CLASIFICADO

FONDO PARA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FOPAE

CONSORCIO GEOSTAB

CALLE 44 No. 14-30 OF. 908
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

ELABORACIÓN DE DISEÑO DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRITICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE USAQUEN Y RAFAEL URIBE URIBE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

CONTRATO 515-2006

BARRIO SAN IGNACIO
LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

VOL. 1 - INFORME FINAL

Mayo 29 de 2007

CLASIFICADO

FONDO PARA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FOPAE

CONSORCIO GEOSTAB

CALLE 44 No. 14-30 OF. 908
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

ELABORACIÓN DE DISEÑO DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRITICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE USAQUEN Y RAFAEL URIBE URIBE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

CONTRATO 515-2006

BARRIO SAN IGNACIO
LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

VOL. 1 - INFORME FINAL

Mayo 29 de 2007

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE

TITULO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LAS LOCALIDADES USAQUÉN Y RAFAEL URIBE URIBE DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Barrio San Ignacio, Localidad Rafael Uribe Uribe

AUTORES: Consorcio GEOSTAB

RESUMEN: En éste informe se presentan los estudios y análisis necesarios para mitigar los riesgos inminentes por fenómenos de remoción en masa, se evalúan las posibles alternativas de corrección y se diseñan las obras de prevención y/o control seleccionadas, cantidades, presupuesto y especificaciones técnicas de su construcción.

PALABRAS CLAVE: Barrio San Ignacio, Deslizamientos, Diseño, Ensayos, Exploración, Localidad Rafael Uribe Uribe, Subsuelo.

TÉRMINOS PARA GLOSARIO E ÍNDICE:

Fenómenos de remoción en masa: Deslizamiento de tierra.

CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD:	CONTRATO:	IDIOMA:	NÚMERO DE PÁGINAS:	NÚMERO DE COPIAS:
Clasificado	No. 515 de 2006	Español	196	3

NOTAS/OBSERVACIONES:
El informe consta de:

- Volumen 1 – Informe Final.

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

CLASE DE DOCUMENTO:	CÓDIGO:	FECHA:
Informe Final	GEO - 04	29/05/2007

LISTA DE DESTINATARIOS

DESTINATARIO DEL INFORME	IDENTIFICACIÓN
FOPAE	ORIGINAL
FOPAE	COPIA 1
FOPAE	COPIA 2
FOPAE	COPIA 3

CONTROL DE MODIFICACIONES

ÍNDICE REVISIÓN	CAPITULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES	APROBADO
Rev. 01	Todos	21/03/2007		
Rev. 02	Todos	28/05/2007		
Rev. 03	Forma y contenido	15/08/2007		

TABLA DE CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN
1. GENERALIDADES 17
1.1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 17
1.2. ALCANCES 17
1.3. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO 19
1.4. ÁREA DE ESTUDIO 20
1.5. ANTECEDENTES 21
1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 26
2. TOPOGRAFÍA 28
2.1. CARTOGRAFÍA BASE 28
2.1.1. Localización cartográfica del área 28
2.1.2. Puntos topográficos 28
2.2. EQUIPO 29
2.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 29
2.3.1. Etapas del levantamiento topográfico 29
3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA 31
3.1. OBJETIVO 31
3.2. ALCANCES 31
3.3. METODOLOGÍA 31
3.4. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO REGIONAL 32
3.4.1. Litoestratigrafía Regional 32
3.4.2. Geología estructural regional 33
3.4.3. Hidrogeología regional 35
3.4.4. Geomorfología regional 35
3.5. GEOLOGÍA LOCAL 36
3.5.1. Toma de datos estructurales 36
3.5.2. Levantamiento de columnas estratigráficas 38
3.5.3. Descripción de perforaciones mecánicas 41
3.5.4. Descripción de barrenos manuales 42

3.5.5. Descripción de los apiques 45
3.5.6. Descripción de trinchera 46
3.5.7. Elaboración del modelo geológico 46
3.5.8. Unidades litológicas del área de estudio 47
3.5.9. Hidrogeología local 48
3.6. GEOMORFOLOGÍA LOCAL 48
4. ANÁLISIS GEOTÉCNICO 50
4.1. OBJETIVO 50
4.2. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS 50
4.2.1. Pruebas in-situ 50
4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO 53
4.3.1. Análisis de resultados 54
4.3.2. Análisis Retrospectivo 57
4.3.3. Determinación de propiedades 58
4.3.4. Análisis de estabilidad actual 59
5. ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN 60
5.1. ALTERNATIVA 1 60
5.1.1. Presupuesto 60
5.2. ALTERNATIVA 2 61
5.2.1. Presupuesto 61
5.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 61
6. DISEÑO DE OBRAS 62
6.1. OBRAS 62
6.1.1. Cama de gaviones 62
6.1.2. Cuneta de drenaje 63
6.1.3. Conformación del talud 63
6.1.4. Entrega de aguas 63
6.1.5. Vegetalización 64
6.2. PRESUPUESTO 64
6.3. PROCESO CONSTRUCTIVO 64
6.4. PLAZO DE CONSTRUCCIÓN 65
7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 67
7.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO 67
7.1.1. Descripción 67
7.1.2. Equipos 67
7.1.3. Procedimiento 67

7.1.4. medida y pago 67
7.1.5. Ítem de pago 68
7.2. EXCAVACIÓN MANUAL 68
7.2.1. Descripción 68
7.2.2. Clasificación 68
7.2.3. Construcción 68
7.2.4. Medida y pago 70
7.2.5. Ítem de pago 70
7.3. RELLENO COMPACTADO 70
7.3.1. Descripción 70
7.3.2. Materiales 70
7.3.3. Equipo 71
7.3.4. Ejecución de los trabajos 71
7.3.5. Condiciones para el recibo de los trabajos 71
7.3.6. Medida 72
7.3.7. Forma de pago 72
7.3.8. Ítem de pago 73
7.4. Filtro 73
7.4.1. Descripción 73
7.4.2. Materiales 73
7.4.3. Ejecución de los trabajos 74
7.4.4. Condiciones para el recibo de los trabajos 75
7.4.5. Medida y pago 76
7.4.6. Ítems de pago 76
7.5. CUNETAS REVESTIDAS 76
7.5.1. Descripción 76
7.5.2. Materiales 77
7.5.3. Ejecución de los trabajos 77
7.5.4. Condiciones para el recibo de los trabajos 78
7.5.5. Medida y pago 78
7.5.6. Ítem de pago 79
7.6. OBRAS DE DESAGÜE 79
7.6.1. Descripción 79
7.6.2. Materiales 79
7.6.3. Ejecución de los trabajos 80
7.6.4. Medida y pago 80

7.6.5. Ítems de pago 81
7.7. EMPRADIZACIÓN 81
7.7.1. Descripción 81
7.7.2. Materiales 81
7.7.3. Equipo 82
7.7.4. Ejecución de los trabajos 82
7.7.5. Condiciones para el recibo de los trabajos 83
7.7.6. Medida y pago 83
7.7.7. Ítem de pago 83
7.8. GAVIONES 84
7.8.1. Descripción 84
7.8.2. Materiales 84
7.8.3. Equipo 85
7.8.4. Ejecución de los trabajos 85
7.8.5. Condiciones para el recibo de los trabajos 86
7.8.6. Medida y pago 86
7.8.7. Ítem de pago 87
CONCLUSIONES 88
RECOMENDACIONES 89
BIBLIOGRAFÍA 90

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Cantidades de exploración 20
Tabla 2. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio realizados 20
Tabla 3. Predios en zona de alto riesgo 25
Tabla 4. Coordenadas de puntos materializados 29
Tabla 5. Resumen datos estructurales 36
Tabla 6. Resultados de sondeos manuales SM_1 y SM_6 del 2003; 1 y 2 del 2007 .44
Tabla 7. Resultados de sondeos manuales 3, 4, 5 y 6 44
Tabla 8. Resultados de sondeos manuales 7 y 8.....44
Tabla 9. Resultados de sondeos manuales SM_9/2003, 9 y 10 del 2007.....44
Tabla 10. Resumen de apiques 1, 2, 3 y 4.....45
Tabla 11. Resultados de penetración estándar 50
Tabla 12. Resumen ensayos de laboratorio.....55
Tabla 13. Propiedades de los materiales dependiendo de la profundidad.....56
Tabla 14. Presupuesto Alternativa 1 60
Tabla 15. Presupuesto Alternativa 2. 61
Tabla 16. Presupuesto de obra 64
Tabla 17. Cronograma de construcción 66

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Ubicación general del sitio a estudiar en el Barrio San Ignacio 18
Figura 2. Situación registrada en el área de estudio el día 11/01/2006. 22
Figura 3. Situación registrada en el área de estudio el día 11/01/2006. 23
Figura 4. Mapa Geológico Regional 34
Figura 5. Distribución de sistemas de diaclasas con respecto al talud 37
Figura 6. Esquema de ubicación de los sitios de levantamiento de las columnas 38
Figura 7. Columna Estratigráfica 1 40
Figura 8. Columna Estratigráfica 2 40

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

pág.

Fotografía 1. Situación en el área de estudio el día 11/01/2006 (DI-2669).....24
Fotografía 2. Avance del deslizamiento 24
Fotografía 3. Estado del área de estudio el 22/11/2006.....27
Fotografía 4. Toma de datos estructurales y levantamiento de columna 1 y 2....39
Fotografía 5. Ubicación de perforaciones mecánicas No. 1 y 2 42
Fotografía 6. Valle erosional-depositacional en medio de dos lomos 49

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo 1. Certificado de placas IGAC.....91
Anexo 2. Cartera de levantamiento.....94
Anexo 3. Inventario de estructuras geológicas.....96
Anexo 4. Registro de perforaciones mecánicas.....98
Anexo 5. Registro de sondeos manuales.....101
Anexo 6. Registro de apiques.....112
Anexo 7. Registro de trincheras.....117
Anexo 8. Inventario de procesos.....119
Anexo 9. Inventario de viviendas.....122
Anexo 10. Antecedentes.....130
Anexo 11. Formato ensayos de laboratorio.....145
Anexo 12. Cálculo de estabilidad.....167
Anexo 13. Memorias de cálculo.....176
Anexo 14. Planos.....193

GLOSARIO

Amenaza:

Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural con una cierta intensidad y potencialmente nocivo para las personas, bienes, infraestructura y/o medio ambiente, dentro de un periodo especifico de tiempo y en un área delimitada geográficamente.

Antrópico:

Se refiere a todas las actividades mediante las cuales el hombre transforma el medio natural. Tales como: obras civiles, deforestación, minería, actividades agrícolas, sobre pastoreo, uso del suelo, etc.

Deluvio:

Es la acumulación de materiales finos sobre las vertientes de montañas y pie de laderas, transportados por escorrentía, arrancados de los suelos residuales y rocas meteorizadas.

Deslizamiento:

Son movimientos en masa que se producen al superarse la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies de falla ó a través de una franja relativamente delgada de material.

Deslizamiento Rotacional:

Tienen lugar a lo largo de una superficie de deslizamiento interna, de forma aproximadamente circular y cóncava.

Deslizamiento Traslacional:

En este tipo de deslizamientos la masa de terreno se desplaza hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o suavemente ondulada de una ladera.

Eluvio:

Es el producto de la meteorización de rocas parentales, que no han tenido transporte alguno. Es sinónimo de suelo residual, que se produce bajo efecto de meteorización química o física, o de ambos al mismo tiempo.

Escarpe:

Corresponde a una superficie semivertical a lo largo de la periferia superior y lateral del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma una superficie de falla.

Riesgo:

Es el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad para determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios eventos en las áreas ocupadas.

Superficie de falla:

Corresponde al área inferior del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El terreno debajo de la superficie de falla permanece estable.

RESUMEN

En éste informe se presentan los estudios y análisis necesarios para mitigar los riesgos inminentes por fenómenos de remoción en masa, y se proponen las posibles alternativas de corrección complementados con el diseño de las obras de prevención y/o control propuestas, cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas que permitan realizar una correcta ejecución de la construcción.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de análisis y evaluación de riesgos en el Distrito Capital hace parte del plan de inversión del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias "FOPAE", cuya administración está a cargo de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias "DPAE", dependencia de la Secretaría de Gobierno.

En el Distrito Capital se registran situaciones de emergencia en sitios que presentan evidencias de condiciones de riesgo inminente, para las cuales el personal de la DPAE recomienda (mediante diagnósticos técnicos) su inclusión en la Base de Datos de Sitios Críticos por Fenómenos de Remoción en Masa, para intervención con medidas de mitigación de riesgo. Por tal motivo, se requiere disponer de los servicios de ingeniería que garanticen la aplicación de criterios técnicos y el apoyo logístico adecuado para realizar el diseño de las obras en forma rápida, y poder así adelantar su construcción en corto tiempo.

Con base en lo anterior se celebró el Contrato de Consultoría No. 515 de 2006, suscrito entre el FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ – FOPAE y el CONSORCIO GEOSTAB, cuyo objeto es: "Elaboración de diseños de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgo inminente por remoción en masa en las localidades de Usaquén y Rafael Uribe Uribe de la ciudad de Bogotá, D.C." Uno de estos sitios es el Barrio San Ignacio, ubicado en la localidad de Rafael Uribe Uribe.

El estudio incluye levantamientos geológicos y geotécnicos necesarios para realizar el análisis de ingeniería y el diseño detallado de la alternativa seleccionada junto con los cálculos de cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas. El área estudiada es de 1.0 Ha. Los diseños realizados favorecen la accesibilidad de la vía y beneficiarán a todos los habitantes que la utilizan actualmente. Se estima que la Carrera 5B E da acceso a unas 10 casas y la Calle 49G S a unas 30 viviendas. Puesto que en cada casa viven en promedio 6 personas, las obras beneficiarán aproximadamente a 180 habitantes del barrio.

1. GENERALIDADES

1.1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El talud a estudiar se encuentra ubicado en la Localidad Rafael Uribe Uribe, Barrio San Ignacio, UPZ 55 Diana Turbay, Manzana 19. Según nomenclatura urbana, el talud está localizado entre la Carrera 5 A BIS Este y Carrera 5 B Este. El acceso se puede hacer por la Avenida Caracas y por la Calle 49 B Sur hasta la Carrera 1, por la cual se asciende una cuadra hasta la Calle 49C BIS S, y por esta calle hasta la zona inestable, en su mayoría por vías pavimentadas y al final por una vía destapada (Ver figura 1).

1.2. ALCANCES

El estudio se enmarcó en los siguientes alcances, los cuales fueron suficientes para entender el proceso, conformar modelos, plantear alternativas de solución y elaborar el diseño más apropiado.

- ***Recopilación y análisis de información secundaria disponible:*** obteniendo y evaluando la información disponible relacionada con el área problema para conformara las primeras ideas del proceso.

- ***Levantamiento topográfico detallado:*** altimetría y planimetría a escala 1:250 amarrados a las placas IGAC, con curvas de nivel cada 0.5 m, plasmados en el plano topográfico.

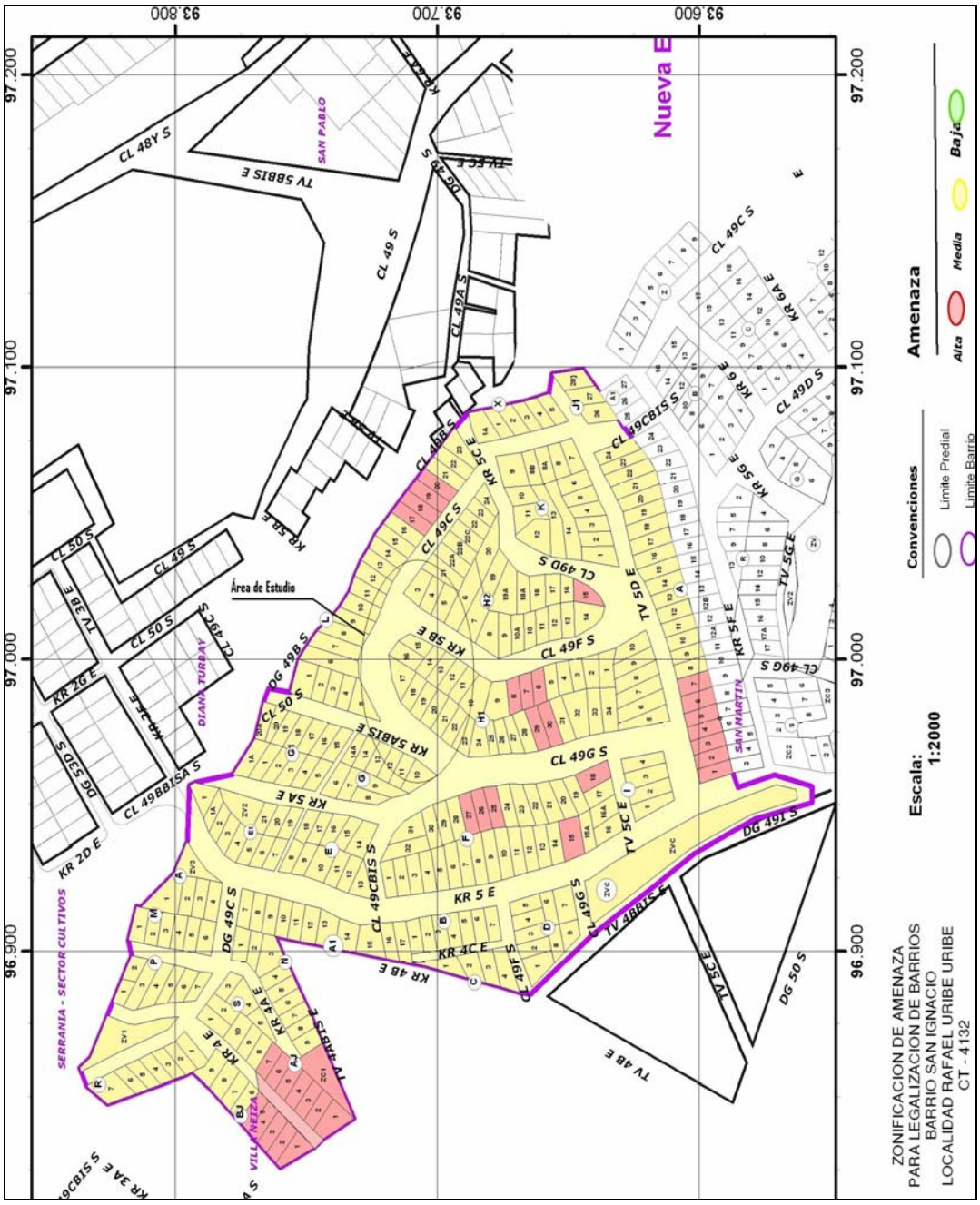
- ***Recopilación de información primaria:*** levantamiento geológico, inventario y caracterización de los procesos morfodinámicos, inventario de daños de las viviendas, investigación del subsuelo y realización de ensayos de laboratorio.

- ***Análisis geotécnico:*** identificación de sitios inestables; análisis de estabilidad global y local para condiciones estáticas y dinámicas, tanto en condición actual como con las respectivas obras recomendadas.

- ***Análisis de alternativas:*** identificación de las medidas con las que se podía mitigar el fenómeno y selección de la alternativa más apropiada.

- ***Diseño de las obras:*** elaboración de los planos con sus detalles para construir las obras, de acuerdo con la alternativa seleccionada. Incluyeron memorias de cálculo, cantidades de obra, presupuesto, especificaciones técnicas de construcción.

Figura 1. Ubicación general del sitio a estudiar en el Barrio San Ignacio



1.3. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO

Los trabajos de consultoría se desarrollaron ajustados a los Términos de Referencia, siguiendo los métodos que se emplean comúnmente en estudio de zonas inestables y que comprenden fundamentalmente:

- Exploración
- Experimentación
- Análisis teóricos
- Diseños

En desarrollo de estos métodos fue necesario seguir la siguiente metodología en materia de exploración y experimentación:

- **Recopilación y análisis de la información existente:** Este trabajo comprendió la búsqueda, ordenamiento y análisis de la información disponible en diferentes entidades. Para tal efecto fue necesario consultar información que comprende: cartografía, planchas geológicas, fotografías aéreas, estudios geotécnicos anteriores hechos en la zona, conceptos elaborados por DPAE, normas de E.A.A.B.

- **Levantamiento topográfico:** Altimetría y Planimetría del sector mediante uso de una estación total, realizando el barrido con nube de puntos y 5 secciones transversales al talud. Se incluyó: localización de viviendas, infraestructura visible de servicios públicos (energía, alcantarillado, teléfonos, etc.), vías, drenajes, accidentes topográficos y en general todo detalle que era de interés para el estudio y que se podía levantar.

El trabajo topográfico se amarró a placas del IGAC, con referencias materializadas para el replanteo posterior de las obras con 2 mojones. El producto del levantamiento topográfico fue el plano detallado, elaborado en escala 1:250.

- **Levantamiento Geológico y Geotécnico de la zona:** Comprendió este trabajo el reconocimiento del lugar, haciendo el levantamiento geológico que permitió conocer la litología, rasgos estructurales, grado de alteración de la roca, depósitos no consolidados y demás detalles de utilidad que sirvieron para crear el modelo geológico local (escala 1:250). Con el fin de conocer en detalle la naturaleza del subsuelo, se realizó la exploración requerida, la cual se encuentra reseñada en la Tabla 1 y en el Anexo 2 los correspondientes registros.

Tabla 1. Cantidades de exploración

TIPO DE EXPLORACIÓN	UNIDAD	TOTAL (ml)
Perforación mecánica en suelo (Pm)	ml	7.0
Perforación mecánica en roca (Pm)	ml	6.0
Sondeo manual (Sm)	ml	40.0
Apiques (Ap)	Unid	4
Trincheras (Tr)	ml	9.0

- ***Ensayos:*** Estuvieron constituidos por las pruebas de campo y laboratorio necesarias para conocer cuantitativamente las propiedades geotécnicas de los materiales que conforma el talud. Para tal efecto se procedió a realizar los ensayos resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio realizados

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Humedad	Unid	10
Peso unitario	Unid	10
Peso especifico de sólidos	Unid	3
Limites de Atterberg (líquido y plástico)	Unid	10
Granulometría con lavado	Unid	5
Expansión Libre	Unid	1
Corte directo en suelos - 3 puntos	Unid	6

En condiciones de campo se realizó el ensayo de Penetración estándar en sondeos.

- ***Inventario de viviendas:*** Se numeraron las viviendas afectadas y que potencialmente podrían sufrir alguna afectación por la inestabilidad o por la ejecución de las obras. Para esto se procedió a visitar las casas y consignar la información en formatos especiales elaborados para tal fin, los cuales pueden verse en el Anexo 2.

1.4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio directo es de 1.0 Ha, la cual se ubica en la parte media de la ladera, comprendida principalmente por dos vías urbanas destapadas, ubicadas

en las parte superior e inferior del talud afectado por la inestabilidad y las viviendas localizadas en la parte superior del mismo.

1.5. ANTECEDENTES

El estudio de antecedentes del sector se hizo con base en la información existente en los archivos de la DPAE, específicamente:

- 2003, "Estudio de zonificación de amenaza por remoción en masa en los barrios San Ignacio y San Martín de la Localidad de Usme en la Ciudad de Bogotá, D.C.", realizado por la Unión Temporal Consultores en Riesgos.

- 2005, CONCEPTO TÉCNICO Nº 4132 del 20 de Marzo de 2005. Este documento está dirigido al DAPD para el Programa de Legalización de Barrios como un instrumento para la reglamentación del mismo y como tal, busca establecer restricciones y/o condicionamientos para la ocupación del suelo y recomendaciones para el uso de las zonas de alta amenaza.

- 2006. DIAGNÓSTICO TÉCNICO No. DI- 2669, del 11 de enero de 2006. Emergencia por deslizamiento rotacional.

- 2006. DIAGNÓSTICO TÉCNICO No. DI-2801, del 13 de abril de 2007.

A continuación se relata la información más relevante que ayuda esclarecer el problema que actualmente afecta el talud.

En el "Estudio de zonificación de amenaza por remoción en masa en los barrios San Ignacio y San Martín de la Localidad de Usme en la Ciudad de Bogotá, D.C.", realizado en el año 2003 por la Unión Temporal Consultores en Riesgos, al igual que en el CONCEPTO TÉCNICO NO. CT-4132, el área de interés fue clasificada como de amenaza y riesgo medios (Ver Figura 1).

Sin embargo, en los documentos anteriores llama la atención que en la misma ladera y en las mismas Manzanas (H1 y H2) los Consultores y la DPAE recomendaban las restricciones por el uso por amenaza alta de unos predios vecinos al deslizamiento actual. En la Figura 1, los predios en color rojo, correspondientes a números 6, 7, 8, 29 y 30 de la Manzana H1, y al número 15 de la Manzana 2 tienen restricción por el uso debido a la amenaza alta. En los predios anteriores efectivamente no existen viviendas actualmente.

DIAGNÓSTICO TÉCNICO No. DI- 2669, emitido con base en la visita al sitio de emergencia el día 11 de enero de 2006 describe el fenómeno presentado (ver Figuras 2 y 3, Fotografía 2) como un "D*eslizamiento rotacional a causa de la*

infiltración de agua potable proveniente de una manguera averiada (instalada por la comunidad para el suministro del líquido), de la saturación del suelo por la escorrentía y flujos sub-superficiales generados por esta causa en el sector, de la pendiente del talud y de la intervención antitécnica del mismo.

El deslizamiento inclinó y recostó sobre la vivienda prefabricada de propiedad de la familia Galvis, ubicada en la dirección calle 49 sur No 10-26 Este, un muro de contención (confinado) de 2.5 m de altura, construido en ladrillo macizo sobre zapatas y vigas corridas, desplazó un tanque de agua localizado sobre el muro, construido en ladrillo macizo sobre una placa de concreto, una distancia aproximada de 1 metro y *destruyó parte del techo de la vivienda. En el momento de la visita técnica el movimiento persistía.*

El deslizamiento esta afectando el muro posterior y el techo de la casa construida en mampostería simple, propiedad de la señora Sandra Liliana Castro, ubicada en la dirección Kr. 12 Este No 48-18 Sur y amenaza un desprendimiento de aproximadamente 15 m^3 que pueden caer directamente sobre la vivienda."

Figura 2. Situación registrada en el área de estudio el día 11/01/2006.

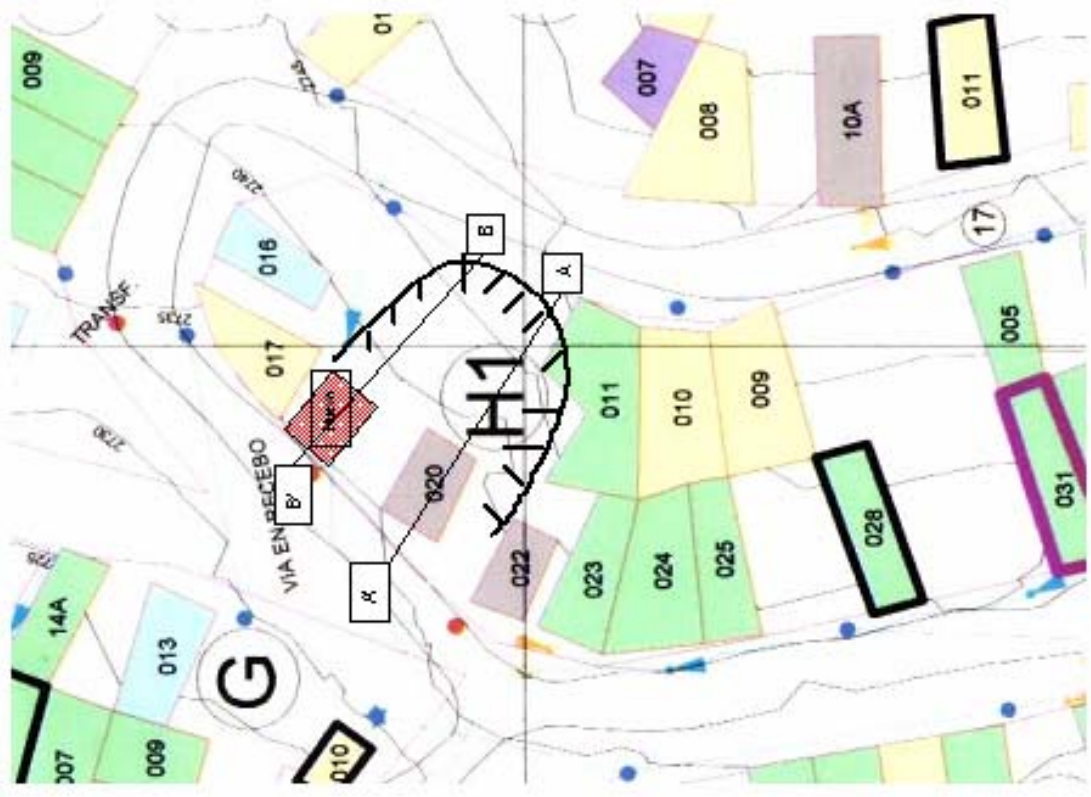
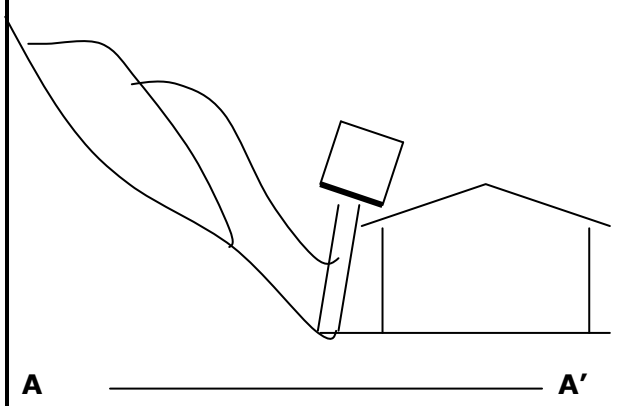
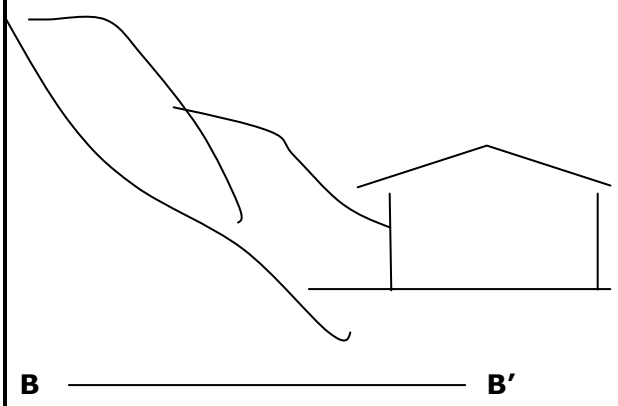


Figura 3. Situación registrada en el área de estudio el día 11/01/2006.

 **A** **A'**	 **B** **B'**
Casa 20. Muro de contención en mampostería confinada que fallo por su deficiente capacidad para soportar los empujes generados.	Casa nueva (no aparece en el plano del barrio) en mampostería simple. Un desprendimiento de aprox. 15m^3 de tierra amenaza la vivienda.

En el informe de diagnóstico se presentaron las siguientes recomendaciones:

- *"Evacuación de los predios ubicados en la Kr. 12 Este No 48 sur-18 propiedad de la sra. Castro (Manzana H1 lote 18) y el de la calle 49 sur No 10-26 este (Manzana H1 lote 20) habitada de la familia Gálvis.*

- *Incluir en el Proyecto de Reasentamientos con prioridad técnica uno (1) las viviendas antes referidas.*

- *Adelantar la implementación de una medida de estabilización, por parte de los propietarios de los predios afectados, del lugar donde actualmente se presenta el deslizamiento rotacional referido previamente.*

- *Controlar/corregir, por parte de los dueños de los predios, toda fuga proveniente del sistema de acueducto comunal y alcantarillado con el fin de evitar que estos flujos se infiltren en el terreno y causen más deslizamientos.*

- *Adelantar la construcción de sistemas para el manejo y conducción de la escorrentía y flujos subsuperficiales así como también la implementación de los servicios de acueducto y alcantarillado por parte de las autoridades locales y distritales. Lo anterior con el fin de impedir que el agua corra libremente por el suelo desmejorando su estabilidad y propiciando problemas de cimentación en las viviendas o deslizamientos en el sector en general."*

De las anteriores medidas hasta el día 13 de abril de 2007 no se ha implementado ninguna.

Fotografía 1. Situación en el área de estudio el día 11/01/2006 (DI-2669)



DIAGNÓSTICO TÉCNICO No. DI-2801, del 13 de abril de 2007, realizado atendiendo la llamada de Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, llama atención sobre el avance del fenómeno (ver Fotografía 2).

Fotografía 2. Avance del deslizamiento



En las fotografías anteriores se visualiza el avance del deslizamiento registrado entre Enero (a la izquierda) y Abril de 2006. Se observa la saturación del material y su desplazamiento que tuvo un movimiento ladera abajo.

Entre las causas posibles que generaron el avance de deslizamiento, se mencionan las intensas lluvias registradas en la época invernal y la falta de manejo de las aguas de escorrentía.

En el diagnostico se describe la afectación de las viviendas y se solicita su evacuación (ver Tabla 3).

Tabla 3. Predios en zona de alto riesgo

#	NOMBRE (Cabeza Hogar)	DIRECCIÓN	TELÉFONO	No. Acta de Evacuación	DAÑOS
1	Dora Bernal	Calle 49 sur No 10-08 este Manzana H1 lote 17	482 6909	1281	Deslizamiento derribó el costado lateral de la vivienda Construida con material de recuperación
2	Carmen Ceballos	Calle 49 sur No 10-08 este Manzana H1 lote 17	772 0431	1282	Ninguno
3	Sandra Liliana Castro	Calle 59 A No 22-18 este Manzana H1 lote 18	567 5495	400	Vivienda destruida quedó enterrada en el deslizamiento
4	Hermelinda Galvis	Calle 49 sur No 10 - 26 este Manzana H1 lote 20	482 6909	1312	El empuje de la masa deslizada afectó un costado de la vivienda prefabricada
5	Francisco A. Mendoza	Calle 48 sur No 10-37 este Manzana H2 Lote 7	310 8705965	1311	Ninguno
6	Blanca Oliva Díaz	Calle 48 sur No 10-32 este Manzana H2 Lote 6	2074366	En el momento de la visita no se encontró habitantes	Ninguno

En la tabla anterior se relacionan los predios recomendados a incluir en el programa de reasentamiento de familias localizadas en zonas de alto riesgo no mitigable (DI-2801).

Las viviendas relacionadas en la Tabla 3 fueron evacuadas, exceptuando las de la Manzana 12, las cuales actualmente están habitadas y no reportan problemas de inestabilidad, pues se encuentran construidas sobre el nivel de roca.

Igualmente, se solicitó incluir el sector evaluado en la base de datos de sitios críticos por fenómenos de remoción en masa para intervención por parte de la DPAE o el Fondo de Desarrollo Local de Rafael Uribe Uribe a través de la realización de diseño y ejecución de las obras de mitigación de riesgos correspondiente, actividad que actualmente se encuentra en proceso.

1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La información analizada y los reconocimientos del terreno permitieron deducir que la zona de interés se caracteriza por alta susceptibilidad a deslizamientos, dada la composición del subsuelo que consta de rellenos antrópicos depositados sobre una pendiente estructural. La posición de estratos favorece al desarrollo de dicho proceso, el cual, al parecer, está detonado por infiltración de aguas lluvias sumadas a las fugas permanentes del sistema de conducción de aguas del acueducto y alcantarillado artesanal.

En período comprendido entre noviembre 22 del 2006 y febrero 22 del 2007, cuando se realizó el presente estudio, correspondiente a la época de verano, no se detectaron movimientos algunos del terreno ni aparición de grietas nuevas (Ver Fotografía 3). Se conservan condiciones de estabilidad captadas en la Fotografía 2 en el mes de abril de 2006.

Igualmente, el material que conforma el subsuelo (rellenos antrópicos y suelo residual) se encuentra muy húmedo desde la corona hasta la parte baja del talud. Se observa aporte permanente del agua desde una manguera rota que forma parte del acueducto aéreo que existe en la parte superior del talud afectado por deslizamiento.

Fotografía 3. Estado del área de estudio el 22/11/2006



Como se puede ver en la Fotografía 3, el deslizamiento solo involucra una parte del talud, permaneciendo la otra mitad sin signos de movimiento visibles, pero cuya estabilidad es necesario revisar. Por otro lado, y como se indica en el aparte de antecedentes, se crea que el proceso puede ser retrogresivo y en la próxima temporada de lluvias es posible su ampliación a toda el área y presentar avance de la corona, que puede destruir la vía acceso y afectar la estabilidad de las viviendas, ubicadas en la parte superior del talud (predios No. 4 y 11 de la Fotografía 3). En esto consiste el problema a resolver.

2. TOPOGRAFÍA

El objetivo del levantamiento topográfico consistió en la elaboración de una cartografía básica para ubicar el área de estudio geográficamente y localizar en ella todos los accidentes de relieve, infraestructura y predios, lo mismo que datos sobre accidentes del terreno y exploración geotécnica.

2.1. CARTOGRAFÍA BASE

2.1.1. Localización cartográfica del área

El área se localiza en un cuadrángulo que tiene como coordenadas planas:

N: 93650.000 m	E: 96950.000 m	Extremo suroccidental
N: 93725.000 m	E: 97025.000 m	Extremo nororiental

Con elevaciones entre 2728 y 2760 m.s.n.m., ocupa un área aproximada de 4900 M2; los datos están referenciados a las coordenadas cartesianas con origen en el punto con coordenadas geográficas 04º 41’ 00.00” de Latitud Norte y 74º 09’ 00.00” de Longitud Oeste de Greenwich a la cual se le asignaron las coordenadas planas 109320.965 metros al Norte y 92334.879 metros al Este respectivamente. Datum Observatorio Astronómico de Bogotá con el plano de proyección de 2550.000 m.s.n.m.

2.1.2. Puntos topográficos

Se tomó como punto de partida la placa topográfica **CD757** que se localiza en el Cerro de las Lomas a 3 metros de la torre de Alta tensión, placa con coordenadas planas N: 96846.567 m y E: 96540.562 m, con una elevación geométrica calculada por el IGAC de 2688.500 m.s.n.m., sobre el plano de referencia de 2550.000 m.s.n.m. con vista total a la señal de azimut MONSERRATE IGLESIA localizada en la cruz de la Iglesia de Monserrate y está a una distancia de 7227.25 m, con un Azimut Plano Norte al Este de 054º 39’ 17.191”. Se anexa la copia de la certificación IGAC. (Ver Anexo 1).

2.2. EQUIPO

El levantamiento se realizó con una Estación Total Nikon DTM-420 de precisión angular al segundo y con alcances de lectura con prisma sencillo de 3200 m de distancia en longitud, con capacidad para almacenar hasta 10000 puntos topográficos con la ayuda del colector de datos DTS48 HP, con lectura vertical cenital y el acompañamiento de tres bastones y una mira de 6 metros cada uno con sus respectivo prisma para la lectura de los puntos.

2.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se realizó a partir de los puntos topográficos mencionados anteriormente, tomando como azimut verdadero la línea existente desde la placa CD757 con vista total a la señal de azimut MONSERRATE IGLESIA mediante una poligonal cerrada, se trasladaron las coordenadas y la elevación a los diferentes puntos fáciles de acceder a tomar la información de las construcciones y el talud respectivo.

Puntos de Referencia: Corresponden a dos mojones resaltados con pintura e identificadas con las letras R1 y R2. Entre ellos existe vista, su ubicación se refleja en el plano y sus coordenadas son:

Tabla 4. Coordenadas de puntos materializados

PUNTOS	NORTE m	ESTE m	ELEVACIÓN m
CD757	96846.567	96540.562	2688.500
R1	93722.417	97010.445	2741.819
R2	93648.000	96994.156	2751.731

2.3.1. Etapas del levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizo en dos etapas, como se especifica a continuación:

Primera Etapa. Planimetría y Altimetría.

- *Zona Abierta:* Toma de información únicamente del área despejada con secciones transversales colocando los prismas en los cambios de pendiente hasta

obtener un cubrimiento total del área de estudio, los intervalos entre las secciones varían entre 1m y 4m de distancia según las condiciones del terreno.

- *Zona de Construcciones y detalles:* Toma de información de los puntos topográficos de infraestructura como son paramentos, andenes, construcciones, postes, pozos, cercas, etc.

El trabajo de campo tuvo una duración de 4 días y se tomaron 1600 puntos aproximadamente.

Segunda etapa. Trabajo de oficina

En primer término se georeferenciaron los puntos topográficos tomados en campo mediante el programa EP Collect Data V.14.13

El procesamiento cartográfico del levantamiento se ejecutó empleando el módulo Surface Modeling del Programa de computadora Eagle Point V.14.1, bajo un modelo de interpolación dirigida con aplicación en las tres dimensiones, lo que representó definir y respetar las barreras físicas actuales, condicionando la interpretación a éstas, sin permitir el desempeño del programa a su libre esquema de triangulación. En este sentido jugaron un papel importante las secciones transversales.

Como resultado de la actividad anterior, se definió la salida gráfica del Plano Topográfico a escala 1: 250 con curvas de nivel cada 0.5 metros.

El proceso así desarrollado puede entenderse como una conceptualización de un submodelo para un SIG, ya que primero se elaboraron las diferentes capas de información y posteriormente se hizo la interpolación. De esta manera entonces, se seleccionaron los postes de alumbrado, los pozos de inspección y demás amoblamiento urbano, se delinearon las vías y se delimitaron los taludes.

3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

3.1. OBJETIVO

El objetivo específico de la caracterización geológica, hidrogeológica y geomorfológica del área consistió en elaborar un modelo gráfico - analítico del subsuelo, entendido como un sistema de elementos interrelacionados, que permitió evaluar la estabilidad del terreno. Los elementos básicos que constituyen el sistema son: rocas y depósitos no consolidados, relieve y procesos, aguas subterráneas.

3.2. ALCANCES

Los alcances del estudio geológico son los siguientes:

- Integración de geología y geomorfología local en el contexto regional.

- Realizar levantamiento geológico directo incluyendo descripciones de perforaciones, apiques y trincheras, lo mismo que tomas de muestras para ensayos de laboratorio.

- Descripción de procesos de inestabilidad presentes.

- Elaborar mapa y secciones, creando un modelo geológico para cálculos de estabilidad.

3.3. METODOLOGÍA

En primer término se hizo la caracterización regional analizando la información secundaria, presentada en el "Estudio de zonificación de amenaza por remoción en masa en los barrios San Ignacio y San Martín de la Localidad de Usme en la Ciudad de Bogotá, D.C.", realizado por la Unión Temporal Consultores en Riesgos.

La geología general, presentada en el estudio anterior, sirvió de base para enmarcar el área de trabajo. En segundo término, se realizó la verificación de las

unidades, definidas con ayuda de la información secundaria, en condiciones de campo.

La exploración geológica consistió en recolectar la información primaria y ubicarla en la cartografía básica para caracterizar el subsuelo y elaborar su modelo gráfico. La exploración geológica comprendió el reconocimiento del lugar, haciendo el levantamiento de la litología, fracturamiento, rasgos estructurales, grado de alteración de la roca y de consolidación de los depósitos, junto con otros detalles de utilidad para crear el modelo geológico local.

El trabajo se realizó mediante uso de métodos comunes de inspección visual y mediciones con instrumental geológico (brújula y penetrómetro de bolsillo). Además de los anteriores, se utilizaron perforaciones con barreno manual, apiques, trincheras y perforaciones mecánicas.

Para la descripción de los fenómenos de inestabilidad presentes se levantó toda la información concerniente a procesos geodinámicos especificados en las fichas diseñadas para dicho propósito (ver Anexo 2). Los procesos identificados y levantados se ubicaron en el mapa geológico.

Logrados los objetivos anteriores y teniendo en cuenta los levantamientos hechos en campo, junto con los diferentes registros de exploración, se elaboró el mapa geológico detallado y 6 secciones perpendiculares a las curvas de nivel, ubicadas estratégicamente, de tal forma que tipifican el perfil del subsuelo.

3.4. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

3.4.1. Litoestratigrafía Regional

El subsuelo de La localidad de Rafael Uribe Uribe, a la cual pertenece el Barrio San Ignacio, esta conformado en profundidades por rocas del Terciario, de edad Eoceno Medio, correspondientes a la Formación Regadera (Tpr). La sección tipo ha sido medida en el flanco occidental del sinclinal de Usme, al sur de la población del mismo nombre. Su espesor total según Acosta y Beltrán (1987) es de 345 metros, pero según Julivert (1961) la Formación alcanza 400 metros.

La Formación Regadera fue nombrada por HUBACH (1957) como miembro litológico de guía, que se distingue muy fácilmente de las formaciones sub y suprayacentes, tales como Bogotá y Usme, ambas de composición predominantemente arcillosa.

La Formación Regadera consta de dos niveles: Inferior y Superior.

El conjunto inferior de la Formación (Tpr-a) se presenta en bancos de arenisca cuarzofeldespática, poco consolidada, color gris claro a blanco, de grano frecuentemente grueso, con algunas capas lenticulares de conglomerados finos y matriz arcillosa, con estratificación cruzada y espesores entre 0.5 y 1.5 metros. Las areniscas alternan con arcillolitas o lodolitas rosadas y rojizas con espesores que no sobrepasan los 30cm y que en ningún momento le quitan a este nivel el carácter dominantemente arenoso. Este conjunto aflora ampliamente en el sector de Rafael Uribe Uribe, donde forma la serranía de Guacamayas y en el flanco occidental del sinclinal de Usme.

El conjunto superior de la Formación Regadera (Tpr-ar) es predominantemente arcilloso y en el área de la localidad de Rafael Uribe Uribe aflora a partir de la carrera décima hacia el occidente, la cual no se alcanza a apreciar en el Plano 2.

Espacialmente, como se puede observar en la figura 4, en el área de estudio sobre la Formación Regadera yacen en contacto discordante los depósitos no consolidados recientes, provenientes de rellenos de origen antrópico (Qra).

Como se puede apreciar en la Figura 4, y según la información secundaria, el área de estudio se ubica dentro de las rocas del nivel inferior de la Formación Regadera (Tpra). La anterior hipótesis fue comprobada mediante levantamientos directos en el terreno.

3.4.2. Geología estructural regional

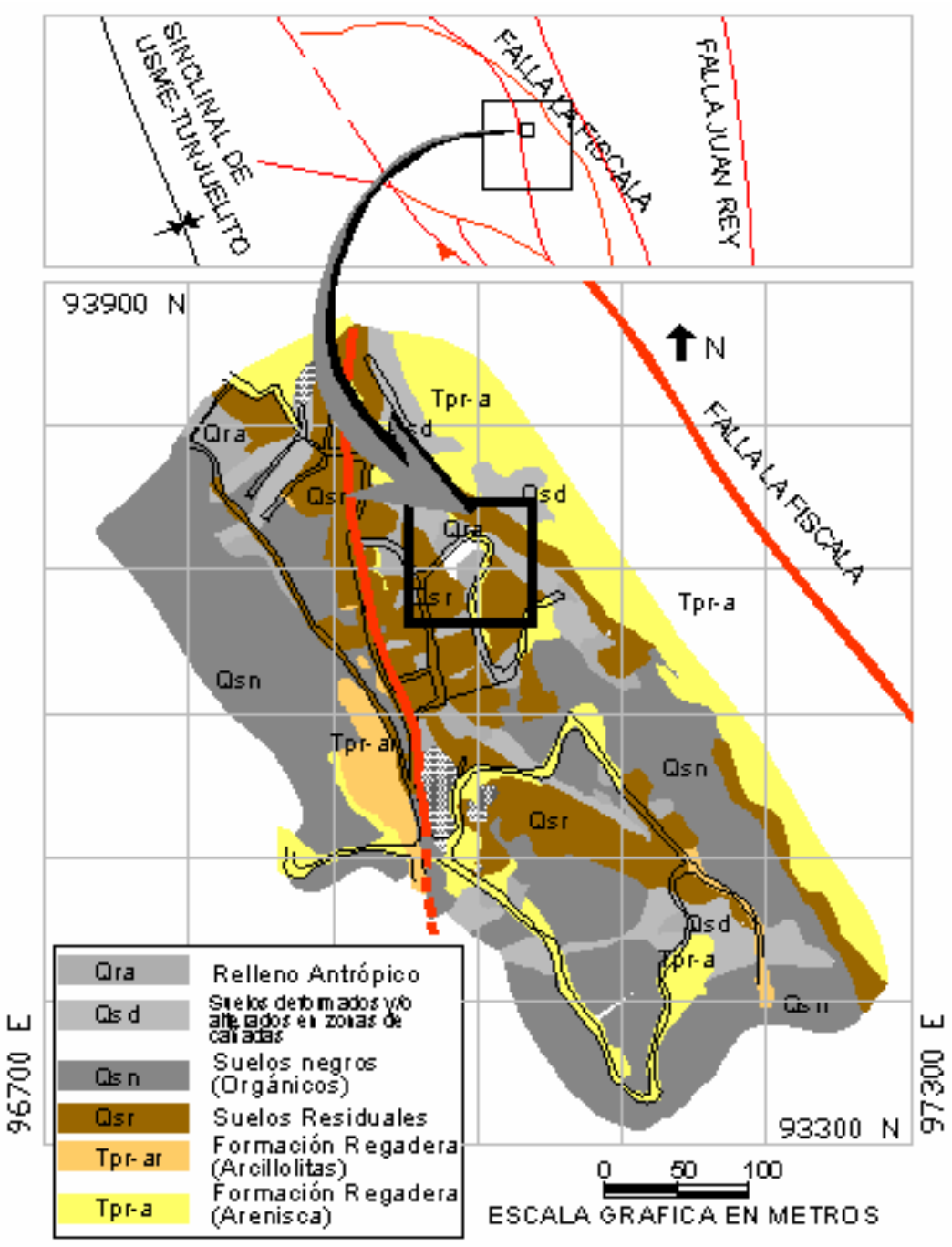
En lo que respecta a la geología estructural, el área de estudio se localiza regionalmente entre la Falla Juan Rey y la Falla La Fiscala, próxima a la zona de estudio, las cuales son estructuras de tipo inverso que tienden a "repetir" las secuencias litoestratigráficas (Ver Figura 4).

Otras características estructurales de importancia especialmente en el área de estudio son la estratificación, el fallamiento y el diaclasamiento.

Según el "Estudio de zonificación de amenaza por remoción en masa en los barrios San Ignacio y San Martín de la Localidad de Usme en la Ciudad de Bogotá, D.C.", realizado por la Unión Temporal Consultores en Riesgos, en la ladera del costado oriental del área de estudio la estratificación es N30-40ºW/35ºSW, mientras que en la ladera del costado occidental, ésta se encuentra algo basculada, aunque en general, se mantiene el buzamiento de la estratificación de aproximadamente 35º. Esta característica se debe a fallas geológicas mencionadas (ver Figura 4). Además del basculamiento de la estratificación se pueden mencionar otras evidencias de fallamiento, como lo son las silletas topográficas localizadas en ambos extremos del área de estudio y la posible continuación de la falla alineando un tramo de la Quebrada La Chiguaza.

Los principales juegos de diaclasas que se mencionan en el estudio citado son: N50ºE/70-80ºNW, N82ºW/73ºSW, N15º-30ºW/45º70ºNE, N70º-80ºE/80º-5ºNW.

Figura 4. Mapa Geológico Regional



3.4.3. Hidrogeología regional

Desde el punto de vista hidrogeológico, las areniscas feldespáticas de la Formación Regadera se podrían clasificar como rocas acuífero, mientras que las arcillolitas se podrían clasificar como acuicierres o acuitardos, debido a que estas "sólo permiten el almacenamiento pero no el flujo del agua subterránea". No obstante, las características topográficas del terreno y la misma litología en particular del subsuelo son realmente los que permiten establecer las condiciones de acuíferos o acuicierres. Así por ejemplo, dada la permeabilidad secundaria de las arcillolitas de la Formación Regadera por efectos del fisuramiento y si estas condiciones persisten hacia profundidad, estos materiales pueden dar lugar a la formación de acuíferos; en tanto que las areniscas de esta misma formación no pueden originar acuíferos en las situaciones topográficas en las cuales se encuentran expuestas en el área de estudio (laderas de pendiente alta surcadas o desconfinadas lateralmente por cañadas que a su vez se ven favorecidas por la presencia de zonas de debilidad como fallas o zonas de cizalla).

En términos generales y teniendo en cuenta los resultados de la exploración geofísica realizada en el estudio realizado por la Unión Temporal Consultores en Riesgos (2003), se puede afirmar que a menos de 25 m de profundidad hacia la zona de valle considerado en él área de estudio, no se encuentra agua subterránea. El flujo de aguas subsuperficiales ocurre en dirección de la pendiente del terreno que está controlada por el buzamiento de la estratificación.

Lo anterior confirma que los suelos que cubren las rocas del sector permiten la infiltración y conducción de las aguas de infiltración las cuales tienen su descarga a través de las diferentes interfaces del mismo suelo o entre éste y la roca infrayacente.

3.4.4. Geomorfología regional

En el "Estudio de zonificación de amenaza por remoción en masa en los barrios San Ignacio y San Martín de la Localidad de Usme en la Ciudad de Bogotá, D.C.", realizado por la Unión Temporal Consultores en Riesgos en el área de estudio se han identificado dos grandes geoformas:

- **Laderas de Pendiente Estructural:** En esta geoforma se localiza la mayor parte del barrio San Ignacio, que consiste en una ladera cuya pendiente está controlada por el buzamiento de la estratificación de las areniscas del conjunto inferior de la Formación Regadera, que está entre 30° y 35º aproximadamente. La ladera con pendiente estructural no presenta grandes problemas por remoción en masa bajo condiciones naturales; salvo hacia las zonas de pequeñas cañadas donde se presentan flujos de tierra y deslizamientos pequeños que se han

formado como consecuencia de la afluencia de aguas de escorrentía superficial y subsuperficial.

- **Valle erosional-depositacional:** A esta geoforma corresponde la franja de terreno dentro de la geoforma anterior, que se originó como consecuencia de la erosión de una zona de debilidad, donde el macizo rocoso se encuentra más afectado bien sea por una falla geológica o una zona de fracturamiento excesivo.

Se ha denominado valle erosional-depositacional porque el terreno está constituido principalmente por suelos residuales encima de los cuales se depositaron los depósitos recientes.

La pendiente media longitudinal de esta geoforma es del 25%, aunque localmente se presentan pendientes transversales hasta del 60%.

3.5. GEOLOGÍA LOCAL

3.5.1. Toma de datos estructurales

Esta labor de campo consistió en el levantamiento de rumbo y buzamiento de planos de estratificación diaclasas y sus características de continuidad, espaciamiento, abertura, rugosidad, tipo y espesor de relleno (ver Anexo 2 - Fichas de Discontinuidades) en los dos sitios sobre los afloramientos rocosos en el área de estudio con el propósito de comprobar la información existente, depositada en los mapas de detalle levantadas en el "Estudio de zonificación de amenaza por remoción en masa en los barrios San Ignacio y San Martín de la Localidad de Usme en la Ciudad de Bogotá, D.C.", realizado por la Unión Temporal Consultores en Riesgos"

El levantamiento, conjuntamente con la columnas estratigráficas se realizó en la parte alta y baja del talud, sobre la calle 49G Sur y Kr 5B E (ver Fotografía 5). Los datos tomados se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen datos estructurales

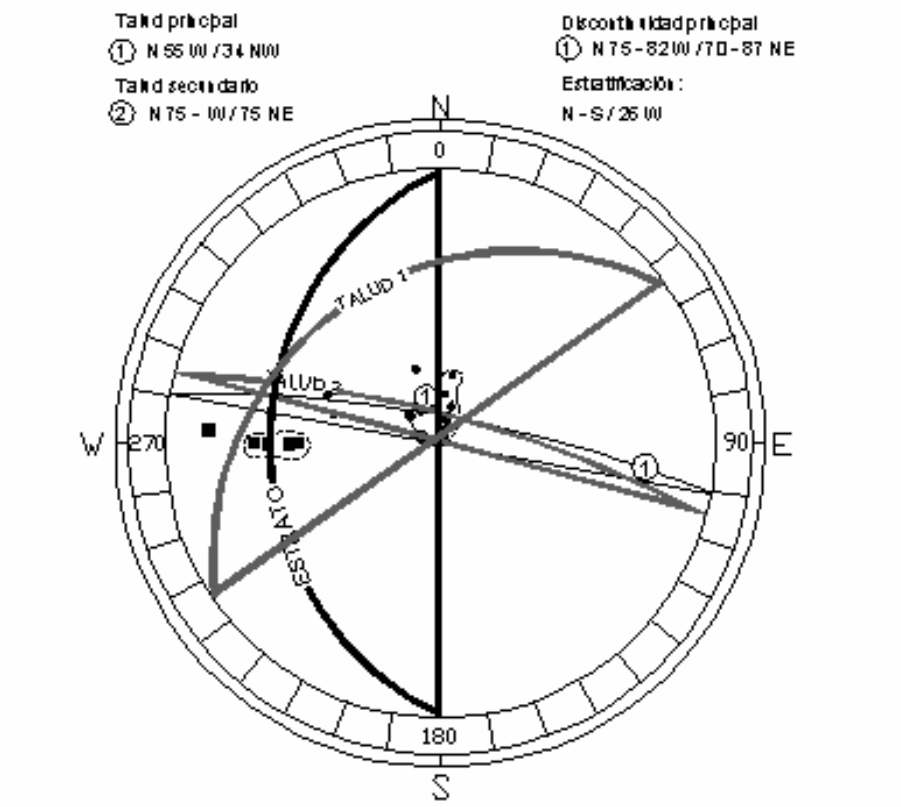
SIST.	ORIENTACIÓN	CONTINUIDAD	ESPACIO	APERTURA	RELLENO	RUGOSIDAD
Estrato	N–S , N3ºE /10º-35º W, NW	Continuo	Estr. media	Cerrado	sin	Liso
S1	N 75 - 82º W/70 – 87ºNE	Discontinuas a continuas	Próximas (5-30cm)	Poco abierta	Arcilla	Rugosa

Como se puede apreciar en la Tabla 5, el rumbo de la estratificación en general varía de N–S a N3ºE y buzamiento de 10º a 35º al NW, con un promedio de 26º.

Si tenemos en cuenta que la dirección del talud es N55ºE y su inclinación es unos 34º al NW, la posición de la estratificación puede incidir en la estabilidad de la ladera. Las observaciones y exploraciones del terreno realizadas en la corona y en la superficie de falla (deslizamiento existente) demuestran que ésta ubica en el contacto suelo residual relleno antrópico. Por lo tanto, el problema reside en la inestabilidad de rellenos antrópicos que yacen sobre un plano estructural.

Además, existe otro control estructural de deslizamiento, el cual consiste en la presencia de un afloramiento rocoso en la corona sur, cuya dirección coincide con la discontinuidad principal, presente en el bloque estructural estudiado (ver Figura 5- Talud 2 y Plano 2)

Figura 5. Distribución de sistemas de diaclasas con respecto al talud



En la Figura 5 se pueden apreciar la orientación de la estratificación y del sistema de diaclasas 1 y su posición respecto a las diferentes direcciones del talud, donde es posible ver:

- La similitud de direcciones del talud principal y de estratificación.

- Como el S1 define la corona del Talud 3 - límite sur del deslizamiento.

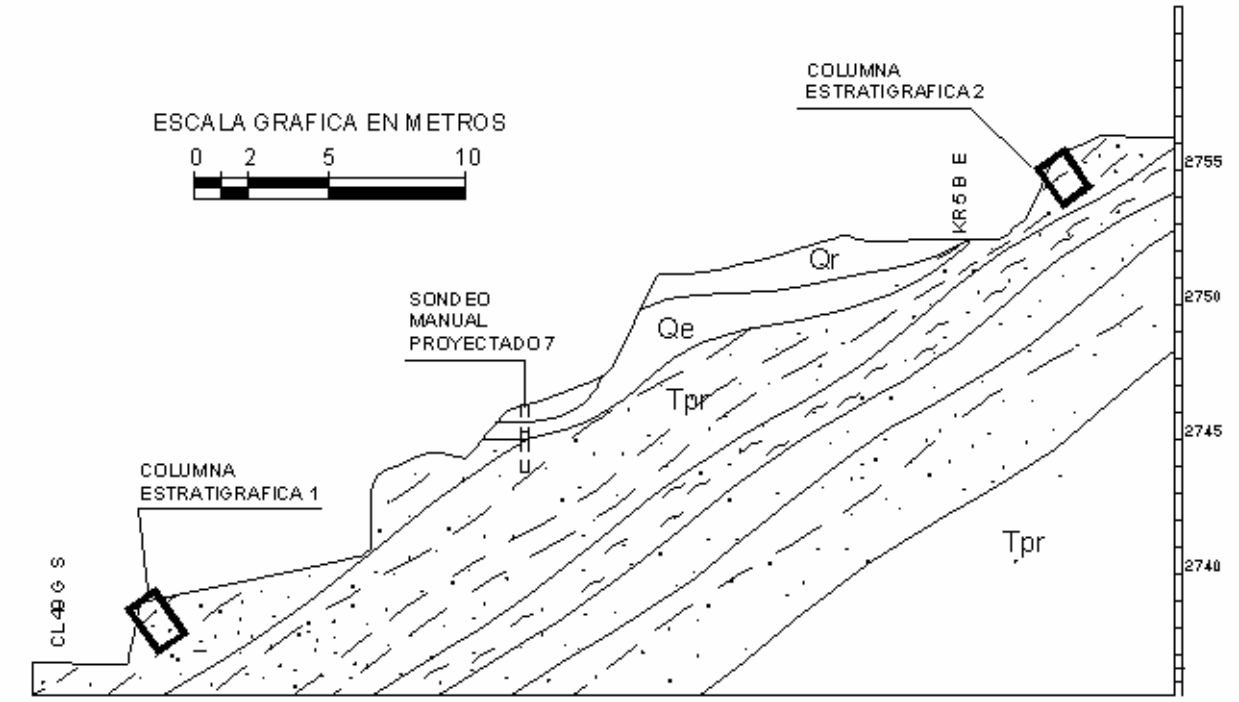
- Coincidencia de la dirección del movimiento del deslizamiento con la cuña conformada entre el S1 y la estratificación, señalando la dirección del movimiento al NW.

3.5.2. Levantamiento de columnas estratigráficas

Dentro del levantamiento geológico detallado se elaboraron dos columnas estratigráficas, ubicadas en el área de estudio tal como se representa en la Figura 6 (ver Fotografía 4). Esta actividad se llevó a cabo con el propósito de conocer la composición y espesores reales de roca, el rumbo y buzamiento de la estratificación, el grado de fracturamiento de la roca y características de las discontinuidades, y con base en lo anterior caracterizar el macizo rocoso y, entre otros, plantear los posibles mecanismos de falla de los taludes.

Las columnas levantadas permiten hacerle seguimiento a la orientación de la estratificación y facilitan el conocimiento sobre la composición de los suelos residuales del área.

Figura 6. Esquema de ubicación de los sitios de levantamiento de las columnas



Fotografía 4. Toma de datos estructurales y levantamiento de columna 1 y 2



La columna 1 se levantó en la parte baja del talud (fotografía 4A), sobre la calle 49 G Sur donde la roca aflora. De acuerdo con la columna levantada, presentada en la Figura 7, en esta zona existen bancos de arenisca hasta de 2 m de espesor intercalados con delgados niveles de arcillolitas débiles. En este lugar la secuencia rocosa aflora debido a la intervención antrópica, manifestada por cortes para la vía y construcción de viviendas.

La columna 2 fue levantada y en la parte Alta sobre la vía Kr 5B E (Fotografía 4 B y Figura 8). Como se puede apreciar en las columnas levantadas, la composición de la Formación Regadera en el área de estudio es en su mayoría arenosa. El suelo residual encontrado en el talud es el producto de la meteorización de arenisca, el cual resulta también con características arenosas.

Figura 7. Columna Estratigráfica 1

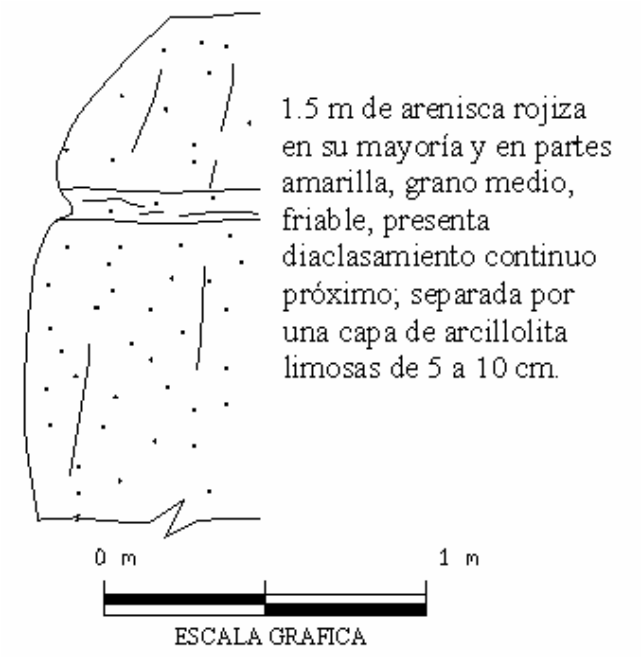
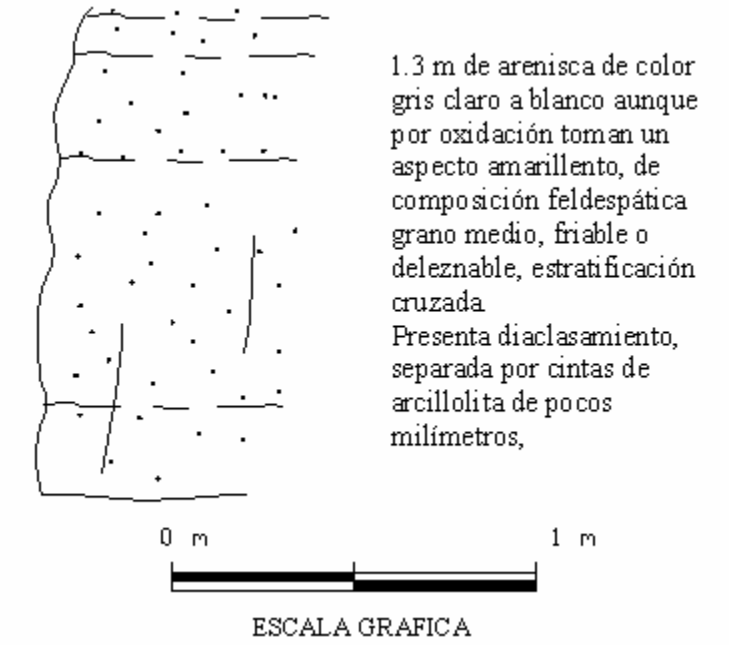


Figura 8. Columna Estratigráfica 2



3.5.3. Descripción de perforaciones mecánicas

Se llevaron acabo dos perforaciones mecánicas con el fin de identificar la composición y el espesor del suelo y naturaleza rocosa de la Formación Regadera. Además, definir la presencia de aguas subterráneas y tomar muestras para los ensayos de laboratorio. Los registros de los sondeos mecánicos se presentan en el Anexo 2b.

- Perforación Mecánica 1: De 6 m de profundidad, se localizó en la parte alta, por fuera del talud problema, en un lote vacío entre las viviendas 4 y 7, en la margen derecha de la Carrera 5b Este (ver Fotografía 5).

Se encontró relleno antrópico compuesto por limo arenoso de color negro con raíces de 1.5 m de espesor, seguido de una capa de 1.5 metros de arenisca color amarillo oscuro muy meteorizada, deleznable.

El resto de la perforación se realizó en arcillolita abigarrada con intercalaciones de arenisca de la Formación Regadera hasta 6.0 m de profundidad. No se encontraron aguas subterráneas.

- Perforación Mecánica 2: De 7 m de longitud, se localizó en la pata del talud, en la esquina Carrera 5ª Bis E (Fotografía 5). La perforación atravesó relleno antrópico de 2 m de espesor, seguido de una capa de 5m de espesor de arenisca de grano fino a medio, color amarrillo, muy meteorizada y deleznable, con intercalaciones de arcillolita. No se presentó agua subterránea.

Fotografía 5. Ubicación de perforaciones mecánicas No. 1 y 2



3.5.4. Descripción de barrenos manuales

Con el propósito de identificar los tipos de depósitos no consolidados y de conocer sus espesores, además de tomar muestras para los ensayos de laboratorio, se llevaron a cabo diez sondeos manuales en los lugares indicados en el Plano 2 En el Anexo 2 se presentan los registros de sondeos realizados para el presente estudio.

Además, en el estudio anterior (2003) se ejecutaron 3 sondeos manuales, las cuales también se ubicaron en el plano y cuyas descripciones se tuvieron en cuenta, pero sus registros no fue posible localizar. Estos sondeos son:

Sondeo SM_1 (2003): Este sondeo se localizó en el talud, objeto de nuestro estudio (ver Plano 2), alcanzó una profundidad de 3,0 m donde se encontró en el

primer metro un relleno limo arenoso de color negro con presencia de fragmentos de arenisca altamente meteorizada y friable, igualmente, se observo presencia de raíces. Por debajo de este relleno entre las profundidades de 1,0 m y 1,6 m se encontró un estrato de suelo orgánico descrito como limo arcilloso de color negro y consistencia media a blanda. Entre 1,6 m y 2,15 m se encontró un limo areno arcilloso color café, plástico y consistencia media con presencia de raíces y oxidaciones.

La roca se observó desde una profundidad de 2,15 m hasta 3,0 m; este material se describe como una arenisca altamente meteorizada entre limos arenosos con algo de plasticidad. Finalmente a una profundidad de 3,0 m en adelante se alcanzó el manto rocoso de arenisca de la Formación Regadera. Se aprecia de la anterior secuencia que la descripción corresponde al perfil de meteorización de la arenisca sobreyacida por depósitos antrópicos.

- **Sondeo SM_6 (2003):** Este sondeo fue localizado en la parte alta de la Diagonal 49C S (ver plano 2). La perforación alcanzó una profundidad de 2,5 m en donde se encontró la roca.

En este caso superficialmente apareció el suelo limoso orgánico negro el cual presenta oxidaciones y raíces; el espesor del estrato en este punto es de 1,2 m, luego aparece un suelo residual arcillo arenoso de color amarillo a café con presencia de fragmentos de arenisca altamente meteorizada y raíces. Este segundo estrato va desde 1,2 m hasta 2,3 m, en donde encontró arcillolita limosa.

- **Sondeo SM_9 (2003):** El sondeo SM9 se localizó debajo de la Carrera 5ª Bis Sur. En este sondeo se identificó el relleno antrópico constituido por arenas finas limosas de color amarillo a negro con lentes de arcilla arenosa y fragmentos finos de arenisca. Entre los 1,5 m y los 2,3 m se tiene un suelo orgánico negro arcilloso con presencia de raíces, muy plástico y húmedo. Por debajo de este suelo orgánico se encontró un suelo residual arcillo-limoso de color café oscuro con fragmentos de arenisca altamente meteorizada. La perforación solo se pudo adelantar hasta una profundidad de 3,0. A una profundidad de 2,0 m se encontró el nivel freático.

A continuación, en las tablas 6, 7 y 8 se aprecia un resumen de los resultados obtenidos, donde aparecen las profundidades y espesores de los materiales encontrados en los diferentes sondeos.

Tabla 6. Resultados de sondeos manuales SM_1 y SM_6 del 2003; 1 y 2 del 2007

Sondeo / Deposito	SM_1(2003)			SM_6(2003)			1			2		
	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor
Relleno (Qr)	0	2.15	2.20	0.0	2.3	2.3	0	3	3.0	0.0	3.5	3.5
Eluvio (Qe)	2.15	3.00	0.85	2.3	2.3	0.0	3	3.5	0.5	3.0	5.5	2.0

Tabla 7. Resultados de sondeos manuales 3, 4, 5 y 6

Sondeo / Deposito	3			4			5			6		
	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor
Relleno (Qr)	0.0	3.5	3.5	0.0	1.5	1.5	0	1.0	1.2	0	1.0	1.0
Eluvio (Qe)	3.5	5.5	2.0	1.5	2.5	1.0	1	2.5	1.3	1.0	4.5	3.5

Tabla 8. Resultados de sondeos manuales 7 y 8

Sondeo / Deposito	7			8		
	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor
Relleno (Qr)	0.0	1.0	1.0	0.0	4.0	4.0
Eluvio (Qe)	1.0	2.5	1.5	4.0	6.5	2.5

Tabla 9. Resultados de sondeos manuales SM_9/2003, 9 y 10 del 2007

Sondeo / Deposito	SM_9(2003) N.F.= 2 m			9			10		
	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor
Relleno (Qr)	0.0	2.3	2.3	0.0	3.0	3.0	0	3.0	3.0
Eluvio (Qe)	2.3	3.0	0.7	3.0	3.5	0.5	3.0	3.5	0.5

Como se puede observar en las tablas anteriores, el espesor de relleno antrópico (Qra) varia de 1 a 4 metros, con un promedio de 2.5 metros. El espesor máximo de eluvio (Qe), descubierto en sondeos manuales, es de 3.5 m. Es de anotar, que no todos los sondeos manuales llegaron hasta el nivel de roca dura. El relleno se

encontró en toda el área de estudio, registrándose los mayores espesores en la parte norte del talud, donde se aprecia una depresión en forma de un valle erosional, el cual, al parecer fue rellenado.

En ninguno de los sondeos ejecutados para el presente estudio se encontró nivel freático. En el sondeo SM9 realizado en el año 2003, realizado en el talud de la vía de acceso (Carrera 5-A Bis Sur), en la parte más baja se reporto la presencia del agua subterránea a 2 metros de profundidad. Sin embargo actualmente, en sondeos más próximos al SM9, realizados a escasos 2 metros no se presentó el agua (ver registros de sondeos 9 y 8 del 2007).

3.5.5. Descripción de los apiques

En el área de estudio se excavaron un total de 5 apiques, uno por la Unión Temporal Consultores en Riesgos (2003) y 4 (cuatro) por el Consorcio, cuya ubicación se presenta en el plano 2 y los registros en el Anexo 2D.

- **Apique AP-01(2003):** Este apique alcanzó una profundidad de 1,8 m en depósitos de relleno antrópico mezclado con suelos orgánicos. A una profundidad de 1,8 m se tomó la muestra en bloque, correspondiente a una arcilla café con raíces y rastros de arena fina, y presencia de cantos de arenisca muy meteorizada con diámetros hasta de 15 cm. Sobre esta muestra se realizaron ensayos de clasificación y corte directo.

A continuación, se presenta un resumen con los resultados obtenidos en todos los apiques excavados, donde aparecen las profundidades y espesores de los materiales encontrados:

Tabla 10. Resumen de apiques 1, 2, 3 y 4

APIQUE	**1**			**2**			**3**			**4**			**AP_1(2003)**		
Deposito	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor
Relleno (Qr)	0	1.2	1.2	0	1.5	1.5	0	0.4	0.4	0	2.4	2.4	0	1.8	1.8
Eluvio (Qe)	1.2	1.8	0.6	2	2.0	0.5	0.4	1.2	0.8						

Como se puede apreciar en la *Tabla 9*, en todos los apiques realizados se encontró relleno antrópico, cuyo espesor varía de 1.20-1.50 metros en el extremo superior del talud (apiques 1 y 2) hasta un mínimo alcanzado por apiques de 2.4 metros en la parte inferior del mismo.

Llama la atención la presencia de agua a 2,4 metros de profundidad en el apique 4, realizado por debajo de la Calle 49G Sur, después de una hora de haber excavado el apique el agua empezó resumir lentamente en el fondo del mismo en cantidad apreciable, pues para tomar la muestra tocó evacuarla desde el apique.

3.5.6. Descripción de trinchera

Se excavó una sola trinchera de 9 metros de longitud y 1 m de profundidad máxima. La trinchera se localizó en la parte baja del talud, siguiendo la superficie de falla. El material por encima de la superficie de deslizamiento corresponde a relleno antrópico de color café oscuro, compuesto de limo arenoso con raíces delgadas, pequeños cantos de roca. Por debajo de la superficie de deslizamiento se aprecia suelo residual arenoso, de color amarillo, bastante humedecido por aguas provenientes de fugas desde las mangueras de acueducto artesanal, el cual pasa por la corona de deslizamiento. Igualmente, la saturación puede provenir de aguas negras directamente vertidas sobre el talud, pues no existe sistema de alcantarillado. Es de anotar, que las observaciones anteriores se realizaron en la época de verano, sin aporte de aguas lluvias.

3.5.7. Elaboración del modelo geológico

En general, las actividades llevadas a cabo se encaminaron hacia la delimitación de contactos entre las diferentes unidades litoestratigráficas, definición de sus espesores y particularidades en cada sector, con el fin de conformar el modelo geológico del área (ver Plano 2).

El modelo presentado permite apreciar la conformación de una secuencia estratigráfica, de abajo hacia arriba, integrada por capas de areniscas y arcillolitas, continuadas por un suelo residual, seguidas de relleno antrópico.

En el área aledaña a la zona de interés, unos metros al este de las escaleras del parque y detrás de la casa afectada, al NW del parque, se aprecian afloramientos de mas de 2 metros de exposición, de rocas de la Formación Regadera, donde junto con los estratos de arcillolita yacen bancos de arenisca en una proporción 1:1 (ver Fotografías 5 y 6).

A continuación se hace una descripción de las unidades geológicas presentes en el área de estudio, las cuales se enuncian desde las más antiguas hasta las más recientes.

3.5.8. Unidades litológicas del área de estudio

- **Areniscas de la Formación Regadera (Tpr-a):** A esta unidad corresponden las areniscas que predominan en la mayor parte del área, especialmente en el sector donde se localiza el barrio San Martín, las cuales se encuentran formando pendientes estructurales y escarpes en contrapendiente. Estos materiales de composición feldespática principalmente son de característica friable o deleznable, razón por la cual son altamente sensibles al proceso de erosión hídrica. Es muy probable que algunos de los grandes "zanjones" que se encuentran a nivel regional no estén alineados por fallas geológicas (en zonas de relajación de esfuerzos donde los materiales se encuentran más fracturados y meteorizados), sino que se deban simplemente a la profundización de valles como consecuencia del proceso erosivo. De otra parte, las areniscas son fácilmente excavables manualmente, por lo que no ofrecen ninguna dificultad para las explanaciones que se conforman a menudo con el propósito de construir viviendas.

Tal como se mencionó en la sección de geología regional, las areniscas son cuarzo feldespáticas, de baja consolidación, de color gris claro a blanco aunque por oxidación toman un aspecto amarillento, de grano frecuentemente grueso, con algunas capas lenticulares de conglomerados finos y matriz arcillosa. La estratificación de las areniscas es cruzada y el espesor de los bancos en el área de estudio está entre 3 y 5 metros.

Se aprecian en las fundaciones de las viviendas ubicadas en la parte sur del área de estudio, sobre y entre las calles 49G y 49F Sur (P. Ej. Las más próximas al deslizamiento son Nos. 7 y 11).

- **Depósito Eluvial y/o Suelo residual (Qe):** Los suelos residuales presentes en el área de estudio son de carácter arcillo-arenoso (producto de la meteorización y alteración de areniscas) y arcillo-limosos (producto de la meteorización y alteración de arcillolitas). Estos materiales cubren toda el área de estudio. Teniendo en cuenta que los lugares donde más se desarrollan pertenecen a zonas de cañadas, se deduce que su formación se encuentra estrechamente relacionada con la afluencia de aguas de escorrentía superficial. El espesor de los suelos residuales es muy variable, oscilando entre 1 y 4 metros aproximadamente, sin que exista un contacto neto con el manto rocoso, tal vez debido a la interestratificación de rocas arcillosas y rocas arenosas.

- **Rellenos Antrópicos (Qr):** Consisten en llenos de vertido libre, los cuales son producto de los cortes o explanaciones para la construcción de viviendas. Durante el programa de exploración de subsuelo realizado especialmente para el presente proyecto se hizo énfasis en la determinación de su espesor, el cual en la mayoría de los casos (70%) es mayor de dos (2) metros con un máximo de 4 metros y con un promedio de 2.5 metros.

Los rellenos están constituidos principalmente por limo de color negro con carbón vegetal, raíces delgadas y bloques de arenisca, y localmente por arena limosa de grano fino a medio con intercalaciones de limos, con raíces delgadas, bloques deleznables de arenisca, humedad media. Por su composición se deduce que los rellenos antrópicos acumulados en el área de estudio provienen de las excavaciones para la construcción de viviendas o vías de acceso.

3.5.9. Hidrogeología local

Como se anotó en la descripción de exploración, en el sondeo SM-9 y apique 4 se encontró el nivel de agua (posiblemente "colgado"). Además, en el escarpe, dejado en la corona de deslizamiento también se observo una gran humedad del suelo residual arenoso.

Los demás exploraciones no encontraron agua.

En general, teniendo en cuenta la profundidad máxima alcanzada por las perforaciones mecánicas y manuales, el nivel freático puede encontrarse por debajo de 7 metros. Según los estudios anteriores, en los sondeos geoeléctricos SEV-1 y 2, realizados a 100-150 m del al área de estudio, hasta 25 m de profundidad no encontraron el nivel freático.

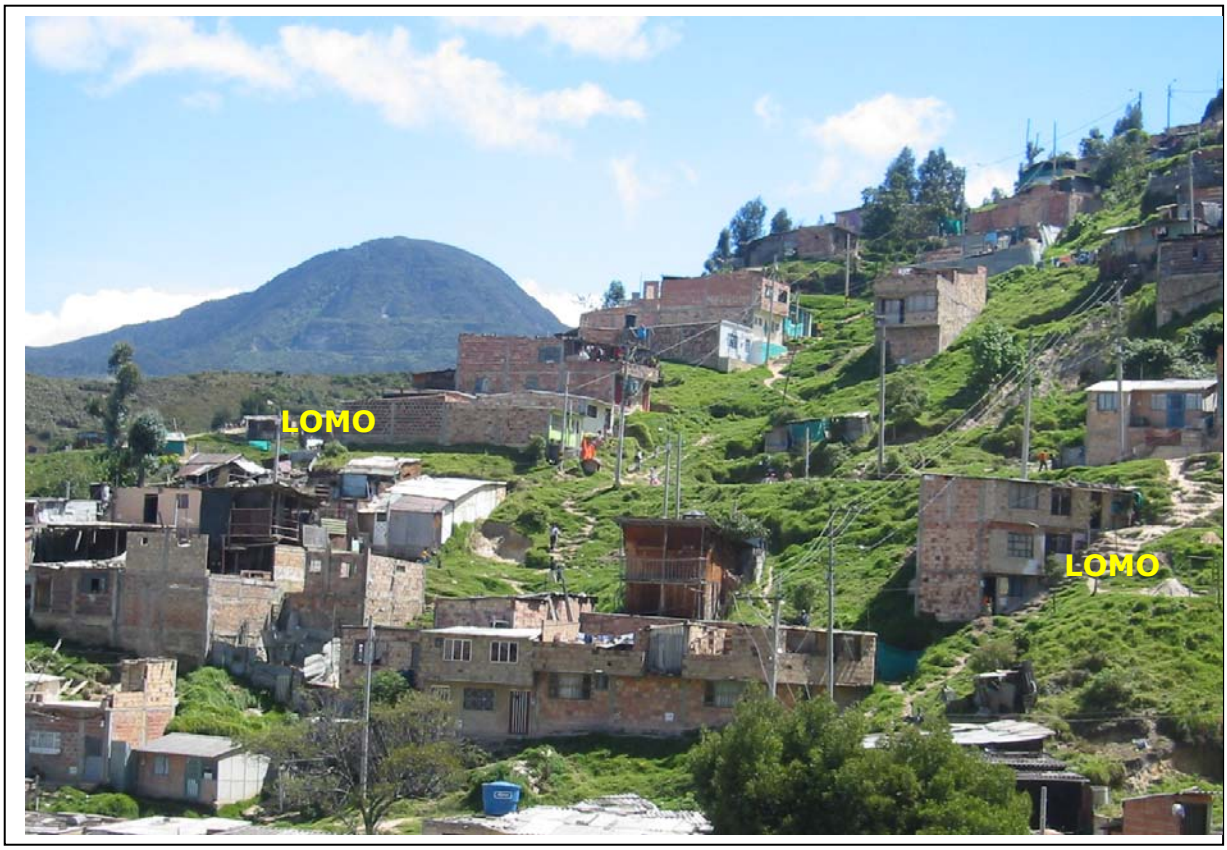
De lo anterior, deducimos que el subsuelo presenta un posible flujo de agua servida, que transcurre en dirección de la pendiente entre relleno antrópico y suelo residual. El aporte de agua es permanente.

3.6. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

El talud, objeto del presente estudio se ubica dentro de un Valle erosional, cuya dirección coincide con el rumbo de la estratificación, generado al parecer por la erosión de un estrato de arenisca friable, y controlado por el nivel de arcillolita, según se deduce de la exploración realizada. Dicho valle fue rellenado con materiales sin consolidar, provenientes de excavaciones realizadas para las viviendas y vías de acceso. En la fotografía 6 se puede apreciar la geoforma mencionada.

La pendiente longitudinal de esta geoforma es de 53% (24º). Por ser una geoforma cóncava, atrae el flujo de aguas de escorrentía a su interior y favorece la saturación parcial de los rellenos allí ubicados. La pendiente alta favorece la formación de diversos procesos gravitacionales, como en caso que nos ocupa lo es un deslizamiento.

Fotografía 6. Valle erosional-depositacional en medio de dos lomos



4. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

4.1. OBJETIVO

El objetivo del análisis geotécnico es evaluar el estado de inestabilidad que se presenta en el terreno. Para cumplir con tal objetivo es necesario analizar las propiedades geotécnicas de los materiales involucrados y las condiciones naturales que enmarcan la inestabilidad.

4.2. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

Las propiedades físico-mecánicas de los materiales involucrados se determinaron mediante ensayos realizados tanto in-situ como en laboratorio, éstos últimos en muestras recuperadas de los apiques y sondeos.

4.2.1. Pruebas in-situ

Durante los trabajos de exploración se realizaron pruebas in-situ para evaluar la calidad de los terrenos a medida que los trabajos avanzaban, en la siguiente forma:

- **Ensayos de penetración estándar**

Se realizaron en los sondeos manuales y mecánicos a medida que se profundizaba. Los resultados se presentan en los registros del Anexo 3. Los ensayos se realizaron en material de suelo, hasta cuando se encontraba el nivel de roca blanda. Mediante estas pruebas se detectaron los niveles de roca y se logró conocer la dureza de los depósitos suprayacentes.

Tabla 11. Resultados de penetración estándar

Sondeo	Profundidad, m	Nivel	N, golpe/pie
S-1	0.5	Qr	8
	1.5	Qr	25
	2.5	Qr	45

Sondeo	Profundidad, m	Nivel	N, golpe/pie
	3.5	Qe	66
S-2	0.5	Qr	9
	1.5	Qr	17
	2.5	Qr	18
	3.5	Qe	16
	4.5	Qe	21
	5.5	Qe	69
S-3	0.5	Qr	4
	1.5	Qr	4
	2.5	Qr	18
	3.5	Qr	16
	4.5	Qe	42
	5.5	Qe	66
S-4	0.5	Qr	4
	1.5	Qr	13
	2.0	Qe	68
S-5	0.5	Qr	7
	1.5	Qe	34
	2.5	Qe	66
S-6	0.5	Qr	2
	1.0	Qr	12
	1.5	Qe	33
	2.5	Qe	57
	4.0	Qe	68
S-7	0.5	Qr	8
	1.5	Qe	57
	2.5	Qe	72
S-8	0.5	Qr	15
	1.5	Qr	9
	2.5	Qr	3
	3.5	Qr	12
	4.5	Qe	43

Sondeo	Profundidad, m	Nivel	N, golpe/pie
	5.5	Qe	55
	6.5	Qe	67
S-9	0.5	Qr	4
	1.5	Qr	6
	2.5	Qr	7
	3.5	Qe	32
S-10	0.5	Qr	5
	1.5	Qr	10
	2.0	Qr	10
	2.5	Qr	7
	3.5	Qe	41
PM-1	0.5	Qr	28
	1.5	Qe	58
	3.0	Qe	60
PM-2	0.5	Qr	9
	1.5	Qr	12
	2.5	Qe	29

Nota: Qr: Relleno; Qe: Eluvio

Agrupando estos resultados se obtiene:

- Rellenos (Qr): Espesor máximo encontrado de 4.0 m. N = 4-25 golpes/pie. Con un Promedio de 11 golpes/pie.

- Eluvio: N = 16 – 60 golpes por pie con promedio de 39 golpes/pie.

- Nivel de roca: encontrado entre 2.0 y 6.5 m con promedio de 3.7 m

- Observamos que en los sondeos, los valores de penetración a las diferentes profundidades es:

0 - 0.5 m: Varía entre 2 y 28 golpes con promedio de 9 golpes/pie.
1 – 1.5 m: Varía entre 4 y 58 golpes con promedio de 23 golpes/pie.
2 – 2.5 m: Varía entre 3 y roca con promedio de 18 golpes/pie en suelo.
3 – 3.5 m: Varía entre 12 golpes/pie y roca.

Los resultados indican que a medida que se profundiza en el perfil la dureza del material aumenta, denotando que el perfil de meteorización se cumple y mostrando que en superficie el material está más débil. Esto descarta la posibilidad de superficies de falla en el suelo residual (eluvio) porque el material es más resistente.

En cuanto a la composición del material, se nota que el eluvio en general es limoso y arcilloso, con intercalaciones de arena. El relleno es muy heterogéneo, incluyendo materiales de basura doméstica.

- **Ensayos de peso específico**

Las pruebas de peso específico in-situ se realizaron en el fondo de los apiques, en suelo residual y relleno. En el Apique 1 el peso unitario fue de 20.67 kN/m^3, en el Apique 2 de 23.6 kN/m^3, en el Apique 3 de 19.47 kN/m^3 y en el apique 4, en relleno, el valor fue de 20.56 kN/m^3, con un promedio de 21.1 kN/m^3.

4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el fin de conocer las características físico-mecánicas de los materiales involucrados, se procedió a ensayar en laboratorio los especimenes recuperados de los apiques y sondeos. Se buscó realizar ensayos en todos los materiales encontrados pero se hizo especial énfasis en los materiales predominantes, pertenecientes a los rellenos.

La determinación de los parámetros de corte "c" y "φ" se realizó en ensayo de corte directo, con muestra no remoldeada, inundada y sin consolidar. Esto indica que la muestra estaba saturada y los datos obtenidos corresponden a esfuerzos totales. Puesto que las condiciones de trabajo de los suelos en taludes son en situación no drenada y no consolidada, los ensayos realizados se ajustan bien a la naturaleza del terreno y por lo tanto, los parámetros obtenidos son los que más se aproximan a la realidad.

Los ensayos de relleno se realizaron en materiales arcillosos que conformaban el depósito, con algo de dureza para poderse ensayar. No se ensayaron arenas sueltas.

En la Tabla 11 se presenta el resumen de los resultados obtenidos y en el Anexo 3 se pueden consultar los formatos de laboratorio. En las Tabla 12, se agrupan los resultados por profundidad.

4.3.1. Análisis de resultados

Como se puede observar en la Tablas 11 y 12, Los materiales ensayados corresponden a limos y arcillas arenosas de baja plasticidad, representativos de la estratigrafía del lugar. El peso unitario en todas las unidades estratigráficas es similar con variaciones que van de 17.8 a 21.7 kN/m^3, con un promedio de 20.6 kN/m^3.

Tabla 12. Resumen ensayos de laboratorio

Exploración	Muestra	Prof. (m)	Unidad Estratigráfica	Material	Peso Unit. (kN/m^3)	w %	G_s	LL %	LP %	I_p %	c (kPa)	φ (°)
AP-1	1	1.5	Qe	Arena limosa	20.63	11.4	2.72	15.7	10.3	5.4	18.0	23
AP-2	1	2.0	Qe	Arena arcillosa	21.02	15.10		23.2	15.0	8.2		
AP-3	1	1.2	Qe	Arena arcillosa	17.82	14.1		33.5	15.9	17.6		
AP-4	1	2.4	Qr	Arcilla limosa	23.50	18.6	2.69	24.5	18.9	5.6	29.0	35
PM-1	4	6.0	Roca	Arcillolita	20.97	11.6		33.4	13.9	19.5	72.0	31
S-2	4	3.0	Qr	Arcilla	19.56	27.2	2.69	37.0	18.5	18.5	25.0	35
S-2	5	3.5	Qe	Arcilla		12.6						
S-3	4	3.5	Qr	Limo	20.52	26.3		34.4	28.5	5.9	14.0	27
S-3	5	4.0	Qe	Limo arcilloso	19.97	24.7		50.3	29.5	20.8		
S-8	4	3.5	Qr	Arcilla		20.4	2.66	29.0	10.7	10.7	12.0	40
S-8	5	4.5	Qe	Arena arcillosa	21.45	12.9		21.2	15.2	6.0	4.0	21
S-10	2	1.5	Qr	Arena arcillosa	21.69	10.4		22.8	14.8	8.0		
S-10	3	2.5	Qr	Arena arcillosa		15.7		24.4	15.6	8.8		

Tabla 13. Propiedades de los materiales dependiendo de la profundidad

Sond.	Unidad Estrat.	Prof. m	Peso Unit. (kN/m^3)	w %	G_s	LL %	LP %	I_p %	I_L	c kPa	φ (°)	N golpe/pie
Ap-1	Qe	1.0-1.5	20.63	11.4	2.72	15.7	10.3	5.4	0.2	18.0	23	
Ap-3	Qe	1.0-1.5	17.82	14.1		33.5	15.9	17.6	-0.1			
S-10	Qr	1.0-1.5	21.69	10.4		22.8	14.8	8.0	-0.5			10
Ap-2	Qe	2.0-2.5	21.02	15.1		23.2	15.0	8.2	0.0			
Ap-4	Qr	2.0-2.5	23.5	18.6	2.69	24.5	18.9	5.6	-0.1	29.0	35	
S-10	Qr	2.0-2.5		15.7		24.4	15.6	8.8	0.0			8
S-2	Qr	3.0-3.5	19.58	27.2	2.69	37.0	18.5	18.5	0.5	25.0	35	18
S-2	Qe	3.0-3.5		12.6	2.73	27.5	15.6	11.9	-0.3			16
S-3	Qr	3.0-3.5	20.52	26.3		34.4	28.5	5.9	-0.4	14.0	27	16
S-8	Qr	3.0-3.5		20.4	2.66	29.0	18.3	10.7	0.2	12.0	40	12
S-3	Qe	4.0-4.5	19.97	24.7		50.3	29.5	20.8	-0.2			42
S-8	Qe	4.0-4.5	21.45	12.9		21.2	15.2	6.0	-0.4	4.0	21	43
PM-1	Arcillolita	6.0	20.97	11.6		33.4	13.9	19.5	-0.1	72.0	31	Rechazo

En cuanto a las humedades, se observa que son similares en toda la profundidad, con un promedio de 17%.

La gravedad específica "Gs" tiene muy pocas variaciones, entre 2.66 y 2.73, con un promedio de 2.70.

Los Límites de Atterberg tienen variaciones significativas, confirmando con esto que los materiales tienen diversas plasticidades. Los índices de liquidez muestran arcillas duras a muy duras.

Los ensayos de corte directo muestran parámetros que oscilan entre 4 y 29 kPa para la cohesión, mientras el ángulo de fricción interna varía entre 21 y 40º. El par de parámetros más crítico es de 12 kPa para la cohesión y 40º para el ángulo de fricción interno; mientras los valores medios son de 17 kPa para el primero y 30º para el segundo. Los resultados informan sobre una buena resistencia de esos materiales al corte.

Si se tienen en cuenta las pruebas de penetración estándar "SPT", se nota que en la parte más superficial los materiales tienen una menor magnitud de golpes/pie (4 a 10), mientras a medida que se profundiza el material es más resistente a la penetración, hasta alcanzar valores de más de 60 golpes/pie.

En lo que tiene que ver con aporte de agua al talud, este es significativo porque las mangueras de los acueductos tienen fugas y las aguas residuales las descargan sobre el talud o en pozo séptico.

De acuerdo con lo anterior, el principal problema del talud es el aporte permanente de agua.

Analizando las profundidades que presentaron rechazo en el ensayo SPT, se puede deducir que los niveles de roca se encuentran en profundidades que van de 2.5 m a 4.5 m. A juzgar por los valores de penetración estándar, los espesores de material más débil tienen magnitudes que pueden alcanzar hasta 4 m.

4.3.2. Análisis Retrospectivo

Con el fin de tener idea sobre los probables grados de estabilidad del talud, se corrieron los programas PCSTABL5 en las secciones más críticas, que presentan algún signo de inestabilidad, con cargas estáticas y terreno saturado (ver Anexo 4). Se utilizaron inicialmente los 4 pares de parámetros de corte hallados en laboratorio, correspondientes al relleno, toda vez que es el relleno el material que está causando los problemas. El suelo residual es más estable y no se aprecia

posibilidad de que por ese estrato pueda ocurrir una falla. La falla ocurrió por el contacto entre suelo residual y relleno.

Con esos parámetros se realizaron los cálculos de estabilidad de la Sección S2 (ver Plano 2), tal como puede preciarse en el Anexo 4, considerando el talud saturado. Se utilizo la topografía levantada en 2003 por la Unión Temporal Consultores en Riesgos, antes de ocurrir el deslizamiento.

Los resultados indicaron que los pares de parámetros de corte más desfavorables fueron: a) c = 14.0 MPa, φ = 27º Con F.S = 0.90 y b) c = 12.0 MPa, φ = 40º, con F.S= 0.70.

4.3.3. Determinación de propiedades

Como consecuencia de lo anterior, se definieron las propiedades de los materiales de relleno para los siguientes cálculos, así:

- Peso unitario: 20.6 kN/m3. Promedio de todos los datos (Sat.)
- Cohesión: 14 kPa.
- Ángulo de fricción interna: 27º.

También se utilizaron los parámetros:

- Cohesión 12 kPa
- Ángulo de fricción interna 40º

Se utilizaron los dos pares de parámetros de corte para hacer los cálculos en los que se involucra el relleno.

En los casos en que se involucra eluvio (Q_e), las propiedades de los materiales se toman con los parámetros correspondientes a ese material, hallados en laboratorio, así:

- Peso unitario: 20.6 kN/m^3 (Sat.)
- Cohesión: 18 kPa
- Angulo de fricción interna: 23º.

Teniendo en cuenta las relaciones de fase, para una saturación del 50%, el peso unitario disminuye a 18.6 kN/m^3.

4.3.4. Análisis de estabilidad actual

Con los parámetros determinados se hicieron los cálculos de las secciones restantes, en las actuales condiciones, considerando cargas estáticas, tal como puede verse en las hojas del Anexo 4. En las secciones se tuvieron en cuenta las múltiples opciones de falla con talud saturado, obteniéndose los resultados siguientes para las cifras menores:

Sección	F.S
S2	1.10
A1	1.00
S1	1.80
A2	1.20

Las secciones S2, A1 y A2 tienen grado de estabilidad precaria. En estas secciones, el terreno potencialmente inestable es el que se encuentra en la Carrera 5B E, pero además en la Sección A2, también tiene grado de estabilidad precaria la Calle 49G S

De acuerdo con estos resultados, es necesario implementar medidas de estabilización para que las vías no resulten afectadas en corto plazo.

En otras partes del territorio los taludes tienen estabilidad suficiente, aún con suelos saturados.

5. ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN

Los cálculos de estabilidad muestran que la parte más débil del área estudiada es la Carrera 5B E, la cual da salida a las viviendas que se encuentran en la parte alta del barrio. Esta es una vía vehicular. Por tal motivo las medidas de estabilización deben ir encaminadas a evitar que dicha vía se desestabilice. También se necesita proporcionar estabilidad a la Calle 49G S en el sitio donde se tomó la Sección A2. En las demás secciones esta calle es estable.

Para la solución del problema de la Carrera 5B E se plantean las siguientes alternativas.

5.1. ALTERNATIVA 1

Para estabilizar la Carrera 5B E surge como primera idea la construcción de un muro de contención de aproximadamente 3 a 6 m de altura, cimentado en roca. El muro, por su altura, debe ser de concreto reforzado, construido en una longitud aproximada de 15 m, con una altura media de 5 m

5.1.1. Presupuesto

Tabla 14. Presupuesto Alternativa 1

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario $	Total $
1	Concreto de 21 MPa	m^3	47	500,000	23,500,000
2	Acero de refuerzo	kg	1,080	6,000	6,480,000
3	Excavación en roca	m^3	37	70,000	2,590,000
4	Excavación en suelo	m^3	270	35,000	9,450,000
5	Relleno compactado	m^3	250	50,000	12,500,000
	Sub-total Imprevistos, 10% Interventoría, 8%				54,520,000 5,452,000 4,797,760
				TOTAL	**64,769,760**

Nota: Los precios unitarios incluyen AIU del contratista.

5.2. ALTERNATIVA 2

Consiste esta alternativa en construir una cama de gaviones para la vía en todo su ancho, cimentados en suelo residual. En este caso, la vía con un ancho de 5m quedaría cimentada en gaviones en la longitud de 15 m establecida para reforzamiento. En promedio, la altura de los gaviones sería de 3.0 m.

5.2.1. Presupuesto

Tabla 15. Presupuesto Alternativa 2.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario $	Total $
1	Gaviones	m^3	230	95,000	21,850,000
2	Excavación en suelo	m^3	300	35,000	10,500,000
3	Relleno compactado	m^3	38	50,000	1,900,000
	Sub-total Imprevistos, 10% Interventoría, 8%				34,250,000 3,425,000 3,014,000
				TOTAL	**40,689,000**

Nota: Los precios unitarios incluyen AIU del contratista.

5.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

De las alternativas planteadas se puede observar que la más económica es la segunda. En las dos alternativas es necesario hacer excavaciones de tal magnitud que la vía queda interrumpida mientras se hace la obra.

La alternativa del muro de concreto tropieza con el inconveniente de que la cimentación debe ser en roca y puede haber lugares donde el nivel de roca se encuentre profundizado, requiriéndose en este caso obras adicionales de recalce.

La alternativa de los gaviones resulta la más conveniente porque es la más económica, tiene pocas incertidumbres, no requiere terreno de cimentación rocoso, es flexible, es muy permeable, dejando que el agua subsuperficial fluya con facilidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se elije para diseño la alternativa de gaviones.

6. DISEÑO DE OBRAS

6.1. OBRAS

Las obras a diseñar para estabilizar el talud son:

- Cama de gaviones para la vía
- Cuneta de drenaje
- Conformación del talud
- Entrega de aguas.
- Vegetalización

6.1.1. Cama de gaviones

Consiste esta obra en la construcción de un colchón de gaviones para sostener la Carrera 5B E, de tal manera que la carga de la vía se transmita completamente al suelo residual, que es un estrato competente; y, probablemente en algunos lugares llega hasta la roca. En esta forma, se elimina el material inestable donde se encuentra la vía y queda controlada la posibilidad de retrogresión de la corona del deslizamiento. Para el efecto es necesario extraer el material de relleno manualmente hasta llegar a los niveles de suelo residual o roca.

Una vez establecida la seguridad de la vía, se puede retirar todo el material de relleno que hay en sus proximidades, colgado en el talud inferior. Este material es necesario evacuarlo del lugar, llevándolo a los botaderos.

Teniendo en cuenta el carácter altamente permeable de los gaviones, la estructura actúa como un filtro, bajando el nivel freático del talud superior, con el consiguiente mejoramiento de la estabilidad. Además, los gaviones se constituyen en una contención para el talud superior.

Además, por su flexibilidad, los gaviones se acomodan fácilmente al terreno. Sobre los gaviones se proyecta una capa de afirmado de 0.5 m de espesor, para darle a la superficie vial continuidad y proteger las mallas del deterioro por el paso de los vehículos.

Aprovechando la construcción de los gaviones, todos los materiales de relleno que queden colgados en el talud inferior, en la zona de los gaviones, se retiran.

Con el fin de que la excavación que se haga para los gaviones no vaya a inestabilizar el talud superior, es necesario que los trabajos se adelanten en tramos que no superen tres (3) m a lo largo de la vía. En cada uno de los tramos debe hacerse la excavación e inmediatamente construirse los gaviones.

Puesto que la idea es cimentar los gaviones en suelo residual o roca y el perfil es muy inclinado, se necesita escalonarlos, de tal manera que el terreno de cimentación no se profundice demasiado en terreno rocoso porque no se necesita.

Con esta solución desaparecen los terrenos inestables de la Carrera 5B E.

6.1.2. Cuneta de drenaje

Con el fin de recoger las aguas de escorrentía que llegan de la parte alta de los taludes, se proyecta la construcción de una cuneta por la margen oriental de la Carrera 5B E.

Por debajo de la parte final de la cuneta, en los últimos 10 m, se construirá un filtro, el cual tiene como objetivo bajar el nivel freático de esa zona para que los niveles de estabilidad queden en valores aceptables. Los cálculos demuestran que al bajar en 1.5 m el nivel freático, el F.S mejora, situándose en una cifra de 1.9 con cargas estáticas, tal como puede verse en la hoja de cálculo del Anexo 4.

Con esta medida de construcción del filtro se soluciona el problema de estabilidad de la Calle 49G S.

6.1.3. Conformación del talud

Realizados los trabajos de construcción de los gaviones y removido el material de relleno colgado, se debe proceder a conformar el talud de tala manera que se eliminen los escarpes y se empareje la pendiente, con el material existente. No se puede colocar allí el material excavado ni traer de otros lugares. Este debe ser un trabajo manual.

6.1.4. Entrega de aguas

Las aguas provenientes de la cuneta y el filtro serán conducidas a una caja y luego, mediante un tubo de 10” de diámetro, de PVC serán conducidas al pozo de alcantarillado que hay en la parte baja.

6.1.5. Vegetalización

Luego de realizada la reconformación del talud, es necesario cubrirlo con cespedón. El cual puede ser obtenido del descapote del área o transportado.

6.2. PRESUPUESTO

El presupuesto de las obras se presenta en la Tabla 15, establecido por contabilización de cantidades de obra en los planos. Los precios unitarios se calcularon considerando todos los insumos que los componen y que pueden verse en el Anexo 5, actualizados para el primer semestre de 2007.

Tabla 16. Presupuesto de obra

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario $	Total $
1	Localización y replanteo	m^2	1,115.00	5,004	5,579,460
2	Gaviones	m^3	205.00	94,625	19,398,125
3	Excavación manual	m^3	518.00	35,775	18,531,450
4	Relleno compactado	m^3	36.00	46,846	1,686,456
5	Cuneta revestida	ml	66.00	48,242	3,183,972
6	Filtro	ml	11.50	160,792	1,849,108
7	Tubería PVC D=10”	ml	15.00	110,041	1,650,615
8	Caja hidráulica	U	1.00	807,625	807,625
9	Empradización	m^2	672.00	9,830	6,605,760
10	Geotextil no tejido	m^2	134.00	5,553	744,102
				Sub-total	60,036,673
				Interventoría 8%	4,802,934
				TOTAL	**64,839,607**

NOTA: Los precios incluyen AIU del contratista

6.3. PROCESO CONSTRUCTIVO

La construcción de las obras se empieza por la excavación y colocación de los gaviones. Para esto, es necesario iniciar en la parte más alta, allí donde los

rellenos están lateralmente en contacto con la roca. Las excavaciones se deben hacer en tramos a lo largo de la carretera no superiores a tres (3) metros, para evitar desestabilización del talud superior.

Las excavaciones deben profundizarse hasta el nivel de suelo residual, buscando que los gaviones queden sobre material firme (no sobre relleno), tal como se aprecia en los planos. Las excavaciones serán escalonadas de tal manera que cada gavión descanse con una ligera pendiente en el terreno de cimentación.

La cimentación de cada gavión debe mejorarse mediante compactación con pisón o rana. Una vez esté listo el terreno, se debe proceder a armar los gaviones.

Simultáneamente con la excavación para gaviones o después de construidos éstos, se procede e excavar y extraer el material de relleno que quede colgado en el talud inferior de los gaviones. El material excavado debe retirarse del lugar, llevándolo al botadero. También es necesario conformar el talud, emparejándolo de tal manera que no queden protuberancias en la superficie, ni depresiones donde pueda depositarse agua. El trabajo de conformación del talud se hace con el mismo material que se quite de las protuberancias. No se debe utilizar material de excavaciones de otros sitios.

Luego de construidos los gaviones se debe continuar con la colocación del relleno sobre éstos y conformación de la calzada, compactándolo adecuadamente.

Después se procede a construir la cuneta y todas las obras de manejo de aguas diseñadas.

Por último o cuando el talud esté listo, es necesario empradizarlo.

6.4. PLAZO DE CONSTRUCCIÓN

Las labores de construcción pueden realizarse tal como se indican en el cronograma de la tabla 16. Como puede apreciarse, las obras diseñadas es posible construirlas en un plazo de dos (2) meses.

Tabla 17. Cronograma de construcción

Actividad	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Preparativos								
Excavación para gaviones								
Construcción gaviones								
Conformación talud								
Protección del talud								
Construcción cuneta y filtro								
Construcción de caja y tubería								

7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

7.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO

7.1.1. Descripción

Consiste en el trabajo que el Contratista debe realizar para definir la ubicación y el replanteo exacto de coordenadas y cotas de las obras en el terreno asignado para tal efecto, indicadas en los planos u ordenadas por la Interventoría.

7.1.2. Equipos

Para la ejecución de los trabajos se requiere la utilización de equipos de topografía, consistentes en estación geográfica o transito, nivel de precisión y demás elementos complementarios, debidamente aprobados por la Interventoría.

7.1.3. Procedimiento

Antes de realizar el replanteo, el Contratista deberá analizar los planos y verificar que todo el conjunto concuerde con el terreno donde se ejecutarán las diferentes obras.

Los trabajos de replanteo se apoyarán en una poligonal de control, debidamente amarrada a las placas del IGAC o mojones de referencia que se encuentren en proximidades al área. La poligonal se materializará en el terreno con puntos visibles y seguros.

Las diferentes obras que se construirán deben estar ligadas a la poligonal tanto en coordenadas como en cotas.

7.1.4. medida y pago

Los trabajos correspondientes a la localización y replanteo se medirán en metros cuadrados (m^2) de área horizontal cubierta por las obras realizadas. El pago incluye equipo, materiales, transportes, mano de obra, AIU y todos los demás gastos en que incurra el Contratista para realizar los trabajos a entera satisfacción del Interventor.

7.1.5. Ítem de pago

1 - Localización y Replanteo (m^2)

7.2. EXCAVACIÓN MANUAL

7.2.1. Descripción

Esta especificación se refiere a las excavaciones necesarias para remover material en forma manual, todo de acuerdo con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicadas en los planos o establecidas por la Interventoría. Esta especificación incluye las excavaciones requeridas en la superficie del talud y las que se necesitan para zanjas, muros, u otras obras que se indiquen en los planos o sean ordenadas por la Interventoría.

7.2.2. Clasificación

Por excavación manual se entiende el arranque, cargue y transporte de los materiales del talud, incluyendo capa vegetal, arcillas y rellenos de constitución heterogénea. Dentro de este trabajo también se incluye la remoción de árboles, arbustos y demás material vegetal.

7.2.3. Construcción

- **Generalidades**

El Contratista deberá realizar sus operaciones de arriba hacia abajo, de manera continua y ordenada de acuerdo con el plan de trabajo aprobado por el Interventor, utilizando herramientas manuales.

No podrá iniciarse excavación alguna, mientras no se hayan completado los trabajos básicos de medida y se hayan colocado las correspondientes estacas de control, de acuerdo con la Interventoría.

- **Equipos**

El Contratista sólo podrá utilizar herramientas manuales para el arranque del material y cargue a los medios de transporte que llevarán los escombros a los

botaderos aprobados por la Interventoría. No se admite el uso de equipos mecánicos movidos por combustible o energía eléctrica.

- **Drenajes**

El Contratista deberá tomar a su propia costa, todas las medidas indispensables para mantener drenadas las excavaciones y demás áreas de trabajo. Se instalarán drenes o zanjas temporales, para interceptar el agua que pudiera afectar la ejecución del trabajo y se utilizarán los equipos necesarios para realizar un control efectivo de la misma.

Las excavaciones deberán realizarse con el mayor cuidado en la vecindad de estructuras u obras existentes y deberán utilizarse los medios necesarios para asegurar la estabilidad y conservación de las obras existentes, no objeto de remoción en los trabajos.

- **Ejecución de los cortes**

El corte de los materiales se deberá ejecutar de conformidad con las secciones transversales del proyecto o las explícitamente ordenadas por la Interventoría.

Excavaciones por fuera de las cotas proyectadas, se ejecutarán solamente previa orden escrita, instrucciones y dimensiones suministradas por la Interventoría.

- **Sobreexcavación**

Se considerará como sobreexcavación, el retiro o ablandamiento de materiales, por fuera de los alineamientos o cotas indicados en los planos o aprobados especialmente por la Interventoría. Las sobre-excavaciones no se pagarán y el Contratista estará obligado a ejecutar a su propia costa los rellenos o reparaciones necesarios por esta causa, si la Interventoría lo solicita.

- **Disposición de sobrantes**

El Contratista deberá colocar los materiales sobrantes, producto de las excavaciones en las áreas de botadero previamente aprobadas por la Interventoría. Los cespedones que puedan ser utilizados en la vegetalización del talud deberán almacenarse temporalmente en los sitios que previamente apruebe la Interventoría.

- **Medidas de seguridad**

El Contratista, por la realización de los trabajos, es el responsable sobre la seguridad de sus trabajadores y habitantes del lugar. Por tal motivo, los trabajos

deben ejecutarse poniendo en práctica todas las medidas de seguridad pertinentes para evitar accidentes.

7.2.4. Medida y pago

Las excavaciones se medirán por los metros cúbicos (m^3), con aproximación al decimal de metro cúbico completo, del material excavado, en su posición original, de acuerdo con los planos y aprobación de la Interventoría. La cubicación se hará con base en las áreas de corte de las secciones transversales del proyecto, verificadas por la Interventoría antes y después de ejecutarse satisfactoriamente los trabajos.

El pago se realizará al respectivo precio unitario del contrato para el ítem 2, el cual incluirá la remuneración completa por la ejecución de los trabajos, incluyendo la disposición de los sobrantes y el transporte o acarreo.

Incluirá asimismo, el costo de equipos y herramientas, mano de obra, acodalamientos, manejo de aguas, medidas de seguridad, AIU y demás gastos necesarios para completar esta parte del trabajo en un todo de acuerdo con los planos, las especificaciones y las ordenes, con aprobación de la Interventoría.

7.2.5. Ítem de pago

3 - Excavación manual (m^3)

7.3. RELLENO COMPACTADO

7.3.1. Descripción

Este trabajo consiste en la preparación de la superficie de apoyo del relleno y la colocación y compactación de materiales, de acuerdo con los planos, secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Interventor.

7.3.2. Materiales

Los materiales por emplear en la construcción de rellenos debe ser recebo común, que contenga no más del 25% de partículas finas que pasen el tamiz 200 y tamaño máximo de 3”. El material seleccionado debe estar libre de materia orgánica y en general cualquier componente objetado por la Interventoría.

7.3.3. Equipo

Para la ejecución de los trabajos de compactación deberán emplearse los equipos que garanticen valores de densidad suficientes. Entre éstos se encuentran pisones manuales o mecánicos de tamaño apropiado.

7.3.4. Ejecución de los trabajos

- **Generalidades**

Los trabajos de construcción de rellenos deberán efectuarse según procedimientos puestos a consideración del Interventor y aprobados por éste. Su avance físico deberá ajustarse al programa de trabajo.

- **Preparación de la superficie de apoyo**

Antes de proceder a la colocación y compactación de los materiales del relleno, se deberán realizar, el desmonte, la limpieza y la excavación de la capa vegetal y material inadecuado.

- **Cuerpo del relleno**

El Interventor sólo autorizará la colocación de materiales de relleno cuando la superficie de apoyo esté adecuadamente preparada.

El material de relleno se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie terminada, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material.

7.3.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

✓ Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.

✓ Comprobar que el material cumple con la granulometría y está suficientemente compactado.

✓ Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.

- ✓ Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.

- **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

El Interventor exigirá que:

Las superficies terminadas no acusen irregularidades a la vista.

La cota de terminación del relleno, conformado y compactado, no varíe en más de cincuenta milímetros (50mm) respecto a la cota proyectada.

La compactación del relleno se considerará satisfactoria después de que el medio de compactación actúe sobre cada capa el número de veces necesarias para su densificación, superior a un 90% del Proctor Modificado, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

7.3.6. Medida

La unidad de medida para los rellenos será el metro cúbico (m3) de material colocado y compactado, aceptado por el Interventor, en su posición final, aproximado al decimal de metro cúbico completo.

Los volúmenes de relleno serán medidos con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos. Dichas áreas estarán limitadas por las siguientes líneas de pago:

Las líneas del terreno (terreno natural o descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes); y

Las líneas del proyecto (línea superior y taludes proyectados).

No habrá medida de relleno por fuera de las líneas del proyecto o de las establecidas por el Interventor.

7.3.7. Forma de pago

El trabajo de rellenos se pagará al precio unitario del contrato para el Ítem 3, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación

y aceptada por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir los costos inherentes a los trabajos de preparación de la superficie de apoyo del relleno, el transporte, la colocación, conformación y compactación de los materiales utilizados en su construcción, mano de obra, equipo, materiales y en general, todo costo relacionado con su correcta construcción, de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor. El precio Unitario también incluye el AIU.

7.3.8. Ítem de pago

4 - Relleno compactado (m^3)

7.4. Filtro

7.4.1. Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de filtros para subdrenaje, con tubo ranurado, geotextil y material filtrante, en los sitios señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

7.4.2. Materiales

- **Geotextil**

Se utilizarán geotextiles compuestos por filamentos de polímeros sintéticos, no tejidos, dispuestos de manera uniforme y estable. Deberán tener capacidad para dejar pasar el agua, pero no partículas de suelo (NT 2000 o similar).

- **Material filtrante**

Debe ser natural, provenir de depósitos aluviales o la trituración de piedra o roca, y estará constituido por fragmentos duros y resistentes, con tamaños entre ¾" y 4".

- **Tubo de PVC**

Como conducto de fondo se utilizará un tubo de PVC de baja presión, especial para alcantarillado (Novafort o similar), ranurado en la parte superior, de 6" de diámetro. Las ranuras deben ser de un ancho de 2 a 4mm, separadas entre 1" y 2", abarcando la parte superior del diámetro.

Las uniones entre los tubos se deben realizar con los elementos y sistema definidos por el fabricante.

- **Arena**

Con el fin de darle al tubo las condiciones necesarias para que trabaje normalmente sin punzonamientos, es necesario colocarlo en una cama de arena, tal como se indica en los planos.

Todos los materiales que sean utilizados en el filtro deben ser previamente aprobados por la Interventoría.

7.4.3. Ejecución de los trabajos

- **Generalidades**

El Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de apertura de la zanja y de construcción del filtro.

Será de responsabilidad del Constructor la seguridad dentro del área de los trabajos tanto de los trabajadores como de los transeúntes. Como parte de esa responsabilidad, el Constructor debe colocar elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las veinticuatro (24) horas del día. El diseño de la señalización requerirá la aprobación del Interventor.

- **Preparación del terreno**

La construcción del filtro sólo será autorizada por el Interventor, cuando la excavación haya sido terminada de acuerdo con las dimensiones, pendientes y rasantes indicadas en los planos del proyecto u ordenadas por el Interventor. El Contratista es responsable de la estabilidad de las zanjas y por lo tanto, los trabajos deben realizarse de tal manera que estas no sufran desprendimientos o taponamientos.

- **Colocación del geotextil**

El geotextil se deberá colocar cubriendo totalmente el perímetro de la zanja, acomodándolo lo más ajustado posible a la parte inferior y a las paredes laterales de ésta. Las franjas sucesivas de geotextil se traslaparán longitudinalmente cuarenta y cinco centímetros (0.45 m). No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor de dos (2) semanas.

- **Colocación del material filtrante**

El material filtrante, se colocará dentro de la zanja en capas con el espesor autorizado por el Interventor y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación.

Antes de colocar el material filtrante debe instalarse en el fondo de la zanja el tubo ranurado de PVC indicado en los planos.

7.4.4. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles**

✓ Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

✓ Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Constructor.

✓ Verificar que las excavaciones tengan las dimensiones y pendientes señaladas en los planos u ordenadas por él, antes de autorizar la construcción del filtro.

✓ Vigilar la regularidad en el abastecimiento del material filtrante, durante el período de ejecución de las obras.

✓ Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la elaboración y colocación de los agregados y la colocación del geotextil.

✓ Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.

✓ Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a su satisfacción.

- **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

Calidad de los agregados: Durante la etapa de construcción, el Interventor examinará las existencias de los acopios y ordenará el retiro de los agregados débiles y que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal y materia orgánica.

Calidad del geotextil: Cada despacho de geotextil deberá venir acompañado de una certificación del fabricante que garantice que el producto satisface las exigencias de calidad indicadas en los documentos del proyecto y esta

especificación. El Interventor, con la frecuencia que considere necesaria, efectuará las pruebas especificadas y rechazará el geotextil si incumple una o más de las exigencias. Por ningún motivo se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

Calidad del producto terminado: El Interventor aceptará todo drenaje-filtro construido en zanjas cuyas dimensiones, alineamientos y pendientes se ajusten a los requerimientos del proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución se ajusten a lo prescrito en esta especificación.

7.4.5. Medida y pago

Las unidades de medida del filtro serán:

El metro lineal (ml) de filtro construido, en un todo de acuerdo con los planos o las instrucciones del Interventor.

El metro cúbico (m^3) de excavación realizada.

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con los planos u órdenes, ésta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario del filtro deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro de materiales, equipo, mano de obra, medidas de seguridad, así como también la obtención de permisos y derechos para explotación de los materiales; su almacenamiento, clasificación, cargues, transportes, descargues, desperdicios y colocación en las zanjas. Los precios unitarios deben incluir el AIU.

7.4.6. Ítems de pago

3 -	Excavación manual	(m^3)
6 -	Filtro	(ml)

7.5. CUNETAS REVESTIDAS

7.5.1. Descripción

Este trabajo consiste en la excavación, acondicionamiento y revestimiento con concreto de las cunetas o zanjas del proyecto, de acuerdo con la localización, formas y dimensiones señaladas en los planos o determinadas por el Interventor.

7.5.2. Materiales

- **Concreto**

El revestimiento consistirá en concreto, de tal manera que se conforme una superficie con la mínima rugosidad posible. El concreto debe ser de 21 MPa (3.000 psi) de resistencia mínima a la compresión a la edad de 28 días, que cumpla con la Norma ICONTEC 2000 y demás normas ICONTEC que le son inherentes, particularmente las relacionadas con cemento, agregados y hormigón.

- **Asfalto**

Para prevenir posteriores agrietamientos, cada 1.5 m de longitud debe dejarse una junta, la cual es necesario que se rellene posteriormente con una mezcla de asfalto con arena, la cual debe penetrar en toda la junta, en el espesor de la placa de concreto.

- **Refuerzo**

Consiste en una malla electrosoldada con varillas de 420 MPa de límite de fluencia, de tipo Q-4 de Concremalla o similar.

7.5.3. Ejecución de los trabajos

- **Excavación y acondicionamiento de las cunetas en tierra**

El Constructor deberá excavar y acondicionar las zanjas en tierra, de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos o establecidas por el Interventor.

Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad deben incluir la excavación, cargue, transporte y disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables.

- **Construcción de las cunetas**

Previo el retiro de cualquier materia extraña o suelta que se encuentre sobre la superficie de la excavación en tierra, se procederá a colocar el revestimiento comenzando por el extremo inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma.

El Constructor deberá conformar cuidadosamente las superficies para que la cuneta quede con la verdadera forma y dimensiones indicadas en los planos.

7.5.4. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles**

El Interventor exigirá que las excavaciones en tierra queden correctamente acondicionadas, en material firme, antes de efectuar su revestido.

Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

En relación con la calidad del concreto, se aplicarán los lineamentos establecidos en las Normas Técnicas del ICONTEC.

En cuanto a la calidad del producto terminado, el Interventor sólo aceptará las cunetas cuya forma corresponda a la indicada en los planos y cuyas dimensiones no sean inferiores a las señaladas en los planos o autorizadas por él.

Tampoco aceptarán trabajos terminados con variaciones apreciables en la sección de las cunetas, que impidan el normal escurrimiento de las aguas superficiales. Las deficiencias, que a juicio del Interventor deban ser corregidas, correrán por cuenta del Constructor.

7.5.5. Medida y pago

La unidad de medida será el metro lineal (ml), aproximado al décimo de metro, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por el Interventor.

El Interventor no autorizará el pago de trabajos efectuados por fuera de los límites especificados, ni el de zanjas cuyas dimensiones sean inferiores a las de diseño.

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario debe considerarse como la total compensación por las excavaciones, carga, transporte y descarga en los depósitos previstos por el Contratista de los materiales producto de dicha excavación, por la provisión, transporte y descarga de todos los materiales que requiera la ejecución de las obras, por la mano de obra necesaria para su ejecución, así como también por la provisión y mantenimiento del equipo, herramientas, maquinarias y cualquier otra operación y/o material necesario para llevar a cabo los trabajos de acuerdo con la presente especificación. El precio también incluye el revestimiento de

concreto y la mezcla de asfalto con arena que se coloque en las juntas, lo mismo que el AIU.

7.5.6. Ítem de pago

5 – Cuneta revestida (ml)
3 – Excavación manual (m^3)

7.6. OBRAS DE DESAGÜE

7.6.1. Descripción

Son obras de desagüe aquellas que se requieren para entregar el agua procedente de los drenajes al alcantarillado urbano. En el Proyecto están constituidas por una caja hidráulica y una tubería con sus accesorios.

7.6.2. Materiales

- **Concreto**

El concreto se utilizará en la base y tapa de la caja, lo mismo que en los atraques que el Interventor ordene construir con la tubería. El concreto debe ser de 21 MPa (3.000 psi) de resistencia mínima a la compresión a la edad de 28 días, que cumpla con la Norma ICONTEC 2000 y demás normas ICONTEC que le son inherentes, particularmente las relacionadas con cemento, agregados y hormigón.

- **Ladrillo**

El ladrillo que se utilice debe ser tolete común, de arcilla recocida, con las dimensiones que se consiguen en el mercado local. Los ladrillos deben pegarse con mortero.

- **Tubo de PVC**

El tubo debe ser de PVC, de 10” de diámetro o el que ordene el Interventor, especial para alcantarillado (Novafort o similar). Los aditamentos deben ser del mismo material y tanto éstos como los tubos deben unirse en la forma como lo recomiende el fabricante.

- **Arena**

Para tender correctamente el tubo es necesario antes prepararle una cama de arena para que no vaya a tener punzonamientos.

- **Equipo**

La instalación de la tubería, lo mismo que las demás operaciones deben hacerse manualmente.

7.6.3. Ejecución de los trabajos

En el punto final de la cuneta es necesario construir la caja hidráulica diseñada y junto con esto se debe excavar la zanja e instalar la tubería de PVC enterrada, que conducirá las aguas de la caja al pozo de alcantarillado.

Para empalmar con el pozo de alcantarillado urbano es necesario demoler la parte del pozo para insertar la tubería y luego de esto resanar con mortero y ladrillo, si se requiere.

La tubería debe quedar enterrada no menos de 1.0 m y tapada con el mismo material de excavación, debidamente compactado.

7.6.4. Medida y pago

La medida de las obras se efectuará en la siguiente forma:

En metros lineales (ml) de tubería de PVC instalada, con aproximación a una décima, en un todo de acuerdo con los planos, esta o las instrucciones del Interventor.

En unidades (U) por cada caja construida

En metros cúbicos (m^3) de excavación para las zanjas y cajas, aproximados a un decimal.

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

Los precios unitarios deben considerarse como la total compensación por las excavaciones, cargue, transporte y descarga en los depósitos previstos por el Contratista de los materiales producto de la excavación, por la provisión, transporte y descarga de todos los materiales que requiera la ejecución de las

obras, por la mano de obra necesaria para su ejecución, así como también por la provisión y mantenimiento del equipo, herramientas, maquinarias y cualquier otra operación y/o material necesario para llevar a cabo los trabajos de acuerdo con la presente especificación. El precio también incluye el AIU.

7.6.5. Ítems de pago

3 – Excavación manual	(m^3)
7 – Tubería PVC D=10"	(ml)
8 – Caja hidráulica	(U)

7.7. EMPRADIZACIÓN

7.7.1. Descripción

Corresponde este trabajo a la protección que debe dársele a las superficies excavadas mediante cespedones de pasto.

7.7.2. Materiales

- **Bloques de césped**

Los bloques de césped de kikuyo o similar, para la empradización, serán de forma aproximadamente rectangular y dimensiones regulares, provenientes del descapote del talud o un prado aceptado por el Interventor, localizado fuera del proyecto.

Los bloques deberán tener las raíces del pasto sanas y adheridas a la capa de tierra orgánica.

En los sitios que se requiera, se colocará una capa de tierra orgánica, proveniente de las excavaciones del proyecto.

- **Agua**

Para el riego periódico del césped y árboles se empleará agua que en el sitio de los trabajos se considere aceptable para esta actividad.

- **Fertilizantes e insecticidas**

Deberán emplearse los fertilizantes e insecticidas adecuados en caso de que sea necesario.

7.7.3. Equipo

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que la vegetalización de taludes tenga la calidad exigida, y se garantice el cumplimiento del programa de ejecución e los trabajos

7.7.4. Ejecución de los trabajos

- **Preparación de la superficie existente**

El Interventor sólo autorizará la empradización si la superficie por empradizar presenta la uniformidad requerida para garantizar el éxito del trabajo.

Si la superficie presenta irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en las especificaciones respectivas, el Constructor hará las correcciones previas, a satisfacción del Interventor.

- **Trasplante de césped**

Sobre la superficie preparada se aplicará abono del tipo y en la cantidad que se requiera y, a continuación, se extenderán los bloques de césped haciéndolos casar en la mejor forma posible, evitando traslapos y vacíos y buscando que los extremos del área empradizada empalmen armónicamente con el terreno natural adyacente.

En las uniones de los bloques, se colocará tierra orgánica. Una vez plantada la superficie, se deberá regar de manera abundante.

- **Conservación**

El área vegetalizada se deberá regar diariamente hasta su recibo definitivo por parte del Interventor.

Durante dicho lapso, el Constructor deberá aplicar los riegos, fertilizantes, insecticidas y cualquier otro material necesario y deberá adoptar las medidas pertinentes para la protección del trabajo.

7.7.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

✓ Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Constructor para la ejecución de los trabajos.

✓ Verificar que el trabajo se ejecute de acuerdo con los planos y las exigencias de la presente especificación.

✓ Vigilar que el Constructor efectúe un mantenimiento adecuado del área vegetalizada hasta su recibo definitivo.

✓ Medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

- **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

En el momento del recibo definitivo, el área empradizada no podrá presentar irregularidades o desperfectos y las especies vegetales deberán estar adecuadamente prendidas, a entera satisfacción del Interventor.

7.7.6. Medida y pago

La unidad de medida de la empradización de taludes será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de área cubierta, de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto, a plena satisfacción del Interventor. La medida se hará sobre la superficie inclinada.

No se incluirán en la medida áreas empradizadas por fuera de los límites autorizados por el Interventor.

El pago de la vegetalización se hará por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor, incluidos todos los componentes del precio unitario.

7.7.7. Ítem de pago

16 – Empradización (m^2)

7.8. GAVIONES

7.8.1. Descripción

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo, almacenamiento e instalación de canastas metálicas, lo mismo que el suministro, transporte y colocación de material de relleno dentro de las canastas, de acuerdo con los alineamientos, formas y dimensiones en los sitios indicados en los planos del proyecto o determinados por el Interventor.

7.8.2. Materiales

- **Canastas metálicas**

Las canastas metálicas estarán formadas de alambre de hierro galvanizado de triple torsión, con huecos hexagonales de abertura no mayor de diez centímetros (10cm). El alambre deberá ajustarse a la norma ASTM A-116 o a la ASTM A-856.

Se utilizará alambre galvanizado de diámetro superior a dos milímetros (2mm), excepto en las aristas y los bordes del gavión que estarán formados por alambres galvanizados cuyo diámetro será, como mínimo, un veinticinco por ciento (25 %) mayor que el del enrejado.

La forma y dimensiones de las canastas serán las señaladas en los planos u ordenadas por el Interventor.

- **Material de relleno**

Podrá consistir de canto rodado, piedra media zonga, material de cantera, teniendo cuidado de no utilizar materiales que se desintegren por la exposición al agua o a la intemperie, que contengan óxido de hierro, con excesiva alcalinidad con compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre de la canasta.

El material de relleno deberá cumplir, además, los siguientes requisitos:

Granulometría: El tamaño mínimo de las piedras deberá ser, por lo menos, treinta milímetros (30mm) mayor que las aberturas de la malla de la canasta. El tamaño máximo no debe exceder 12”

Resistencia a la abrasión: El desgaste del material al ser sometido a ensayo en la máquina de Los Ángeles, según la norma INV E-219, deberá ser inferior a cincuenta por ciento (50%).

Absorción: Su capacidad de absorción de agua será inferior al dos por ciento (2%) en peso, cumpliendo con la norma de ensayo INV E-223.

- **Geotextil no tejido**

Tras los gaviones se colocará una capa de geotextil no tejido de tipo NT 2000 de Pavco o similar.

7.8.3. Equipo

Se requieren, principalmente, equipos para la explotación, procesamiento y transporte del material de relleno; para el transporte de las canastas de alambre; para la eventual adecuación de la superficie sobre la cual se construirán los gaviones, así como herramientas manuales.

7.8.4. Ejecución de los trabajos

- **Conformación de la superficie de apoyo**

La superficie de apoyo se conformará adecuando el terreno mediante eliminación de pertuberancias y compactación con pisón. En caso de que alguna parte de la superficie este constituida por relleno, es necesario retirarlo y reemplazarlo por recebo compactado con pizón.

- **Colocación de las canastas**

Cada canasta deberá ser armada en el sitio de la obra, de acuerdo con el detalle de los planos del proyecto. Su forma prismática se establecerá con ayuda de formaletas metálicas o de madera u otro medio aceptado por el Interventor.

- **Relleno**

El material de relleno de colocará dentro de la canasta manualmente, de manera que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro de ella y las más grandes junto a la malla. Se procurará durante la colocación, que el material quede con la menor cantidad posible de vacíos. Si durante el llenado las canastas pierden su forma, se deberá retirar el material colocado, reparar y reforzar las canastas y volver a colocar el relleno.

- **Costura y anclaje**

Cuando la canasta esté llena, deberá ser cosida y anclada a las canastas adyacentes, con alambre igual al utilizado en la elaboración de éstas.

7.8.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

✓ Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.

✓ Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación;

✓ Vigilar la regularidad en la producción de los materiales de relleno.

✓ Verificar que el alineamiento, pendientes y dimensiones de la obra se ajusten a su diseño.

✓ Medir las cantidades de obra ejecutadas a su satisfacción.

- **Condiciones Específicas para el Recibo y Tolerancias**

El Interventor aprobará los trabajos si la malla y el material de relleno satisfacen las exigencias de los planos y de esta especificación; y si la estructura construida se ajusta a los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los documentos del proyecto o modificados por él.

En caso de deficiencias de los materiales o de la ejecución de la obra, el Constructor deberá acometer, a su costa, las correcciones necesarias de acuerdo con las instrucciones del Interventor, a plena satisfacción de éste.

7.8.6. Medida y pago

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de gaviones fabricados y colocados a satisfacción del Interventor.

El volumen se determinará sumando los metros cúbicos de las canastas correctamente colocadas de acuerdo con los planos y las instrucciones del Interventor.

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de equipos, herramientas y mano de obra; suministro e instalación de las canastas, excavaciones, explotación de las fuentes de materiales para rellenos; el cargue, transporte y descargue de las piedras; el llenado, amarre y anclaje de los gaviones, el AIU y en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario incluirá, también, los costos por concepto del suministro e instalación de formaletas, abrazaderas, alambre, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el gavión en su sitio.

7.8.7. Ítem de pago

2 – Gaviones (m^3)
10 – Geotextil no tejido (m^2)

CONCLUSIONES

Luego de realizado el estudio, se puede concluir lo siguiente:

- Los terrenos estudiados fueron objeto de un deslizamiento que obligó a reubicar algunas viviendas que había en el lugar, dejando una corona e irregularidades del terreno. El terreno sigue con evidencias de inestabilidad.

- La inestabilidad que se presenta en el sitio pone en inminente riesgo la Carrera 5B E porque la corona del deslizamiento que ocurrió tiene efectos retrogresivos y está estrechando la vía paulatinamente. También esta en riesgo una parte de la Calle 49G S, por saturación de los terrenos.

- Los materiales involucrados en el proceso son rellenos antrópicos, los cuales fueron depositados en un antiguo valle de erosión. El problema se acentúa porque en ese sector no existe alcantarillado ni redes de agua potable, observándose en su lugar una red de mangueras en mal estado, las cuales dejan escapar agua permanentemente a los terrenos.

RECOMENDACIONES

- Los riesgos que se presentan en el lugar pueden ser mitigables mediante la construcción de obras de estabilización, las cuales fueron diseñadas como producto de los estudios realizados.

- Los diseños realizados para asegurar la apertura de la vía beneficiarán a todos los habitantes que la utilizan actualmente. Se estima que la Carrera 5B E da acceso a unas 10 casas y la Calle 49G S a unas 30 viviendas, incluidas las 10 mencionadas. Puesto que en cada casa viven en promedio 6 personas, las obras beneficiarán aproximadamente a 180 habitantes del barrio. El área estudiada es de 1.0 Ha.

- Teniendo en cuenta las deficiencias de los servicios de agua y alcantarillado del barrio, se recomienda no permitir la construcción de viviendas en los lotes vacíos, localizados en el talud superior de la Carrera 5B E, entre las casas F 04 y F 05 (ver Plano No.1). Si se construyen esos lotes, se tendrá una fuente adicional de agua residual que contribuirá a saturar ese talud y producir luego su inestabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE MEDIO AMBIENTE. Modelo hidrogeológico para los acuíferos de Bogotá. Colombia.: DAMA, Hidrogeocol Ltda., 2000.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. Concepto técnico No. 4132. Colombia.: DPAE, 2005.

_____ Diagnóstico técnico No. DI – 2669. Emergencia por deslizamiento rotacional. Colombia.: DPAE, 2006.

_____ Diagnostico técnico No. DI – 2801. Colombia.: DPAE, 2007.

_____ Estudio de zonificación de amenaza por remoción en masa en los barrios San Ignacio y San Martín de la Localidad de Usme en la Ciudad de Bogotá, D.C. Colombia.: DPAE, Unión Temporal Consultores en Riesgos, 2003.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUÍMICA. Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá. Colombia.: INGEOMINAS, 1997. 130 p.

UNIDAD PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C. Colombia.: UPES, Ingeocim Ltda., 1998.