CLASIFICADO

FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

FOPAE

INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR LTDA
NIT 830133204-8

INGENIERIA Y GEORIESGOS Ltda
Carrera 19A No. 84 – 14 Oficina 204
BOGOTA, COLOMBIA



"MONITOREO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL EN EL BARRIO YOPAL (El PEDREGAL) DE LA LOCALIDAD DE USME EN BOGOTA D.C. "

CONTRATO DE CONSULTORÍA No 803 - 2008

VOL. 1 - INFORME FINAL

ORIGINAL

IGRL-93-08

Versión 1

FEBRERO 23 DE 2009

Nota: De acuerdo con el articulo 20 de la Ley 23 de 1982, los Derechos de Autor pertenecen al FOPAE. La solicitud de reproducir este documento parcial o totalmente, se debe dirigir por escrito al Director del FOPAE

CONTROL DE CAMBIOS

ENTREGA DE INFORMES	ENTIDAD	Unidades
Original	**Dirección de Prevención y Atención de Emergencias**	**1**
Copia No 1	**Dirección de Prevención y Atención de Emergencias**	**1**
Copia No 2	**Ingeniería y georiesgos**	**1**
Copia No 3		
Copia No 4		

CAMBIOS REALIZADOS

Versión	Cambios realizados respecto a la versión anterior	Fecha
2		
3		
4		
5		

APROBACIÓN CAMBIOS

Versión	Realizó	Revisó	Aprobó	Observaciones	Fecha
1	**MAS**	**EER**	**EER**		**090220**
2					
3					
4					
5					

Secretaría

GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FOPAE

TITULO:

"MONITOREO GEOTECNICO Y ESTRUCTURAL EN EL BARRIO YOPAL (EL PEDREGAL) DE LA LOCALIDAD DE USME, EN BOGOTÁ D.C."

AUTOR:

INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR Ltda

RESUMEN:

El presente informe contiene en primera instancia las generalidades del sitio de estudio como localización general, condición geológica y geomorfológico, metodología de trabajo, actividades realizadas y resultados obtenidos dentro del monitoreo geotécnico y estructural. Finalmente se presentan algunas conclusiones y recomendaciones de acuerdo con las condiciones geotécnicas y estructurales encontradas durante la ejecución de las actividades de campo y oficina.

PALABRAS CLAVES:

BARRIO YOPAL (El PEDREGAL), LOCALIDAD DE USME, MONITOREO TOPOGRÁFICO, MONITOREO ESTRUCTURAL, RIESGO, FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.

TERMINOS PARA GLOSARIO E INDICE:

AMENAZA, RIESGO, FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, CONTROL TOPOGRÁFICO, MONITOREO ESTRUCTURAL, INDICE DE DAÑO, NIVEL FREÁTICO.

CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD:	**CONTRATO:**	**IDIOMA:**	**NUMERO DE PAGINAS:**	**NUMERO DE COPIAS:**
CLASIFICADO	No:803-2008	ESPAÑOL		**1**

RESUMEN

Este documento corresponde con el informe final del Monitoreo Geotécnico y Estructural del barrio Yopal (El pedregal) de la localidad de Usme en Bogotá D.C., se incluyen generalidades del área de estudio como localización, topografía, geología y geomorfología.

Este monitoreo se realizó por recomendaciones presentadas en los Diagnósticos Técnicos DI ·3951 y 3952 que indican la presencia y desarrollo de una serie de daños en varias estructuras del barrio Yopal originadas según los habitantes del barrio, por el aporte de agua generado por la ruptura de un tubo del sistema de acueducto que provocó un movimiento del terreno cuyo desplazamiento en el termino de un mes alcanzó los 5 cm dando como resultado un agrietamiento del terreno en la parte media a alta del barrio y hacia los costados norte y sur afectando principalmente los predios de las manzanas 01, 03, 08, 37 y 15 principalmente según la nomenclatura de la UAECD.

Dentro del desarrollo del monitoreo en este informe se presenta un diagnostico geotécnico que indica la presencia de 5 procesos de inestabilidad con magnitud y actividad variable y relacionados en parte con el problema existente, correspondiente con un desplazamiento generalizado de la ladera media del barrio Yopal que presenta una pendiente promedio del 18% con presencia localizada de taludes verticales con alturas de hasta 10 m, predominan alturas entre 1.0 y 3.5 m. Según las observaciones el movimiento se desarrolla sobre una superficie de falla generada en una capa de suelo residual de arcillolita muy fracturada que por efecto del agua se saturó y se reblandeció perdiendo su resistencia al corte.

De los deslizamientos identificados el más importante es el Deslizamiento 3 localizado en la parte baja del barrio Yopal sobre el costado norte el cual tiene un área superior a los 900 m^2. Este deslizamiento afectó de manera importante las viviendas de la manzana 01, las cuales se debieron evacuar en su totalidad, adicionalmente en la corona de este deslizamiento se aprecia una actividad retrogresiva evidenciada por grietas de tracción que presentan aberturas de hasta 0.30 m y amenaza con afectar adicionalmente las viviendas 15 y 16 de la Manzana 02 y la 15 de la Manzana 3. La causa principal de este movimiento esta relacionada con la influencia del movimiento de la ladera en la parte alta que por el desplazamiento generado hacia el sector norte y la pendiente empinada existente en este sector se generó la falla del terreno con desplazamiento mayor a 1 m.

La condición del agua en el área de estudio tiene una influencia importante en la generación del problema, pues en la parte media del barrio donde se localizan las Manzanas 03, 04, 05, 08 y 09 se aprecian salidas de agua en 6 puntos localizado en la pata de los taludes, generalmente la salida de flujo se presenta en el contacto del depósito de bloques con el nivel residual de arcillolita. Esta condición hace que en un espesor de hasta 0.5 m de arcilla se encuentre saturada y haya presentado reblandecimiento lo cual es muy negativo para la estabilidad de la ladera.

Para realizar el monitoreo geotécnico y estructural de los barrios Yopal y San Juan de Usme se instalaron 50 puntos de control topográfico y 38 puntos de control estructural, durante las dos campaña de monitoreo estructural se encontró que no se han incrementado de forma sustancial las aberturas de las grietas monitoreadas, se

obtuvieron las mismas lecturas registradas durante la materialización de los puntos de monitoreo o en muy pocos casos se incrementaron entre 1 y 2mm, lo cual indica una tasa de movimiento moderada.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 13
1.1 GENERALIDADES 13
1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 13
1.3 OBJETIVOS Y ALCANCE 18
1.4 ANTECEDENTES 19
1.5 INFORMACIÓN EXISTENTE 20
2 METODOLOGÍA 25
2.1 MONITOREO GEOTECNICO 25
2.2 MONITOREO ESTRUCTURAL 26
3 TOPOGRAFÍA. 28
3.1 TOPOGRAFÍA EXISTENTE 28
3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 28
4 CONDICIÓN GEOLÓGICA 30
4.1 ASPECTOS DE GEOLOGÍA REGIONAL 30
4.2 GEOLOGÍA LOCAL 31
4.3 GEOMORFOLOGÍA 33
5 DIAGNOSTICO GEOTÉCNICO 35
5.1 INFORMACIÓN GEOTECNICA EXISTENTE 35
5.2 EXPLORACIÓN SUPERFICIAL 38
5.3 PROCESOS DE INESTABILIDAD ACTUALES 48
5.4 CONDICIÓN DEL AGUA SUBSUPERFICIAL 57
5.5 COMENTARIOS GENERALES 58
6 DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL 60
6.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR DPAE 60
6.2 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO - Marco histórico- técnico 60
6.3 INSPECCIÓN GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO 61
6.4 RESULTADOS DE INSPECCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 61
6.5 SELECCIÓN E INSPECCIÓN DE LAS EDIFICACIONES DE ESTUDIO 64
Información general. 65
Características de la edificación. 65

Condición estructural. ... 66
6.6 SELECCIÓN Y MATERIALIZACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO ESTRUCTURAL ... 69
6.7 MONITOREO ESTRUCTURAL ... 69
7 MONITOREO GEOTÉCNICO ... 72
7.1 PUNTOS DE CONTROL ... 72
7.2 SECCIONES TOPOGRÁFICAS ... 72
7.3 CAMPAÑAS DE MONITOREO ... 75
Resultados monitoreo primera campaña ... 75
Resultados monitoreo segunda campaña ... 79
8 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO ... 81
8.1 AMENAZA ... 81
8.2 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ... 82
Vulnerabilidad estructural ... 83
Criterios de calificación de la condición o estado de la edificación ... 83
Criterios de calificación de daño estructural ... 85
8.3 ESCALA DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE DAÑO ... 87
8.4 ESCALA NIVEL DE RIESGO ESTRUCTURAL ... 88
8.5 EVALUACIÓN DE RIESGO GENERAL ... 89
8.6 ZONIFICACIÓN DE RIESGO ... 89
9 RESULTADOS ... 91
9.1 EVALUACIÓN DE AMENAZA ... 91
9.2 RESULTADOS VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ... 91
Calificación de la condición de la edificación ... 91
Calificación de Daño Estructural ... 94
9.3 EVALUACIÓN DEL INDICE DE DAÑO ... 98
9.4 NIVEL DE RIESGO ESTRUCTURAL ... 99
9.5 EVALUACIÓN DE RIESGO ... 100
10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ... 101
11 LIMITACIONES ... 104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Localización general del área de estudio 15
Figura 1-2 Planta detallada del área de estudio 16
Figura 3-1 Localización de la poligonal de amarre 29
Figura 4-1 Zonificación Geológica área de monitoreo (Tomado de IEH-GRUCON LTDA-1999) 32
Figura 5-1 Sección Geotécnica A-A' correspondiente al flanco derecho del movimiento (Lado Norte) 45
Figura 5-2 Sección Geotécnica B-B' correspondiente a la parte media entre el eje y el flanco derecho. 46
Figura 5-3 Sección Geotécnica C-C' correspondiente al flanco izquierdo (Lado Sur) 47
Figura 5-4 Condición general existente en el área de estudio (imagen Google Earth) 51
Figura 6-1 **Formato de campo para el inventario de viviendas** 67
Figura 7-1 Localización de secciones topográficas en la zona de estudio 73
Figura 8-1 Matriz para la Cuantificación Global del Riesgo 81
Figura 9-1 Condición de Amenaza para las viviendas estudiadas 91
Figura 9-2 Distribución del Índice de Daño para las viviendas estudiadas 99
Figura 9-3 Condición de Riesgo para las viviendas estudiadas 100

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-1 Panorámica general del barrio pedregal y San Juan de Usme..... 17

Fotografía 1-2 vista general de la tipología estructural de las viviendas del barrio pedregal 17

Fotografía 1-3 Caminos peatonales del barrio Pedregal utilizados para el acceso a las viviendas de la parte alta..... 18

Fotografía 5-1 Estructura del depósito fluvio-glacial en la parte alta del sitio de estudio... 38

Fotografía 5-2 Perfil del suelo localizado en la parte alta del barrio manzana 37 predios 03 a 07. 39

Fotografía 5-3 Perfil de terreno existente en el sector de la manzana 5 predio 06 40

Fotografía 5-4 Perfil de terreno existente en el sector de la manzana 9 predios 02 y 03 . 40

Fotografía 5-5 Talud localizado en el predio 15 de la manzana 03 que muestra el depósito y el suelo residual saturado en la base..... 42

Fotografía 5-6 vista del perfil estratigráfico típico de sector norte del área de estudio 43

Fotografía 5-7 Aspecto superficial de la arcillolita meteorizada. 44

Fotografía 5-8 Vista del deslizamiento 1..... 52

Fotografía 5-9 Vista del deslizamiento 2..... 52

Fotografía 5-10 Vista general del deslizamiento 3. 53

Fotografía 5-11 Vista general del deslizamiento 4. 54

Fotografía 5-12 Vista general del deslizamiento 5. 55

Fotografía 5-13 Deformaciones horizontales en sardineles que evidencian movimientos en la parte baja del área de estudio..... 56

Fotografía 5-14 Vista general del flujo de tierras existente en la parte baja del barrio San Juan de Usme (Deslizamiento 6)..... 57

Fotografía 6-1 Agrietamientos severos en la parte posterior de las edificaciones de la manzana 15..... 62

Fotografía 6-2 Perdida de soporte de la estructura de la cimentación por deslazamiento del suelo de fundación. 62

Fotografía 6-3 Grietas en el contrapiso de hasta 5 cm de abertura en el sector de la manzana 3 que indica daños en la fundación. 63

Fotografía 6-4 Grietas en contrapiso y muros que indican daños en la fundación por desplazamiento del suelo de fundación. 63

Fotografía 6-5 Agrietamientos diagonales en muros de las viviendas 63

Fotografía 6-6 Grietas verticales en muros internos y externos. 63

Fotografía 6-7 Grietas escalonadas formadas a través de la pega de mortero. 64
Fotografía 6-8 Grietas horizontales en muros internos y externos. 64
Fotografía 6-9 Inspección de daños en viviendas 70
Fotografía 6-10 Materialización de puntos de monitoreo estructural 70

GLOSARIO

Amenaza: Condición latente derivada de la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antrópico no intencional, que pueda causar daño a la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la económica pública y privada. Es un factor de riesgo externo.

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

Base topográfica: Mapa que contiene información topográfica, utilizable para referenciar localizaciones de otros elementos, y elaboración de mapas temáticos.

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

Cobertura: Un conjunto de datos asociados temáticamente y considerados como una unidad.

Deslizamientos: El movimiento consiste de deformación por corte y desplazamiento

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

- ***kPa:*** kilo Pascal.
- ***m:*** Metros.
- ***Ha:*** Hectárea
- ***Tc:*** Tiempo de concentración en horas,
- ***L:*** Longitud del cauce.
- ***S:*** Pendiente del cauce.
- ***F de S:*** Factor de seguridad.
- ***RQD:*** Rock Quality Designation.
- ***SPT:*** Ensayos de penetración estándar
- ***wN %:*** Humedad natural.
- ***γ T/m³:*** Peso unitario.
- ***IL:*** Índice de Liquidez
- ***N'i:*** Número de golpes corregido para un esfuerzo de confinamiento de 1 kg/cm²
- ***ϕeq:*** Ángulo de fricción equivalente.
- ***c':*** Cohesión.
- ***ϕ':*** Ángulo de fricción.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE a través de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito - DPAE suscribió el Contrato de Consultoría No. 803 de 2008 con INGENIERÍA Y GEORIESGOS LTDA, cuyo objeto es "Realizar el monitoreo geotécnico y estructural en el barrio Yopal (El pedregal) de la localidad de Usme en Bogotá D.C."

Este informe contiene en primer lugar aspectos generales como metodología de trabajo localización general, objetivos y alcance, antecedentes e información existente.

Posteriormente, tomando como base la información existente, se presenta una descripción general de la condición topográfica, geológica y geomorfológica general indicando los principales procesos morfodinámicos generales que han participado en el modelado de la zona.

En un capítulo posterior se presenta un diagnóstico geotécnico en el que se incluye un resumen general de la información geotécnica existente, se hace una descripción del trabajo geotécnico de campo realizado en el desarrollo de este monitoreo, una descripción detallada de los procesos de remoción en masa existentes y una descripción general de las condiciones del agua en el subsuelo y su posible comportamiento en el área de estudio.

Posteriormente se adiciona un capitulo de monitoreo topográfico que incluye la descripción y criterio para la selección de los puntos de control y su localización, adicionalmente se incluye la localización y las coordenadas base para la determinación de los movimientos del terreno con las campañas de monitoreo realizadas antes de la entrega de este informe.

Otro capítulo incluye el diagnostico y monitoreo estructural realizado para determinar el índice de daño de las edificaciones y la evolución del deterioro de las mismas; se incluye la metodología de evaluación, los criterios de selección de las edificaciones y los resultados finales producto del trabajo de campo realizado y del inventario de viviendas realizado mediante el diligenciamiento de las fichas prediales, se presenta la localización de puntos de monitoreo estructural y los resultados obtenidos, producto de las dos campañas de monitoreo realizado.

Finalmente se presenta una serie de conclusiones con respecto a los resultados obtenidos y las apreciaciones técnicas producto del trabajo de campo realizado y de los resultados obtenidos en el monitoreo estructural. También se presentan recomendaciones sobre las acciones inmediatas que se deben seguir para establecer la necesidad de obras de control.

1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde con el área formada con el barrio Yopal (El Pedregal) y el Barrio San Juan de Usme los cuales se localizan al sur de la ciudad de Bogotá D.C. En la parte noroccidental de la localidad de Usme, sobre la margen derecha de la quebrada Santa

Librada en una zona de topografía montañosa. Geográficamente se localiza entre el siguiente grupo de coordenadas planas: 91844N-96051E, 91780N-95742E y 91565N-95580E formando un área triangular de aproximadamente 3.7 Ha, su altitud varía desde la cota 2628 hasta la cota 2741 dando una diferencia de altura de 113 en una longitud aproximada de 340 m lo cual indica una pendiente promedio del 33% (18º). En el sentido de la pendiente el área presenta escalonamientos formando áreas alternadas de pendiente muy fuerte con pendientes suaves.

En general, en el área de estudio predominan edificaciones de uno y dos pisos con otras en menor cantidad de 3 y hasta 4 pisos. Cada una de las viviendas generalmente se ha formado en varias etapas por autoconstrucción, lo cual hace que en cada vivienda se presente tipologías estructurales diferentes en cada piso o en el área intervenida en cada etapa con calidad de materiales muy heterogénea. Predominan las edificaciones formadas con muros portantes de ladrillo tolete y bloque, mezclados con algunas columnas y vigas de concreto reforzado.

La red vial del área de estudio se caracteriza por la presencia de vías principales construidas a media ladera con pendiente muy suave que se interconectan con otras secundarias fuertemente inclinadas de poca continuidad construidas en el sentido de la pendiente, la mayoría de las vías están destapadas mejoradas con capas de afirmado. La única vía pavimentada es la que divide los barrios Yopal (El Pedregal) y San Juan de Usme, que además de ser el acceso principal a estos barrios permite la entrada y salida del trafico pesado de algunas ladrilleras localizadas al norte del área de estudio. La parte media y alta del barrio Yopal (Pedregal) carece de vías de acceso, tan solo cuenta con caminos peatonales adecuados por la propia comunidad para poder llegar a sus viviendas con víveres y materiales cargados al hombro o en carretilla.

Los barrios cuentan con servicios de alcantarillado, acueducto, luz, teléfono y gas natural, dada la condición de construcción de las viviendas es posible que las instalaciones hidráulicas internas no se hayan construido cumpliendo con especificaciones mínimas, especialmente en el caso de la red de aguas servidas y de aguas lluvias.

El uso del suelo en el barrio esta distribuido aproximadamente en un 50% de viviendas y áreas cubiertas por concreto y el otro 50% corresponde a Zonas Verdes que permiten la infiltración del agua lluvia al subsuelo y áreas destapadas que favorecen la escorrentía superficial y la generación de arrastre importante de partículas finas de suelo producto de procesos de erosión concentrada.

Actualmente el área de estudio esta afectada por fenómenos de remoción en masa de intensidad diferente, en algunos sitios se encuentra movimientos locales que durante su actividad han presentado desplazamientos superiores a 1 m y han afectado la estabilidad de viviendas. Existe además la evidencia de un movimiento generalizado del terreno en prácticamente toda el área de estudio, reportado por la comunidad desde principios del mes de Diciembre de 2008, dando como resultado agrietamientos en el terreno y en las edificaciones cuyas aberturas varían desde unos pocos milímetros hasta unos 5 cm con tendencia de aumento en el tiempo, las mayores afectaciones se presentan en las viviendas localizadas en la parte media a alta y hacia los flancos sur y norte del barrio Yopal (Pedregal) donde posiblemente se encuentran los límites del terreno en movimiento y se presentan desplazamientos diferenciales entre el suelo estable aledaño y el suelo inestable que se desplaza.

En la Figura 1-1y 1-2 se presenta la localización general del área de estudio.

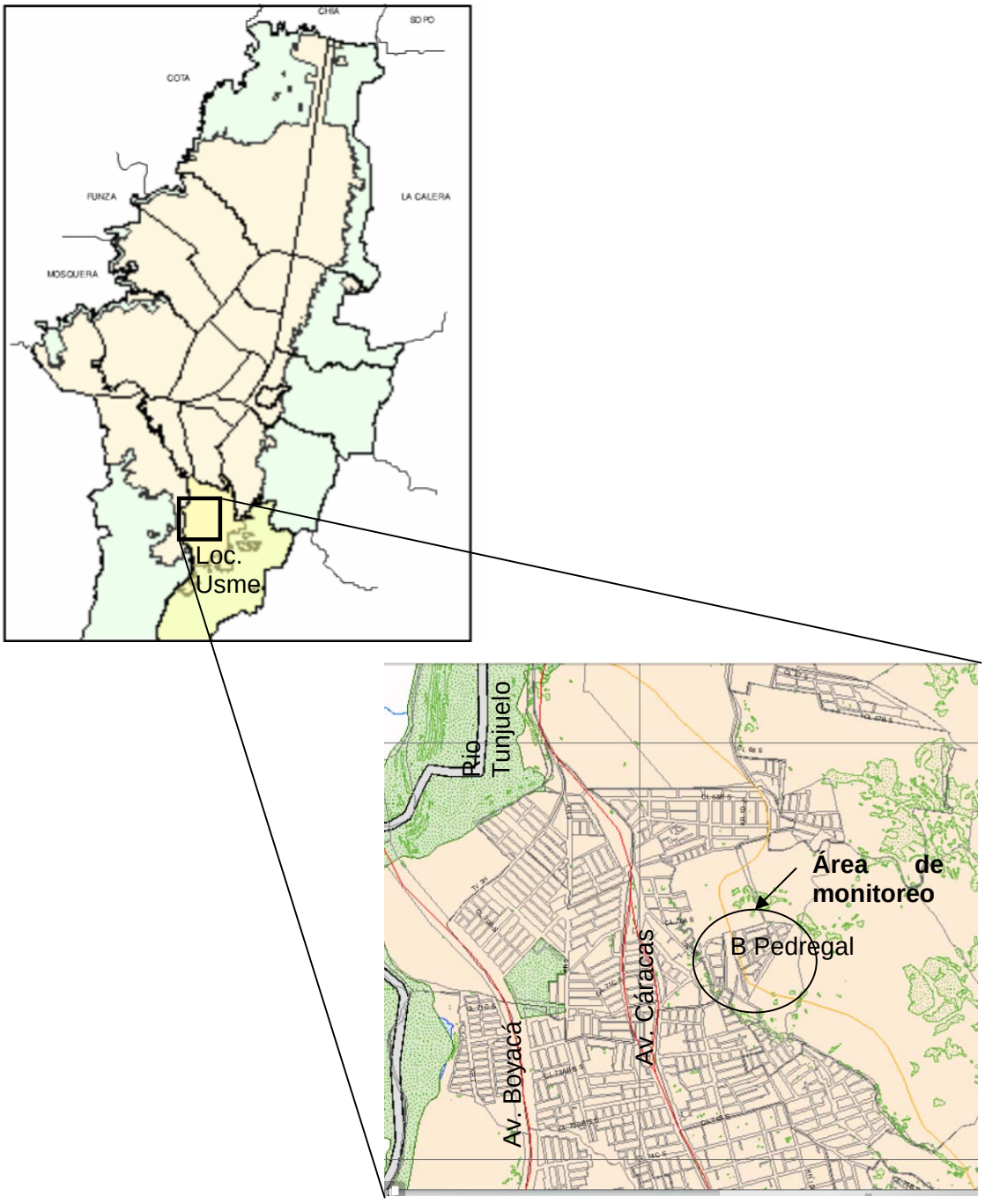


Figura 1-1 Localización general del área de estudio

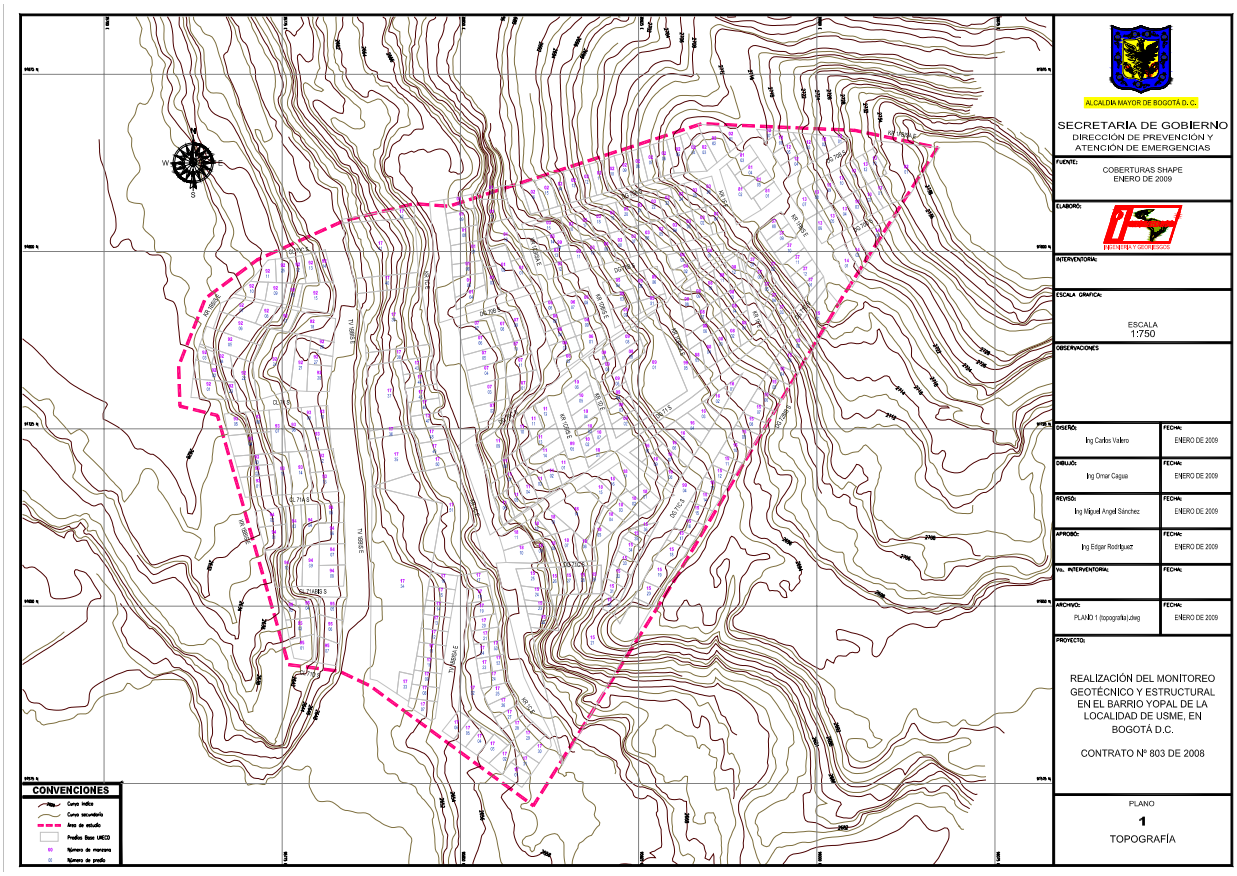


Figura 1-2 Planta detallada del área de estudio

En la Fotografía 1-1 se presenta una panorámica del área de estudio que muestra de forma general la condición de uso y el aspecto del relieve. En las Fotografías 1-2 y 1-3 se presentan aspectos típicos de las construcciones del barrio y de las vías de acceso,



Fotografía 1-1 Panorámica general del barrio pedregal y San Juan de Usme



Fotografía 1-2 vista general de la tipología estructural de las viviendas del barrio pedregal



Fotografía 1-3 Caminos peatonales del barrio Pedregal utilizados para el acceso a las viviendas de la parte alta

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal del presente estudio es realizar el monitoreo geotécnico y estructural para el barrio Yopal (El Pedregal), con el fin de establecer el comportamiento del área de estudio en cuanto a velocidad y dirección de los desplazamientos, y la condición de deterioro y habitabilidad de las edificaciones afectadas por los movimientos del terreno que actualmente se están presentado.

El alcance de las actividades en el desarrollo del monitoreo geotécnico y estructural involucran los siguientes aspectos:

1. Se define el tipo de monitoreo necesario y el tiempo requerido, para establecer las causas de los movimientos del terreno identificados.
2. Se determina el nivel de habitabilidad de acuerdo con la clasificación global de riesgo, según la estabilidad del terreno en relación con la edificación.
3. Se realiza un inventario de los fenómenos de remoción en masa del sector y su afectación a las edificaciones; además, de identificar nuevas zonas posibles de afectación por dichos movimientos, apoyados en el control topográfico.
4. Se presentan los resultados de dos campañas de monitoreo, que incluyen: lecturas de aspectos topográficos, geotécnicos y de tipo estructural.
5. Se identifican las edificaciones con mayor índice de deterioro y se recomiendan las acciones a seguir con cada una de ellas.
6. Se presentan los resultados del seguimiento periódico a las edificaciones seleccionadas para determinar la evolución de los daños.

7. Analizar la vigencia de las condiciones de amenaza evaluadas en los estudios e informes existentes a la luz de la interpretación de los resultados de controles topográficos, estructural, definiendo la necesidad de ajustar la zonificación de amenaza y/o riesgo establecida para el área del proyecto, en los estudios e informes precedentes.

8. Levantar, para cada una de las viviendas a monitorear, una ficha predial de acuerdo con el formato suministrado por la DPAE y hacer una base de datos que contenga toda la información levantada en cada una de la fichas conforme estándar DPAE.

9. Para cada campaña de monitoreo se presenta una cobertura (en formato *.shp ó *.e00) georreferenciada (acorde con el sistema de coordenadas planas cartesianas origen Bogotá – 100.000N y 100.000 E) que contiene los resultados obtenidos en cada campaña de seguimiento estructural. La cobertura contiene la base de datos en su totalidad o un atributo con el cual se puede vincular a dicha base.

1.4 ANTECEDENTES

La necesidad de la ejecución del monitoreo geotécnico y estructural del barrio Yopal (El pedregal) y del barrio San Juan de Usme esta soportado fundamentalmente en los resultados consignados en los Diagnósticos Técnicos DI-3951 y DI-3952 de 2008 los cuales se generaron el 6 y el 20 de diciembre respectivamente.

El diagnostico DI-3951 de 2008 indica "*que en la Diagonal 70B Sur entre la Carrera 1F Bis Este y la Carrera 1F Este, sector ubicado en la parte alta de una ladera natural de aproximadamente 30 grados de inclinación, se presentó la ruptura de un tubo de conducción de agua potable, perteneciente a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. De esta manera y según lo descrito en el Diagnostico Técnico DI-3951, al costado Norte-oriental de las viviendas emplazadas en los predios de la Diagonal 70C Sur # 1D – 51 Este y la Carrera 1D Bis A Este # 70C – 16 Sur, se encontró un flujo de agua aflorando ladera abajo e infiltrándose en el terreno de cimentación de las viviendas y posiblemente alterando las condiciones de estabilidad de las mismas, por lo cual se evidenciaron grietas de tendencia vertical, tendencia horizontal y diagonal escalonada, con longitud de aproximadamente dos (2) metros y abertura de hasta tres (3) centímetros; grietas identificadas en los muros de cerramiento y muros divisorios de las viviendas.*

Teniendo en cuenta lo anterior, en el Diagnostico Técnico DI-3951 se recomendó a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB, realizar los estudios técnicos necesarios que permitan establecer las causas de la afectación y/o ruptura de la tubería, donde se incluya adicionalmente un análisis del efecto de las filtraciones generadas en el terreno, en la estabilidad de la ladera y de las viviendas localizadas en la zona adyacente al sector donde se presentó la ruptura del tubo; de igual se recomendó a la EAAB, acoger e implementar las recomendaciones derivadas de dichos estudios."

En el diagnostico DI-3952 de 2008 se describe el día "*19 de diciembre del 2008 personal de la Coordinación de Asistencia Técnica de la DPAE realizó visita técnica nuevamente al sector, en*

la que se observó el avance en la afectación estructural de la vivienda ubicada en el predio de la Diagonal 70C Sur # 1D – 51 Este (Lote 2 de la manzana 14), localizada ladera abajo del sitio donde el 6 de diciembre se presentó la ruptura de un tubo de conducción de agua potable, perteneciente a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, registrado en los eventos SIRE Nos. 95353 y 95403 del 6 de diciembre de 2008 y consignados en el Diagnostico Técnico No. 3951. Al siguiente día (20 de diciembre del año en curso) se observó la evidencia de una grieta de tracción, con longitud aproximada de 80 metros y altura cercana a los cinco (5) centímetros, que conforma la corona de lo que posiblemente seria un proceso de remoción en masa de tipo general, hacia la parte alta de la ladera a la misma altura donde se presentó la ruptura de la tubería de acueducto registrado en los eventos SIRE Nos. 95353 y 95403 del 6 de diciembre de 2008 y consignados en el Diagnostico Técnico No. 3951. El posible escarpe principal identificado se localiza al costado oriental de la Carrera 1F Este entre la Diagonal 70B Sur y la Diagonal 71C Sur".

En este diagnostico se recomienda la "*realización de un monitoreo de emergencia, que evalúe la posibilidad de realizar controles topográficos y periódicos del sector, así como la posibilidad de instrumentación de la ladera, cuyo seguimiento permita advertir cambios significativos en la estabilidad del terreno y de las viviendas, así como las tasas del posible movimiento, vectores de desplazamientos del mismo, extensión y magnitud del movimiento, viviendas involucradas, entre otros, dado que con base en la inspección visual dichas características son imposibles de establecer*"

De acuerdo con lo indicado anteriormente la DPAE contrató el monitoreo topográfico y estructural del barrio Yopal (Pedregal) mediante el contrato 803 de 2008, el cual se desarrolló en el presente estudio.

Existen otros antecedentes descritos en varios Diagnósticos técnicos que indican procesos de remoción en masa que involucran áreas localizadas del barrio sin preverse un avance del proceso hasta involucrar todo el barrio Pedregal e incluso el barrio San Juan de Usme, por esta razón se involucran como antecedentes principales los Diagnósticos mencionados en párrafos anteriores.

1.5 INFORMACIÓN EXISTENTE

Para la ejecución de este informe se tomó como base la información técnica suministrada por la DPAE, correspondiente con Conceptos Técnicos, Diagnósticos técnicos, y otros documentos generados por la propia entidad, también se contó con información correspondiente a estudios geotécnicos realizados en el área de trabajo y estudios de evaluación de riesgos tanto locales como regionales. En estos documentos se pudo obtener información sobre la evolución de procesos de remoción en masa dentro del área de estudio, sobre las características topográfica, geológica regional y local, geomorfología, amenaza, vulnerabilidad y riesgo del sitio. En la Tabla 1-1 se presenta una relación de la información existente utilizada como referencia.

Tabla 1-1 relación de información existente

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
DI-3952	2008/12/20	✓ Con base en la inspección visual realizada el día 20 de diciembre de 2008, se observó la evidencia de una grieta de tracción, con longitud aproximada de 80 metros y altura cercana a los cinco (5) centímetros, que conforma la corona de lo que posiblemente seria un proceso de remoción en masa de tipo general, hacia la parte alta de la ladera a la misma altura donde se presentó la ruptura de la tubería de acueducto registrado en los eventos SIRE Nos. 95353 y 95403 del 6 de diciembre de 2008 y consignados en el Diagnostico Técnico No. 3951. El posible escarpe principal identificado se localiza al costado oriental de la Carrera 1F Este entre la Diagonal 70B Sur y la Diagonal 71C Sur. Igualmente se destaca y reitera nuevamente, que es posible que la ruptura del tubo se haya generado por posibles movimientos del terreno o que el terreno se hubiese inestabilizado por la ruptura del tubo, lo cual con base en la inspección visual no es posible precisar. ✓ La estabilidad estructural y la condición de habitabilidad de la viviendas emplazadas en los predios 5 y 7 de la Manzana 10, los predios 2 y 4 de la Manzana 14, y los predios 1, 2, 4 y 5 de la Manzana 19, del barrio Yopal - El Pedregal en la Localidad de Usme, se encuentran comprometidas en la actualidad y/o en el corto plazo de acuerdo con la inspección realizada por parte de personal de la DPAE. Adicionalmente y con base en la inspección visual realizada, se logro concluir que el resto de las viviendas evaluadas no presentan compromiso en la estabilidad estructural y en la habitabilidad de las mismas, en la actualidad y/o en el corto plazo bajo cargas normales de servicio, sin embargo es posible que tal condición se vea modificada por un avance en el proceso de remoción en masa identificado. ✓ Se recomendó a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB, desde su competencia adelantar las acciones administrativas tendientes a realizar los estudios técnicos necesarios que permitan establecer las causas de la afectación y/o ruptura de la tubería, donde se incluya adicionalmente un análisis del efecto de las filtraciones generadas en el terreno, y que pudiesen llegar a incidir en la estabilidad de la ladera y de las viviendas localizadas en la zona adyacente al sector donde se presentó la ruptura del tubo, dado que con base en la inspección visual realizada no es posible precisar dicha situación; de igual forma acoger e implementar las recomendaciones derivadas de dichos estudios a fin de garantizar las condiciones de estabilidad del terreno y las viviendas allí emplazadas. ✓ Se recomendó la realización de un monitoreo de emergencia, evaluando la posibilidad de realizar controles topográficos y periódicos del sector, así como la posibilidad de instrumentación de la ladera, cuyo seguimiento permita advertir cambios significativos en la estabilidad del terreno y de las viviendas, así como las tasas del posible movimiento, vectores de desplazamientos del mismo, extensión y magnitud del movimiento, viviendas involucradas, entre otros, dado que con base en la inspección visual dichas características son imposibles de establecer.

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
DI-3951	2008/12/6	✓ La estabilidad estructural y habitabilidad de las viviendas emplazadas en los predios de la Diagonal 70 C Sur # 1D – 51 Este y la Carrera 1 D Bis A Este # 70C – 16 Sur, no se encuentran comprometidas en el corto plazo por los daños observados en las mismas; sin embargo, es posible que de presentarse un avance significativo en el empuje de tierras e hidrostático que posiblemente afecta las viviendas en comento, así como un avance en el estado de deterioro y/o afectación estructural de las mismas, se presente el colapso parcial de los sectores de las viviendas mayormente afectadas, modificando las condiciones de estabilidad estructural y habitabilidad de las viviendas aquí descritas. ✓ se recomienda a los responsables del predio de la Diagonal 70 C Sur # 1D – 51 Este, mantener la restricción parcial de uso del costado Sur de la vivienda donde se ubican dos habitaciones y el sótano, y a los responsables del predio de la Carrera 1D Bis A Este # 70C – 16 Sur, mantener la restricción parcial de uso del costado Norte de la vivienda donde se ubica la zona de Baño y la zona del patio, hasta tanto se garanticen las condiciones de estabilidad del terreno y la estabilidad estructural de las mismas. ✓ Se recomienda a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB, desde su competencia adelantar las acciones administrativas tendientes a realizar los estudios técnicos necesarios que permitan establecer las causas de la afectación y/o ruptura de la tubería, donde se incluya adicionalmente un análisis del efecto de las filtraciones generadas en el terreno, y que pudiesen llegar a incidir en la estabilidad de la ladera y de las viviendas localizadas en la zona adyacente al sector donde se presentó la ruptura del tubo, dado que con base en la inspección visual realizada no es posible precisar dicha situación; de igual forma acoger e implementar las recomendaciones derivadas de dichos estudios a fin de garantizar las condiciones de estabilidad del terreno y las viviendas allí emplazadas.
CT-4765	2007/02/15	Corresponde con un concepto por remoción en masa, en el que se presenta la evaluación de riesgo para el barrio Pedregal de la localidad de Usme, en este concepto se presenta la descripción general de las condiciones del barrio, aspectos de geología, geomorfología, relieve, topografía, usos, clima y procesos. A partir de esto se presenta una zonificación por amenaza, se evalúa la vulnerabilidad del barrio y se define una zonificación por riesgos en la cual gran parte del barrio se encuentran con riesgo medio. En este concepto se concluye lo siguiente: El desarrollo **Yopal (El Pedregal)** de la localidad de Usme, se encuentra localizado en una zona de amenaza media y alta por fenómenos de remoción en masa, Los predios construidos dentro del desarrollo, se encuentran en riesgo medio y alto, por fenómenos de remoción en masa. Desde el punto de vista de riesgos, la DPAE considera factible continuar con

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
		el proceso de legalización para los predios del desarrollo **Yopal (El Pedregal)**, a los que se les definió amenaza media y/o riesgo medio por fenómenos de remoción en masa y se recomienda excluir del proceso aquellos predios con amenaza alta y/o riesgo alto por remoción en masa. Para los predios en riesgo medio, cada propietario de las viviendas o infraestructura construida, debe evaluar los sistemas estructurales, con el propósito de garantizar condiciones óptimas de habitabilidad y llevar las edificaciones construidas al cumplimiento de las actuales Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (Decreto 33 de 1998). Se recomienda implementar obras de infraestructura y mantenimiento de las mismas que contribuyan con el mejoramiento integral del sector, entre otras: dotación de adecuadas redes de acueducto y alcantarillado, pavimentación de vías y construcción de obras de drenaje para el manejo de aguas lluvias y de escorrentía superficial. Para la realización de este concepto, dentro del contenido se presenta una serie de Diagnósticos y otros Conceptos técnicos que describen de forma clara la presencia de eventos de inestabilidad localizados especialmente en la parte baja del barrio donde se encuentran cortes de altura importante realizados tanto para explotación de materiales como para la conformación del terreno para las viviendas.
Estudio Geotécnico sector El pedregal fase II	Abril de 1996	Este estudio realizado por el INGEOMINAS involucra el sector norte del área de estudio y contiene información geológica, geomorfológica y geotécnica de este sector, contiene datos importantes sobre la condición de fracturamiento del macizo rocoso, datos de exploración indirecta a partir de líneas de refracción sísmica que muestran la forma aproximada los espesores del depósito superficial, también se presentan parámetros geomecánicos para lo niveles rocosos de arcillolita y arenisca. Se presentan análisis cinemática de estabilidad. En este informe se describe que el estudio se realiza para el diseño de medidas de estabilización de las laderas del sector que se ven afectadas por procesos de inestabilidad asociados con la ejecución de cortes de altura importante realizados para la construcción de vías y viviendas. De este estudio se toma básicamente la información geotécnica referente a la condición del macizo y los espesores del depósito.
ZONIFICACION DE RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCION EN MASA EN 101 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME	Noviembre de 1998	Este estudio realizado por la empresa Investigaciones Geotécnicas Ltda, de este informe se consultó información geotécnica, de geología y geomorfología regional y se utilizó el mapa de zonificación por riesgo para conocer la condición evaluada en la época del estudio y ver los cambios generado en los siguientes estudios, sin embargo, el área de influencia del estudio es grande y no permite apreciar el nivel de detalle apropiado para el sitio de estudio. En este estudio se indica que existe riegos bajo para la parte media y alta del barrio Pedregal y en todo el área del Barrio Sanjuán de Usme. Existe riesgo alto para la parte baja del barrio pedregal hacia el lado sur sobre la ladera de arcillolitas y parte del depósito donde existen cortes altura importante y hacia el lado Norte en el área del talud rocoso expuesto en un corte de mas de 10 m de altura. Y parte del depósito con pendiente importante.

INFORME	FECHA	Observaciones Generales
ESTUDIO DE RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA LADERA DONDE SE ENCUENTRAN LOS DESARROLLOS EL PEDREGAL, BARRANQUILLITA Y SAN JUAN DE USME, LOCALIDAD DE USME	Octubre de 1999	Realizado por la firma por la firma INGENIERÍA E HIDROSISTEMAS - IEH GRUCON Ltda. Este estudio contiene un compendio detallado de la información topográfica, geológica, geomorfológico, geotécnica, zonificación por amenaza, vulnerabilidad y riesgo que involucra todo el área proyectada para el monitoreo geotécnico y estructural. Igualmente presenta las conclusiones y recomendaciones sobre las obras de estabilización, de mitigación y estabilización para el área de estudio. Dado el detalle del estudio, se tomará como referencia principal para la consulta de información básica con respecto a las características del medio físico de los barrios. En este informe se tiene que la amenaza del área se califica entre media y baja para la mayor parte del área, hacia parte norte del área se presenta una zona con amenaza alta debido ala gran pendiente del terreno y la condición de estabilidad existente, también se califican como amenaza alta los sitios donde existen cortes importantes del terreno. En cuento a riesgo el estudio indica que gran parte del Área se encuentra con riesgo bajo a muy bajo con algunas áreas aisladas en riesgo medio. Haciendo comparación con el Concepto Técnico CT-4765 el nivel de riesgo en 8 años ha aumentado en un nivel, es decir que el área de riesgo bajo y muy bajo a pasado a riesgo medio y los sitios de riesgo medio en 1999 pasaron a riesgo alto el año 2007. Lo anterior indica que el nivel de amenaza y riesgo esta aumentando en el área de estudio y puede acelerarse este comportamiento si los factores detonantes no se controlan y atenúan en alguna medida y se incluyen medidas que mejoren las condiciones de resistencia del área.

2 METODOLOGÍA

En lo que sigue se presenta una descripción general de la metodología utilizada para la ejecución del Monitoreo Geotécnico y Estructural del barrio Yopal (El Pedregal) de la localidad de Usme. La metodología básicamente involucra actividades de campo y oficina.

2.1 MONITOREO GEOTECNICO

La metodología utilizada para la ejecución del monitoreo geotécnico se compone de los siguientes aspectos:

- Revisión preliminar de la información geotécnica existente en los diferentes estudios realizados.
- Ejecución de la visita de campo para el reconocimiento del área de estudio, ejecución de levantamiento de campo de información como localización y tipología de procesos de remoción en masa recientes y antiguos, definición de su actividad y tipología correspondiente. Evaluación superficial de las condiciones del agua en el área de estudio y magnitud de las intervenciones de origen antrópico realizada en el área de trabajo.
- Definición de puntos de control topográfico. Con lo encontrado en la etapa anterior se seleccionaron 50 puntos para hacer el monitoreo topográfico con el fin de establecer el grado de actividad el área de estudio, la dirección preferencial de los desplazamientos y la magnitud de estos. También se determinará la velocidad de avance para clasificar el proceso y definir una zonificación por actividad del terreno para tomar decisiones oportunas sobre la evacuación y relocalización de familias. Adicionalmente se localizó el alineamiento para el levantamiento de las secciones topográficas para generar los modelos geotécnicos aproximados.
- Levantamiento topográfico para la georreferenciación de los puntos de control y de las secciones. Para la topografía se tomó como base la placa CD 578-A con azimut a la placa CD-583, localizada a menos de 500 m del área de estudio. Estos puntos se toman como control para los monitoreos.
- Monitoreos topográficos, se realizaron 2 monitoreos con espaciamiento promedio de 12 días con el fin de conocer el comportamiento superficial del terreno.
- Diagnostico geotécnico. Con la información levantada en campo y la información existente se incluye un diagnostico geotécnico que incluye principalmente, la descripción detallada de los procesos de remoción en masa mas representativos del área de estudio, se presenta una descripción general de la condición geotécnica del área en lo que tiene que ver con distribución superficial de materiales y con la estratigrafía encontrada en los diversos cortes del terreno existentes en el área de estudio y que permiten ver de forma aproximada la distribución de las capas de suelo. Para complementar la información se presentaran las secciones topográficas levantadas con la estratigrafía aproximada.

- Procesamiento y análisis de la información. La información levantada en campo se procesa y analiza con el fin de tener un concepto general sobre las características del movimiento que se está presentando en el área de estudio y sobre las posibles causas que han influenciado en la generación del problema.
- Recomendaciones. De lo encontrado en campo y con los resultados del monitoreo topográfico se presentan recomendaciones y conclusiones respecto el comportamiento del movimiento de la ladera y sobre las acciones que se requieren implementar en el corto plazo para evitar el avance del problema y para mitigar los problemas que se han presentado.

2.2 MONITOREO ESTRUCTURAL

La inspección realizada se desarrolló en el Barrio Yopal (antes el pedregal) y San Juan de Usme, localizado en la localidad de Usme en la ciudad de Bogota DC. El motivo de la inspección es la afectación de las edificaciones por un presunto movimiento del suelo que refleja la presencia de grietas y hundimientos en el contrapiso, muros y entrepisos.

La inspección se realizó con la iniciativa del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias DPAE, a través de INGENIERIA Y GEORIESGOS LTDA y como soporte en el área estructural el Ing. MSc. WILSON E. MORENO B. de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura Ltda.

El objeto fue la realización del estudio y monitoreo de las edificaciones de los Barrios Yopal y San Juan de Usme, para inspeccionar los daños existentes, que comprometan la estabilidad estructural de las mismas. Dentro de los objetivos específicos se requirió sectorizar previamente el área de estudio identificando las zonas de afectación, seleccionar e inspeccionar aleatoriamente las edificaciones en el área de estudio, determinar y materializar puntos de control para monitoreo, hacer análisis de los elementos estructurales que presentan daños, calificar por medio del índice de daño las edificaciones, realizar la asociación y extrapolación de los resultados a todas las edificaciones y finalmente emitir un concepto del riesgo en que se encuentra.

En general la metodología para ejecutar la parte de monitoreo Estructural en el marco del proyecto es la siguiente:

- Análisis de la información existente suministrada por DPAE
- Descripción del área de estudio y sectorización preliminar
- Inspección general del área de estudio
- Resultados de Inspección general del área de estudio
- Zonificación preliminar general
- Selección e inspección de las edificaciones de estudio
- Selección y materialización de puntos de monitoreo
- Metodología de evaluación - Inspección - calificación vulnerabilidad estructural - calificación de la condición de la edificación (estado) - calificación del daño de la edificación - Análisis - calificación del índice de daño de la edificación.

- Resultados - calificación vulnerabilidad estructural - calificación de la condición de la edificación (estado) - calificación del daño de la edificación - Análisis - calificación del índice de daño de la edificación.
- Monitoreos
- Análisis de monitoreos
- Calificación de riesgo (amenaza - vulnerabilidad)
- Conclusiones y recomendaciones

3 TOPOGRAFÍA.

3.1 TOPOGRAFÍA EXISTENTE

La condición topográfica del sitio presenta variaciones de plana en una pequeña área que favorecen la acumulación de agua en épocas de invierno a montañosa en gran parte del área de estudio. Existen sitios de topografía escarpada correspondiente con los cortes realizados por el hombre para la adecuación del terreno con propósitos de construcción de viviendas, estos sitios presentan diferencia de nivel de hasta 4 m de altura y en los escarpes dejados se aprecian materiales de depósito con bloques en voladizo que eventualmente pueden desprenderse en caso de lavado de la matriz.

Para la ejecución del monitoreo se tomó como referencia la topografía digital existente, suministra por la DPAE la cual esta georreferenciada con coordenadas IGAC para Bogotá D.C., esta topografía presenta curvas de nivel cada metro y contiene el área del proyecto mas área perimetral adicional. En cuanto a la parte predial se tomó como referencia la nomenclatura predial de la Unidad Administrativa Especial Catastro Distrital – UAECD ya que en la información suministrada esta nomenclatura se encuentra para todo el área del monitoreo (Barrios pedregal y San Juan de Usme), no se tomó la de la Secretaría Distrital de Planeación- SDP ya que en la información suministrada solo estaba para el barrio Pedregal.

En el Plano 1 se presenta la base topográfica utilizada para la ejecución del monitoreo.

3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El trabajo de topografía realizado en este proyecto consistió en el levantamiento de la poligonal base para el monitoreo y la materialización de los puntos de control topográfico.

La poligonal se georreferenció a partir de la placa CD-578A con visual a la placa CD 583. El certificado del IGAG presentado en el Anexo A corresponde con la placa CD-577A con visual a la placa DC-583. Para obtener las coordenadas de la placa CD-578A se montó estación sobre la placa CD-583 con visual hacia la placa CD577A y se transitó hacia la placa CD-578A con lo cual se obtienen las respectivas coordenadas las cuales se tomaron como base de amarre para la ejecución del monitoreo. La poligonal consta de 7 estaciones incluyendo la placa de referencia, en la Tabla 3-1 se presentan las coordenadas de la poligonal y en el Anexo A se presenta el calculo de la poligonal en la cual se encontró un error de cierre en ángulo de 9” y en distancia de 0.037 m dando una precisión de 22562 la cual es adecuada para el trabajo realizado. Para la toma de coordenadas de los puntos de control se pusieron puntos auxiliares. En la figura 3-1 se presenta la localización general de la poligonal.

Tabla 3-1 Coordenadas poligonal de amarre para el monitoreo topográfico

COORDENADAS DELTAS				
PUNTO	**NORTES**	**ESTES**	**COTA**	**DETALLE**
578	91701,478	95533,947	2675,095	CD-578-A
583	93049,150	95297,794	2612,670	CD-583
2000	91535,894	95587,634	2686,766	D-2
3000	91549,564	95724,920	2684,208	D-3
4000	91646,472	95947,953	2725,930	D-4
5000	91834,791	95948,907	2748,895	D-5
6000	91745,173	95845,185	2699,037	D-6
7000	91552,693	95696,514	2685,102	D-7



Figura 3-1 Localización de la poligonal de amarre

4 CONDICIÓN GEOLÓGICA

La condición geológica descrita en este aparte se tomó del estudio realizado por IEH GRUCON Ltda-1999, ya que presenta un buen nivel de detalle.

4.1 ASPECTOS DE GEOLOGÍA REGIONAL

El área de interés se localiza en el extremo sur de la Sabana de Bogotá en una morfología de colinas de piedemonte que desciende suavemente al valle del río Tunjuelo al occidente y que se empina en forma considerable al oriente. El valle del río Tunjuelo es la geoforma predominante y se desarrolla en el núcleo del sinclinal de su mismo nombre sobre rocas blandas en las Formaciones Bogotá y Usme, mientras que en sus flancos se levanta al oriente y occidente cadenas montañosas conformadas por rocas más duras de las Formaciones Guaduas y Guadalupe, todas ellas con rumbo generalizado Norte - Sur.

La característica principal del área aledaña al barrio Yopal (El Pedregal) es que se trata de una zona altamente intervenida inicialmente por la explotación de materiales de construcción para agregados de concreto, obtenidos de las gravas del cono del río Tunjuelito y para la fabricación de ladrillo a partir de las arcillas y arcillolitas de la Formación Bogotá o Usme, sin contar con la utilización en menor escala de algunos materiales como relleno y las excavaciones para construcción de vías y vivienda.

Específicamente en el área más cercana al barrio Yopal (El Pedregal) sobresalen las colinas cubiertas por el aglomerado de la Formación Marichuela como un remanente, dentro de una amplia área donde en forma artificial han sido destapadas las arcillolitas de las Formaciones Regadera y Bogotá. Al W las arcillolitas son cubiertas por los materiales granulares del cono del río Tunjuelo.

Geológicamente el área de estudio se encuentra situada sobre un plano estratigráfico de una estructura sinclinal bastante comprimida con ángulo de buzamiento que varía desde los 20° hasta los 40°, a través de la cual afloran capas de aglomerados, areniscas y arcillolitas, que en gran parte se encuentran cubiertas por depósitos de diferente origen, coluvial, aluvial y antrópico derivados los primeros de la acumulación de materiales rodados y erosionados de las formaciones aflorantes en la parte superior, los segundos por la acción de la quebrada Santa Librada en la parte inferior de la ladera y todos ellos afectados por las actividades mineras y del desarrollo urbano posterior, que se ha experimentado en la zona.

En general se trata de una secuencia sedimentaria de rocas duras y blandas, que como tal dan origen a una morfología escalonada, donde se diferencian altos y bajos topográficos como respuesta a la resistencia de cada nivel a la erosión, lo que además permite que las capas duras suprayacentes protejan las blandas infrayacentes generando perfiles de taludes empinados y hasta negativos.

4.2 GEOLOGÍA LOCAL

A escala local en el estudio mencionado se indica la presencia de unidades geológicas las cuales describe de la más antigua a la más joven como se indica a continuación.

Arcillolitas Moteadas: afloran ampliamente en la base de la colina, en especial hacia los extremos NW y SE, donde son explotadas para la fabricación de ladrillo, por lo cual se pueden observar en los frentes de excavación. Conforman la parte sur del área de estudio donde se presenta una colina o promontorio en cuyo flanco se encuentran ya construidas algunas casas y que se prolonga en dirección de la quebrada Santa Librada.

Al parecer corresponden a la formación Regadera, son de color rojizo a morado claro, moteado de gris, en algunos casos de colores abigarrados, litificadas, es decir altamente consolidadas, presentan intercalaciones de areniscas finas y componente limoso. Hacia la parte superior son limitadas concordantemente por una costra de arenisca ferruginosa de unos 15 cm, más dura e impermeable y donde aflora conforma un escudo protector contra la erosión. Este nivel es afectado por erosión concentrada.

Areniscas Friables: sobre las arcillolitas moteadas se encuentran areniscas friables, amarillas, sucias, es decir con contenido de finos y que en su base muestran la presencia de la costra ferruginosa dura e impermeable descrita anteriormente. En los metros superiores sobresale un nivel blanco- grisozo, caolinítico, con contenido de vidrio, con origen en cenizas volcánicas. El espesor observado varía de 4 a 6 m y se observó principalmente en la cantera abandonada al extremo norte de la carrera 1 C Este (antigua calle 85D Sur). En la parte baja del barrio sobre la carrera paralela a la quebrada (calle 86 A Sur), se puede observar suprayaciendo igualmente en contacto con las arcillolitas.

Las areniscas son blandas hasta friables y con poca resistencia a la erosión, con excepción del nivel ferruginoso que en algunas partes aflora como remanente.

Nivel Superior de Arcillolitas: en la zona más alta del Barrio se observa un cambio de pendiente en la ladera y una acumulación de coluvión y suelo orgánico que cubre un estrato blando, consisten principalmente en arcillolitas rojas y amarillas plásticas, cuyo espesor no medido, se estima menor de 10 m.

Aglomerado: para este estudio se denomina de esta forma a la capa de sedimentos dentríticos no seleccionados, con partículas que van desde arenas medias hasta bloques de gran tamaño, no cementados de manera general, que se encuentran cubriendo una superficie topográfica preexistente en forma discordante, su composición es heterogénea hasta caótica en su granulometría y en su grado de redondez. Los componentes líticos son principalmente de areniscas de diferentes tamaños, desde arena y grava media hasta clastos, cantos y bloques de varios metros de diámetro, angulares a subangulares y hasta redondeados, con superficies pulidas y en ocasiones rastros de fricción orientados.

Su espesor es variable habiéndose medido desde 0.60m hasta 4 m en la cantera de la parte media baja del Barrio El Pedregal. (Carrera 1°C Este).

Coluvión: como es normal en una ladera con inclinación parcial mayor de 30°, se presentan depósitos de ladera a todo lo largo del flanco, con espesores variables de acuerdo con los leves cambios topográficos. Los componentes del coluvión son bloques del aglomerado en una matriz limo-arenosa y en algunos casos arcillosa, especialmente en la parte baja del barrio. En algunos casos se hace difícil la separación del aglomerado del coluvión, ya que por su composición pueden llegar a parecerse, sólo que el aglomerado se encuentra in-situ, mientras que el coluvión es transportado, o secundario.

La principal acumulación de coluvión se observa en la zona verde correspondiente al talud superior de la antigua vía del Ferrocarril a Usme, en cuya parte baja se registró un espesor menor a 2.0 m. El coluvión por su composición heterogénea y su contenido de finos representa el material más susceptible de inestabilidad y de hecho en la zona verde mencionada se registran rasgos de movimiento, como escalonamientos y pequeños escarpes remanentes.

En varios sitios estos depósitos se confunden además con zonas de botaderos y rellenos, con los materiales removidos por las actividades mineras, por los cortes de las vías y por las explanaciones de las casas. En la figura 4-1 se presenta la zonificación geológica del área de estudio tomada de IEH-GRUCON LTDA-1999.

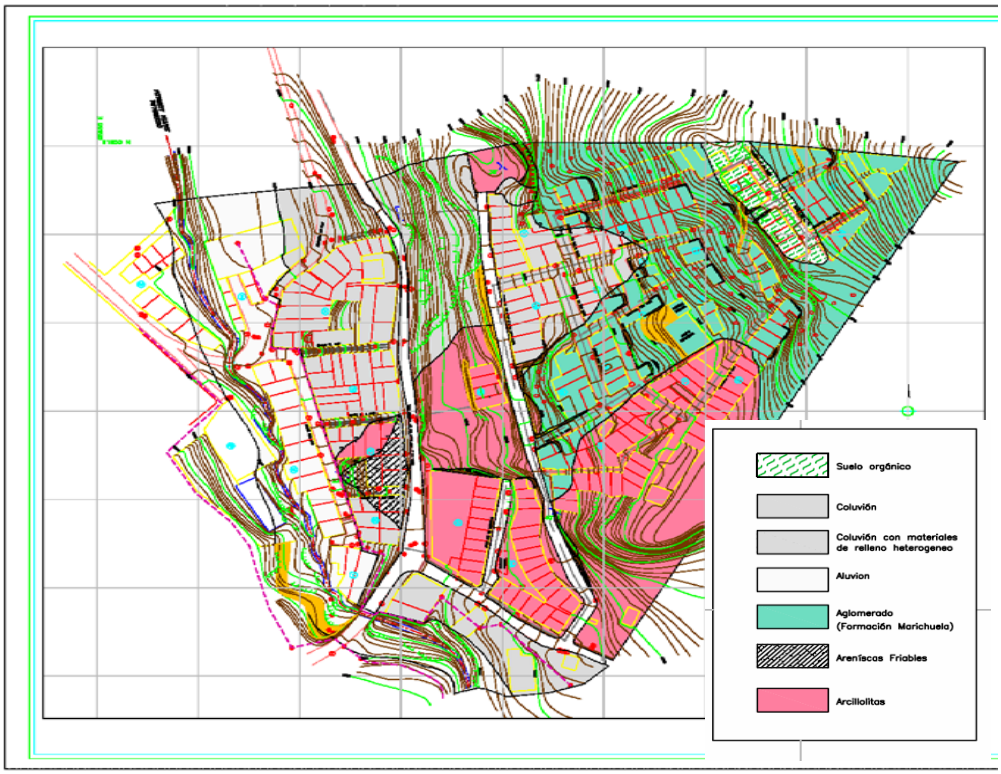


Figura 4-1 Zonificación Geológica área de monitoreo (Tomado de IEH-GRUCON LTDA-1999)

4.3 GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo con el estudio de IEH – GRUCON Ltda desde el punto de vista geomorfológico se puede incluir lo que sigue.

En la parte alta a la altura de la Carrera 1° F Bis Este (antigua calle 85 sur), peatonal, se encuentra un cambio de pendiente importante en la vertiente, que indica la presencia de la cabeza de una capa o nivel blando entre dos capas más duras, que es erodado, dando origen a un pequeño bajo topográfico, donde como consecuencia se presenta una acumulación de suelo orgánico que drena siguiendo el rumbo de las capas en dos direcciones, hacia el Norte y hacia el Sur.

Otras geoformas identificadas en el área del barrio Yopal tienen que ver con los cortes de las vías, las explanaciones para la construcción de las casas que dejan taludes verticales de varios metros de altura y por último algunas canteras abandonadas que muestran cortes verticales. Una geoforma especial y característica es constituida por el afloramiento de grandes bloques de colores claros que se observan desde lejos y que en los sitios de mayor acumulación conforman promontorios, o topografías positivas.

En el extremo sur del Barrio Yopal se encuentra una colina orientada en forma ortogonal al rumbo de las capas, tiene una forma redondeada y sus flancos se encuentran descapotados mostrando las arcillas moteadas. En su parte superior se identifica la corteza de arenisca ferruginosa que protege a la arcillolita de la erosión.

En la parte media baja del barrio en la zona verde entre las dos calles principales se encuentra una sucesión de tres cambios de pendiente con pequeños escarpes y terrazas indicativos de movimientos escalonados que han afectado el coluvión y los rellenos allí presentes y que al parecer ya han encontrado una condición de equilibrio.

Los procesos geomórficos naturales muestran poca actividad en comparación con los inducidos por causa de la explotación de los materiales y del mismo proceso urbanístico, que encausa y dirige las aguas lluvias a lo largo de las excavaciones de las calles y carreras y que en algunos casos acrecienta la actividad erosiva y transportadora de las aguas en los cortes verticales desprotegidos.

Erosión: se presenta en forma notoria en los terrenos descapotados y excavados, afectando principalmente las arcillolitas, con acción laminar y formando pequeños surcos, por acción de la concentración de las aguas. Cuando se encuentran al descubierto niveles de diferente dureza y composición, la erosión diferencial puede llevar a la conformación de huecos o taludes negativos debajo de la capa superior más dura, pero que en los casos observados no tienen dimensiones significativas.

La presencia de una capa o nivel ferruginoso de mayor dureza y baja permeabilidad (impermeabilidad) sobre las arcillolitas las protege contra la erosión, e impide la alteración por absorción de agua en el nivel de contacto, haciendo más lenta la acción de los agentes geomorfológicos.

La acción erosiva sobre el nivel de aglomerado in-situ es baja, causa sin embargo, una lenta socavación alrededor de los bloques grandes, poniéndolos al descubierto y en algunos casos llegando a desestabilizarlos cuando la socavación alcanza su base y propicia entonces un desprendimiento por gravedad;

Movimientos en Masa: se observan movimientos en masa afectando los rellenos que se localizan sobre el coluvión; el sector presenta una morfología escalonada de pequeños escarpes y terrazas; allí, se pudo establecer que el espesor del relleno de detritos de construcción y estériles de la explotación de la cantera incluida su base coluvial, es menor a los 2.0 m y que esta descansando sobre el nivel de arcillolitas, que aquí se presentan plásticas y húmedas, situación que propicia la reducción de los parámetros de resistencia y facilitar la inestabilidad del depósito. El agua que se observa en la parte baja de este depósito proviene de las casas construidas en la parte superior y de la vía de acceso a las mismas.

5 DIAGNOSTICO GEOTÉCNICO

Este capitulo contiene los resultados obtenidos en la consulta de la información geotécnica existente y especialmente producto del trabajo de campo realizado durante la ejecución de este trabajo.

5.1 INFORMACIÓN GEOTECNICA EXISTENTE

La información geotécnica existente tomada como base para el conocimiento general del sitio de estudio corresponde con la presentada en el Estudio Geotécnico sector El Pedregal fase II realizado por el INGEOMINAS y la información del estudio realizado por IEH- CRUCON Ltda.

En el informe del ingeominas se indica que las propiedades geotécnicas para los diferentes materiales son:

- Arenisca friable:

Peso unitario: 2.1Ton/m2

GSI: 30-35

Compresión simple: 190 Kg/cm2

Cohesión: 4 Kg/cm2

Angulo de fricción: 40.5º

Discontinuidades: estratificación N44W/44SW, familia 1 N72-52W/70-73 SW, familia 1 N68W/58NE a N61E/22NW

- Arcillolita:

Peso unitario: 2.2Ton/m2

GSI: 25-30

Compresión simple: 7 Kg/cm2

Cohesión: 1.4 Kg/cm2

Angulo de fricción: 8.2º

Discontinuidades: estratificación N44W/44SW, familia 1 N72-52W/70-73 SW, familia 1 N68W/58NE a N61E/22NW

- Depósito fluvio glacial. Espesor máximo de 10 m en l aparte alta de la ladera, no se reportan parámetros de resistencia claramente.

En el informe de IEH-GRUCON Ltda se indican las siguientes propiedades geotécnicas para los materiales de la zona de estudio:

- Arcillolita (macizo rocoso)

Peso unitario: 2.0Ton/m2

Cohesión: 1.3 Kg/cm2 (Residual 0 Kg/cm2)

Angulo de fricción: 40º (Residual 15º)

- Arcillolita reblandecida

Peso unitario: 2.0 Ton/m2

Cohesión: 0.7 - 1.1 Kg/cm2

Angulo de fricción: 9 – 23º

- Aglomerado (Dep fluvio glacial).

Peso unitario: 1.25Ton/m2

Cohesión: 0.4 Kg/cm2

Angulo de fricción: 27

- Coluvión.

Peso unitario: 1.8Ton/m2

Cohesión: 0.2 Kg/cm2

Angulo de fricción: 23

- Coluvión + relleno

Peso unitario: 1.7Ton/m2

Cohesión: 0.1 Kg/cm2 (residual 0 Kg/cm2)

Angulo de fricción: 23º (residual 18º)

En el informe de Investigaciones Geotécnicas Ltda los parámetros geotécnicos de varios de los materiales existentes en el área de estudio que se reportan son los siguientes:

- Arenisca friable:

Peso unitario: 1.8 a 2.2Ton/m2

Cohesión: 0.8 a 1 Kg/cm2

Angulo de fricción: 29.5 a 33.5

- Arcillolita:

Peso unitario: 1.5 a 2.1Ton/m2

Cohesión: 0.4 a 0.8 Kg/cm2

Angulo de fricción: 25 a 30

- Depósito fluvio glacial.

Peso unitario: 1.8 a 2.1Ton/m2

Cohesión: 1.0 Kg/cm2

Angulo de fricción: 37 a 43º

- Depósito de ladera (coluvión).

Peso unitario: 1.7 a 2.1Ton/m2

Cohesión: 0.3-0.7 Kg/cm2

Angulo de fricción: 30 -38º

- Depósito de remoción en masa.

Peso unitario: 1.6 a 1.8Ton/m2

Cohesión: 0.2-0.4 Kg/cm2

Angulo de fricción: 25-28

5.2 EXPLORACIÓN SUPERFICIAL

Para determinar de forma aproximada la distribución de los materiales encontrados en el área de estudio se realizó un trabajo de campo consistente en la inspección de diversos sitios de corte en los cuales se aprecia en profundidad la distribución de los materiales predominantes en el área de estudio, adicionalmente en el trabajo de campo se identificaron procesos de inestabilidad activos e inactivos, se localizaron en el plano base. También se revisó la condición de agua superficial y subsuperficial mediante la identificación de áreas de acumulación superficial de agua, sitios de nacederos y áreas de escurrimiento.

En cuanto a la distribución de materiales, existe una gran variabilidad de espesores del depósito superficial variando desde unos 0.50 m hasta más de 5 m. De acuerdo con el trabajo de campo se encontraron de forma general los siguientes perfiles geotécnicos que pueden ser representativos del área en que se encuentran.

En la parte alta del barrio en el área de topografía plana aguas arriba del límite superior de la zona agrietada del área de estudio (manzana 13 predio 7) se aprecia un corte de unos 2.0 m de altura que se compone de bloques de arenisca de forma redondeada de hasta 1.5 m de diámetro embebidos en una matriz de grava arena y limo muy compactos, el contenido de humedad es bajo y los cortes presentan buen grado de estabilidad. En esta zona el espesor del depósito puede ser mayor a los 3 m.

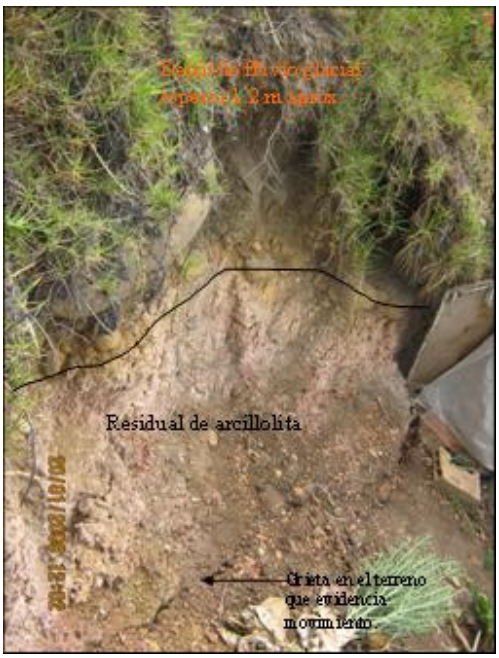


Fotografía 5-1 Estructura del depósito fluvio-glacial en la parte alta del sitio de estudio.

En la parte alta del barrio donde se aprecia la grieta del terreno que indica el límite oriental del movimiento, atrás de las viviendas (manzana 37- predios 03 a 07) se aprecia un perfil compuesto por 1.2 m de espesor de depósito Fluvio glacial compuesto por bloques

redondeados de hasta 0.50 m de diámetro en una matriz de limo arenoso con grava de color café con bajo contenido de humedad. Subyaciendo se aprecia un nivel de arcillolita completamente meteorizada y muy fracturada de color rojo blancuzco con alto contenido de óxidos, en este nivel se aprecia una grieta vertical localizada en la pata del talud, con una abertura de 5 cm aproximadamente, lo cual indica que la posible superficie de falla del área en movimiento se encuentra desarrollada dentro del nivel de arcillolita meteorizada, probablemente por la base del nivel de residual de arcillolita que puede ser superior a 1 m. en la Fotografía 5-2 se presenta una vista del perfil del suelo en este sitio.

En la parte posterior de la manzana 5 predio 6 y en la parte posterior de la manzana 9 predio 8, localizadas en la parte media del barrio Yopal se encuentra un perfil compuesto por un nivel superior de 1.5 m de espesor aproximado, compuesto superficialmente por un relleno antrópico de unos 0.3 a 0.4 m de espesor subyacido por el depósito de bloques redondeados de hasta 1.0 m de diámetro embebidos en una matriz de limo arenoso con grava con buen contenido de humedad. Por debajo del depósito se aprecia un nivel de arcilla correspondiente probablemente con el suelo residual de arcillolita. Este suelo se encuentra completamente saturado y con consistencia media a blanda, el espesor de este material no se puede definir claramente dado que en el sitio de observación no se aprecia el cambio entre el residual y la arcillolita dura, sin embargo, el espesor del residual reblandecido en este sitio tiene mas de 0.5 m. en la Fotografía 5-3 se presenta el perfil descrito.



Fotografía 5-2 Perfil del suelo localizado en la parte alta del barrio manzana 37 predios 03 a 07.



Fotografía 5-3 Perfil de terreno existente en el sector de la manzana 5 predio 06

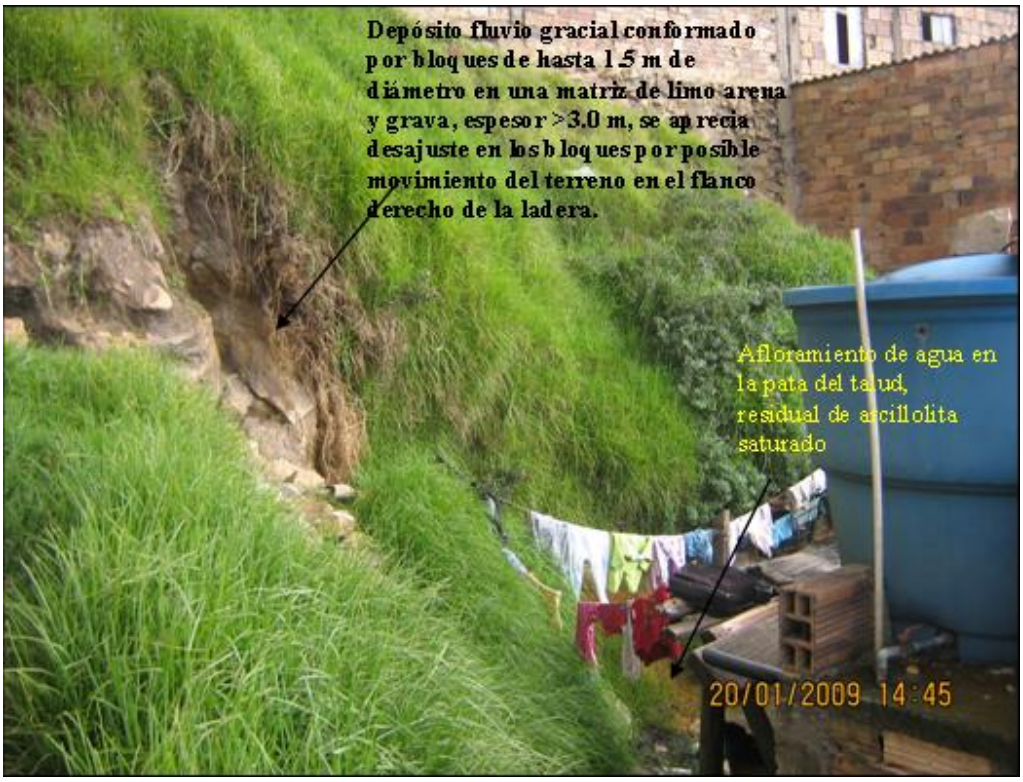
En la parte media a baja del barrio Pedregal en la parte posterior de los predios 02 y 03 de la manzana 09, por el lado de abajo del campo deportivo se aprecia un talud de mas de 2.5 m de altura que se compone por bloques subredondeados de hasta 1.5 m de diámetro embebidos en una matriz de limo arenoso y arcilla limosa con gravas de color rojo con vetas blancas, la matriz presenta una consistencia firme con humedad media. Por la configuración de la ladera se estima que el espesor del depósito en este sector es superior a los 3.5 m. en la Fotografía 5-4 se aprecia el aspecto estructural del depósito en este sector.



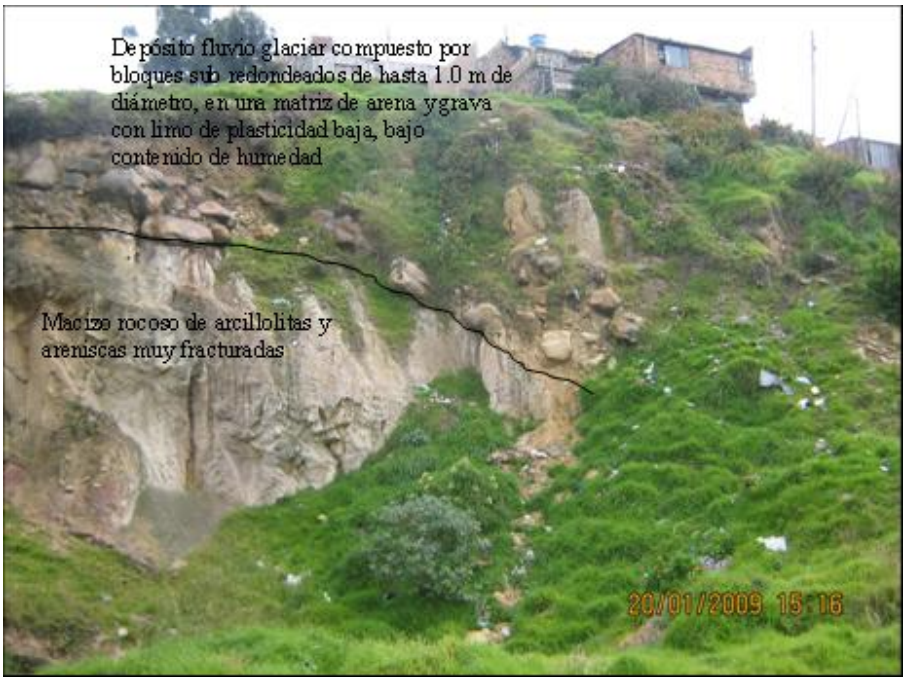
Fotografía 5-4 Perfil de terreno existente en el sector de la manzana 9 predios 02 y 03

En la parte posterior del predio 15 en la manzana 03 hacia el norte del área de estudio se aprecia un talud de aproximadamente 4 m de altura con inclinación vertical que muestra un nivel superior de mas de 3.5 m de espesor compuesto por bloques redondeados de hasta 1.0 m de diámetro embebidos en una matriz de limo arenoso con grava de humedad media, en la base del talud se aprecia un aflojamiento de arcilla residual de color amarillo, completamente saturada y reblandecida. El espesor de esta capa no es claro pero de estima superior a 0.5 m. en el depósito se aprecian algunos bloques desajustados posiblemente por el movimiento que se pueden desprender y afectar la vivienda del predio en mención. En la fotografía 5-5 se presenta una vista de este talud.

En la manzana 01 predios 10 y 14 se aprecia un talud de mas de 10 m de alto en el cual se puede ver la distribución estratigráfica del sector norte del barrio, se aprecia un nivel superficial de depósito fluvioglacial con espesor variable de alrededor de 1 m en el extremo norte del talud a unos 4.5 m hacia el limite sur, el depósito se compone por bloques redondeados de hasta 1.5 m de diámetro embebidos en una matriz de limo arenoso con grava muy compacta, con bajo contenido de humedad. Subyaciendo se encuentra el macizo rocoso compuesto por arcillolita muy meteorizada en la parte superior y arenisca friable hacia la base, en este sitio se aprecia claramente que existe un desplazamiento relativo del depósito sobre el lecho rocoso mostrando una superficie de falla clara localizada en el contacto del depósito con la arcillolita, sin embargo no se aprecia contenido de humedad importante. Es probable que más hacia el sur se presente un aumento apreciable de la humedad. En la fotografía 5-6 se presenta una vista del talud que muestra claramente la distribución de los materiales en profundidad.



Fotografía 5-5 Talud localizado en el predio 15 de la manzana 03 que muestra el depósito y el suelo residual saturado en la base.



Fotografía 5-6 vista del perfil estratigráfico típico de sector norte del área de estudio

En la parte baja del barrio hacia el costado sur en los predios 10 y 11 de la manzana 18 se aprecia un talud de 4 m aproximadamente, compuesto en toda su altura por el depósito fluvioglacial formado por los bloques redondeados en la matriz de limo arenoso con gravas, el espesor total del depósito en este sitio no es claro pero tiene mas de 4.5 m, en la base del talud existen dos nacederos de agua limpia con caudal permanente lo cual significa que existe una zona de recarga en la parte alta que alimenta permanentemente el depósito.

En el extremo sur del área de estudio (Predio 21 de la Manzana 15) se aprecia una zona desprovista de vegetación y de capa orgánica, aflora el lecho rocoso compuesto superficialmente por arcillolita muy meteorizada y altamente fracturada y afectada por erosión concentrada, el fracturamiento de este material puede hacer que en invierno se presente infiltración importante hasta alcanzar la saturación del material y posterior reblandecimiento, como se aprecia en los sitios donde este material esta afectado por el aporte permanente de agua. En la Fotografía 5.7 se muestra el aspecto superficial de la arcillolita muy meteorizada y fracturada.

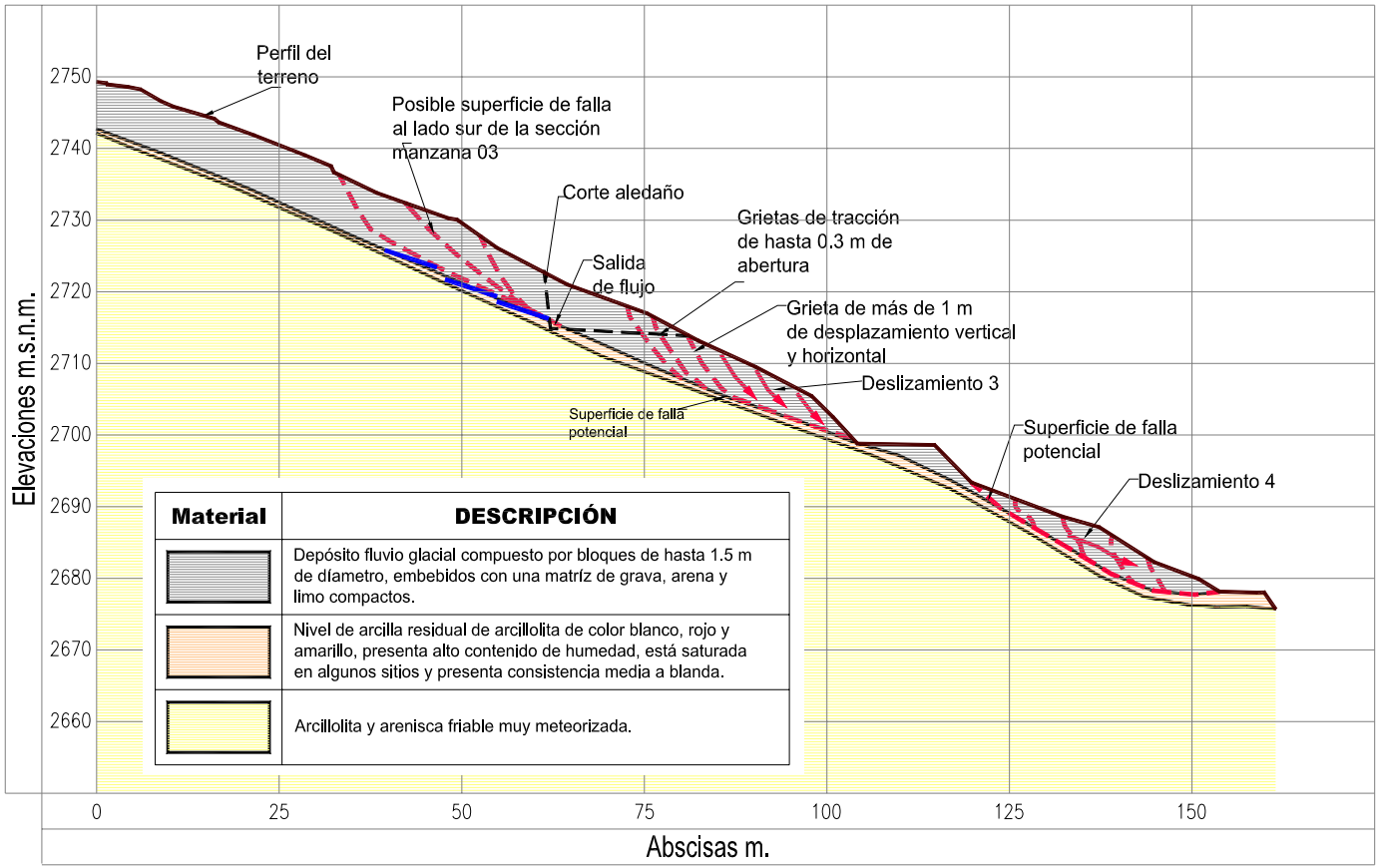


Fotografía 5-7 Aspecto superficial de la arcillolita meteorizada.

En la zona verde localizada entre el barrio Yopal y el Barrio San Juan de Usme se aprecian afloramientos de arcillolitas meteorizadas de color rojo blancuzco. En la zona del barrio San Juan de Usme no fue posible apreciar puntos de afloramientos que evidenciaran la distribución aproximada de los materiales en profundidad.

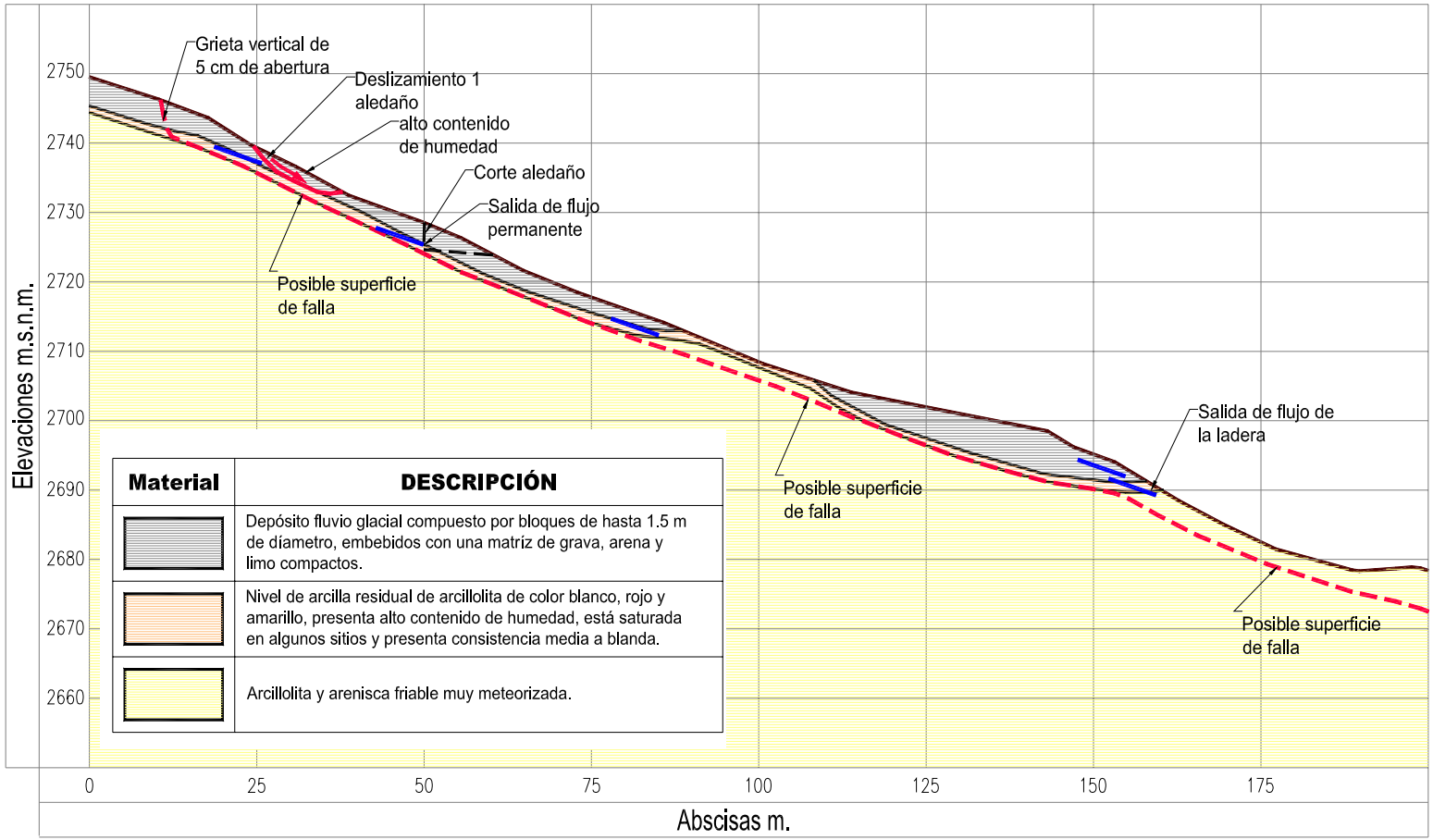
De lo anteriormente descrito y según lo apreciado en los sitios donde hay afloramientos de suelo residual es posible deducir que el movimiento del terreno involucra además del depósito fluvioglacial y sus derivados, una capa de arcilla meteorizada muy fracturada de espesor mayor a los 0.5 m, la cual se encuentra saturada en gran parte del área y reblandecida por el mismo efecto del agua y por el desplazamiento que se ha presentado.

Dentro del trabajo de campo se levantaron 3 Secciones topográficas del barrio Yopal, las cuales alcanzan la vía pavimentada del Barrio San Juan de Usme, estas secciones se utilizaron para generar unos perfiles geotécnicos aproximados de la ladera afectada en varias zonas para ver la variabilidad de los espesores del depósito y la geometría aproximada del movimiento del terreno, lo anterior se hizo con base en la estratigrafía apreciada en los diferentes sitios del barrio indicados en los párrafos anteriores. En las Figuras 5-1 a 5.3 se presentan las secciones geotécnicas aproximadas del barrio Yopal, la sección A-A se localiza en el flanco derecho (Norte), la sección B-B se localiza en la parte media del eje central y el flanco derecho (Norte) y la sección CC se localiza en el flanco Izquierdo (Sur). En estas secciones se aprecia una variación importante del espesor del depósito, el espesor mayor se encuentra hacia la parte media, donde la pendiente general del terreno es menor y donde hay menores daños de las viviendas, en la sección A-A el espesor del depósito es uniforme. Es de notar que la superficie potencial de falla es inferida del trabajo de campo y es aproximada, ésta se debe verificar con un estudio más detallado que involucre exploración del subsuelo e instrumentación sub-superficial.



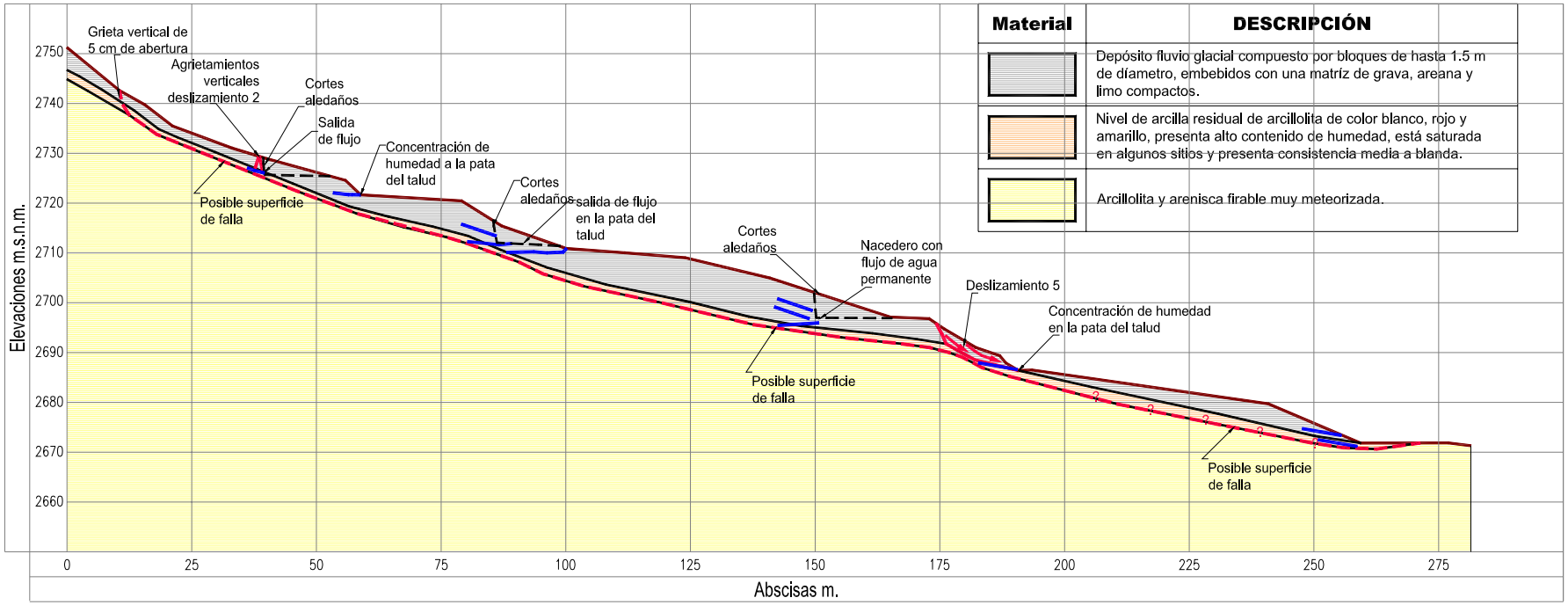
SECCIÓN A-A'

Figura 5-1 Sección Geotécnica A-A’ correspondiente al flanco derecho del movimiento (Lado Norte)



SECCIÓN B-B'

Figura 5-2 Sección Geotécnica B-B' correspondiente a la parte media entre el eje y el flanco derecho.



SECCIÓN C-C'

Figura 5-3 Sección Geotécnica C-C’ correspondiente al flanco izquierdo (Lado Sur)

5.3 PROCESOS DE INESTABILIDAD ACTUALES

A continuación se presenta una descripción general de los procesos de inestabilidad existentes que afectan al barrio Yopal y al Bario San Juan de Usme, se presentan aspectos como dimensiones, actividad, mecanismo de falla y posibles causas que son evidenciadas por la tipología del proceso. En general estos fenómenos de inestabilidad se presentan en sitios donde previo al movimiento existían cortes realizados especialmente para la adecuación del terreno con fines de construcción de vivienda. Estos cortes aparentemente mostraron buen grado de estabilidad por periodos largos de tiempo, sin embargo en los últimos 2 meses ha mostrado un deterioro importante especialmente en la parte alta del barrio.

En la parte baja del barrio Yopal hacia el sector norte y hacia el sector sur existen diagnósticos de la DPAE que indican la presencia de procesos de inestabilidad que afectaron varias viviendas y fueron la base para realizar la actualización de la zonificación por Riesgos en el año 1999 y posteriormente en el año 2007. La descripción de los procesos presentados en el área de estudio se describe en los Diagnósticos Técnicos DI-581 de 1999, DI1555 de 2002, DI-2228 de 2004, DI-2444 de 2005 y DI-761 de 1999.

En este informe se describen los procesos de inestabilidad que se identificaron en el trabajo de campo y se numeraron en orden desde la parte alta hasta la parte baja del área de estudio. Es de notar que cada uno de los movimientos recientes descritos parecen estar ligados entre si por un movimiento generalizado del terreno que abarca la parte central y baja del barrio Yopal y parece influir sobre parte de las viviendas del barrio San Juan de Usme. El inicio de este movimiento está reportado el día 6 de diciembre de 2008 cuando algunas viviendas de la parte media del barrio presentaron agrietamientos según se reporta en el Diagnostico Técnico DI-3951 del 6 de diciembre de 2008, posteriormente entre el 19 y 20 de diciembre de 2008 se formó una grieta vertical en el terreno de hasta 5cm de abertura con una longitud de mas de 80 m en la parte alta de la ladera y se afectaron mas viviendas del barrio según lo indicado en el Diagnostico Técnico DI-3952 del 20 de diciembre de 2008.

De acuerdo con el trabajo de campo esta grieta se propagó ladera abajo siguiendo por los flancos de esta, por el flanco derecho esta grieta alcanza los 5 cm de abertura y por el flanco izquierdo tiene alrededor de 3 cm, en su trayectoria afectó la viviendas de la manzana 03, 01 y 15 en las cuales se presentan los mayores daños estructurales. Esta grieta perimetral parece terminar en la parte baja del barrio donde se presenta un aumento importante de la pendiente en la ladera, que concuerda con la pata del depósito fluvio glacial, el cual presenta un espesor mayor a los 4.5 m y parece estar funcionando como un contrafuerte al movimiento de la parte alta. Por el costado norte del movimiento se desencadenó un movimiento importante debido al espesor mayor de depósito que se encuentra sin soporte en la pata debido a excavaciones importantes realizadas en el pasado que dejaron cortes de mas de 10 m por esta razón los mayores daños en las estructuras de este sector.

Las condiciones del movimiento durante el primer mes y su evolución apreciada durante el segundo mes en los trabajos de campo permiten indicar que el movimiento pasó de deslizamientos locales en la parte alta evidenciados el 6 de diciembre de 2008 a un movimiento súbito de alrededor de 5 cm prácticamente entre el 19 y 20 de diciembre de 2008 que generó gran parte de los daños estructurales existentes. Posteriormente se ha presentado un reacomodo de las estructuras y del suelo por efecto de los grandes empujes generados que han ocasionado más agrietamientos pero con menor intensidad. Adicionalmente al parecer por efecto del movimiento y los empujes generados sobre el nivel de arcillolitas de la parte baja del barrio se han manifestado desplazamientos horizontales de hasta 1 cm en las viviendas del barrio San Juan de Usme.

La condición del movimiento súbito del terreno se debió presentar por la acción de un agente detonante que cambio las condiciones del terreno de forma drástica y actuó por un tiempo relativamente corto poco antes y durante el movimiento. Dentro de los agentes que pueden generar este efecto esta un evento sísmico que por la aceleración generada aumenta las fuerzas actuantes, una sobrecarga de magnitud importante que sobrecargue la ladera o un incremento excesivo en las presiones de poros que reduzcan los esfuerzos efectivos y generen la falla por peso propio.

De acuerdo con la información suministrada por la comunidad y según lo indicado en los Diagnósticos Técnicos DI 3951 y 3952 de 2008 en la parte alta del sitio de estudio se presentó una ruptura de un tubo de agua perteneciente al Acueducto de Bogotá, que según los vecinos del área aportó gran cantidad de agua al área afectada y según los mismos manifiestan que este aporte de agua desencadenó el problema.

Desde el punto de vista técnico es difícil dentro del alcance de este estudio definir la causa que desencadenó el problema, sin embargo si el aporte de agua al área fue importante y esta percoló alcanzando el nivel de la arcillolita meteorizada, la saturó y adicionalmente se incrementó el nivel freático aguas abajo del daño de la tubería, por lo que es posible una disminución de los esfuerzos efectivos y de la resistencia del nivel de la arcillolita por efecto del reblandecimiento típico que estas presentan al humedecerse. Aun con la hipótesis anterior posible, es necesario también tener el conocimiento de la forma como se rompió la tubería para poder tener una conclusión clara, pues también es factible que pequeños movimientos del terreno durante mucho tiempo hayan ido deteriorando lentamente hasta su falla y luego el agua hizo lo propio sobre el talud.

En el Plano 2 se presenta la localización de los procesos morfodinámicos, la condición actual del agua en el área de estudio según las observaciones presentadas y en la Figura 5.4 se presenta una vista general que muestra los procesos de inestabilidad y la condición del agua superficial.

Los procesos de inestabilidad locales en el área de estudio se describen a continuación.

Deslizamiento 1. Localizado en la parte alta del barrio Yopal, a unos 25 m abajo de la grieta de tracción superior, en el predio 01 de la manzana 4, corresponde a un deslizamiento de unos 4 m de ancho y unos 8 m de longitud, el escarpe principal alcanza los 0.5 m de alto y su desplazamiento total es de unos 0.8 m, es un movimiento de tipo traslacional predominantemente. El espesor de material involucrado no supera los 1.5 m y se compone superficialmente por un nivel de bloques embebidos en una matriz de grava,

arena y limo con espesor de 0.5 m aproximadamente y en profundidad por un nivel de arcilla de color rojizo saturada y de consistencia blanda, la superficie de falla se presenta sobre el lecho de arcillolita muy meteorizada y saturada. La causa de este movimiento se debe al aporte importante de agua proveniente de la parte superior de la corona que saturó la arcilla y provocó su falla por falta de soporte en la pata debido al talud existente. En la Fotografía 5-8 se muestra una vista de este deslizamiento. En la segunda inspección de la situación del área de estudio se aprecia que la condición de este movimiento permanece sin mayores cambios con respecto a la inspección inicial.

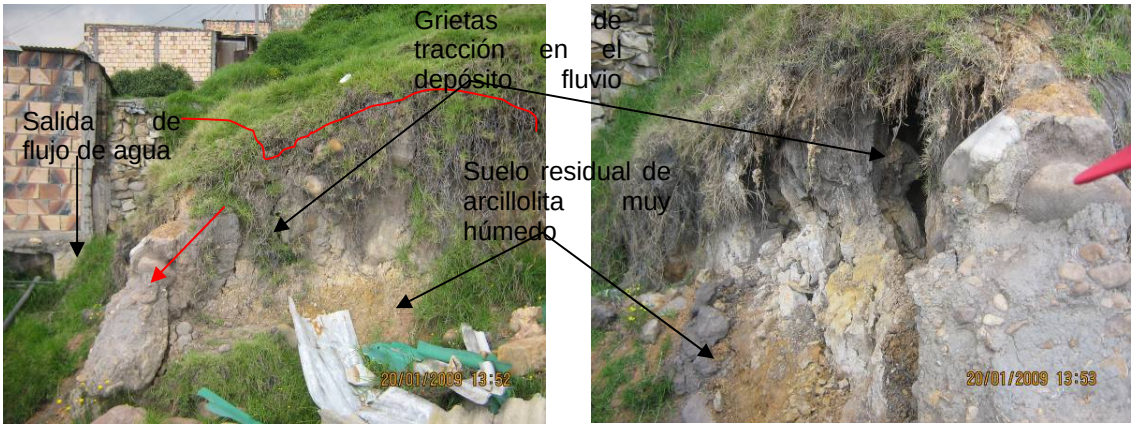
Deslizamiento 2. Se localiza hacia el lado sur del deslizamiento 1, aproximadamente al mismo nivel. En la parte posterior de los lotes 6,7 y 10 de la manzana 08. Tiene una longitud no superior a los dos metros y un ancho de 10 m aproximadamente. Aunque aún no se ha desarrollado completamente se aprecian grietas de tracción de hasta 0.20 m de abertura sub-paralelas al talud existente, el desplazamiento de suelo se ha presentado en forma de columnas de suelo conformadas por unos 0.80 m de depósito fluvioglacial y subyaciendo suelo residual de arcillolita con un espesor de alrededor de los 0.5 m, se aprecia que las columnas de suelo mencionadas se desplazan sobre una superficie de falla localizada en la arcillolita altamente meteorizada la cual se encuentra saturada y con consistencia blanda. En el lado norte, en la pata del talud de 1.5 m de altura aproximada se observa la salida permanente de flujo de agua sin olor apreciable, y también se nota que los daños en las viviendas aledañas se deben al empuje del suelo sobre una estructura abandonada que a su vez empuja a las viviendas vecinas que presentan daños importantes. En la Fotografía 5-9 se aprecia una vista del deslizamiento 2. En la segunda inspección se aprecia que las grietas verticales han aumentado su abertura en más de 10 cm y las columnas de suelo están a punto de volcarse, algunos bloques de hasta 0.30 m de diámetro se han desprendido y están apoyados en el muro posterior de la vivienda 07 de la manzana 08. Lo anterior indica que la actividad de este movimiento continua adicionalmente en un talud aledaño de aprecian pequeñas roturas y desprendimientos de bloques de arcillolita meteorizada que evidencia actividad de la ladera aledaña a este sitio.



Figura 5-4 Condición general existente en el área de estudio (imagen Google Earth)



Fotografía 5-8 Vista del deslizamiento 1.



Fotografía 5-9 Vista del deslizamiento 2.

Deslizamiento 3. Corresponde al más importante de los procesos generados recientemente como producto del movimiento general de la ladera. Tiene un ancho aproximado de 30 m y una longitud de 35 m, la altura total del movimiento supera los 12 m y el espesor del suelo fallado es mayor a los 5 m, el escarpe principal tiene una altura de 1 m aproximadamente que corresponde prácticamente con el movimiento total presentado en la parte alta. Atrás del escarpe principal se aprecian grietas de tracción de hasta 0.1 m de abertura y con desplazamientos verticales de hasta 0.3 m en algunos casos, evidenciando el carácter retrogresivo del proceso. Este fenómeno tiene un movimiento compuesto entre rotacional y traslacional. Se desarrolla en el depósito

fluvioglacial conformado por bloques redondeados de hasta 1.5 m de diámetro en una matriz de limo arena y grava de mas de 4.5 m de espesor, hacia la base el movimiento se desarrolla en arcillolita muy meteorizada y fracturada. Aunque en el sitio no se aprecian zonas con concentración de humedad ni flujos de agua, es muy probable que en la superficie de falla la arcillolita este saturada y reblandecida.

Este fenómeno fue causado aparentemente por la influencia del empuje y el desplazamiento del movimiento del terreno presentado en la parte superior y media del barrio cuyo flanco derecho sale en la zona de este deslizamiento.

Este proceso afectó prácticamente la totalidad de las viviendas de la Manzana 1 que aun quedaban por relocalizar. Por el avance retrogresivo del problema se evidencia su afectación sobre las viviendas 15 y 16 de la Manzana 02 y las viviendas 14 y 15 de la manzana 03.

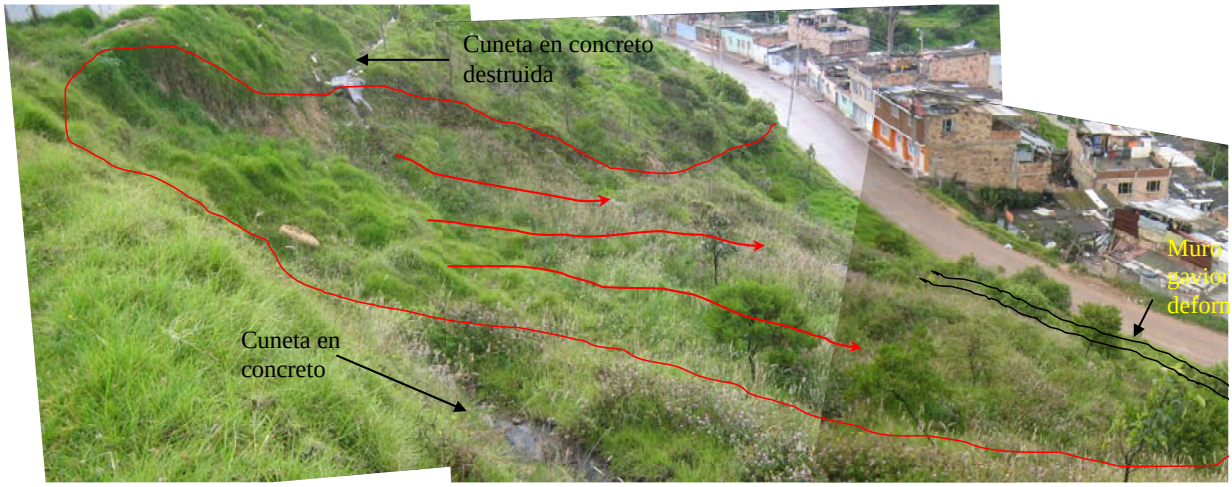
Es importante la intervención urgente de este movimiento para estudiarlo de forma detallada y generar las medidas de corrección que se requieran para evitar su avance ladera arriba. En la Fotografía 5-10 se presenta una vista general de este deslizamiento.

En la segunda visita se aprecia que el movimiento continua en actividad y tiene tendencia retrogresiva, las grietas de tracción existentes atrás de la corona del movimiento han aumentado su abertura a unos 0.3 m con un cambio de nivel de hasta 0.3 m, de igual forma en la pata del movimiento y en el flanco derecho se aprecian nuevas cicatrices del movimiento que muestran claramente su límite. Adicionalmente en el límite del flanco derecho en talud sub-vertical se han presentado desprendimientos de bloques de arcillolita de varios tamaños en forma de flujo de detritos que evidencian la actividad y el avance de este proceso, el desplazamiento en 20 días es superior a los 10 cm en el cuerpo del movimiento. Es muy importante mantener en observación el nivel del avance retrogresivo y la afectación a las viviendas 15 y 16 de la Manzana 02 y las vivendas 13, 14, 15 de la Manzana 03.



Fotografía 5-10 Vista general del deslizamiento 3.

Deslizamiento 4. Localizado al occidente del deslizamiento 3 en el lado noroccidental del área de estudio, corresponde con un deslizamiento traslacional antiguo presentado en el año 1999. la longitud es de 50 m aproximadamente, el ancho es de 35 m y tiene unos 20 m de altura, el espesor del material movilizado es de unos 4 m y se compone de material movido del fluvio glacial y de rellenos antrópicos, la superficie de falla se debe desarrollar sobre el nivel de arcillolita meteorizada, se aprecia la intervención antrópica con la construcción de obras de drenaje superficial en la parte alta y estructuras de contención en la parte baja, las obras de drenaje fueron destruidas por la reactivación del movimiento en el pasado y evidencia un desplazamiento superior a los 5 m con la acumulación del material en la pata del movimiento que actualmente es medianamente contenido con un muro en gaviones deformado. Parte del agua de escorrentía proveniente de la parte superior descarga en la corona del movimiento lo cual genera saturación de material deslizado. Actualmente este fenómeno se encuentra relativamente inactivo o su actividad es muy baja, sin embargo por efecto del movimiento de la parte alta de la ladera y el aporte de flujo sin control podría reactivarse. En la fotografía 5.11 se aprecia una vista de este proceso.



Fotografía 5-11 Vista general del deslizamiento 4.

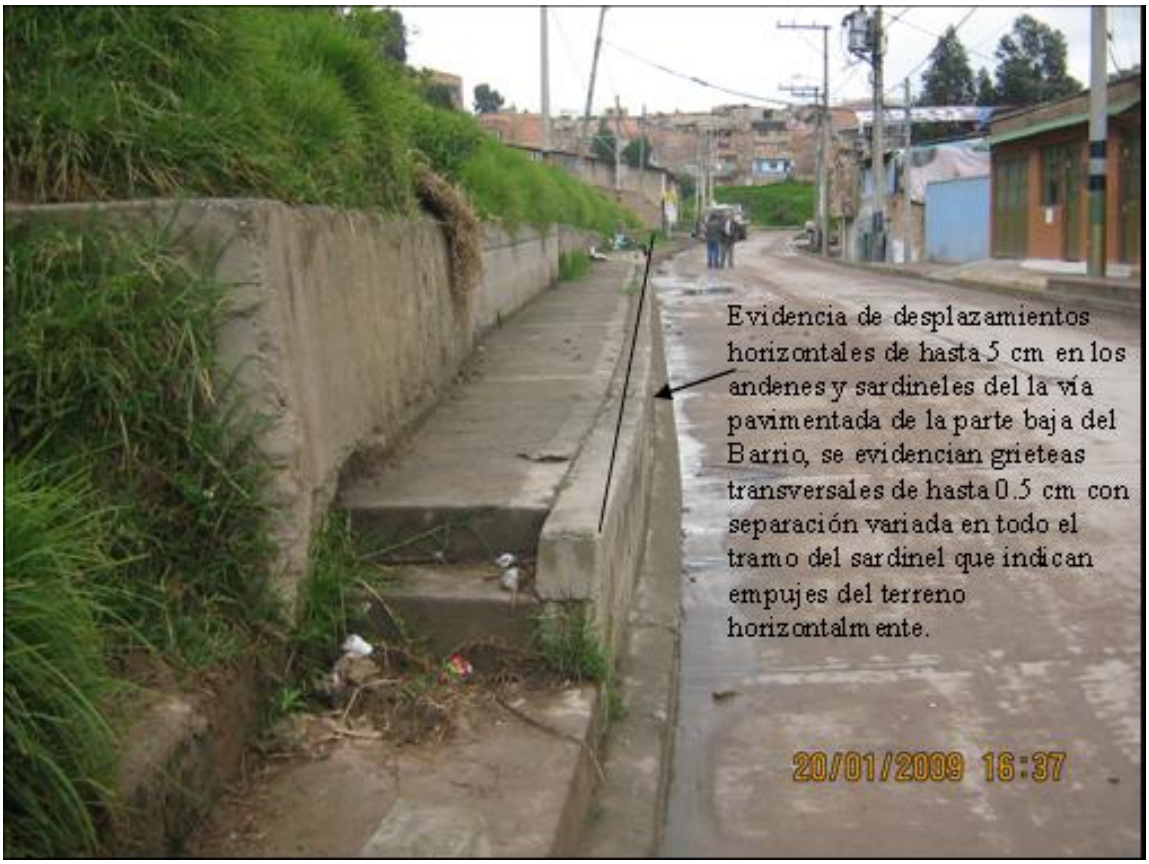
Deslizamiento 5. Se localiza en la parte baja del barrio Yopal hacia el sector Sur, en el predio 17 de la manzana 17, este movimiento activo pero lento tiene unos 10 m de longitud y 8 m de ancho, con una altura que puede alcanzar los 5 m. esta formado por rellenos antrópicos y depósito fluvio glacial en la parte alta y por suelo residual de arcillolita de color rojizo de consistencia media a blanda. Dada su localización este proceso afecta la vivienda del predio 16 en la manzana 17 mediante el avance de la masa inestable en épocas de invierno principalmente hacia los muros perimetrales, los habitantes periódicamente retiran el material deslizado que actualmente se encuentra a menos de 1 m de la vivienda. Este movimiento parece ser antiguo e independiente del

proceso que se presenta en la parte media y alta del barrio Yopal. En la Fotografía 5-12 se aprecia un aspecto de la pata del proceso.



Fotografía 5-12 Vista general del deslizamiento 5.

En el área de estudio, en la parte baja del barrio Pedregal donde aflora la arcillolita meteorizada de color rojizo se aprecian evidencias de movimientos lentos del terreno tipo reptación, esta evidencia corresponde con la presencia de sardineles inclinados y curvados con fracturas transversales de hasta 0.5 cm, la velocidad de deformación de esta zona puede verse aumentada por efecto de los empujes generados por el movimiento del terreno en la parte media y alta del barrio El Pedregal. Al parecer este efecto ya se esta evidenciando en los agrietamientos de las viviendas del barrio San Juan de Usme que manifiestan un desplazamiento horizontal acompañado de un leve levantamiento del bloque superior que se mueve. Las manzanas 92, 93 y 94 son las más afectadas en este barrio y coinciden con el posible frente de avance del movimiento; Sin embargo, los habitantes manifiestan que posiblemente los agrietamientos son debidos al paso de vehículos pesados provenientes de las ladrilleras, pero indican que los nuevos agrietamientos presentados se han dado entre Diciembre de 2008 y enero de 2009 lo cual concuerda con el evento de la parte alta. En la fotografía 5-13 se presenta una vista que evidencia la presencia de movimientos lentos del terreno en la parte baja de la ladera sobre la transversal 1BBIS E.



Fotografía 5-13 Deformaciones horizontales en sardineles que evidencian movimientos en la parte baja del área de estudio

Deslizamiento 6. Durante el reconocimiento de la segunda inspección de campo realizada el día sábado 14 de Febrero de 2009 se identificó un fenómeno de remoción en masa adicional en la parte baja del Barrio San Juan de Usme , este proceso se puede tipificar como un flujo de tierras desarrollado en el nivel de suelo residual de arcillolita de color banco rojizo, tiene una longitud aproximada de 10 m y un ancho de unos 7 m, la profundidad del movimiento no supera los 1.2, el material movilizado se encuentra saturado lo cual es evidencia de exfiltraciones de agua en la zona la cual proviene del aporte de agua desde la parte media y alta de la ladera. La condición del movimiento indica que se generó hace varios meses, en la etapa de campo inicial no se evidenció ya que por la zona indicada no se había hecho inspección del área. En la Fotografía 5-14 se presenta una vista de este movimiento.



Fotografía 5-14 Vista general del flujo de tierras existente en la parte baja del barrio San Juan de Usme (Deslizamiento 6)

5.4 CONDICIÓN DEL AGUA SUBSUPERFICIAL

En el trabajo de campo se evidenció la presencia de varios nacederos de agua manifestados por la salida de flujo en la pata de varios taludes y por la existencia de niveles de suelo con alto grado de humedad. En el Plano 2 y en la Figura 5-1 se presenta la localización de los puntos de nacederos identificados en campo.

Es de notar que en la parte media del barrio Yopal se encontraron 6 puntos donde hay afloramiento de flujos de agua con un caudal muy bajo pero permanente, estos puntos se identificaron en la pata de los taludes a unos 0.5 m por debajo del contacto del depósito fluvioglacial con el nivel de arcillolita muy meteorizada y fracturada. Lo anterior indica que el nivel superior de la arcilla que se encuentra completamente meteorizada es afectada por el agua saturándola y ablandándola, la profundidad de afloramiento de agua varía en esta zona desde 1.5 m hasta 3.5 m de profundidad dependiendo del espesor del depósito. En la segunda inspección de campo se encontró adicionalmente que en la parte baja del Barrio Yopal, en la zona verde arriba del Barrio San Juan de Usme se encuentra una descarda de aguas residuales de la viviendas existentes que saturan la parte baja de la ladera, adicionalmente en algunos puntos se aprecia salida de flujo del interior del nivel de arcillolita, probablemente corresponde con el agua que se mueve por la base del depósito fluvio-glacial a través del nivel de arcilla residual. El flujo que se aprecia en esta zona no

esta controlado y simplemente vuelve y se infiltra en la ladera baja afectando el subsuelo del barrio San Juan de Usme.

Dada esta condición es posible deducir que parte del agua en esta zona del barrio proviene de la infiltración de agua de escorrentía superficial que penetra a través del deposito permeable fluvioglacial y parte debe provenir de los aportes de agua desde las instalaciones hidrosanitarias de las viviendas y de las redes de agua tanto de alcantarillado como de agua potable en caso que se presenten escapes lo cual puede ser posible. Para determinar como varía el comportamiento del agua en estos sitios se requiere hacer un seguimiento periódico para determinar si estos nacederos son permanentes o son periódicos dependientes de las lluvias y establecer la procedencia clara de la fuente de recarga de estos nacederos.

De todas maneras, independientemente de la procedencia del flujo, lo claro es que la presencia del agua en el área del movimiento que se esta presentando en gran parte del barrio pedregal corresponde con la principal causa del problema sumado a las arcillas sobreconsolidadas susceptibles de reblandecimiento por el agua y la intervención antrópica inadecuada.

Hacia el costado sur en la parte baja del barrio en los predios 10 y 11 de la manzana 18 se encuentran dos nacederos de agua que son aprovechados por los habitantes de estos predios para el suministro de agua para sanitarios y para el lavado de ropa, el flujo en estos sitios es bajo pero permanente, lo cual indica que proviene de una fuente de recarga importante. La salida del flujo se presenta igualmente por el contacto del depósito y el nivel de arcillolita.

Con lo anterior se tiene que es posible la presencia de niveles de agua colgados y locales en la parte alta y media, y la presencia de niveles de agua más regionales que se manifiestan en la parte baja del barrio.

5.5 COMENTARIOS GENERALES

Teniendo en cuenta lo indicado en los párrafos anteriores que resumen los principales aspectos encontrados en el área de estudio desde el punto de vista geotécnico se puede generalizar lo siguiente.

El barrio Yopal en su parte media y baja esta afectado por un movimiento del terreno que presenta un desplazamiento variable desde 10 cm en la parte mas alta y sobre el flanco derecho hasta unos 2 cm sobre el flanco izquierdo y hacia la parte baja, como producto de este movimiento se desencadenaron los deslizamientos 1, 2 y 3 siendo el último el de mayor magnitud por su condición topográfica desfavorable y por el mayor espesor de depósito fluvioglacial.

De acuerdo con la morfología del movimiento y la concentración de los daños en las estructuras parece que la parte baja del barrio Pedregal esta funcionando como un contrafuerte debido a la configuración topográfica y el espesor importante del depósito fluvio glaciar, este depósito estaría transmitiendo los empujes de la parte media y alta al nivel de arcillolita que aflora entre el barrio Yopal y el barrio San Juan de Usme. Estos empujes pueden ocasionar deformaciones en el nivel de arcillolita que pueden

corresponder con los agrietamientos presentados en las viviendas del barrio San Juan de Usme.

Si bien el contrafuerte mencionado puede estar controlando los movimientos de la parte alta y amortiguando su efecto, no se sabe hasta que nivel de esfuerzos o deformaciones puedan afectar su estabilidad. Pues si esta zona se fatiga y entra en falla las consecuencias pueden ser de magnitud importante.

Por lo anterior es importante estudiar la zona con mayor detalle y en profundidad para conocer superficies potenciales de fallas y estudiar especialmente el comportamiento del agua para tener elementos adecuados para establecer su manejo ya que este elemento parece estar influyendo notablemente en el problema.

Teniendo en cuenta la evolución de los procesos de remoción en masa correspondientes con los Deslizamientos 2 y 3, y una evidencia de ampliación ligera de la abertura de la grieta de la parte alta de la ladera y pequeñas fisuras del terreno en el límite de la ladera con la vivienda 12 de la manzana 37 y otras fisuras del terreno en el lote 01 de la Manzana 15 se puede decir que el movimiento del terreno sigue activo con ratas de movimiento menores a las presentadas al inicio del proceso. Estas evidencias de la actividad del proceso global indican que es necesario mantener en observación la zona y estudiarla y monitorearla con mayor profundidad para determinar de manera detallada la condición de amenaza y riesgo del barrio Yopal y San Juan de Usme.

6 DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL

6.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR DPAE

A través de la información suministrada por DPAE, se pueden identificar antecedentes de remoción en masa que han comprometido edificaciones, lo que indica que existen factores que anteriormente han propiciado que se generen daños en las edificaciones allí existentes.

Se puede observar que el factor predominante en los estudios anteriormente realizados ha sido la topografía montañosa y escarpada donde se construyeron algunas edificaciones. Estas fallas fueron de tipo local y solo comprometieron a aquellas edificaciones aledañas.

6.2 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO - Marco histórico- técnico

El Barrio comenzó su construcción hace 25 años según información de los primeros habitantes; las edificaciones identificadas son de tipo informal construidas por el método de autoconstrucción.

El Barrio esta construido en una ladera. Las vías urbanas son en afirmado con nula canalización de agua escorrentía y no tiene obras de drenaje; posee accesos peatonales artesanales en condiciones regulares a malas y no existen obras de contención para el mejoramiento de la estabilidad del área.

Se encontraron construcciones en lotes de 6x12 m y 8x12 m con un área construida aproximadamente entre 60 a 150 m2. Las edificaciones son viviendas unifamiliares de 1 piso y más de 10 años de construcción, y existen viviendas unifamiliares y multifamiliares de 2 y 3 pisos construidas los últimos 8 años.

Los sistemas estructurales identificados preliminarmente son mampostería no reforzada, mampostería no reforzada con algunas columnetas y mampostería confinada. El sistema de cimentación de las viviendas no fue plenamente identificado por cuanto no es representativo en la gran mayoría de los casos; la información se obtiene de los habitantes que en algunos casos manifiestan no saber que tipo de cimentación existe en las viviendas.

La topografía donde se construyeron las edificaciones se considera de tipo montañoso a escarpado y gran parte de éstas presentan inclinaciones del terreno muy fuertes. Por esta razón, durante la construcción del Barrio, las edificaciones han desarrollando cambios de nivel que alcanzan los 2.40 m de altura dentro de las mismas y con la edificación vecina.

Según las evidencias, algunas zonas del Barrio han presentado deslizamientos locales que han puesto en riesgo la vida de los residentes; éstas zonas se han venido desalojando por la amenaza que esto representa. A pesar de esto cuentan que las demás zonas se han mantenido en una condición de “estabilidad bajo carga vertical” durante los últimos 20 años.

6.3 INSPECCIÓN GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

Se realizó la visita de la zona el día 16 de enero de 2009 con la presencia del ingeniero Manuel Palma representante del DPAE, Ingenieros Miguel Ángel Sánchez y Carlos Valero (Ingeniería y Georiesgos), los Ingenieros Wilson E. Moreno y Mauricio Ruda (I.P.I. Ltda.) y algunos miembros de la junta de acción comunal.

Inicialmente se analizó la información existente como: planos topográficos, plano de zonificación por amenaza de remoción en masa, plano de localización barrio Yopal. Se indagó a la comunidad acerca de los sectores más afectados.

La inspección se hace en un radio de 200 m aproximadamente con el fin de observar en el área de estudio, las afectaciones más representativas y algunos factores exógenos del sector, que puedan representar participación en los daños ocurridos.

En las casas más afectadas se realizó una inspección visual para identificar los daños en contrapiso, muros, entrepiso, cubiertas, e identificar factores adicionales que evidencien las causas, como filtraciones o humedades.

Se tomaron registros fotográficos de los daños en las edificaciones visitadas.

La comunidad informa que el agrietamiento de las edificaciones se presentó a partir del mes de noviembre de 2008 y que a la fecha sigue teniendo actividad. Además informan que el agrietamiento se presentó de forma súbita en algunas edificaciones y aceleradas en otras, donde al parecer ha bajado la rata de movimiento de agrietamiento (aseguran que después del arreglo del punto de escape de agua).

6.4 RESULTADOS DE INSPECCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Con el recorrido se pueden identificar las zonas de afectación y definir en primera instancia los sectores donde las edificaciones sufrieron daños estructurales. Para esto se presenta un plano General de Daño (Plano 3) donde se especifica de forma general las zonas donde se afectaron las edificaciones y las zonas que aparentemente no han presentado ninguna evidencia de daño.

Se inspecciona aleatoriamente una muestra de viviendas para observar los daños.

En la inspección se pudo identificar en forma preliminar la dirección de la falla por el movimientos del suelo, ya que se observa que las edificaciones tienen daños fuertes en una zona especifica (daños locales); esto ocurre por ejemplo en la manzana 15 donde las grietas y hundimientos son muy fuertes a severos en la parte posterior de las viviendas. Analizando a nivel global el bloque de edificaciones, se pudo determinar que la reflexión de las grietas en el contrapiso de las edificaciones muestra posiblemente la dirección de la corona de la falla por remoción en masa, cuyo límite se encuentra debidamente indicado en el plano de procesos de remoción en masa. En las Fotografía 6-1 y 6-2 se aprecian agrietamientos severos de las estructuras y afectación de la cimentación de las viviendas.



Fotografía 6-1 Agrietamientos severos en la parte posterior de las edificaciones de la manzana 15



Fotografía 6-2 Perdida de soporte de la estructura de la cimentación por deslazamiento del suelo de fundación.

En la cimentación de algunas edificaciones presenta deformaciones discontinuas, donde no se puede definir un patrón de hundimiento.

Los daños en cimentación, se reflejan en grietas en el contrapiso, además de hundimientos y filtraciones o humedades que han generado el desprendimiento de acabados como baldosas. Los hundimientos han provocado el desprendimiento de muros divisorios entre si y entre las placas de entrepiso y/o contrapiso. Donde existen cambios de nivel grandes, especialmente en zonas muy inclinadas, se observa que la cimentación refleja deformaciones que pueden alcanzar los 10 cm. de desplazamiento horizontal y cambios de nivel de hasta 5 cm. En caso que las deformaciones continúen creciendo es posible que se pueda presentar el colapso de algunas viviendas, especialmente las localizadas en las manzanas 15, 37, 08, 03 y 02. Por lo anterior es importante monitorear el avance de estos agrietamientos para tomar decisiones oportunas de reubicación en caso de ser necesario. En las fotografías 6-3 y 6-4 se aprecia aspectos de los agrietamientos y daños en los pisos que indican daños en la cimentación de las viviendas.

En los muros se presentan grietas, separación, desplazamiento y pérdidas de verticalidad. Las grietas se reflejan de forma heterogénea predominando grietas verticales, horizontales, diagonales y con forma de escalones a través de los morteros de pega y otras discontinuidades estructurales. Los daños más representativos en las edificaciones que se observan en los muros y pisos son debidos a las deformaciones recientes que se han generado en el suelo de fundación de las estructuras. En las Fotografías 6-5 a 6-8 se presentan aspectos de los patrones de agrietamiento típicos de las viviendas afectadas.



Fotografía 6-3 Grietas en el contrapiso de hasta 5 cm de abertura en el sector de la manzana 3 que indica daños en la fundación.



Fotografía 6-4 Grietas en contrapiso y muros que indican daños en la fundación por desplazamiento del suelo de fundación.



Fotografía 6-5 Agrietamientos diagonales en muros de las viviendas



Fotografía 6-6 Grietas verticales en muros internos y externos.

En los entrepisos se presentan los menores daños. Las condiciones más críticas se generan por perdida de los apoyos de los entrepisos o luces muy grandes. Las fisuras y deformaciones en las placas han generado el aplastamiento de ventanas y puertas. En algunos casos se ha optado por evitar la colocación de cargas en voladizos y por apuntalar para evitar el colapso de la estructura.

	
Fotografía 6-7 Grietas escalonadas formadas a través de la pega de mortero.	Fotografía 6-8 Grietas horizontales en muros internos y externos.

En general las cubiertas son livianas y en su mayoría no se observa que existan daños representativos. En los casos más críticos se ha necesitado apuntalar para evitar el colapso. Un reflejo de los daños en las cubiertas es la fractura de los dinteles sobre las puertas.

Dado el nivel de daño, se consideran de alto riesgo algunos sectores de edificaciones los cuales más adelante se van a presentar e identificar con claridad en el desarrollo del presente trabajo.

6.5 SELECCIÓN E INSPECCIÓN DE LAS EDIFICACIONES DE ESTUDIO

La selección e inspección de las viviendas del área de monitoreo se realizó los días 19 y 22 enero de 2009. Esta selección se realiza con base a la sectorización inicial de la inspección general del área de estudio.

Se determinan las zonas del área de estudio donde las edificaciones tienen algún compromiso estructural que amenace la estabilidad de la misma y donde lo haya, definir el daño en los elementos de la estructura. Así mismo, en los sitios donde los daños son mínimos o no existen, también se inspecciona con detalle la edificación con el fin de tener un panorama claro sobre los daños y sobre la evolución de los mismos en el tiempo.

La selección de la muestra de edificaciones a inspeccionar se realiza de forma aleatoria y de acuerdo a la disposición de los residentes de la misma teniendo como base la localización general de los daños en el área de estudio, de manera que la información sea representativa para cada zona.

Se inspeccionaron 82 edificaciones a lo largo y ancho del área de estudio con el fin de tener una muestra representativa.

Para la inspección se hace uso del formato INV-001 “FORMULARIO PARA LA EVALUACION DE DAÑOS Y ESTADO DE LAS EDIFICACIONES” tomando como referencia el formato 1407 “FORMATO DE EVALUACIÓN DE VIVIENDAS” de la DPAE.

No se toma propiamente el formato 1407, ya que contiene ítems de información que no se puede obtener por el nivel de estudio que este necesitaría; no obstante se direcciona a que proporcione lo más clara y objetivamente la información primordial del estudio y que se requiere conforme a la metodología utilizada para la evaluación de riesgo descrita en el capitulo 8 del informe.

El formato utilizado se divide en 3 partes:

Información general.

Proporciona la dirección de la edificación, nombre del propietario o residente del predio, estado de ocupación de la vivienda y numero de residentes de la misma. La información esta direccionada a obtener la información básica como: localización del predio, identificar la(s) personas afectadas y el impacto a las mismas.

Características de la edificación.

Contiene:

- **Época de construcción**. Norma vigentes consecuentes con el momento de construcción de la edificación.
- **Edad de la edificación**. Para identificar el estado de la construcción.
- **Tipo de edificación**. Con la finalidad de identificar el uso de la edificación (cargas vivas).
- **Estado de la edificación**. Muestra el avance constructivo a la fecha o intenciones de ampliaciones, modificaciones estructurales, etc. Esta se puede catalogar completa o incompleta.
- **Calidad de la construcción**. Se refiere al cumplimento de las especificaciones mínimas de construcción durante el proceso constructivo.
- **Numero de pisos**. Es importante para determinar la vulnerabilidad estructural (altura y fuerzas horizontales).
- **Sistema estructural**. Determina el comportamiento estructural de la edificación.
- **Forma de construcción**. Se identifica la técnica de construcción además del control en el proceso constructivo.

Condición estructural.

- **Cimentación.** Pretende identificar el sistema utilizado para transmitir las cargas de la edificación al suelo de fundación. Califica de manera muy general (y cuando sea posible) la condición de competencia para transmitir cargas al suelo de fundación.
- **Muros.** Describe la tipología utilizada. Pretende evaluar de forma preliminar las condiciones de irregularidad en planta, geométrica, irregularidad en altura, etc.
- **Entrepiso**. Pretende identificar la tipología utilizada. Se identifican las características de las condiciones de uso, disposición, longitud de las luces, condiciones de apoyos, entre otras características de evaluación.
- **Cubierta.** Describe la tipología utilizada. Se identifican las características de las condiciones de uso, disposición, longitud de las luces, condiciones de apoyos, entre otras características de evaluación.

La evaluación de la condición de cimentación, muros, entrepisos y/o cubierta, se realiza de forma cualitativa, en una escala de 1. Bueno 2. Regular 3. Malo. La descripción de cada uno de estos se detalla en el numeral 8.2 del informe.

En todos los Ítems anteriores se considera el grado de afectación y compromiso que tiene el conjunto, es decir daño sufrido por el evento presentado (deslizamiento - remoción en masa); este se evalúa en una escala de daño: 1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo. La descripción de cada uno se muestra en el numeral 8.2 del informe.

- **Topografía de la edificación**. Describe el grado de inclinación donde se construyó la edificación.
- **Irregularidad en planta**. Evalúa la forma geométrica regular y simetría de la edificación en planta.
- **Irregularidad en altura.** Evalúa la continuidad (de transmisión de cargas) de cimentación a cubierta.

Figura 6-1 **Formato de campo para el inventario de viviendas**

FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS Y ESTADO EN EDIFICACIONES

i.p.i.

Ciudad: Bogota DC
Localidad: Usme
Barrio: YOPAL "El pedregal"

Formato: INV-001
Pagina 1 de 4
Fecha: Enero de 2009
Formulario: _____

1 DATOS GENERALES

Dirección: _____

Nombre: _____ **cc:** _____

Estado de ocupación
1. Ocupada 2. No ocupada 3. Desalojada ☐

Numero de residentes ☐

2 CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN

Época de construcción
1. Antes de 1984 2. De 1984 a 1998 3. Posterior a 1998 ☐

Edad de la edificación ☐

Tipo de edificación
1. Vivienda unifamiliar 2. Vivienda multifamiliar
3. Comunitaria 4. Comercial 5. Otro ☐

Estado de construcción de la edificación
1. Completa 2. Incompleta ☐

Calidad de la construcción
1. Buena 2. Regular 3. Mala ☐

Dimensiones de la edificación
Frente: _____m Fondo: _____m

Numero de pisos ☐

Sistema estructural
1. Pórticos 2. Mamp estructural 3. Mamp confinada
4. Mamp no reforzada 5. Otro ☐

Forma de construcción
1. Constructora 2. Autoconstrucción ☐

OBSERVACIONES: _____

FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS Y ESTADO EN EDIFICACIONES

i.p.i.	**Ciudad:** Bogota DC **Localidad:** Usme **Barrio:** YOPAL "El pedregal"	Formato: INV-001 Pagina 2 de 4 Fecha: Enero de 2009 Formulario: _____

3 CONDICIÓN ESTRUCTURAL

Condición: 1. Bueno 2. Regular 3. Malo
Daño: 1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo

Cimentación
1. Inexistente 2. Pañete concreto 3. Ciclópeo
4. Placa 5. Viga de amarre 6. Zapata aislada
7. Zapata con vigas de amarre 8. Mixto

Condición ☐
Daño ☐

Muros
1. Estructural 2. L maciza 3. L farol
4. Mixto 5. Otro

Condición ☐
Daño ☐

Entrepiso
1. Placa maciza 2. Placa aligerada 3. Madera
4. Mixto 5. Otro

Condición ☐
Daño ☐

Cubierta
1. Placa 2. Liviana (dinteles). 3. L Maria
4. Mixta 5. Otro

Condición ☐
Daño ☐

Topografía de la edificación
1. Plano 2. Inclinado 3. Muy inclinado ☐

Irregularidad en planta
1. Baja 2. Media 3. Alta ☐

Irregularidad en altura
1. Baja 2. Media 3. Alta ☐

Calidad de la construcción
1. Buena 2. Regular 3. Mala ☐

OBSERVACIONES: _____

6.6 SELECCIÓN Y MATERIALIZACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO ESTRUCTURAL

Se seleccionaron unos puntos de control estratégicamente localizados de acuerdo a la zonificación del Plano General de Daño (Plano 3). Se pretende monitorear las grietas para medir su evolución en el tiempo y por tanto el compromiso que éstas puedan tener dentro de las condiciones de estabilidad de la edificación. Para ello se dispone de un registro de marcas en muros y contra-pisos fijados con puntillas de acero localizados al lado y lado de las grietas, para que sean monitoreados y de esta forma observar su evolución.

En el Plano No. 5 se presenta la localización de las viviendas a las cuales se les realizó la inspección de daños y aquellas en las cuales se dejaron puntos para el control de abertura de grietas. Es de aclarar que el inventario se realizó a viviendas escogidas de forma aleatoria y algunas de estas corresponden a viviendas que han sido evacuadas.

6.7 MONITOREO ESTRUCTURAL

La materialización de los puntos de monitoreo estructural se hizo de forma conjunta con el inventario de daños en las viviendas. Esta materialización consiste en la colocación de puntos de referencia (puntillas de 1” clavadas en los muros y placas de contrapiso) al lado y lado de las grietas seleccionadas; se mide inicialmente la separación entre estos puntos de referencia con cinta métrica metálica, esta separación inicial corresponde con la lectura base para el monitoreo. También se mide sobre el alineamiento de las puntillas la abertura de la grieta. En cada campaña se mide la separación entre los puntos de referencia y de determina la diferencia con la lectura inicial (lectura base), con lo anterior se puede determinar la variación de la abertura de las grietas en el intervalo de tiempo de cada campaña y calcular así la velocidad de ampliación de las diferentes grietas monitoreadas. Con estas evaluaciones se determina la actividad del movimiento del terreno y el avance del deterioro de la vivienda, lo cual ayuda a definir la necesidad de evacuación de la edificación monitoreada y/o vecinas a esta.

Los puntos de monitoreo estructural se colocaron en algunas de las casas inventariadas, teniendo como criterio las edificaciones con mayor afectación en la zona de estudio.

En las Fotografías 6.1 y 6.2 se evidencian las actividades de inventario de viviendas y la materialización de puntos de monitoreo estructural.

Se realizó una campaña de monitoreo estructural el día 30 de enero de 2009 y una segunda campaña el día 13 de febrero de 2009. A partir de las mediciones realizadas se procedió a calcular los desplazamientos relativos ocurridos entre la materialización de los puntos de monitoreo estructural y las dos campañas. En Tabla 6-1 se muestran los resultados obtenidos.

Conforme a los resultados de las campañas se aprecia que no se han incrementado de forma sustancial las aberturas de las grietas monitoreadas; en la mayoría se obtuvieron las mismas lecturas registradas durante la materialización de los puntos de monitoreo y en muy pocos casos se incrementaron las lecturas entre 1 y 2 mm., lo cual indicada una tasa de movimiento muy baja. Estas bajas tasas de movimiento se presentan probablemente debido a que actualmente no hay periodo de lluvias, también es posible

que el movimiento se este atenuado por el control que aparentemente realiza el depósito grueso de fluvioglacial de la parte baja del movimiento, y los nuevos agrietamientos se pueden dar por la reacomodación tanto del suelo como de la propia estructura. Es importante resaltar que en algunas de las edificaciones mas afectadas han aparecido nuevas grietas y se observa en algunos casos dilataciones entre los muros y los entrepisos; estas viviendas corresponden con las existentes en la Manzana 15 predios 8,10,32,33 y 34 y en la Manzana 8 Predio 6.



Fotografía 6-9 Inspección de daños en viviendas



Fotografía 6-10 Materialización de puntos de monitoreo estructural

Tabla 6-1 Resultados del monitoreo estructural primera y segunda campaña de monitoreo estructural

ID	MANZANA (UAECD)	PREDIO (UAECD)	Punto de control estructural	20-Ene		30-Ene		Desplazamiento relativo (mm)	13-Feb		Desplazamiento relativo (mm)
				Distancia entre testigos (mm)	Abertura (mm)	Distancia entre testigos (mm)	Abertura (mm)		Distancia entre testigos (mm)	Abertura (mm)	
	15	2	1	158	55	158	55	0	160	57	2
			2	51	8	51	8	0	52	9	1
	15	5	3	72	6	72	6	0	78	5	6
			4	45	2	46	3	1	46	2	1
	15	8	5	77	8	78	9	1	El lugar estaba cerrado durante		
	15	9	6	77	4	77	4	0	77	4	0
			7	70	4	70	4	0	71	5	1
	15	10	8	84	12	84	12	0	84	12	0
	15	11	9	90	10	90	10	0	90	10	0
	15	14	10	82	10	83	11	1	83	11	1
	15	34	11	82	8	82	8	0	82	8	0
	18	6	12	105	5	105	5	0	105	5	0
			13	116	30	117	31	1	117	31	1
	3	6	14	143	21	144	22	1	El predio se encuentra desaloja		
			15	57	3	57	3	0	El predio se encuentra desaloja		
	8	7	16	100	4	101	5	1	101	5	1
	8	9	17	49	28	50	29	1	50	29	1
			18	65	4	65	4	0	65	4	0
	3	8	19	70	8	70	8	0	El predio se encuentra desaloja		
	93	11	20	84	6	85	7	1	85	7	1
			21	122	2	122	2	0	122	2	0
	93	12	22	37	3	37	3	0	37	3	0
			23	59	3	59	3	0	59	3	0
			24	52	2	52	2	0	52	2	0
	93	9	25	141	1	141	1	0	142	2	1
	92	16	26	43	4				43	4	0
			27	47	3				47	3	0
	92	17	28	142	2				143	3	1
			29	72	1				72	1	0
	92	18	30	54	1	54	1	0	56.5	3.5	2.5
			31	216	1	216	1	0			
			32	43	3	43	3	0			
			33	49	3	49	3	0	49.5	3.5	0.5
	93	6	34	90	4	92	6	2	92	6	2
			35	72	5	73	6	1	73	7	1
	93	5	36	48	2	49	3	1	49	3	1
			37	101	4	101	4	0	102	5	1
			38	51	3	51	3	0	51	3	0

7 MONITOREO GEOTÉCNICO

Para determinar la magnitud y dirección del movimiento superficial que se evidencia en la zona de estudio se materializaron 50 puntos de control topográfico, distribuidos de forma conveniente en toda el área afectada. A estos puntos de control topográfico se les hizo dos lecturas, posteriores a la materialización durante el plazo del contrato.

7.1 PUNTOS DE CONTROL

Se materializaron puntos de control topográfico sobre algunos pozos de la red de alcantarillado, andenes y en bloques de gran tamaño mediante la colocación de puntilla e identificación del punto con pintura. Los puntos de control topográfico se identificaron con la nomenclatura M-1 al M-50. En el Plano No. 4 se muestra la localización de los puntos de monitoreo topográfico materializados para el presente estudio.

En la Tabla 7-1 se presentan las coordenadas iniciales de los puntos de monitoreo topográfico, materializados el día 20 de Enero de 2009. Para el informe final de las actividades del monitoreo, se hizo la materialización de los puntos de control topográfico y dos campañas de monitoreo topográfico, los días 30 de Enero y 14 de Febrero de 2009.

7.2 SECCIONES TOPOGRÁFICAS

Se materializaron tres secciones topográficas en campo, las cuales fueron empleadas para la generación de un modelo geotécnico preliminar a partir de la información recopilada de estudios anteriores y de las visitas realizadas por parte del Especialista en geotecnia. En la figura siguiente se presenta la localización de las secciones topográficas tomadas en campo.

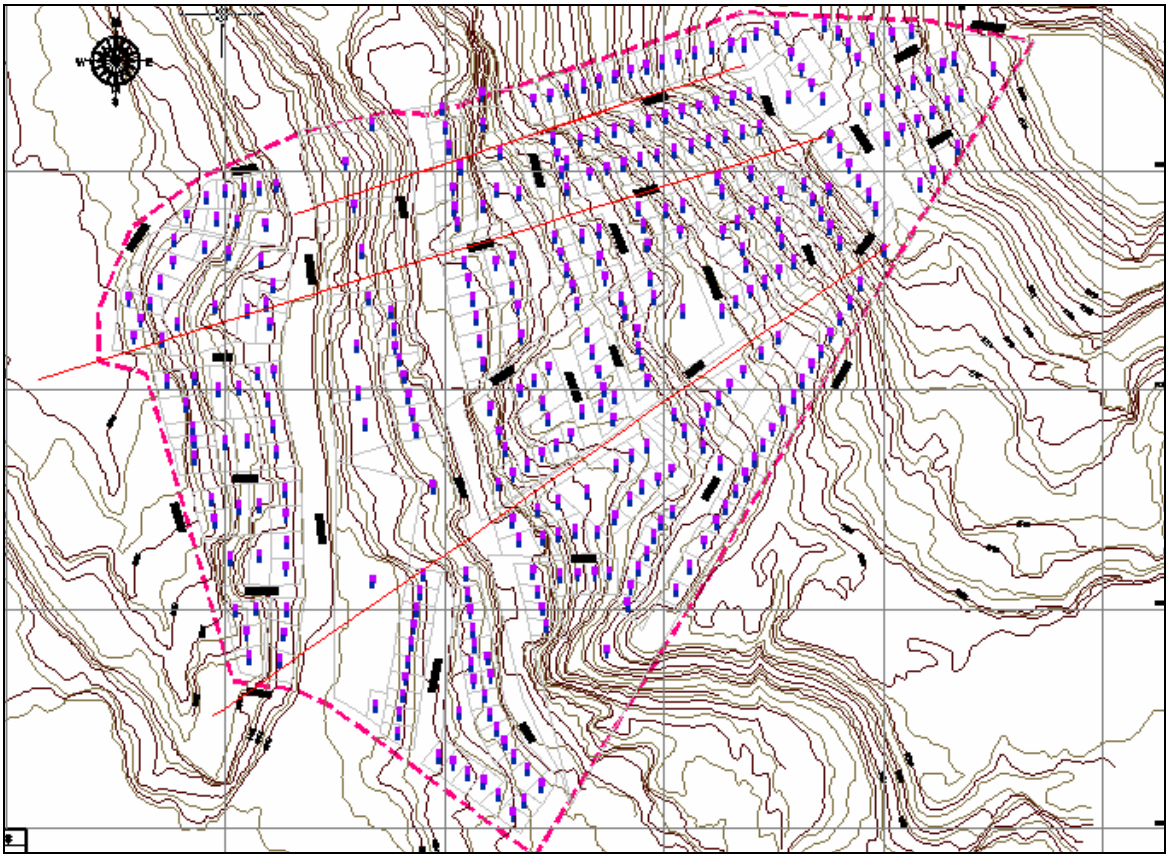


Figura 7-1 Localización de secciones topográficas en la zona de estudio

Tabla 7-1 Coordenadas materialización de puntos de monitoreo topográfico

PUNTO	DETALLE	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm)
1	M-1	91822.984	95985.872	2749.216
2	M-2	91841.148	95970.056	2748.744
3	M-3	91826.986	95955.385	2748.000
4	M-4	91830.261	95933.642	2742.806
5	M-5	91824.083	95912.016	2732.244
6	M-6	91815.834	95897.562	2724.027
7	M-7	91851.064	95869.689	2717.804
8	M-8	91821.617	95877.298	2718.557
9	M-9	91781.825	95885.619	2709.132
10	M-10	91788.416	95907.927	2717.360
11	M-11	91796.422	95935.481	2729.657
12	M-12	91806.420	95951.509	2738.765
13	M-13	91777.044	95975.026	2737.335
14	M-14	91789.329	95985.842	2747.870
15	M-15	91761.684	96000.615	2745.024
16	M-16	91761.118	95983.402	2734.899
17	M-17	91746.635	95968.465	2727.533
18	M-18	91722.229	95991.274	2735.476
19	M-19	91728.458	95942.150	2720.972
20	M-20	91775.920	95944.834	2728.347
21	M-21	91766.949	95926.352	2719.576
22	M-22	91745.945	95887.250	2709.403
23	M-23	91648.322	95941.265	2723.694
24	M-24	91711.686	95952.949	2719.805
25	M-25	91717.837	95920.050	2711.453
26	M-26	91682.350	95960.536	2724.496
27	M-27	91787.412	96006.459	2750.741
28	M-28	91699.956	95891.188	2708.120
29	M-29	91667.751	95909.565	2710.540
30	M-30	91667.218	95891.533	2702.475
31	M-31	91636.728	95871.341	2695.759
32	M-32	91651.210	95852.424	2686.272
33	M-33	91698.285	95834.306	2688.586
34	M-34	91719.559	95854.766	2697.522
35	M-35	91770.358	95845.265	2699.402
36	M-36	91808.921	95857.877	2702.288
37	M-37	91827.901	95863.572	2707.103
38	M-38	91824.685	95835.828	2698.835
39	M-39	91797.913	95825.382	2688.006
40	M-40	91805.661	95808.713	2681.132
41	M-41	91802.188	95786.452	2672.855
42	M-42	91786.442	95803.264	2677.684
43	M-43	91763.783	95815.545	2684.483
44	M-44	91717.205	95809.643	2681.610
45	M-45	91696.874	95794.559	2676.059
46	M-46	91678.671	95826.230	2685.370
47	M-47	91624.115	95806.479	2680.287
48	M-48	91624.912	95780.127	2671.690
49	M-49	91673.143	95765.523	2664.394
50	M-50	91735.550	95746.148	2659.833

7.3 CAMPAÑAS DE MONITOREO

Durante el tiempo del presente estudio se llevaron a cabo dos campañas de monitoreo posteriores a la materialización de los puntos de control topográfico.

En la Tabla 7-2 se muestran las coordenadas de los puntos de control obtenidas en la primera campaña de control topográfico realizado el día 30 de enero de 2009 y en la Tabla 7-3 se presentan las coordenadas obtenidas en la segunda campaña de monitoreo realizada el 14 de Febrero de 2007

Resultados monitoreo primera campaña

Los resultados del monitoreo a los puntos de control topográfico se presentan en la Tabla 7-4. A partir de los resultados obtenidos se puede apreciar que los vectores de desplazamiento tienen una orientación preferente hacia el suroeste. Los mayores desplazamientos se presentan hacia la zona del flanco derecho del deslizamiento. En esta área se registran desplazamientos comprendidos en un rango entre los 20 y 104 mm.

La zona que presenta los menores desplazamientos de acuerdo con los resultados del monitoreo topográfico corresponde al área central del barrio. En esta área se registran valores de desplazamiento entre 13 y 25mm, los cuales pueden estar dentro de la precisión de los equipos utilizados para el monitoreo.

La tasa de desplazamiento de acuerdo con el monitoreo de control topográfico esta comprendida entre 1 y 3.5mm/día. Se encuentran valores superiores, pero se consideran dentro del error propio de la medición.

Algunos puntos de la parte alta del barrio como M-1, M-2 y M-27 registran vectores de desplazamiento con magnitud pequeña y orientación noreste, los cuales en primera instancia se debería considerar que no presentan movimiento, por lo tanto se hace necesario comprobar en la segunda campaña de monitoreo si efectivamente estos puntos se han desplazado. Sin embargo, la situación anterior no se deberá descartar puesto que en la parte alta se observa de forma clara la presencia de grietas de tracción y posiblemente se este desconfinando el terreno en la parte alta.

Como resultado del monitoreo topográfico se generó el Plano No. 6 que presenta los vectores de desplazamiento, estos vectores están escalados con respecto a la magnitud del desplazamiento total y existe una convención para indicar si se presentan hundimientos o levantamientos de estos puntos.

La información tomada durante la primera campaña de monitoreo se presenta en el Anexo B.

Tabla 7-2 Coordenadas puntos de monitoreo topográfico primera campaña

PUNTO	DETALLE	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm)
1	M-1	91822.998	95985.886	2749.171
2	M-2	91841.148	95970.066	2748.700
3	M-3	91826.985	95955.361	2747.980
4	M-4	91830.246	95933.625	2742.782
5	M-5	91824.072	95911.989	2732.211
6	M-6	91815.847	95897.555	2723.994
7	M-7	91851.035	95869.663	2717.792
8	M-8	91821.577	95877.260	2718.512
9	M-9	91781.806	95885.617	2709.090
10	M-10	91788.390	95907.927	2717.315
11	M-11	91796.409	95935.482	2729.616
12	M-12	91806.412	95951.508	2738.733
13	M-13	91777.044	95974.974	2737.332
14	M-14	91789.326	95985.795	2747.866
15	M-15	91761.699	96000.558	2745.011
16	M-16	91761.103	95983.365	2734.906
17	M-17	91746.607	95968.424	2727.521
18	M-18	91722.240	95991.237	2735.470
19	M-19	91728.432	95942.116	2720.957
20	M-20	91775.896	95944.795	2728.346
21	M-21	91766.950	95926.339	2719.548
22	M-22	91745.940	95887.216	2709.372
23	M-23	91648.308	95941.257	2723.698
24	M-24	91711.669	95952.920	2719.796
25	M-25	91717.823	95920.030	2711.427
26	M-26	91682.356	95960.520	2724.489
27	M-27	91787.434	96006.472	2750.686
28	M-28	91699.960	95891.197	2708.112
29	M-29	91667.726	95909.559	2710.491
30	M-30	91667.196	95891.551	2702.424
31	M-31	91636.693	95871.349	2695.727
32	M-32	91651.190	95852.424	2686.241
33	M-33	91698.261	95834.305	2688.550
34	M-34	91719.524	95854.771	2697.505
35	M-35	91770.326	95845.258	2699.386
36	M-36	91808.892	95857.816	2702.253
37	M-37	91827.878	95863.533	2707.086
38	M-38	91824.652	95835.817	2698.826
39	M-39	91797.880	95825.374	2687.997
40	M-40	91805.576	95808.664	2681.116
41	M-41	91802.138	95786.433	2672.836
42	M-42	91786.348	95803.309	2677.664
43	M-43	91763.757	95815.540	2684.471
44	M-44	91717.181	95809.636	2681.576
45	M-45	91696.848	95794.547	2676.017
46	M-46	91678.645	95826.207	2685.337
47	M-47	91624.069	95806.463	2680.264
48	M-48	91624.883	95780.118	2671.644
49	M-49	91673.126	95765.518	2664.357
50	M-50	91735.528	95746.149	2659.805

Tabla 7-3 Coordenadas puntos de monitoreo topográfico segunda campaña

PUNTO	DETALLE	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm)
1	M-1	91822.998	95985.877	2749.166
2	M-2	91841.151	95970.053	2748.694
3	M-3	91826.986	95955.337	2747.976
4	M-4	91830.261	95933.608	2742.776
5	M-5	91824.083	95911.962	2732.199
6	M-6	91815.868	95897.548	2723.983
7	M-7	91851.064	95869.637	2717.771
8	M-8	91821.617	95877.222	2718.498
9	M-9	91781.825	95885.611	2709.082
10	M-10	91788.416	95907.924	2717.309
11	M-11	91796.422	95935.475	2729.613
12	M-12	91806.420	95951.511	2738.735
13	M-13	91777.044	95974.943	2737.320
14	M-14	91789.329	95985.771	2747.828
15	M-15	91761.699	96000.535	2745.008
16	M-16	91761.138	95983.339	2734.891
17	M-17	91746.626	95968.383	2727.518
18	M-18	91722.240	95991.200	2735.458
19	M-19	91728.450	95942.082	2720.951
20	M-20	91775.918	95944.756	2728.327
21	M-21	91766.958	95926.326	2719.550
22	M-22	91745.945	95887.182	2709.373
23	M-23	91648.322	95941.249	2723.695
24	M-24	91711.686	95952.907	2719.791
25	M-25	91717.837	95920.023	2711.423
26	M-26	91682.368	95960.512	2724.492
111	M-27	91787.434	96006.458	2750.688
28	M-28	91699.967	95891.188	2708.108
29	M-29	91667.751	95909.559	2710.481
30	M-30	91667.218	95891.551	2702.408
31	M-31	91636.728	95871.346	2695.705
32	M-32	91651.210	95852.424	2686.220
33	M-33	91698.285	95834.304	2688.537
34	M-34	91719.559	95854.762	2697.493
35	M-35	91770.358	95845.251	2699.367
36	M-36	91808.921	95857.755	2702.190
37	M-37	91827.901	95863.494	2707.035
38	M-38	91824.685	95835.806	2698.793
39	M-39	91797.913	95825.366	2687.952
40	M-40	91805.637	95808.633	2681.091
41	M-41	91802.188	95786.414	2672.794
42	M-42	91786.386	95803.311	2677.652
43	M-43	91763.783	95815.535	2684.439
44	M-44	91717.205	95809.637	2681.566
45	M-45	91696.874	95794.535	2676.021
46	M-46	91678.671	95826.191	2685.319
47	M-47	91624.107	95806.457	2680.240
48	M-48	91624.909	95780.116	2671.647
49	M-49	91673.143	95765.513	2664.356
50	M-50	91735.550	95746.137	2659.807

Tabla 7-4 Resultados monitoreo primera campaña

Detalle	Delta N (mm)	Delta E (mm)	Delta Z (mm)	Desplazamiento Horizontal (mm)	Velocidad (mm/dia)
M-1	14	14	-44	20	2.0
M-2	1	10	-44	10	1.0
M-3	-1	-24	-20	24	2.4
M-4	-15	-17	-24	22	2.2
M-5	-11	-27	-33	29	2.9
M-6	13	-7	-33	15	1.5
M-7	-29	-26	-12	39	3.9
M-8	-40	-38	-45	55	5.5
M-9	-19	-2	-42	19	1.9
M-10	-26	0	-44	26	2.6
M-11	-13	1	-41	13	1.3
M-12	-8	-1	-32	8	0.8
M-13	0	-52	-3	52	5.2
M-14	-3	-47	-4	47	4.7
M-15	15	-57	-13	59	5.9
M-16	-15	-37	7	39	3.9
M-17	-27	-41	-12	49	4.9
M-18	11	-37	-6	38	3.8
M-19	-26	-34	-15	43	4.3
M-20	-24	-39	-1	46	4.6
M-21	1	-13	-28	13	1.3
M-22	-5	-34	-31	34	3.4
M-23	-13	-8	4	16	1.6
M-24	-17	-29	-9	34	3.4
M-25	-14	-20	-26	25	2.5
M-26	6	-16	-7	17	1.7
M-27	22	13	-55	25	2.5
M-28	4	9	-8	10	1.0
M-29	-25	-6	-49	25	2.5
M-30	-22	18	-51	28	2.8
M-31	-35	8	-32	36	3.6
M-32	-20	0	-31	20	2.0
M-33	-24	-1	-36	24	2.4
M-34	-35	5	-17	36	3.6
M-35	-32	-7	-16	33	3.3
M-36	-29	-61	-34	68	6.8
M-37	-23	-39	-17	46	4.6
M-38	-33	-11	-9	35	3.5
M-39	-33	-8	-9	34	3.4
M-40	-84	-48	-16	97	9.7
M-41	-50	-19	-19	54	5.4
M-42	-94	45	-20	104	10.4
M-43	-26	-5	-12	27	2.7
M-44	-24	-7	-34	25	2.5
M-45	-26	-12	-42	28	2.8
M-46	-26	-23	-33	34	3.4
M-47	-45	-16	-23	48	4.8
M-48	-29	-9	-46	31	3.1
M-49	-17	-5	-37	18	1.8
M-50	-22	1	-28	22	2.2

Resultados monitoreo segunda campaña

En la parte alta del barrio sobre la KR 1F Bis Este no se evidenció desplazamiento de los puntos de control topográfico identificados como M-1, M-2 y M-27 durante la campaña de monitoreo realizada el pasado 14 de febrero. De la observación realizada en campo por parte del Especialista en geotecnia se determinó que esta área no presenta movimiento.

Los puntos de control topográfico localizados en las áreas de las manzanas 8, 37, 15 y 16 de la UAECD que corresponden a la zona noreste del barrio registran desplazamientos importantes del orden de los 82mm, con velocidad de desplazamiento de 3mm/día durante el periodo del monitoreo topográfico.

De la segunda campaña de monitoreo topográfico se puede concluir que los puntos de control con mayores desplazamientos son aquellos que están localizados en la parte norte del barrio identificados como M-36, M-8 y M-37, los cuales registraron desplazamientos entre 77 y 122 mm durante el periodo comprendido entre la materialización de los puntos de control y la última campaña (25 días). Las mayores velocidades del movimiento están comprendidas entre 3.1 y 4.9 mm/s.

La zona que ha registrado los mayores desplazamientos actualmente se encuentra desalojada y corresponde con los predios de la manzana 01 de la UAECD.

La parte central del barrio Yopal y San Juan de Usme presenta desplazamientos pequeños comparados con las áreas mas afectadas, estos son menores a 30mm, con velocidad de desplazamiento de 1.2mm/día.

Los resultados de la segunda campaña de monitoreo topográfico se presentan en la Tabla 7-5 y se pueden apreciar de forma grafica en el plano 6.

Los datos tomados durante la segunda campaña de monitoreo se presentan en el Anexo C.

Tabla 7-5 Resultados del segundo monitoreo topográfico

Detalle	Delta N (mm)	Delta E (mm)	Delta Z (mm)	Desplazamiento Horizontal (mm)	Velocidad (mm/dia)
M-1	-14	-5	49	15	0.6
M-2	-4	3	50	5	0.2
M-3	0	48	24	48	1.9
M-4	0	33	30	33	1.3
M-5	0	53	45	53	2.1
M-6	-34	14	44	37	1.5
M-7	0	53	33	53	2.1
M-8	0	77	59	77	3.1
M-9	0	8	50	8	0.3
M-10	0	3	50	3	0.1
M-11	0	6	44	6	0.2
M-12	0	-2	30	2	0.1
M-13	0	83	15	83	3.3
M-14	0	71	42	71	2.8
M-15	-15	80	16	82	3.3
M-16	-20	63	8	66	2.6
M-17	8	81	15	82	3.3
M-18	-11	73	18	74	3.0
M-19	8	67	21	68	2.7
M-20	2	78	20	78	3.1
M-21	-9	26	26	27	1.1
M-22	0	67	30	67	2.7
M-23	0	16	-1	16	0.7
M-24	0	42	14	42	1.7
M-25	0	27	30	27	1.1
M-26	-18	24	4	30	1.2
M-27	-22	1	53	22	0.9
M-28	-11	0	12	11	0.4
M-29	0	6	59	6	0.2
M-30	0	-18	67	18	0.7
M-31	0	-5	54	5	0.2
M-32	0	1	52	1	0.0
M-33	0	2	49	2	0.1
M-34	0	4	29	4	0.1
M-35	0	14	35	14	0.5
M-36	0	122	97	122	4.9
M-37	0	79	68	79	3.2
M-38	0	23	42	23	0.9
M-39	0	17	54	17	0.7
M-40	23	79	41	83	3.3
M-41	0	38	61	38	1.5
M-42	56	-47	32	73	2.9
M-43	0	11	44	11	0.4
M-44	0	6	44	6	0.2
M-45	0	24	38	24	1.0
M-46	0	39	51	39	1.5
M-47	7	22	47	24	0.9
M-48	3	11	43	11	0.5
M-49	0	10	38	10	0.4
M-50	0	11	26	11	0.4

8 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO

La metodología de evaluación para la cuantificación global del riesgo en el estudio y monitoreo de las edificaciones de los Barrios Yopal y San Juan de Usme se presenta en la siguiente matriz de riesgo:

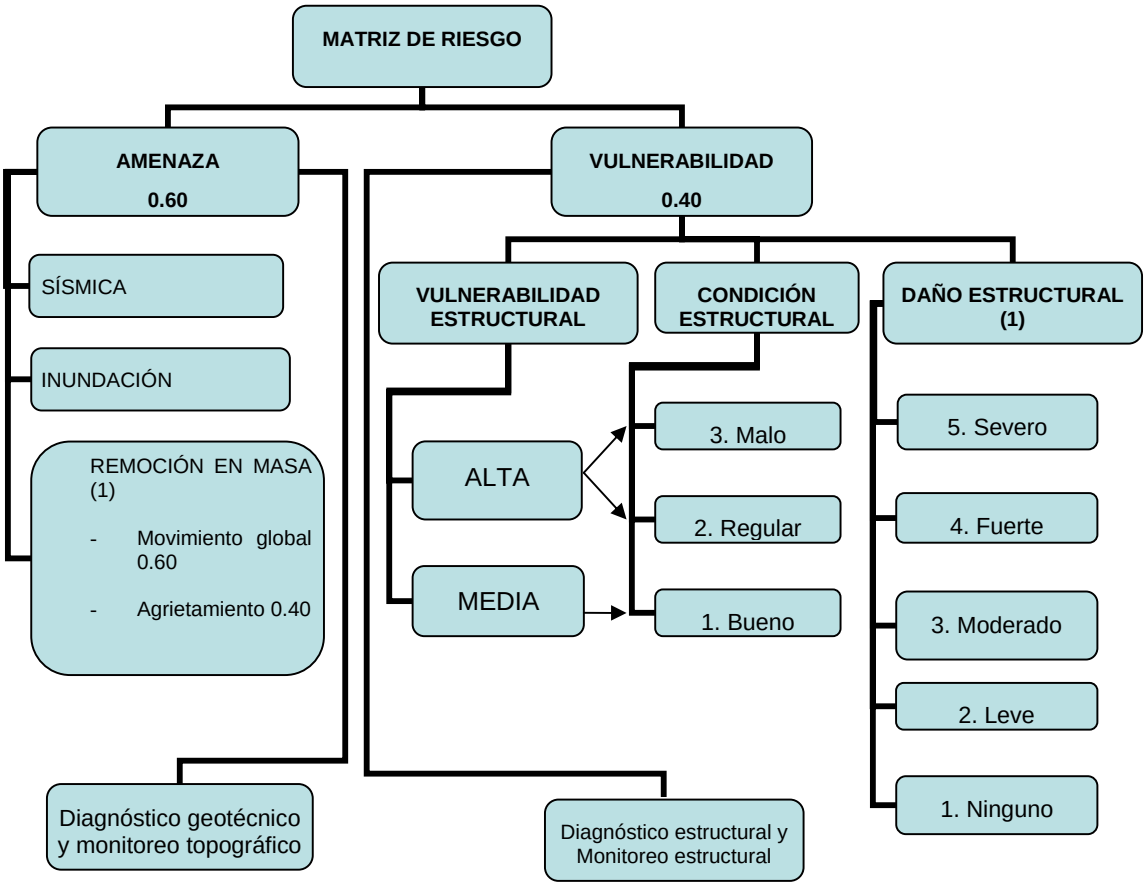


Figura 8-1 Matriz para la Cuantificación Global del Riesgo

8.1 AMENAZA

Se identifica y valida de acuerdo al diagnostico geotécnico; la amenaza se definirá de acuerdo al evento que se presentó y se esta desarrollando en la zona de estudio como: sismo, inundación, remoción en masa (Deslizamientos, flujos de tierras, agrietamientos del terreno, influencia de presencia de agua, etc.).

Para este caso se tuvo en cuenta la influencia de procesos de remoción en masa y específicamente la influencia observada por el movimiento del suelo que presenta actividad evidente y que afecta en diferente grado el área de monitoreo.

Al factor de amenaza se le asignó un peso del 60% dado a: - La afectación de las edificaciones que se está presentando predominantemente por el desplazamiento del terreno, - La condición de vulnerabilidad en general es uniforme “media a alta” para todo el área de estudio, - Las edificaciones se mantenían en condición de “estabilidad” (no presentaron daños anteriormente).

En la evaluación del Ítem de amenaza se define el evento como REMOCION EN MASA, y se incluye como primer elemento de evaluación el “movimiento global” **(60%)**, de acuerdo con la inspección registrada en campo, la condición del agua superficial registrada y los resultados de la primera campaña topográfica. Este elemento se subdividió en levantamiento y hundimiento del terreno aledaño a la vivienda (40%), presencia de agua en la vivienda y sus alrededores (30%), y fisuras del terreno y la cimentación (30%).

El segundo elemento de evaluación corresponde con la presencia de agrietamiento del terreno **(40%)** el cual fue generado por el movimiento global. Este aspecto se evalúa tomando en cuenta la presencia de fisuras y grietas en andenes, zonas verdes, pisos de la edificación y en las casas vecinas que representan claramente movimientos locales del terreno. En este caso no se tienen en cuenta daños estructurales propiamente dichos ya que estos se incluyen en la evaluación del daño estructural.

Cada elemento se califica de “I” a “V” según su afectación: ninguno, leve, moderada, fuerte y severo respectivamente.

La escala de amenaza se representa en la siguiente Tabla:

CALIFICACIÓN DE AMENAZA	CONDICIÓN DE AMENAZA
V	MUY ALTA
IV	ALTA
III	MEDIA
II	BAJA
I	MUY BAJA

8.2 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

El estudio se direcciona a:

1. Establecer la **vulnerabilidad estructural** de las edificaciones

2. Calificar la **condición** o estado de la edificación

3. Calificar el **daño estructural** ocurrido en la edificación por el evento actual (remoción en masa).

Vulnerabilidad estructural

En primera instancia se identifica que la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de acuerdo a la inspección realizada es de **media a alta** (ninguna edificación cumple con el titulo E de la NSR).

A través de los estudios que la compañía (Ingeniería y proyectos de infraestructura, Ing. Wilson Moreno B.) ha podido realizar, se ha podido determinar que las construcciones de tipo informal no cuentan con especificaciones estructurales. Por tanto esta topología de edificaciones se define en vulnerabilidad “Media a Alta”

Condición o estado de la edificación

En la inspección se califica la condición de los componentes de la edificación utilizando variables cualitativas como se presenta a continuación:

Tabla 8-1 Calificación de la Condición de la edificación

CALIFICACIÓN	NIVEL
1	BUENO
2	REGULAR
3	MALO

En la calificación de la condición de la edificación se tienen en cuenta criterios de vulnerabilidad estructural con el fin de obtener información que pueda ser cruzada, asociada y analizada desde este punto de vista.

Criterios de calificación de la condición o estado de la edificación

La Condición de la edificación se califica de acuerdo a los siguientes indicadores teniendo en cuenta la escala de la “Tabla 8-1. Calificación de la condición o estado de la edificación”:

- **Cimentación.**

CONDICIÓN	NIVEL

La cimentación cuenta con viga corrida en concreto reforzado bajo muros, conformando anillos amarrados.	BUENO
La cimentación cuenta con algunas vigas corridas en concreto reforzado bajo muros, pero no conforman anillos amarrados.	REGULAR
La edificación no cuenta con una cimentación adecuada	MALO

- **Muros**

CONDICIÓN	NIVEL
Existen muros en las dos direcciones principales de la edificación.	BUENO
Los muros se concentran en una dirección, aunque existen algunos o varios en la otra dirección.	REGULAR
La mayoría de los muros se concentran en una sola dirección	MALO

- **Entrepiso**

CONDICIÓN	NIVEL
- El entrepiso esta conformado por placas de concreto que funcionan de manera monolítica. - La placa de entrepiso se apoya de manera adecuada proporcionando continuidad.	BUENO
La placa de entrepiso no cumple con alguna de las anteriores consideraciones.	REGULAR
- La placa de entrepiso no cumple con las consideraciones anteriores - Los entrepisos están conformados por combinaciones de materiales (madera, guadua, etc.), que no proporcionan continuidad y amarre deseados.	MALO

- **Cubierta**

CONDICIÓN	NIVEL
- Existe una buena condición de amarre y apoyo entre la estructura de la cubierta y muros. - Hay arriostramiento de las vigas. - La cubierta es liviana y esta debidamente amarrada a su estructura.	BUENO
- La mayoría de los anteriores requisitos se cumplen	REGULAR

- No se cumplen los requisitos anteriores y/o presenta condiciones contrarias (ej. cubierta pesada)	MALO

Daño estructural

En la inspección se califica el daño en los elementos estructurales, utilizando variables cualitativas como se presenta a continuación:

Tabla 8-2 Calificación De Daño Estructural

CALIFICACIÓN	NIVEL
1	NINGUNO
2	LEVE
3	MODERADO
4	FUERTE
5	SEVERO

Criterios de calificación de daño estructural

Por medio de la inspección visual se califica el nivel de daño estructural en cada uno de los componentes de la edificación de la siguiente manera teniendo en cuenta la Tabla 8-2. Calificación de Daño Estructural:

- **Cimentación.**

DAÑOS	NIVEL
No presenta daños.	NINGUNO
Fisuras < 3 mm.	LEVE
Grietas 3 a 9 mm.	MODERADO
Grietas 9 a 15 mm. Hundimientos < 15 mm.	FUERTE
Grietas > 15 mm.	SEVERO

Hundimientos > 15 mm. Deformaciones (muros de contención)	

Nota: En la evaluación tiene en cuenta la presencia de agua, humedad, otros.

- **Muros**

Se asocian los efectos de: rotación del muro, deslizamiento de las juntas horizontales, mecanismo de tensión diagonal y grietas por flexión.

DAÑOS	NIVEL
No presenta daños.	NINGUNO
Fisuras apreciables (±1mm.).	LEVE
Grietas continúas diagonales con aberturas hasta de 5 mm. Fisuras en juntas horizontales en el extremo superior e inferior del muro	MODERADO
Grietas abiertas continuas (de 5 a 9 mm.) y mecanismo de rotura escalonado Unidades de mampostería rotas. Desplazamiento relativo o movimiento en el plano fuera de él.	FUERTE
Grietas (> 9 mm.) y desplazamientos que presenten mecanismos de colapso. Inclinaciones del muro fuera de su plano vertical. Unidades de mampostería rotas.	SEVERO

- **Entrepiso**

DAÑOS	NIVEL
No presenta daños.	NINGUNO
Fisuras parciales discontinuas apenas perceptibles.	LEVE
Fisuras continuas.	MODERADO
Grietas con aberturas de 3 a 5 mm. Deflexiones apenas perceptibles.	FUERTE
Grietas >5 mm. Deflexiones apreciables.	SEVERO

- **Cubierta**

DAÑOS	NIVEL
No presenta daños.	NINGUNO
Fisuras en dinteles.	LEVE
Desprendimiento de dinteles (fisuras).	MODERADO
Perdida parcial de apoyos. Rotura de amarre de vinculación muro-cubierta	FUERTE
Perdida de apoyos con mecanismo de colapso.	SEVERO

8.3 ESCALA DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE DAÑO

El índice de daño de la edificación se calcula de acuerdo a la asociación de los daños percibidos en cada uno de los elementos estructurales (cimentación, muros, entrepiso, cubierta) y la combinación de las características intrínsecas de la estructura (irregularidad en planta, irregularidad en altura, calidad de la construcción).

Tabla 8-3 Calificación del índice de daño

INDICE DE DAÑO	
I	Ninguno
II	Bajo
III	Medio
IV	Alto
V	Muy alto

A través de esta escala se identifica el daño estructural actual de las edificaciones y se describen las recomendaciones iniciales, para la toma de medidas y acciones inmediatas por la entidad competente, especialmente las edificaciones donde se determina que la edificación no es habitable. Lo anterior se presenta en la Tabla 8-4. La evaluación del índice de Daño para las edificaciones evaluadas se presenta en el Anexo D.

Tabla 8-4 Recomendaciones preliminares según Índice de Daño

INDICE DE DAÑO	TIPO DE DAÑO	RECOMENDACIONES
I	No existen daños	Observar periódicamente.
II	Daños leves que no generan compromiso con la estabilidad de la edificación.	Realizar reparación de fisuras. Observar periódicamente.
III	Daños importantes que pueden comprometer la estabilidad de la edificación a mediano o largo plazo.	Realizar monitoreo puntual de daños, para observar evolución.
IV	Daños muy importantes que comprometen la estabilidad de la edificación a corto plazo. Daños combinados de grietas y deformaciones.	Realizar monitoreo riguroso. Evaluar refuerzos, apuntalamientos, etc. para evitar deterioro progresivo y/o mecanismos de colapso. Edificación que amenaza la habitabilidad a corto plazo.
V	Edificación con evidencia de mecanismo de colapso inminente.	Edificación no habitable.

8.4 ESCALA NIVEL DE RIESGO ESTRUCTURAL

En la evaluación de riesgo desde el punto de vista estructural, prima el índice de daño para presentar la calificación de nivel de riesgo estructural. La presentación en esta escala se realiza con el fin de simplificar la evaluación de riesgo general entre “amenaza” y “vulnerabilidad estructural”, y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8-5 Nivel de riesgo (vulnerabilidad estructural).

INDICE DE DAÑO	NIVEL DE RIESGO
I	**MUY BAJO**
II	**BAJO**
III	**MEDIO**
IV	**ALTO**
V	**MUY ALTO**

El índice de daño con calificación I corresponde a un nivel de riesgo MUY BAJO, donde no se encontraron daños que comprometan la estructura; El índice de daño con calificación II corresponde a un nivel de riesgo BAJO, donde los daños son leves y no generan compromiso con la estabilidad de la edificación; el índice de daño III corresponde a un nivel de riesgo MEDIO, donde los daños son importantes y pueden comprometer la estabilidad de la edificación a mediano o largo plazo; El índice de daño IV corresponde a un nivel de riesgo ALTO, donde los daños son muy importantes y comprometen la estabilidad de la edificación.; y finalmente el índice de daño con calificación V corresponden a un nivel de riesgo MUY ALTO, donde la edificación presenta evidencias de mecanismo de colapso inminente.

8.5 EVALUACIÓN DE RIESGO GENERAL

Esta se realiza teniendo en cuenta la valoración de VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL (Nivel de riesgo) y la calificación del nivel de CONDICION DE AMENAZA con los factores indicados en la matriz de riesgo.

Con esto se elabora el plano donde se identifican las edificaciones con su calificación de nivel de riesgo por vulnerabilidad estructural y se asocian con las zonas de riesgo por “amenaza”. Lo anterior tendrá como resultado la zonificación de riesgo global para las edificaciones inventariadas.

Nota: Es importante que se realicen estudios posteriores para una inspección y verificación de las edificaciones en las cuales no se tomo información para su extrapolación de resultados con el fin de asociar todas las edificaciones de acuerdo a las condiciones observadas en campo.

8.6 ZONIFICACIÓN DE RIESGO

Esta se realiza teniendo en cuenta la valoración del Índice de daño y vulnerabilidad y la evaluación del nivel de amenaza con los factores indicados con anterioridad, se realiza la cuantificación global de riesgo, debido a la distribución de la escala del Índice de daño, la valoración global de riesgo se representa en la misma escala y para propósitos de zonificación se definen las zonas de riesgo, muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. De acuerdo como se indica en la Tabla 8-6.

Tabla 8-6 Recomendaciones preliminares según Índice de Daño

CALIFICACIÓN GLOBAL DE RIESGO	ZONA DE RIESGO
I	**MUY BAJO**
II	**BAJO**
III	**MEDIO**
IV	**ALTO**
V	**MUY ALTO**

Con esto se elabora el plano de zonificación de riesgo global para las estructuras inventariadas teniendo en cuenta las condiciones observadas en el trabajo de campo.

Se debe aclarar que la valoración resultante es dinámica y a la entrega del informe definitivo se pueden tener cambios debidos a la actividad del movimiento. Por lo tanto la evaluación de riesgo presentada no es definitiva y su tendencia es de aumento hasta tanto no se implementen obras de mitigación que reduzcan la amenaza a una nivel tolerable.

9 RESULTADOS

9.1 EVALUACIÓN DE AMENAZA

De acuerdo con los resultados del monitoreo topográfico y lo indicado en el diagnostico geotécnico, para cada vivienda se determinó la condición de amenaza teniendo en cuenta los factores mencionados en el numeral 8.1. En la Figura 9.1 se presenta la distribución de amenaza para las viviendas estudiadas, se puede ver que el 37% presenta Amenaza Alta, el 32% Amenaza Media, el 27% Amenaza Baja y el 4% Amenaza Muy Baja, es de notar que esta evaluación se realizó para viviendas específicas y aunque hay evidencia de movimiento general de la ladera, este movimiento es gradual, a escala local en la parte alta y baja del barrio Yopal no se registran agrietamientos ni presencia de agua en las viviendas evaluadas y los daños son mínimos, por lo tanto se generan calificaciones de amenaza media y baja. La valoración de la Amenaza se presenta en el Anexo D y en el Plano 7 “Zonificación de Amenaza”.

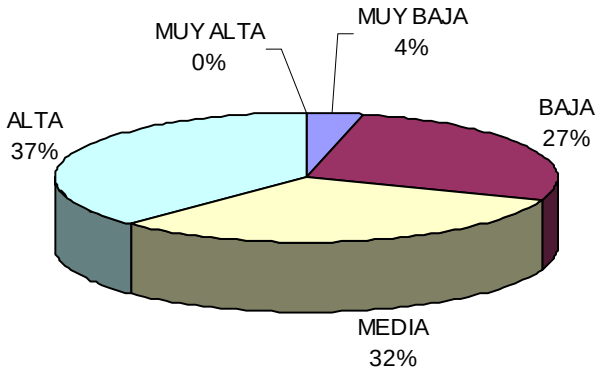


Figura 9-1 Condición de Amenaza para las viviendas estudiadas

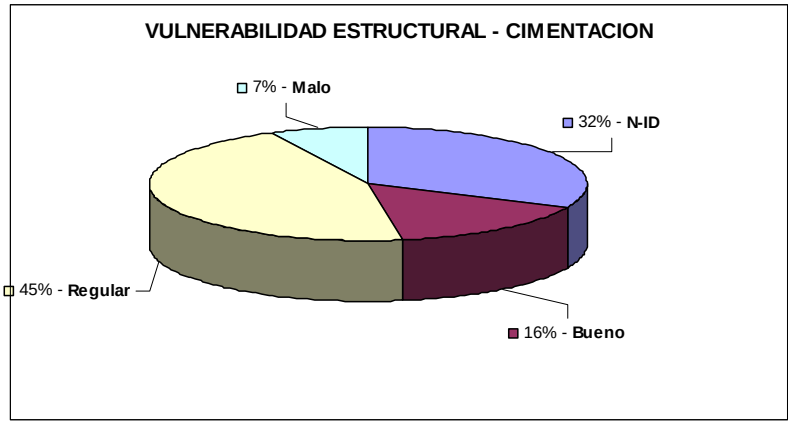
9.2 RESULTADOS VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Calificación de la condición de la edificación

CIMENTACION		
Calificación	**Cantidad**	**%**
N-ID	26	**31.71**
1	13	**15.85**
2	37	**45.12**

3	6	**7.32**

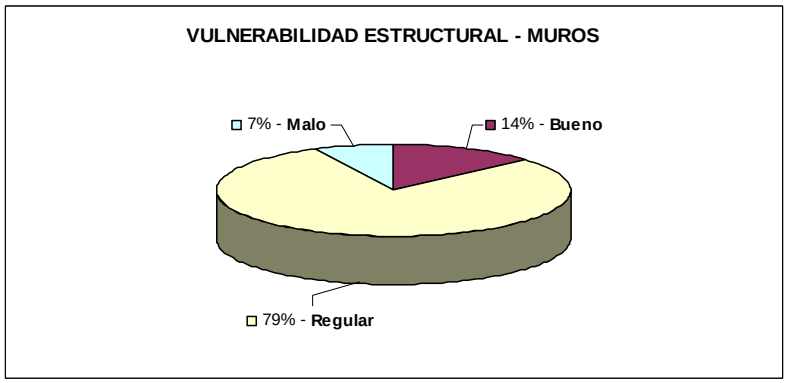
N-ID. No identificado



En algunas de las edificaciones (32%) no fue posible identificar el tipo de cimentación y por tanto no se conoce su condición.

Se identificaron que gran parte de las edificaciones (45%) no cuentan con vigas corridas en concreto reforzado bajo muros, por tanto poseen una condición regular.

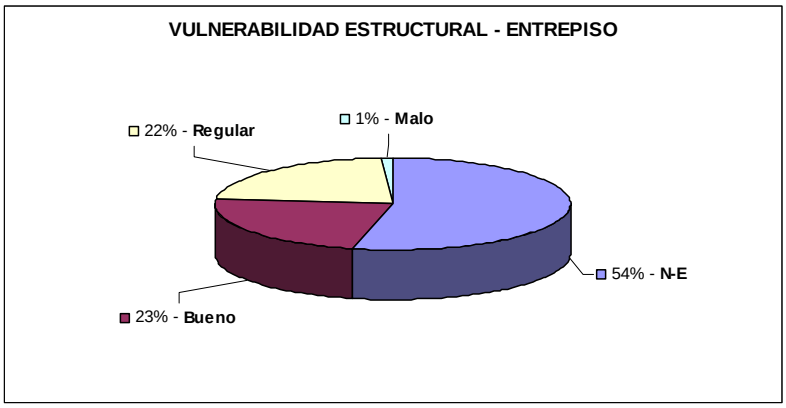
MUROS		
Calificación	**Cantidad**	**%**
1	11	**13.41**
2	65	**79.27**
3	6	**7.32**



La condición de los muros en las edificaciones se puede considerar como regular (79%), es decir que la gran mayoría de éstas poseen muros concentrados en una sola dirección.

ENTREPISO		
Calificación	**Cantidad**	**%**
N-E	44	**53.66**
1	19	**23.17**
2	18	**21.95**
3	1	**1.22**

N-E: No existe.



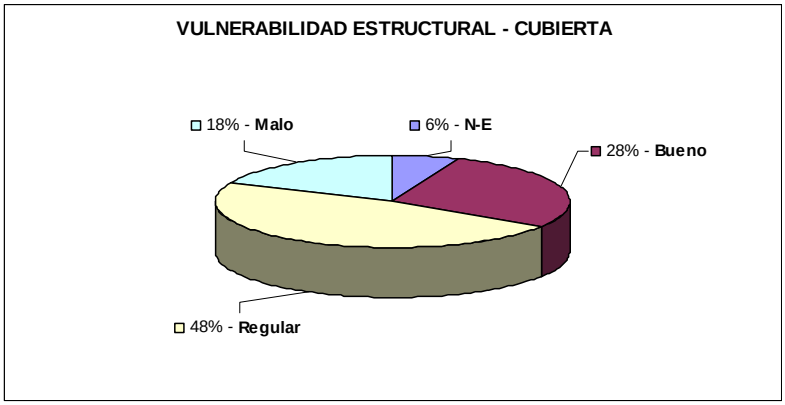
Por lo general las edificaciones son de un (1) piso, por esto el 53.66% de estas no poseen entrepisos.

La condición de los entrepisos se considera de Buena a Regular (23.17% -21.95% respectivamente).

CUBIERTA		
Calificación	**Cantidad**	**%**
N-E	5	**6.10**
1	23	**28.05**
2	39	**47.56**

3	15	**18.29**

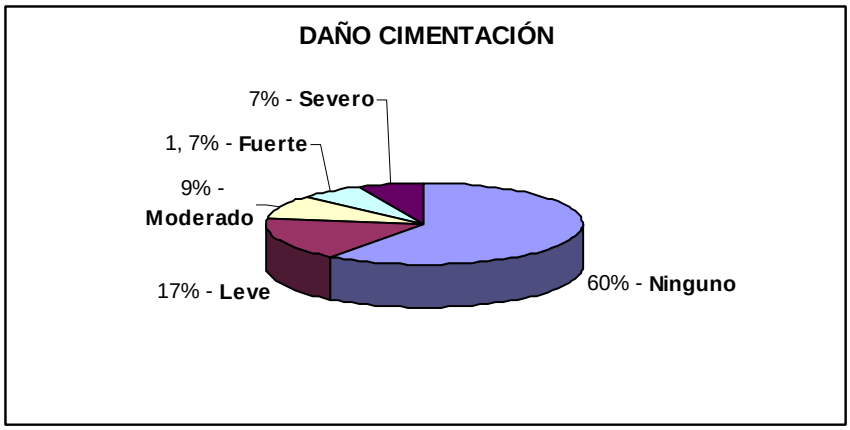
N-E: No existe.



El 48% de las cubiertas livianas de las edificaciones no cumple con condiciones de amarre y apoyo adecuadas o arriostramientos.

Calificación de Daño Estructural

CIMENTACION		
Calificación	**Cantidad**	**%**
1	45	**60.00**
2	13	**17.33**
3	7	**9.33**
4	5	**6.67**
5	5	**6.67**

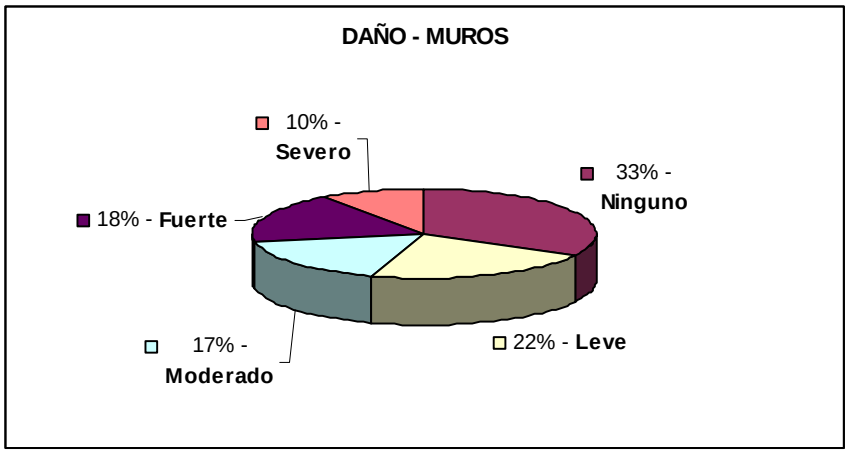


Gran parte de las edificaciones (60%) no presenta ningún daño en cimentación.

Los daños severos son monitoreados para verificar su evolución.

Donde existen daños severos se define que la vivienda no es habitable.

MUROS		
Calificación	**Cantidad**	**%**
1	27	**32.93**
2	18	**21.95**
3	14	**17.07**
4	15	**18.29**
5	8	**9.76**

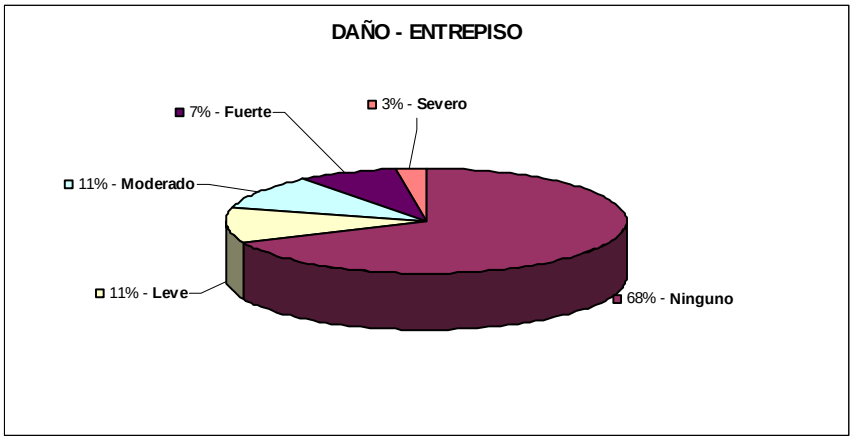


Existe una importante cifra que muestra que los daños ocasionados en muros son representativos; el 10 % de las edificaciones presentan grietas > 9 mm. y desplazamientos que presenten mecanismos de colapso, inclinaciones del muro fuera de su plano vertical y unidades de mampostería rotas. También se muestra que el 18% tiene daños fuertes. Lo anterior muestra que se deben tomar medidas inmediatas en algunas edificaciones.

Los daños severos y fuertes son monitoreados para verificar su evolución.

En las edificaciones con daños severos y fuertes define como no habitable por mecanismo de colapso.

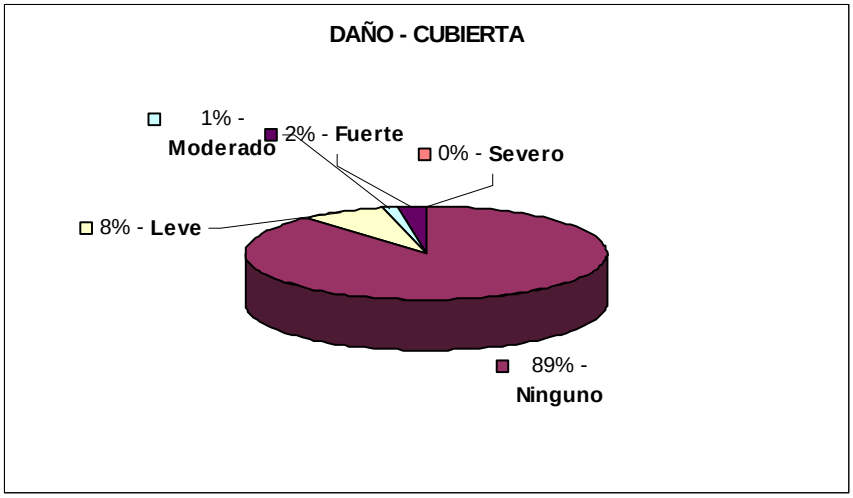
ENTREPISO		
Calificación	**Cantidad**	**%**
1	26	**68.42**
2	4	**10.53**
3	4	**10.53**
4	3	**7.89**
5	1	**2.63**



En las edificaciones con entrepisos en un 68% no se esta presentando daño alguno.

La causa principal de los daños en los entrepisos se debe a la perdida de sus apoyos (daños en muros).

CUBIERTA		
Calificación	**Cantidad**	**%**
1	70	**88.61**
2	6	**7.59**
3	1	**1.27**
4	2	**2.53**
5	0	**0.00**



En las edificaciones con cubierta liviana (89%) no se esta presentando daño alguno.

Es difícil identificar los daños con profundidad con tan solo una inspección visual.

9.3 EVALUACIÓN DEL INDICE DE DAÑO

En la siguiente tabla se muestra la calificación índice de daño de acuerdo a la TABLA 8-3. Escala de calificación del índice de daño:

CALIFICACIÓN DEL INDICE DE DAÑO			
Índice de daño		**Cantidad**	**%**
MUY ALTO	**V**	9	11%
ALTO	**IV**	15	18%
MEDIO	**III**	16	20%
BAJO	**II**	19	23%
NINGUNO	**I**	23	28%

Con los resultados mostrados se deben iniciar acciones especialmente en aquellas edificaciones donde se tenga índices de Daño V y IV. Ver Tabla 8.4. Recomendaciones según índice de daño.

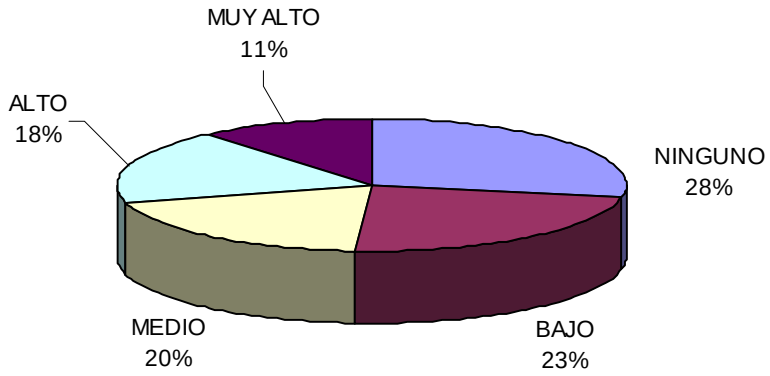


Figura 9-2 Distribución del Índice de Daño para las viviendas estudiadas

El 29% de las edificaciones tienen un índice de daño de alto a muy alto, y es necesario la identificación y verificación por su condición de no habitabilidad. Estas edificaciones fueron monitoreadas y se evaluó su evolución en el tiempo. Las edificaciones con índice de daño medio son potenciales a evolucionar a un riesgo alto por tanto se recomienda realizar estudios donde se mantengan observaciones frecuentes.

La evaluación del Índice de Daño para cada vivienda se presenta en el Anexo D, y el Plano 3 “General de daño”.

9.4 NIVEL DE RIESGO ESTRUCTURAL

En la siguiente tabla se muestra los resultados del Nivel de riesgo estructural:

NIVEL DE RIESGO	
MUY ALTO	11%
ALTO	18%
MEDIO	20%
BAJO	23%
MUY BAJO	28%

El 28% de las edificaciones corresponde a un nivel de riesgo MUY BAJO, donde no se encontraron daños que comprometan la estructura; El 23% edificaciones corresponde a un nivel de riesgo BAJO, donde los daños son leves y no generan compromiso con la estabilidad de la edificación; el 20% de las edificaciones corresponde a un nivel de riesgo

MEDIO, donde los daños son importantes y pueden comprometer la estabilidad de la edificación a mediano o largo plazo; El 18% de las edificaciones corresponde a un nivel de riesgo ALTO, donde los daños son muy importantes y comprometen la estabilidad de la edificación; y finalmente el 11% de las edificaciones corresponden a un nivel de riesgo MUY ALTO, donde la edificación presenta evidencias de mecanismo de colapso inminente.

9.5 EVALUACIÓN DE RIESGO

Se realiza con el análisis del plano de "Nivel de riesgo estructural" (vulnerabilidad estructural) medido en la escala presentada en la tabla 8.5. y el plano de "Nivel de amenaza" medido en la escala de condición de amenaza tabla 9.5; la asociación de riesgo se realiza con los factores indicados en la matriz de riesgo de 0.60 para AMENAZA y 0.40 para VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.

Este proceso se realiza con la identificación de las edificaciones calificadas por su nivel de riesgo y la zonificación de riesgo por la condición de amenaza; el resultado es la asociación por su calificación de nivel o condición mayor.

En la Figura 9.3 se presenta la distribución del Riesgo para las viviendas analizadas, se puede apreciar que 5 viviendas (6%) se encuentran en condición de riesgo muy alto que corresponden a las viviendas ubicadas en los lotes 5, 6, 8 y 18 de la manzana 3 y la vivienda ubicada en el lote 34 de la manzana 15, 18 viviendas correspondientes al 22 % se encuentra en condición de riesgo alto, 33 viviendas (40%) en condición de Riesgo Medio, 17 viviendas que corresponden al 21 % en condición de Riesgo Bajo y 9 viviendas que representan el 11% en condición de Riesgo Muy Bajo. Estos valores son dinámicos, el nivel de riesgo medio y alto puede aumentar con el incremento de los desplazamientos totales del terreno que generan nuevos daños en las estructuras y se pueden presentar daños en estructuras buenas haciendo que el Índice de Daño incremente junto con los factores de Amenaza.

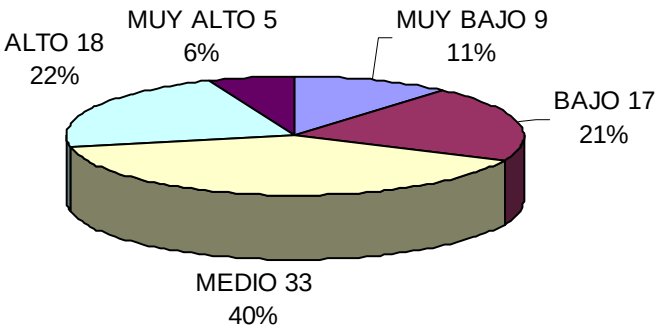


Figura 9-3 Condición de Riesgo para las viviendas estudiadas

La zonificación de riesgo se presenta en el Plano 8 "Zonificación De Riesgo"

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el trabajo de campo y los resultados de las campañas de monitoreo geotécnico y estructural se pueden presentar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- El barrio Yopal (El Pedregal) en su parte media y baja esta afectado por un movimiento del terreno que presenta un desplazamiento variable de hasta 10 cm en la parte mas alta y sobre el flanco derecho a unos 2 cm sobre el flanco izquierdo y hacia la parte baja, como producto de este movimiento se desencadenaron los deslizamientos 1, 2 y 3 siendo el ultimo el de mayor magnitud por su condición topográfica desfavorable y con el mayor espesor de depósito fluvioglacial.
- De acuerdo con la morfología del movimiento y la concentración de los daños en las estructuras parece que la parte baja del barrio Yopal (El Pedregal) esta funcionando como un contrafuerte debido a la configuración topográfica y el espesor importante del depósito fluvioglaciar, este depósito estaría transmitiendo los empujes de la parte media y alta al nivel de arcillolita que aflora entre el barrio Yopal (El Pedregal) y el barrio San Juan de Usme. Estos empujes pueden ocasionar deformaciones en el nivel de arcillolita que pueden corresponder con los agrietamientos presentados en las viviendas del barrio San Juan de Usme.
- Dada esta condición del agua superficial es posible deducir que parte del agua en esta zona del barrio proviene de la infiltración de agua de escorrentía superficial que se percola a través del deposito permeable fluvioglacial y parte debe provenir de los aportes de agua desde las instalaciones hidrosanitarias de las viviendas y de las redes de agua tanto de alcantarillado como de agua potable en caso que se presenten escapes lo cual puede ser posible. Para determinar como varía el comportamiento del agua en estos sitios se requiere hacer un seguimiento periódico para determinar si estos nacederos son permanentes o son periódicos dependientes de las lluvias y establecer la procedencia clara de la fuente de recarga del estos nacederos.
- Teniendo en cuenta que en diferentes sitios del barrio existen puntos de salida de agua, los cuales se pueden observar en el plano 2 y que forman parte de la problemática del fenómeno de remoción en masa que afecta a las viviendas, se hace necesario adelantar pruebas fisico-químicas en por lo menos tres muestras de agua tomadas en la parte alta, medía y baja del barrio, para determinar la procedencia del agua. Con estas pruebas de podrá determinar si el agua de la ladera es del sistema de agua potable, de la red de alcantarillado o del agua subsuperficial.
- Se deberá recomendar a las Empresas de Servicios Públicos hacer monitoreos periódicos a las redes de acueducto, alcantarillado y gas natural con el propósito de verificar la integridad de dichas redes, evitando así mayores afectaciones debidas a las posibles fugas que pueden acelerar el proceso de remoción en masa o causar algún tipo de explosión.

- Las condiciones del movimiento durante el primer mes y la evolución observada durante el segundo mes en los trabajos de campo permiten indicar que el movimiento pasó de deslizamientos locales en la parte alta evidenciados el 6 de diciembre de 2008 a un movimiento súbito de alrededor de 5 cm prácticamente entre el 19 y 20 de diciembre de 2008 que generó gran parte de los daños estructurales existentes. Posteriormente se ha presentado un reacomodo de las estructuras y del suelo por efecto de los grandes empujes generados que han ocasionado más agrietamientos pero con menor intensidad. Adicionalmente al parecer que por efecto del movimiento y los empujes generados sobre el nivel de arcillolitas de la parte baja del barrio se han manifestado desplazamientos horizontales de hasta 1 cm en las viviendas del barrio San Juan de Usme.
- El monitoreo estructural indica que los desplazamientos relativos en las grietas analizadas son muy bajos, sin embargo en algunas viviendas se han presentado nuevos agrietamientos pero con aberturas muy pequeñas, este comportamiento indica que los desplazamientos relativos se han disminuido apreciablemente y las nuevas grietas puede obedecer a un reacomodo del suelo y las estructuras.
- El monitoreo topográfico indica que la dirección predominante del movimiento es hacia el Suroeste lo cual concuerda con lo apreciado en campo, estos desplazamientos son mayores por el flanco derecho y especialmente en el área del deslizamiento 3 donde alcanza valores cercanos a los 10 cm, en la parte central del barrio los desplazamientos presentaron valores entre 13 y 25 mm. La velocidad de desplazamiento varia entre 1 y 3.5 mm al día lo cual indica una velocidad baja del movimiento.
- Del inventario de viviendas se encontró que el 29% se encuentran entre el nivel IV y V de daño que corresponde con la condición mas crítica. De este valor el 11% corresponde al nivel V que según las recomendaciones presentadas en la Tabla 8-4 la edificación no es habitable, para el 18% se debe mantener observación rigurosa y permanente por la DPAE para conocer la evolución de los daños y decidir oportunamente el desalojo de estas viviendas. El restante 71% están en los niveles I, II y III, para estos niveles igualmente se deben hacer controles periódicos para conocer la evolución de los daños o para detectar nuevas viviendas afectadas.
- Dada la condición de amenaza se encontró que el 37% de las viviendas se encuentran con amenaza alta, el 32% en media, el 27% en baja y el 4% en amenaza muy baja, este resultado obedece a la influencia de las condiciones locales encontradas en cada vivienda, de todas maneras no se debe olvidar que los movimientos globales afectan a la mayor parte del área de monitoreo y por esta razón se debe mantener control permanente del comportamiento del movimiento del terreno e identificar la aparición de nuevas manifestaciones de actividad del fenómeno de remoción a escala general y local.
- Una vez aplicada la metodología para la evaluación de riesgo, cuyos resultados se presentan en el Anexo D y en el Plano 8 “Zonificación de Riesgo” a continuación se indican las viviendas que se encuentran en riesgo muy alto y alto.

MANZANA	PREDIO	INDICE DAÑO	AMENAZA	CGD	VALORACION DE RIESGO
37	6	**V**	3.9	4.3	ALTO
37	4	**V**	3.5	4.1	ALTO
15	2	**IV**	4.1	4.0	ALTO
15	8	**III**	3.9	3.5	ALTO
15	9	**V**	3.7	4.2	ALTO
15	10	**IV**	3.7	3.8	ALTO
15	11	**IV**	3.7	3.8	ALTO
15	14	**IV**	3.8	3.9	ALTO
15	12	**IV**	3.7	3.8	ALTO
15	34	**V**	4.2	4.5	MUY ALTO
18	6	**V**	4.1	4.4	ALTO
18	8	**IV**	3.9	3.9	ALTO
18	9	**IV**	3.7	3.8	ALTO
18	10	**III**	4.4	3.9	ALTO
3	6	**V**	4.3	4.6	MUY ALTO
8	7	**IV**	3.8	3.9	ALTO
8	9	**V**	4.1	4.4	ALTO
3	8	**IV**	4.3	4.2	ALTO
3	19	**IV**	4.3	4.2	ALTO
3	21	**III**	4.5	3.9	ALTO
3	18	**V**	4.3	4.6	MUY ALTO
3	5	**V**	4.3	4.6	MUY ALTO
93	6	**III**	4.1	3.6	ALTO

- Dada la complejidad prevista en el proceso de remoción en masa que afecta al Barrio Yopal, se recomienda la ejecución urgente de un estudio geotécnico detallado que involucre una profundidad de investigación mínima de 10 m en la parte alta, de 15 m en la parte baja del barrio Yopal y de 20 m en el área verde entre Pedregal y San Juan de usme y en el propio San Juan de Usme, lo anterior con el fin de tener información geotécnica a suficiente profundidad y detectar así superficies potenciales de falla.
- Dentro del estudio geotécnico es importante estudiar el comportamiento del agua mediante la instalación de piezómetros distribuidos adecuadamente en todo el área de estudio y que permitan ver claramente la variación del nivel de agua freática a lo largo de la ladera, es importante su estudio tanto dentro del área afectada como hacia aguas arriba para detectar posibles fuentes de recarga. Adicionalmente se recomienda la colocación de al menos dos líneas de inclinómetros localizados convenientemente para monitorear los desplazamientos del subsuelo y determinar la profundidad de la superficie de falla de manera que se puedan generar los modelos geotécnicos adecuados para los análisis de estabilidad que se requieran.

11 LIMITACIONES

La información y apreciaciones presentadas en este informe obedecen a lo observado en el trabajo de campo y a los resultados obtenidos en las campañas de monitoreo. Las conclusiones y recomendaciones dadas en el informe están basadas en los alcances del monitoreo.