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

SITIO CRÍTICO No.1: BARRIO SOCORRO III SECTOR LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

VOLUMEN 1 - INFORME FINAL

Mayo 22 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

SITIO CRÍTICO No.1: BARRIO SOCORRO, III SECTOR, LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

VOLUMEN 1 - INFORME FINAL

Mayo 22 de 2007

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

TITULO: ELABORACIÓN DE DISEÑO 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.
Barrio Socorro, III Sector, 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, y se proponen las posibles alternativas de corrección complementada con el diseño de las obras de prevención y/o control propuestas, cantidades, presupuesto y especificaciones técnicas de su construcción.

PALABRAS CLAVE: Barrio Socorro III Sector, Deslizamientos, Diseño, Ensayos, Exploración, Localidad Rafael Uribe Uribe, Riesgo, 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	106	3

NOTAS/OBSERVACIONES:
El informe consta de:

- Volumen 1 – Informe Final.
- Volumen 2 – Anexos.

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

CLASE DE DOCUMENTO:	CÓDIGO:	FECHA:
Informe Final	GEO - 01	22/05/2007

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.1	Todos	16/02/2007		
Rev.2	Diseño	12/03/2007		
Rev.3	Todos	29/05/2007		
Rev.4	Validación Documento	06/08/2007		

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. PERIODO DEL ESTUDIO....20
1.5. ÁREA DE INFLUENCIA....21
1.6. ANTECEDENTES....21
1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA....22
2. TOPOGRAFÍA....24
2.1. CARTOGRAFÍA BASE....24
2.1.1. Localización cartográfica del área....24
2.1.2. Puntos topográficos....24
2.2. EQUIPO....24
2.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO....25
2.3.1. Etapas del levantamiento topográfico....25
3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA....27
3.1. OBJETIVO....27
3.2. ALCANCES....27
3.3. METODOLOGÍA....27
3.4. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO REGIONAL....29
3.4.1. Litoestratigrafía regional....29
3.4.2. Geología estructural regional....30
3.4.3. Hidrogeológica regional....31
3.4.4. Geomorfología regional....31
3.5. GEOLOGÍA LOCAL....32
3.5.1. Toma de datos estructurales....32
3.5.2. Levantamiento de columnas estratigráficas....34
3.5.3. Descripción de las perforaciones mecánicas....37

3.5.4. Descripción de barrenos manuales 39
3.5.5. Descripción de los apiques 40
3.5.6. Descripción de las trincheras 41
3.5.7. Elaboración del modelo geológico 42
3.5.8. Unidades litológicas del área de estudio 42
3.5.9. Hidrogeología local 44
3.6. GEOMORFOLOGÍA LOCAL 45
3.6.1. Procesos geodinámicos 47
4. ANÁLISIS GEOTÉCNICO 51
4.1. OBJETIVO 51
4.2. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS 51
4.2.1. Experimentación 51
4.2.2. Análisis de resultados 54
4.2.3. Análisis Retrospectivo 57
4.2.4. Determinación de propiedades 59
4.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ACTUAL 59
5. ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN 61
5.1. ALTERNATIVA 1 61
5.2. ALTERNATIVA 2 63
5.3. ALTERNATIVA 3 65
5.4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 67
6. DISEÑO DE OBRAS 69
6.1. OBRAS 69
6.2. EXCAVACIÓN DEL TALUD 69
6.3. MURO DE CORONA 70
6.4. DRENAJE-FILTRO 72
6.5. MURO DE PATA 73
6.6. ENTREGA DE AGUAS 73
6.7. VEGETALIZACIÓN 73
6.8. PRESUPUESTO 73
6.9. PROCESO CONSTRUCTIVO 74
6.10. PLAZO DE CONSTRUCCIÓN 75
6.11. ANOTACIONES 76
7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 77
7.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO 77

7.1.1. Descripción 77
7.1.2. Equipos 77
7.1.3. Procedimiento 77
7.1.4. Medida y pago 77
7.1.5. Ítem de pago.....78
7.2. EXCAVACIÓN MANUAL.....78
7.2.1. Descripción 78
7.2.2. Clasificación 78
7.2.3. Construcción 78
7.2.4. Medida y pago 79
7.2.5. Ítem de pago.....80
7.3. RELLENO DE MATERIAL SELECCIONADO.....80
7.3.1. Descripción 80
7.3.2. Materiales 80
7.3.3. Equipo 80
7.3.4. Ejecución de los trabajos 80
7.3.5. Condiciones para el recibo de los trabajos 81
7.3.6. Medida 81
7.3.7. Forma de pago 82
7.3.8. Ítem de pago.....82
7.4. DRENAJE-FILTRO 82
7.4.1. Descripción 82
7.4.2. Materiales 82
7.4.3. Ejecución de los trabajos 83
7.4.4. Condiciones para el recibo de los trabajos 84
7.4.5. Medida y pago 85
7.4.6. Ítems de pago 85
7.5. PILOTES PREEXCAVADOS 86
7.5.1. Descripción 86
7.5.2. Materiales 86
7.5.3. Ejecución de los trabajos 86
7.5.4. Condiciones para el recibo de los trabajos 88
7.5.5. Medida y pago 89
7.5.6. Ítems de pago 89
7.6. MUROS DE CONCRETO 89

7.6.1. Descripción 89
7.6.2. Materiales 89
7.6.3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS 90
7.6.4. Condiciones para el recibo de los trabajos 92
7.6.5. Medida y pago 92
7.6.6. Ítems de pago 93
7.7. DEMOLICIONES 93
7.7.1. Descripción 93
7.7.2. Ejecución de los trabajos 93
7.7.3. Manejo de residuos 94
7.7.4. Medida y pago 94
7.7.5. Ítems de pago 95
7.8. CUNETAS REVESTIDAS 95
7.8.1. Descripción 95
7.8.2. Materiales 95
7.8.3. Ejecución de los trabajos 95
7.8.4. Condiciones para el recibo de los trabajos 96
7.8.5. Medida y pago 96
7.8.6. Ítem de pago 97
7.9. OBRAS DE DESAGÜE 97
7.9.1. Descripción 97
7.9.2. Materiales 97
7.9.3. Equipo 98
7.9.4. Ejecución de los trabajos 98
7.9.5. Medida y pago 98
7.9.6. Ítems de pago 99
7.10. VEGETALIZACIÓN 99
7.10.1. Descripción 99
7.10.2. Materiales 99
7.10.3. Equipo 100
7.10.4. Ejecución de los trabajos 100
7.10.5. Condiciones para el recibo de los trabajos 101
7.10.6. Medida y pago 101
7.10.7. Ítem de pago 101
7.11. SENDERO PEATONAL 102

7.11.1. Descripción.....102
7.11.2. Materiales 102
7.11.3. Ejecución de los trabajos.....102
7.11.4. Medida y pago 103
7.11.5. Ítems de pago 103
8. CONCLUSIONES 104
9. RECOMENDACIONES.....105
BIBLIOGRAFÍA 106

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Cantidades de exploración....20
Tabla 2. Coordenadas de puntos materializados 25
Tabla 3. Resumen datos estructurales....33
Tabla 4. Resultados de sondeos manuales 1, 2, 3 y 4 40
Tabla 5. Resultados de sondeos manuales 5, 6, 7 y 8 40
Tabla 6. Resumen de apiques 1, 2 y 3. 41
Tabla 7. Resumen de apiques 4, 5 y 6. 41
Tabla 8. Características de unidades geomorfológicas. 46
Tabla 9. Relación de daños en las viviendas....48
Tabla 10. Daños en la vivienda ubicada en la DG 49D Sur No. 16F-20 Sur....49
Tabla 11. Resultados de Penetración Estándar 51
Tabla 12. Resumen Ensayos de Laboratorio 55
Tabla 13. Propiedades de unidades estratigráficas (Qr: Rellenos) 56
Tabla 14. Propiedades de unidades estratigráficas. (Qde: Deluvio) 56
Tabla 15. Propiedades de unidades estratigráficas. (Qe: Suelo Residual) 56
Tabla 16. Ajuste de los parámetros de corte. 58
Tabla 17. Determinación de parámetros de cálculo. 59
Tabla 18. Presupuesto Alternativa 1....63
Tabla 19. Presupuesto Alternativa 2....65
Tabla 20. Presupuesto Alternativa 3....66
Tabla 21. Presupuesto de obra....74
Tabla 22. Cronograma de construcción....76

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Ubicación del sitio a estudiar 17
Figura 2. Ubicación específica de la zona de estudio.....18
Figura 3. Mapa Geológico Regional 30
Figura 4. Diagrama de distribución de sistemas de diaclasas con respecto al talud en estudio. 35
Figura 5. Esquema de ubicación de los sitios de levantamiento de las columnas estratigráficas.....35
Figura 6. Columna Estratigráfica 1 36
Figura 7. Columna Estratigráfica 2 37

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

pág.

Fotografía 1. Evidencia de inestabilidad del terreno, visto desde la corona del talud.....23
Fotografía 2. Grieta aledaña a las viviendas ubicadas en la corona del talud.....23
Fotografía 3. Toma de datos estructurales en la cantera ubicada en la parte superior de la colina a unos 100 m del área de estudio. 33
Fotografía 4. Sondeo mecánico 1, Al fondo se observa afloramiento de la arenisca perteneciente a la Formación Regadera 38
Fotografía 5. Sondeo mecánico 2, en la corona del talud. 39

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 refieren 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.

Colúvio:

Son depósitos de pendiente. Se conforman como resultado de transporte bajo su propio peso de productos de meteorización y destrucción de rocas a distancias no tan grandes desde la fuente de su generación. Cuando los materiales, acumulados sobre las vertientes de montañas y pie de laderas, provienen de derrumbes y caídas de rocas, están compuestos de bloques y grava, depositados

Deluvio:

Son depósitos de origen continental, formados sobre las laderas y sus partes bajas, como producto del lavado por aguas lluvias y de escorrentía superficial de las rocas meteorizadas y alteradas (suelo residual), ubicadas en las partes más altas. El material deluvial generalmente forma mantos de poco espesor.

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 la superficie de falla.

Ladera acumulativa:

Parte de la vertiente donde se produce la acumulación de material (depósitos de pendiente), proveniente desde las partes más altas. Generalmente tiene inclinaciones inferiores a 45 grados.

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

Vulnerabilidad:

Es el nivel de exposición y predisposición de un elemento o conjunto de elementos a sufrir consecuencias negativas como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural o de origen antrópico no intencional de una magnitud dada.

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 desarrolló 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 Socorro III Sector, ubicado en la localidad de Rafael Uribe Uribe.

El estudio incluye análisis geológicos y geotécnicos de un área de 0.45Ha, el diseño detallado de las obras necesarias para estabilizar el talud, junto con los cálculos de cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas. El diseño realizado favorece directamente la estabilidad de 9 viviendas, habitadas por 13 familias y de un total de 76 personas y la vía peatonal de la Urbanización Francisco Vega.

1. GENERALIDADES

1.1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El talud a estudiar se encuentra ubicado en la Localidad Rafael Uribe Uribe, Barrio Socorro III Sector. Según nomenclatura urbana, está localizado en la transversal 16F Bis B con diagonal 49D sur. El acceso se hace por la Avenida Caracas y la Calle 48 sur por vías pavimentadas. En las figuras 1 y 2 se indica la ubicación de la zona de estudio.

Figura 1. Ubicación del sitio a estudiar

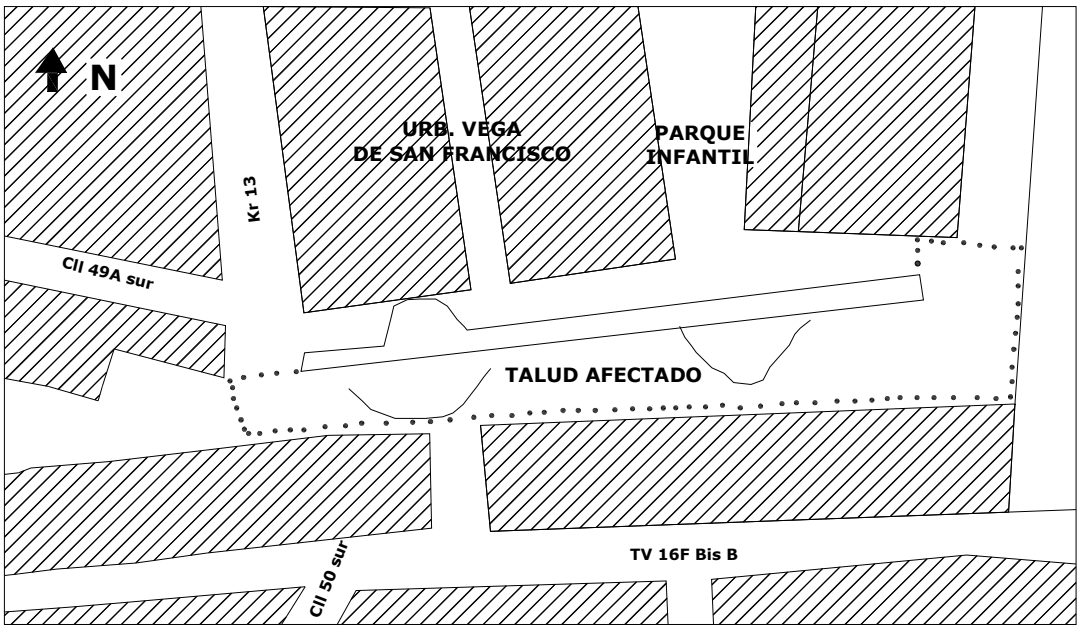


1.2. ALCANCES

El estudio se enmarcó en los siguientes alcances, los cuales fueron suficientes para entender el fenómeno, conformar modelos, pensar 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 fenómeno.

Figura 2. Ubicación específica de la zona de estudio.



- *Levantamiento topográfico detallado:* altimetría y planimetría a escala 1:250 amarrados a las placas IGAC, con curvas de nivel cada 0.25 m, plasmados en el plano topográfico.

- *Recopilación de información primaria:* levantamiento geológico, inventario y caracterización de los procesos morfodinámicos, inventario de 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 estabilizar la ladera 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.

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 EAAB.

- *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 II los correspondientes registros.

- *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 siguientes ensayos:

Tabla 1. Cantidades de exploración

TIPO DE EXPLORACIÓN	CANTIDAD	TOTAL (ml)
Perforación mecánica en suelo (Pm)	3	6.70
Perforación mecánica en roca (Pm)	3	13.60
Sondeo manual (Sm)	8	33.00
Apiques (Ap)	6	10.90
Trincheras (Tr)	2	8.30

- Humedad natural de suelos
- Límites de Atterberg en materiales finos de suelo. Clasificación.
- Peso unitario natural en suelos y rocas. Peso unitario seco.
- Peso especifico de sólidos
- Resistencia al corte de suelos
- Ensayo de expansión de las arcillolitas de la Formación Regadera.
- Compresión inconfinada en suelos
- Peso unitario in-situ
- 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 II.

1.4. PERIODO DEL ESTUDIO

Los estudios se iniciaron el día 22 de noviembre de 2006, con una visita al lugar, en la que participaron representantes de la DPAE, Interventoría y Consultoría. Los trabajos se concluyeron el 15 de enero de 2007, con la entrega a la Interventoría del Informe Final.

1.5. ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia indirecta es de 1.06 Ha, la cual está comprendida principalmente por viviendas y zonas de recreación y el área de influencia directa es de 0.45 Ha, que comprende el talud afectado por deslizamientos y las viviendas aledañas ubicadas en las partes superior e inferior del mismo.

1.6. ANTECEDENTES

El estudio de antecedentes sobre la problemática del sector se hizo sobre la información existente en los archivos de la DPAE, especialmente reportes de diagnostico técnico y el proyecto denominado "*Estudio de definición de factores de seguridad de taludes adecuados en la zona X de suspensión minera de la localidad Rafael Uribe Uribe*", desarrollado por el Departamento Administrativo del Medio Ambiente DAMA, en convenio con la Universidad Nacional de Colombia.

De los diferentes documentos se pudo extraer lo siguiente:

- *Diagnóstico Técnico No. DI-460 (4 de agosto de 1998):* "La zona de interés corresponde a antiguos chircales o zona de explotación de yacimientos de arcilla para ladrillos, los cuales fueron abandonados paulatinamente, dándoles posterior uso de urbanismo que se tiene actualmente".

  Más adelante el documento dice que "en la zona de estudio se encontró un problema regional, en el cual están involucrados el material que sirvió de base a todas las viviendas, el sistema constructivo de las casas y del edificio, principalmente de cimentación, y la influencia del agua que se infiltra en el suelo, proveniente de posibles fugas de las redes de acueducto y alcantarillado, así como las aguas de escorrentía."

- *Diagnóstico Técnico No. DI-684 (14 de julio de 1999):* "En la pata del talud, en donde se inicia la urbanización, se construyó un muro en gavión de 3.0 m de alto aproximadamente, el cual presenta en algunos tramos deformaciones. Se recomendó adelantar un estudio geotécnico para poder establecer los daños en las viviendas y en el muro de contención, para de esta manera proponer obras de mitigación que garanticen la estabilidad del sector".

- *Diagnostico Técnico No. DI-1564 (15 de agosto de 2002):* "Se reportó inicio de daños en las viviendas localizadas en la Transversal 16F Bis B con calle 49B Sur y desplazamiento del muro de gaviones construido para la urbanización. Se recomendó: la revisión de la red existente de alcantarillado sanitario, construir alcantarillado pluvial, pavimentar la vía para reducir las posibles fuentes de

aporte de aguas que se infiltran en el terreno y realizar estudios y diseños para determinar las medidas de estabilización del talud".

- *Diagnóstico Técnico No. DI-1646 (6 de diciembre de 2002):* "Se consideró la posibilidad de existencia de remoción en masa hacia el costado sur de la urbanización con base en las deformaciones observadas en el muro de gaviones. Se solicito por parte del urbanizador evaluar la posibilidad de reforzar o reemplazar el sistema de contención existente en gaviones ubicado en límites de la urbanización y el barrio Socorro III Sector."

- *Diagnóstico Técnico No. DI-2836 (11 de junio de 2006):* "Se registraron 2 fallas en un talud de pendiente media a alta, de aproximadamente 10m de altura, en una longitud de 50m, conformado por materiales de relleno dispuestos a media ladera, provenientes de las explanaciones realizadas para el emplazamiento de viviendas ubicadas en la parte alta del talud."

1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La información analizada y los reconocimientos del terreno permitieron deducir que la zona de interés corresponde a antiguos chircales y zonas de explotación de antiguos yacimientos de arcilla para la fabricación de ladrillos, los cuales fueron abandonados y posteriormente se les dio uso para urbanismo. En la pata del talud en donde se encuentra la Urbanización *Vega de San Francisco* se encontró un muro de gavión de 2.0 m de alto aproximadamente, el cual en algunos tramos presenta desplazamientos y en otros rotura, evidenciando un movimiento de la masa de suelo. Además, se presentan daños en las viviendas de la Transversal 16F Bis B con Diagonal 49D Sur, localizadas en la corona del talud.

Las unidades familiares del Barrio Socorro, III Sector, son hasta de tres pisos, construidas por sus propietarios y se ubican en la corona del talud. Las vías del sector se encuentran sin pavimentar y carecen de sistemas adecuados de drenaje.

La inclinación del talud es de 30° aproximadamente y la inestabilidad se ve reflejada por agrietamientos en viviendas y deslizamientos en la zona. Se visualizaron fallas en el talud, las cuales se evidencian por la presencia de escarpes y grietas en superficie que dejan ver materiales de relleno antrópico y depósitos de pendiente dispuestos en la ladera. En las fotografías 1 y 2 se observan las diversas manifestaciones de inestabilidad del terreno.

Las posibles causas de la inestabilidad del terreno son: la intervención antrópica, cortes y rellenos no apropiados para desarrollo de proyectos de vivienda, descarga de aguas residuales, posibles averías en el sistema de alcantarillado de aguas negras ubicados en la corona del talud y ausencia de sistemas de manejo de aguas lluvias, entre otras.

Fotografía 1. Evidencia de inestabilidad del terreno, visto desde la corona del talud



Fotografía 2. Grieta aledaña a las viviendas ubicadas en la corona del talud



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: 96650.000 m E: 94900.000 m en el extremo sur occidental
N: 96800.000 m E: 95000.000 m en el extremo nororiental

Con elevaciones entre 2590.0 y 2614.0 m.s.n.m., ocupa un área aproximada de 10.600 m^2. Los datos están referenciados a las coordenadas cartesianas con origen en el punto con coordenadas geográficas 4º 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 2550.00 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 54º 39' 17.191". (Ver Anexo I).

2.2. EQUIPO

El levantamiento se realizó con una Estación Total Nikon DTM-450 de precisión angular al segundo y con alcances de lectura con prisma sencillo de 2800 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 placas de bronce R1 Y R2 ubicadas cerca al área de estudio identificadas con las letras R1 y R2, localizadas, R1 en el sardinel frente a la casa número 16 G 11 de la Diagonal 49 D Sur y R2 en el sardinel opuesto al anterior en la misma diagonal frente al número 15 F 69, existe vista entre ellas, su ubicación se refleja en el plano y sus coordenadas se encuentran especificadas en la tabla 2.

Tabla 2. Coordenadas de puntos materializados

PUNTOS	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
CD757	96846.567	96540.562	2688.500
R1	96752.202	94881.378	2590.728
R2	96760.398	94828.712	2591.245

2.3.1. Etapas del levantamiento topográfico

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.

- *Colección de la información de campo:* Para la colección de datos de campo se optó por consignar la información tomada en el colector de datos DTS48 HP, mediante una interfase de datos serial RS-232 y el programa de computadora EP Collect Data V.14.13.

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 georreferenciaron 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 0.25 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. Para una mejor aplicación del programa se procesaron parcialmente en tres dimensiones los diferentes elementos topográficos levantados, lo cual dio como resultado la no generación de errores y una mayor precisión y calibración para los límites y contornos. Con base en lo anterior y para terminar la generación del mapa base, se realizó la integración e interpretación final de todo el conjunto.

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 permitía 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, tomas de muestras para ensayos de laboratorio.
- Descripción de fenómenos de inestabilidad presentes.
- Elaborar mapa y secciones geológicas, creando un modelo geológico para cálculos de estabilidad.

3.3. METODOLOGÍA

En primer término se hizo la caracterización regional analizando la información secundaria, la cual comprende:

a) Mapa Geológico, Mapa de Zonificación Geotécnica y Mapa de Microzonificación Sísmica, a escala 1:50.000, elaborados dentro del Convenio Interadministrativo 01-93 del Proyecto de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá.

b) Estudios Geológico y Geotécnico de la "Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santafé de Bogotá D.C.", mapa geológico a escala 1:10.000, elaborado por INGEOCIM LTDA para UPES.

c) Informe Final "Identificación y Evaluación de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa y Diseños Detallados para estabilizar el Antiguo Escarpe de Explotación – Barrio Luís López de Mesa", presentado a UPES por INDESA LTDA.

d) Modelo Hidrogeológico para los acuíferos de Bogotá, elaborado para DAMA por Hidrogeocol Ltda.

e) "Estudios de riesgos por remoción en masa y diseños detallados de las obras de control, protección y estabilización en el Barrio Triunfo Sur, localidad de Rafael Uribe Uribe, de la Ciudad de Bogota D.C." presentado a la DPAE por INGEMETRICA LTDA. (Agosto de 2002).

La geología general, presentada en los estudios anteriores, 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 5 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 Socorro lll Sector, 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 supra yacentes, tales como Bogotá y Usme, ambas de composición predominantemente arcillosa.

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

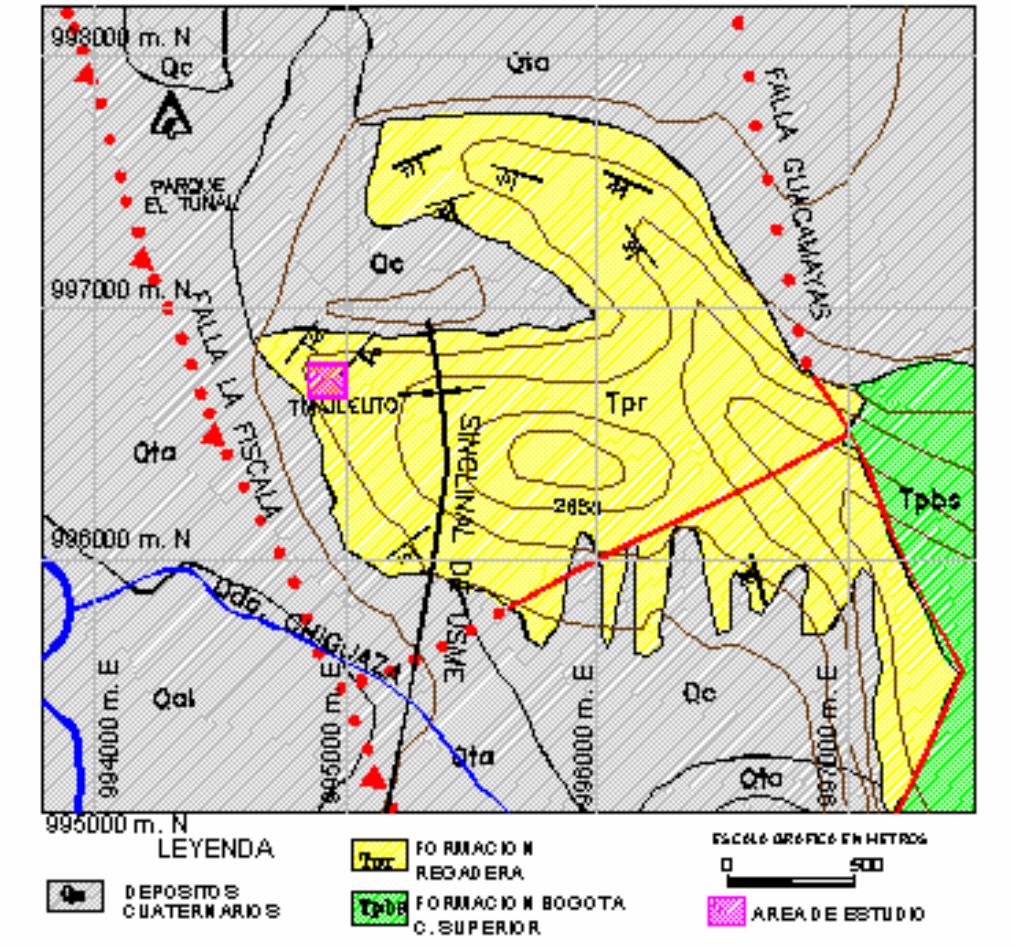
El conjunto inferior de la Formación (Tpri) se presenta en bancos de arenisca cuarzofeldespática, poco consolidada, color gris claro a blanco, de grano frecuentemente grueso, con algunas capas lenticulares de conglomerados finos y matriz arcillosa, con estratificación cruzada y espesores entre 0,5 y 15 metros. Las areniscas alternan con arcillolitas o lodolitas rosadas y rojizas con espesores que no sobrepasan los 30 cm 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 (Tprs) 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.

La Formación Regadera yace sobre la Formación Bogotá y este contacto es erosivo y en algunos sitios fallado. Con la Formación Usme el contacto es concordante.

Espacialmente, en algunos sitios sobre la Formación Regadera yacen en contacto discordante los depósitos no consolidados recientes, provenientes de sedimentos flúvio-lacustres (Formación Sabana, Qtb), rellenos de origen antrópico (Qra) y coluviones (Qc), producto de derrumbes y deslizamientos de depósitos de suelos residuales y rocas alteradas (ver figura 3).

Figura 3. Mapa Geológico Regional



Como se puede apreciar en la Figura 3, y según la información secundaria, el área de estudio se ubica dentro de las rocas del nivel superior de la Formación Regadera (Tpr). La anterior hipótesis fue comprobada en el terreno mediante levantamientos directos en el terreno.

3.4.2. Geología estructural regional

Como se puede apreciar en la Figura 3, la localidad de Rafael Uribe Uribe se encuentra ubicada en un bloque tectónico levantado, delimitado por fallas regionales, identificadas por INGEOMINAS: al sur-occidente Falla Guacamayas (margen derecha del río Tunjuelito) al nororiente Falla la Fiscala (coincide en su trazado con el canal de la Calle 31 Sur) de dirección aproximada N30°W, y al sur una Falla sin nombre de dirección N60°E (a la altura de la Carrera 10ª). Al nor-occidente no se han detectado fallas cercanas al área de estudio.

En el centro del bloque mencionado se encuentra una gran estructura - Sinclinal de Usme, que sigue el mismo rumbo de las fallas Guacamaya y La Fiscala. El área de estudio se ubica en el flanco occidental del sinclinal de Usme, donde el ángulo de buzamiento de la estratificación es de 10°SE aproximadamente (ver Figura 3), verificado con levantamientos directos en el terreno próximo al área de estudio.

Debido a que las rocas en el talud estudiado no se encuentran visibles, los conocimientos anteriores permitieron definir la orientación de los estratos de roca bajo el talud.

3.4.3. Hidrogeológica regional

En el modelo hidrogeológico para los Acuíferos de Bogotá, la Formación Regadera está unida a la Formación Bogotá Superior en una sola unidad hidrogeológica, definida como una capa semiconfinante Bogotá-Regadera, la cual se caracteriza como un acuitardo discontinuo de extensión regional, asociado a rocas arcillosas con algunas intercalaciones de areniscas.

Se le asigna unos valores de conductividad hidráulica equivalente de 0,08 m/día y un coeficiente de almacenamiento equivalente de $1x10^{-6}$ m^{-1}. Estos valores son estimados, pues no hay experimentación que lo compruebe.

Sin embargo, la unión de estas dos formaciones en una sola unidad hidrogeológica no parece ser correcta, pues como se ha mencionado en el numeral correspondiente a litoestratigrafía, el miembro inferior de la Formación Regadera se describe como predominantemente arenoso y conglomerático, de bajo nivel de consolidación y friable, lo que hace pensar que esta unidad puede resultar permeable. Además de lo anterior, se debe tener en cuenta el alto fracturamiento de las rocas que debe aumentar su permeabilidad significativamente.

El análisis de los niveles piezométricos, presentados en los mapas para los posibles acuíferos, indica que este puede ubicarse a unos diez (10) metros por debajo de la superficie. La dirección general del flujo de las aguas subterráneas se estima en unos 45º al NW.

3.4.4. Geomorfología regional

La zona se ubica en el área de colinas redondeadas de tipo estructural, pues corresponden a un bloque tectónico levantado (ver Figura 3). En esta geoforma principal se desarrollan otras formas de origen denudativo, que corresponden a los valles originados por corrientes de agua superficial, generalmente relacionadas con las zonas afectadas por fallas.

Actualmente ambas formas naturales de relieve se encuentran modificadas por la actividad antrópica, más concretamente por las canteras y actividad urbanística.

La tercera forma tiene origen acumulativo y corresponde a las terrazas antrópicas de depositación de materiales de excavación y basuras sobre las pendientes y dentro de los valles denudativos.

Las pendientes del terreno natural se pueden clasificar como moderadas y no sobrepasan los 45°. Sólo en las áreas de escarpes antrópicos llegan a ser mayores, incluso con taludes negativos.

En conclusión, el marco regional nos permitió establecer que el área de estudio se ubica en la vertiente occidental de una colina, generada por levantamiento tectónico del bloque estructural, ubicado entre las fallas Guacamayas y La Fiscala. Que dicho bloque se encuentra conformado en su parte superficial por las rocas de la Formación Regadera, afectada por el Sinclinal de Usme.

El área de estudio se ubica en el flanco occidental de dicho sinclinal, donde las rocas aflorantes tienden a tener una inclinación de 10º al SE. Se espera encontrar rocas de composición predominantemente arcillosa del nivel superior de la Formación Regadera, sin descartar los posibles niveles arenosos que pueden ser permeables.

Las anteriores conclusiones se corroboraron en los estudios detallados, que se relatan a continuación.

3.5. GEOLOGÍA LOCAL

Para el cumplimiento del objetivo planteado, la exploración geológica se realizó desarrollando las siguientes actividades:

3.5.1. Toma de datos estructurales

Esta labor de campo consistió en el levantamiento de los rasgos estructurales, tales como el rumbo y buzamiento de planos de estratificación, fallas, diaclasas y sus características de continuidad, espaciamiento, abertura, rugosidad, tipo y espesor de relleno (ver Anexo 2 - Fichas de Discontinuidades). El levantamiento se realizó sobre los taludes rocosos, ubicados en los sitios cercanos al área de estudio, producto de la explotación de unas antiguas canteras (ver fotografías 3 y 4).

El levantamiento de discontinuidades se llevó a cabo conjuntamente con las columnas estratigráficas. Los datos de las diaclasas se recolectaron en tres zonas, diferenciadas a simple vista por su estado, ubicación y orientación media del talud.

Fotografía 3. Toma de datos estructurales en la cantera ubicada en la parte superior de la colina a unos 100 m del área de estudio.



La primera zona está localizada en el costado sur del área de estudio junto al parque Socorro lll Sector (ver Fotografía 3), la segunda en el costado este, la tercera en el costado sur del área al final de la TV 16 F Bis con la Dg 48 D sur (ver Fotografía 4).

Los datos tomados en estas zonas se presentan en el Anexo 2 y su resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Resumen datos estructurales

SIST.	ORIENTACIÓN	CONTINUIDAD	ESPACIO	APERTURA	RELLENO	RUGOSIDAD
Estrato	N52-70ºE/11-21ºSE	Continuo	Estr. media	cerrado	sin	liso
S1	N20-40ºW/60-89ºNW	Discontinuas a continuas	Próximas (5-30cm)	cerrado	sin	rugosa
S2	N50-70ºE/60-80ºNW	Discontinuas a continuas	Medio (0.3-1.0m)	cerrado	sin	rugosa
S3	N70-90ºW/50-89ºNW	Discontinuas a poco continuas (<5m)	Próximas (5-30cm)	cerrado	sin	rugosa
S4	NS-N10ºE/50-80ºNW	Discontinuas a poco continuas (<5m)	Próximas a medio	cerrado	sin	rugosa

Como se puede apreciar en la Tabla 3, el rumbo de la estratificación en general varía de N52ºE a N70ºE y buzamiento de 11º a 21º al SE, con un promedio de 15º. Si tenemos en cuenta que la dirección del talud es N80º-87ºE y su inclinación es unos 30º al NW, la estratificación es favorable para la estabilidad del talud y no puede constituirse en superficie de falla.

En la misma tabla se puede ver que las discontinuidades pertenecientes a los sistemas 1 y 2 presentes en el bloque estructural estudiado en general son poco continuas, aunque algunas (20%) muestran continuidad. Las diaclasas de los sistemas 3 y 4 son discontinuas a poco continuas y cerradas.

Los sistemas de diaclasas y su posición respecto al talud se puede apreciar en la Figura 4, donde se puede ver que las diaclasas del sistema 3 son semiparalelas al talud y presentan la misma dirección, pero mayor ángulo de inclinación, lo cual descarta su posibilidad de servir como superficie de falla plana para los depósitos superficiales. A demás estas diaclasas son discontinuas y cerradas.

3.5.2. Levantamiento de columnas estratigráficas

Dentro del levantamiento geológico detallado se elaboraron dos columnas estratigráficas, ubicadas en los sitios cercanos al área de estudio, tal como se representa en la Figura 5 (Ver Fotografías 3 y 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, debido a que en el área de estudio la roca se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios y sólo es posible su visualización en las perforaciones mecánicas, donde es muy difícil apreciar la orientación.

Figura 4. Diagrama de distribución de sistemas de diaclasas con respecto al talud en estudio.

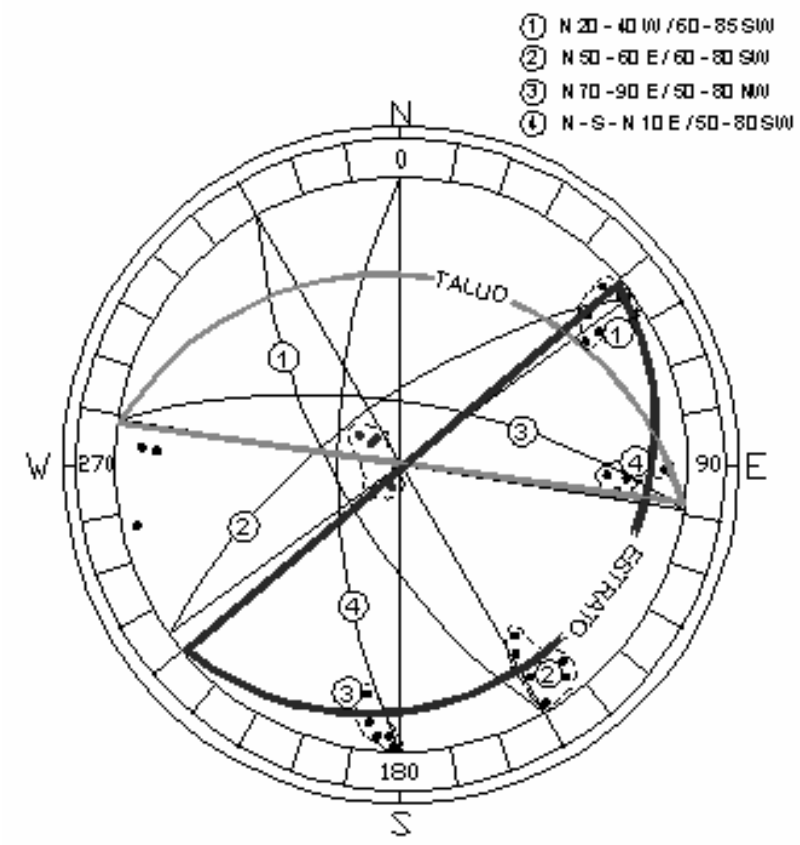
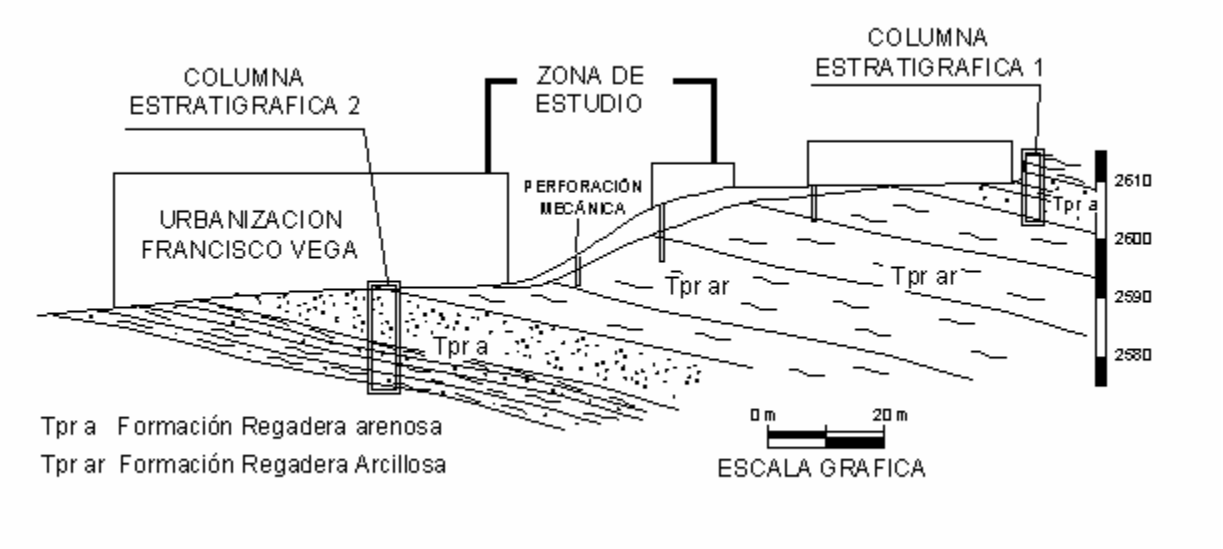
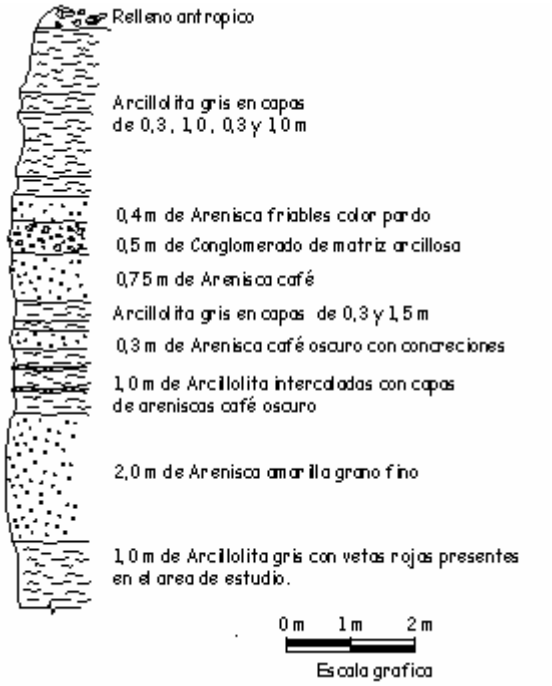


Figura 5. Esquema de ubicación de los sitios de levantamiento de las columnas estratigráficas



La columna 1 se levantó en la parte superior de la colina, en el costado sur, junto al parque Barrio Socorro, lll Sector, donde la roca está meteorizada y moderadamente fracturada (ver Fotografía 3). De acuerdo con la columna levantada, en esta zona existen bancos de arenisca hasta de 2 m de espesor intercalados con delgados niveles de arcillolitas meteorizadas. En este lugar la secuencia rocosa se encuentra cubierta de relleno antrópico de 1.80 m de espesor (ver figura 6).

Figura 6. Columna Estratigráfica 1

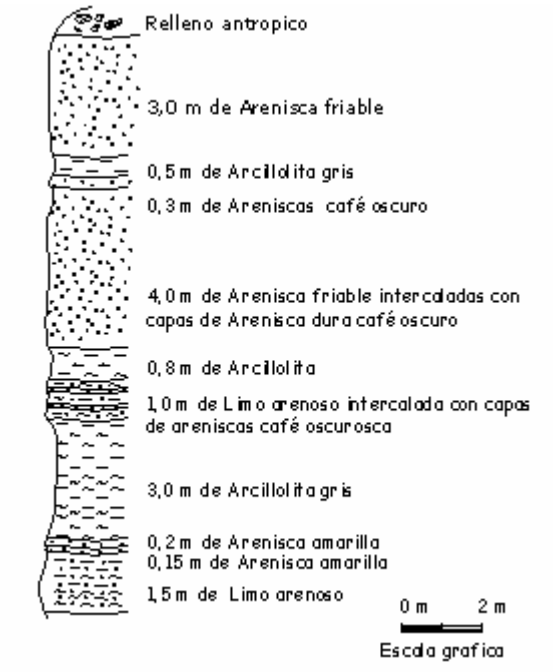


La columna 2 fue levantada en el costado este cerca a la Diagonal 49 b sur, que se ubica en una cota ligeramente más baja que el área de estudio (ver Figura 7).

Como se puede apreciar en las columnas levantadas, la composición de la Formación Regadera en el área de estudio en 50% es arcillosa y 50% es arenosa, presentándose una intercalación de estratos más o menos equivalentes.

Para conocer la naturaleza del material ubicado bajo la superficie del talud se hicieron perforaciones mecánicas, profundizándose en roca hasta 5 m. Los resultados de las perforaciones mecánicas se detallan a continuación.

Figura 7. Columna Estratigráfica 2



3.5.3. Descripción de las perforaciones mecánicas

Se llevaron acabo tres 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 2.

Sondeo Mecánico 1

De 6.2 m de profundidad, se localizó en la parte alta, por fuera del talud problema, en la esquina de la Transversal 16 F bis con la Diagonal 48 D sur.

Se encontró relleno antrópico de 0.45 m de espesor, seguido de una capa de 30 cm. de arcilla carmelita mezclada con grava y arena; luego, un nivel de 0.2 m de arena fina amarilla y arenisca rojiza oscura. Este último, al parecer, es característico de la parte arenosa de la Formación Regadera, la cual se aprecia unos metros atrás de esta perforación (ver Fotografía 4).

El resto de la perforación se realizó en un suelo residual arcilloso abigarrado de 0.3 m de espesor y por último 5.0 metros en arcillolita de la Formación Regadera. No se encontraron niveles de arenisca, ni aguas subterráneas.

Fotografía 4. Sondeo mecánico 1, Al fondo se observa afloramiento de la arenisca perteneciente a la Formación Regadera



Sondeo Mecánico 2

De 9.5 m de longitud, se localizó en la corona del talud, en la esquina de la Transversal 16 F bis B (ver Fotografía 5). La perforación atravesó relleno antrópico de 1.4 m de espesor, seguido de una capa de arcilla limosa gris clara con vetas rojas y raíces con espesor de 1.05 m, posteriormente un nivel de 1.25 m de arcilla con limo y arena de color habano, perteneciente al suelo residual de la Formación Regadera. Luego se presentó una capa de 0.55m de espesor de arenisca con laminas de arcillolita, y, finalmente, se bajaron 5.25 m en arcillolita gris y rojiza. No se presentó agua subterránea.

Sondeo Mecánico 3

De 6.2 m de longitud, se localizó en la parte media del talud. Se encontró relleno antrópico con 0.45 m de espesor, seguido de una capa de arcilla gris clara con vetas rojas y raíces con espesor de 0.80 m, posteriormente un suelo residual arcilloso de 0.30m de espesor, y finalmente se bajaron 3.05 metros en roca arcillosa de la Formación Regadera.

Fotografía 5. Sondeo mecánico 2, en la corona del talud.



La exploración del subsuelo con las perforaciones mecánicas demostró que el macizo rocoso, que soporta los suelos y rellenos está conformado casi en su totalidad por arcillolitas, exceptuando un nivel delgado de areniscas con láminas de arcilla de 55 cm. de espesor, por fuera del talud, en la parte alta.

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 ocho sondeos manuales en los lugares indicados en el Plano 2. Los registros de los sondeos se presentan en el Anexo 2.

A continuación, en las tablas 4 y 5 se aprecia un resumen de los resultados obtenidos, donde aparecen las profundidades y espesores de los materiales encontrados en los diferentes sondeos.

Tabla 4. Resultados de sondeos manuales 1, 2, 3 y 4

Sondeo / Deposito	1			2			3			4		
	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor
Relleno (Qr)	0	1.5	1.5							0	2.0	2.0
Deluvio (Qde)				0	2.5	2.5	0	1.8	1.8	2.0	4.5	2.5
Eluvio (Qe)	1.5	2.5	1.0	2.5	4.5	2.0	1.8	2.5	0.8	4.5	5.5	1.0

Tabla 5. Resultados de sondeos manuales 5, 6, 7 y 8

Sondeo / Deposito	5			6			7			8		
	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor
Relleno (Qr)										0	1.5	1.5
Deluvio (Qde)	0	4.0	4.0	0	2.5	2.5	0	2.5	2.5	1.5	4.5	3.0
Eluvio(Qe)	4.0	5.0	1.0	2.5	4.0	1.5	2.5	3.5	1.0	4.5	5.5	1.0

Como se puede observar en las tablas anteriores, el espesor de relleno antrópico (Qr) es nulo en algunos sitios y en otros relativamente reducido, con un máximo de 2 metros. El espesor máximo de deluvio (Qde) y eluvio (Qr) es de 4 m y el espesor total de los depósitos no consolidados varia de 2.5 a 5.5 metros. Es de anotar, que todos los sondeos manuales llegaron hasta el nivel de roca, donde no fue posible penetrar. En ninguno de los sondeos se encontró nivel freático.

3.5.5. Descripción de los apiques

Se excavaron 6 apiques, cuya ubicación se presenta en el plano 2 y los registros en el anexo 2. A continuación, en las tablas 6 y 7 se presenta un resumen de los resultados obtenidos, donde aparecen las profundidades y espesores de los materiales encontrados en los diferentes apiques.

Tabla 6. Resumen de apiques 1, 2 y 3.

Apiques / litología	1			2			3		
	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor
Relleno (Qr)	0	1.7	1.7	0	1.4	1.4	0	0.8	0.8
Deluvio (Qde)	1.7	2.1	0.4	1.4	1.7	0.3	0.8	1.4	0.6

Tabla 7. Resumen de apiques 4, 5 y 6.

Apiques / litología	4	5	6						
	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor	DE	A	Espesor
Relleno (Qr)	0	0.6	0.6	0	1.5	1.5	0	1.3	1.3
Deluvio (Qde)	0.6	1.0	0.4	1.5	2.2	0.7	1.3	1.9	0.6
Eluvio (Qe)	1.0	1.6	0.6						

Como se puede apreciar en las tablas 6 y 7, en todos los apiques realizados se encontró relleno antrópico con espesores que varían de 0.4m a 1.5m. Igualmente, todos los apiques han encontrado material deluvial con espesores entre 0.3 y 0.7 m. En el apique 1, este material estaba saturado y presentaba flujo de aguas residuales a 1.8 m de profundidad. Dicho apique se realizó en la corona de un deslizamiento, tal como se puede apreciar en el plano 2.

En los apiques 2, 3, 4, 5 y 6 no se detectó presencia de agua y la humedad de los materiales excavados varía de baja a media.

3.5.6. Descripción de las trincheras

Se excavaron dos trincheras. La trinchera 1 (ver registro en Anexo 2) se localizó en la parte baja de la zona central del talud, donde se encontró relleno antrópico con espesores que varían entre 0.3 y 0.60 m, compuesto en un 30% por escombros y desechos de construcción. Posteriormente se excavó en una arcilla gris de consistencia blanda, humedad media-alta y plasticidad elevada, con espesores que varían de 0.7 a 1.0 m. La trinchera tuvo un largo de 2.3 m y 1, 3 m de profundidad.

La Trinchera 2 se localizó en la parte baja de la zona este del talud, donde se encontró un relleno antrópico de 0.2-.25 m de espesor. Posteriormente se atravesó una arcilla amarilla de consistencia blanda, humedad media-alta y plasticidad elevada, de 0.2-0.3 m de espesor, bajo ésta se encuentra una arcilla gris de baja plasticidad con espesor visible de 1.05 m. Dentro de esta capa se encontró un lente de material

arcilloso de color amarillo. La trinchera tuvo un largo de 3.5 m y llegó hasta 1,9m de profundidad.

Ambas trincheras demuestran la presencia de material blando muy húmedo hasta una profundidad que varía de 30 cm. a 1 metro. Este material es el más susceptible de deslizarse.

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 bancos de arcillolitas, continuadas por un suelo residual, seguida de depósitos deluviales y relleno antrópico. En La base del talud, por debajo de las coronas de deslizamientos se ubican depósitos coluviales, que son productos de remoción y transporte por gravedad provenientes de los depósitos antrópicos.

En el área aledaña a la zona de interés, en escarpes de explotación de mas de 10 metros de exposición; junto al Parque Socorro lll Sector y en la Diagonal 49 B sur, se aprecian afloramientos de rocas de la Formación Regadera, donde junto con los estratos de arcillolita yacen bancos de arenisca en una proporción 1:1 (ver Fotografías 4 y 5).

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

Formación Regadera Inferior (Tpr)

Con base en la columna litológica No. 2 se determinó que tanto en la parte baja (zona norte) como la parte alta (zona sur) se presentan niveles de arenisca cuarzosa, de grano medio a grueso y a veces conglomerática, en estratificación cruzada, de color amarillo, con vetas de óxido, poco cementadas, friables, blandas, de colores rojo, amarillo y blanco, estratificación cruzada. Los espesores de estratos de arenisca van desde 0.5 hasta 4 metros.

En la parte central, como se pudo apreciar en las perforaciones realizadas en el talud de interés, se encuentran paquetes de arcillolita abigarrada, de color amarillo y gris claro, con espesor indeterminado.

Depósito Eluvial y/o Suelo residual (Qe)

Llamamos suelo residual y/o eluvial a la parte alterada de las rocas de la Formación Regadera. Dichos depósitos fueron explorados en su espesor total por perforaciones mecánicas y parcialmente por sondeos manuales, apiques y trincheras. Su composición varía dependiendo de la composición de la roca a partir de la cual se formaron. Es así como en las perforaciones mecánicas 1 y 2, realizadas en la parte superior del talud, se encontró un nivel de arcilla mezclada con grava sobre un estrato de 20 cm. de arena fina. En la perforación 3, realizada en la parte media-baja del talud, el suelo residual está compuesto por arcilla abigarrada, de colores gris clara con vetas rojizas, de consistencia dura, humedad baja.

El espesor de depósitos eluviales varía de 0.3 - 1.8 m, distribuido tal como se muestra en los registros de perforaciones mecánicas (ver Anexo 2, Tablas 4 y 5, Plano 2 – Secciones Geológicas). La calidad del depósito mejora con la profundidad hasta convertirse en roca, sin que logre definirse un límite claro.

Delúvios (Qde)

En la zona de interés se encuentra una serie de arcillas color café claro a gris, con presencia de raíces y contaminado en la superficie con suelos orgánicos. Su humedad varía de media a alta; con consistencia blanda y plasticidad elevada (Apique 1, Trinchera 1) a media, con presencia de raíces, estratificadas conforme a la pendiente. Los depósitos deluviales son bastante heterogéneos en su consistencia y, generalmente tienen poca consolidación.

Delúvios fueron explorados por perforaciones mecánicas, sondeos manuales, trincheras, apiques y están presentes en cada uno de ellos, tal como se puede apreciar en los registros del Anexo 2, Tablas 4, 5, 6 y 7; y en las secciones geológicas del Plano 2, donde se puede ver que sus espesores varían de 0.5 a 2,5 m.

Estas arcillas se depositaron sobre las laderas, como producto del lavado por aguas de escorrentía superficial de las rocas meteorizadas y alteradas (suelo residual), ubicadas en las partes más altas. Este tipo de depósitos frecuentemente están involucrados en distintos movimientos tales como reptaciones, flujos, deslizamientos.

Relleno antrópico (Qr)

Se trata de un depósito de material mixto, conformado por: arcilla limosa carmelito oscuro con algo de arena fina y pequeños bloques de arenisca y escombros de excavación, con bloques de diversos tamaños de materiales de construcción en un

30%, material de descapote y basuras (plásticos, cauchos, desechos orgánicos, pedazos de vidrio entre otros). Generalmente tienen alta humedad.

El espesor de relleno en la parte superior varía en dirección E-W entre 1 y 2 m. En la parte inferior del talud este relleno tiene un promedio de 1.0 m (ver Fotografía 2). Fue descubierto por la mayoría de exploraciones realizadas, tal como se puede apreciar en los registros del Anexo 2, Tablas 4, 5, 6 y 7; y en las secciones geológicas del Plano 2.

Coluviónes (Qc)

Se le da este nombre a los materiales remoldeados (rellenos antrópicos y delúvios) ubicados en la parte baja del talud, y por debajo de las grietas o corona de deslizamiento, que han manifestado movimiento gravitacional. Por su composición son similares a los materiales involucrados en el movimiento, pero su estructura está perturbada por el desplazamiento.

3.5.9. Hidrogeología local

La interpretación de las condiciones hidrogeológicas locales se realizó con base en el modelo hidrogeológico para los Acuíferos de Bogotá, y de acuerdo con la exploración realizada en el sitio.

La arcillolita de la Formación Regadera según su composición fina se clasificó como una capa hidrogeológica semiconfinante, la cual se caracteriza como un acuitardo (tiene agua, pero la transmite muy lentamente) discontinuo, asociado a rocas arcillosas con algunas niveles de areniscas en la parte superior y baja del área de estudio.

El análisis de la información secundaria, indicó que el nivel freático puede ubicarse a unos diez (10) metros por debajo de la superficie. La dirección general del flujo de las aguas subterráneas se estimó en unos 45º al NW, en dirección de la inclinación del talud estudiado.

En la exploración realizada en el área de estudio hasta una profundidad máxima de 9.5 m, donde se atravesaron depósitos cuaternarios y arcillolitas de la Formación Regadera, no se encontró nivel freático.

Sin embargo, se detectó una elevada saturación y flujo muy lento en el contacto entre depósitos antrópicos y arcillas deluviales a una profundidad que varía entre 0.6 y 1.8 m (ver Apique 1 y Trinchera 1). Las aguas que saturan y brotan del terreno al parecer provienen de desechos domésticos o fugas de alcantarillado, pues el flujo se presenta aun en tiempo seco. Sin embargo, cuentan los vecinos, se nota aumento de caudal en periodo de lluvias, debido a su infiltración directa a través del depósito antrópico.

Según cuentan los habitantes de la Urbanización Francisco Vega, en el muro de gaviones, construido en la pata del talud, existe una tubería de drenaje para recoger las aguas infiltradas y acumuladas detrás del muro. En la época de invierno dicha tubería evacua cantidad de agua apreciable, la cual se conduce por las cunetas del área recreativa de la urbanización.

De las observaciones realizadas durante la exploración del terreno se concluye que el único depósito permeable lo constituye el material antrópico. Los depósitos arcillosos son prácticamente impermeables y constituyen una barrera para las aguas infiltradas. Sin embargo estos absorben una parte del agua infiltrada y se saturan en su parte más superficial, desmejorando sus propiedades físicas y mecánicas.

Por lo anterior, para mejorar las propiedades de los depósitos y estabilizar el talud, es indispensable no permitir la saturación de subsuelo.

3.6. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Las expresiones geomorfológicas del área, donde se desarrolla el presente estudio se han originado como resultado de la interacción de los procesos naturales exógenos (denudativos, acumulativos), que sumados a la composición litológica del subsuelo determinan formas del relieve preexistente. Este relieve actualmente se encuentra modificado casi en su totalidad.

El criterio que se ha considerado para la definición de las unidades geomorfológicas es el proceso geodinámico dominante actual, que se ha evidenciado en el área de estudio. Inicialmente se diferenciaron dos áreas homogéneas: una donde predomina el proceso denudativo y otra con el proceso acumulativo. Cada una de las geoformas principales identificadas de origen denudativo o acumulativo, a su vez se dividieron en unidades geomorfológicas de acuerdo a la morfometría (pendientes) y desarrollo actual de procesos.

En la Tabla 8, se indican las geoformas presentes en el área objeto del estudio y los procesos geomorfológicos inventariados en el terreno (Ver Anexo 2).

Tabla 8. Características de unidades geomorfológicas.

GEOFORMA PRINCIPAL		**UNIDAD**	**CARACTERÍSTICAS DE LAS FORMAS**		
			Pendiente en grados	Descripción	Procesos morfodinámicos actuales
DENUDATIVO (D) ANTRÓPICO		D-1 Terrazas antrópicas en roca	5 - 10º	Relieve suave a moderado resultantes de la explotación de antiguas canteras.	Erosión diferencial en surcos, principalmente.
ACUMULATIVO	**ANTRÓPICO(A1)**	A-1 Terrazas antrópicas en relleno	5 - 20º	Unidad geomorfológica con pendientes suaves cubierta por materiales antrópicos como recebo compactado.	Erosión laminar
		A-2 Taludes antrópicos en relleno	20-40º	La geoforma hace parte del área cubierta por rellenos antrópicos. Hace parte del talud de interés donde la altura de este supera los 15 metros	Los procesos que se desarrollan en esta unidad son: erosión laminar, deslizamiento traslacional.
	NATURAL (A2)	A2-1 Taludes naturales en depósitos	20-40º	La geoforma hace parte del área cubierta por depósitos antrópicos, hace parte del talud de interés donde la altura de este supera los 15 metros	Los procesos que se desarrollan en esta unidad son: erosión laminar, deslizamiento traslacional y flujos

3.6.1. Procesos geodinámicos

En el área de interés se evidenciaros dos tipos de procesos: deslizamientos y flujos.

Deslizamientos

Se han detectado en total cuatro deslizamientos, de los cuales se clasifican como activos[1] (Luís I. Gonzáles Vallejo, 2002). Se encuentran en una ladera acumulativa sobre rellenos y depósitos.

En la Ficha 1 del Anexo 2 se presenta el primer deslizamiento, ubicado en el extremo occidental del talud, que lo afecta en la parte media. Presenta corona de 1.2 m de altura, una grieta de tracción en la parte superior (abierta hasta 30 cm.) y dos grietas con coronas de unos 20-30 cm. dentro del cuerpo de la masa deslizada. Por lo anterior, es clasificado como de carácter múltiple, tiene 20 metros de ancho (E-W) y de 6 a 8 m de largo (N-S). Presenta flujo de agua con arrastre de material en la parte baja del deslizamiento.

El material involucrado en el movimiento es relleno (Qr) y parte de arcilla deluvial (Qde). La fuerza generada por el movimiento destruyó el muro de gaviones.

La principal causa, según se aprecia en el terreno, es la saturación por aguas lluvia y residuales. El tipo de falla es rotacional o planar de baja profundidad (máximo 1.5 m).

El segundo deslizamiento se presenta en la Ficha 2 del Anexo 2. Se ubica frente a la Transversal 16 F Bis B (peatonal). Afecta 2/3 partes de la altura del talud y en planta tiene 11 m de largo por 10 m de ancho. Presenta un escarpe de 3 m de altura, el más alto de todos los observados, no presenta grietas visibles. Parece ser un deslizamiento rotacional simple.

En su límite oriental colinda con una zona de alta humedad, donde se observa flujo con arrastre de material.

El material involucrado en el movimiento es relleno antrópico (Qr) y algo de arcilla deluvial (Qde). La fuerza generada por el movimiento no alcanzó a destruir el muro de gaviones, pero lo cubrió parcialmente. Esto indica que la masa involucrada es relativamente reducida.

Según el inventario de las viviendas realizado, al parecer este deslizamiento tiene incidencia en dos casas:

[1] Luís I. Gonzáles Vallejo, Mercedes Ferrer, Luís Ortuño, Carlos Oteo. INGENIERÍA GEOLÓGICA, PEARSON EDUCACIÓN, Madrid. 2002.

- La vivienda ubicada en la Diagonal 49 D No. 16 F-60, que presenta agrietamiento en fachada oriental, muros interiores y en pisos, además de humedad en la zona aledaña al talud.

- La casa ubicada en la Transversal 16 F Bis B No. 49B-22Sur tiene daños de gravedad media en columnas y muros interiores, bajos: en vigas, nudos de los pórticos, escaleras, pisos y cubiertas en la zona próxima al talud.

La principal causa, según se aprecia en el terreno, es la saturación por aguas lluvia y residuales. El tipo de falla es rotacional o planar de unos 2 m de profundidad como máximo, a juzgar por la altura de la corona.

En la Ficha 3 del Anexo 2 se presenta el tercer deslizamiento, el de mayor tamaño, ubicado en la parte central del talud, que lo afecta en toda su extensión de arriba hasta abajo. Tiene un ancho de 30 metros y largo de 15 metros. Es un deslizamiento múltiple, presenta varias coronas de 1.2 a 2 m de altura, una grieta de tracción en la parte superior de 1,6 a 2 m de profundidad (abierta hasta 40 cm.) y dos grietas abiertas con escarpes de unos 30-40 cm. dentro del cuerpo de la masa deslizada. Presenta flujo de agua con arrastre de material en la parte central de deslizamiento en la pata del talud.

El material involucrado en movimiento es relleno antrópico y algo de arcilla deluvial (Qde).

Los deterioros causados por los fenómenos de remoción en masas consisten en destrucción de una parte del muro de gaviones y su taponamiento en otra. Igualmente, según los propietarios de las cinco viviendas aledañas, ubicadas en la parte superior en la Transversal 16 F Bis B No. 49B-22Sur, Diagonal 49D Sur Nos. 16F-44Sur, 30Sur, 36Sur, 20Sur, a dichos fenómenos se atribuyen los daños (grietas) relacionados en las fichas del Anexo 2G y en la Tabla 9.

Tabla 9. Relación de daños en las viviendas

Dirección	*Daño*						
	Muros	*Columnas*	*Vigas*	*Pórtico*	*Escalera*	*Pisos*	*Cubierta*
TV 16F Bis B No. 49B-22Sur	MEDIO	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
DG 49D Sur No. 16F-44Sur	NO	NO	BAJO	NO	BAJO	BAJO	BAJO
DG 49D Sur No. 16F-36Sur	ALTO	PREFABRICADA					
DG 49D Sur No. 16F-30Sur	BAJO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
DG 49D Sur No. 16F-20Sur	BAJO	BAJO	BAJO	NO	NO	NO	NO

Los daños se aprecian en la parte posterior de las casas, cerca de la corona del talud. Igualmente, se aprecia humedad muy alta en las paredes y pisos.

Los habitantes de las viviendas relacionan estos daños con los movimientos en masa que aquejan el talud y la humedad con las fugas del sistema de alcantarillado.

La principal causa, según se aprecia en el terreno, es la saturación por aguas lluvias y residuales. El tipo de falla es traslacional múltiple de baja profundidad (máximo 2 m). Según se observó en el apique No. 1, realizado justo en la corona principal, la falla se generó por el relleno y parte superior del depósito deluvial saturados por aguas residuales. Según la trinchera 1, ubicada en la pata del deslizamiento en mención, a 60 cm. de profundidad se evidencia una arcilla de consistencia blanda, humedad media a alta y plasticidad elevada, propicia para admitir una superficie de falla.

En la Ficha 4 del Anexo 2 se presenta el último deslizamiento, ubicado en el extremo oriental del talud. Tiene un ancho de 17 metros y largo de 17 metros. Es un deslizamiento simple, presenta una corona de 1 m de altura, una grieta de tracción en la parte superior cubierta por vegetación. En los apiques y sondeos realizados no se encontró agua, ni saturación del material. Al parecer, este deslizamiento no es reciente y se encuentra estabilizado.

El material involucrado en el movimiento es relleno antrópico y algo de arcilla deluvial (Qde). La fuerza generada por el movimiento deformó y desplazó el muro de gaviones en una parte (Ver Plano 2). Una de las viviendas, ubicadas en la parte superior, en la Diagonal 49D Sur No. 16F-16Sur, presentan daños, relacionados en la Tabla 10.

Tabla 10. Daños en la vivienda ubicada en la DG 49D Sur No. 16F-20 Sur

Dirección	*DAÑOS*						
	Muros	*Columnas*	*Vigas*	*Pórtico*	*Escalera*	*Pisos*	*Cubierta*
DG 49D Sur No. 16F-16Sur	BAJO	BAJO	NO	NO	NO	BAJO	BAJO

Los daños de la vivienda se localizan en la parte cercana al talud. La principal causa, según se aprecia en el terreno, es la saturación por aguas lluvias y residuales. El tipo de falla parece ser traslacional simple de baja profundidad (máximo 1.5 m).

Flujos

En área se aprecian tres flujos, los cuales se encuentran ubicados en la parte baja de la ladera acumulativa, sobre rellenos y depósitos (ver Plano 2). Son producto de sobresaturación de materiales.

El primer flujo, presentado en la Ficha 5, se ubica en el extremo occidental del talud y hace parte del primer deslizamiento. Es un flujo de lodo de pequeña magnitud, que abarca un área de 5 m2 aproximadamente, involucra rellenos y algo de depósitos deluviales dispuestos en la ladera cóncava de 41º de inclinación.

El segundo flujo, presentado en la Ficha 6, se ubica en la parte central del talud, separando los deslizamientos dos y tres, descritos anteriormente. Es un flujo de mayor magnitud, que abarca un área de 19 m2 aproximadamente, el cual se desarrolla en la ladera cóncava de 25º de inclinación. El material involucra rellenos y algo de depósitos deluviales.

El tercer flujo, presentado en la Ficha 7, se ubica se ubica en la parte central del deslizamientos tres, frente al área recreativa. Es un flujo de magnitud más grande, que abarca un área de 40 m2 aproximadamente, el cual se desarrolla en la ladera cóncava de unos 30º de inclinación. El material involucrado son rellenos antrópicos y algo de depósitos deluviales.

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

4.2.1. Experimentación

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.

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 aproximadamente cada 1.5 m 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 que presentaba rechazo. Mediante estas pruebas se detectaron los niveles de roca y se logró conocer la dureza de los depósitos suprayacentes. En total se hicieron en 11 sondeos.

Tabla 11. Resultados de Penetración Estándar

Sondeo	Profundidad, m	Nivel	N, golp/pie
S-1	0.5	Qr	4
	1.5	Qr	11
	2.5	Roca	Rechazo
S-2	0.5	Qr	2

Sondeo	Profundidad, m	Nivel	N, golp/pie
	1.5	Qde	4
	2.5	Qde	17
S-2	3.5	Qe	28
	4.5	Qe	65
S-3	0.5	Qde	4
	1.5	Qde	10
	2.5	Roca	Rechazo
S-4	0.5	Qr	5
	1.5	Qr	8
	2.5	Qde	15
	3.5	Qde	20
	4.5	Qde	28
	5.5	Roca	Rechazo
S-5	0.5	Qr	2
	1.5	Qr	4
	2.5	Qr	14
	4.0	Qe	46
	5.0	Roca	Rechazo
S-6	0.5	Qr	3
	1.25	Qr	6
	2.0	Qde	15
	3.0	Qe	39
	4.0	Roca	Rechazo
S-7	0.5	Qde	4
	1.5	Qde	8
	2.8	Qe	33
	3.5	Roca	Rechazo
S-8	0.5	Qr	4
	1.5	Qr	6
	2.5	Qde	10
	3.5	Qde	28
	4.5	Qe	60
	5.5	Roca	Rechazo
Pm-1	1.0	Qr	16
	1.2	Roca	Rechazo
Pm-2	1.0	Qr	9
	2.0	Qde	13
	2.6	Qde	13
	3.5	Qde	16
	4.0	Qe	39
	4.25	Roca	Rechazo
Pm-3	1.0	Qde	13
	1.55	Roca	Rechazo

Nota: Qr: Relleno; Qde: Deluvio; Qe: Suelo Residual.

Agrupando estos resultados se obtiene:

- Rellenos (Qr): Espesor máximo encontrado de 1.50 m. N = 2 - 11 golp/pie, Con promedio 7 golp/pie.
- Delúvios: N = 4 – 28 golp/pie con promedio de 17 golp/pie.
- Suelo residual: N = 28 – 65 golpes por pie con promedio de 44 golp/pie.
- Nivel de roca: encontrado entre 1.2 y 5.5 m con promedio de 3.0 m

Ensayos de peso unitario

Las pruebas de peso unitario in-situ se realizaron en el fondo de los apiques. Los resultados dieron un valor medio de 20 kN/m^3, similares a los obtenidos en laboratorio.

Ensayos con penetrómetro de bolsillo

En las paredes de los apiques se tomaron las resistencias con penetrómetro de bolsillo, directamente en los materiales encontrados. De acuerdo con estos resultados, en los diferentes niveles se encontraron los siguientes valores:

- Rellenos: 0.25 kg/cm^2 hacia la superficie a 1.8 kg/cm^2 hacia la parte inferior.
- Delúvios: variaron indistintamente entre 1.25 y 1.8 kg/cm^2.
- Suelo residual: tuvo valores superiores a 4.5 kg/cm^2.

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 más superficiales, pertenecientes a las unidades Q_r y Q_{de}, que son las dominantes en la parte superficial.

La determinación de los parámetros de corte "c" y "φ" se realizó en ensayo de corte directo, con muestra inundada y sin consolidar. Esto indica que la muestra estaba saturada y los datos obtenidos corresponden a esfuerzos totales. Los resultados obtenidos, corresponden más con la realidad de la situación, toda vez que en el terreno el suelo se presume que está saturado y no se encuentra consolidado.

Los ensayos de expansión se hicieron en consolidómetro, sobre muestras inalteradas, midiendo el aumento de altura por efecto de la absorción de agua, hasta cuando cesó el incremento.

Los ensayos en material de relleno se realizaron en arcillas que conformaban el depósito, con algo de dureza para poderse ensayar. No se ensayaron los materiales más blandos.

En la Tabla 12 se presenta el resumen de los resultados obtenidos y en el Anexo 3 se pueden consultar los formatos de laboratorio.

En las Tablas 13, 14 y 15 se agrupan los resultados por unidad estratigráfica.

4.2.2. Análisis de resultados

Como se puede observar en la Tablas 13, 14 y 15, todas las unidades estratigráficas se clasifican como "CL", esto es, arcillas inorgánicas de baja plasticidad. También, descartando un dato que se nota erróneo, el peso unitario en todas las unidades estratigráficas es similar con variaciones que van de 19.2 a 21.6 kN/m^3, con un promedio de 21.0 kN/m^3.

En cuanto a las humedades, se observa que estas son superiores en los rellenos, disminuyendo con la profundidad. Es así como el promedio de humedad de los rellenos es de 19.5%, en tanto que en el deluvio baja a 14.6% y en el suelo residual a 12.3%

La gravedad específica "Gs" tiene muy pocas variaciones, entre 2.57 y 2.63, con un promedio de 2.6.

Los Límites de Atterberg tienen pocas variaciones, confirmando con esto la identidad de los materiales que se encuentran en el sitio. Esto indica también que la arcilla contenida en los rellenos fue obtenida de la arcilla que hay in-situ, muy probablemente, extraída de las excavaciones hechas para construir las casas ubicadas en la corona del talud.

Las pruebas de expansión muestran valores menores de 4%, denotando que la arcilla se cataloga como no expansiva.

Pruebas de compresión sólo fue posible hacerlas en muestras de deluvio, con resultados de 91 a 450 kPa, con un promedio de 220 kPa.

Puesto que el material más débil es el relleno, en ese componente estratigráfico se realizó la mayor cantidad de pruebas de corte directo. Los resultados muestran que la cohesión varía entre 20 y 76 kPa, con una media de 44 kPa, mientras el ángulo de fricción interna varía entre 8 y 25º, con un promedio de 17º.

Tabla 12. Resumen Ensayos de Laboratorio

Sond.	Muestra	Prof., m	Unidad Estratigráfica	Clasificación S.U.C.S.	Peso Unit. (kN/m^3)	w (%)	G_s	LL (%)	LP (%)	I_p (%)	Expansión (%)	q_u (kPa)	C (kPa)	Φ (°)
AP-1	M-1	2.1	Qde	CL	20.6	18.8	2.63	25.8	15.9	9.9	2.0	176		
AP-2	M-2	1.6	Qde		19.8	11.8	2.57				2.8	91		
AP-3	M-3	1.4	Qde		21.2	13.0						450		
AP-4	M-4	1.6	Qde		21.1	17.1								
AP-6	M-6	1.9	Qde	CL	19.2	16.9	2.61	26.7	13.9	12.8	3.0	165		
S-1	M-2	1.5	Qr	CL	21.2	12.5		39.4	15.0	24.4			51	8
S-2	M-3	2.5	Qde	CL	20.3	12.5		38.8	15.2	23.6			68	17
S-3	M-2	1.5	Qr	CL	20.3	17.6		40.6	14.9	25.7			76	14
S-4	M-2	1.5	Qr		21.6	22.2							27	20
S-5	M-2	1.5	Qr		11.7	25.5							20	25
S-6	M-5	3.5	Qe	CL	21.1	12.3		34.5	17.7	16.8			9	28
S-8	M-5	4.5	Qde		20.8	12.0								

Tabla 13. Propiedades de unidades estratigráficas (Qr: Rellenos)

Sond.	Muestra	Prof. m	Clasific. S.U.C.S	Peso Unit. kN/m³	w %	LL %	LP %	I_p %	I_L	Consist.	c kPa	φ (°)	N golp/pie	Rechazo SPT m
S-1	M-2	1.5	CL	21.2	12.5	39.4	15.0	24.4	-0.1	Dura	51	8	4-11	2.5
S-3	M-2	1.5	CL	20.3	17.6	40.6	14.9	25.7	0.1	Semidura	76	14	4-10	2.5
S-4	M-2	1.5		21.6	22.2						27	20	5-8	5.5
S-5	M-2	1.5		11.7	25.5						20	25	2-4	5.0

Tabla 14. Propiedades de unidades estratigráficas. (Qde: Deluvio)

Sond	Muest	Prof m	SUCS	Peso Unit kN/m³	w %	G_s	LL %	LP %	I_p %	I_L	Consist.	Exp %	q_u kPa	c kPa	φ (°)	N gol/pie	Roca SPT m
AP-1	M-1	2.1	CL	20.6	18.8	2.63	25.8	15.9	9.9	0.3	Semidura	2.0	176				
AP-2	M-2	1.6		19.8	11.8	2.57						2.8	91				
AP-3	M-3	1.4		21.2	13.0								450				
AP-4	M-4	1.6		21.1	17.1												
AP-6	M-6	1.9	CL	19.2	16.9	2.61	26.7	13.9	12.8	0.2	Semidura	3.0	165				
S-2	M-3	2.5	CL	20.3	12.5		38.8	15.2	23.6	-0.1	Dura			68	17	17-65	>4.5
S-8	M-5	4.5		20.8	12.0											46-66	5.5

Tabla 15. Propiedades de unidades estratigráficas. (Qe: Suelo Residual)

Sondeo	Muestra	Prof. m	Clasific. SUCS	Peso Unit. kN/m³	w %	LL %	LP %	I_p %	I_L	Consist.	c kPa	φ Grad.	N golp/pie	Rechazo SPT m
S-6	M-5	3.5	CL	21.1	12.3	34.5	17.7	16.8	-5.4	Dura	9	28	50-72	4.0

Si se tienen en cuenta las pruebas de penetración estándar "SPT", se nota que en el relleno (ver tabla 13) las muestras más húmedas tienen una menor magnitud de golpes/pie (2 a 8), mientras las muestras menos húmedas la penetración resulta mayor (4 a 11 golpes/pie). En las muestras más húmedas la cohesión es baja (20 a 27 kPa) y en las menos húmedas es más alta (51 a 76 kPa). Esto indica que los valores más críticos de "c" y "φ" para el relleno son lo pares: a) 20 kPa, 25º y 27 kPa, 20º. Estos valores son también los más críticos en todos los materiales ensayados, incluyendo el deluvio y el suelo residual.

Los resultados obtenidos indican que el material más susceptible de deslizarse es el relleno, porque tiene las mayores humedades, presenta los menores valores de penetración estándar y tiene los valores más críticos de parámetros de corte. También podrían ser susceptibles de deslizarse las partes más superficiales del deluvio.

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 5.5 m. A juzgar por los valores de penetración estándar, los espesores de relleno tienen magnitudes relativamente pequeñas, las cuales alcanzan un máximo de 1.5 a 2 m.

Utilizando las relaciones que existen en Mecánica de Suelos, con promedio de propiedades halladas en laboratorio, se obtiene que en el relleno el material está saturado, mientras en el deluvio el grado de saturación es del 87%. La relación de vacíos en el relleno es de 0.5, mientras en el deluvio es de 0.44. En el relleno, el peso unitario saturado es de 21 kN/m^3 y el seco de 17.3 kN/m^3, mientras en el deluvio esos valores son de 20.8 kN/m^3 y 17.8 kN/m^3 respectivamente.

4.2.3. Análisis Retrospectivo

Con el fin de ajustar bien los parámetros de corte de los materiales involucrados se efectúa el análisis retrospectivo de estabilidad de los sectores que han sufrido movimiento.

Para el efecto se utilizó el programa de computador PCSTABL5, en dos dimensiones, corrido en las secciones: 1, 2, 4, 5, 6 señaladas en el Plano No. 2. En cada sección se determinaron de la masa movida la corona (en el escarpe) y la pata en la parte inferior del talud.

Puesto que la superficie de falla más probable debe estar en el relleno o el deluvio, se estableció como límite inferior el lindero con el suelo residual y se homogenizó como un solo estrato el relleno y el deluvio. Esto se hizo teniendo en cuenta que las propiedades de estos materiales son más o menos similares.

En todas las secciones el programa se corrió con terreno saturado, en condición estática, utilizando inicialmente los pares de parámetros de corte hallados en laboratorio. El índice de análisis fue el Factor de Seguridad – F.S. Como criterio de análisis teórico se estableció que el terreno movido se encuentra actualmente en condición de equilibrio límite, situación que permite suponer para el F.S. un valor alrededor de 1.0.

De acuerdo con lo anterior, en los casos en que los cálculos indicaron alejamiento del FS = 1, se dedujo que los parámetros de corte utilizados no eran correctos y por lo tanto debían corregirse. Los parámetros de corte más ajustados al criterio establecido fueron los que arrojaron FS = 1.0.

Tal como puede apreciarse en las hojas de cálculo del Anexo 4, grupo a), en todas las secciones corridas con los pares de datos de corte experimentales, el mínimo F.S. se obtuvo para el par c = 20 kPa, φ = 25º, el cual se halló en relleno saturado relativamente blando. Con estos parámetros los F.S. hallados fueron:

Sección	F.S.
1	1.60
2	1.00
4	1.80
5	1.90
6	1.40

Esto indica que sólo en la sección 2 los parámetros críticos hallados en laboratorio se ajustan a la condición existente. De aquí se deduce que en las secciones que presentan F.S. alto los parámetros deben ser inferiores a los hallados en laboratorio. Es necesario buscar esos parámetros.

Para el efecto se mantiene fijo el ángulo de fricción interna de 25º y se va disminuyendo la cohesión (en materiales arcillosos saturados es el más sensible) hasta lograrse que el cálculo de estabilidad arroje un resultado de FS = 1.0. Esos parámetros serán los más probables.

Luego de varias aproximaciones se llegó a los siguientes resultados:

Tabla 16. Ajuste de los parámetros de corte.

Sección	c, kPa	φ (°)	F.S.
1	14	25	1.0
2	20	25	1.0
4	12	25	1.0
5	11	25	1.1
6	15	25	1.0

El valor promedio de la cohesión resulta ser de 14.4 kPa

4.2.4. Determinación de propiedades

Luego de realizados los anteriores análisis las propiedades de los materiales involucrados, homogenizando los rellenos y los delúvios, para efectos de cálculos son:

Tabla 17. Determinación de parámetros de cálculo.

Material	γ_{sat} (kN/m$^{3)}$	γ_d (kN/m^3)	γ_{hum} (kN/m^3)	C (kPa)	φ (°)
Relleno, deluvio	21.0	17.6	19.2$^{(1)}$	15	25
Suelo residual	21.5	18.9	20.2	9	28

$^{(1)}$ Se obtuvo para un 50% de saturación del material

4.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ACTUAL

Tal como se presenta la situación, se deduce que la inestabilidad del terreno se presenta en las capas más superficiales, involucrando los rellenos y probablemente la parte superior de los delúvios, donde estos presentan mayores humedades. Hacia profundidad no se vislumbra la posibilidad de inestabilización porque los materiales tienen menos humedad y mejores características mecánicas, evaluadas mediante los ensayos de penetración estándar. La capa de inestabilidad es reducida, alcanzando máximos espesores de 1.5 a 2.0 m.

El hecho de que la humedad del terreno disminuye con la profundidad, permite deducir que el factor detonante de la inestabilidad es el agua, la cual proviene fundamentalmente de la lluvia y probables aportes de aguas residuales provenientes de las casas construidas en la corona del talud. Las posibilidades de flujos de aguas subterráneas no se contemplan, toda vez que la roca y su correspondiente suelo residual son arcillosos, los cuales tienen características impermeables. Eso se constató en los sondeos y apiques, donde no se presentó nivel freático.

Dadas estas circunstancias, al saturarse el material superficial, éste disminuye su resistencia al corte y la presión de poros comienza a actuar, disminuyéndose en esta forma la resistencia del terreno.

El agrietamiento que se presenta en la parte posterior de las casas construidas en la corona del talud se puede explicar por dos razones: La primera por el desconfinamiento que sufre el terreno al presentarse el movimiento de la masa y la segunda porque es probable que los cimientos en esas paredes se construyeron sobre rellenos deficientemente compactados.

Puesto que los terrenos en buena parte han sufrido movimientos y actualmente se encuentran cerca del equilibrio límite estático, es lógico pensar que un movimiento sísmico puede reactivar la inestabilidad, con el consiguiente riesgo para las casas de la pata del talud y la corona. En términos generales, se asume que el talud, con cargas estáticas, está próximo al estado de equilibrio límite y en desequilibrio a las cargas dinámicas.

5. ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN

Con el fin de corregir la inestabilidad que presenta el terreno y mitigar el riesgo que existe, es necesario hacer obras de estabilización y prevención. En este marco conceptual se plantean las siguientes alternativas:

5.1. ALTERNATIVA 1

Puesto que el principal factor detonante para la inestabilidad del terreno es el agua que se infiltra en las capas superiores del talud, proveniente de la lluvia y posibles fugas de agua residual de las casas de la corona, surge como primera alternativa el control de esas aguas, buscando evacuarlas para no permitir la saturación del suelo.

Con el fin de lograr tal objetivo se plantea la construcción de una red de drenaje subsuperficial en todo el terreno, a una profundidad de 1.5 m aproximadamente (ver esquema del Anexo 6).

Técnicamente se justifica esta solución con los cálculos realizados en las secciones seleccionadas, eliminando el nivel de aguas subterráneas y considerando que el terreno tiene una humedad próxima al 50% de saturación, toda vez que por ser arcilla y estar a la intemperie, no es posible secar completamente el material, especialmente en época de lluvias.

De acuerdo con esto, en el Anexo 3 se presentan los cálculos para cargas estáticas de esta alternativa, tomando como peso unitario el γ_{hum} de 19.2 kN/m^3, el "c" de 15 kPa y el "φ" de 25º, tal como se dedujo del análisis retrospectivo. Los resultados son:

Sección	FS
1	1.6
2	1.1
4	1.7
5	1.8
6	1.6

Los resultados indican que la solución eleva los FS con cargas estáticas a valores superiores a 1.5, aceptables en la práctica de estabilidad de taludes. En la sección 2 se presenta un valor menor pero es admisible porque en los cálculos no se tuvo en cuenta la carga que se colocará en la pata proporcionada por un muro y el relleno tras éste. Eso hace subir los F.S.

La idea del drenaje es hacer que el agua de lluvia encuentre salida rápida hacia las tuberías, no dándole tiempo para que penetre en el terreno. Además, el filtro tras de las casas, no permite que las posibles fugas de agua residual penetren en el talud, cortándoles su recorrido en la parte alta.

Como complemento a esta solución en la alternativa se plantean las siguientes obras:

- Muro de concreto ciclópeo en la pata de 2.0 m de altura para reemplazar el muro de gaviones que se ha destruido en algunos sitios y se ha abombado en otros. Este muro se plantea en toda la longitud de la pata.

- En la parte superior, como una medida de seguridad para las casas construidas en la corona y actualmente agrietadas, se debe construir un muro de concreto reforzado de 1.5 m de altura, cimentado sobre pilotes preexcavados de Ø=0.15 m y longitud variable entre 2.5 y 4.5 m. Este muro de confinamiento se ubicará en el lindero del talud con las casas.

- Construcción de cunetas para manejo de aguas superficiales.

- Peinado del talud, retirando las partes protuberantes para tratar de uniformizar el terreno. En esta actividad se contempla el sellamiento de grietas y emparejamiento de escarpes.

- Colocación de empradizado o cubrimiento con una planta trepadora como la hiedra y siembra de arbustos de poco crecimiento y raíz profunda.

Ventajas

Las ventajas de esta alternativa son:

- Fácil construcción, con trabajo manual en su mayoría.

- Proporciona la suficiente seguridad, obteniéndose una buena mitigación del riesgo.

- Requiere poco mantenimiento, reducido solo a la limpieza de cunetas.

- No se requiere evacuar viviendas para construir las obras.

Desventajas

En esta alternativa se identifican las siguientes desventajas:

- Las tuberías de drenaje pueden no tener en algunos sitios la profundidad suficiente para cortar los flujos de aguas residuales provenientes de las casas.

- Con el tiempo pueden acumularse sedimentos finos en la parte superior de los filtros, haciéndoles perder eficiencia.

- Dificultad en la construcción del muro tras las casas, por el poco espacio que hay para maniobrar con la perforadora de los pilotes.

Presupuesto

Tabla 18. Presupuesto Alternativa 1

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario $	Total $
1	Excavación de zanjas	m^3	131.70	32,000	4,214,400
2	Tubería ranurada PVC, D= 6"	ml	227.30	78,000	17,729,400
3	Tubería ranurada PVC, D=8"	ml	90.70	130,000	11,791,000
4	Material de filtro, gravas	m^3	173.96	89,000	15,482,440
5	Concreto ciclópeo	m^3	109.75	277,000	30,400,750
6	Concreto reforzado	m^3	65.90	600,000	39,540,000
7	Pilotes, D=0.15 m	ml	294.40	130,000	38,272,000
8	Excavación manual en talud	m^3	175.60	32,000	5,619,200
9	Vegetalización	m^2	1717.50	17,000	29,197,500
10	Cunetas	ml	285.80	49,000	14,004,200
11	Cajas de aguas	Und	4	400,000	1,600,000
	Sub-total Imprevistos, 10% Interventoría, 8%				207,850,890 20,785,089 18,290,878
				TOTAL	**246,926,857**

Nota: Los precios unitarios incluyen AIU del contratista.

5.2. ALTERNATIVA 2

Teniendo en cuenta que la capa inestabilizada tiene espesor relativamente reducido, surge como segunda alternativa el retiro del material que está causando los problemas, constituido por los rellenos y en algunos casos la parte superior del deluvio.

Para tal efecto, la alternativa contempla la excavación de la parte superior del terreno, conformando un talud de inclinación uniforme, el cual inicia en las casas de arriba y termina sobre la cabeza del muro (Ver Anexo 6).

Puesto que la excavación del terreno conlleva el peligro de que se desconfine el suelo de cimentación en la parte posterior de las casas de arriba, agudizando los

agrietamientos que actualmente se presentan, es necesario construir un muro de 1.5 m de altura en el lindero del talud con las casas. Para darle base sólida al muro, se requiere cimentarlo en pilotes de Ø=0.15 m, preexcavados, de tal forma que alcancen el nivel de roca. Los pilotes tendrán longitudes de 2.5 a 4.5 m. El muro con sus pilotes debe construirse en toda la longitud de la corona, donde hay casas construidas.

Junto con lo anterior es necesario construir lo siguiente:

- Muro de concreto ciclópeo en la pata de 2.0 m de altura para reemplazar el muro de gaviones que se ha destruido en algunos sitios y se ha abombado en otros. Este muro se plantea en toda la longitud de la pata.

- Construcción de cunetas para manejo de aguas superficiales.

- Colocación de empradizado o cubrimiento con una planta trepadora como la hiedra y siembra de arbustos de poco crecimiento y raíz profunda.

- Construcción de un filtro en la corona del talud para interceptar las aguas residuales que fluyen de las casas y/o la tubería de alcantarillado de la vía.

El fundamento técnico de la alternativa es que al retirarse el material inestable, que es el más débil, el talud quedará en materiales más resistentes, con parámetros de corte superiores a los determinados para los terrenos fallados. Como se observa en los cálculos del análisis retrospectivo (Anexo 3), incluso para los pares de parámetros más críticos hallados experimentalmente, los FS son superiores a 1.5 con cargas estáticas en las condiciones actuales, considerando superficies de falla en materiales débiles. En materiales más resistentes, de lógica los FS se aumentan.

Ventajas

Esta alternativa presenta las siguientes ventajas:

- La solución tiene la seguridad apropiada y mitiga suficientemente el riesgo que actualmente presenta el talud.

- La construcción exige en su mayoría trabajo manual.

- No es necesario evacuar viviendas durante la construcción.

- Regulariza el talud, dejándolo como un plano inclinado para que las aguas de escorrentía se evacuen rápidamente.

Desventajas

En la alternativa se identifican las siguientes desventajas:

- La excavación del talud debe hacerse en tiempo seco, toda vez que si se hace en invierno pueden presentarse con la lluvia flujos que pueden afectar vías del barrio inferior.

- Dificultad en la construcción del muro superior por el poco espacio que hay para maniobrar con la perforadora de los pilotes.

- Susceptibilidad a la erosión del talud si no se protege pronto y se presentan lluvias.

- Es necesario excavar en el talud final pasos de escalera para que la gente pueda transitar.

Presupuesto

Tabla 19. Presupuesto Alternativa 2.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario $	Total $
1	Excavación de zanjas filtro	m^3	47.35	32,000	1,515,200
2	Tubería ranurada PVC D= 6"	ml	195.00	78,000	15,210,000
3	Pilotes, D=0.15 m	ml	294.40	130,000	38,272,000
4	Concreto reforzado	m^3	65.90	600,000	39,540,000
5	Material de filtro, gravas	m^3	111.70	89,000	9,941,300
6	Concreto ciclópeo	m^3	109.75	277,000	30,400,750
7	Excavación manual de talud	m^3	2,717.00	32,000	86,944,000
8	Vegetalización	m^2	1,717.50	17,000	29,197,500
9	Cunetas	ml	285.80	49,000	14,004,200
	Sub-total				265,024,950
	Imprevistos, 10%				26,502,495
	Interventoría, 8%				23,322,196
				TOTAL	**314,849,641**

Nota: Los precios unitarios incluyen AIU del contratista.

5.3. ALTERNATIVA 3

Teniendo en cuenta que el material es arcilloso y no hay bloques en su interior, surge como tercera alternativa el hincado de pilotes de madera en toda el área, de tal manera que el estrato fallado quede cosido al terreno estable.

En esta solución se plantea hincar pilotes de madera de Ø=0,12 m de 3-4 m de longitud, separados 2.0 m, formando una red al tres bolillo. Los pilotes tienen en la cabeza una lamina metálica, la cual sirve para soldar platinas metálicas que unen los pilotes entre sí, creando una malla superficial para retener el terreno entre

pilotes y haciendo que los pilotes trabajen coordinadamente, de tal forma que si uno se recarga, los otros le ayudan a resistir el exceso. En este caso no es necesario hacer excavaciones en el talud El esquema de la alternativa 3 se presenta en la Figura 3 del Anexo 6.

El fundamento teórico se basa en el cálculo de cada pilote a la flexión, de tal forma que resista las cargas laterales que ejerce la zona de terreno entre pilotes, considerando que la resistencia adicional que proporcione el pilote debe ser tal que el FS en condición estática se eleve de 1.0 que es actualmente a 1.5 que es el admisible. En el Anexo 4 se presenta el cálculo simplificado.

El complemento de esta alternativa es el siguiente:

- Muro de concreto ciclópeo en la pata de 2.0 m de altura para reemplazar el muro de gaviones que se ha destruido en algunos sitios y se ha abombado en otros. Este muro se plantea en toda la longitud de la pata.

- En la parte superior, como una medida de seguridad para las casas construidas en la corona y actualmente agrietadas, se debe construir un muro de concreto reforzado de 1.5 m de altura, cimentado sobre pilotes preexcavados de Ø=0.15 m y longitud variable entre 2.5 y 4.5 m. Este muro se ubicará en el lindero del talud con las casas y tendrá como función confinar el terreno de cimentación de las viviendas.

- Construcción de cunetas para manejo de aguas superficiales.

- Siembra de arbustos de poco crecimiento y raíz profunda.

Presupuesto

Tabla 20. Presupuesto Alternativa 3.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario $	Total $
1	Pilotes de madera, D=0.12 m	ml	876.00	40,000	35,040,000
2	Platinas metálicas 2”x1/4”	ml	1,170.76	6,500	7,609,940
5	Concreto ciclópeo	m^3	109.75	277,000	30,400,750
6	Concreto reforzado	m^3	65.90	600,000	39,540,000
7	Pilotes, D=0.15 m	ml	294.40	130,000	38,272,000
8	Arborización	m^2	1,717.50	17,000	29,197,500
9	Cunetas	ml	285.80	49,000	14,004,200
	Sub-total				194,064,390
	Imprevistos, 10%				19,406,439
	Interventoría, 8%				17,077,666
				TOTAL	**230,548,495**

Nota: Los precios unitarios incluyen AIU del contratista.

Ventajas

En esta alternativa se identifican las siguientes ventajas:

- Resulta la solución más económica
- Proporciona al talud la seguridad apropiada.
- No requiere evacuación de viviendas.
- Mantenimiento sencillo, sólo limpieza de cunetas.

Desventajas

En esta alternativa se plantean las siguientes desventajas:

- Puesto que los pilotes son hincados, la actividad implica vibración del terreno, la cual en proximidades de las casas de la corona pueden causar algún inconveniente en las construcciones.
- Se necesita maquinaria para hincar los pilotes, la cual necesita apertura de caminos para su movilización.
- En cada pilote se necesita aplanar el terreno para instalar la máquina.
- Las dos actividades anteriores implica movimientos de tierra que pueden desestabilizar pequeñas masas mientras se instalan los pilotes.
- Oxidación de elementos metálicos a largo plazo
- Descomposición de la madera (parte superior) por cambios de humedad, a mediano plazo.

5.4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Como se puede observar, todas las alternativas contemplan la construcción de los muros de la pata en concreto ciclópeo y de la corona sobre pilotes preexcavados, además de las cunetas para evacuar las aguas de escorrentía. La diferencia radica en la forma como se trata la masa que actualmente está inestable.

En la primera y tercera alternativas esa masa no se retira y permanece allí, mientras en la segunda se plantea el retiro de la masa inestable. En la primera y segunda alternativa se incluye el drenaje subsuperficial del talud para evitar que éste se sature.

Las tres alternativas le dan al talud la suficiente estabilidad. La selección de la alternativa más apropiada tiene ante todo carácter técnico, buscando que sea la solución más duradera, con las mínimas incertidumbres posibles.

La alternativa 2, desde el punto de vista de seguridad presenta mejor indicativo porque retira el material inestable y al material que queda se le proporciona el drenaje subsuperficial para evitar que se sature con el agua residual que se produce en las casas de la corona, que es el agua más perjudicial. Además, para que las aguas de escorrentía se evacuen rápidamente se regulariza la pendiente, alejándose en esta forma la posibilidad de que se detengan en alguna parte y comiencen a saturar el terreno.

Las alternativas que no contemplan el retiro del material inestable dejan cierta duda porque no se descarta que se produzcan pequeños desprendimientos, que aunque no sean peligrosos, pueden causar alarma en los habitantes del lugar.

El anterior análisis permite concluir que la alternativa más apropiada es la segunda y por tal motivo se selecciona para hacer los diseños detallados con el fin de construirse.

6. DISEÑO DE OBRAS

6.1. OBRAS

Las obras a diseñar para estabilizar el talud son:

- Excavación del talud
- Muro de corona sobre pilotes preexcavados
- Drenaje-filtro con material granular
- Muro de pata en concreto ciclópeo, con filtro y cuneta
- Entrega de aguas.
- Vegetalización.

6.2. EXCAVACIÓN DEL TALUD

Consiste esta obra en las excavaciones necesarias para retirar los materiales de rellenos y regularizar la pendiente del talud. Para el efecto, es necesario retirar el material de relleno y parte superficial del terreno original para lograr que el talud terminado tenga una inclinación uniforme. Los cortes se presentan en el Plano 2.

El control de pendiente se hace en las 5 secciones transversales definidas. En cada sección los ángulos de la pendiente resultaron con los siguientes valores:

Sección	Ángulo (°)
1	28
2	40
4	34
5	33
6	36

En las secciones 4 y 6 el talud de corte tiene unos sitios deprimidos. En esos lugares es necesario retirar sólo el material suelto correspondiente al relleno, dejando el terreno original.

Teniendo en cuenta las irregularidades geométricas que actualmente presenta el talud, no es posible emparejar su inclinación con pendiente uniforme, toda vez que sería necesario hacer cortes significativos en algunas secciones.

Los taludes excavados se calcularon para conocer sus niveles de seguridad, utilizando parámetros de corte correspondientes a los valores más críticos, de acuerdo con los ensayos y los cálculos de estabilidad. También se consideró que el talud no está saturado y que la humedad es del 50% de la saturación, asumiéndose que la falla ocurriría en el material deluvial.

Los cálculos se realizaron tanto con cargas estáticas como con sísmicas, tomando para ese lugar el valor de aceleración recomendado en la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

Los valores de entrada tomados fueron:

Peso unitario: 19.2 kN/m3
Cohesión: 20.0 kPa
Ángulo de fricción interna: 25.0º
Coeficiente de aceleración sísmica: 0.24

Tal como puede apreciarse en las hojas de cálculo del Anexo 5, los valores de Factor de Seguridad mínimos hallados en las diferentes secciones corridas fueron:

Sección	F.S. Carga estática	F.S. Carga dinámica
1	2.90	2.10
2	2.50	1.80
4	2.60	1.70
5	2.70	1.80
6	2.40	1.60

Como puede apreciarse, el factor de seguridad más bajo a la carga estática es superior a 2.4 y a la carga dinámica superior a 1.6, con lo que puede deducirse que el talud excavado es estable.

6.3. MURO DE CORONA

Si se tiene en cuenta que una de las probables causas del agrietamiento de las viviendas construidas en la corona es la disminución de confinamiento lateral generada por los desplazamientos del terreno que han ocurrido, es necesario proporcionar a los cimientos una restricción tal que se independice de lo que pueda ocurrir en el talud.

El muro de corona tiene como objetivo proporcionarle a las casas construidas esa posible disminución de confinamiento, de tal forma que cualquier movimiento de tierras que ocurra en el talud, no afecte la estabilidad de las cimentaciones. El muro

se cimenta sobre pilotes, de tal forma que sean éstos elementos los que contribuyan a darle resistencia a cargas laterales. Los pilotes llegan hasta el nivel de roca.

El pilotaje se hace aprovechando que el nivel de roca está cerca, entre 2.5 y 5.5 m de profundidad.

El diseño, como puede verse en los Planos 3 y 4, contempla:

a. Instalación de pilotes preexcavados de 0.20 m de diámetro y profundidad que oscila entre 2.5 y 5.5 m. Los pilotes deben profundizarse hasta alcanzar el nivel de roca. Cada pilote está provisto de cuatro varillas de Ø ¾", las cuales se encuentran dentro de una espiral. Los pilotes están diseñados de tal manera que se coloca un par cada 2.5 m.

b. Muro de concreto reforzado en forma de "L", de 1.5 m de base por 1.0 m de altura. La base es una placa de 0.20 m de espesor y el vástago tiene 0.15 m en la corona y 0.30 m en la parte inferior. El acero del muro va unido a las varillas de los pilotes y el concreto del muro debe quedar bien adherido al concreto de los pilotes.

La construcción de la obra tiene algunas dificultades, derivadas del desconocimiento que se tiene de los niveles y calidad de cimentación del muro posterior de las casas. Como criterio se ha considerado que la profundidad de cimentación del muro de concreto reforzado a construir debe llegar hasta el nivel del cimiento de cada casa. Esto implica que teóricamente el muro abarca toda la profundidad del cimiento y es posible que algo de la pared de ladrillo.

Otro problema que se ha detectado es que todas las casas no están al mismo nivel, existiendo diferencias de altura, incluso entre casas vecinas. Esto implica que los niveles de cimentación también tienen diferencias de cota. Por tal motivo, no es posible diseñar el muro con cotas predeterminadas, sino que es necesario construir en cada casa el muro con las cotas propias de esa construcción. En esta forma, el muro no queda continuo en pendiente sino que queda escalonado por niveles de casas.

Las cargas de desconfinamiento, tal como puede apreciarse en el Anexo 5, se calcularon considerando la presión activa que ejerce el suelo normalmente, en un espesor de 1.5 m. El diseño se realizó de tal forma que la estructura resistiera las cargas de desconfinamiento y las fuerzas de sismo que pueden generar esas cargas, en la forma como aparece en el Anexo 5.

6.4. DRENAJE-FILTRO

Puesto que las casas del Barrio Socorro Sector III, construidas en la corona se encuentran en pendiente, la parte posterior que colinda con el talud está en una cota muy inferior al nivel de la tubería de alcantarillado del frente, que pasa por la Diagonal 49D Sur. Esto implica que las habitaciones que hay en el fondo de esas casas no tienen desnivel para descargar a la red de alcantarillado, suponiéndose que están evacuando esas aguas directamente al talud, siendo estos flujos los más perjudiciales para la estabilidad porque son permanentes. También evacuan hacia el talud las aguas de lluvia que caen de los entejados de esas casas.

Para controlar esos flujos lo ideal sería construir una tubería de alcantarillado para evacuarlos correctamente. Sin embargo, construir el alcantarillado significa dar oportunidad para que la corona del talud se convierta en vía peatonal, con los inconvenientes que eso genera para la estabilidad, porque el talud se convierte fácilmente en el basurero particular de las habitaciones construidas en la parte posterior de las casas, tal como sucede en las 3 viviendas que tienen salida al talud.

Cualquier piedra que se bote desde arriba rodará por el talud, poniendo en peligro a los habitantes de las casas de la Urbanización Francisco Vega, construidas en la pata. La construcción del alcantarillado generará la apertura de un segundo frente de las casas del Barrio Socorro hacia el talud, sumándose a las que actualmente existen.

Al contrario, se debe promover es que las casas no tengan salida al talud y no se construya por debajo de las cotas de la tubería de alcantarillado oficial.

De acuerdo con lo anterior, no es solución construir una tubería de alcantarillado en la corona del talud porque el problema se agravaría con el tiempo y además, queda en duda la aprobación de la EAAB, porque esa no es una vía pública. Por tal motivo, la solución más apropiada es controlar las aguas que puedan salir de esas casas mediante un drenaje-filtro y una cuneta, con el cual se interceptan tanto los flujos subsuperficiales como exteriores procedentes de los entejados, para que no penetren en el talud. En esta forma se evita que el terreno se sature, contribuyendo sustancialmente al mejoramiento de la estabilidad del talud.

El drenaje filtro está constituido por un tubo ranurado en el fondo, cubierto por un material granular de tamaño ¾” a 3”, envuelto en geotextil. Ese filtro tiene en superficie una cuneta para que se puedan interceptar las aguas que corran por el exterior, provenientes de aguas residuales o de escorrentía. Su diseño puede verse en los Planos 3 y 4.

6.5. MURO DE PATA

Teniendo en cuenta que el muro de gaviones de la pata se encuentra en mal estado y se agravará más con los movimientos de tierra, es necesario construir en su lugar un muro de concreto ciclópeo de 2.0 m de altura. Se optó por el muro en ese material considerando que si se elimina el muro los taludes debían excavarse con mayor inclinación, disminuyéndose con esto los márgenes de seguridad por el retiro de material de la pata, y de otro lado, aumentándose los volúmenes de movimiento de tierras. El muro de concreto ciclópeo utilizará los bloques del muro de gaviones existente.

Este muro va a soportar sólo las cargas provenientes del relleno que se colocará detrás, porque el talud no va a cargar sobre el muro. El talud se estabiliza con los cortes y los drenajes. En el Anexo 5 se aprecian los cálculos del muro.

Detrás del muro se colocará un relleno de material seleccionado y un filtro de geotextil con sus lloraderos para que el material no se sature. Sobre el relleno se diseña una cuneta, la cual evacuará las aguas de lluvia provenientes del talud.

Estos diseños se presentan en los Planos 3 y 4.

6.6. ENTREGA DE AGUAS

Las aguas captadas por el drenaje-filtro y su cuneta llegarán a una caja, la cual, se conectarán con el pozo de alcantarillado más cercano mediante una tubería de PVC de Ø 8”. A su paso, esta tubería recogerá también las aguas provenientes de la cuneta inferior mediante una caja.

6.7. VEGETALIZACIÓN

A medida que se va excavando el talud, es necesario protegerlo con cespedones de pasto, agarrados al terreno con taches de madera para que no se deslicen.

6.8. PRESUPUESTO

El presupuesto se calculó, tomando las cantidades de obra de los planos y definiendo precios unitarios de acuerdo con los APU. Para los precios de insumos se utilizó la base de datos de la DPAE, actualizando al 2007 con el IPC de construcción del año anterior. Para los precios que no aparecen en la base de datos se consultaron los proveedores del mercado local.

Tabla 21. Presupuesto de obra

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario $	Total $
1	Localización y replanteo	m^2	1,211.00	5,004	6,059,844
2	Excavación manual	m^3	1,145.00	34,325	39,302,125
3	Relleno material seleccionado	m^3	110,00	46,846	5,153,060
4	Tubería ranurada PVC D=6"	ml	95.00	77,854	7,396,130
5	Tubería de PVC D=8"	ml	38.00	129,354	4,915,452
6	Pilotes preexcavados, D=0.2 m	ml	384.00	166,754	64,033,536
7	Concreto de 21 MPa	m^3	45.22	498,167	22,527,111
8	Concreto ciclópeo	m^3	96.68	284,543	27,509,617
9	Acero de refuerzo	kg	3156.33	5,456	17,220,936
10	Material de filtro, gravas	m^3	69.00	88,542	6,109,398
11	Geotextil no tejido	m^2	644.00	5,553	3,576,132
12	Demolición cabezas de pilotes	U	80.00	25,888	2,071,040
13	Demolición muro de gaviones	m^3	109.00	4,958	540,422
14	Cunetas revestidas	ml	155.00	48,242	7,477,510
15	Caja hidráulica grande	U	1.00	812,625	812,625
16	Caja hidráulica pequeña	U	2.00	371,088	742,176
17	Empradización	m^2	1,444.00	9,830	14,194,520
18	Sendero peatonal	ml	27.50	72,458	1,992,595
	Sub-total				231,634,229
	Interventoría, 8%				18,530,738
				TOTAL	**250,164,967**

6.9. PROCESO CONSTRUCTIVO

La construcción de las obras debe seguir una secuencia para evitar que el terreno o las casas se inestabilicen. La actividad más complicada es la construcción del muro de corona, toda vez que no se puede excavar tras las casas sin tomar las precauciones del caso porque se corre el riesgo de que algún cimiento ceda, con las graves consecuencias que este hecho conlleva.

En primer lugar deben instalarse los pilotes preexcavados, haciendo inicialmente los huecos. Para esta actividad debe hacerse en cada sitio la mínima plataforma requerida, tanto en área como en profundidad de excavación, para colocar la perforadora, y luego instalar las varillas y el concreto. No se debe hacer la plataforma profunda sino lo más superficial posible para evitar excavar por debajo de los niveles de cimentación de las construcciones.

Una vez realizada la anterior actividad se procede a construir el muro sobre los pilotes, empezando por uno de los extremos. Puesto que el muro va pegado a la cimentación de la casa y el nivel de excavación llega hasta el nivel de cimentación de la casa, no se puede excavar en toda la longitud de esa casa porque es peligroso

que el cimiento ceda. Por tal motivo debe procederse cumpliendo con el siguiente ciclo:

- En primer lugar debe indagarse mediante un apique el nivel de cimentación de cada casa para establecer la cota de excavación para construir el muro.

- Establecida la cota de excavación (es la misma del nivel de cimentación de la casa), se procede a retirar manualmente el material en un trayecto no superior a 2.5 m.

- Una vez excavado en ese sitio, se precede a demoler la parte de pilotes que sobrepasa el nivel de cimentación del muro a construir, hasta lograr que empalme bien con la placa de piso del muro.

- Luego, en ese tramo se instala el hierro y la formaleta para el muro.

- Posteriormente se funde el concreto de ese tramo de muro, dejando junta viva y los hierros salidos para continuar con el siguiente tramo. Con el fin de que el muro tenga capacidad de soporte pronta, es conveniente que el concreto tenga aditivo acelerante.

Es importante que se respete este ciclo para evitar sorpresas por inestabilización de alguna vivienda.

Después de construido el muro o paralelamente, después que el muro haya avanzado, se procede a realizar las excavaciones e instalar el drenaje filtro con su cuneta.

Posteriormente, cuando le muro y el drenaje-filtro estén avanzados, se procede a realizar las excavaciones del talud, de arriba hacia abajo. A medida que se va excavando es necesario evacuar el material y transportarlo al botadero.

Enseguida, cuando se haya excavado todo el material del talud, se procede a construir el muro de pata y paralelamente las cajas y la entrega de aguas al sistema de alcantarillado.

Por último se procede a vegetalizar el talud con cespedón.

6.10. PLAZO DE CONSTRUCCIÓN

El plazo de construcción se estableció considerando las diferentes actividades y su duración, dependiente de los rendimientos, en la forma como se puede apreciar en la Tabla 22.

Tabla 22. Cronograma de construcción

ACTIVIDAD	SEMANAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Preparativos												
Excavación plataformas												
Construcción pilotes												
Construcción muro corona												
Construcción filtro												
Excavación talud												
Construcción muro pata												
Tuberías entrega aguas												
Vegetalización												
Sendero peatonal												

De acuerdo con el cronograma elaborado, se observa que la obra puede construirse en un plazo de tres (3) meses calendario.

6.11. ANOTACIONES

Puesto que dentro de las casas no se conocen las condiciones del terreno ni sus rasgos topográficos, resulta imposible hacer cálculos de estabilidad en su interior. De los análisis realizados en el exterior se puede deducir, que el factor detonante de la inestabilidad es el agua proveniente de la lluvia y las posibles entregas de aguas residuales de las casas del Barrio Socorro, las cuales penetran en los rellenos y parte superior de los suelos residuales.

Un aspecto fundamental de la solución es eliminar cualquier entrega de aguas residuales al talud. El talud queda protegido de esas posibles aguas con el filtro proyectado, pero si esas aguas siguen descargándose en el interior de las casas, el terreno de cimentación de las viviendas sufrirá un persistente ablandamiento, con el consiguiente asentamiento de los terrenos, el cual genera agrietamientos de las construcciones. Ese ablandamiento de los terrenos de cimentación puede generar además fuerzas laterales imprevistas. El muro de corona no protege contra esto.

Si se eliminan las aguas residuales de las casas, el terreno de cimentación con el tiempo irá adquiriendo mayor resistencia y las posibilidades de asentamientos o cargas laterales desaparecen, contribuyéndose en esta forma sustancialmente a la estabilidad de las viviendas.

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

2 - Excavación manual (m^3)

7.3. RELLENO DE MATERIAL SELECCIONADO

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. El material seleccionado debe estar libre de materia orgánica y en general cualquier componente objetado por la interventoría. En la parte inferior del relleno y en proximidades al muro de concreto ciclópeo, se pueden colocar bloques de roca provenientes de los gaviones demolidos, para permitir un mejor drenaje.

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 horizontal, 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:

a. Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el constructor.

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

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

d. Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo

- **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias:** El interventor exigirá que:

a. Las superficies terminadas no acusen irregularidades a la vista.

b. La cota de terminación del relleno, conformado y compactado, no varíe en más de cien milímetros (100 mm) respecto a la cota proyectada.

c. En cuanto al grado de compactación, ésta se considerará satisfactoria cuando alcance por lo menos un 90% del Proctor Modificado, o el que determine el interventor por pasadas del medio utilizado para compactar.

d. 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 (m^3) 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

3 - Relleno de material seleccionado (m^3)

7.4. DRENAJE-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.

El material filtrante deberá estar constituido por bloques y gravas. No se requiere ninguna gradación especial, permitiéndose el uso de fragmentos de un solo tamaño, pero el tamaño mínimo sí está limitado a un diámetro de ¾".

- **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 4 mm, 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.

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

Todos los materiales que sean utilizados en el drenaje-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 drenaje-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, sin incluir el concreto pobre, 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:

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

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

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

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

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

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

- **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias:** Las condiciones especificas planteadas para este ítem son las siguientes:

a. 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.

b. 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 de ellas. Por ningún motivo se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

c. 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 drenaje-filtro serán:

El metro lineal (ml) de tubo ranurado, incluyendo el concreto pobre de la cama.
El metro cuadrado (m^2) de geotextil instalado, incluyendo los traslapos.
El metro cúbico (m^3) de excavación realizada.
El metro cúbico (m^3) de material filtrante.

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 drenaje-filtro deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación, 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. El precio unitario del tubo ranurado incluye el concreto pobre para su instalación. Los precios unitarios deben incluir el AIU.

7.4.6. Ítems de pago

2 - Excavación manual	(m^3)
4 - Tubería ranurada PVC D=6”	(ml)
10 – Material de filtro, gravas	(m^3)
11 – Geotextil no tejido	(m^2)

7.5. PILOTES PREEXCAVADOS

7.5.1. Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de los pilotes de 0.20 m de diámetro que se deben construir para cimentar el muro de concreto reforzado proyectado en la corona del talud. Los pilotes deben construirse en los sitios indicados en los planos o en los señalados previamente por el Interventor.

7.5.2. Materiales

- **Concreto:** 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. Para que el concreto tenga mejor fluidez, a éste debe agregársele fluidificante y el agregado grueso debe tener tamaño máximo de ¾".

- **Acero de refuerzo:** Está constituido por varillas corrugadas de Ø3/4" dentro de una espiral de acero, en la forma como se indica en los planos.

El acero de refuerzo debe tener un límite de fluencia mínimo de 420 MPa (60.000 psi) y debe cumplir con la Norma ICONTEC 2000 y demás normas ICONTEC que le son inherentes, particularmente las relacionadas con acero de refuerzo.

7.5.3. Ejecución de los trabajos

- **Generalidades:** Los trabajos deben efectuarse con una adecuada coordinación entre las actividades de explanación, apertura del hueco, instalación de las varillas y fundición del pilote. Una vez perforado el hueco, debe procederse inmediatamente a instalar el refuerzo y fundir el concreto, porque si estas actividades se demoran se corre el peligro de que el hueco se derrumbe.

Será de responsabilidad del Constructor, la colocación de 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 primera actividad a realizar es la explanación del terreno para instalar el taladro en el sitio donde se construirá el pilote. Puesto que los pilotes se construirán en proximidades a viviendas, será necesario actuar con mucha prudencia para evitar que los trabajos afecten las construcciones.

Por tal motivo, en la labor de explanación debe procederse de tal manera que los movimientos de tierra sean los mínimos necesarios. Por tal motivo, se requiere en cada sitio donde se perfore el par de pilotes, remover la capa vegetal, tratando de extraer cespedones con el fin de almacenarlos en algún lugar para la posterior utilización en los trabajos de vegetalización.

Luego, se procederá a construir la plataforma, con las dimensiones mínimas posibles, excavando manualmente apenas lo necesario para colocar la máquina y sus accesorios. El material excavado debe evacuarse del lugar y transportarse después al botadero.

Antes de emprender las excavaciones es necesario presentar el plan de trabajo para que la Interventoría lo apruebe y posteriormente vigile su cumplimiento.

- **Perforación de huecos:** Una vez lista la plataforma, se procede a transportar e instalar el taladro en el sitio de perforación del pilote. Posteriormente se procederá a perforar el hueco con la broca apropiada, retirando el material extraído y transportándolo, para luego llevarlo al botadero. La perforación se realiza en arcilla y se profundiza hasta encontrar el nivel de roca, la cual se supone está a 2.5 – 5.5 m de profundidad. La profundidad de perforación de cada pilote debe definirse en el sitio, con la asesoría de un Geotecnista.

Las labores serán supervisadas por la Interventoría y aprobará el nivel hasta el cual se realice la perforación.

El trabajo de perforación debe realizarse con sumo cuidado para evitar derrumbes en el hueco. Es necesario utilizar todos los medios posibles para garantizar la estabilidad de la perforación. El Contratista será responsable de la estabilidad del hueco y todas las reperforaciones correrán a su cargo, sin pago adicional por ese concepto.

- **Instalación de refuerzo:** En el hueco perforado, libre de materiales sueltos, se procederá a colocar el refuerzo, previamente armado, con la longitud del hueco perforado y algo más. El refuerzo debe instalarse en el centro del hueco, y fijarse para que no se desplace cuando se vaya a colocar el concreto. Para que el refuerzo se pueda maniobrar es necesario armarlo antes con soldadura, buscando una longitud ligeramente mayor a la del hueco para que los hierros puedan quedar embebidos en la placa.

- **Fundición del pilote:** Luego de instalado el acero en su lugar se procede a colocar el concreto, de tal manera que se llene completamente el hueco de abajo hacia arriba. Para este efecto se requiere vaciar el concreto con buena fluidez, por una manguera o tubo que se desplace paulatinamente desde el fondo hacia arriba a medida que el hueco se llene.

A medida que el hueco se llena es necesario vibrar el concreto manualmente con una varilla, de tal forma que no queden vacíos, para que el concreto quede monolítico. El hueco debe llenarse hasta la boca, a nivel de superficie.

7.5.4. Condiciones para el recibo de los trabajos

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

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

b. Verificar que las excavaciones verdaderamente tengan las dimensiones mínimas requeridas.

c. Vigilar que la perforación tenga el diámetro apropiado y llegue al nivel de roca.

d. Impartir la aprobación para instalar el refuerzo y fundir el pilote, previa comprobación de que la perforación llegó al nivel de roca meteorizada.

e. Supervisar la correcta instalación del refuerzo y fundición del concreto. El diseño de la mezcla de concreto debe ser previamente aprobado por el Interventor.

f. Comprobar la calidad del concreto mediante toma de 2 cilindros en una mezcla de prueba con el diseño aprobado y posteriormente con toma de 2 cilindros cada 6 pilotes para controlar la calidad. Los cilindros deben ensayarse a los 7 días y hacer la proyección teórica a los 28 días.

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

- **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias:** Las condiciones para aceptar el trabajo son las siguientes:

a. 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.

b. Calidad del concreto: Se deben ensayar los cilindros y comprobar así la calidad del concreto. La tolerancia de cumplimiento de resistencia es del 90%, menos de esa cifra es inaceptable y por lo tanto, los piotes que estén por debajo de ese límite de tolerancia no pueden ser aprobados y deberá el Contratista a su costa construir nuevos pilotes que los reemplacen, pegados a los pilotes que incumplieron.

c. Calidad del producto terminado: El Interventor aceptará todos los pilotes que cumplan con los requisitos de calidad y estén construidos de acuerdo con los planos, y sus instrucciones.

7.5.5. Medida y pago

La unidad de medida de los pilotes preexcavados es el metro lineal (ml) con aproximación a una décima de metro, medidos con la profundidad de la perforación tomada desde la superficie del terreno.

La excavación superficial se medirá por metro cúbico (m^3) de tierra removido y debidamente retirado y transportado al botadero o acopio temporal de cespedones. El volumen incluye la capa vegetal.

El pago comprende todos los gastos en que incurre el Contratista para realizar el trabajo terminado y debidamente aceptado por el Interventor. Entre otras cosas incluye transportes, traslados locales, alquiler de equipos, perforación, insumos de perforación, reperforaciones, concreto, aditivos, acero, mano de obra, AIU.

7.5.6. Ítems de pago

1	-	Excavación manual	(m^3)
6	-	Pilotes preexcavados, D=0.20 m	(ml)

7.6. MUROS DE CONCRETO

7.6.1. Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de los muros de concreto proyectados, tanto en la corona como en la pata del talud. El muro de la corona es de concreto común reforzado, cimentado sobre pilotes y el de la pata es de concreto ciclópeo.

7.6.2. Materiales

- **Concreto común:** 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.

- **Concreto ciclópeo:** Consiste en un concreto de 18 MPa (2.500 psi) de resistencia mínima a la compresión a los 28 días, adicionado con piedras sanas,

limpias, resistentes y durables hasta en un volumen igual del 35% del volumen total del concreto. Cada piedra deberá quedar rodeada de una capa de concreto con un espesor mínimo de 0.05 m.

- **Acero de refuerzo**: Está constituido por varillas corrugadas de los diámetros indicados en los planos u ordenados por el Interventor.

El acero de refuerzo debe tener un límite de fluencia mínimo de 420 MPa (60.000 psi) y debe cumplir con la Norma ICONTEC 2000 y demás normas ICONTEC que le son inherentes, particularmente las relacionadas con acero de refuerzo.

- **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).

7.6.3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

- **Muro de corona:** El muro de corona está proyectado para contrarrestar movimientos horizontales que se puedan presentar en los cimientos de las casas construidas en la parte superior del talud. Por tal motivo, en la construcción del muro debe procederse con sumo cuidado para no afectar las cimentaciones por el retiro del confinamiento lateral que actualmente tienen.

Las excavaciones para construir el muro de corona sólo pueden realizarse después de que se hayan construido los pilotes. De otro lado, como los cimientos de las casas no están al mismo nivel, notándose diferencias incluso en casas vecinas, no es posible construir el muro continuo sino escalonado, de tal forma que en cada cimiento de edificación, el muro cumpla con su objetivo de proporcionarle confinamiento lateral a esa casa.

Para el efecto, el muro se debe construir pegado al cimiento de cada casa, con un nivel de cimentación igual al nivel de cimentación de la casa. No se puede excavar en tramos largos porque se corre el riesgo de desestabilizar el cimiento de la casa. Por tal motivo, los tramos no deben superar 2.5 m y procederse cumpliendo con la siguiente secuencia:

En primer lugar debe indagarse mediante un apique el nivel de cimentación de cada casa para establecer la cota de excavación con el fin de construir el muro.

Establecida la cota de cimentación (es la misma del nivel de cimentación de la casa), se procede a excavar manualmente el material térreo en un trayecto no superior a 2.5 m a lo largo del cimiento.

Una vez excavado en ese sitio, se procede a demoler la parte de pilotes que sobrepasa el nivel de cimentación del muro a construir, hasta lograr que empalme bien con la placa de piso del muro.

Luego, en ese tramo se instala el hierro y la formaleta para el muro. La instalación del hierro de refuerzo debe cumplir con las exigencias de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998 (NSR-98), en especial con el Artículo C.7.7, relativo a recubrimiento del refuerzo.

Por ultimo se funde el concreto de ese tramo de muro, dejando la junta de construcción con las varillas salidas para después continuar con el siguiente tramo.

Puesto que son desconocidos los diferentes niveles de cimentación de las casas con respecto al terreno existente, no se descarta que en cimientos poco profundos la altura del muro abarque no solo el cimiento sino también parte del muro de ladrillo.

El Interventor vigilará el cumplimiento de la secuencia y podrá establecer correctivos, a medida que el trabajo avance, siempre cumpliendo con el propósito de mantener la estabilidad de las edificaciones existentes.

- **Muro de pata:** El muro de pata, que es de concreto ciclópeo, sólo podrá construirse cuando se terminen las excavaciones del talud, se concluya la demolición del muro de gaviones y se retire todo el material suelto que pueda haber en el sitio donde se va a construir el muro.

Luego de esto se procederá a realizar las excavaciones suficientes para que el muro pueda cimentarse en el sitio definido en los planos o modificado por el Interventor. El piso de cimentación debe ser en terreno firme, debidamente aprobado por el Interventor.

Luego se procede a colocar las formaletas y fundir el concreto del muro. En la colocación del concreto ciclópeo las piedras se depositarán con cuidado, sin dejarlas caer ni arrojarlas, para evitar que se ocasionen daños a las formaletas o a la mampostería adyacente. Todas las piedras deberán lavarse y saturarse en agua antes de su colocación. Deben tomarse las precauciones necesarias para asegurar que todas las piedras queden embebidas en el concreto.

Luego de construirse el muro, dejando los lagrimales proyectados u ordenados por el Interventor, se procede a realizar el relleno con material seleccionado, colocando entre el relleno y el muro dos (2) capas de geotextil no tejido (NT 2000 o similar), las cuales servirán de filtro para que el agua pueda circular hacia los lagrimales.
Luego de colocado el relleno, debidamente compactado, se procede a construir la cuneta revestida proyectada.

7.6.4. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles:** En la construcción de los muros el Interventor exigirá que las excavaciones en tierra queden correctamente realizadas, cumpliendo con las cotas establecidas en los planos u ordenadas por el Interventor.

En el muro de pata es necesario controlar que el terreno de cimentación sea firme, exento de materiales blandos, deleznables o fluyentes.

El vaciado de concreto debe estar supervisado por el Interventor, vigilando que se cumpla con las normas establecidas, incluyendo la correcta vibración.

- **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 obras cuyas características correspondan a las indicada en los planos y/o establecidas por él.

Tampoco aceptará trabajos terminados con variaciones apreciables en las dimensiones establecidas en los planos u ordenadas específicamente. Las deficiencias, que a juicio del Interventor deban ser corregidas, correrán por cuenta del Constructor.

7.6.5. Medida y pago

Las unidades de medida en los diferentes componentes de la obra serán:

El metro cúbico (m^3) para los concretos, común y ciclópeo, con aproximación a una décima.
El metro cúbico (m^3) para la excavación manual, con aproximación a una décima.
El metro cúbico (m^3) para el relleno de material seleccionado, con aproximación a una décima.
El metro cuadrado (m^2) para cada capa de geotextil no tejido, con aproximación a una décima.
El kilogramo (kg) para el acero de refuerzo, con aproximación a una décima

El pago se efectuará para cada parte de la obra debidamente terminada y aprobada, construida de acuerdo con los planos y/o las instrucciones del Interventor.
Los precios unitarios deben considerarse como la total compensación por todos los gastos en que incurra el Contratista para ejecutar las obras a completa satisfacción del Interventor. Entre otras cosas el precio unitario incluye equipos, materiales, aditivos, mano de obra, cargue, transporte y descargue 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. Los precios unitarios también incluyen el AIU.

7.6.6. Ítems de pago

1 – Excavación manual	(m^3)
3 – Relleno de material seleccionado	(m^3)
7 – Concreto de 21 Mpa	(m^3)
8 – Concreto ciclópeo	(m^3)
9 – Acero de refuerzo	(kg)
11 – Geotextil no tejido	(m^2)

7.7. DEMOLICIONES

7.7.1. Descripción

Este trabajo consiste en la demolición de estructuras existentes en las zonas donde se han de construir las obras objeto del contrato y la remoción, cargue, transporte y disposición o el desecho de los materiales demolidos, en áreas aceptadas por el Interventor. El trabajo puede comprender la demolición parcial o total de elementos estructurales. De acuerdo con los diseños, los trabajos de demolición se concentran en cabezas de pilotes y muros de gaviones, además de los que resulten en desarrollo del contrato y sean ordenados por el Interventor.

7.7.2. Ejecución de los trabajos

- **Cabezas de pilotes:** Puesto que antes de construir el muro de corona se han fundido los pilotes, se necesita demoler la parte de pilotes que queda por encima del nivel de cimentación del muro. En esencia la demolición comprende concreto y acero de refuerzo.

El Contratista no podrá emprender la demolición de ningún pilote sin previa autorización del Interventor, quien definirá el alcance del trabajo de demolición y dará la aceptación a los procedimientos propuestos por el Contratista. Tal autorización no eximirá al Contratista de su responsabilidad por las operaciones de demolición ni por la seguridad de construcciones y personal.
El Contratista será responsable de todo daño que se derive de los trabajos realizados, directa o indirectamente, a las personas o construcciones vecinas.

La demolición debe hacerse de manera que produzcan la mínima molestia a los habitantes de las zonas próximas a la obra. El Contratista debe proveer el

aislamiento de las áreas objeto de los trabajos de demolición, para evitar la presencia de personal ajeno a la ejecución de los trabajos.

La demolición de cada cabeza debe hacerse de tal manera que el acero y concreto de los pilotes pueda unirse con el acero y concreto de la base del muro, tal como aparece en los planos.

Para la demolición puede utilizarse martillo neumático o cualquier otro equipo que produzca los mismos efectos y seguetas para cortar los hierros. No se admite el uso de explosivos o pólvora.

- **Muro de gaviones:** El muro de gaviones sólo podrá demolerse después de concluir los trabajos de excavación del talud. Para el efecto se procederá a cortar los alambres y retirar ordenadamente las piedras para lavarlas y almacenarlas temporalmente en algún lugar con el fin de utilizarlas luego en el muro de concreto ciclópeo, rellenos y sendero peatonal.

Los trabajos de demolición deben realizarse ordenadamente sin causar malestar a los habitantes de la zona y contarse con la autorización del Interventor, quien también estará vigilante en el desarrollo de los trabajos

Todo el trabajo de demolición debe realizarse manualmente. No se admite la utilización de equipo, tales como retroexcavadoras o rompedoras.

7.7.3. Manejo de residuos

Los residuos producidos por la demolición deberán disponerse ordenadamente en algún acopio temporal, si pueden ser reutilizados; o recogerse y transportarse al botadero si no tienen utilidad para la obra.

7.7.4. Medida y pago

Para las demoliciones de esta Especificación se considerarán las siguientes unidades:

La unidad (U) por cada cabeza de pilote demolido, que sobresalga de la base del muro de corona, sin considerar la magnitud o longitud de demolición.
El metro cúbico (m^3) de gavión demolido, aproximado a una décima.
El pago se realizará por cada demolición realizada, incluyendo la disposición de escombros en el botadero o sitio de acopio temporal.

El Pago es la remuneración completa por la ejecución de los trabajos a satisfacción del Interventor, cumpliendo con los requisitos establecidos. El precio unitario incluye equipos, transportes, insumos, mano de obra y en general todos los gastos en que

deba incurrir el Contratista para la correcta ejecución de los trabajos, lo mismo que el AIU.

7.7.5. Ítems de pago

12 – Demolición cabezas de pilotes (U)
13 – Demolición muro de gaviones (m^3)

7.8. CUNETAS REVESTIDAS

7.8.1. 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.

7.8.2. 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:** Se utilizará malla electrosoldada de 420 MPa de limite de fluencia, de tipo Q-4 de Concremalla o similar.

7.8.3. 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.

7.8.4. Condiciones para el recibo de los trabajos

- **Controles:** El Interventor exigirá que las excavaciones en tierra queden correctamente acondicionadas, 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.

7.8.5. 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.

7.8.6. Ítem de pago

14 – Cunetas revestidas	(ml)
2 – Excavación manual	(m^3)

7.9. OBRAS DE DESAGÜE

7.9.1. 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 grande, dos pequeñas y una tubería con sus accesorios.

7.9.2. 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 cocida, 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 8” 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.

- **Rejilla de varillas:** En la entrega de las cunetas a las cajas es necesario colocar una rejilla, fabricada con varillas de ½", con separación de 1 ½" para evitar que caigan a la caja fragmentos de roca, madera o basura.

- **Refuerzo:** El refuerzo a utilizar en las placas debe ser de 420 MPa de límite de fluencia.

7.9.3. Equipo

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

7.9.4. Ejecución de los trabajos

En el punto final del drenaje-filtro y 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.

En su paso por la cuneta de la pata del talud, es necesario tomar esas aguas mediante una "T" y conducirlas junto con las de la caja al pozo de alcantarillado.

Puesto que la cuneta de la pata es necesario interceptarlas hacia la parte final para llevarlas a la "T", es necesario conducirlas en el último trayecto por un tubo, también de 8" de diámetro para entregarlas.
Estos trabajos deben hacerse cuando ya se hayan construido todas las demás obras.

Para empalmar con el pozo de alcantarillado urbano es necesario romper un pequeño tramo de pavimento. Por tal razón, una vez sea instalado el tubo se requiere reparar el pavimento, y el sardinel, dejándolo en las mismas condiciones como estaba antes de instalar el tubo.

7.9.5. 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 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.

El precio de la tubería de PVC debe incluir el material de cimentación de la tubería, atraques que se requieran y las reparaciones con sus materiales, equipos y mano de obra, que deben efectuarse en el pavimento, andenes y sardineles; lo mismo que las uniones y demás aditamentos, incluyendo la "T" de la cuneta de la pata.

El precio de las cajas debe incluir las rejillas de varilla.

Haciendo esta aclaración, adicionalmente los precios unitarios deben considerarse como la total compensación por las excavaciones, carga, 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.

7.9.6. Ítems de pago

2 – Excavación manual	(m^3)
5 – Tubería de PVC D=8"	(ml)
15 – Caja hidráulica grande	(U)
16 – Caja hidráulica pequeña	(U)

7.10. VEGETALIZACIÓN

7.10.1. Descripción

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

7.10.2. 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 vegetal, 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.

7.10.3. Equipo

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

7.10.4. 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.

7.10.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

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

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

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

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

d. 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 se deberá encontrar podada a satisfacción del Interventor.

7.10.6. 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.

7.10.7. Ítem de pago

17 – Empradización (m^2)

7.11. SENDERO PEATONAL

7.11.1. Descripción

Este trabajo comprende la construcción del sendero peatonal de piedra pegada que aparece en los planos o donde lo indique el Interventor.

7.11.2. Materiales

Para la construcción del sendero se necesitan los siguientes materiales.

- **Piedra:** La piedra que se utilice para la obra debe ser de roca sana, dura, no meteorizada, de arenisca o caliza, con las dimensiones apropiadas, dependiente de los espesores establecidos en los planos. No se admite la utilización de arcillolita, limolita o lutita. Puede utilizarse el material proveniente de la demolición de los gaviones.

- **Mortero:** El mortero está constituido por arena lavada, cemento y agua, mezclados de tal manera que su resistencia a los 28 días no sea inferior a 21 MPa, que cumpla con las Normas ICONTEC.

7.11.3. Ejecución de los trabajos

Los trabajos se inician con la excavación necesaria para acomodar el sendero, ajustándolo al relieve y escalonándolo de tal manera que se pueda construir un sendero con la altura de paso no superior a la establecida en los planos. En la excavación debe tenerse en cuenta la cañuela que recogerá el agua de lluvia.

Luego de la excavación se procede a mejorar el terreno de cimentación mediante el apisonamiento de la superficie para que las piedras pegadas no sufran posteriores desplazamientos o asentamientos excesivos.

Una vez esté el terreno preparado se procede a colocar las piedras, pegándolas con mortero y rellenando en la misma forma los vacíos observables, buscando crear una masa cohesionada. El sendero se compone de placas de piedra pegada con longitud variable, más o menos horizontales, separadas por escalones de altura uniforme.

La superficie del sendero debe quedar lo más pareja posible, sin protuberancias que puedan producir tropezones en los transeúntes.

Hacia la parte lateral del sendero es necesario hacer una cañuela que recoja las aguas de lluvia y las lleve hacia la parte inferior del sendero sin que se produzca

erosión del material térreo. Esa cañuela debe quedar revestida con mortero de la misma calidad utilizada para pegar las piedras.

7.11.4. Medida y pago

La medida del sendero será el metro lineal (ml) de sendero construido, tomado horizontalmente, por el eje central, con el ancho indicado en los planos o determinado por el Interventor, incluyendo también la cañuela de recolección de aguas lluvias, la cual no tendrá pago por separado.

Las excavaciones se medirán por metro cúbico (m^3), con aproximación de un decimal, de material removido para acomodar el sendero y sus obras de drenaje.

El pago comprende los equipos, herramientas materiales, mano de obra, insumos, transportes, necesarios para construir el sendero y su cañuela. También el pago incluye el AIU y demás gastos en que deba incurrir el Contratista para ejecutar la obra, de acuerdo con los planos e instrucciones, a satisfacción de la Interventoría.

7.11.5. Ítems de pago

2 – Excavación manual	(m^3)
18 – Sendero peatonal	(ml)

8. CONCLUSIONES

Realizados los estudios y diseños, se pueden formular las siguientes conclusiones:

- El talud estudiado tiene evidencias visibles de inestabilidad, manifestadas con agrietamientos del terreno y fisuramiento de las casas del Barrio Socorro III Sector en la parte aledaña a la corona del talud.

- Geológicamente el talud se encuentra en arcillolitas de la Formación Regadera, las cuales en su parte más superficial están meteorizadas y cubiertas por arcillas deluviales y rellenos arcillosos. El nivel de roca se encuentra a profundidades que oscila entre 2.5 y 5.5 m.

- Luego de las evaluaciones, se dedujo que el terreno inestable corresponde a rellenos arcillosos y algo de materiales deluviales, en profundidades que no superan 2.0 m.

- El detonante de la inestabilidad es el agua de escorrentía y residuales descargadas por las casas del Barrio Socorro III Sector, construidas en la corona.

- El análisis de alternativas dio como resultado que las obras más apropiadas y que se diseñaron, corresponden al retiro del material inestable y construcción de un muro sobre pilotes para darle confinamiento a las casas de la corona, además de obras de drenaje subsuperficial, junto con un muro de pata para reemplazar el muro de gaviones que se destruyó.

- El diseño realizado favorece directamente la estabilidad de 9 viviendas, habitadas por 13 familias, con un total de 76 personas. También se favorece la vía peatonal de la Urbanización Francisco Vega, ubicada en la pata del talud.

9. RECOMENDACIONES

De acuerdo al desarrollo del presente proyecto se plantean las siguientes recomendaciones:

- La obra más delicada de construir es el muro sobre pilotes, porque se corre el riesgo de inestabilizar alguna casa si no se toman las precauciones del caso. Por tal motivo, se estableció para este caso una secuencia de construcción, la cual debe respetarse para construir las obras con la prudencia necesaria.

- Se recomienda que la DPAE oficie a los propietarios de las casas del Barrio Socorro III Sector, para que no construyan áreas de vivienda por debajo de las cotas que permiten evacuar las aguas negras al alcantarillado de la EAAB de la Diagonal 49 D Sur, con el fin de que no se sigan descargando esas aguas al talud. También debe solicitarse que se sellen las puertas de las casas al talud para evitar circulación de personas en esa área.

- Para que las obras tengan la efectividad deseada es necesario que se suspenda la práctica de evacuar aguas residuales y desechos al talud, y se haga la limpieza periódica de las obras de drenaje superficial.

BIBLIOGRAFÍA

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. Diagnóstico técnico No. DI - 460. Colombia.: DPAE, 1998.

_____ Diagnóstico técnico No. DI – 684. Colombia.: DPAE, 1999.

_____ Diagnostico técnico No. DI – 1564. Colombia.: DPAE, 2002.

_____ Diagnóstico técnico No. DI – 1646. Colombia.: DPAE, 2002.

_____ Diagnóstico técnico No. DI – 2836. Colombia.: DPAE, 2006.

_____ Estudios de riesgos por remoción en masa y diseños detallados de las obras de control, protección y estabilización en el Barrio Triunfo Sur, localidad de Rafael Uribe Uribe de la Ciudad de Bogota D.C. Colombia.: DPAE, Ingemetrica Ltda., 2002.

GONZÁLES VALLEJO, Luís; FERRER, Mercedes; ORTUÑO, Luís y OTEO, Carlos. Ingeniería geológica. Madrid, Pearson educación, 2002. 744 p.

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

GUNARATNE, Manjriker. The foundation engineering handbook. Boca Ratón, Taylor & Francis, 2006. 608 p.

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

_____ Identificación y evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en Masa y diseños detallados para estabilizar el antiguo escarpe de explotación – Barrio Luís López de Mesa. Colombia.: UPES, Indesa Ltda., 2000.