7		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	50	8		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	50	9		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	50	10		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	50	11		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	50	12		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	50	13		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	50	14		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	50	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	50	18		11	0.01	0.001	B	V5	0
2	50	19		11	0.01	0.001	B	V5	2
2	50	20		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	1	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	1	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	1	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	1	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	1	6		11	0.01	0.001	B	V5	1
3	2	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	6		11	0.01	0.001	B	V5	2

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
3	2	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	2	13		11	0.01	0.001	B	V5	0
3	3	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	3	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	3	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	3	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	3		11	0.01	0.001	B	V5	1
3	4	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	8		11	0.01	0.001	B	V5	1
3	4	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	11		11	0.01	0.001	B	V5	0
3	4	12		11	0.01	0.001	B	V5	0
3	4	13		11	0.01	0.001	B	V5	1
3	4	14		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	4	16		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	5	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
3	5	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	51	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	51	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	52	1		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	52	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	52	3		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	52	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	52	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	52	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	52	7		11	0.01	0.001	B	V5	0
4	52	8		11	0.01	0.001	B	V5	0
4	52	9		11	0.01	0.001	B	V5	0
4	52	10		11	0.01	0.001	B	V5	0
4	52	11		11	0.01	0.001	B	V5	2

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
4	55	1		11	0.01	0.001	B	V5	0
4	55	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	3		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	4		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	8		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	12		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	14		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	15		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	16		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	17		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	18		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	19		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	20		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	21		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	22		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	23		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	55	24		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	25		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	26		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	27		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	28		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	29		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	30		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	31		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	55	32		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	64	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	64	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	64	7		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	64	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	64	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	64	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	64	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	65	1		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	65	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	65	3		11	0.01	0.001	B	V5	2

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	Sección característica	ZONA DE AMENAZA	Probabilidad de falla		Categoría de la amenaza	Solicitación	IDP*
					Máxima	Mínima			
4	65	4		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	69	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	69	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	69	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	69	5		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	69	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	69	7		11	0.01	0.001	B	V5	0
4	69	8		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	69	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	69	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	69	11		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	69	12		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	69	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	69	14		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	70	1		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	70	2		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	70	3		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	70	4		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	70	5		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	70	6		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	70	7		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	70	8		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	70	9		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	70	10		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	70	11		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	70	12		11	0.01	0.001	B	V5	1
4	70	13		11	0.01	0.001	B	V5	2
4	70	14		11	0.01	0.001	B	V5	2

* IDP: Indice de Daño Probable o calificación del daño que puede presentarse en caso de la materialización de la amenaza

Tabla 6-8 Características de los predios afectados por amenaza alta y media

ZONA DE AMENAZA	BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Tipo de sistema estructural	Daños en los elementos estructurales	Daños en los elementos no estructurales e instalaciones	Ha sufrido anteriormente daño por:	Inestabilidad del suelo	Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	CALIFICACION DE LA AMENAZA

1	2	34	1	2	1	1		5	3	4		2	M
1	2	34	2	3	1	1	1	1	1	2	2	2	M
1	2	34	3	3		3	2			5			M
1	2	34	4	2	5	2	2	6 - 7	3	4		2	M
1	2	34	5	2	1	4				5			M
1	2	34	19	1			1	1	1	2	2	2	M

2	1	21	8	5									A
2	1	21	9	3	1	2	1	2	3	4		3	A
2	1	21	10	1	6	3	2	7	3	4		3	A
2	1	21	11	1	6	1	2	6	4	5	3	3	A
2	1	21	12	1	6			2	5	5		3	A
2	1	21	25	1	6	2	2	2 - 4	5	5		3	A
2	1	21	26	1	6				3	5		3	A
2	1	21	27	5									A
2	1	21	28	2		2	2	1	1	5		2	A
2	1	21	29	1	6	3	2	1	3	4		2	A
2	1	21	30	2	1	2			3	4		3	A
2	1	26	17	2	1	1	1	1	1	5			A
2	1	26	18	1	6			1	1	5		1	A
2	1	26	19	3	1	1	1	4	1	5		1	A
2	1	26	31	1	1	1	3	4	1	5	3	1	A
2	1	26	32	2	2	3	3	8	4	5		3	A
2	1	26	33	2	5	2	2	4	3	4		2	A
2	2	32	1	3	5	2	2	1	1	2		2	A
2	2	32	2	2	1	1	2	1	1	1			A
2	2	32	3	2	1	2	1	1	5 - 7	5	1	2	A
2	2	33	25	2	2	2	1	2	3	5	2	2	A
2	2	33	26	1	6	4	3	2 - 4	4 - 5	5	1	3	A

2A	1	20	1	5									M
2A	1	20	2	5									M
2A	1	20	3	2	2	2	1	1		5	3	2	M
2A	1	20	4	2	1	4	1	5	4	5	3	3	M
2A	1	20	5	1	1	4	2	2	5	4	2	3	M
2A	1	20	6	1	6	1	1	1	1	1	2	2	M
2A	1	20	7	2	1	1	1	1	1	2	2		M
2A	2	33	28	2	6	2	2	2	1	1		2	M
2A	2	33	29	1	6	5	3	2 - 4	4 - 5	5	3	3	M
2A	2	33	30	1	6	2	1	1	1	2			M
2A	2	33	31	2	2	2	2	1	1	5		2	M

3	1	19	2	5									A
3	1	20	23	2									A
3	1	20	24	2	1	3	1	2	5	5	2	3	A
3	1	*23*	11	5									A
3	1	*23*	12	5									A
3	1	*23*	13	2	1	2	2	8	1	5		3	A

5	1	10	14	2		2		1	1	5		2	A
5	1	10	15	2	1	2	2	1	5	1	1	3	A
5	1	10	16	2	5	1	2	1	1	5		2	A
5	1	10	17	1					5	5	1	3	A

ZONA DE AMENAZA	BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Tipo de sistema estructural	Daños en los elementos estructurales	Daños en los elementos no estructurales e instalaciones	Ha sufrido anteriormente daño por:	Inestabilidad del suelo	Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	CALIFICACION DE LA AMENAZA
5	1	24	9	2	1	2	1	1	3	5		2	A
5	1	24	10	5									A
5	1	24	11	2	6	2	3	2	2	1	2	3	A
5	1	24	12	1	1	3	1	1	6	4		3	A
5	1	24	13	1	1	3	2	1	1	4		1	A
5	1	24	19	3	1	2	2	2	3	5		2	A
5	1	25	12	5									A
5	1	25	13	5									A
5	1	25	14	1	1	1	1	1	1	2	2	1	A
5	1	25	15	1	1	1	1	1	1	1	3	1	A
5	1	25	16	2	6	4	1	7	6	3	3	3	A
5	1	25	24	1	2	5		1	1	2	3	1	A
5	1	25	25	1	6	4	3	2 - 7	5 - 7	3	3	3	A
5	1	25	26	1	5	4	3	5	3	4	2	3	A
5	1	27	7	1	6	3	3	2 - 6	4 - 5	5		3	A
5	1	27	8	1	1		3		1	5	3	1	A
5	1	27	30	3	6	2	1	1	1	2		2	A
5	1	27	31	2	1	2	1	1	1	2			A
5	1	27	32	5									A
5	1	27	33	2	6	2	1	1	1	5		2	A
5	1	27	34	2	1	1	1	1	1	2	2	1	A
5	1	27	35	3	1	1	1	4	3	5	2	2	A
5	4	59	5	1	1	3	2	2	5 - 7	5			A
6	1	10	4	3	4	2	2	1	3	5		3	A
6	1	10	5	2	2	2	2	1	1	2			A
6	1	10	16	2	5	1	2	1	1	5		2	A
6	1	10	17	1					5	5	1	3	A
6	1	10	18	5									A
6	1	10	19	5									A
6	1	10	21	1	6	1		4		5		3	A
6	4	59	1	2	5	2	2	5	5	4		2	A
6	4	59	2	1	1	3	2	2 - 7	5	5		2	A
6	4	59	3	2	5	2	2	1	1	5		2	A
6	4	59	4	1	6	3	3	2	5	5		3	A
6	4	64	3	2	3	3	2	2	5	2		2	A
6	4	64	4	2	5	1	1	1	5	2		2	A
6	4	64	12	1	6		5	2	5	4			A
6	4	64	13	1		2	4	2	5	4	3	1	A
6	4	69	1	1	1	2		2	5		2	2	A
6	4	69	16	2	5	2	2		5	5		1	A
6	4	69	17	1	6	5	5	2 - 7	4 - 6	4	1	3	A

ZONA DE AMENAZA	BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Tipo de sistema estructural	Daños en los elementos estructurales	Daños en los elementos no estructurales e instalaciones	Ha sufrido anteriormente daño por:	Inestabilidad del suelo	Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	CALIFICACION DE LA AMENAZA
6	4	70	15	2						5	1	2	A
6	4	70	16	1		4	4	2 - 4	4	5	1	3	A
6	4	70	17	2	1	2	2	4	3			2	A
6A	4	52	12	2	1	4	4	2	5	2		3	M
6A	4	64	1	5									M
6A	4	64	2	5									M
6B	1	10	9	3	3	3	1	1	1	3		1	M
7	2	48	1	1	6		4	6	3	1			A
7	2	48	2	1	4	5	5	4	1	5	1		A
7	2	48	4	2	5	1	1	1	1	5		1	A
7	2	49	3	2	3	1	1	1	1	2	1		A
7	2	49	4	2	5	1	1	8	1	2		3	A
7	2	49	16	1	5	1	2	1	3	3			A
7	2	49	17	3	2	1	3	5	3	5	2	1	A
7	2	50	5	3	1		2	2	5	1	2	1	A
7	2	50	6	2									A
7	2	50	16	1	6	3		4	3		2	3	A
7	2	50	17	1		4	4	1	3	3			A
8	2	46	1	2	3	1	1	1	1	5			A
8	2	47	1	1	5	1	1	4	3	4		1	A
8	2	47	2	1	6	5	4	4	5	3		3	A
8	2	47	3	3	1	1	1	1	1	2	3	1	A
9	3	1	1	1		2	1	1	1	3		2	M
9	3	1	7	2		3	2	2 - 7	3	5		3	M
9	3	2	1	2	1	1	1	1	1	5		1	M
9	3	2	14	2		3	1	2 - 4	1	4	2	1	M
9	3	3	1	2	1	5	1	1	1	5	1	3	M
9	3	3	6	2	6	2	1	2	4	5		2	M
9	3	3	7	1									M
9	3	3	8	2	1	2	2	5	3	3	2	3	M
9	3	3	9	2	1	1	2	4	1	3			M
9	3	5	1	2	2	2	2	1	1	3	1	3	M
9	3	5	2	2	1	2				5		2	M
9	3	5	3	2	2	3	1	1	1	5		3	M
9	3	5	4	2	1	1	1	8	8	5	1	2	M
9	3	5	5	2	1	1	1	8	1	5			M
9	3	5	6	2	1	1	1	2	5	5	1	3	M

6.8 temporalidad de la amenaza

La amenaza que representan los diferentes tipos de fenómenos de remoción en masa que pueden sucederse sobre los bordes de los zanjones y en algunos taludes del lugar puede tener una temporalidad muy baja, dependiendo de la prioridad que la DPAE le dé a la construcción de las obras de mitigación planteadas en el Capítulo 9 de este informe.

6.9 conclusiones y recomendaciones

La zonificación de amenazas presentada en el plano 12 de 15 está referida únicamente a la amenaza a corto plazo, pues se considera que una vez realizadas las obras de control y mitigación correspondientes, la calificación de la amenaza, y por lo tanto la calificación del riesgo que se presenta en el capítulo 8, disminuirá considerablemente.

Las zonas de amenaza media están afectadas principalmente por procesos de reptación, erosión severa y, en algunos casos, carcavamiento o colapso de la pata de los taludes por acción del flujo de los zanjones. El sistema planteado para la recuperación de esas zonas está basado principalmente en el perfilado de los taludes y recubrimiento de los mismos; localmente puede ser necesaria la construcción de pequeñas obras de contención.

Las zonas de amenaza alta se encuentran seriamente afectadas por problemas considerables de remoción en masa como flujos de tierras y deslizamientos, en su mayoría activos. Las recomendaciones de manejo de estas zonas varían desde reconformación de los taludes hasta la construcción de obras de contención considerables, pasando obviamente por la construcción de obras para drenaje (tanto superficial como subsuperficial).

En el capítulo 9, medidas de mitigación, se describen claramente todas y cada una de las obras planteadas para el adecuado manejo y recuperación de las zonas de amenaza media y alta.

En el resto del área no se calificó la amenaza, pues solo se presentan en estas zonas fenómenos de erosión y pérdida de suelo, tema que escapa a los alcances de este estudio. Sin embargo, cabe aclarar que la amenaza es bastante baja, pues se considera que en ningún momento (aun conservando las condiciones actuales), el proceso de erosión puede llegar a afectar las viviendas de sector.

7. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FISICA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA

7.1 Introducción y generalidades

La vulnerabilidad puede definirse en términos generales como la susceptibilidad que tiene un "algo" (personas, viviendas, obras de ingeniería, cultivos, industrias, etc.) de ser afectados por la manifestación de algún evento físico externo (deslizamientos, sismos, lluvias, erupciones volcánicas, contaminación ambiental, erosión, accidentes industriales, etc.), afectación que implica necesariamente una pérdida material que termina expresada finalmente en pérdidas económicas.

En este capítulo se presentan los conceptos básicos, método utilizado y resultado del análisis de vulnerabilidad física de las viviendas de los barrios La Paz (sectores Los Naranjos, La Torre y Daza), y sector norte del Danubio Azul. El enfoque conceptual utilizado ha seguido en líneas generales lo propuesto por Flageollet (1999) y F. Soler (1999), quienes a su vez utilizan en alto grado conceptos de Leone (1995, 1996); estas propuestas planteadas por Flageollet y Soler han sido adoptadas en Bogotá en varios estudios de riesgo por dichos fenómenos.

Para este estudio, se ha enfocado el análisis hacia la determinación de la vulnerabilidad física de las viviendas considerando principalmente cuatro aspectos:

- Tipología de la vivienda, considerando si la construcción corresponde a tugurio, casa en mampostería o prefabricada, casa con estructuras hasta de dos niveles, casa con estructura de más de dos niveles o es un lote vacío.

  Estos rangos fueron utilizados para la clasificación de las viviendas en todo el área de estudio; sin embargo, para la tipificación de las viviendas aledañas a las zonas de amenaza alta y media se complementó esta clasificación considerando factores adicionales como el daño actual y el daño potencial que puede ocasionarse en caso de la materialización de los eventos amenazantes.

- Estado de daño actual, el cual varía desde ninguno hasta severo, considerando el estado actual tanto de elementos estructurales como de los no estructurales. En viviendas de tipo tugurial, la calificación del daño actual se realizó con base en el estado general y en la "habitabilidad" de ellas.

- Grado de exposición de las viviendas ante la amenaza, principalmente en aquellas viviendas ubicadas sobre o muy cerca del borde de las márgenes de los zanjones y en las que se encuentran sobre los límites de las zonas de amenaza.

- Relación solicitación - resistencia o daño estructural que puede sufrir la vivienda ante la magnitud de desplazamiento del fenómeno materializado.

El alcance del daño depende de la magnitud de la deformación superficial del terreno, la profundidad de la superficie de falla o rotura, el contacto entre la masa en movimiento y la edificación, y por supuesto del tipo de estructura, de la calidad de los materiales de construcción y del proceso constructivo en sí, variables relacionadas con la resistencia técnica de la construcción.

7.2 Metodo de trabajo

El estudio de vulnerabilidad se basó en el cálculo del Indice de Vulnerabilidad Física (IVF), siguiendo la metodología propuesta por Leone [(1)] y modificada por Soler et al, procedimiento que puede resumirse de la siguiente manera:

- Evaluación de las condiciones actuales de vulnerabilidad en el sector, mediante la realización de encuestas.

- Clasificación de la tipología de las viviendas y determinación del nivel de daño que presentan actualmente.

- Cálculo del Indice de Vulnerabilidad Física (IVF), con base en el tipo de movimiento, la intensidad de las solicitaciones y las características de las viviendas (elementos expuestos).

7.2.1 Inventario de viviendas

Se llevó a cabo una encuesta entre los moradores del barrio, en la cual se dio curso a 37 preguntas para la evaluación de los aspectos físicos de las viviendas, el cubrimiento de servicios públicos y algunas consideraciones sociales y económicas de los moradores (número de habitantes, personas que trabajan en cada familia e ingreso promedio de los mismos), entre otros. Esto último da ideas básicas para evaluar conceptualmente la vulnerabilidad social.

El formato de la encuesta fue elaborado a partir de otros formatos suministrados al Consultor por la Interventoría y la DPAE, y de otros ya disponibles en IGL utilizados anteriormente en estudios similares, con modificaciones basadas en la experiencia obtenida en dos estudios previos realizados para la UPES (hoy DPAE). Estas encuestas se presentan en el Anexo 6, y los resultados de las mismas en las figuras 7-1 a 7-35, presentadas al final de este capítulo.

1 Leone, F. (1996) Concept de vulnerabilite appliquée L'evaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain. Tesis de doctorado, Universidad J. Fourier, de Grenoble.

7.2.2 Tipificación de las viviendas

La tipificación o clasificación de las viviendas del sector fue orientada hacia la evaluación de la resistencia de las mismas ante la manifestación de fenómenos de remoción en masa - FRM - (deslizamientos, flujos de tierra y reptación) y a obtener, en lo posible y de acuerdo con el grado de colaboración de los vecinos del lugar, información sobre los costos de las edificaciones, datos muy importantes para la evaluación del riesgo.

En el sitio de estudio, esta tipificación de viviendas se realizó con base en el criterio propuesto por Leone, el cual se resume en la Tabla 7-1. Esta tipificación puede ser demasiado general o global, de interés práctico para zonificación de grandes centros urbanos (o de áreas considerables) en las cuales es tedioso, demorado y costoso hacer la evaluación de la cimentación y de la estructura casa por casa, tendientes a determinar la resistencia de las edificaciones a los FRM típicos o de ocurrencia más probable. Tal vez en un área menos extensa como la del barrio La Paz podrá intentarse un cambio en la tipificación o mejor aún, definir una tipificación específica para el barrio estudiado; obviamente esto deberá partir de una encuesta apropiada para la cual hubieran cambiado varios puntos del formato utilizado en este caso.

Lo anterior (la tipificación específica) no fue posible en el presente estudio por razones de tiempo, recursos disponibles y condiciones de seguridad del personal en varios sectores del barrio. Además, por el hecho de que en buen número de estudios de riesgos por FRM en Bogotá de los últimos dos años se han adoptado los criterios de Leone, incluso por la circunstancia de que varios expertos en la evaluación de riesgos asistieron a un curso dictado por Leone en el INGEOMINAS según comentarios hechos al director del presente estudio. En consecuencia, se adoptó el procedimiento de aplicar la tipificación de Leone (para aprovechar la encuesta realizada), pero corregir el grado de vulnerabilidad resultante por medio de apreciaciones cualitativas.

Tabla 7-1 Clasificación del tipo de vivienda

TIPO DE EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
B1	Tugurios (ranchos).
B2	Casas de mampostería o prefabricadas.
B3	Casas de hasta dos niveles, de buena calidad de construcción (con estructura).
B4	Casas de más de dos niveles, de buena calidad de construcción (con estructura).

Esta tipificación fue empleada para la totalidad del barrio, aunque para las viviendas ubicadas en el área de influencia de las zonas de amenaza alta y media el análisis de las condiciones de vulnerabilidad y riesgo se tuvo en cuenta, además del tipo de vivienda, el estado actual de daños y el grado de afectación que podría sufrir ésta en

el momento de la materialización de la amenaza.

Los lotes vacíos se clasificaron, tanto en las encuestas como en el plano de vulnerabilidad, como "LV".

En la Tabla 7-8 se presenta un resumen de la tipología de las viviendas ubicadas en el área de influencia de las zonas de amenaza media y alta, las condiciones estructurales de las casas, el nivel de daño actual y el valor estimado de las mismas (según el propietario y según la oficina de Catastro Distrital). Con respecto de esta última consideración, cabe aclarar que no fueron muchas las personas que aceptaron contestar esta pregunta, en algunos casos por desconocimiento de la cifra, o en otros por temor a que la información suministrada pudiera ser empleada para el aumento de los impuestos. Debido a la fluctuación del valor de los predios, especialmente al compararlos con las cifras que maneja la oficina de Catastro, para el cálculo de costos de las viviendas que pueden perderse por materialización de la amenaza o de los lotes que se deben reubicar, se tomó (para cada tipo de vivienda) un valor promedio de los datos de catastro obtenidos.

7.2.3 Calificación de los daños

La propuesta de Leone para calificar los daños de las viviendas producidos por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, sigue el criterio del DRM (Délégation aux Risques Majeurs), al dividir los daños en cinco categorías diferentes (Tabla 7-2):

Tabla 7-2 Clasificación del daño actual según el DRM

Indice de daño actual (IDa)	Tipo de daño	Porcentaje de daño en la construcción
1	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada.	0.0 - 0.1
2	Fisuración de paredes (muros). Reparaciones no urgentes.	0.2 - 0.3
3	Deformaciones importantes. Daños en elementos estructurales.	0.4 - 0.6
4	Fracturación de la estructura. Evacuación inmediata.	0.7 - 0.8
5	Derrumbe parcial o total de la estructura.	0.9 - 1.0

7.2.4 Solicitaciones

En el presente estudio se entienden como solicitaciones las formas o modos de acción que pueden tener los procesos de falla de taludes o remoción en masa identificadas en el área sobre las edificaciones existentes. La magnitud e intensidad de esas acciones depende por una parte de las características del movimiento en masa, tales como el volumen de la masa, el sentido y la velocidad del movimiento y las presiones que puede ejercer sobre las edificaciones, y por otra de la capacidad estructural de las viviendas y de su posición respecto del fenómeno que impone la

acción.

El término solicitación se ha introducido en los estudios de riesgo recientemente, al parecer tomado del lenguaje técnico de la ingeniería estructural. El director del presente estudio, en un comienzo no mostró simpatía hacia dicho término, pero lo aceptó plenamente después de consultar el diccionario de la lengua española (Real Academia Española, 19 edición, 1970), en el cual se lee: solicitación = acción de solicitar; solicitar = en su acepción física: atraer una o más fuerzas a un cuerpo, cada cual en su sentir.

Los fenómenos encontrados en el área estudiada se clasificaron en los siguientes tipos:

- Reptación
- Flujo de tierras (lento y muy lento)
- Deslizamientos
- Desprendimiento y caída de bloques

En las figuras 6-2 a 6-8 se hizo una recopilación de los mecanismos de falla identificados en el área de estudio y que vienen a constituir las “solicitaciones” del análisis de riesgo. Se complementan con los tres casos representados en los esquemas de la figura 7-36.

A partir del inventario de viviendas, se presenta la tipificación de las mismas en la figura 7-40. Con base en esta figura se analizó la distribución geográfica de las viviendas en relación con las zonas de amenaza media y alta; se encontró que debido a que los procesos en el área de estudio se encuentran limitados a las márgenes y fondo de los zanjones, la materialización de los mismos puede llegar a afectar tan solo a las viviendas de cualquier tipo que se encuentren en la parte alta, media o baja de los taludes, así como a las situadas en la vecindad de la pata de éstos. Se considera que no habrá predios afectados por empuje o desplazamiento lateral.

El intervalo que se presenta a continuación sobre las velocidades de movimiento de los diferentes procesos de remoción en masa que pueden ocurrir sobre las márgenes de los zanjones, fue adoptado de Varnes (1978).

Tabla 7-3 Velocidad de movimiento de los FRM de la zona: deslizamientos, flujos de tierra y reptamiento

Tipo de movimiento	Clasificación	Velocidad de movimiento
Muy rápido	V1	> 0.3 m/min
Rápido	V2	1.5 m/mes – 1.5 m/día
Moderado	V3	1.5 m/año – 1.5 m/mes
Lento	V4	6.0 cm/año – 1.5 cm/año
Muy lento	V5	≤ 6.0 mm/año

La solicitación de las zonas afectadas por caída de bloques depende de la posición de los lotes con respecto a laderas o escarpes, es decir, si éstos se encuentran en la parte alta del talud (las viviendas pueden verse afectadas por la pérdida de soporte) o si se encuentran en la parte baja del mismo (viviendas afectadas por el impacto de los bloques o fragmentos de roca que se desprendan). En la Tabla 7-4 se presentan las solicitaciones utilizadas para el cálculo de vulnerabilidad.

Tabla 7-4 Rangos de solicitación para desprendimientos y caída de fragmentos bloques

Descripción	Clasificación	Características
Desplazamiento vertical (en la cresta)	DV1	Alto
Desprendimiento vertical (en la pata)	DV2	Bajo
Energía cinética (en caída)	EC1	EC < 0.1 kJ
Energía cinética (en caída)	EC2	0.1 kJ < EC < 1.0 kJ
Energía cinética (en caída)	EC3	1.0 kJ < EC < 10 kJ
Energía cinética (en caída)	EC4	EC > 10 kJ

Para la estimación de la energía cinética en los taludes de la zona de estudio que presentan este problema se utilizó el programa RocFall diseñado por Rocscience Inc., con el cual se pudo determinar que la máxima energía de caída de fragmentos de roca es de 0.5 kJ.

7.2.5 Criterios de intensidad

La matriz utilizada para determinar el Indice de Daño Potencial (IDP) ocasionado por la ocurrencia de un evento dado, se basó en el tipo de solicitación y en la tipología de la vivienda afectada, cada una asociada con las diferentes zonas identificadas en el plano de amenazas.

Tabla 7-5 Matriz de daño (índice de daño potencial IDp)

SOLICITACION	TIPO DE VIVIENDA			
	B1	B2	B3	B4
V1	5	5	5	4
V2	5	5	4	4
V3	4	4	3	3
V4	3	2	2	2
V5	2	2	1	1
DV1	5	5	4	4
DV2	3	2	1	1
EC4	2	1	1	1
EC3	4	2	2	1
EC2	4	3	2	2
EC1	5	4	3	2

7.2.6 Resistencia

La resistencia hace referencia a la oposición que ofrece la vivienda (a través de su estructura) ante las solicitaciones o movimientos que pueden afectarla. Esta resistencia u oposición se concentra principalmente en los siguientes elementos estructurales o componentes de las viviendas:

- Tipo y profundidad de la cimentación

- Tipo de terreno de fundación (relleno, suelo residual, roca meteorizada).

- Altura de la edificación, relacionada con la altura de masa en movimiento activo o potencial.

- Materiales de construcción de la vivienda y el trabajo de conjunto que puedan ofrecer.

En la tabla siguiente se relaciona la tipología de vivienda con la resistencia que ofrecen las estructuras ante los diferentes fenómenos de remoción en masa:

Tabla 7-6 Tipología de vivienda, resistencia de las estructuras y posibilidades de mejoramiento de las viviendas

TIPOLOGIA DE VIVIENDA	RESISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS	POSIBILIDADES DE MEJORAMIENTO	VIVIENDAS AMENAZADAS
B1	La carencia de elementos estructurales, especialmente de vigas y columnas, así como la inexistencia de cimentación hacen que este tipo de viviendas no ofrezcan ningún tipo de resistencia a cualquier FRM que pueda afectarlas, situación que incrementa su grado de vulnerabilidad.	Reemplazar la tipología de las viviendas por las de tipo B3, con cimentación de profundidad tal que resista los empujes que puedan producir los diferentes movimientos de tierra; en las zonas de caída de rocas la cubierta y los muros que den hacia los taludes de roca deben resistir los impactos.	En las zonas de amenaza media se encuentran 7 viviendas de este tipo y en las de amenaza alta 36.
B2	La calidad de los materiales que conforman estas construcciones, el arriostramiento de sus elementos estructurales y la calidad de cimentación pueden, eventualmente ofrecer alguna resistencia a fenómenos como reptación y flujo de tierras lento.	Mejorar, complementar o reforzar el sistema estructural y la cimentación de la vivienda, para convertirla en viviendas de tipo B3. La cimentación debe resistir el empuje de los diferentes movimientos del terreno; en zonas de caída de bloques, la cubierta y los muros cercanos a los taludes deben resistir los impactos.	En las zonas de amenaza media se encuentran 22 viviendas de este tipo, y 34 en zonas de amenaza alta
B3	La profundidad de la cimentación, el material de fundación y el arriostramiento de sus elementos estructurales puede ofrecer resistencia a fenómenos de solicitaciones mayores como las de los deslizamientos.	En casos específicos, reforzar el sistema de cimentación de la vivienda para ofrecer buena oposición a los diferentes FRM. Reforzar las cubiertas y muros que no ofrezcan seguridad ante caída de bloques.	En zonas de amenaza media se deben evaluar 3 viviendas de este tipo, y 10 en zonas de amenaza alta.
B4	La calidad de la construcción de este tipo de viviendas confiere buenas condiciones de resistencia ante cualquier FRM que pueda presentarse en el área de estudio.	La ubicación de las viviendas de este tipo en la zona de estudio (alejadas de las zonas de amenaza alta y media) hace innecesarias obras de mejoramiento.	

En el numeral 7.3.1 del presente capítulo se plantea al análisis de vulnerabilidad física de las viviendas que conforman el área de estudio.

7.2.7 Indice de vulnerabilidad física (IVF)

El porcentaje de daño o Indice de Pérdidas tanto actual como potencial (IPa e IPb) se calcula mediante la cuantificación de los índices de daño actual (IDa) y daño potencial (Idp) por medio de conjuntos difusos (Figura 7-.37).

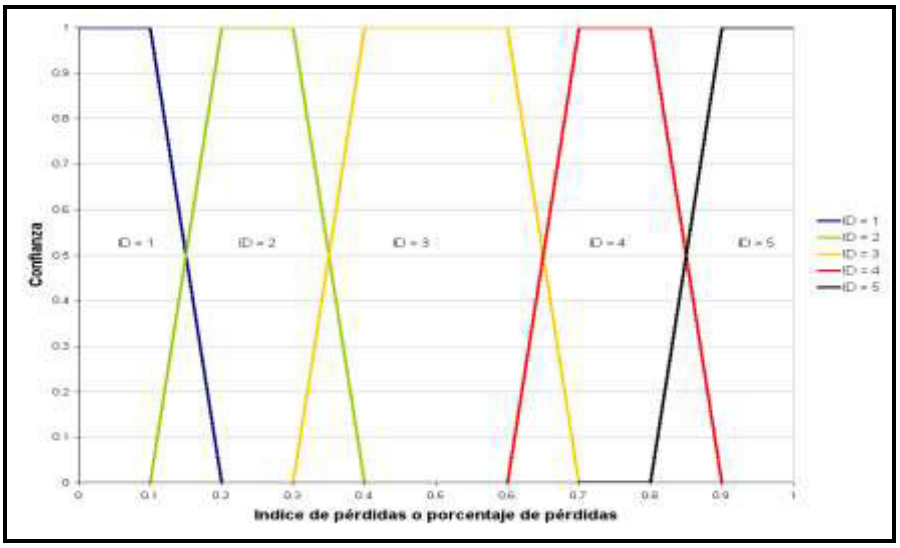
El porcentaje de pérdidas que se obtenga va a depender del nivel de confianza que se utilice para la valoración. En este caso se adoptó que para una confianza de 1.0, los rangos de valores de cada ID fueran los propuestos por Leone (1996), y para efectos de cálculo se tomó una confianza de 0.5 (Tabla 7-7).

Tabla 7-7 Valores de IP utilizados para la valoración del ID

Indice de Daño	IP MIN	IP MAX

Indice de Daño	IP MIN	IP MAX
1	0.00	0.15
2	0.15	0.35
3	0.35	0.65
4	0.65	0.85
5	0.85	1.00

Figura 7-37 Utilización de conjuntos difusos para la valoración del porcentaje de daño para el ID



Debido a que se tienen dos índices de daños (actuales y potenciales), expresados como índices de pérdidas, el índice de vulnerabilidad física (IVF) se determinó como la probabilidad de ocurrencia de alguno de éstos, es decir:

$$IVF \quad = \quad P\,(\,IPa \cup IPp\,) \quad = \quad IPa + IPp - IPa \times IPp$$

Cabe aclarar que para cada lote se obtiene un IVF máximo y uno mínimo, que determinan la incertidumbre del modelo.

7.3 Análisis de los resultados obtenidos en las encuestas

A continuación se indican (gráficamente) algunos de los resultados relevantes de las encuestas realizadas, tanto desde el punto de vista físico como social. La tabulación total de las encuestas se presenta gráficamente en las figuras 7-1 a 7-35, como se indicó inicialmente.

7.3.1 Vulnerabilidad física

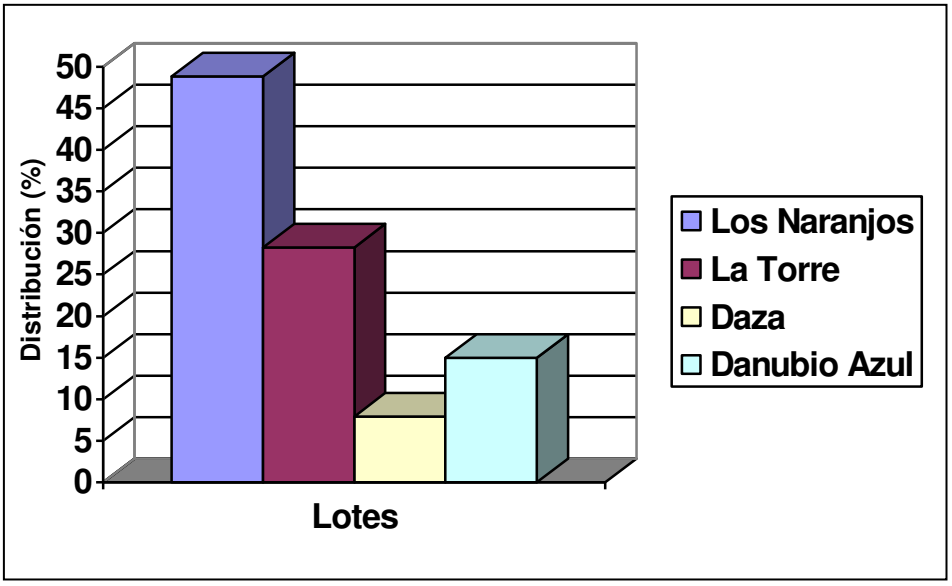
7.3.1.1 Número total de lotes

El área de estudio se encuentra conformada por los sectores Los Naranjos, La Torre y Daza del barrio La Paz y el extremo norte del barrio Danubio Azul.

En total, la zona está conformada por 680 lotes, de los cuales 332 se encuentran ubicados en Los Naranjos, 192 en La Torre, 54 en el sector Daza y el 102 restante en el Danubio Azul.

En la Figura 7-38 se ilustra la distribución porcentual de los lotes en el área de estudio.

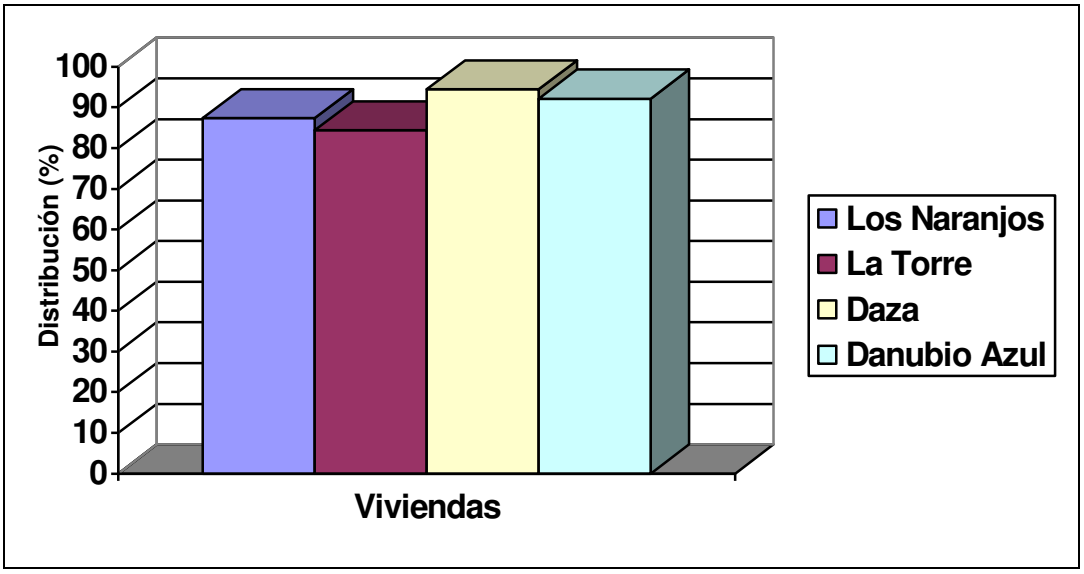
Figura 7-38 Distribución de lotes en el sitio de estudio



7.3.1.2 Número de viviendas

En total existen 597 viviendas en los 680 lotes. En el sector Los Naranjos, 290 de los lotes están construidos, en La Torre 162, en Daza 51 y en el Danubio Azul 94. En la Figura 7-39 se indica la distribución porcentual de las viviendas en el sector.

Figura 7-39 Distribución de viviendas en el sitio de estudio



7.3.1.3 Tipificación de viviendas

Con base en los resultados de las encuestas, se encontró que en el sector Los Naranjos hay 54 viviendas de tipo tugurial, 133 viviendas prefabricadas o en mampostería, y 90 corresponde a viviendas con estructuras de más de dos niveles.

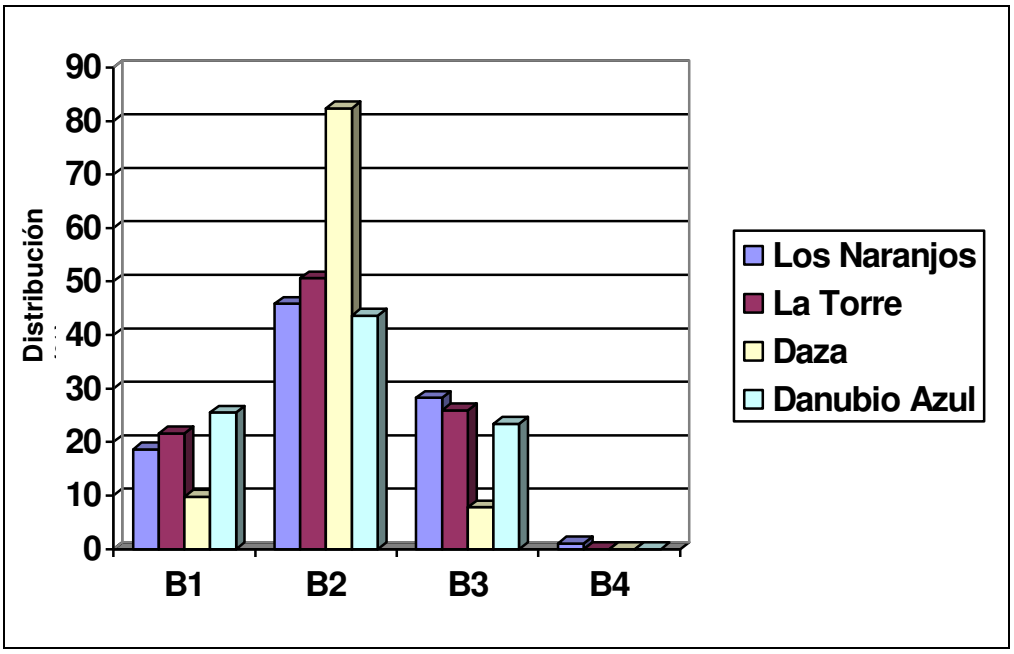
En el sector La Torre 35 viviendas corresponden a ranchos o tugurios, 82 a viviendas en mampostería o prefabricadas y 43 a viviendas de más de dos pisos.

En Daza, tan solo 5 de las viviendas son de tipo tugurial, mientras que 42 son viviendas prefabricadas o en mampostería, y las 4 restantes son viviendas de dos pisos.

El barrio Danubio Azul tiente 24 tugurios, 41 viviendas en mampostería y 23 viviendas de dos pisos.

En la figura 7-40 se muestra la localización de las viviendas según su tipología, y en la Figura 7-41 se indica la distribución porcentual de las mismas, con base en la clasificación propuesta por Leone.

Figura 7-41 Distribución de la tipificación de viviendas



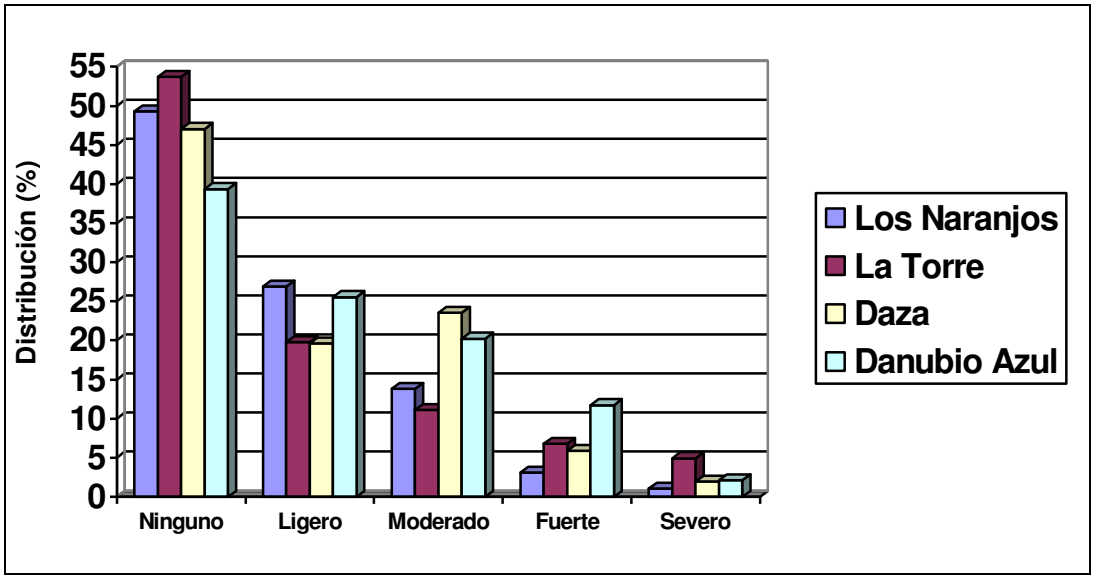
7.3.1.4 Estado de daño actual en toda la construcción

En general, la evaluación del daño de las construcciones está basada principalmente en el daño actual de los elementos estructurales (columnas, vigas y muros portantes, entre otros), y en menor grado en el daño de elementos no estructurales como tabiques divisorios y exteriores, instalaciones sanitarias, etc.

En Los Naranjos, 143 viviendas no presentan daño, 118 tienen daño ligero a moderado y 11 daño fuerte o severo. En La Torre, 87 viviendas no reportan daño alguno, 50 daño ligero o moderado y 19 daño fuerte o severo. En Daza, 24 viviendas no están dañadas, 22 tienen daño ligero o moderado y 4 daño fuerte o severo. En el barrio Danubio Azul 37 viviendas están en buen estado, 43 tienen daño ligero o moderado y 13 fuerte o severo.

En la Figura 7-42 se ilustra la distribución porcentual del nivel de daño actual en las edificaciones del sector.

Figura 7-42 Estado de daño actual en las edificaciones

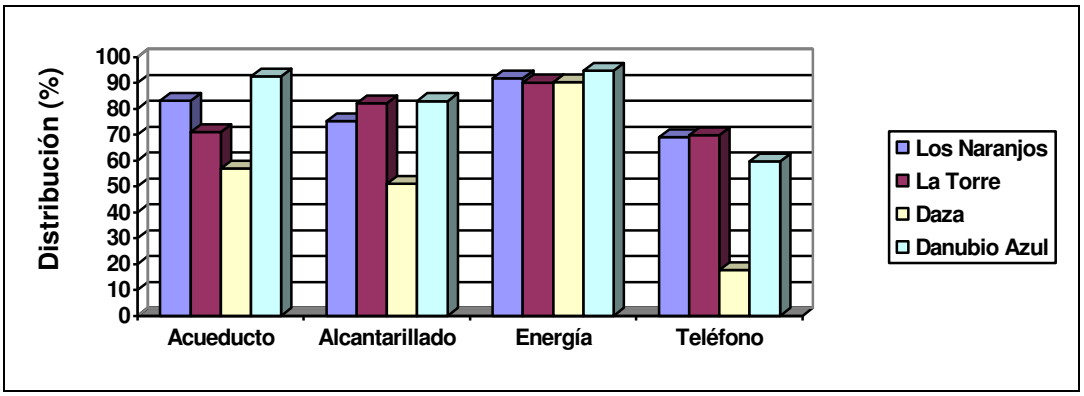


7.3.1.5 Cubrimiento de servicios públicos

Aunque todos los habitantes del sector buscan la manera de procurarse el acceso a los servicios públicos (especialmente agua potable), en Los Naranjos tienen servicio de agua potable 241 viviendas, alcantarillado 218, energía eléctrica 266 y teléfono 200; en La Torre, 115 viviendas cuentan con servicio de acueducto, 133 con alcantarillado, 146 con energía eléctrica y 113 con teléfono; en Daza tan solo en 29 viviendas (de las 51 existentes) dicen tener acceso al sistema de acueducto, 26 alcantarillado, 46 energía eléctrica, 9 de ellas cuentan con servicio telefónico. En el Danubio Azul 87 viviendas cuentan con sistema de acueducto, 78 con alcantarillado, 89 con energía eléctrica y 56 con servicio telefónico.

En la Figura 7-43 se ilustra el porcentaje de las viviendas que, según la encuesta, tienen acceso “legal” a los servicios públicos básicos.

Figura 7.43 Cubrimiento de servicios públicos



Analizando las gráficas obtenidas, puede concluirse que, en general, la mayoría de las viviendas son de tipo B2 (en mampostería o prefabricadas), las cuales se concentran principalmente en el sector Daza, en donde más del 80% de las viviendas son de este tipo; sin embargo, a pesar del tipo de construcciones que conforman este sector, más del 50% de las mismas presentan algún tipo de daño.

En el barrio Danubio Azul se presenta una concentración de viviendas tipo B1 ligeramente mayor a la de los sectores Los Naranjos y La Torre, que presentan adicionalmente un precario estado de construcción. Las viviendas de este tipo, tanto en el Danubio Azul, como en Los Naranjos y La Torre, se encuentran expuestas a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa como deslizamientos, flujos y reptación, y adicionalmente, un pequeño grupo de estas viviendas del sector Los Naranjos se encuentra ubicada en una zona susceptible de inundaciones.

El sector La Torre está conformado principalmente por viviendas con estructura, y la calidad de sus construcciones se refleja en el bajo nivel de daño presente; sin embargo, las pocas viviendas que reportan daño en sus elementos (tanto estructurales como no estructurales), presentan un nivel de afectación entre fuerte y severo. Las viviendas ubicadas sobre las márgenes de los zanjones están afectadas principalmente por fenómenos de remoción en masa como los flujos de tierra, aunque localmente se presenta reptación.

La distribución de tipología de viviendas en el sector Los Naranjos es muy similar a la del sector La Torre, aunque el nivel de daño reportado varía entre ligero y moderado; la exposición de las viviendas en las márgenes de los zanjones es ante deslizamientos y desprendimiento y caída de roca; adicionalmente, sobre la margen izquierda del zanjón Los Naranjos (a la altura de la manzana 25) se presenta una afectación continua por inundación.

En cuanto al cubrimiento de servicios públicos, es muy notoria la carencia de

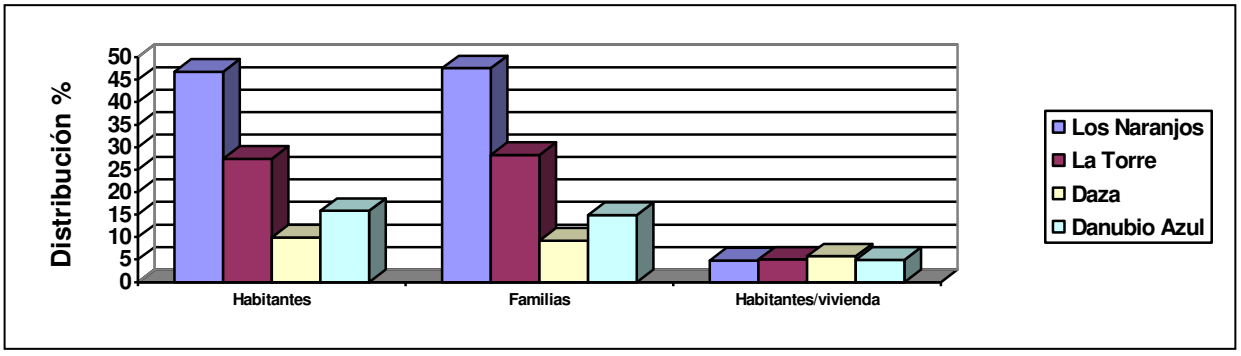
acueducto y alcantarillado en el sector Daza, máxime si se considera que este sector fue escogido para la reubicación de varias familias residentes anteriormente en el cauce de los zanjones (aguas abajo de su confluencia). También cabe destacar que aunque el sector La Torre presenta alta cobertura de alcantarillado, tiene un bajo índice de cubrimiento del servicio de acueducto (claro está, después de Daza). El barrio que presenta un mejor cubrimiento de servicios públicos es el Danubio Azul, debido posiblemente a la antigüedad del barrio. En el sector Los Naranjos se presenta una situación intermedia en el cubrimiento de servicios.

7.3.2 Vulnerabilidad social

En el área de estudio residen actualmente 650 familias, de las cuales 309 habitan en el sector Los Naranjos, 184 en La Torre, 60 en Daza y 97 en Danubio Azul; estas familias están integradas en promedio por 5 personas y conforman una población total de 2.947 personas, de las cuales 1.379 habitan en Los Naranjos, 809 en La Torre, 292 en Daza y 467 en Danubio Azul.

En la Figura 7-44 se ilustra la distribución porcentual de población total del sector, de acuerdo con el número de familias, habitantes y habitantes por vivienda en cada barrio.

Figura 7-44 Distribución de la población



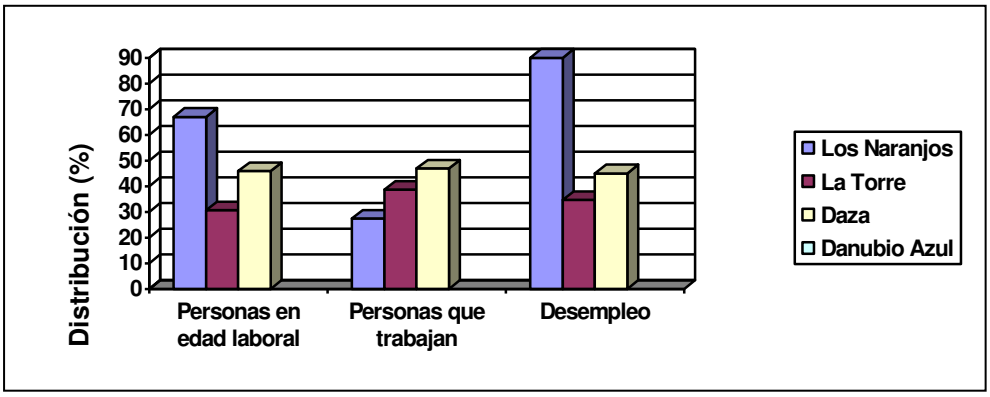
7.3.3 Vulnerabilidad económica

Aunque la gente es bastante reacia a suministrar información sobre sus ingresos económicos y los de su familia, y aun casi teniendo la certeza de que buena parte de los datos obtenidos en las encuestas pueden ser un tanto irreales, los resultados que se presentan a continuación se ciñen a la información obtenida en las encuestas.

En promedio, de los 2.947 habitantes de la zona de estudio, 1.243 se encuentran en edad laboral y de éstos trabajan 776 personas: 362 en Los Naranjos, 207 en La Torre, 69 en Daza y 138 en Danubio Azul. En la Figura 7-45 se presenta la

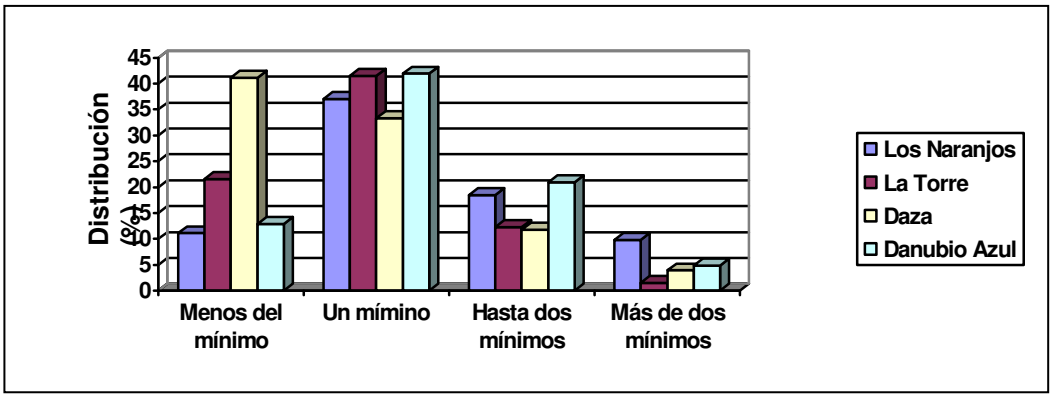
distribución porcentual de las personas que laboran en el área de estudio.

Figura 7-45 Distribución del empleo



También en promedio, en el 20.1% de los casos los ingresos familiares no alcanzan siquiera a un salario mínimo, el 38.6% de las familias cuentan con uno o dos salarios mínimos para su manutención, y el 21.6% de los hogares con personas laborando cuentan con dos o más salarios mínimos mensualmente. En la Figura 7-46 se presenta la distribución porcentual de los ingresos familiares en la zona.

Figura 7-46 Distribución de los ingresos familiares



Aunque se observan diferencias significativas en cuanto al número total de habitantes por sector, el índice habitantes por lote es muy similar en todos ellos.

También es importante destacar que el 59% de la población corresponde a menores y a personas de la tercera edad, vulnerables por su condición misma y por su dependencia económica; del 41% restante, población en edad laboral, el 62% de las personas posee algún tipo de ingreso mensual representado en un 40% por el salario mínimo; en Daza, casi el 42% de las personas que laboran se ganan menos que un

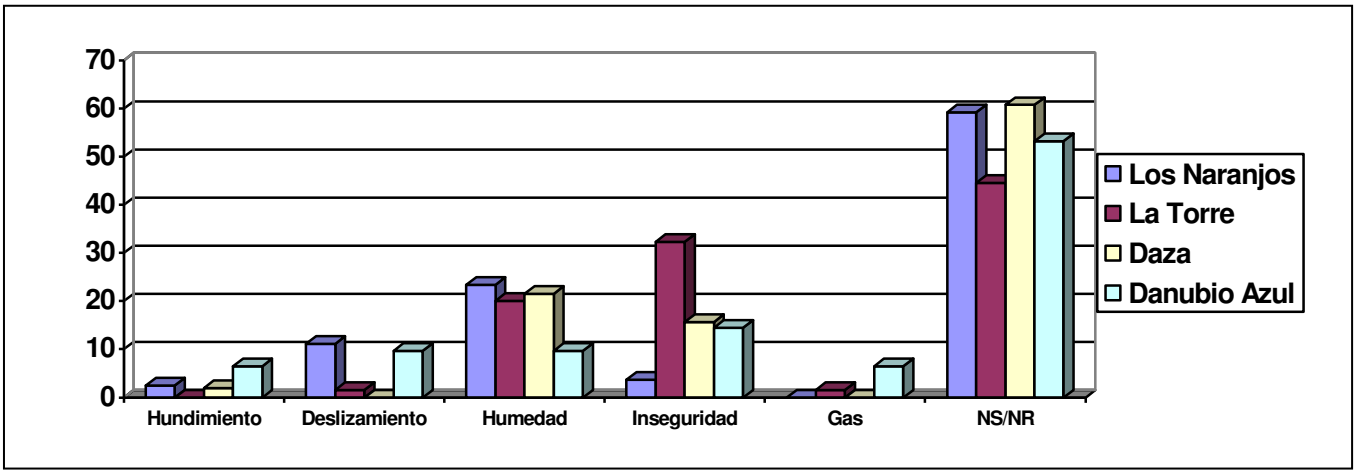
salario mínimo, y menos del 20% de la población laboral total gana dos o más salarios mínimos. Este bajo nivel de ingresos, considerando especialmente que en la mayoría de los casos tan solo trabaja una persona por familia de 4 ó 5 integrantes, trae como consecuencia el deterioro social y la conformación de grupos de delincuentes.

7.3.4 Percepción del peligro

Aunque la gran mayoría de los habitantes del área de estudio no percibe situación de peligro, la población relaciona el "peligro físico" principalmente con el hundimiento del terreno, la humedad que se presenta en las viviendas, y en menor grado con la ocurrencia de deslizamientos, y el "peligro social" con la inseguridad y los posibles accidentes ocasionados por la utilización de gas en las cocinas.

En la Figura 7-47 se presenta la distribución porcentual de los factores que la gente percibe como peligrosos.

Figura 7-47 Distribución de la percepción del peligro



Analizando las situaciones de peligro a las cuales los habitantes consideran que se encuentran expuestos en mayor grado, es claro que las condiciones socio-económicas de los residentes del sector y el alto grado de necesidades básicas insatisfechas, hacen que la población no sea del todo consciente de los fenómenos de remoción en masa que pueden llegar a afectarlos en un momento determinado, aunque sí se sienten víctimas directas de las condiciones de inseguridad del sector.

También es posible inferir, con base en el gran porcentaje de personas que reportó no encontrarse en condiciones de peligro, que la imposibilidad para cambiar su lugar de residencia por motivos económicos les hace ignorar, consciente o inconscientemente, el riesgo que están corriendo al habitar sectores amenazados.

En el sector Los Naranjos, se presenta (comparativamente entre los cuatro sectores que conforman el área de estudio) el nivel más alto de percepción del peligro por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa (13.6%) y el 23.45 % de la población admite estar afectada por procesos de filtración y humedad. En el sector La Torre solo el 1.53% de sus habitantes reconoce encontrarse expuesto ante FRM y el 20% se queja de la humedad de sus viviendas. En el sector Daza, el 2% de la población se siente afectada por problemas de hundimiento y el 21.6% por humedad.

En cuanto a la percepción de afectación desde el punto de vista social, en los sectores Daza y Danubio Azul aproximadamente el 15% de la población (en cada barrio) reconoce problemas de inseguridad, mientras que en el sector La Torre esta cifra supera el 32%. En el sector Los Naranjos, menos del 4% de la población percibe problemas de inseguridad.

7.3.5 Resultado de las encuestas

En la tabla 7-8 se presenta el resultado de las encuestas realizadas en la zonas de amenaza media y alta en los barrios La Paz (sectores Los Naranjos, La Torre y Daza), y en el extremo norte del Danubio Azul. En la tabla 7-8 se presenta el significado de cada valor de respuesta.

Tabla 7-8 Resumen de las encuestas realizadas

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
1	8	1	3	4	81	1	1	1		1	2	1	1	1	NS/NR	NS/NR
1	8	2	3	12	72	1	6	1		3	5		2	3	NS/NR	NS/NR
1	8	3	2	4	72	1	2	1		1	2			1	NS/NR	NS/NR
1	8	4	3	4	72	2	5	1		5	4	1	2	2	$ 5,000,000	NS/NR
1	8	5	2		84	1	5	2		5	2	2	3	3	NS/NR	NS/NR
1	8	6	2	7	24	1	1	1		2	5	2	2	1	$ 15,000,000	NS/NR
1	8	7	2	2	72	2	1	2		5	5	2	3	2	NS/NR	NS/NR
1	8	8	3	9	78	2	5	1		1	2		1	1	NS/NR	$ 10,000,000
1	9	1	3	9	72	1	4	8		1	3		2	3	NS/NR	NS/NR
1	9	2	2	5	84	1	1	4		1	5		2	2	$ 10,000,000	$ 4,000,000
1	9	3	3	8	72	2	1	1		1	2		3	1	$ 10,000,000	NS/NR
1	9	4	5													
1	9	5	3	7	72	1	4	1		3		1	1	2	2	NS/NR	NS/NR
1	9	6	2		72	1	4			3		4	2	2	1	NS/NR	NS/NR
1	9	7	3	6	72	3		1		1		3	2	2	1	$ 10,000,000	NS/NR
1	9	8	2	3	72	3	1	1		1		2			1	$ 5,000,000	NS/NR
1	9	9	2	5	72	2	1	4		3		4			3	$ 15,000,000	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
1	9	10	3		72	2	1	2		5		2	2		1	NS/NR	NS/NR
1	9	11	2		72	1	1	1				2	2	1	1	NS/NR	NS/NR
1	9	12	2	9	72	1	4	1		1		5		2	3	NS/NR	NS/NR
1	9	13	1		72	1	6	2				5		2		NS/NR	NS/NR
1	9	14	2		50	1	1	4		5		2	2	2	2	NS/NR	NS/NR
1	9	15	2	3	72	1	1	8		1		2	2	2	1	$ 10,000,000	$ 8,000,000
1	9	16	2	8	72	1	1	1		3		5	2	2	1	NS/NR	NS/NR
1	9	17	2	7	72	1	3	2	7	1		5		2	2	NS/NR	$ 4,000,000
1	9	18	1	6	54		2	1		1		3	2	1	1	$ 10,000,000	$ 3,200,000
1	9	19	3		72	2	2	1		1		5	2	1	1	NS/NR	NS/NR
1	9	20	2		72	1	1			3		5		2	3	NS/NR	NS/NR
1	9	21	2			1	6					3		2	1	NS/NR	NS/NR
1	9	22	3	5	72	2	2	1		3		3		2	2	NS/NR	$ 5,000,000
1	9	23	2		72	2	1	1		1						NS/NR	NS/NR
1	9	24	2	3	72	1	1	1		1		5			1	$ 7,000,000	NS/NR
1	9	25	3	9	72	2		1		1		2	2	2	1	NS/NR	NS/NR
1	9	26	5			3	6	8		1		15		2	1	NS/NR	NS/NR
1	10	1	2	13	98	2	1	8		8		5		2	2	$ 9,000,000	$ 5,000,000
1	10	2	3	6	85	2	3	1		1		2	2	2	1	$ 18,000,000	$ 7,500,000
1	10	3	5														
1	10	4	3	4	108	1	4	1		3		5		3	3	$ 12,000,000	$ 6,000,000
1	10	5	2	19	144	2	2	1		1		2			1	$ 13,000,000	NS/NR
1	10	6	3	4	72	3	5	1		3		2			3	$ 6,000,000	NS/NR
1	10	7	2	4	72	1	3	4	6	1		5		2	2	NS/NR	$ 4,000,000
1	10	8	2	3	72	1	1	1		1		5	2	2	1	$ 10,000,000	NS/NR
1	10	9	3	4	72	2	3	1		1		3		1	2	NS/NR	NS/NR
1	10	10	2	5	24	1	1	1		1		2		2	1	$ 10,000,000	NS/NR
1	10	11	2		72	1	1	2		3		5	2	2	3	NS/NR	NS/NR
1	10	12	1				6	1		1		4			2	NS/NR	NS/NR
1	10	13	2		72	1	2					5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	10	14	2	7	48	1		1		1		5		2	1	$ 3,000,000	NS/NR
1	10	15	2	6	30	2	1	1		5		1	1	3	3	NS/NR	$ 7,000,000
1	10	16	2	5	72	1	5	1		1		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	10	17	1		72					5		5	1	3	2	NS/NR	NS/NR
1	10	18	5														
1	10	19	5														
1	10	20	3	12		2	1	1		2		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	10	21	1	5			6	4				5		3	1	NS/NR	NS/NR
1	19	1	2	12	81	2	1	2	5	4		5	1	3	2	$ 15,000,000	NS/NR
1	19	2	5														
1	19	3	3	4	72	2	3	1		1		2		1	1	NS/NR	NS/NR
1	19	4	2	4		3	2	1		8		2		1	1	$ 10,000,000	NS/NR
1	19	5	2		72	1	2	1		1		5		1	1	NS/NR	NS/NR
1	19	6	1		72	1	1	1		1		2		1	1	NS/NR	NS/NR
1	19	7	2	3	72	1	1	8		1		2		1	1	$ 10,000,000	NS/NR
1	19	8	2	5	78	3	1	1		1		3	2	2	2	NS/NR	$ 3,500,000
1	19	9	2	1	144	3	2	1		3		5		2	1	$ 20,000,000	$ 16,000,000
1	19	10	1	3	72		1	1		1		1		1	1	NS/NR	NS/NR
1	19	11	2		50	1	2	1		1		1		1	1	$ 6,000,000	NS/NR
1	19	12	2	3	45	1	1	1		1		1		1	1	NS/NR	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
1	19	13	3	10	72	3	3	4		1	1	1	1	1	NS/NR	NS/NR
1	19	14	3	14		2	2	1		1	2	2	1	1	NS/NR	NS/NR
1	19	15	3	8		3	3	5		3	5	2	2	2	NS/NR	NS/NR
1	19	16	2	3	72	3	1	1		3	5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	19	17	3	7	72	2	1	1		1	1	2	2	2	NS/NR	NS/NR
1	19	18	3	3	72	2	2	1		1	2		1	1	$ 20,000,000	NS/NR
1	19	19	3	7	72	3	2	8		1	2		1	1	$ 15,000,000	NS/NR
1	19	20	3	6	72	2	2	5		8	2		1	1	$ 20,000,000	NS/NR
1	19	21	2												$ 20,000,000	$ 16,000,000
1	19	22	3	6	72	2	1	1		1	2		1	1	NS/NR	$ 8,500,000
1	19	23	2	5	72	2	1	1		1	2		1	1	$ 5,000,000	NS/NR
1	19	24	2	9	72	1	1	4		3	5		2	1	NS/NR	$ 7,000,000
1	19	25	2	5	72	1	1	4		3	5		3	1	NS/NR	$ 3,500,000
1	19	26	2	6	49	3	1	1		4	2	3	2	1	NS/NR	NS/NR
1	19	27	2			3	6	1		1	2		2	1	NS/NR	NS/NR
1	20	1	5	6	88	1	6			3	4	1	2	3	$ 2,500,000	NS/NR
1	20	2	5													
1	20	3	2		72		2	1			5	3	2	3	NS/NR	NS/NR
1	20	4	2	4	72	1	1	5		4	5	3	3	3	NS/NR	NS/NR
1	20	5	1	6	40	1	1	2		5	4	2	3	4	$ 2,000,000	$ 4,000,000
1	20	6	1	8	72	1	6	1		1	1	2	2	1	NS/NR	NS/NR
1	20	7	2			1	1	1		1	2	2		1	NS/NR	NS/NR
1	20	8	1		72	1		4		1	1	2	2	1	NS/NR	NS/NR
1	20	9	2	5	72	3	1	2		3	5	2	2	3	$ 10,000,000	NS/NR
1	20	10	2	3	72	1	1	5		3	2		1	2	$ 10,000,000	NS/NR
1	20	11	3	9	72	2	1	1		1	5	2	3	1	NS/NR	NS/NR
1	20	12	2	6	72	1	1	1		1	1	2	2	1	NS/NR	NS/NR
1	20	13	3		144	1	2			3	1	1	2	2	NS/NR	NS/NR
1	20	14	4	6	144	3	2	1		1	2	1	1	1	NS/NR	$ 8,000,000
1	20	15	2	4	72	1	1	4		5	4	1	2	2	$ 11,000,000	NS/NR
1	20	16	1	6	72		1	1		1	2		1	1	NS/NR	NS/NR
1	20	17	3	5	72	3	5	1		1	1		3	1	NS/NR	NS/NR
1	20	18	2	6	72	2									NS/NR	NS/NR
1	20	19	3			2	6	1		1	1	1	2	1	NS/NR	NS/NR
1	20	20	2		72		1			1	2	2	3	1	NS/NR	NS/NR
1	20	21	2	4	60	3	1	1		1	5	3	2	1	NS/NR	NS/NR
1	20	22	3	6	72	1	1	1		1	2	2	2	1	$ 4,500,000	NS/NR
1	20	23	5													
1	20	24	2	12	195	3	1	2		5	5	2	3	1	NS/NR	$ 6,000,000
1	21	1	5													
1	21	2	1		72		6	5		3	5		3	3	$ 4,000,000	NS/NR
1	21	3	2	14	78	1	5	1		1	2		2	2	NS/NR	$ 19,000,000
1	21	4	2	2	72	1	1	1		1	5	3	2	1	NS/NR	NS/NR
1	21	5	3	5	60	1	1	6		1	2	1	1	1	$ 5,000,000	$ 3,600,000
1	21	6	2	5	72	2	2	5		3	5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	21	7	2	6	72	3	6	6		3	4		1	2	$ 12,000,000	NS/NR
1	21	8	5													
1	21	9	3	4	36		1	2		3	4		3	2	NS/NR	$ 2,000,000
1	21	10	1	5	48	1	6	7		3	4		3		$ 9,000,000	NS/NR
1	21	11	1	2	72	3	6	6		4	5	3	3	2	$ 5,000,000	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
1	21	12	1		108		6	2		5		5		3		NS/NR	NS/NR
1	21	13	3		72	1	4	1		1		2		1	1	NS/NR	NS/NR
1	21	14	1	6	72	2	6	4		1		4		3	1	$ 3,500,000	$ 3,200,000
1	21	15	2		72	3	1					3		2	1	NS/NR	NS/NR
1	21	16	3	5	65	2	6	7		3	7	5	2	2	2	NS/NR	NS/NR
1	21	17	3	2	72	2	1			3		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	21	18	2	7	36	2	3	1		1		4	2	3	2	$ 18,000,000	NS/NR
1	21	19	4	4	42	2	4	1		3		5		2	1	NS/NR	NS/NR
1	21	20	2	6	72	3				3		4	2	2	1	$ 14,000,000	NS/NR
1	21	21	2	7	36	1	2	1		3		5		1	2	$ 10,000,000	NS/NR
1	21	22	2	6	72	1	1	2		5		5		2	2	$ 3,000,000	NS/NR
1	21	23	3	4	72	1	1	5	4	3		4	1	1	3	$ 10,000,000	NS/NR
1	21	24	3	6	72	2	2	8		5		5		2	1	$ 11,000,000	NS/NR
1	21	25	1	4	144		6	2	4	5		5		3	2	$ 5,000,000	$ 2,000,000
1	21	26	1													$ 5,000,000	$ 2,000,000
1	21	27	5		72	1	6			3		5		3		NS/NR	NS/NR
1	21	28	2	3	72			1		1		5		2	1	NS/NR	NS/NR
1	21	29	1		72		6	1		3		4		2	3	NS/NR	NS/NR
1	21	30	2		18		1			3		4		3	3	NS/NR	NS/NR
1	23	1	3	4	72	1	1	1		1		5		2	2	$ 12,000,000	NS/NR
1	23	2	1		72	2	6	1		1		1		3	3	NS/NR	NS/NR
1	23	3	2	6	72	3	3	1		1		2	1	1	1	$ 15,000,000	NS/NR
1	23	4	3	2	72	3	1	1		1		5		1		NS/NR	NS/NR
1	23	5	3	6	72	3	1	1		3		5		2	1	NS/NR	NS/NR
1	23	6	2	9	72	3	1	6	7	3		5		3	2	$ 4,000,000	NS/NR
1	23	7	5														
1	23	8	2	6	72	2	2	5		3		5		3	1	NS/NR	NS/NR
1	23	9	1	10	72	1	6	2	8	5		5		3		NS/NR	NS/NR
1	23	10	1													NS/NR	NS/NR
1	23	11	5														
1	23	12	5														
1	23	13	2	1	72	2	1	8		1		5		3	2	NS/NR	$ 3,000,000
1	23	14	3	10	72	3	2	1		3		5		3	1	NS/NR	$ 10,000,000
1	23	15	5														
1	23	16	2	5	72	1	1	1		1		2		1	1	NS/NR	$ 8,000,000
1	23	17	5														
1	23	18	2	5	72	3	1	1		1		5	2	2	1	$ 4,800,000	NS/NR
1	23	19	1	6	72	2	6	6		1		4		2	2	$ 7,000,000	NS/NR
1	23	20	5		72	1	1					1		2	1	NS/NR	NS/NR
1	24	1	3	10	72	2	5	1		3		2		2	1	$ 10,000,000	NS/NR
1	24	2	1	1	72					3		4		2		NS/NR	NS/NR
1	24	3	4		72	1	1	8		2				2		NS/NR	NS/NR
1	24	4	5													NS/NR	NS/NR
1	24	5	3		72	3	1	1				2	2	2		NS/NR	NS/NR
1	24	6	2	7	72	2	2	1		3		5		1	2	$ 14,000,000	NS/NR
1	24	7	3	5	72	3	2	1		1		5		1	1	$ 15,000,000	$ 13,000,000
1	24	8	2	3	72	2	2	1		1		5		2	1	$ 20,000,000	NS/NR
1	24	9	2	3		3	1	1		3		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	24	10	5														
1	24	11	2	8	72	3	6	2		2		1	2	3	2	$ 7,000,000	NS/NR
1	24	12	1	8	72		1	1		6		4		3	1	NS/NR	$ 3,500,000

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
1	24	13	1	3			1	1		1		4		1	3	NS/NR	$ 10,000,000
1	24	19	3	6	30	1	1	2		3		5		2	1	NS/NR	$ 10,000,000
1	24	20	3	3	72	2	2	8		3		5		2	1	NS/NR	$ 3,500,000
1	24	21	2	4	72	3	1	8		3		5		2	2	NS/NR	$ 8,000,000
1	24	22	3	8	72	1	4	7		1		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	24	23	3	5	72	2	2	8		1		5		2	1	NS/NR	NS/NR
1	24	24	1	1	72		6	1		1		5		2		$ 6,000,000	NS/NR
1	24	25	2	6	72	3	4	4		1		4		1	1	$ 8,000,000	NS/NR
1	24	26	3	6	72	2	1	1		1		4	1	1	2	$ 20,000,000	NS/NR
1	24	27	3	5	72	3	1	1		1		2	2	1	1	NS/NR	NS/NR
1	24	28	1	11	72		6	2	4	4		5		3	4	$ 5,000,000	NS/NR
1	24	29	2	2	72		6	1		3		5		3	2	NS/NR	NS/NR
1	25	1	2	3	72	2	3	1		1		5		2	3	$ 7,000,000	NS/NR
1	25	2	2	8	72	2	1	1		1		2		1	1	NS/NR	NS/NR
1	25	3	2	8	72	2	1	1		1		1			1	$ 15,000,000	NS/NR
1	25	4	2	16	72	1	1	1		1		5		2	1	NS/NR	NS/NR
1	25	5	3	5	72	3	1	1		1		5		2	2	$ 15,000,000	NS/NR
1	25	6	2	6	72	2	5	1		1		2			1	$ 12,000,000	NS/NR
1	25	7	2	6	72	2	1	1		1		5		2	2	$ 6,000,000	NS/NR
1	25	8	3	4	72	2	1	1		1		1		1	1	$ 25,000,000	NS/NR
1	25	9	3	10	72	1	1	4		1		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	25	10	2	5	72	2	1	1		1		1			1	$ 10,000,000	NS/NR
1	25	11	2	7	72	1	1	8				5		2	1	$ 15,000,000	NS/NR
1	25	12	5														
1	25	13	5														
1	25	14	1	4	39	2	1	1		1		2	2	1	1	$ 10,000,000	NS/NR
1	25	15	1	4	100		1	1		1		1	3	1	1	$ 9,000,000	$ 4,500,000
1	25	16	1	3	108		6	7		6		3	3	3	3	$ 4,000,000	NS/NR
1	25	17	2	5	60	1	1	1		1		4	3	2	3	$ 7,000,000	NS/NR
1	25	18	1	5	72	1	6	6	7	1		3		2	3	$ 3,000,000	$ 3,000,000
1	25	19	1	6	108	3	6	1		1		3		2	2	NS/NR	$ 4,000,000
1	25	20	1													NS/NR	$ 4,000,000
1	25	21	1	7	72	2	6	4		3		1		2	2	NS/NR	NS/NR
1	25	22	2	8	72	2	1	4		8		5	3	2	2	NS/NR	$ 6,700,000
1	25	23	1	7	72		6	6		1		5		2	3	$ 2,000,000	NS/NR
1	25	24	1	6	72		2	1		1		2	3	1		NS/NR	NS/NR
1	25	25	1	6	72		6	2	7	5	7	3	3	3	4	$ 6,000,000	NS/NR
1	25	26	1	5	72		5	5		3		4	2	3	5	$ 7,000,000	NS/NR
1	25	27	5														
1	25	28	2	4	72	3	1	1		3		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	25	29	2	6	72	1	1	1		3		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	25	30	3	6	72	2	2	1		1		5	2	2	1	$ 3,500,000	NS/NR
1	25	31	3	6	36	2	2	1		1		2		2	1	NS/NR	NS/NR
1	25	32	2	5	72	3	2	1		1		5		1	1	NS/NR	NS/NR
1	25	33	3	4	66	2	2	1		1		1		1	1	NS/NR	$ 6,000,000
1	25	34	3	5	72	2	3	1		1		2	1	1	1	$ 12,000,000	$ 8,000,000
1	25	35	2	2	72	3	5	7		4		5	3	2	3	$ 15,000,000	NS/NR
1	25	36	2	8	72	2	2	4		1		3		2	2	$ 10,000,000	NS/NR
1	25	37	2	5	30	1	1	1		1		5		2	3	NS/NR	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
1	25	38	2	4	36	2	3	1		1		1	2		1	$ 6,000,000	NS/NR
1	26	1	2		72	1	1	4		1		3	2	2	1	NS/NR	NS/NR
1	26	2	5														
1	26	3	1	4	30		1	8		1		4	2	1	2	$ 12,000,000	$ 6,000,000
1	26	4	2	4	48		1	1		1		3		2	2	NS/NR	NS/NR
1	26	5	3	7	216	2	3	1		3		2		1	1	NS/NR	$ 20,000,000
1	26	6	3													NS/NR	$ 20,000,000
1	26	7	3													NS/NR	$ 20,000,000
1	26	8	3		72	3	2					5		3	2	NS/NR	NS/NR
1	26	9	3	3	72	3	5	1		1		5		2	1	$ 20,000,000	NS/NR
1	26	10	2		72	1	1	4		1		2	2	2		NS/NR	NS/NR
1	26	11	2	7	72	1	4	6		1		4	2	1	1	$ 10,000,000	$ 5,000,000
1	26	12	3	2	72	2	1	1		1		2	2	2	2	$ 25,000,000	$ 15,000,000
1	26	13	2	11		2	1	8		1		2			1	$ 20,000,000	NS/NR
1	26	14	2													$ 20,000,000	NS/NR
1	26	15	3	5	60	2	6	6	7	1		3		2	2	$ 15,000,000	$ 7,500,000
1	26	16	2		72	1	4					1		2		NS/NR	NS/NR
1	26	17	2	5	72	2	1	1		1		5			1	NS/NR	NS/NR
1	26	18	1		72	1	6	1		1		5		1	1	NS/NR	NS/NR
1	26	19	3	4	72	3	1	4		1		5		1	1	$ 15,000,000	NS/NR
1	26	20	3	5	69	2	5	1		1		5	2	2	1	$ 8,000,000	NS/NR
1	26	21	4	5	60	2	5	1		1		5		1	1	$ 15,000,000	NS/NR
1	26	22	2	6	72		1	1		1		3		3	1	NS/NR	NS/NR
1	26	23	2	5	47	1	4	4		1		4	2	2	2	$ 5,000,000	NS/NR
1	26	24	2	4	84	1	5	8		1		4		1	1	$ 8,000,000	$ 4,000,000
1	26	25	3	7	72	3	6	1		1		5	1	3	3	NS/NR	NS/NR
1	26	26	1	3	72		6	2		4		3	3	3	4	NS/NR	NS/NR
1	26	27	1	5	40	1	6	2		3		5		2	3	NS/NR	NS/NR
1	26	28	1	5	72	2	1	1		1		5		2	1	NS/NR	NS/NR
1	26	29	2	5		2	3	4		3		5			1	NS/NR	NS/NR
1	26	30	4	5	72	3	5			2		3	2	1	2	$ 7,000,000	NS/NR
1	26	31	1	7	72		1	4		1		5	3	1		NS/NR	NS/NR
1	26	32	2	8	30	3	2	8		4		5		3	3	NS/NR	NS/NR
1	26	33	2	6	36	2	5	4		3		4		2	2	$ 4,000,000	NS/NR
1	26	34	1	6	88	1	6					4		3	4	$ 8,000,000	$ 4,000,000
1	26	35	1	7	72		6	2		3	5	3	2	3	4	NS/NR	NS/NR
1	26	36	3	1	72		1	1		1		5	2	1	1	$ 5,000,000	NS/NR
1	26	37	2	7	72		1	1		3	8	4		3	3	NS/NR	$ 3,500,000
1	26	38	2	6	72	2	1	1		1		5			1	$ 8,000,000	NS/NR
1	26	39	2		36	2	6	1				5		2	3	NS/NR	NS/NR
1	26	40	1	3	72	1	1	1		4		5		3	2	NS/NR	NS/NR
1	26	41	2	6	72	2	1	5		3		4		2	1	NS/NR	NS/NR
1	26	42	3	5	72	2	1	1		2		3	3	3	1	$ 8,000,000	NS/NR
1	26	43	3	5	72	3	1	8		3		3		2	2	NS/NR	$ 8,000,000
1	26	44	2	8	72	3	1	5		5		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	26	45	2	3	72	2	3	1		1		2	2	1	1	$ 12,000,000	$ 5,000,000
1	26	46	2	6	72	2	1	1		1		5		2	3	NS/NR	NS/NR
1	26	47	1	7	72	1	6	8		1		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	26	48	2	2	72	1	3	1		1		2			4	NS/NR	NS/NR
1	27	1	1	1	72		6	2	4	3	5	5		3	5	NS/NR	NS/NR
1	27	2	3	5	66	2	6	2		1		5		2	2	NS/NR	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
1	27	3	2	2		2	6	2		3		5			3	NS/NR	NS/NR
1	27	4	2	6	105	2	1	1		1		2			1	$ 15,000,000	NS/NR
1	27	5	2	7	72	3	1	1		1		5		2	3	NS/NR	NS/NR
1	27	6	3	4	48	2	5	1		3		5		3	2	$ 5,000,000	NS/NR
1	27	7	1	6	72	1	6	2	6	4	5	5		3	5	NS/NR	NS/NR
1	27	8	1	6			1			1		5	3	1	1	NS/NR	NS/NR
1	27	9	4		144	2	3	1		1		2		1	1	NS/NR	NS/NR
1	27	10	4													NS/NR	NS/NR
1	27	11	5														
1	27	12	5														
1	27	13	5														
1	27	14	5														
1	27	15	1	2	72		6	1		1		4	2	2	3	NS/NR	NS/NR
1	27	16	1		72	1	1	1		1		5		2	1	NS/NR	NS/NR
1	27	17	3	7	72	2	1	1		1		2		2	1	NS/NR	$ 8,000,000
1	27	18	5														
1	27	19	2	7	96	2	1	1		1		1			1	$ 20,000,000	NS/NR
1	27	20	4	5	96	2	1	1		1		1		1	1	NS/NR	NS/NR
1	27	21	2	6	72	3	6	1		1		5		2	3	NS/NR	NS/NR
1	27	22	2	8	72	2	1	1		1		2			1	NS/NR	NS/NR
1	27	23	5														
1	27	24	5														
1	27	25	1		72	1	1	1		1		5	1	1	1	NS/NR	NS/NR
1	27	26	3		50	1	1	2		1		4	2		3	$ 5,000,000	NS/NR
1	27	27	4		144	2	3	1		1		2		1	1	NS/NR	NS/NR
1	27	28	4													NS/NR	NS/NR
1	27	29	2	6		2	5	1		1		2		2	1	$ 22,000,000	NS/NR
1	27	30	3	8	102	1	6	1		1		2		2	2	NS/NR	NS/NR
1	27	31	2	8	72	1	1	1		1		2			2	NS/NR	NS/NR
1	27	32	5														
1	27	33	2	4		2	6	1		1		5		2	2	$ 20,000,000	NS/NR
1	27	34	2	7	48	2	1	1		1		2	2	1	1	$ 10,000,000	NS/NR
1	27	35	3	4	72	1	1	4		3		5	2	2	1	$ 15,000,000	$ 8,000,000
1	27	36	3	5	72	2	1	8		1		4		2	1	NS/NR	NS/NR
1	27	37	2	7	72	1	1	4		1		4	2	2	1	$ 8,000,000	$ 5,000,000
1	27	38	4	3	72	2	1	2	8	1		5		2	1	$ 30,000,000	$ 13,000,000
1	27	39	2	6	72	1	1	1		1		1			1	NS/NR	NS/NR
1	27	40	2	4	72	2	1	5	6	3		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	27	41	3	6	60	3	2	1		1		1		3	1	$ 15,000,000	NS/NR
1	27	42	1	7	72	2		4		3		4		2	4	NS/NR	NS/NR
1	27	43	2	5	72	2	1	1		1		5			1	$ 15,000,000	NS/NR
1	27	44	3	2	72	2	1	1		1		1	2	2	1	NS/NR	NS/NR
1	27	45	2	9		3	2	1		1		5		2	2	NS/NR	NS/NR
1	28	1	3	10	75	2	3	1		1			3	1	1	$ 20,000,000	NS/NR
1	28	2	2	6	72	1	1	5		4		4	2	2	3	$ 12,000,000	$ 6,000,000
1	28	3	2	4	72		1	5		3		5	2	3	2	NS/NR	NS/NR
1	28	4	2	5	72	1	1	8		3	5	4	2	3	4	NS/NR	NS/NR
1	28	5	1	3	72	2	1	4		3	5	5	2	3	3	NS/NR	NS/NR
1	28	6	1		72											NS/NR	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
1	28	7	3	5	48	1	2	1		1		4	2	2	1	$ 20,000,000	NS/NR
1	28	8	2	7		1	1	1		5		4	2	2	1	$ 4,000,000	$ 3,000,000
1	28	9	2	5	60	2	1	1		1		2		1	1	$ 8,000,000	NS/NR
1	28	10	1	6	60	2	1	1		1		2	2	1	1	NS/NR	NS/NR
1	28	11	2	4	72		6	1		1		4	2	2	2	NS/NR	NS/NR
1	28	12	2	2	72	1	2	1		3		4	2	2	2	$ 13,000,000	$ 5,000,000
1	28	13	2	9	72	1	1	2		1		4	2	2	1	$ 12,000,000	NS/NR
1	28	14	2	8		2	1	1		1		5			1	$ 4,000,000	NS/NR
1	28	15	3	8	72		1	8		1		3		2	2	NS/NR	$ 8,200,000
1	28	16	2	5	72	2	1	1		1		5		2	2	$ 13,000,000	NS/NR
2	32	1	3	6	72	2	5	1		1		2		2	2	NS/NR	$ 8,000,000
2	32	2	2	5	78	3	1	1		1		1			1	$ 5,000,000	NS/NR
2	32	3	2	4	72	1	1	1		5	7	5	1	2	2	NS/NR	NS/NR
2	33	1	1	6	72	1	1	1		1		5	1	3	3	NS/NR	NS/NR
2	33	2	1	3	72	1	6	1		1		1			1	$ 4,000,000	NS/NR
2	33	3	2	4	72	2	5	1		1		2		2	2	$ 12,000,000	$ 3,300,000
2	33	4	1	6	72		6	5		3		5		2	3	NS/NR	NS/NR
2	33	5	3	7	72	2	3	1		1		2	2	2	1	$ 15,000,000	NS/NR
2	33	6	3	5	72	3	2	1		1		2	2	2	1	$ 15,000,000	NS/NR
2	33	7	1	4	78		6	1		1		2	2	2	1	$ 15,000,000	NS/NR
2	33	8	2	4	78	2	1	1		1		5		2	2	NS/NR	NS/NR
2	33	9	4	10	72	1	3	1		3		5			3	$ 30,000,000	$ 25,000,000
2	33	10	3	4	72	2	1	1		1		2	2	2	1	$ 9,000,000	$ 4,500,000
2	33	11	2	5	72		1	5	8	8		2			1	$ 8,000,000	NS/NR
2	33	12	2	3	72	1	2	8		1		1		2	2	NS/NR	NS/NR
2	33	13	2	9	72	2	5	2		1		2	3	2	1	$ 7,000,000	NS/NR
2	33	14	2	7	72	2	1	1		1		5		1	1	$ 15,000,000	NS/NR
2	33	15	2	6	72	3	1	8		3		3		2	2	NS/NR	NS/NR
2	33	16	1	5	72		1	6	7	1		4		3	3	NS/NR	$ 6,000,000
2	33	17	3	5	84	2	4	2		3		5			4	$ 25,000,000	$ 10,000,000
2	33	18	3	11	72	2	2	1		1		2	2	2	1	$ 8,500,000	$ 5,700,000
2	33	19	2	2	72	2	3	1		1		2		1	1	$ 18,000,000	NS/NR
2	33	20	2	4	72	3	1	1		1		2		2	1	NS/NR	NS/NR
2	33	21	2	7	72	3	1	1		1		2			2	$ 7,000,000	NS/NR
2	33	22	2	4	72	3	1	1		1		2	2	2	1	$ 7,000,000	NS/NR
2	33	23	3	3	72	1	2	4		4		1		2	3	$ 14,000,000	$ 5,500,000
2	33	24	2	6	72	2	5	1		1		2		2	2	NS/NR	$ 6,800,000
2	33	25	2		72	2	2	2		3		5	2	2	1	NS/NR	NS/NR
2	33	26	1	3	72		6	2	4	4	5	5	1	3	4	NS/NR	NS/NR
2	33	27	1	1	78		6	2		4	5	4	1	3	3	NS/NR	NS/NR
2	33	28	2	7	72	2	6	2		1		1		2	2	NS/NR	NS/NR
2	33	29	1	5	72		6	2	4	4	5	5	3	3	5	NS/NR	NS/NR
2	33	30	1	2	72	1	6	1		1		2			1	$ 6,000,000	NS/NR
2	33	31	2	3	72	1	2	1		1		5		2	2	NS/NR	$ 4,000,000
2	33	32	3	5	66	2	3	1		3		2	3	2	1	$ 8,000,000	$ 6,000,000
2	33	33	1	8	72	3	6			7				3		NS/NR	NS/NR
2	33	34	1	4	72	1	1	2	6	4	5	5	1	3	5	NS/NR	NS/NR
2	33	35	1	6	72	2	5	1		1		2	1	2	1	$ 5,000,000	NS/NR
2	33	36	1	7	72	1	6	2	7	3		5		2	3	$ 6,000,000	NS/NR
2	34	1	2	3	72	1	1	5		3		4		2	1	$ 4,000,000	NS/NR
2	34	2	3	6	72		1	1		1		2	2	2	1	NS/NR	NS/NR
2	34	3	3	6	72	1						5			3	NS/NR	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
2	34	4	2	6	72	3	5	6	7	3	4		2	2	NS/NR	NS/NR
2	34	5	2		72		1				5			4	NS/NR	NS/NR
2	34	6	3	4	72	2	2	1		1	4		1	1	NS/NR	NS/NR
2	34	7	3	4	72	2	2	1		1	4		1	1	NS/NR	NS/NR
2	34	8	5													
2	34	9	2	5	72	3	2	1		1	2		2	1	$ 8,000,000	NS/NR
2	34	10	2	6	72	2	1	1		1	2			1	$ 8,000,000	NS/NR
2	34	11	2	5	72	1	2	8		1	5		2	2	$ 15,000,000	NS/NR
2	34	12	1	4		1	1	4		4	4		3	5	NS/NR	NS/NR
2	34	13	1	1	144										NS/NR	NS/NR
2	34	14	5													
2	34	15	3	4	72	2	1	4		2	2	2		3	$ 7,000,000	NS/NR
2	34	16	3	4	72	2	2	1		1	2	2	2	1	$ 14,000,000	$ 3,800,000
2	34	17	2	3	72	2	1	1		3	4		2	2	$ 15,000,000	NS/NR
2	34	18	2	4	66	1	1	5		3	4		2	2	$ 10,000,000	NS/NR
2	34	19	1	5	70			1		1	2	2	2	4	$ 8,000,000	$ 3,900,000
2	35	1	3	5	72	2	5	7		1	5		3	2	NS/NR	NS/NR
2	35	2	2	7	44	1	1	1		1	2	1	2	1	NS/NR	NS/NR
2	35	3	3	4	72	2	5	1		1	5	3	1	1	NS/NR	NS/NR
2	35	4	5													
2	35	5	5													
2	35	6	5													
2	35	7	2	6	72	2	5	1		1	2		1	1	NS/NR	NS/NR
2	35	8	3	7	72	2	2	1		1	2	3	1	1	$ 15,000,000	NS/NR
2	35	9	2	4	72			6		3	2		1	2	NS/NR	NS/NR
2	35	10	2	4	72	2	5	1		1	5		2	1	NS/NR	NS/NR
2	35	11	2	4	72	2	5	1		1	2	3	1	1	$ 25,000,000	NS/NR
2	35	12	2	8	72	2	5	1		1	2			1	NS/NR	NS/NR
2	35	13	2	6	72	2	3	4	8	1	5		1	1	$ 10,000,000	NS/NR
2	35	14	3	4	72		1	1		1	2	2	1	1	$ 10,000,000	NS/NR
2	35	15	3	5	72	3	1	1		1	2		1	1	$ 10,000,000	$ 7,000,000
2	35	16	2	25	72		5	1		1	2		1	1	$ 20,000,000	NS/NR
2	35	17	3	6	72	2	2	1		1	2	2	1	1	$ 20,000,000	NS/NR
2	35	18	3	8	72	2	5	1		1	2			1	NS/NR	NS/NR
2	35	19	3	5	54	2	2	1		1	2	2	1	1	$ 10,000,000	NS/NR
2	35	20	2	8	72	3	1	4		1	2		3	3	$ 7,000,000	NS/NR
2	35	21	1	5	72	3	6	6		1	1		2	1	NS/NR	NS/NR
2	35	22	1	5	72	1	6	6		3	5		3	4	$ 4,000,000	NS/NR
2	35	23	2		72	2	3	1		1	5		1	1	NS/NR	NS/NR
2	35	24	2		72	3	5	1		1	2	2	2	1	NS/NR	NS/NR
2	35	25	5													
2	35	26	2		72		1	1		1	2	3	1	1	NS/NR	NS/NR
2	35	27	2	3	72		1	1		1	4		2	3	NS/NR	NS/NR
2	35	28	3	6	72	3	5	1		1	2	2	2	1	$ 9,000,000	NS/NR
2	35	29	2	5	72		1	1		1	5	3	1	1	$ 10,000,000	NS/NR
2	35	30	2	7	72	3	5	1		2	2		1	1	$ 10,000,000	NS/NR
2	35	31	2	4	72		6	1		3	5		1	2	$ 14,000,000	NS/NR
2	35	32	3	8	72	2	1	1		1	2			1	$ 20,000,000	NS/NR
2	35	33	3	5	72	2	2	1		1	5	3	1	1	$ 10,000,000	NS/NR
2	35	34	2	4	72	2	2	1		1	2	2	1	1	$ 5,000,000	NS/NR
2	35	35	5													

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
2	35	36	5													
2	35	37	5													
2	35	38	1		72	2	6				5		3	4	NS/NR	NS/NR
2	44	1	5													
2	44	2	2	6	72	3	5	4		1	5		3	1	$ 4,000,000	NS/NR
2	44	3	1	4	72	3	6	4		1	3	3	3	2	$ 8,000,000	NS/NR
2	44	4	2	3	72		5	1		1	2		3	2	$ 6,000,000	NS/NR
2	44	5	2	4	72	3	5	4		1	5			4	NS/NR	NS/NR
2	44	6	3	10	72	2	5	1		8	2		1	1	$ 10,000,000	NS/NR
2	44	7	2	5	72	2	5	1		1	2			2	NS/NR	NS/NR
2	44	8	2	5	72		5	1		1	2		2	1	NS/NR	NS/NR
2	44	9	3	3	48	3	2	1		1	5	3	1	2	$ 3,500,000	NS/NR
2	45	1	1	8	72						5			4	$ 1,000,000	NS/NR
2	45	2	3	5	54	2	2	4	5	3		3	1		NS/NR	NS/NR
2	45	3	2	7	64	2	5	4		1	2		2	1	NS/NR	NS/NR
2	45	4	5													
2	45	5	2	6	48	1	5	1		1	5		1	1	$ 10,000,000	NS/NR
2	45	6	2	10	72	2	5	1		1	5			1	$ 32,000,000	NS/NR
2	45	7	2	5	66	2	5	4		1	5	2	2	1	$ 15,000,000	NS/NR
2	45	8	2		72	2	5	1		3	5		1	2	NS/NR	NS/NR
2	45	9	2	4	65	2	5	1		1	3		2	1	NS/NR	NS/NR
2	45	10	1	4	72		6	1		1	5			5	NS/NR	NS/NR
2	45	11	3	4	72	2	2	1		1	5	3	1		$ 5,000,000	NS/NR
2	45	12	2	4	72	2	5	2	4	3	4	2	3	2	$ 4,500,000	NS/NR
2	45	13	2	1	36			4		4	5		1	1	NS/NR	NS/NR
2	45	14	3	6	120	2	1	4	5	3	5	3	1	3	NS/NR	NS/NR
2	45	15	1	4	72	2	5	1		1	1	1	1	1	$ 12,000,000	NS/NR
2	45	16	3	5	72	2	5	1		1	2		2	1	NS/NR	NS/NR
2	45	17	2	5	54	2	1	4		1	5			1	NS/NR	NS/NR
2	45	18	2	5	72	2	3	4		1	5		1	1	NS/NR	NS/NR
2	46	1	2	6	72	2	3	1		1	5			1	NS/NR	NS/NR
2	46	2	2	4	72	2	5	1		1	2			1	$ 6,000,000	NS/NR
2	46	3	2	5	33	2	5	1		1	3		2	2	NS/NR	NS/NR
2	46	4	2		72	2	5	1		1	4		1	1	NS/NR	NS/NR
2	46	5	3	5	72	3	2	1		1	2	2	1	1	$ 20,000,000	$ 12,000,000
2	46	6	2	2	72	3	5	1		1	2	1	3	1	$ 13,000,000	NS/NR
2	46	7	2	3	72	2	2	1		1	2			1	NS/NR	NS/NR
2	46	8	3	6	72	3	5	1		1	4		1	1	$ 30,000,000	NS/NR
2	46	9	2	2	72	2	3	1		1	2			1	NS/NR	NS/NR
2	46	10	2	3	72	3	5	2		3	5	3	3	2	NS/NR	NS/NR
2	46	11	3		72	3	1	1		1	5	2	1	1	NS/NR	NS/NR
2	46	12	3	7	60		5	1		1	2		2	2	NS/NR	NS/NR
2	46	13	3	7	72	2	5	1		1	2			1	NS/NR	NS/NR
2	46	14	2	3	72		1	1		1	3	2	1	2	$ 10,000,000	NS/NR
2	46	15	2	3	72		6	8		5	4		3	3	NS/NR	NS/NR
2	46	16	1	3	72		1	4		3		1			$ 2,800,000	NS/NR
2	46	17	3		72	3	5	1		1	4		1	1	NS/NR	NS/NR
2	47	1	1	2	9	3	5	4		3	4		1	1	NS/NR	NS/NR
2	47	2	1	8	25		6	4		5	3		3	4	NS/NR	NS/NR
2	47	3	3		72	3	1	1		1	2	3	1	1	NS/NR	NS/NR
2	47	4	1	8	72	3					5			5	NS/NR	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
2	47	5	2	5	72	3	3	3			4			4	NS/NR	NS/NR
2	47	6	5													
2	47	7	2	4	72	1	1	1		1		1	1		NS/NR	NS/NR
2	47	8	2	9	45	3	5	4		1	5		2	2	$ 8,000,000	$ 5,500,000
2	48	1	1	7	72	1	6	6		3	1			4	NS/NR	NS/NR
2	48	2	1	4	77	3	4	4		1	5	1		5	$ 8,000,000	NS/NR
2	48	3	1	9	40		6	4		1	4		3	5	NS/NR	NS/NR
2	48	4	2	5	144	3	5	1		1	5		1	1	$ 15,000,000	$ 3,500,000
2	49	1	1	4	72			1		1	2	3	1	3	$ 15,000,000	$ 3,500,000
2	49	2	2	6	72	2	5	6		1	2			1	NS/NR	NS/NR
2	49	3	2	6	100	3	3	1		1	2	1		1	$ 9,000,000	NS/NR
2	49	4	2	9	72	3	5	8		1	2		3	2	$ 5,000,000	NS/NR
2	49	5	3	5	72	3	1	1		1	5	2	1	1	NS/NR	NS/NR
2	49	6	1	9	78	1	5	1		8	2	1	1	1	$ 2,500,000	NS/NR
2	49	7	2	6	96	3	5	1		1	2		1	1	NS/NR	NS/NR
2	49	14	2	7	60	3	3	1		1	5		1	1	$ 10,000,000	$ 3,800,000
2	49	15	2	5	72	3	3	1		2	5		1	2	NS/NR	NS/NR
2	49	16	1	3	72	1	5	1		3	3			5	NS/NR	NS/NR
2	49	17	3	6	72	3	2	5		3	5	2	1	3	$ 10,800,000	NS/NR
2	49	18	5													
2	49	19	5													
2	49	20	2	2	72	3	1	5		3	5			3	$ 10,000,000	NS/NR
2	49	21	2	9	72	1	5	1		1	1			1	NS/NR	NS/NR
2	50	1	2	3	60		5	4		1	4		2	3	$ 5,000,000	NS/NR
2	50	2	3	8	96	3	2	1		1	4	3	1	2	$ 20,000,000	NS/NR
2	50	3	2	6	70	1	1	1		1	2	3	1	1	$ 15,000,000	NS/NR
2	50	4	2	4	96	1	3	2		1	2			1	NS/NR	NS/NR
2	50	5	3	8	72	3	1	2		5	1	2	1	1	$ 9,000,000	$ 3,800,000
2	50	15	2	7	72	3	5	1		1	4	1	2	1	$ 8,000,000	NS/NR
2	50	16	1	6	72	1	6	4		3		2	3		$ 4,000,000	NS/NR
2	50	17	1	4	72	3		1		3	3			4	NS/NR	NS/NR
2	50	18	5													
2	50	19	1	5	72		6	4		3	1		3	2	NS/NR	NS/NR
2	50	20	1	4	72	1	6	1		1	2			3	NS/NR	NS/NR
3	1	1	1	7	72	1		1		1	3		2	2	$ 18,000,000	NS/NR
3	1	2	2	27	72	3	6	2	4	3	5		2	3	NS/NR	NS/NR
3	1	3	2	4	72	1	1	4		4	5		3	2	$ 5,000,000	NS/NR
3	1	4	2	7	72	2	1	1		1	5			1	$ 7,500,000	NS/NR
3	1	5	2		72		2	5		3	5	2	1	1	NS/NR	NS/NR
3	1	6	3	6	72	2	1	1		1		2	2	1	$ 10,000,000	NS/NR
3	1	7	1	15	72	1		2	7	3	5		3	4	$ 18,000,000	NS/NR
3	2	1	2	5	30	1	1	1		1	5		1	1	NS/NR	NS/NR
3	2	2	2	7	72	1		6		3	5		3	3	NS/NR	NS/NR
3	2	3	2	6	72	2	1	1		3	5		3	3	$ 7,000,000	$ 3,500,000
3	2	4	2	8	72		1	1		3	5		2	3	NS/NR	$ 5,000,000
3	2	5	2	6				4			4	2		3	$ 7,000,000	NS/NR
3	2	6	2	3	72	1	1	5		3	5	2	2	2	$ 25,000,000	$ 15,000,000
3	2	7	2	5		1	1	1		1	5	2	2	1	NS/NR	$ 9,100,000
3	2	8	2	10	84	1	1	1		1	5	2	2	1	$ 2,000,000	$ 1,500,000
3	2	9	2	8	72	2	1	1			3		1	1	$ 15,000,000	NS/NR
3	2	10	2	5				1		1	3	2	2	1	$ 10,000,000	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
3	2	11	2	7	84	2	1	1		1		4			1	$ 12,000,000	NS/NR
3	2	12	2		72	1	1	1		1		5	2	1	1	NS/NR	NS/NR
3	2	13	5														
3	2	14	2	5				2	4	1		4	2	1	5	$ 8,000,000	NS/NR
3	3	1	2	11	72		1	1		1		5	1	3	1	$ 3,800,000	NS/NR
3	3	2	2	7	72	2	1	6	8	1		5		3	3	NS/NR	$ 2,800,000
3	3	3	2	5	72	1		1		1		5		2	3	$ 3,500,000	NS/NR
3	3	4	2	5		1	1	1		1		3	1	2	1	NS/NR	NS/NR
3	3	5	2	3	72	3	1	1		1		3	1	2	1	NS/NR	NS/NR
3	3	6	2	6	72	3	6	2		4		5		2	4	$ 6,000,000	NS/NR
3	3	7	1													NS/NR	NS/NR
3	3	8	2	8	60	3	1	5		3		3	2	3	2	$ 3,000,000	$ 2,000,000
3	3	9	2	9	72	3	1	4		1		3			1	$ 3,000,000	NS/NR
3	4	1	2	5	72	1	1	1		2		2			4	$ 5,000,000	NS/NR
3	4	2	2	5		2	1	1		2		2	2	2	2	NS/NR	NS/NR
3	4	3	3	7	72	1	1	1		1		5	1	3	1	NS/NR	NS/NR
3	4	4	2	4		1	4	5		2		3			2	$ 14,000,000	NS/NR
3	4	5	2	5	64	3	1	1		1		2			1	$ 15,000,000	NS/NR
3	4	6	2	6	72	1	5	6	8	1		5		2	2	NS/NR	NS/NR
3	4	7	1	2	72	1	2	1		1		5	1	1	3	NS/NR	NS/NR
3	4	8	3	4	72	1	2	1		1		2	2	1	1	NS/NR	NS/NR
3	4	9	2		72	1	2	4		4		1		2	1	NS/NR	NS/NR
3	4	10	2	4	72	1	1	5		4		5		2	2	NS/NR	NS/NR
3	4	11	5														
3	4	12	5														
3	4	13	3	9	126	2	1	1		1		5	2	2	1	$ 8,000,000	NS/NR
3	4	14	2		72	1	1			3		5		3	3	NS/NR	NS/NR
3	4	15	1	11	72	1	6	6		1		5		3	3	NS/NR	NS/NR
3	4	16	1	3	72	1	2	1		1		5			3	$ 7,000,000	NS/NR
3	5	1	2	6	108	1	2	1		1		3	1	3	1	NS/NR	NS/NR
3	5	2	2		72	1	1					5		2	2	NS/NR	NS/NR
3	5	3	2	5	80	1	2	1		1		5		3	3	NS/NR	$ 3,600,000
3	5	4	2	5	72		1	8		8		5	1	2	1	NS/NR	$ 8,000,000
3	5	5	2	3			1	8		1		5			1	$ 2,000,000	NS/NR
3	5	6	2	6	25	1	1	2		5		5	1	3	1	NS/NR	NS/NR
3	5	7	2	1	60		1	1		1		4	2	2	2	$ 5,000,000	$ 2,000,000
3	5	8	2	6	36		1	4		1		3	2	1	1	$ 10,000,000	NS/NR
4	51	1	2		72	2	1	1		1		2			1	NS/NR	NS/NR
4	51	2	2		72	3	1	1		3		3	2	2	2	NS/NR	NS/NR
4	52	1	2	4	98	1	2	2		3	5	5	1	3	3	NS/NR	NS/NR
4	52	2	2	5	98	1	1	5		3		5		2	2	$ 9,000,000	NS/NR
4	52	3	3	3	108	2	2			1		2	3	2	1	NS/NR	NS/NR
4	52	4	1	4	72	1	1	1		1		5			2	NS/NR	NS/NR
4	52	5	1	6	72	2	1	1		1		5		3	1	$ 5,000,000	NS/NR
4	52	6	2	10	72	2	1	1		1		2			1	$ 12,000,000	NS/NR
4	52	7	5														
4	52	8	5														
4	52	9	5														
4	52	10	5														
4	52	11	2	7	72	2	1	1		1		5			3	NS/NR	$ 10,000,000

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por	Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
															SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
4	52	12	2	6		1	1	2		5		2		3	4	$ 10,000,000	$ 5,000,000
4	55	1	5														
4	55	2	2	4	72	3	6	1		2		4			1	NS/NR	NS/NR
4	55	3	3	7	72	2	1	1		1		2			1	NS/NR	NS/NR
4	55	4	3	7	72	1	2	1		1		2		2	3	NS/NR	NS/NR
4	55	5	2	11	72	1		1		1		5		2	3	NS/NR	$ 3,000,000
4	55	6	2	7	72	2	2	1		1		5		1	1	NS/NR	NS/NR
4	55	7	2	8	72	1	1	1		1		2		1	1	$ 8,000,000	NS/NR
4	55	8	3	8	72	2	1	4		1		1	3	2	1	NS/NR	NS/NR
4	55	9	1	6	72	2	2	1		1		2		2	3	NS/NR	NS/NR
4	55	10	2	4	72	3	5	1		1		5		1	1	NS/NR	NS/NR
4	55	11	2	3	72	1	1	7		3		5		3	2	NS/NR	NS/NR
4	55	12	2	4	72	2	4	1		1		2		1	1	$ 12,000,000	NS/NR
4	55	13	2	5	72	2	1	1		1		2			1	$ 9,000,000	NS/NR
4	55	14	3	9	72	2	2	4		1		5	3	2	3	NS/NR	NS/NR
4	55	15	2	5	72	2	2	1		1		5		2	3	NS/NR	NS/NR
4	55	16	4	2		2	3	1		1		5		2	1	NS/NR	NS/NR
4	55	17	3	6	72	2	2	1		1		2		1	1	$ 7,000,000	NS/NR
4	55	18	3	10	72	1	1	7		4		5		2	2	NS/NR	NS/NR
4	55	19	3	4	72	3	5	1		1		2		2	2	$ 15,000,000	NS/NR
4	55	20	2	4	72	2	1	1		1		2			1	$ 4,000,000	NS/NR
4	55	21	3	3	72	2	4	1		1		2		2	2	$ 12,000,000	NS/NR
4	55	22	3	4	72	1	3	1		1		2		1	1	$ 25,000,000	NS/NR
4	55	23	3	4	72	2	2	1		1		2	3	2	1	NS/NR	NS/NR
4	55	24	2	5	72	1		7		3		4		2	1	NS/NR	NS/NR
4	55	25	2	3	72	3	5	1		1		2		2	3	NS/NR	NS/NR
4	55	26	2	4	72	2	1	1		1		1			1	NS/NR	NS/NR
4	55	27	1	8	72	1	1	8		1		4		2	4	NS/NR	NS/NR
4	55	28	1	3	72	3	5			3		2		3	1	$ 6,000,000	NS/NR
4	55	29	2	10	72	2	1	1		3	6	2		2	2	NS/NR	$ 15,000,000
4	55	30	2	6	72	2	1	1		1		2			4	$ 12,000,000	NS/NR
4	55	31	1	6	72	1	1	4		4	7	5	1	3	3	NS/NR	NS/NR
4	55	32	3	4	72	2	1	2		3		5	3	2	1	NS/NR	NS/NR
4	59	1	2	2	72	1	5	5		5		4		2	2	NS/NR	NS/NR
4	59	2	1	8	72		1	2	7	5		5		2	3	$ 6,000,000	NS/NR
4	59	3	2	3	72	2	5	1		1		5		2	3	NS/NR	NS/NR
4	59	4	1		72	1	6	2		5		5		3	4	NS/NR	NS/NR
4	59	5	1	3	72		1	2		5	7	5			4	NS/NR	NS/NR
4	64	1	5														
4	64	2	5														
4	64	3	2		72	3	3	2		5		2		2	2	NS/NR	NS/NR
4	64	4	2		72	2	5	1		5		2		2	2	NS/NR	NS/NR
4	64	5	1	1	72	1	1	2	6	3	4	4		3	5	$ 12,000,000	NS/NR
4	64	6	2	4	72	1	1	5		3		5		2	2	$ 15,000,000	NS/NR
4	64	7	3	10	72		1	1		1		2	2	2	1	NS/NR	NS/NR
4	64	8	2	4	72	2	1	2		1		5		3	1	$ 7,000,000	NS/NR
4	64	9	1	4	72		6	1		1		2			4	NS/NR	NS/NR
4	64	10	1	5	72	1	1	2	4	4		5		3	4	NS/NR	NS/NR
4	64	11	1		48	1	1	2	4	5		4	1	3	2	$ 4,000,000	$ 2,600,000
4	64	12	1	4	42		6	2		5		4			4	NS/NR	NS/NR
4	64	13	1	5	72			2		5		4	3	1	4	$ 5,000,000	$ 4,000,000
4	65	1	3	8	72	2	5	1		1		2		1	1	$ 20,000,000	NS/NR

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Número de residentes en la edificación	Area del lote (m2)	Tipo de cimentación	Tipo de sistema estructural	Ha sufrido anteriormente daño por		Inestabilidad del suelo		Condición del suelo en el lugar	Localización de la vivienda en la zona en movimiento	Nivel de exposición	Daño en toda la construcción	VALOR DEL PREDIO	
																SEGÚN EL PROPIETARIO	SEGÚN CATASTRO
4	65	2	2	9	72	2	1	1		4		5	1	2	3	$ 4,000,000	NS/NR
4	65	33	2		72	1	1	1				5		3	3	NS/NR	NS/NR
4	65	34	3		72		1	4		1		2	3	3	1	NS/NR	NS/NR
4	69	1	1	5	72		1	2		5			2	2	2	NS/NR	NS/NR
4	69	2	2	2	72	2	1	1		1		1		1	1	$ 6,000,000	NS/NR
4	69	3	1	5	72	1	6	1		3		2			3	NS/NR	NS/NR
4	69	4	1	4		2	1	2		5			2	2	1	$ 7,500,000	NS/NR
4	69	5	3	5	72	2	2	5		3		4		2	2	$ 15,000,000	$ 17,000,000
4	69	6	2	4	72	2	4	1		1		5		2	2	NS/NR	NS/NR
4	69	7	5														
4	69	8	2	5	72	1	1	1		1		5		2	2	NS/NR	NS/NR
4	69	9	2	4	72	1	1	3		4		2		2	1	$ 5,000,000	NS/NR
4	69	10	1	9	72	1	3	4				5		2	3	$ 10,000,000	NS/NR
4	69	11	2	4	72	2	1	1		1		2			1	$ 18,000,000	NS/NR
4	69	12	3	3	72	1	5	1		1		2		2	2	$ 10,000,000	NS/NR
4	69	13	1	8	72	2	5	1	4	3		2		2	4	NS/NR	NS/NR
4	69	14	3	11	50	2	3	4		1		1	2	2	1	$ 5,000,000	NS/NR
4	69	15	2	11	50	2	1	1		3		2			1	$ 13,000,000	NS/NR
4	69	16	2	5	48	3	5			5		5		1	3	$ 13,000,000	NS/NR
4	69	17	1	13	72		6	2	7	4	6	4	1	3	5	NS/NR	NS/NR
4	70	1	3	8		1	1	1		3		1		2	3	NS/NR	NS/NR
4	70	2	2	5	72	3	1	1		1		5		2	2	$ 7,000,000	NS/NR
4	70	3	2	11	72			1		1		5	1	3	1	NS/NR	NS/NR
4	70	4	2	4	72	3	1	1		1		5	1	2	2	NS/NR	NS/NR
4	70	5	1		72			2		3					3	NS/NR	NS/NR
4	70	6	2	1	72	1	1	1		1		5			1	NS/NR	NS/NR
4	70	7	2	4	72	2	4	1		1		2		2	2	NS/NR	NS/NR
4	70	8	3	6	96	2	2	1		1		2	1	1	1	NS/NR	NS/NR
4	70	9	1	7	72		6	1		6		4	2	2	2	$ 8,000,000	NS/NR
4	70	10	2	7	72	1	6	1		1		5		1	2	$ 8,000,000	NS/NR
4	70	11	3	4	72	2	1	1		1			2	2	1	NS/NR	NS/NR
4	70	12	3	6	72	3	2	4	8	1		3	1	2	3	NS/NR	$ 7,000,000
4	70	13	2		36	2	5					1		1	1	NS/NR	NS/NR
4	70	14	2	3	72	2	1	1		1		5			1	NS/NR	NS/NR
4	70	15	2			1						5	1	2		NS/NR	NS/NR
4	70	16	1	8	96	1		2	4	4		5	1	3	4	$ 3,000,000	NS/NR
4	70	17	2	6	72	1	1	4		3				2	2	NS/NR	NS/NR

Tabla 7-9 Calificación de respuestas

Vr.	RESPUESTA

TIPO DE VIVIENDA	
1	Tugurio - rancho
2	Casa en mampostería o prefabricada
3	Casa con estructura hasta 2 niveles
4	Casa con estructura de más de 2 niveles

Vr.	RESPUESTA

INESTABILIDAD DEL SUELO	
1	Ninguno
2	Reptación
3	Hundimiento leve
4	Hundimiento fuerte

Vr.	RESPUESTA
5	Lote vacío

TIPO DE CIMENTACION	
1	Ciclópeo
2	Zapatas
3	Viga de amarre

TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL	
1	Muros portantes
2	Pórtico
3	Pórtico con tabiques
4	Entramado con tabiques
5	Sistema mixto
6	De recuperación

HA SUFRIDO ANTERIORMENTE POR	
1	Ninguno
2	Deslizamiento del terreno
3	Temblores
4	Inundación
5	Asentamiento
6	Vientos fuertes
7	Caída de bloques u otros elementos
8	Otro

Vr.	RESPUESTA
5	Deslizamiento
6	Caída de rocas
7	Socavación o erosión en la pata del talud
8	Otro

CONDICION DEL SUELO EN EL LUGAR	
1	Roca
2	Firme
3	Media
4	Blando
5	Relleno

LOCALIZACION DE LA VIVIENDA EN EL MOVIMIENTO	
1	Corona
2	Media ladera
3	Pata

NIVEL DE EXPOSICION	
1	Nulo
2	Medio
3	Alto

DAÑO EN TODA LA CONSTRUCCION	
1	Ninguno
2	Ligero
3	Moderado
4	Fuerte
5	Severo

7.4 Resultados del análisis de vulnerabilidad de las viviendas ante fenómenos de remoción en masa

Con base en la información recolectada en las encuestas y los cálculos realizados, se presenta a continuación una tabla que resume los resultados obtenidos en la calificación de la vulnerabilidad. En la tabla 7-10 se incluye para cada sector, manzana y predio, el tipo de vivienda, condición de daño actual, zona de amenaza aledaña y el grado de amenaza de esta zona (A= alta, M= media, B= baja), índice de vulnerabilidad física (IVF) y el valor de vulnerabilidad en las tres categorías simples, Alta (A), Media (M) y Baja (B). La categorización de la vulnerabilidad de utilizó el valor del IVF para cada vivienda, modificando los criterios establecidos en estudios previos realizados en Bogotá por F. Soler, A. J. González y otros, criterios presentados en la Tabla 7-11.

Tabla 7-10 Resultado de los análisis de vulnerabilidad

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	

2	34	1	2	1	1	M	0.448	0.150	0.299	B
2	34	2	3	1	1	M	0.278	0.000	0.139	B
2	34	3	3	3	1	M	0.703	0.350	0.526	M
2	34	4	2	2	1	M	0.578	0.278	0.428	M
2	34	5	2	4	1	M	0.903	0.703	0.803	A
2	34	19	1	4	1	M	0.903	0.703	0.803	A

1	21	8	5		2	A				LV
1	21	9	3	2	2	A	0.773	0.448	0.610	M
1	21	10	1	2	2	A	0.903	0.703	0.803	A
1	21	11	1	2	2	A	0.903	0.703	0.803	A
1	21	12	1	1	2	A	0.873	0.650	0.761	A
1	21	25	1	2	2	A	0.903	0.703	0.803	A
1	21	26	1	1	2	A	0.873	0.650	0.761	A
1	21	27	5		2	A				LV
1	21	28	2	2	2	A	0.903	0.703	0.803	A
1	21	29	1	3	2	A	0.948	0.773	0.860	A
1	21	30	2	2	2	A	0.903	0.703	0.803	A
1	26	17	2	1	2	A	0.873	0.650	0.761	A
1	26	18	1	1	2	A	0.873	0.650	0.761	A
1	26	19	3	1	2	A	0.703	0.350	0.526	M
1	26	31	1	2	2	A	0.903	0.703	0.803	A
1	26	32	2	3	2	A	0.948	0.773	0.860	A
1	26	33	2	2	2	A	0.903	0.703	0.803	A
2	32	1	3	2	2	A	0.773	0.448	0.610	M
2	32	2	2	2	2	A	0.903	0.703	0.803	A
2	32	3	5		2	A				LV
2	33	25	2	1	2	A	0.873	0.650	0.761	A
2	33	26	1	4	2	A	0.978	0.878	0.928	A

1	20	1	5		2A	M				LV
1	20	2	5		2A	M				LV
1	20	3	2	1	2A	M	0.448	0.150	0.299	B
1	20	4	2	4	2A	M	0.903	0.703	0.803	A
1	20	5	1	4	2A	M	0.903	0.703	0.803	A
1	20	6	1	1	2A	M	0.448	0.150	0.299	B
1	20	7	2	1	2A	M	0.448	0.150	0.299	B
2	33	28	2	2	2A	M	0.578	0.278	0.428	M
2	33	29	1	4	2A	M	0.903	0.703	0.803	A
2	33	30	1	2	2A	M	0.578	0.278	0.428	M
2	33	31	2	2	2A	M	0.578	0.278	0.428	M

1	19	2	5		3	A				LV
1	20	23	2	2	3	A	0.903	0.703	0.803	A
1	20	24	2	2	3	A	0.903	0.703	0.803	A
1	23	11	5		3	A				LV
1	23	12	5		3	A				LV

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
1	23	13	2	2	3	A	0.903	0.703	0.803	A
1	10	14	2	2	5a	A	1.000	0.873	0.936	A
1	10	15	2	2	5a	A	1.000	0.873	0.936	A
1	10	16	2	2	5a	A	1.000	0.873	0.936	A
1	10	17	1	1	5a	A	1.000	0.850	0.925	A
1	24	9	2	2	5a	A	1.000	0.873	0.936	A
1	24	10	5		5a	A				LV
1	24	11	2	2	5a	A	1.000	0.873	0.936	A
1	24	12	1	1	5a	A	1.000	0.850	0.925	A
1	24	13	5		5b	A				LV
1	24	19	3	2	5a	A	0.903	0.703	0.803	A
1	25	12	5		5a	A				LV
1	25	13	5		5a	A				LV
1	25	14	1	1	5a	A	1.000	0.850	0.925	A
1	25	15	1	1	5b	A	0.873	0.650	0.761	A
1	25	16	2	4	5b	A	0.903	0.703	0.803	A
1	25	24	1	4	5b	A	0.978	0.878	0.928	A
1	25	25	1	4	5b	A	0.978	0.878	0.928	A
1	25	26	1	4	5b	A	0.978	0.878	0.928	A
1	27	7	1	3	5a	A	1.000	0.903	0.951	A
1	27	8	1	3	5b	A	0.948	0.773	0.860	A
1	27	30	3	2	5a	A	0.903	0.703	0.803	A
1	27	31	2	2	5a	A	1.000	0.873	0.936	A
1	27	32	5		5a	A				LV
1	27	33	2	2	5a	A	1.000	0.873	0.936	A
1	27	34	2	1	5a	A	1.000	0.850	0.925	A
1	27	35	3	1	5a	A	0.873	0.650	0.761	A
4	59	5	1	3	5a	A	1.000	0.903	0.951	A
1	10	4	3	2	6	A	0.903	0.703	0.803	A
1	10	5	2	2	6	A	1.000	0.873	0.936	A
1	10	16	2	2	6	A	1.000	0.873	0.936	A
1	10	17	1	2	6	A	1.000	0.873	0.936	A
1	10	18	5		6	A				LV
1	10	19	5		6	A				LV
1	10	21	1	1	6	A	1.000	0.850	0.925	A
4	59	1	2	2	6	A	1.000	0.873	0.936	A
4	59	2	1	3	6	A	1.000	0.903	0.951	A
4	59	3	2	2	6	A	1.000	0.873	0.936	A
4	59	4	1	3	6	A	1.000	0.903	0.951	A

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
4	64	3	2	3	6	A	1.000	0.903	0.951	A
4	64	4	2	1	6	A	1.000	0.850	0.925	A
4	64	12	1	4	6	A	1.000	0.948	0.974	A
4	64	13	1	4	6	A	1.000	0.948	0.974	A
4	69	1	1	2	6	A	1.000	0.873	0.936	A
4	69	16	2	2	6	A	1.000	0.873	0.936	A
4	69	17	1	5	6	A	1.000	0.978	0.989	A
4	70	15	2	1	6	A	1.000	0.850	0.925	A
4	70	16	1	4	6	A	1.000	0.948	0.974	A
4	70	17	2	2	6	A	1.000	0.873	0.936	A
4	52	12	2	4	6A	M	0.903	0.703	0.803	A
4	64	1	5		6A	M				LV
4	64	2	5		6A	M				LV
1	10	9	3	3	6B	M	0.703	0.350	0.526	M
2	48	1	1	4	7b	A	0.978	0.878	0.928	A
2	48	2	1	5	7b	A	1.000	0.948	0.974	A
2	48	4	2	1	7b	A	0.448	0.150	0.299	B
2	49	3	2	1	7b	A	0.448	0.150	0.299	B
2	49	4	2	1	7a	A	1.000	0.850	0.925	A
2	49	16	1	2	7a	A	1.000	0.873	0.936	A
2	49	17	3	3	7b	A	0.773	0.448	0.610	M
2	50	5	3	2	7a	A	0.903	0.703	0.803	A
2	50	6	2	1	7b	A	0.448	0.150	0.299	B
2	50	16	1	3	7a	A	1.000	0.903	0.951	A
2	50	17	1	4	7b	A	0.978	0.878	0.928	A
2	46	1	2	1	8	A	0.873	0.650	0.761	A
2	47	1	1	1	8	A	0.873	0.650	0.761	A
2	47	2	1	4	8	A	0.978	0.878	0.928	A
2	47	3	3	1	8	A	0.703	0.350	0.526	M
3	1	1	1	2	9	M	0.578	0.278	0.428	M
3	1	7	2	3	9	M	0.773	0.448	0.610	M
3	2	1	2	1	9	M	0.448	0.150	0.299	B
3	2	14	2	3	9	M	0.773	0.448	0.610	M
3	3	1	2	5	9	M	1.000	0.873	0.936	A
3	3	6	2	2	9	M	0.578	0.278	0.428	M
3	3	7	1	1	9	M	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
3	3	8	2	2	9	M	0.578	0.278	0.428	M
3	3	9	2	2	9	M	0.578	0.278	0.428	M
3	5	1	2	2	9	M	0.578	0.278	0.428	M
3	5	2	2	2	9	M	0.578	0.278	0.428	M
3	5	3	2	3	9	M	0.773	0.448	0.610	M
3	5	4	2	1	9	M	0.448	0.150	0.299	B
3	5	5	2	1	9	M	0.448	0.150	0.299	B
3	5	6	2	1	9	M	0.448	0.150	0.299	B
1	8	1	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	8	2	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	8	3	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	8	4	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	8	5	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	8	6	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	8	7	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	8	8	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	9	1	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	9	2	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	3	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	9	4	5		11	B				LV
1	9	5	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	9	6	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	7	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	9	8	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	9	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	10	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	9	11	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	12	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	13	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	14	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	15	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	16	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	17	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	18	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	19	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	9	20	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	21	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	22	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	9	23	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	9	24	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
1	9	25	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	9	26	5		11	B				LV
1	10	1	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	10	2	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	10	3	5		11	B				LV
1	10	6	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	10	7	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	10	8	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	10	10	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	10	11	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	10	12	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	10	13	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	10	20	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	1	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	3	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	4	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	5	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	6	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	7	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	8	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	9	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	10	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	11	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	12	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	13	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	14	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	15	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	16	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	17	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	18	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	19	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	20	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	21	5		11	B				LV
1	19	22	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	19	23	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	24	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	25	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	26	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	19	27	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	20	8	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	20	9	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
1	20	10	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	20	11	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	20	12	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	20	13	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	20	14	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	20	15	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	20	16	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	20	17	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	20	18	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	20	19	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	20	20	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	20	21	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	20	22	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	21	1	5		11	B				LV
1	21	2	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	3	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	4	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	5	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	21	6	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	7	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	13	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	21	14	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	15	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	16	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	21	17	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	21	18	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	19	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	21	20	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	21	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	22	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	21	23	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	21	24	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	*23*	1	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	*23*	2	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	*23*	3	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	*23*	4	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	*23*	5	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	*23*	6	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	*23*	7	5		11	B				LV
1	*23*	8	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	*23*	9	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
1	*23*	10	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	*23*	14	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	*23*	15	5		11	B				LV
1	*23*	16	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	*23*	17	5		11	B				LV
1	*23*	18	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	*23*	19	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	*23*	20	5		11	B				LV
1	24	1	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	24	2	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	24	3	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	24	4	5		11	B				LV
1	24	5	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	24	6	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	24	7	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	24	8	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	24	14	5		11	B				LV
1	24	15	5		11	B				LV
1	24	16	5		11	B				LV
1	24	17	5		11	B				LV
1	24	18	5		11	B				LV
1	24	20	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	24	21	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	24	22	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	24	23	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	24	24	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	24	25	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	24	26	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	24	27	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	24	28	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	24	29	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	1	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	2	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	3	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	4	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	5	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	25	6	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	7	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	8	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	25	9	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	25	10	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
1	25	11	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	17	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	18	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	19	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	20	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	21	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	22	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	23	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	27	5		11	B				LV
1	25	28	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	29	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	30	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	25	31	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	25	32	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	33	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	25	34	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	25	35	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	36	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	37	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	25	38	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	1	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	2	5		11	B				LV
1	26	3	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	4	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	5	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	6	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	7	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	8	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	9	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	10	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	11	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	12	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	13	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	14	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	15	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	16	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	20	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	21	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	22	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	23	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	24	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
1	26	25	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	26	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	27	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	28	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	29	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	30	4	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	34	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	35	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	36	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	37	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	38	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	39	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	40	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	41	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	42	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	43	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	26	44	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	45	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	46	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	47	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	26	48	2	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	1	1	5	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	2	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	3	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	4	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	5	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	6	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	9	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	10	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	11	5		11	B				LV
1	27	12	5		11	B				LV
1	27	13	5		11	B				LV
1	27	14	5		11	B				LV
1	27	15	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	16	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	17	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	18	5		11	B				LV
1	27	19	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	20	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	21	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	22	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
1	27	23	5		11	B				LV
1	27	24	5		11	B				LV
1	27	25	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	26	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	27	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	28	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	29	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	37	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	38	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	39	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	40	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	41	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	42	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	43	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	27	44	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	27	45	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	1	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	28	2	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	3	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	4	2	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	5	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	6	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	7	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	28	8	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	9	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	10	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	11	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	12	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	13	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	14	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
1	28	15	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
1	28	16	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	1	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	2	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	3	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	4	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	5	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	33	6	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	33	7	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	8	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	9	4	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
2	33	10	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	33	11	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	12	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	13	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	14	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	15	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	16	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	17	3	4	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	33	18	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	33	19	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	20	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	21	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	22	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	23	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	33	24	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	27	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	32	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	33	33	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	34	1	5	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	35	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	33	36	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	34	6	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	34	7	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	34	8	5		11	B				LV
2	34	9	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	34	10	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	34	11	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	34	12	1	5	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	34	13	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	34	14	5		11	B				LV
2	34	15	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	34	16	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	34	17	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	34	18	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	1	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	2	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	3	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	4	5		11	B				LV
2	35	5	5		11	B				LV
2	35	6	5		11	B				LV
2	35	7	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
2	35	8	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	9	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	10	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	11	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	12	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	13	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	14	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	15	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	16	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	17	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	18	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	19	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	20	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	21	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	22	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	23	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	24	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	25	5		11	B				LV
2	35	26	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	27	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	28	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	29	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	30	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	31	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	32	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	33	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	35	34	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	35	35	5		11	B				LV
2	35	36	5		11	B				LV
2	35	37	5		11	B				LV
2	35	38	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	44	1	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	44	2	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	44	3	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	44	4	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	44	5	2	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	44	6	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	44	7	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	44	8	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	44	9	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	45	1	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
2	45	2	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	45	3	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	4	5		11	B				LV
2	45	5	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	6	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	7	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	8	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	9	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	10	1	5	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	11	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	45	12	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	13	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	14	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	45	15	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	16	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	45	17	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	45	18	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	2	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	3	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	4	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	5	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	46	6	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	7	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	8	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	46	9	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	10	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	11	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	46	12	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	46	13	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	46	14	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	15	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	16	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	46	17	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	47	4	1	5	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	47	5	2	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	47	6	5		11	B				LV
2	47	7	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	47	8	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	48	3	1	5	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	49	1	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	49	2	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
2	49	5	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	49	6	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	49	7	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	49	8	5		11	B				LV
2	49	9	5		11	B				LV
2	49	10	5		11	B				LV
2	49	11	5		11	B				LV
2	49	12	5		11	B				LV
2	49	13	5		11	B				LV
2	49	14	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	49	15	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	49	18	5		11	B				LV
2	49	19	5		11	B				LV
2	49	20	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	49	21	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	50	1	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	50	2	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
2	50	3	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	50	4	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	50	7	5		11	B				LV
2	50	8	5		11	B				LV
2	50	9	5		11	B				LV
2	50	10	5		11	B				LV
2	50	11	5		11	B				LV
2	50	12	5		11	B				LV
2	50	13	5		11	B				LV
2	50	14	5		11	B				LV
2	50	15	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	50	18	5		11	B				LV
2	50	19	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
2	50	20	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	1	2	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	1	3	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	1	4	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	1	5	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	1	6	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
3	2	2	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	3	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	4	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	5	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	6	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
3	2	7	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	8	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	9	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	10	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	11	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	12	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	2	13	5		11	B				LV
3	3	2	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	3	3	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	3	4	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	3	5	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	1	2	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	2	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	3	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
3	4	4	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	5	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	6	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	7	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	8	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
3	4	9	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	10	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	11	5		11	B				LV
3	4	12	5		11	B				LV
3	4	13	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
3	4	14	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	15	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	4	16	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	5	7	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
3	5	8	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	51	1	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	51	2	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	52	1	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	52	2	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	52	3	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	52	4	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	52	5	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	52	6	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	52	7	5		11	B				LV
4	52	8	5		11	B				LV
4	52	9	5		11	B				LV
4	52	10	5		11	B				LV

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
4	52	11	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	1	5		11	B				LV
4	55	2	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	3	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	4	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	5	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	6	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	7	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	8	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	9	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	10	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	11	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	12	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	13	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	14	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	15	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	16	4	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	17	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	18	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	19	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	20	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	21	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	22	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	23	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	55	24	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	25	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	26	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	27	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	28	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	29	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	30	2	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	31	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	55	32	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	64	5	1	5	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	64	6	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	64	7	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	64	8	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	64	9	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	64	10	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	64	11	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	65	1	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA			**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**
							IVF MAX	IVF MIN	IVF PROM	
4	65	2	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	65	3	2	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	65	4	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	69	2	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	69	3	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	69	4	1	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	69	5	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	69	6	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	69	7	5		11	B				LV
4	69	8	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	69	9	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	69	10	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	69	11	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	69	12	3	2	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	69	13	1	4	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	69	14	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	70	1	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	70	2	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	70	3	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	70	4	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	70	5	1	3	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	70	6	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	70	7	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	70	8	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	70	9	1	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	70	10	2	2	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	70	11	3	1	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	70	12	3	3	11	B	0.278	0.000	0.139	B
4	70	13	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B
4	70	14	2	1	11	B	0.448	0.150	0.299	B

Tabla 7-11 Criterios de categorización de la vulnerabilidad de las edificaciones ante fenómenos de remoción en masa

CATEGORIA VULNERABILIDAD	CRITERIO
ALTA	IVF promedio ≥ 0.65
MEDIA	0.35 ≤ IVF promedio < 0.65
BAJA	IVF promedio < 0.35

Es preciso aclarar que la calificación de vulnerabilidad presentada en la tabla anterior fue inicialmente determinada por el método descrito en los primeros apartes de este capítulo, pero en zonas de amenaza media y alta la calificación obtenida fue analizada y revaluada posteriormente con ayuda de la información sobre el sistema estructural de las viviendas, del registro fotográfico, ubicación de la vivienda en la ladera (grado de exposición) y bajo el criterio del grupo de ingenieros que participaron activamente durante el proceso de recolección de información a través de las encuestas; por lo tanto la calificación final obtenida fue estimada cualitativamente y por lo tanto no se tuvo en cuenta el porcentaje de área que podría ser afectada en caso de la materialización de la amenaza. En la tabla 7-12 se presentan los resultados de esta revaluación.

Tabla 7-12 Revaluación de vulnerabilidad física en zonas de amenaza media y alta

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	CALIFICACION INICIAL DE LA VULNERABILIDAD	CALIFICACION MODIFICADA DE LA VULNERABILIDAD	**CRITERIO DE MODIFICACION**
2	34	1	2	1	1	M	B	B	
2	34	2	3	1	1	M	B	B	
2	34	3	3	3	1	M	M	M	
2	34	4	2	2	1	M	M	M	
2	34	5	2	4	1	M	A	A	
2	34	19	1	4	1	M	A	A	
1	21	8	5		2	A	LV	LV	
1	21	9	3	2	2	A	M	A	Ubicación de la vivienda en la ladera
1	21	10	1	2	2	A	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
1	21	11	1	2	2	A	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
1	21	12	1	1	2	A	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
1	21	25	1	2	2	A	A	A	
1	21	26	1	1	2	A	A	A	
1	21	27	5		2	A	LV	LV	
1	21	28	2	2	2	A	A	A	
1	21	29	1	3	2	A	A	A	
1	21	30	2	2	2	A	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
1	26	17	2	1	2	A	A	A	
1	26	18	1	1	2	A	A	A	

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	CALIFICACION INICIAL DE LA VULNERABILIDAD	CALIFICACION MODIFICADA DE LA VULNERABILIDAD	**CRITERIO DE MODIFICACION**
1	26	19	3	1	2	A	M	M	
1	26	31	1	2	2	A	A	A	
1	26	32	2	3	2	A	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
1	26	33	2	2	2	A	A	A	
2	32	1	3	2	2	A	M	B	Nivel de exposición
2	32	2	2	2	2	A	A	M	Nivel de exposición
2	32	3	5		2	A	LV	LV	
2	33	25	2	1	2	A	A	B	Nivel de exposición
2	33	26	1	4	2	A	A	B	Nivel de exposición
1	20	1	5		2A	M	LV	LV	
1	20	2	5		2A	M	LV	LV	
1	20	3	2	1	2A	M	B	B	
1	20	4	2	4	2A	M	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
1	20	5	1	4	2A	M	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
1	20	6	1	1	2A	M	B	M	Nivel de exposición
1	20	7	2	1	2A	M	B	B	
2	33	28	2	2	2A	M	M	M	
2	33	29	1	4	2A	M	A	A	
2	33	30	1	2	2A	M	M	M	
2	33	31	2	2	2A	M	M	M	
1	19	2	5		3	A	LV	LV	
1	20	23	2	2	3	A	A	M	Nivel de exposición
1	20	24	2	2	3	A	A	A	
1	23	11	5		3	A	LV	LV	
1	23	12	5		3	A	LV	LV	
1	23	13	2	2	3	A	A	M	Nivel de exposición
1	10	14	2	2	5a	A	A	M	Nivel de exposición
1	10	15	2	2	5a	A	A	M	Nivel de exposición
1	10	16	2	2	5a	A	A	M	Nivel de exposición
1	10	17	1	1	5a	A	A	A	
1	24	9	2	2	5a	A	A	B	Nivel de exposición
1	24	10	5		5a	A	LV	LV	
1	24	11	2	2	5a	A	A	A	
1	24	12	1	1	5a	A	A	A	
1	24	13	5		5b	A	LV	LV	
1	24	19	3	2	5a	A	A	B	Nivel de exposición
1	25	12	5		5a	A	LV	LV	

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	CALIFICACION INICIAL DE LA VULNERABILIDAD	CALIFICACION MODIFICADA DE LA VULNERABILIDAD	**CRITERIO DE MODIFICACION**
1	25	13	5		5a	A	LV	LV	
1	25	14	1	1	5a	A	A	M	Nivel de exposición
1	25	15	1	1	5b	A	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
1	25	16	2	4	5b	A	A	M	Nivel de exposición
1	25	24	1	4	5b	A	A	A	
1	25	25	1	4	5b	A	A	A	
1	25	26	1	4	5b	A	A	A	
1	27	7	1	3	5a	A	A	A	
1	27	8	1	3	5b	A	A	A	
1	27	30	3	2	5a	A	A	B	Nivel de exposición
1	27	31	2	2	5a	A	A	B	Nivel de exposición
1	27	32	5		5a	A	LV	LV	
1	27	33	2	2	5a	A	A	M	Nivel de exposición
1	27	34	2	1	5a	A	A	M	Nivel de exposición
1	27	35	3	1	5a	A	A	B	Nivel de exposición
4	59	5	1	3	5a	A	A	A	
1	10	4	3	2	6	A	A	M	Nivel de exposición
1	10	5	2	2	6	A	A	M	Nivel de exposición
1	10	16	2	2	6	A	A	M	Nivel de exposición
1	10	17	1	2	6	A	A	A	
1	10	18	5		6	A	LV	LV	
1	10	19	5		6	A	LV	LV	
1	10	21	1	1	6	A	A	A	
4	59	1	2	2	6	A	A	M	Nivel de exposición
4	59	2	1	3	6	A	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
4	59	3	2	2	6	A	A	A	
4	59	4	1	3	6	A	A	A	
4	64	3	2	3	6	A	A	B	Nivel de exposición
4	64	4	2	1	6	A	A	B	Nivel de exposición
4	64	12	1	4	6	A	A	M	
4	64	13	1	4	6	A	A	A	
4	69	1	1	2	6	A	A	A	
4	69	16	2	2	6	A	A	M	Nivel de exposición
4	69	17	1	5	6	A	A	A	
4	70	15	2	1	6	A	A	M	Nivel de exposición
4	70	16	1	4	6	A	A	A	
4	70	17	2	2	6	A	A	M	Nivel de exposición
4	52	12	2	4	6A	M	A	A	

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	**TIPO DE VIVIENDA**	Daño en toda la construcción	**ZONA DE AMENAZA**	Categoría de la amenaza	CALIFICACION INICIAL DE LA VULNERABILIDAD	CALIFICACION MODIFICADA DE LA VULNERABILIDAD	**CRITERIO DE MODIFICACION**
4	64	1	5		6A	M	LV	LV	
4	64	2	5		6A	M	LV	LV	
1	10	9	3	3	6B	M	M	M	
2	48	1	1	4	7b	A	A	A	
2	48	2	1	5	7b	A	A	A	
2	48	4	2	1	7b	A	B	M	Nivel de exposición
2	49	3	2	1	7b	A	B	B	
2	49	4	2	1	7a	A	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
2	49	16	1	2	7a	A	A	A	
2	49	17	3	3	7b	A	M	B	Nivel de exposición
2	50	5	3	2	7a	A	A	M	Nivel de exposición
2	50	6	2	1	7b	A	B	M	Nivel de exposición
2	50	16	1	3	7a	A	A	M	Nivel de exposición
2	50	17	1	4	7b	A	A	M	Nivel de exposición
2	46	1	2	1	8	A	A	M	Ubicación de la vivienda en la ladera
2	47	1	1	1	8	A	A	M	Nivel de exposición
2	47	2	1	4	8	A	A	M	Nivel de exposición
2	47	3	3	1	8	A	M	M	
3	1	1	1	2	9	M	M	M	
3	1	7	2	3	9	M	M	A	Estado de la vivienda
3	2	1	2	1	9	M	B	M	Nivel de exposición
3	2	14	2	3	9	M	M	A	Estado de la vivienda
3	3	1	2	5	9	M	A	B	Nivel de exposición
3	3	6	2	2	9	M	M	A	Nivel de exposición
3	3	7	1	1	9	M	B	M	Nivel de exposición
3	3	8	2	2	9	M	M	M	
3	3	9	2	2	9	M	M	B	Nivel de exposición
3	5	1	2	2	9	M	M	B	Nivel de exposición
3	5	2	2	2	9	M	M	M	
3	5	3	2	3	9	M	M	M	
3	5	4	2	1	9	M	B	B	
3	5	5	2	1	9	M	B	B	
3	5	6	2	1	9	M	B	B	

En el plano 13 de 15 se presenta la calificación modificada de la vulnerabilidad para los predios que se encuentran en el área de influencia de zonas de amenaza alta y

media. Los predios que no presentan calificación en el plano corresponden a predios ubicados en zonas donde los FRM no presentan solicitación y por lo tanto su vulnerabilidad es baja a muy baja ante tales fenómenos; se optó por no poner convención (ni color) a estos predios para no igualar su nivel de vulnerabilidad con la de los predios de calificación baja que sí se encuentran expuestos a diferentes solicitaciones por movimientos en masa.

7.5 Conclusiones y recomendaciones del análisis de vulnerabilidad física

En el plano 13 de 15, zonificación de vulnerabilidad ante la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, se está considerando únicamente la evaluación del estado actual de las viviendas ubicadas en áreas aledañas a las zonas de amenaza media y alta, es decir, la vulnerabilidad de las viviendas que pueden verse afectadas por la materialización u ocurrencia de deslizamientos, flujos de tierra, reptación o desprendimiento y caída de fragmentos de roca.

En el plano puede observarse que tan solo 125 de las 597 viviendas que conforman el área de estudio (20.9% del total), pueden verse afectadas por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. La tipología de estas viviendas afectables es la siguiente: 42 son tugurios o ranchos (tipo B1), 55 son en mampostería o prefabricadas (tipo B2), 12 son con estructura hasta dos niveles (tipo B3) y 16 de los predios están vacíos. En cuanto a la vulnerabilidad, 40 presentan vulnerabilidad alta, 51 media, 21 baja y 16 lotes se encuentran vacíos, de los cuales 7 entraron en programas de reubicación. En las siguientes figuras se presenta la tipología de las viviendas vulnerables y la distribución porcentual de las mismas:

Figura 7-48 Tipología de viviendas vulnerables

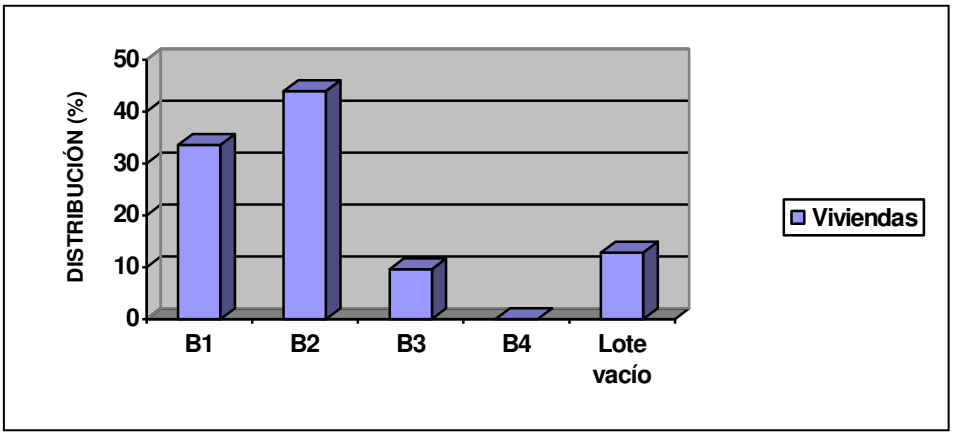
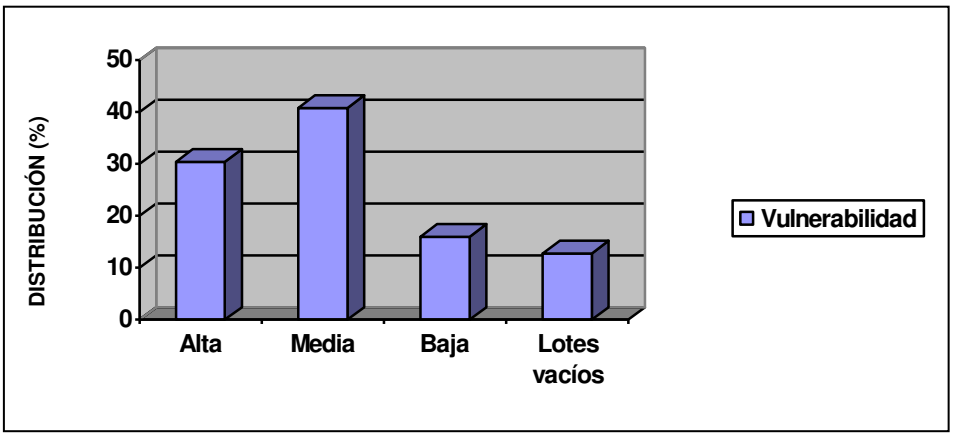


Figura 7-49 Distribución de viviendas vulnerables



El grado de vulnerabilidad de estas viviendas está determinada por el tipo de vivienda, el sistema estructural y de cimentación que poseen, y por el estado de daño actual.

Una de las medidas que puede tomarse para reducir la vulnerabilidad de las viviendas que conforman el sector, no solo en las áreas aledañas a los zanjones o a zonas de riego medio y alto por FRM, es conseguir patrocinio de organizaciones internacionales, ONG´s o cualquier otro tipo de entidad o institución para crear un fondo de promoción de campañas para reforzamiento estructural y mejoramiento de viviendas, lo cual también puede ayudar a reducir el riesgo sísmico en el sitio.

En el área de estudio, la vulnerabilidad de los predios no afectados por fenómenos de remoción en masa no se encuentra calificada en el plano ni en las tablas presentadas, debido a que los procesos o fenómenos que pueden llegar a afectarlos se salen de los alcances de este estudio.

De todas maneras se tiene el concepto de que las casas restantes tienen algún grado de vulnerabilidad ante FRM y erosión (desde luego ante sismo), puesto que todo depende de la magnitud y período de recurrencia del evento que se presente.

8. ANALISIS Y ZONIFICACION DE RIESGO DE LAS VIVIENDAS ANTE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA

Se presenta en este capítulo el análisis de riesgos por fenómenos de remoción en masa en el barrio La Paz, el cual resulta de la convolución del análisis de la amenaza (probabilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa como deslizamiento, flujos de tierra, reptación o desprendimiento y caída de fragmentos de roca), y del análisis de la vulnerabilidad (fragilidad de las viviendas expuestas ante los diferentes fenómenos).

El riesgo puede definirse en términos generales como la probabilidad de daños o pérdidas que resultaría de la materialización de un fenómeno físico (FRM, sismos, huracanes, etc.), capaz de afectar (de acuerdo con su grado de vulnerabilidad) a los elementos expuestos a éste (en este caso viviendas).

El método empleado para la determinación del riesgo fue descrito en los capítulos anteriores y sigue en líneas generales lo planteado por Soler et al[1], que a su vez hace parte de un enfoque sistemático de la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en el cual intervienen conceptual y metodológicamente los trabajos de González y Millán[2, 3.] .

La calificación del riesgo para cada una de las viviendas del sector se realizó mediante la determinación del Indice de Riesgo (IR), teniendo en cuenta el Indice de Vulnerabilidad Física - IVF - (basado en el tipo de vivienda y el estado actual de los daños), y la probabilidad de ocurrencia del fenómeno de remoción en masa ante el cual ésta se encuentra expuesta, y de acuerdo con los criterios indicados en la Tabla 8-1.

Indice de Riesgo = Probabilidad de Falla X Indice de Vulnerabilidad Física

IR máximo = P máxima X IVF máxima
IR mínimo = P mínimo X IVF mínimo

---

2 Soler, F., Gónzalez, A. Y Vesga, L.. (1999). Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá, Colombia. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

3 González G., Alvaro J. y Millán L, Javier A. (1999). “Procedimiento para la evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá – Colombia”. XI CPMSIF, Fox de Iguazú, Brasil.

4 Idem. “Resultados de la evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá, Colombia”.

Tabla 8-1 Calificación del riesgo

CATEGORIA DE RIESGO	CRITERIO
ALTA	0,4 ≤ IR promedio
MEDIA	0,1 ≤ IR promedio < 0,4
BAJA	IR promedio < 0,1

Al igual que con la calificación de la vulnerabilidad, una vez obtenido el nivel de riesgo considerando el IVF y la probabilidad de falla de las viviendas ubicadas en las áreas aledañas a las zonas de amenaza alta y media, ésta fue revaluada teniendo en cuenta (además de apreciaciones sobre el sistema de cimentación de cada vivienda) la zona afectada (área construida o área vacía) en caso de materialización de la amenaza y el nivel de exposición ante el mismo; los resultados que se presentan en la tabla 8-2 corresponden a la evaluación de zonas de amenaza alta y media; la representación gráfica de las mismas aparece en el plano 14 de 15. Cabe aclarar que la calificación del riesgo para el resto de las viviendas que conforman el área de estudio es “baja a muy baja”, debido a que no se presentan en esta zona solicitaciones ante FRM, y que por lo tanto en el plano de riesgos no se les asignó el color verde (de riesgo bajo) para no confundir su calificación con la de las viviendas que presentan riesgo bajo ante valores determinados de solicitación por fenómenos de remoción en masa.

En la Tabla 8-2 se presenta la calificación del riesgo y algunas observaciones sobre ésta.

Tabla 8-2 Resultados del análisis de riesgos para zonas de amenaza alta y media

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Daño en toda la construcción	ZONA DE AMENAZA	Categoría de la amenaza	INDICE DE RIESGO ANTE FRM			CALIFICACION DEL RIESGO	OBSERVACIONES
							IR MAX	IR MIN	IR PROM		
2	34	1	2	1	1	M	0.060	0.020	0.040	M	Para reubicación [1]
2	34	2	3	1	1	M	0.037	0.000	0.019	M	
2	34	3	3	3	1	M	0.094	0.046	0.070	M	
2	34	4	2	2	1	M	0.077	0.037	0.057	M	
2	34	5	2	4	1	M	0.121	0.093	0.107	B	
2	34	19	1	4	1	M	0.121	0.093	0.107	A	

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Daño en toda la construcción	ZONA DE AMENAZA	Categoría de la amenaza	INDICE DE RIESGO ANTE FRM			CALIFICACION DEL RIESGO	OBSERVACIONES
							IR MAX	IR MIN	IR PROM		
1	21	8	5		2	A				LV	Reubicado o abandonado
1	21	9	3	2	2	A	0.402	0.213	0.308	A	
1	21	10	1	2	2	A	0.469	0.335	0.402	A	
1	21	11	1	2	2	A	0.469	0.335	0.402	M	
1	21	12	1		2	A	0.442	0.310	0.376	M	
1	21	25	1	2	2	A	0.469	0.335	0.402	A	
1	21	26	1		2	A	0.442	0.310	0.376	A	
1	21	27	5		2	A				LV	
1	21	28	2	2	2	A	0.469	0.335	0.402	A	
1	21	29	1	3	2	A	0.493	0.368	0.431	A	
1	21	30	2	2	2	A	0.469	0.335	0.402	M	
1	26	17	2	1	2	A	0.454	0.310	0.382	A	
1	26	18	1		2	A	0.442	0.310	0.376	M	
1	26	19	3	1	2	A	0.365	0.167	0.266	M	
1	26	31	1	2	2	A	0.469	0.335	0.402	A	
1	26	32	2	3	2	A	0.493	0.368	0.431	A	
1	26	33	2	2	2	A	0.469	0.335	0.402	A	
2	32	1	3	2	2	A	0.402	0.213	0.308	A	
2	32	2	2	2	2	A	0.469	0.335	0.402	A	Verificar la cimentación
2	32	3	2	2	2	A	0.469	0.335	0.402	LV	Reubicado o abandonado
2	33	25	2	1	2	A	0.454	0.310	0.382	M	
2	33	26	1	4	2	A	0.508	0.419	0.463	M	
1	20	1	5		2A	M	0.126	0.054	0.090	LV	Reubicado o abandonado
1	20	2	5		2A	M				LV	Reubicado o abandonado
1	20	3	2	1	2A	M				M	
1	20	4	2	4	2A	M	0.197	0.136	0.166	M	
1	20	5	1	4	2A	M	0.197	0.136	0.166	M	
1	20	6	1	1	2A	M	0.098	0.029	0.063	M	
1	20	7	2	1	2A	M	0.098	0.029	0.063	B	
2	33	28	2	2	2A	M	0.126	0.054	0.090	M	
2	33	29	1	4	2A	M	0.197	0.136	0.166	M	
2	33	30	1	2	2A	M	0.126	0.054	0.090	M	
2	33	31	2	2	2A	M	0.126	0.054	0.090	M	
1	19	2	5		3	A				LV	
1	20	23	2	2	3	A				A	
1	20	24	2	2	3	A	0.469	0.335	0.402	A	Para reubicación
1	23	11	5		3	A				LV	
1	23	12	5		3	A				LV	

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Daño en toda la construcción	ZONA DE AMENAZA	Categoría de la amenaza	INDICE DE RIESGO ANTE FRM			CALIFICACION DEL RIESGO	OBSERVACIONES
							IR MAX	IR MIN	IR PROM		
1	23	13	2	2	3	A	0.469	0.335	0.402	A	
1	10	14	2	2	5a	A	0.792	0.658	0.725	M	
1	10	15	2	2	5a	A	0.792	0.658	0.725	M	
1	10	16	2	2	5a	A	0.792	0.658	0.725	M	
1	10	17	1		5a	A	0.792	0.641	0.716	A	Para reubicación
1	24	9	2	2	5a	A	0.792	0.658	0.725	M	
1	24	10	5		5a	A				LV	
1	24	11	2	2	5a	A	0.792	0.658	0.725	A	
1	24	12	1	1	5a	A	0.792	0.641	0.716	A	Para reubicación
1	24	13	5		5b	A	0.750	0.582	0.666	LV	Reubicado o abandonado
1	24	19	3	2	5a	A	0.715	0.530	0.622	M	
1	25	12	5		5a	A				LV	
1	25	13	5		5a	A				LV	
1	25	14	1	1	5a	A	0.792	0.641	0.716	M	
1	25	15	1	1	5b	A	0.691	0.490	0.591	A	
1	25	16	2	4	5b	A	0.715	0.530	0.622	A	
1	25	24	1	4	5b	A	0.774	0.662	0.718	A	
1	25	25	1	4	5b	A	0.774	0.662	0.718	A	
1	25	26	1	4	5b	A	0.774	0.662	0.718	A	
1	27	7	1	3	5a	A	0.792	0.680	0.736	A	
1	27	8	1	3	5b	A	0.750	0.582	0.666	A	Para reubicación
1	27	30	3	2	5a	A	0.715	0.530	0.622	B	Afectación parcial (4)
1	27	31	2	2	5a	A	0.792	0.658	0.725	B	Afectación parcial (4)
1	27	32	5		5a	A				LV	
1	27	33	2	2	5a	A	0.792	0.658	0.725	M	
1	27	34	2	1	5a	A	0.792	0.641	0.716	M	
1	27	35	3	1	5a	A	0.691	0.490	0.591	B	
4	59	5	1	3	5a	A	0.792	0.680	0.736	A	
1	10	4	3	2	6	A	0.491	0.346	0.418	M	Afectación parcial (4)
1	10	5	2	2	6	A	0.544	0.429	0.487	M	Afectación parcial (4)
1	10	16	2	2	6	A	0.544	0.429	0.487	M	
1	10	17	1	2	6	A	0.544	0.429	0.487	A	Para reubicación
1	10	18	5		6	A				LV	Reubicado o abandonado
1	10	19	5		6	A				LV	Para reubicación (2)
1	10	21	1	1	6	A	0.544	0.418	0.481	A	Para reubicación
4	59	1	2	2	6	A	0.544	0.429	0.487	M	Afectación parcial (4)
4	59	2	1	3	6	A	0.544	0.444	0.494	M	Afectación parcial (4)
4	59	3	2	2	6	A	0.544	0.429	0.487	A	

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Daño en toda la construcción	ZONA DE AMENAZA	Categoría de la amenaza	INDICE DE RIESGO ANTE FRM			CALIFICACION DEL RIESGO	OBSERVACIONES
							IR MAX	IR MIN	IR PROM		
4	59	4	1	3	6	A	0.544	0.444	0.494	A	
4	64	3	2	3	6	A	0.544	0.444	0.494	A	Verificar la cimentación
4	64	4	2	1	6	A	0.544	0.418	0.481	A	Verificar la cimentación
4	64	12	1	4	6	A	0.544	0.466	0.505	A	No tendrá acceso (3)
4	64	13	1	4	6	A	0.544	0.466	0.505	A	Para reubicación
4	69	1	1	2	6	A	0.544	0.429	0.487	A	
4	69	16	2	2	6	A	0.544	0.429	0.487	A	
4	69	17	1	5	6	A	0.544	0.481	0.512	A	Para reubicación
4	70	15	2		6	A	0.544	0.418	0.481	M	
4	70	16	1	4	6	A	0.544	0.466	0.505	A	Para reubicación
4	70	17	2	2	6	A	0.544	0.429	0.487	A	Verificar la cimentación
4	52	12	2	4	6A	M	0.204	0.155	0.180	M	
4	64	1	5		6A	M				LV	
4	64	2	5		6A	M				LV	
1	10	9	3	3	6B	M	0.159	0.077	0.118	M	
2	48	1	1	4	7b	A	0.648	0.473	0.561	A	
2	48	2	1	5	7b	A	0.663	0.511	0.587	M	Afectación parcial (4)
2	48	4	2	1	7b	A	0.297	0.081	0.189	M	Afectación parcial (4)
2	49	3	2	1	7b	A	0.297	0.081	0.189	M	
2	49	4	2	1	7a	A	0.663	0.458	0.561	A	
2	49	16	1	2	7a	A	0.663	0.470	0.567	A	
2	49	17	3	3	7b	A	0.512	0.241	0.377	M	
2	50	5	3	2	7a	A	0.598	0.379	0.489	M	
2	50	6	2	1	7b	A				A	
2	50	16	1	3	7a	A	0.663	0.486	0.575	M	
2	50	17	1	4	7b	A	0.648	0.473	0.561	M	
2	46	1	2	1	8	A	0.454	0.310	0.382	A	
2	47	1	1	1	8	A	0.454	0.310	0.382	A	Para reubicación (1)
2	47	2	1	4	8	A	0.508	0.419	0.463	A	Para reubicación (1)
2	47	3	3	1	8	A	0.365	0.167	0.266	M	
3	1	1	1	2	9	M	0.105	0.047	0.076	M	
3	1	7	2	3	9	M	0.140	0.077	0.108	A	
3	2	1	2	1	9	M	0.081	0.026	0.053	M	
3	2	14	2	3	9	M	0.140	0.077	0.108	A	
3	3	1	2	5	9	M	0.181	0.149	0.165	M	
3	3	6	2	2	9	M	0.105	0.047	0.076	A	

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Daño en toda la construcción	ZONA DE AMENAZA	Categoría de la amenaza	INDICE DE RIESGO ANTE FRM			CALIFICACION DEL RIESGO	OBSERVACIONES
							IR MAX	IR MIN	IR PROM		
3	3	7	1		9	M	0.063	0.026	0.045	M	
3	3	8	2	2	9	M	0.105	0.047	0.076	M	
3	3	9	2	2	9	M	0.105	0.047	0.076	M	
3	5	1	2	2	9	M	0.105	0.047	0.076	B	
3	5	2	2	2	9	M	0.105	0.047	0.076	B	
3	5	3	2	3	9	M	0.140	0.077	0.108	M	
3	5	4	2	1	9	M	0.081	0.026	0.053	B	
3	5	5	2	1	9	M	0.081	0.026	0.053	B	
3	5	6	2	1	9	M	0.081	0.026	0.053	B	

(1) Predios para reubicación por construcción de obras de control o mitigación
(2) Esta vivienda está vacía, pero se debe retirar para permitir el paso peatonal
(3) Durante y después de la construcción de la obras de mitigación
(4) El fenómeno afecta el lote mas no a la vivienda

Dado que en el área estudiada existen edificaciones en circunstancias especiales de amenaza y vulnerabilidad (y por lo tanto de riesgo), ya sea por su condición estructural, su localización, grado de afectación por eventos de remoción en masa, la dependencia del comportamiento de casas vecinas, por estar expuestas a fenómenos diferentes a los de remoción en masa como los de inundación o porque interferirían en la adecuación o construcción de obras de mitigación, se procedió a hacer la evaluación de riesgo directamente con la ayuda de una visita final de campo (de verificación y calibración de los resultados de análisis de vulnerabilidad y riesgo) efectuada en compañía del asesor en este tema, Ingeniero Flavio Soler. Esas apreciaciones se presentan en la tabla 8-3; en la tabla 8-4 se presenta el listado de los predios que, según el consultor, deben ser reubicados.

Tabla 8-3 Observaciones adicionales

MANZANA	LOTE	RIESGO	OBSERVACIONES
34	05	B	Calificación de riesgo bajo porque el fenómeno afecta únicamente la parte no construida. Se recomienda no construir en la parte posterior del lote.
32	01	A	Calificación de riesgo alto, debido a que actualmente está siendo afectado por procesos activos.
32	02	A	La calificación del riesgo debe ser verificada, pues éste depende de la cimentación de la vivienda.
26	18	M	Aunque la vulnerabilidad del predio es alta, la calificación del riesgo es medio porque el fenómeno solo afecta la parte no construida del lote.
59	02	M	Calificación de riesgo medio porque el proceso no afecta el área construida.

MANZANA	LOTE	RIESGO	OBSERVACIONES
64	03	A	Riesgo alto condicionado a la verificación de la cimentación.
64	04	A	Riesgo alto condicionado a la verificación de la cimentación.
48	02	M	Calificación de riesgo medio porque el proceso no afecta el área construida.
25	20 - 21 - 22 - 23		Aunque estos predios no están afectados directamente por FRM, es necesaria su reubicación pues se encuentran afectados por inundación de aguas servidas, debido a que su nivel de localización es más bajo que el nivel del cauce.

Tabla 8-4 Predios para reubicación

BARRIO	Numero de Manzana	Número del lote	TIPO DE VIVIENDA	Daño en toda la construcción	ZONA DE AMENAZA	Categoría de la amenaza	CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD	CALIFICACION DEL RIESGO	OBSERVACIONES
2	34	1	2	1	1	M	B	M	Construcción de obras de mitigación
1	20	24	2	2	3	A	A	A	Riesgo no mitigable
1	10	17	1	2	5a	A	A	A	Riesgo no mitigable
1	24	12	1	1	5a	A	A	A	Riesgo no mitigable
1	27	8	1	3	5b	A	A	A	Riesgo no mitigable
1	10	17	1	2	6	A	A	A	Riesgo no mitigable
1	10	19	5		6	A	LV	LV	Vivienda vacía que obstaculiza el paso
1	10	21	1	1	6	A	A	A	Riesgo no mitigable
4	64	13	1	4	6	A	A	A	Riesgo no mitigable
4	69	17	1	5	6	A	A	A	Riesgo no mitigable
4	70	16	1	4	6	A	A	A	Riesgo no mitigable
2	47	1	1	1	8	A	M	A	Construcción de obras de mitigación
2	47	2	1	4	8	A	M	A	Construcción de obras de mitigación
1	25	20	1	2	11	B	B	B	Ubicada en zona inundable
1	25	21	1	2	11	B	B	B	Ubicada en zona inundable
1	25	22	2	2	11	B	B	B	Ubicada en zona inundable
1	25	23	1	3	11	B	B	B	Ubicada en zona inundable

Cuantificación de predios para reubicación

Para la determinación del valor de los predios, es necesario aclarar que no fue posible determinar la cifra real de cada predio con los habitantes del sector, pues en la gran mayoría de los casos éstos ignoraban el monto de los predios (especialmente el manejado por la oficina de Catastro Distrital), o porque ante la posibilidad de algunas familias de entrar a formar parte de un programa de reubicación, algunos lugareños inflaron (3 o más veces) el valor del predio; para

solucionar esta dificultad, se optó por sacar un valor promedio para cada uno de los tipos de vivienda, según las cifras señaladas por la oficina de catastro que los habitantes indicaron en las encuestas.

En la siguiente tabla se presenta el valor promedio del monto estimado por la oficina de Catastro Distrital para cada tipo de vivienda, según la información obtenida de las encuestas:

Tabla 8-5 Valor de viviendas según su tipología

Tipo de vivienda	Valor
B1	$3.000.000
B2	$5.000.000
B3	$7.000.000

Tabla 8-6 Cuantificación de los predios para reubicación

Viviendas por reubicar		Valor total
Tipo	Cantidad	
B1	13	$39.000.000
B2	3	$15.000.000
VALOR TOTAL DE REUBICACION		**$54.000.000**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, puede decirse que en la zona de estudio se tiene un riesgo medio a alto por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, limitado al área que bordea los zanjones, aunque también se encuentran algunas viviendas expuestas a este riesgo en el extremo occidental del sitio (sector La Torre) y en el extremo oriental (sector Daza). A pesar de la calificación del riesgo, se considera que éste es mitigable en su totalidad y las medidas de control o mitigación que se plantean para la reducción del mismo se describen en el Capítulo 9 - Medidas de mitigación.

La temporalidad o permanencia del riesgo evaluado, al igual que la temporalidad de las amenazas encontradas por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, dependerá de la ejecución de las obras de control y mitigación.

En las zonas en que no se presenta amenaza por fenómenos de remoción en masa el riesgo es muy bajo a nulo ante aquellos, y por esto no se asigna calificación de riesgo al 79.1% de las viviendas que conforman el área de estudio.

9. ALTERNATIVAS DE MITIGACION

9.1 Introducción

Con el planteamiento de alternativas de mitigación se pretende especialmente la protección de la vida y los bienes de una comunidad a través de la reducción del riesgo al que están expuestos. Esta reducción puede lograrse en tres sentidos básicos:

a) Controlar, manejar o reducir el grado de amenaza, mediante obras correctivas y preventivas de los fenómenos de inestabilidad.

b) Disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos (en este caso las viviendas), especialmente a través de la modificación de sus condiciones de resistencia estructural.

c) Una combinación de las dos anteriores.

9.2 Mitigabilidad del riesgos en la zona de estudio

El riesgo evaluado en el barrio La Paz está relacionado básicamente con la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa de pequeña escala, tipo reptación, flujos de tierra (lentos a muy lentos), deslizamiento y desprendimiento y caída o volcamiento de fragmentos de roca. Se considera que todos estos fenómenos son mitigables en su totalidad, debido a la magnitud de la masa que puede inestabilizarse, a la distancia y velocidad que podría alcanzar dicha masa, y al carácter puntual de cada fenómeno.

9.3 Planteamiento de alternativas de mitigación

En el planteamiento de alternativas para cualquier proyecto deben considerarse por los menos dos casos: no hacer nada ó hacer algo.

En el caso del barrio La Paz se considera que es necesario construir algunas obras tendientes a estabilizar el área para brindar a la comunidad la protección y seguridad que en alguna medida podrán ayudar a aliviar las condiciones de “subnormalidad” del sector.

La primera alternativa considerada para la mitigabilidad de los riesgos del sector, y sin ninguna duda la más recomendable, es la construcción del colector combinado de La Paz, a través del cual la EAAB espera conducir (por tubería de Φ=16”) las aguas lluvias y las aguas servidas que fluyen actualmente por los zanjones Los

Naranjos y La Marranera, provenientes especialmente de las viviendas construidas a lo largo de estos zanjones; la primera etapa de dicho colector fue realizada desde la confluencia de los mismos hacia aguas abajo en 1994, y la continuación del mismo (así como la adecuación del relleno complementario) es un proyecto que planea adelantar, a corto o mediano plazo, la división de Mantenimiento Alcantarillado de la empresa de acueducto. Se considera que a través de la gestión interinstitucional entre la DPAE y la EAAB, el proyecto "EAAB-3458, Colector Combinado de La Paz" puede construirse en muy corto tiempo, significando esto para la DPAE una minimización de gastos pues no habría necesidad de construir obras de magnitud y precio considerable para la mitigación de riesgo y el mejoramiento del entorno urbano del sitio de estudio.

Otra alternativa considerada (y que se desglosa en los numerales siguientes) es la construcción de algunas obras de estabilización de taludes, drenaje superficial y subsuperficial, y de recubrimiento y protección de taludes, obras con las cuales se pretende la reconformación y recuperación de las márgenes de los zanjones y ofrecer a los habitantes que circundan las zonas de amenaza media y alta, condiciones aceptables de seguridad.

En las zonas expuestas a erosión y pérdida de suelo, se cree que la empradización de taludes, la canalización y manejo adecuado de las aguas lluvias y la adecuación de las vías (mediante pavimentación, adoquinado o construcción de obras en concreto – como escaleras –) y zonas desprotegidas o descubiertas, pueden reducir (casi en su totalidad) los efectos de la erosión.

En los puntos tratados a continuación se plantean todas las medidas consideradas para el desarrollo de la segunda alternativa presentada (adecuación de obras de estabilidad de taludes).

9.4 Análisis y selección de alternativas

La mitigación de movimientos de falla de taludes comienza por la identificación adecuada del tipo de problema, sus mecanismos de falla y los procesos que lo causan. En la tabla 9-1 se hace una recopilación comprensiva de dichos aspectos. Como puede verse en dicha tabla los factores causantes de movimientos de falla se agrupan en 4 clases. En el caso que nos ocupa y en relación con lo contenido en la tabla, se presentan los numerados 1(1), 1(4), 1(6), 1(7) y 1(8), 2(2), 2(3), pueden presentarse 3(1), 3(2) y 3(4), y actúan 4(1), 4(2), 4(6), 4(7) y 4(9).

Las estrategias de mitigación, dentro de las cuales se incluyen las obras preventivas y remediales o correctivas, pueden clasificarse en los cuatro grupos que se describen en la Tabla 9-2.

En la Tabla 9-3 se discriminan varias de las obras comúnmente utilizadas al poner en práctica las estrategias 2 a 4 de la Tabla 9-2. La identificación apropiada de los factores que causan la falla, los cuales se deben en esencia a cambios en el talud, que conllevan secciones inestabilizantes, puede dar pautas para la selección correcta del tratamiento correctivo o preventivo de la falla del talud, esto se condensa en la Tabla 9-4. En las figuras 9-1 a 9-33 se ilustran los diferentes tipos de obras mencionados en dichas tablas.

En el proceso de análisis de alternativas de mitigación deben tenerse en cuenta criterios como los siguientes:

- Rara vez una sola medida correctiva permite controlar un deslizamiento; casi siempre resulta adecuada una combinación de ellas.

- Cuando un terreno dado, o un sector de un terreno presenta condiciones topográficas, geológicas y climáticas que le confieren el carácter de complejidad geotécnica, es necesario acudir a técnicas de diseño por precedente (por ejemplo extrapolando alturas y ángulos de cortes de los utilizados en excavaciones existentes en las vecindades, o de los adoptados por los taludes naturales).

- Es conveniente localizar zonas inestables de gran magnitud o de persistencia durante muchos años, con las cuales será necesario convivir, en vista de que sus características hacen impráctico o demasiado costoso el tratamiento correctivo, o los factores y mecanismos de falla están más allá del control convencional de la ingeniería (neotectonismo, pluviosidad, sismos).

- En lo posible acudir a sistemas de mitigación que permitan la utilización intensiva de mano de obra y materiales locales.

9.5 condiciones especificas de obras o tratamientos de mitigacion más comunes

9.5.1 Excavación y aspectos relacionados con el diseño de excavaciones

La estabilidad de taludes de corte, puede ser alcanzada mediante las siguientes actividades:

a) Remoción de material inestable o potencialmente inestable

Con el propósito de mejorar la estabilidad se aplica la remoción de materiales tanto para reducir las fuerzas actuantes que contribuyen a la falla, como para eliminar secciones del talud ya inestables o potencialmente inestables que pueden

propiciar movimientos de falla (por ejemplo, caídas de roca y deslizamientos de roca o de detritos).

b) Tendido del talud

Las excavaciones hechas con propósitos remediales (o buscando desde un comienzo evitar la falla, caso en el cual serían preventivas), deben proporcionar una solución permanente para el problema de estabilidad del talud, de tal modo que no sean necesarios trabajos de excavación adicionales en el futuro. Los problemas y desventajas principales asociados con los métodos de excavación radican en sus costos. El acceso después de la construcción puede ser difícil y, puesto que en general el talud debe ser excavado de la parte superior hacia abajo, los costos de instalación, corte y movilización pueden ser prohibitivos. Además, los sitios de disposición de sobrantes con frecuencia son escasos con el resultado de que los desechos de roca y suelo tendrán que ser transportados alguna distancia, a menos que puedan emplearse para las obras locales.

El ángulo (la inclinación) del talud en general y los diferentes ángulos que pueden asignarse a las partes de un talud se determinan por medio del análisis de estabilidad. Cada corte debe ser diseñado para ajustarse a las condiciones predominantes del macizo rocoso. Los taludes que contienen materiales cuyas propiedades de resistencia varían significativamente en cada sección, pueden requerir que algunas zonas sean más tendidas que otras, si se desea minimizar las caídas de roca, detritos o suelo, y los costos.

c) Remoción de peso de la parte superior del talud

Es una labor de descarga del talud o reducción de esfuerzos cortantes (inestabilizantes) que debe planearse con cuidado para lograr un incremento efectivo en el factor de seguridad global del talud y al mismo tiempo garantizar que el talud de la parte descargada sea estable y que el retiro de materiales no constituya eliminación de soporte para terrenos situados mas arriba del área tratada (figura 9.8).

d) Incorporación de bermas o terrazas en el talud

El uso de inclinaciones variables, o de bermas bajo estratos de roca altamente meteorizada o que se degrada con rapidez como la mayoría de las existentes en el área estudiada, y el soporte estructural, así como la aplicación de técnicas correctas de voladuras, pueden eliminar en la práctica las caídas de roca y los deslizamientos de detritos en cortes nuevos (figura 9-5).

Las bermas se utilizan en taludes para minimizar las caídas de roca sobre las vías. En rocas blandas tales como lutitas, limolitas, arcillolitas y arenitas friables, las bermas tienden a reducir la erosión y meteorización intensa y proporcionan "trampas" o cubetas de acumulación de materiales por caídas de roca. También

permiten controlar la erosión debida a la escorrentía puesto que disipan la energía del flujo superficial. La seguridad para la construcción en o cerca de taludes con bermas es por lo general mayor, puesto que se reduce el riesgo de caídas de roca sobre los trabajadores y sobre los equipos. Con frecuencia los taludes intermedios entre bermas pueden ser considerablemente más empinados que el ángulo general del talud; de este modo, cualquier roca que caiga lo hará sobre las bermas. Se deduce de lo anterior la alta conveniencia de incluir en el diseño y construcción del sistema correctivo, las provisiones necesarias para facilitar el acceso a las bermas durante la operación de las vías y obras lineales, y la inclusión en el programa de mantenimiento de éstas, de la inspección y limpieza periódica de las bermas (figura 9-20).

Las bermas parecen no tener efecto sobre el talud con respecto a movimientos de falla profundos o de base. Aunque los esfuerzos de corte aumentan con la altura del talud, la dirección del esfuerzo de corte máximo es supuestamente independiente de la altura y de la geometría de las bermas. Las bermas casi siempre requieren que la parte superior del talud sea corrida hacia atrás y por lo tanto imponen excavación adicional a veces considerable. Sin embargo, aunque pueden incrementar los costos iniciales de construcción, llevan a reducción considerable de los costos de mantenimiento posteriores y así algunas veces compensan el incremento en los costos de construcción.

El ancho de las bermas debe estar gobernado por el tamaño del equipo de trabajo sobre la berma y por la naturaleza del material que forma el talud; en la práctica norteamericana generalmente debe ser igual o superior a 7 m. Este ancho resulta grande en comparación con la práctica colombiana que por lo general lleva a bermas de 2 a 5 m de ancho; es frecuente que las de 2 a 3 m se eroden o deslicen con facilidad, dependiendo del estado de la roca y del drenaje construido en la berma. Por ese motivo, la inclusión de bermas tropieza con cierta desconfianza o escepticismo entre constructores de vías. Por otra parte, el incremento del ancho a 7,0 m, aunque deseable desde el punto de vista técnico puede llevar a costos mayores de adquisición de la servidumbre ("derecho de vía") en los proyectos nuevos, factor que debe tenerse en cuenta desde el comienzo de los proyectos. En casos como el del barrio La Paz, no resulta práctico tender taludes de afloramientos rocosos mediante terraceo, debido a que existen viviendas muy cerca de la cresta del talud. En los frentes de rellenos de los zanjones sí es posible incluir dicha medida entre las obras de mitigación.

De todas maneras se considera que el ancho mínimo debe ser el que permita la maniobra de equipos de movimiento de tierra (bulldozers) o sea, 3.65m. Este ancho resulta adecuado para las maniobras de los equipos de perforación en la instalación de drenes horizontales (figura 9-9).

En taludes rocosos el diseño del ángulo del talud con bermas estará gobernado en alto grado por la actitud de estructuras desfavorables en las rocas que forman el

talud (sistemas de discontinuidades, tales como los formados por la estratificación y las diaclasas), para prevenir la caída de rocas en las bermas.

Si se incluyen bermas en el diseño del talud, éstas deben ser complementadas con zanjas de drenaje para interceptar la escorrentía superficial y el agua de los drenes e instalaciones de drenaje y evacuarlas del talud lejos de áreas problemáticas. Estas zanjas deben mantenerse abiertas y libres de escombros para asegurar su comportamiento adecuado (figuras 9-6 y 9-13).

Las superficies de las bermas deben tener pendiente adecuada para la recolección del agua en las zanjas y también para facilitar el drenaje general en dirección lejana a las áreas de inestabilidad potencial. Debe tenerse la precaución de que las zanjas no causen problemas por canalización del agua de un área a otra. Puede requerirse el revestimiento de las bermas con lechada de cemento, mortero, asfalto, o geomembranas, para evitar la infiltración desde ellas.

En materiales débiles tales como las rocas blandas (lutitas, limolitas, areniscas no cementadas, filitas, tobas) debe darse el mayor ancho posible a las bermas y con frecuencia se requiere construir una estructura de contención o contrafuerte en la pata del talud (figura 9-13).

En cuanto a la revegetalización del talud, el sembrado o la colocación de cespedones u otros métodos de implantación, pueden aplicarse en los pasos con facilidad, pero si el talud puede ser erosionado o carcavado con rapidez, es mejor esperar a que se llene alrededor de la mitad de las bermas antes de colocar las semillas, para evitar la pérdida de la siembra (figuras 9-12, 9-15, 9-21, 9-23, 9-26 a 9-32).

e) Hacer las excavaciones de tal modo que se minimice el daño a macizos rocosos (por ejemplo en el caso de utilizar explosivos).

Para alcanzar estos propósitos debe tenerse un buen conocimiento de los sistemas de discontinuidades del macizo rocoso, hacer los análisis de estabilidad aplicando métodos que provee la mecánica de rocas, y ejecutar con todo cuidado las voladuras. En esto último se logran buenos resultados mediante la técnica de prebarrenado.

9.5.2 Drenaje superficial y subsuperficial

Debe darse alta prioridad a los métodos que pueden aplicarse para mejorar las condiciones de drenaje superficial y profundo y que por lo tanto incrementan la estabilidad del talud. Las obras de drenaje comparadas con otras posibles medidas estabilizantes, llevan con frecuencia a beneficios sustanciales con costos significativamente inferiores. La aplicación del drenaje superficial y subsuperficial como parte del diseño general del talud o de los propósitos de estabilización

deben considerarse desde el comienzo del proyecto porque pueden dar excelentes resultados a costos relativamente bajos. A menudo, los grandes deslizamientos que involucran varios miles de metros cúbicos de material, solo pueden ser controlados dentro de límites prácticos por medio del drenaje.

Drenaje superficial:

Se han utilizado con éxito los siguientes métodos para controlar el drenaje superficial:

1. Drenar lagunas, depresiones y nacimientos de aguas existentes arriba del área de trabajo, desde las cuales puede filtrarse el agua hacia las zonas inestables.

2. Conformar la superficie del área para controlar el flujo de escorrentía.

3. Cubrir con concreto, lechada, asfalto o polietileno la zona existente arriba de la cresta del talud para sellar o taponar en forma permanente o temporal las grietas de tracción u otras áreas de alta permeabilidad que puedan facilitar la infiltración de agua.

4. Hacer zanjas interceptoras, alcantarillas u otros conductos para desviar aguas superficiales hacia áreas no problemáticas y,

5. Minimizar la remoción de cobertura vegetal y establecer medidas de revegetalización (figuras 9-21 a 9-32).

Drenaje profundo:

Entre los métodos para el drenaje subsuperficial y profundo de taludes los más comunes son:

- Filtros,
- Trincheras drenantes,
- Drenes horizontales,
- Pozos de bombeo y
- Galerías de drenaje.

Sólo en circunstancias muy especiales se utilizan en carreteras y excavaciones urbanas del país, métodos de drenaje profundo diferentes de los filtros, las trincheras, y los drenes horizontales, por lo cual sólo se tratarán éstos aquí.

El propósito de las obras de drenaje profundo es el de abatir el nivel freático, y por lo tanto la presión del agua, a un nivel por debajo de las superficies de falla potencial. Una aproximación práctica que parece ser la mas apropiada para la

mayoría de los problemas de taludes, consiste en incluir un sistema de drenes para abatir el nivel del agua bajo las zonas en las cuales teóricamente pueden tener lugar fallas en el talud. Los drenes deben diseñarse para que se extiendan hasta detrás de la zona crítica.

Filtros en trinchera:

Se presentan con frecuencia condiciones de estabilidad que requieren acudir al drenaje subsuperficial por medio de filtros, caso en el cual se excavan zanjas que se rellenan con materiales granulares limpios y durables, que cumplan una cierta gradación en relación con el suelo que se desea drenar, para evitar que el filtro se colmate en poco tiempo (figura 9-2).

Se construyen casi siempre en zanjas estrechas, de 0,60 a 1,00 m de ancho, excavadas a mano o con retroexcavadora, alineadas en dirección descendente del talud (hacia el pie o los lados de la parte inferior), de manera que se evita en alto grado la posibilidad de reactivar el deslizamiento. Una versión corriente de esta medida son los filtros de poca profundidad (1 a 2 m) dispuestos en forma de espinazo de pescado; las ramas se localizan en las zonas mas húmedas o donde sean mayores las posibilidades de captación o intercepción de aguas. En varias zonas inestables de La Paz se recomendará la construcción de filtros en esta forma.

En cuanto a los materiales de relleno filtrante, deben ser granulares, limpios y durables, y deben seleccionarse de tal manera que su granulometría guarde ciertas relaciones con la del suelo natural que se quiere drenar (Melgarejo, 1975). Años atrás se acostumbraba colocar una capa de materiales de menores tamaños en la periferia, en contacto con el suelo natural, envolviendo la parte central del relleno donde van los materiales más gruesos y, según el tipo de filtro, la tubería de desagüe. Los geotextiles han entrado con éxito en estas obras, reemplazando la capa exterior del filtro, cuyos materiales son casi siempre costosos y difíciles de conseguir en algunas regiones.

Pertenecen a esta categoría de filtros en trinchera las **paredes drenantes de contrafuerte**, o sea, los filtros en zanjas estrechas con profundidad de 3 a 5 m (o mayor), llevadas hasta terreno estable bajo la superficie de falla. Se acostumbra localizarlas en la mitad inferior y la pata del deslizamiento y orientadas en la dirección descendente de la ladera. Se utilizan en deslizamientos grandes, de cualquier tipo y en flujos de tierra. Además de colectar agua infiltrada y reducir las presiones del agua (abatir el nivel freático, desaguar niveles colgados), actúan como contrafuertes o sea, como elementos de refuerzo del talud; los materiales resistentes y durables que se utilizan como relleno filtrante proveen soporte mecánico al talud.

Trincheras estabilizadoras:

Cuando el agua subterránea es muy abundante y está relativamente profunda y el espesor de suelo deslizado resulta excesivo de manera que su retiro es antieconómico, entonces puede acudirse a las trincheras estabilizantes, excavadas con bulldozer o retroexcavadora y por lo tanto amplias y de gran profundidad; pueden apoyarse en terreno firme bajo la superficie de falla, de manera que no solo interceptan eficazmente el agua subterránea sino que sirven como rellenos autosoportados para contener zonas del deslizamiento, restablecer vías sobre ellas y otras aplicaciones. Debido a que en este tipo de estructura su estabilidad interna está determinada por la resistencia al corte que proporcionen los materiales utilizados para su construcción, éstos deberán ser de buena calidad, durables, limpios y resistentes.

Las trincheras deben profundizarse bastante, hasta debajo de acuíferos y hasta quedar en suelo firme bajo la superficie potencial o activa de rotura. Se acostumbra excavarlas con los taludes más empinados que permitan excavación estable durante el periodo de construcción. Una vez se haya preparado y conformado la base se colocará una capa de material permeable (filtro) y un tubo perforado como colector. Después se completa el relleno de la trinchera con materiales gruesos, durables y resistentes. Las trincheras no sólo suministran drenaje profundo, sino que adicionan considerable resistencia estructural a la fundación de terraplenes, por ejemplo en el caso de hundimiento de la banca; disminuye la posibilidad de deslizamiento al actuar como "llave" de rellenos compactados dentro del material firme en que se apoyan; en las pocas ocasiones en que han ocurrido fallas de este sistema, se ha debido a que las trincheras no fueron profundizadas hasta roca o suelo firme, o estaban demasiado separadas entre sí.

Las trincheras estabilizantes exigen un programa bastante completo de investigación del subsuelo, que permita definir la estratigrafía y los niveles de agua en la zona donde se proyecta construirlas.

Drenes horizontales (o de penetración transversal):

La determinación del diseño de los drenes debe hacerse teniendo en cuenta la geometría de los modos de falla potenciales. Si para propósitos de diseño se asume un modo de falla circular, por ejemplo, resulta un diseño de los drenes razonablemente conservador. En este caso la longitud de los drenes es de casi la mitad de la altura del talud inmediato en el cual se necesita remover el agua. La dirección de los drenes puede depender en alto grado de la orientación de las discontinuidades significativas. El diseño óptimo de los drenes es aquel que intercepta el número máximo de discontinuidades principales por cada metro de dren perforado.

La efectividad de los drenes depende del tamaño, permeabilidad, transmisibilidad y orientación de las discontinuidades. Un dren no tiene que producir algún flujo notable para ser efectivo; puede tener flujo sólo bajo condiciones extremas. Además, la ausencia de manchas de humedad sobre la superficie de taludes rocosos no necesariamente significa que no existan condiciones desfavorables del agua subterránea. El agua subterránea puede evaporarse antes de que se vuelva perceptible sobre el talud, en particular en climas secos.

Los drenes por lo general se inclinan entre 5° y 15° hacia arriba de la horizontal. Es necesario prevenir erosión en la salida del dren; en este caso, puede dejarse un tubo pequeño en la boca del dren para retardar la erosión (figura 9-6 y 9-7). En Colombia se acostumbra dejar sin orificios o ranuras la tubería plástica de los drenes en los 2 a 3 m más cercanos a la cara del talud y en esa longitud colocar un relleno de material común arcilloso, apisonado cuidadosamente entre la pared exterior del tubo y la interior de la perforación. El espaciamiento de los drenes puede variar de 7 a 30 m, pero generalmente se aplican separaciones de 5 a 15 m. Para cortes altos en roca, puede ser ventajosa la instalación de drenes a diferentes niveles sobre el talud para incrementar la efectividad del sistema de drenaje general. En determinadas condiciones del talud, puede ser conveniente instalar una serie de drenes en forma de abanico de modo que se minimicen el emplazamiento del equipo de perforación y los tiempos de movimientos de éste; además, al desaguar en un sitio común se facilita la evaluación del caudal captado por los drenes (figura 9-9).

Los drenes deben ser cuidadosamente limpiados de materiales de perforación, lodo, arcilla y otros materiales, en caso contrario su efectividad puede reducirse a un 75%. Para esto se puede aplicar aire a alta presión, agua y en algunos casos un detergente, para limpiar los drenes. En terrenos altamente fracturados, debe tenerse cuidado de asegurar que no se bloqueen los drenes con fragmentos rocosos sueltos (derrumbe interno de "cavernas" alrededor de la perforación). Si la posibilidad de que esto suceda es alta, deben instalarse camisas perforadas de modo que los drenes permanezcan abiertos.

9.5.3 Concreto lanzado

El concreto lanzado consiste de mortero con agregados con tamaño máximo de 2 cm (3/4") que se proyecta mediante chorro de aire directamente sobre la superficie que va a ser tratada. Es uno de los métodos básicos para tratamiento de zonas inestables (potenciales o activas) en taludes rocosos. Se utiliza para prevenir la meteorización y el "descascaramiento" de las superficies de la roca y para proporcionar refuerzo superficial entre bloques. La fuerza del chorro compacta el mortero en sitio. El concreto lanzado en general se aplica en capas de 8 a 10 cm de espesor y se permite el curado de cada capa antes de que sea aplicada la siguiente. En taludes de roca parece haber reemplazado a la gunita, un material similar que tiene agregados más pequeños. El Instituto Americano del Concreto

(ACI) ha publicado especificaciones y comentarios sobre la aplicación del concreto lanzado.

Los taludes en roca deben ser terraceados y emparejados concienzudamente para proporcionar una condición muy firme antes de aplicar el concreto lanzado. El acabado final es parejo, a pesar de haber sido colocado sobre una superficie rocosa irregular. El concreto lanzado ayuda a mantener los bloques de roca adyacentes en su sitio mediante su enlace al macizo rocoso y su resistencia inicial a la tensión y al corte actuando como membrana. El resultado es que se desarrolla sobre la superficie de la roca una estructura compuesta de concreto lanzado-roca. No hay transferencia de carga desde la masa de roca hacia el concreto lanzado. En caso de que se mejore la calidad del entrabamiento entre las superficies de los bloques, el concreto lanzado actúa como refuerzo y no como soporte. Entre más rápido se aplique después de hacer una excavación, se alcanza mayor efectividad.

El concreto lanzado puede deteriorarse la filtración de agua subterránea o el descascaramiento de la roca debido a deficiencias del enlace con el concreto lanzado. Por lo tanto, deben drenarse los flujos de agua subterránea desfavorables para lograr la estabilidad a largo plazo del recubrimiento con concreto lanzado. Al respecto se acostumbra perforar lloraderos a través del concreto lanzado curado y dentro de la roca para prevenir presiones del agua detrás del concreto lanzado. En Noruega y Suecia, se pegan fuertemente a la roca superficial tubos plásticos semiredondeados para formar conductos de drenaje superficial. En principio se prefieren las superficies de roca secas en el proceso de concreto lanzado, aunque un control cuidadoso del fraguado, aditivos para fraguado y agua de chorro y curado puede dar aplicaciones exitosas sobre superficies húmedas.

Cuando existen productos de meteorización, tales como arcilla o lodo en las diaclasas o planos de falla, debe tenerse cuidado de limpiar tales discontinuidades con chorro de aire o agua para asegurar un buen enlace entre el concreto lanzado y la roca. Como regla general, deben removerse los materiales débiles hasta una profundidad por lo menos igual al ancho de la zona débil antes de aplicar el concreto lanzado. En estas zonas el concreto lanzado prestará el mayor beneficio y en ellas se requerirá atención extra durante su aplicación.

El concreto lanzado puede utilizarse en combinación con mallas de alambre de acero y pernos de roca para dar apoyo estructural y también para formar contrafuertes para cargas pequeñas. Piteau y Peckover mencionan una aplicación extensa de concreto lanzado con fibras de acero para estabilizar caídas de roca potenciales en rocas basálticas de taludes de un ferrocarril. En el Brasil se ha dado uso frecuente a este tipo de “refuerzo” del concreto lanzado, y ya se dispone de especificaciones técnicas al respecto, disponibles por estos consultores.

La ventaja más importante del concreto lanzado en el tratamiento de taludes en roca está en que ofrece una solución rápida, mecanizada y con frecuencia sin complicaciones para problemas de caída de rocas. Muchos otros materiales como polímeros, fibra de vidrio, epóxicos, plástico y componentes de caucho y asfalto, también han sido ensayados o considerados para proteger taludes en roca de los efectos del clima y la infiltración del agua subterránea. Sin embargo, ninguno de éstos ha sido todavía probado completamente con éxito en el país de forma intensiva. Las membranas, y las cubiertas con neopreno han sido utilizadas con relativo éxito en casos aislados; En los EE.UU. se han aplicado recubrimientos con asfalto y caucho por medio de esparcidores ("spray"), con éxito para retardar el descascaramiento de lutitas.

9.5.4 Recubrimiento con malla electro-soldada y concreto lanzado

Este tipo de cobertura de taludes se ha adoptado con frecuencia en taludes de carreteras y de derechos de vía de oleoductos en Colombia. Es la obra que se recomienda con preferencia para los taludes empinados y escalonados de limo arenoso y arenita meteorizada. Respecto de la función que desempeña, se considera interesante adaptar algunos apartes del trabajo de Piteau y Peckover (1978):

"Es uno de los métodos básicos para tratamiento de zonas inestables (potenciales o activas) en taludes rocosos. Se utiliza para prevenir la meteorización y el "descascaramiento" de las superficies de la roca y para proporcionar refuerzo superficial entre bloques. La fuerza del chorro compacta el mortero en sitio".

Por lo general se logran cubiertas de 5 a 10 cm de espesor. Los taludes en roca deben ser terraceados y emparejados concienzudamente para proporcionar una condición muy firme antes de aplicar el concreto lanzado. Son aplicables otras características, condiciones y aspectos de comportamiento dadas para el concreto lanzado en la sección anterior de este capítulo.

Por nuestra parte, agregamos algunos comentarios:

- La malla metálica simplemente eslabonada ("de gallinero") puede ser más fácil de manejar que la malla electro-soldada.

- Deben colocarse trozos de manguera de caucho o de tubos P.V.C. ("pasos") para el drenaje del terreno cubierto. Esto se extiende al caso de losas y mallas ancladas.

- En los sitios donde el corte muestra estabilidad desde el comienzo, es muy conveniente ir colocando el recubrimiento al mismo tiempo con la excavación.

- En algunos casos donde la superficie del terreno no puede dejarse emparejada después del corte, el revestimiento puede resultar con espesor mayor al máximo especificado.

- Las cubiertas de malla y mortero tienen una función estructural muy limitada; no puede esperarse que aguanten grandes presiones del terreno o contengan en su sitio cuñas o bloques rocosos de tamaño apreciable.

- En donde se necesitan estructuras más robustas que las anteriores, pueden construirse pantallas de concreto reforzado con anclaje profundo de alta capacidad.

- Se logran aplicaciones muy efectivas de este método preventivo o correctivo llevado a cabo con mano de obra local, que tenga experiencia en construcción común y corriente. Se logran economías apreciables en comparación con otros tipos de recubrimiento de taludes, pero deberá supervisarse con cuidado lo relativo a seguridad industrial, especialmente en taludes empinados o de altura apreciable.

9.6 Sistemas de apoyo y refuerzo

Los contrafuertes, tablestacas y muros de contención se clasifican como sistemas de apoyo externo en la medida que ofrecen resistencia pasiva a las cargas impuestas por los materiales que componen el talud y que sufren deformaciones en las etapas de falla del talud y rebote elástico general. Los pernos y anclajes en roca, los tirantes y las redes de cable ancladas y los amarres con cables se clasifican como sistemas de refuerzo porque adicionan resistencia a la masa rocosa mediante el incremento en la resistencia a la tensión en general y por el mejoramiento de la resistencia al corte a lo largo de las discontinuidades.

9.6.1 Contrafuertes y tablestacados

Los contrafuertes, tablestacados y otras estructuras de apoyo se utilizan para estabilización cuando la falla de salientes rocosas parece ser inminente o cuando parece que están ocurriendo desplazamientos verticales o deslizamientos de bloques a lo largo de grietas. Los contrafuertes se diseñan para que tomen parte del peso del talud, induciendo de este modo condiciones estables y previniendo la caída de rocas.

Los contrafuertes, aunque con frecuencia son costosos, son simples, efectivos y permanentes. Son más efectivos cuando se han generado salientes (extraplomos) o cuando la excavación requerida para remover las salientes sería costosa por las cantidades involucradas o por problemas de acceso. Los contrafuertes

generalmente se construyen al nivel de la vía, pero pueden ser igualmente efectivos en las partes altas del talud. En terrenos empinados, en especial cuando ha tenido lugar considerable erosión lateral por ríos, los contrafuertes o tablestacados son particularmente útiles.

9.6.2 Muros de contención

Para propósitos de ingeniería de taludes en roca, los muros de contención se utilizan para prevenir la caída de grandes bloques de roca del talud y para controlar o corregir fallas mediante el incremento de la resistencia al movimiento del talud. Los muros de contención tienen la ventaja de disminuir los procesos de meteorización sobre el talud rocoso y de este modo ofrecen protección permanente; el diseño básico y el uso de los muros de contención está documentado por Peck, Hanson y Thornburn. (Texto de Ingeniería de Fundaciones de uso común en nuestras universidades).

El espacio a lo largo de vías y calles o en la base de taludes en áreas urbanas como la estudiada, con frecuencia es demasiado estrecho para los tipos de muros convencionales de gravedad, como los muros de gaviones (figuras 9-13 y 9-14), o en voladizo; para sobreponerse a este problema pueden utilizarse anclajes o tablestacas con pernos anclados. Los muros anclados solo requieren la resistencia por flexión y fuerzas de corte entre los pernos de roca. Es frecuente el uso de pernos en roca combinados con muros revestidos con concreto para estabilizar taludes empinados en rocas sedimentarias.

9.6.3 Pernos y anclajes

Los refuerzos con acero por medio de pernos o anclajes mantienen la estabilidad de un talud o corte en roca. Los pernos de roca en general se utilizan para reforzar la roca superficial o cercana a la excavación o el talud natural, y los anclajes en roca se emplean para soportar grandes masas de roca inestable. Las barras de refuerzo cortas completamente inyectadas en la masa de roca con mortero, se llaman dovelas o espigas, y actúan como anclajes pasivos. Su acción, sin embargo, es en cierto modo similar a los pernos en roca no tensionados con inyección en toda su longitud en la roca (figura 9-18 y 9-19).

El refuerzo con acero de masas de roca en forma de pernos o anclajes, se ha llevado a cabo con muchos tipos de varillas, alambres, cables y torones. Se utilizan los sistemas de refuerzo con acero activos y pasivos para estabilizar taludes rocosos. Los sistemas activos involucran barras tensionadas o preesforzadas o cables, que han sido anclados en un extremo dentro de la masa de roca por medios mecánicos o mediante inyección de cemento o lechada con aditivos, o ambos o con resinas epóxicas. El sistema pasivo involucra barras no tensionadas que han sido inyectadas completamente a través de toda la longitud con cemento o lechada con aditivos. Los sistemas activos y pasivos se comparan

con frecuencia con el concreto preesforzado o reforzado, pero, puesto que la masa de roca es un medio discontinuo, las propiedades mecánicas de la masa de roca son diferentes a las del concreto que son controladas por el hombre.

La principal ventaja de los sistemas de anclaje preesforzados o activos es que no se requiere que haya movimiento antes de que el anclaje desarrolle toda su capacidad; de este modo, se minimizan las deformaciones y posibles grietas de tensión en el talud. Una ventaja adicional del sistema activo está en que se aplica una fuerza conocida al anclaje, y puede llevarse a cabo una prueba de carga durante la instalación de cada anclaje. Además, los pernos tensionados en la roca pueden revisarse en cualquier tiempo futuro, si es necesario, para determinar si se ha mantenido la carga. De este modo se logra un alto grado de confianza en el diseño del anclaje.

En general el refuerzo se diseña utilizando los métodos de análisis de equilibrio límite. Este método solo considera la condición de falla última de la masa de roca potencialmente inestable, en la cual se supone que ocurre la falla a lo largo de una o varias superficies de rotura, las cuales son definidas mediante investigación geológica. En los sistemas preesforzados o activos, la fuerza del anclaje requerida para la estabilidad se aplica parcialmente como un incremento en los esfuerzos normales de compresión sobre el plano de falla, aumentando en esta forma la resistencia friccional, y la otra parte como una fuerza resistente a la fuerza actuante que está causando la inestabilidad del talud. El valor de las fuerzas componentes dependerá tanto de la geometría y orientación de diseño de los anclajes, como de las características de la superficie de falla asumida. Para los sistemas pasivos la máxima fuerza disponible en el anclaje está determinada por la resistencia a la tracción y al corte de la sección transversal de acero y por la superficie de falla asumida que es atravesada por el anclaje.

Ambos sistemas requieren un tensionamiento adecuado del acero de refuerzo detrás de la superficie de falla asumida, lo cual o involucra una buena adherencia de la inyección a la roca. También, debe proporcionarse protección a largo plazo contra la corrosión; esto algunas veces requiere el uso de recubrimientos e inyecciones especiales para los anclajes preesforzados. Las mezclas de lechada y los procedimientos de instalación y ensayo deben ser cuidadosamente considerados por el Ingeniero durante el diseño y la elaboración de especificaciones. En el diseño de los sistemas de apoyo artificial deben considerarse los diferentes tipos de falla de taludes que se encuentren cinemáticamente posibles. Las condiciones reales de falla de taludes en campo pueden ser complejas y difíciles de analizar; por lo tanto continuará siendo necesario para el diseño de los anclajes un alto grado de juicio ingenieril y de experiencia.

9.6.4 Pernos en roca

Se utilizan básicamente para reforzar la roca superficial o cercana a la superficie de taludes naturales o excavados. Los pernos son en esencia elementos a tensión; el perno soporta una fuerza de compresión, que tiende a prevenir rebote elástico y relajación general o exfoliación, manteniendo la roca en su posición original. El sistema de pernos en roca debe diseñarse de tal forma que se mejore la resistencia al corte a lo largo de las discontinuidades. La masa de roca adquiere una resistencia a al tensión significativa como resultado de esta operación.

9.6.5 Tendones y cables anclados

Son sistemas anclados de alta capacidad que se utilizan para controlar la falla de grandes bloques y son por consiguiente más largos que los pernos en roca. Dichos anclajes por lo general influyen sobre un volumen de roca más grande que los pernos y aunque se aplican en ello los principios básicos que ya se expusieron para los pernos en, los cables anclados en general se utilizan más para soporte que para refuerzo. También pueden utilizarse para reemplazar los muros de contención y otras estructuras de apoyo que normalmente se requieren para excavaciones superficiales. También se han utilizado con efectividad para proporcionar puntos de apoyo intermedios para los muros de contención, reduciendo por lo tanto los momentos flectores en la estructura y alcanzando el beneficio de requerir una estructura de contención más pequeña.

9.7 Predimensionamiento de obras recomendadas

De acuerdo con el estudio realizado, los fenómenos de remoción en masa que pueden presentarse en La Paz son:

a) Desprendimiento y caída de bloques.

b) Deslizamientos y flujos en rellenos antrópicos.

c) Volcamiento y desprendimiento de bloques en limos arenosos y areniscas meteorizadas en escarpes o afloramientos empinados.

d) Erosión.

e) Inundación.

Los materiales donde pueden presentarse típicamente estos problemas son:

- Rellenos antrópicos susceptibles a movimientos de remoción en masa, tales como deslizamientos y flujos, acompañados o no de volcamiento.

- Limos arenosos en escarpes empinados y escalonados, susceptibles a desprendimiento de bloques, casi siempre precedido de volcamiento.

- Taludes en arcillolitas, areniscas o limolitas predominantes o intercaladas, susceptibles a volcamiento y caída de bloques en afloramientos empinados.

- Rellenos antrópicos, suelos residuales y roca meteorizada, susceptibles a erosión laminar y en surcos. Eventual carcavamiento si los procesos no se controlan.

- Terrenos bajos (a cota inferior a la del cauce de los zanjones), susceptibles a inundación.

Para mitigación de los problemas enumerados se adoptan soluciones correctivas basadas en el drenaje, contención con estructuras sencillas y tratamiento biotécnico. Los factores generales de diseño para estos tipos de obras se resumen en las tablas 9-5 a 9-7. Se procurará seleccionar obras que permitan un control efectivo de la inestabilidad, a costos razonables y de ejecución sencilla, que tengan una componente alta de mano de obra y materiales locales como se expresó al comienzo de este capítulo.

9.7.1 Tratamiento de las zonas de rellenos

La mayoría de las zonas inestables descritas en el capítulo de procesos de inestabilidad, localizados en las márgenes de los zanjones, son causados por la colocación de rellenos sobre el terreno natural en forma inadecuada y con una deficiente compactación.

Desde el punto de vista de la mitigación, los rellenos se califican en las siguientes categorías:

1. Relativamente densos y estables: son rellenos que presentan media a alta densidad, conformados por materiales con características relativamente uniformes.

2. En condiciones intermedias de densidad y uniformidad.

3. En condiciones precarias o críticas (baja densidad, materiales muy heterogéneos, presencia de basuras, etc.).

De acuerdo con lo anterior, se presenta la Tabla 9-8, la cual contiene:

- La localización del relleno, empezando por la margen izquierda del zanjón Los Naranjos, continuando con la margen derecha del mismo, y con el zanjón La

Marranera, y terminando con los rellenos localizados en el sector La Torre (en proximidad del zanjón).

- Las subzonas inestables involucradas.

- La categoría del relleno, el cual se califica según los factores ya enunciados: densidad, tipo de material que lo conforma y su estabilidad.

- Las recomendaciones necesarias para la estabilización de cada uno de los sectores.

9.7.2 Drenaje subsuperficial

Las zonas de mayor infiltración y mayor captación de escorrentía se encuentran localizadas en las cabeceras de los zanjones y en proximidad a las salidas de las tuberías de las aguas servidas, las cuales entregan a los zanjones, sin ninguna estructura de control ocasionando flujos de tierras y otros fenómenos de inestabilidad.

Para estos casos se recomienda construir filtros de sección rectangular, con 1.20 a 1.80 m de altura, 0.50 a 0.90 m de ancho, con geotextil filtrante y relleno granular grueso, limpio y durable, con tamaños entre 0.05 y 0.15 m (ver figura 9.2). En cada sitio se construirá un ramal principal central, que alcanzará la mayor profundidad, al cual llegarán ramificaciones convenientemente distribuidas en el área, separadas entre puntos de afluencia al ramal principal una distancia máxima de 15.0 m.

En la Tabla 9-9 se presenta el sector, la sub-zona de inestabilidad involucrada y la longitud total de los filtros dispuestos en forma de espinazo de pescado en cada una.

Tabla 9-9 Drenaje subsuperficial mediante filtros.

SECTOR	SUBZONAS INESTABLES	LONGITUD
Cabecera Zanjón Los Naranjos .	a_1, e_1, y e_5	110
Cabecera Zanjón de La Marranera	k_1, k_2, k_3, k_4 y k_5	245
Sector media superior de la margen izquierda del zanjón Los Naranjos.	I	95

9.8 Análisis de costos de las obras de mitigacion

En la siguiente tabla se presenta un estimativo del valor de las obras propuestas para la mitigación de los fenómenos de remoción en masa que se presentan en el barrio La Paz:

Tabla 9-10 Estimativo de costos de las obras de mitigación con prioridad a corto plazo

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr TOTAL
Anclajes	m	50	$ 42,298	$ 2,114,900
Biomanto	m^2	95	$ 6,000	$ 570,000
Canales revestidos	m	395	$ 32,293	$ 12,755,735
Cajas de recolección de agua	unidad	3	$ 195,200	$ 585,600
Cunetas revestidas	m	625	$ 73,002	$ 45,626,250
Descargue del talud	m^3	540	$ 29,860	$ 16,124,400
Descoles	m	118	$ 229,551	$ 27,087,018
Drenes horizontales	m	30	$ 108,018	$ 3,240,540
Empradización	m^2	5764	$ 10,770	$ 62,078,280
Filtro con geotextil	m	82	$ 140,592	$ 11,528,544
Filtro en espinazo de pescado	M	365	$ 63,093	$ 23,028,945
Muro de contención (concreto reforzado) h=3m, 1=37 m	m^3	45	$ 250,488	$ 11,271,960
Muro de gaviones	m^3	1990	$ 88,651	$ 176,415,490
Perfilado del talud	m^2	830	$ 17,580	$ 14,591,400
Reconformación del talud	m^3	3885	$ 29,860	$ 116,006,100
Relleno compactado	m^3	1115	$ 25,980	$ 28,967,700
Remoción de material deslizado	m^3	695	$ 60,466	$ 42,023,870
Revestimiento con malla mortero	m^2	350	$ 45,937	$ 16,077,950
TOTAL				$ 610,094,682

Tabla 9-11 Estimativo de costos de las obras de mitigación con prioridad a mediano plazo

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr TOTAL
Barreras de protección al impacto de vehículo	M	160	$ 75,860	$ 12,137,600
Biomanto	m^2	520	$ 6,000	$ 3,120,000
Cunetas revestidas	m	447	$ 73,002	$ 32,631,894
Descoles	m	77	$ 229,551	$ 17,675,427
Drenes horizontales	m	30	$ 108,018	$ 3,240,540
Empradización	m^2	960	$ 10,770	$ 10,339,200
Filtro con geotextil	m	162	$ 140,592	$ 22,775,904
Muro de contención (concreto reforzado) h=3m, L=160 m	m^3	216	$ 250,488	$ 54,105,408
Muro de gaviones	m^3	698	$ 88,651	$ 61,878,398

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr TOTAL
Perfilado del talud	m^2	1364	$ 17,580	$ 23,979,120
Reconformación del talud	m^3	250	$ 29,860	$ 7,465,000
Relleno compactado	m^3	145	$ 25,980	$ 3,767,100
Revestimiento con mortero lanzado	m^2	40	$ 35,874	$ 1,434,960
Revestimiento con malla mortero	m^2	115	$ 45,937	$ 16,077,950

TOTAL	$ 270,628,501

9.9 Conclusiones y recomendaciones

Ya se han presentado las medidas de mitigación y el predimensionamiento de las obras necesarias para la recuperación y protección del área de estudio. En la tabla 9-12 se hace un compendio de las obras que se deben adecuar en las zonas de amenaza media y alta, sus dimensiones y ubicación, y en el plano 15 la localización de las mismas. En la tabla 9-13 se presentan unas obras adicionales que, aunque no están directamente relacionadas con el control de FRM, deben acometerse para complementar el manejo del barrio.

En cuanto a las recomendaciones para desarrollos urbanos futuros, no se aconseja en ningún caso, tal y como se indica en el aparte de uso potencial del suelo (numeral 2.4 del Capítulo 4), promover ni adecuar zonas para la construcción de nuevas viviendas.

Finalmente, se recomienda consultar en la EAAB (Subdirección Técnica y la División de Mantenimiento Alcantarillado) el proyecto de la ampliación del colector del barrio La Paz, en el cual la Empresa contempla la recolección y conducción de aguas lluvias y aguas servidas a través de tubería de 16" de diámetro a lo largo de los zanjones Los Naranjos y La Marranera, así como la conformación del relleno de los causes, tal como hiciera hacia 1994 en la confluencia de dichos zanjones. La alianza entre la DPAE y la EAAB para el desarrollo de las obras de manejo en los zanjones del barrio de interés podrá evitar que la DPAE pierda trabajo y dinero en la construcción de unas obras que posteriormente serán destruidas por la intervención de la EAAB.

Santa Fe de Bogotá, D.C., Mayo de 2000

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.

Ing. MANUEL GARCIA LOPEZ
Director del estudio

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Amórtegui Gil, Jose V. (1991). Informe del Relator, sesión IV - Geotecnia de Obras Lineales. IV Congreso Colombiano de Geotecnia, Sociedad Colombiana de Geotecnia, Bogotá.

Anderson, M.G. et al (1997). "Hydrological design manual for slope stability in the tropics". Overseas Road Note 14, Transport Research Laboratory, Crowthorn, Berkshire, Reino Unido.

Bandis S.C. (1999). "Numerical Modeling Techniques as Predictive Tools of Ground Instability". Cap 7 de Casale R. y Margottini, C Eds, Floods and Landslides", Springer - Verlag, Berlin.

Bromhead E.N. (1997). " The treatment of landslides". Proc. Instn. Civ. Engrs 125, paper 11037, Londres.

Cantillo, C., (1998). "Propuesta Metodológica para la Evaluación de Riesgos por Movimientos en Masa a Escala Local". Trabajo final de la especialización en Evaluación de Riesgos y Prevención de Desastres, Universidad de Los Andes, Bogotá.

Carvalho, C. (1996). "Gerenciamiento de riscos geotécnicos em encostas urbanas: uma proposta baseada na analise de decisao". Tesis de Doctorado. Universidad de Sao Paulo, Brasil.

Christian J.T. et al (1992) "Rehability and probability in Stability Analysis". En las memorias de "Stability and Performance of Slopes and Embankments – II", The University of California, Berkeley. Geotechnical Special Publication No. 31, ASCE, N.Y., Vol. 2, pp 1071-1107.

Dikau, R., et al (1996) "Landslide Recognition - Identification, movement and causes". Wiley & Sons, Chichester, UK.

Deere D.U. y Patton F.D. (1971) "Slope Stability in Residual Soils". Memorias del Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Puerto Rico. ASCE, N.Y.

Denness B. (1988). Conferencia sobre "El papel de las estructuras geológicas regionales y locales en la ocurrencia de deslizamientos". Facultad de Ingeniería de la U. N., Bogotá. (Apuntes tomados por M. García L.).

Dikau et al editores, (1996). "Landslide Recognition, Identification, Movement and Causes". (Cap 1 - Introducción). John Wiley & Sons, Chichester. Reino Unido.

Estudio de microzonificación sísmica para Santafé de Bogotá. Ingeominas, Uniandes, Asociación de Ingeniería Sísmica.

Finlay, P.J., Mostyn G.R. and Fell R,(1999). "Landslide Risk Assessment: Prediction Of Travel Distance". Canadian Geotechnical Journal 36. pp. 556-532.

Flageollet J.C. (1999). "Landslide Hazard - A Conceptual Approach in Risk Viewpoint", Cap 1 de Casale R y Margottini C. Eds. "Floods and Landslides", Springer - Verlag, Berlín.

Flageollet J.C. y Weber D. (1996) "Fall". Cap 2 de la ref. 7.

García L., M. (2000). "Mecanismos de falla de taludes" Presente estudio y Cap. 5 de Estabilidad de Taludes, texto en preparación de promoción a Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional, Bogotá.

González G., A.J. (1999). Asesoría Geotécnica para el estudio de zonificación por fenómenos de remoción en masa en el oriente y suroriente de la Sabana de Bogotá. Realizado para la UPES por INGEOCIM Ltda, Bogotá.

González G., A.J. (1999). “Avalanche risk evaluation of Utica, Colombia”. 1° simposio internacional sobre sensores remotos y sistemas de información geográfica. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

González G., A.J. (1991). Discusión. Sesión 4, IV Congreso Colombiano de Geotecnia, SCG, Bogotá.

González G, A.J. y Millán, J.A. (1999) "Procedimiento para la evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá, Colombia". XI Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica", ISSMGE, Foz de Iguazú, Brasil.

González G., A.J., Zamudio E., Castellanos R. (1999). “Relaciones de precipitación crítica – duración, que disparan movimientos en masa”. XI Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica", ISSMGE, Foz de Iguazú, Brasil.

Hoek E. y Bray, J.W. (1994) “Rock Slope Engineering”. Institution of Mining and Metallurgy, 3ª Ed. revisada, Londres. Hoek E. (1998) “Rock Engineering”. Edición de la CBMR, CBT, y ABMS, Sao Paulo, Brasil.

Henkel D.J. (1966) “Local geology and the stability of natural slopes”. Memorias del Congreso sobre “Stability and Performance of Slopes and Embankments”, Universidad de California, Berkeley. ASCE, N.Y.

IGL (1997) “Asesoría Geotécnica para el tratamiento de la zona inestable en un sector del borde sur de la Urbanización Zarazota”. Trabajo #1545, realizado para Soluciones Urbanas, Compañía Constructora. Bogotá, enero.

INGEOCIM LTDA. “Zonificación de riesgos por inestabilidad del terreno para diferentes localidades de la ciudad de Santa Fe de Bogotá”

INGEOCIM LTDA. (1998). “Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inestabilidad del terreno para varias localidades de Santafé de Bogotá”.

IRH LTDA. (1995) “Estudio para el análisis y caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá”. EAAB

Kirkby, M.J., y Morgan, R.P.C. Soil Erosion. New York, 1980.

Leone, F. (1996). "Concept de vulnerabilite applique a L´evaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain". Tesis de doctorado, Universidad de Grenoble, Francia.

Montenegro, H. Predicción Cuantitativa de la Perdida de Suelo por Erosión Pluvial en la Cuenca del Río Checua. IGAC, Santafé de Bogotá, 1985.

Millán, J.A., (1998) "Lineamientos Metodológicos para la Evaluación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa", Proyecto de Grado para optar al título de Magister en Geotecnia, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Millán, J.A. “Inventario de procesos de remoción en masa en los estudios de amenaza y riesgo en Santafé de Bogotá “

Pardo, G. y Blair, E. Manual de Riegos. Santafé de Bogotá, 1969.

Plandepro Ltda. (1994) “Plan de manejo de zonas de alto riesgo para la prevención y atención de desastres en la localidad de Usme”.

Rosenblueth (1975). a) "Design Philisophy: Structures" y b) "Point Estimates for Probability Moments", citado por Harr M.E. (1987). "Reliabiliy Based Design in Civil Engineering", Dover Publications Inc. Nueva York.

Sanchez, S. M., Taylor C.A. & Blockley D.I. “Hazard management of proyects in an earthquake”. Department of Civil Engineering, University of Bristol, UK.

Applications of Stadistics and Probability. Lemaire, Favre & Mebarki. (eds). 1995. Balkema, Rotterdam.

Soler S., F. F., et al (1999) "Metodología para Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafé de Bogotá". XI Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, ISSMGE, Foz de Iguazu, Brasil.