

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	DESCRIPCIÓN DEL CONTRATO	1
3	DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO	2
3.1	Sitio 1 – La Paz- Centro.	3
3.1.1	Descripción del Problema	3
3.1.2	Exploración del subsuelo	3
3.1.3	Perfil Geotécnico Promedio	3
3.1.4	Medidas Correctivas Propuestas	4
3.1.5	Presupuesto de ejecución	4
3.2	Sitio 2 – Juan José Rondón	5
3.2.1	Descripción del Problema	5
3.2.2	Exploración del subsuelo	5
3.2.3	Perfil Geotécnico Promedio	5
3.2.4	Medidas Correctivas Propuestas	6
3.2.5	Presupuesto de ejecución	7
3.3	Sitio 3 – Valles de Cafam	8
3.3.1	Descripción del Problema	8
3.3.2	Exploración del subsuelo	8
3.3.3	Perfil Geotécnico Promedio	9
3.3.4	Medidas Correctivas Propuestas	9
3.3.5	Presupuesto de ejecución	10
3.4	Sitio 5 – Villas del Recuerdo – Muro de Llantas	11
3.4.1	Descripción del Problema	11
3.4.2	Exploración del subsuelo	11
3.4.3	Perfil Geotécnico Promedio	12
3.4.4	Medidas Correctivas Propuestas	12
3.4.5	Presupuesto de ejecución	13
3.5	Sitio 6 – Villas del Recuerdo – Talud deslizado.	14
3.5.1	Descripción del Problema	14
3.5.2	Exploración del subsuelo	14
3.5.3	Perfil Geotécnico Promedio	14
3.5.4	Medidas Correctivas Propuestas	15
3.5.5	Presupuesto de ejecución	16
3.6	Sitio 7 – Juan Pablo Segundo–Sector Gran Chaparral	17
3.6.1	Descripción del Problema	17
3.6.2	Exploración del subsuelo	17
3.6.3	Perfil Geotécnico Promedio	18
3.6.4	Medidas Correctivas Propuestas	18
3.6.5	Presupuesto de ejecución	19
3.7	Sitio 10 – Lucero Medio	20
3.7.1	Descripción del Problema	20
3.7.2	Exploración del subsuelo	21
3.7.3	Perfil Geotécnico Promedio	21
3.7.4	Medidas Correctivas Propuestas	22
3.7.5	Presupuesto de ejecución	22

LISTA DE TABLAS

TABLA 2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTAS DEL CONTRATO	2
TABLA 3.1 SITIOS CON DISEÑOS DE OBRAS.	2
TABLA 3.2 VALOR DE LAS OBRAS CORRECTIVAS PROPUESTAS.	23

INFORME FINAL

1 INTRODUCCIÓN

El FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ- FOPAE suscribió con el CONSORCIO IGR el contrato de consultoría CONS 453 de 2004 para la “Elaboración de Diseños de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios afectados por emergencias debido a la reciente temporada de lluvias, con prioridad en la Localidades de Ciudad Bolívar, Usme y Rafael Uribe Uribe de Bogotá D.C.”.

En el presente informe se resumen los resultados de los estudios realizados en cada uno de los sitios evaluados, incluyendo una descripción del problema, las soluciones propuestas y el presupuesto de ejecución de las obras. Adicionalmente se hace una breve descripción de los principales aspecto de la ejecución del presente contrato.

La localización de los trabajos de exploración, los resultados de los ensayos de laboratorio y los análisis realizados pueden consultarse en el informe de diseño para cada uno de los sitios.

2 DESCRIPCIÓN DEL CONTRATO

El presente estudio se llevo a cabo bajo el contrato de consultoría No. CONS. 453 de 2004 firmado el día 10 de diciembre de 2004 entre la Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá – FOPAE actuando como Contratista y el Consorcio IGR en Calidad de Contratista por un valor de \$84'999.95 incluido IVA y con un plazo de ejecución de 4 meses.

Dicho contrato tuvo una adición mediante el Contrato Adicional No.1 al Contrato de Consultoría No. 453 de 2004 celebrado con le Consorcio IGR el día 7 de febrero de 2005 en la cual se incluyen los precios unitarios de Perforación en Roca (rotación), lavado sobre Tamiz 200 y Carga Puntual.

Finalmente el día 29 de abril de 2005 se firmó la modificación No. 2 al contrato de Consultoría No. CONS. 453 de 2004 celebrado entre el Consorcio IGR y el fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá D.C. el cual se modifica el plazo del contrato extendiéndolo hasta el día 28 de junio de 2005.

Dentro del desarrollo del contrato se firmaron dos actas de recibo parcial y una de recibo final las cuales tuvieron los contenidos resumidos a continuación:

Acta	Sitio	Barrio	Fecha de Entrega	Fecha de Aprobación	Valor del Estudio
Parcial No. 1	1	La Paz centro	20-01-05	31-01-05	\$9'721.380
	2	Juan José Rondón	28-01-05	31-01-05	\$10'880.140
	5	Villas del Recuerdo	28-01-05	30-01-05	\$11'024.640
Parcial No. 2	3	Valles de Cafam	29-03-05	07-04-05	\$10'361.584
	7	Juan Pablo II Sector Gran Chaparral	29-03-05	07-04-05	\$9'372.336
Recibo Final	6	Villas de Recuerdo	27-05-05	01-06-05	\$9'795.968
	10	Lucero Medio	30-06-05	31-07-05	\$23'830.344

Tabla 2.1 Descripción de las actas del Contrato

De acuerdo con la anterior el contrato de consultoría tuvo un valor de \$ 84'986.356 y un plazo de ejecución de 6 meses.

3 DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

Durante la ejecución del proyecto, se efectuó una visita de reconocimiento a 11 sitios en las diferentes localidades de la ciudad, de los cuales, de acuerdo con las prioridades del DEPAE, se efectuaron trabajos de diseño para los nueve 9 sitios que se relacionan en la Tabla 3.1

Sitio	Localidad	Barrio	Diagnóstico Técnico
1	Santa Fé	La Paz Centro	DI-2196
2	Ciudad Bolívar	Juan José Rondón	DI-2213
3	Usme	Valles de Cafam	DI-2199
5	Rafael Uribe Uribe	Villas de Recuerdo – Muro de Llantas	DI-2018
6	Rafael Uribe Uribe	Villas de Recuerdo – Talud Deslizado	-
7	Ciudad Bolívar	Juan Pablo Segundo–Sector Gran Chaparral	DI-2019
10	Ciudad Bolívar	Lucero Medio	DI-2069

Tabla 3.1 Sitios con diseños de obras.

A continuación se describen cada una de las principales características de los sitios de estudio.

3.1 Sitio 1 – La Paz- Centro.

3.1.1 Descripción del Problema

El día 16 de noviembre después de una fuerte temporada de lluvias un tramo de aproximadamente 10 metros de longitud con altura entre 2.25 y 3.30m falló sobre la avenida circunvalar. Debido al deslizamiento del terreno soportado se afectó parte del muro de cerramiento (costados occidental y sur) y el patio anterior de la vivienda.

La zona trabajada hace parte de la Sierra de Bogotá, específicamente en el Piedemonte del Cerro de Monserrate y presenta una morfología de ladera con pendientes que varían entre 15° y 45°. El sitio de estudio se encuentra sobre depósitos antrópicos de carácter arcilloso que cubren las arcillolitas multicolores de la Formación Bogotá. En la parte alta de la ladera afloran areniscas de la Fm. Cacho.

3.1.2 Exploración del subsuelo

Los trabajos de campo consistieron en una visita al sitio del estudio con la que se reconoció de manera preliminar las características del proyecto y se realizaron tres sondeos manuales, un sondeo mecánico y un apique. Con las muestras obtenidas se realizaron los siguientes ensayos de clasificación y resistencia al corte. El número de ensayos ejecutados son:

• Contenido de humedad natural	:	17
• Granulometría	:	5
• Límites de consistencia	:	14
• Peso Unitario	:	7
• Ensayo de compresión inconfiada	:	5
• Corte Directo	:	2

3.1.3 Perfil Geotécnico Promedio

A partir de la información obtenida en las actividades de exploración del subsuelo y de ensayos de campo y laboratorio, se elaboró el perfil estratigráfico que hasta la profundidad explorada se tienen las siguientes capas:

De 0.0m a 0.80/1.80m se encuentra un relleno arcillo limoso de color gris con algunos escombros de construcción, humedad media compacidad media.

De 0.80/1.80 a 8.60 Arcillolita de color gris oxidada con tonos rojizos consistencia dura, con algunas intercalaciones de arenisca muy meteorizada.

3.1.4 Medidas Correctivas Propuestas

Como estructura de contención se propone la construcción de un muro de concreto reforzado y un sistema de drenaje de las aguas subterráneas o infiltradas.

Dada las características de los taludes y la presencia de viviendas en las proximidades las obras se deben realizar en el menor tiempo posible. Para lo cual no se debe iniciar los trabajos antes de todos los materiales disponibles necesarios para la ejecución de los trabajos.

Como parte vital de la construcción del muro se debe evitar el contacto de los materiales con el agua. Así como es fundamental la construcción del sistema de drenaje para evitar las presiones de agua infiltrada en el material de relleno y el terreno natural.

3.1.5 Presupuesto de ejecución

El valor de las obras propuestas como medidas correctivas es de \$ 48'745.364 incluido un AIU de 25 %, donde se incluye los trabajos de demolición, excavación, concretos, filtros y rellenos granulares.

3.2 Sitio 2 – Juan José Rondón

3.2.1 Descripción del Problema

En la visita de reconocimiento al sitio del proyecto, se evidenciaron los problemas de colmatación en las obras de drenaje y cobertura superficial en la parte superior de la protección con mortero.

La estructura de drenaje localizada en la parte superior de la ladera, aunque no evidencian falla estructural, si presentan problemas de colmatación y erosión en sus inmediaciones. Por otro lado el recubrimiento de malla mortero en la parte baja del talud, así como la empradización con cespedón presentan problemas de desprendimiento lo que genera presencia de materiales deslizados en la parte inferior de la ladera, evento que afecta actualmente dos viviendas próximas localizadas en la Calle 68A Sur con Carrera 20A. Lo anterior, de acuerdo con información suministrada por el DEPAE, son evidencias de un fenómeno de remoción en masa que se generó en la temporada de lluvias pasada.

3.2.2 Exploración del subsuelo

Los trabajos de campo consistieron en una visita al sitio del estudio en la que se reconocieron de manera preliminar las características del proyecto y se realizaron cuatro trincheras (TR-1 a TR-4).

Sobre las muestras obtenidas de las trincheras ejecutadas se realizaron ensayos de clasificación y resistencia al corte. A continuación se discrimina el número de ensayos ejecutados:

• Contenido de humedad natural	:	8
• Granulometría	:	1
• Límites de consistencia	:	7
• Peso Unitario	:	7
• Ensayo de compresión inconfiada	:	3
• Corte Directo en condición saturada	:	3
• Carga Puntual	:	1

3.2.3 Perfil Geotécnico Promedio

La zona trabajada hace parte de la zona del Piedemonte sur de Bogotá, específicamente en la zona media-baja de la ladera. Presenta una morfología de ladera estructural-denudacional con pendientes que varían entre 15 y 30° en las zonas no intervenidas y con taludes de corte en algunas zonas próximas a viviendas con inclinaciones entre 45 y 60° (con algunos segmentos sub-verticales). El punto de falla del concreto lanzado se encuentra sobre suelos residuales arcillosos formados a partir de la meteorización de las arcillolitas del miembro medio de la Formación Guaduas.

Los principales materiales encontrados en los trabajos de exploración fueron:

- **Material 1:** Suelo residual de arcillolita compuesto por arcilla arenosa fisurada de color gris claro con oxidaciones, de humedad baja y plasticidad media.
- **Material 2:** Bloques de arenisca embebidos en una matriz arcillosa de color habano que presenta plasticidad alta.
- **Material 3:** Arcillolita de color gris claro fisurada y muy oxidada. Presenta consistencia media a firme.
- **Material 4:** Arenisca rojiza, muy fracturada.
- **Material 5:** Relleno heterogéneo suelto compuesto por arcilla limosa con escombros.

3.2.4 Medidas Correctivas Propuestas

Las obras recomendadas para la estabilización de la zona de estudio se discriminaron en prioritarias y secundarias de acuerdo con la inminencia de su realización y el nivel de amenaza que la inestabilidad impone en las diferentes zonas del área tratada.

Obras Prioritarias

Con el fin de incrementar el factor de seguridad del talud en el sitio de la actual protección, con base en los resultados de los análisis realizados, se propone reconformar la parte alta del talud con una inclinación de 1V:1.75H y la revegetalización de la superficie de corte a fin de evitar la erosión del terreno y el ablandamiento de los materiales.

Aunque los análisis muestran que la conformación de la parte alta del talud es suficiente para incrementar los niveles de estabilidad a valores adecuados, sin necesidad de estructuras de contención se considera indispensable mantener la protección superficial a fin de evitar el ablandamiento de los materiales arcillosos.

Como protección superficial en la zona occidental del talud donde la actual protección se encuentra destruida se propone la conformación de una retícula de vigas y columnas de concreto reforzado y llenando los espacios interiores con malla de polipropileno rellena con grava. Para la parte superior del recubrimiento del costado oriental se propone el sellado de la dilatación que existe el contacto entre el andén y la protección.

Para el control de la caída de bloques se propone como obra prioritaria el retiro de bloques sueltos y el control de las aguas de escorrentía para disminuir la infiltración, mediante la construcción de una cuneta que recoja la escorrentía de la parte alta del talud y la conduzcan hacia las cunetas existentes.

Adicionalmente, y como complemento a estas medidas se propone la construcción de cortaflujos o de encauzadores o direccionadores del flujo, sobre la parte de la cuenca de la margen derecha de la cuneta No. 2; adicionalmente, la construcción de dos canales adicionales, el primero que capte la aguas de la parte noroccidental del área, y la conduzca hasta la cuneta N 1. y el segundo que capte las aguas de la zona occidental de la reconformación y la lleve hasta la cuneta No. 3.

Los direccionadores de flujo consisten en bolsas de polipropileno llenas con arena cemento o tierra cemento, colocadas sobre el terreno como se muestra en el plano 1.

Conjuntamente con las obras antes citadas, se recomienda reparar y reconstruir las estructuras de entrega de los canales en la parte baja del área y terminar la que actualmente recibe las aguas de las cunetas No. 3 y 7.

Cabe anotar que dada la erodabilidad de la zona, la posibilidad de colmatación de los canales y la susceptibilidad al deterioro de los cortaflujos es recomendable ejecutar limpiezas y mantenimientos preventivos a estas obras, y en general a todas las obras de drenaje antes del inicio de las temporadas invernales.

Obras secundarias

Luego de ejecutar las obras prioritarias y dada la posibilidad de que se presente nuevamente separación y caída de bloques desde las partes altas del talud, se propone la instalación de una malla hexagonal con agujeros de 50x70 mm y alambre de 2.7 mm de diámetro, fijada al terreno mediante pernos de varilla con diámetro 5/8" y platinas de fijación.

Por otro lado, como complemento al incremento de la estabilidad en la zona actualmente recubierta con malla-mortero, se recomienda como obra secundaria que en el momento en que la protección mencionada se deteriore, se realice una protección similar a la recomendada en las obras prioritarias y consistente en la conformación de una retícula de vigas y columnas de concreto reforzado y llenando los espacios interiores con malla polipropileno rellena con grava.

3.2.5 Presupuesto de ejecución

El valor de las obras propuestas como medidas correctivas es de \$ 19'665.713 incluido un AIU de 25 %, donde se incluye los trabajos de demolición, excavación. La retícula pernada y la malla hexagonal anclada.

3.3 Sitio 3 – Valles de Cafam

3.3.1 Descripción del Problema

En el sitio del proyecto, se evidenciaron problemas de inestabilidad originados por la socavación de la pata y posterior deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Yomasa.

De acuerdo con las observaciones de campo, el deslizamiento presenta unas dimensiones aproximadas de 20 m de largo, 12 m de ancho y una altura en el escarpe principal de 1.5 m. Es importante resaltar que debido a la dinámica propia del cauce, los materiales deslizados que en un principio obstruyeron el flujo del agua han sido retirados y transportados por la corriente. Este fenómeno se ha repetido constantemente a tal punto que en la actualidad se estima que el material localizado en el cuerpo del deslizamiento corresponde al 40% del material movilizado inicialmente.

De igual manera se pudo observar que la zona de ronda localizada en la margen izquierda de la quebrada se encuentra actualmente invadida por viviendas, y que el área frente al deslizamiento fue afectada antrópicamente para generar lo que de acuerdo con los vecinos del sector en el pasado fue un bebedero de ganado. Aparentemente en el desarrollo de dicho bebedero se generó un relleno considerable que modificó el cauce de la corriente obligándola a generar una curva que coincide en su parte externa con la pata del deslizamiento.

3.3.2 Exploración del subsuelo

La zona de estudio se encuentra hacia la parte sur de la ciudad de Bogotá, sobre una zona de pendiente suave que hace parte del valle aluvial de la quebrada Yomasa, la cual ha tenido una fuerte intervención antrópica, representada por la urbanización y la disposición de rellenos y botaderos. El substrato rocoso estaría conformado por la Formación Usme que en este sector se encuentra cubierta por depósitos recientes.

Los trabajos de campo consistieron en una visita al sitio del estudio con la que se reconoció de manera preliminar las características del proyecto; posteriormente se realizaron tres sondeos manuales denominados S-1, S-2 y S-3. Las profundidades alcanzadas en los sondeos se encuentran entre 2.0m y 8.0m, para total de 13.0m. El número de ensayos de laboratorio ejecutados es:

• Contenido de humedad natural	:	8
• Granulometría	:	8
• Límites de consistencia	:	8
• Contenido de materia orgánica	:	1
• Peso Unitario	:	6
• Ensayo de compresión inconfiada	:	4
• Corte Directo en condición saturada	:	2

3.3.3 Perfil Geotécnico Promedio

En resumen se tienen los siguientes tipos de materiales:

- **Material 1:** Relleno compuesto por arcilla limosa gris oscura con tonalidades negras, algo orgánica, de humedad media, plasticidad baja a media y consistencia blanda a media.
- **Material 2:** Arcilla limosa de color habano rojizo con algo de arena, tonalidades grises y oxidaciones, humedad natural media, plasticidad media y consistencia firme.
- **Material 3:** Arena limosa depositada por la quebrada, de color gris, humedad natural y compacidad media con presencia de raíces.

3.3.4 Medidas Correctivas Propuestas

Retiro del material movilizado

Para incrementar la estabilidad del talud se recomienda la conformación del terreno mediante el retiro de los materiales deslizados con una pendiente inicial de 13 grados y final de 33 grados como se muestra en el plano de obras correctivas.

A fin de reducir la infiltración, el arrastre de materiales y la degradación de las propiedades mecánicas de los materiales, la superficie final de corte debe ser empradizada con cespedón.

Reconstrucción de Obras de alcantarillado

De acuerdo con la reconfiguración propuesta, las obras de drenaje situadas en el costado izquierdo del deslizamiento y que en la actualidad transportan aguas negras deben ser reubicadas y rehabilitadas de acuerdo con los diseños mostrados en el plano de obras correctivas.

Se propone además la reconstrucción del pozo destruido por el movimiento y las tuberías de alcantarillado que convergen a él, aunque de acuerdo con las observaciones de campo es recomendable verificar la operación actual de esta red.

Obras de estabilización y control de socavación

En la parte baja de la reconfiguración se propone la construcción de un muro de gaviones de dos niveles, el primero de 2m de ancho con contrafuertes de 1m espaciados cada 2m que rigidicen la estructura y controlen deformaciones, y el segundo de 1m de ancho. Los detalles de localización y geometría del muro se muestran en el plano de obras correctivas.

El muro está planteado geométricamente y estructuralmente de manera que cumpla la doble función de contener la parte baja del terrazo y a la vez proteja contra socavación local el margen derecho del cauce a la altura del movimiento.

Adicionalmente se debe rellenar la parte posterior del muro de gaviones con materiales provenientes de la excavación realizada para la reconformación, como se muestra en el plano de obras correctivas.

Obras de drenaje

Como complemento al terraceo y a las obras de contención se recomienda la construcción de dos filas de drenes, la primera de consta de 5 drenes de 20m de longitud entregando a un canal de en concreto localizado en la cara del talud, el cual a su vez entrega al sistema de cajas del flanco izquierdo del deslizamiento. La segunda fila esta compuesta por 3 drenes de 30m de longitud que entregan sus aguas directamente a la quebrada pasando entre en muro de gaviones.

3.3.5 Presupuesto de ejecución

El valor de las obras propuestas como medidas correctivas es de \$ 87'786.750 incluido un AIU de 25 %, donde se incluye los trabajos de retiro del material movilizado, reconstrucción del alcantarillado, obras de estabilización y obras de drenaje.

3.4 Sitio 5 – Villas del Recuerdo – Muro de Llantas

3.4.1 Descripción del Problema

La estructura de contención en la pata del talud (calle 48D Sur con calle 12B), la conforman dos muros en llantas contiguos y con una separación entre ellos de aproximadamente 2.7m; de altura promedio de 2.3m; de longitudes de 14m y 11m, para los muros de los costados derecho e izquierdo, respectivamente. En la parte posterior de los muros existen grietas longitudinales, con escarpes de hasta 40cm y pérdida de la empedización. En el talud bajo el muro del costado Oriental se presenta desprendimiento de la cobertura vegetal y la parte superior del terreno afectando algunos de los muros exteriores de la vivienda aledaña al talud. Lo anterior, de acuerdo con información suministrada por el DPAE se generó en la temporada de lluvias pasada. Es de notar la existencia de redes de alcantarillado (pluvial y sanitario) en dirección de la pendiente pasando entre los dos muros de llantas.

3.4.2 Exploración del subsuelo

La zona trabajada hace parte de la zona de Lomas de Rafael Uribe, específicamente en la zona baja del sector norte de dichas lomas. Presenta una morfología de ladera con pendientes que varían entre 15 y 25° en las zonas sin intervención y de 45 a 60° (con segmentos de talud sub-verticales) en taludes intervenidos, sea para la extracción de arcillas como material de construcción o como talud de corte para la adecuación de terreno con fines urbanísticos. Es importante anotar que una porción de la ladera, ubicada arriba del muro de llantas se observa reconfigurada como parte de las obras y medidas de estabilización llevadas a cabo.

Los trabajos de campo consistieron en una visita al sitio del estudio con la que se reconoció de manera preliminar las características del proyecto y posteriormente se realizaron cinco sondeos manuales (S-1 a S-5) y dos trincheras (TR-1 y TR-2), cuya distribución dentro de la zona de estudio. Las profundidades alcanzadas en los sondeos se encuentran entre 1.90m y 5.45m, para total de 17.05m. Estas perforaciones se realizaron en la corona del talud, mientras que las trincheras (de 3.05 y 3.20m) entre las patas de los muros y el talud.

Sobre las muestras obtenidas de los sondeos y trincheras ejecutados se realizaron el siguiente número de ensayos de clasificación y resistencia al corte:

- | | | |
|---------------------------------------|---|----|
| • Contenido de humedad natural | : | 14 |
| • Granulometría | : | 8 |
| • Límites de consistencia | : | 10 |
| • Peso Unitario | : | 6 |
| • Ensayo de compresión inconfiada | : | 3 |
| • Corte Directo en condición saturada | : | 4 |

3.4.3 Perfil Geotécnico Promedio

En resumen se tienen los siguientes tipos de materiales:

- **Material 1:** Relleno compuesto por arcilla con arena de color habano de humedad baja, plasticidad media a alta y consistencia blanda a firme.
- **Material 2:** Arcilla y arena de color gris, humedad baja y consistencia firme a dura. La fracción fina presenta plasticidad alta a muy alta.
- **Material 3:** Arcillolita de color gris claro con arena, humedad baja, plasticidad alta y consistencia dura.
- **Material 4:** Arcilla arenosa de color gris claro, humedad baja, plasticidad alta y consistencia media.
- **Material 5:** Material de filtro conformado por gravas angulares y subangulares de humedad baja y compacidad media.

3.4.4 Medidas Correctivas Propuestas

Para incrementar la estabilidad del talud se recomienda la conformación del terreno mediante el siguiente sistema de terrazas:

- Una terraza inferior con talud 1V:2H, altura 2.5 m y ancho de berma de 1.5 m.
- Terrazas intermedias con talud 1V:1.25H, alturas entre 4 y 5 m y ancho de berma de 1.0 m.
- Talud final con inclinación de 1V:1.25H y altura variable hasta cortar la superficie del terreno actual.

Para el control de las aguas de escorrentía se debe implantar cunetas revestidas en concreto en la parte superior del talud de corte y en el costado interno de cada una de las bermas. Estas cunetas serán de sección triangular, con 0.30 m de ancho y 0.10m de profundidad y pendiente longitudinal de 0.1%, pendientes.

A fin de reducir la infiltración, el arrastre de materiales y la degradación de las propiedades mecánicas de los materiales la superficie final de corte se debe empedrar.

En el costado occidental del talud, si en el momento de realizar las excavaciones se aprecia que los cimientos de las viviendas aledañas quedan sobre el nivel del corte proyectado estos deberán prolongarse al menos 0.7 m por debajo del nuevo nivel de corte del terreno, conservando las mismas dimensiones de los cimientos existentes. Todos estos trabajos se deben realizar en el menor tiempo posible y con equipos, personal y procedimientos constructivos que garanticen la estabilidad y conservación de las viviendas.

Para la reconstrucción del acueducto se propone realizar la excavación del costado oriental hasta proximidades de las actuales redes de alcantarillado, luego se debe construir los nuevos pozos, a continuación realizar los empalmes con la red existente y finalmente completar la excavación en el costado sur incluyendo el retiro de las redes actuales.

Para la construcción de las escaleras de tránsito por la zona de las obras es necesaria la reconfiguración previa del terreno de fundación empleando material tipo B-400, de modo que sea posible inicialmente fundir la mitad de las losas escalón de por medio y una vez fraguadas las primeras fundir el resto. Lo anterior con el fin de permitir la independencia de desplazamiento cada uno de los pasos.

3.4.5 Presupuesto de ejecución

El valor de las obras propuestas como medidas correctivas es de \$ 92'691.212 incluido un AIU de 25 %, donde se incluye los trabajos de reconfiguración del terreno y reconstrucción de los sistemas de alcantarillado.

3.5 Sitio 6 – Villas del Recuerdo – Talud deslizado.

3.5.1 Descripción del Problema

Durante la visita de reconocimiento, se estableció la naturaleza traslacional del deslizamiento que afecta a la zona de estudio, y que además involucra aproximadamente unos 5000 m³ de material movilizado sobre estrados de arcillolita degradada.

Estos procesos de remoción serían a su vez favorecidos por la erosión diferencial generada entre la arcillolita que subyace estratos de litoarenitas dejando sin soporte a estas últimas. El origen de dicha erosión diferencial se explicaría con la alta humedad de la zona y la consecuente reducción de esfuerzos efectivos por el aumento de la presión de poros originada en la recarga hídrica.

3.5.2 Exploración del subsuelo

La zona de estudio se encuentra hacia la parte suroriental de la ciudad de Bogotá, sobre unos cerros de pendiente moderada que conforman la parte central del Sinclinal de Usme-Tunjuelito. Estos cerros fueron explotados intensamente en décadas pasadas debido a la presencia de material arcilloso que eran la materia prima para la elaboración del ladrillo, por esta razón es común encontrar en la zona y sus alrededores una serie de escarpes que conformaban los antiguos frentes de explotación, así como hornos, zonas planas para el acopio de material y escombreras de minería.

Los trabajos de campo consistieron en algunas visitas a la zona del estudio en las que se reconocieron de manera preliminar los alcances del estudio y se establecieron las características de la exploración del subsuelo necesaria que consistió realizaron un sondeo mecánico de 10m de profundidad (S-1), una trinchera de 8m en la cara del talud (T1) y tres sondeos eléctricos verticales (SEV1 a SEV3).

Sobre las muestras obtenidas del sondeo ejecutado se realizaron ensayos de clasificación y resistencia al corte. A continuación se discrimina el número de ensayos ejecutados:

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| • Contenido de humedad natural | : | 8 |
| • Granulometría | : | 5 |
| • Límites de consistencia | : | 8 |
| • Peso Unitario | : | 5 |
| • Ensayo de compresión inconfiada | : | 1 |
| • Corte Directo en condición saturada | : | 1 |

3.5.3 Perfil Geotécnico Promedio

En resumen se tienen los siguientes tipos de materiales:

- **Material 1:** Limo arenoso café claro a habano, humedad baja, plasticidad media y consistencia firme. Presencia de materia orgánica.

- **Material 2:** Limo arenoso color café claro, humedad baja, plasticidad ligera y consistencia dura.
- **Material 3:** Arena habana amarillosa con algo de limo y arcilla de grano medio, friable, color blanco amarilloso con trazas de óxido, humedad baja y compacidad media a alta. La fracción fina presenta plasticidad ligera.
- **Material 4:** Arcillolita gris clara con algunas tonalidades rojizas producto de oxidaciones, humedad media, plasticidad alta y consistencia firme.
- **Material 5:** Arenisca amarilla rojiza de grano medio a fino. Humedad baja (10%), y levemente fracturada.

3.5.4 Medidas Correctivas Propuestas

De acuerdo con los análisis realizados se proponen tres tipos de obras a realizar como medidas de estabilización al deslizamiento objeto del presente estudio.

Obras de descarga

Consiste en el retiro de los materiales movilizados, mediante dos niveles de terraceo en los que se pretende retirar materiales hasta la profundidad en la que aflora la arenisca de mayor competencia que subyace a la arcillolita.

De acuerdo con las características de los materiales presentes en la zona, las condiciones topográficas del área y los análisis de estabilidad adelantados, las características del terraceo deben ser de dos taludes de 4m de altura, tendidos con una pendiente de 75° sobre los cuales se apoyarán las pantallas ancladas, y dos bermas de pendiente 1H:0.25V, la superior localizada entre pantallas y la inferior situada entre el terreno natural y la pantalla inferior. En el plano 1 se muestra en planta y sección la reconformación propuesta.

Obras de Contención

Como complemento a la descarga y con el fin de contener los estratos superiores luego del desconfinamiento generado con el terraceo, se propone la realización de dos niveles de pantalla de concreto reforzado, anclada a la arenisca que subyace a la arcillolita por medio anclajes de 40 ton, separación de 4.0m y 50 m de longitud para la pantalla superior y 30 m de longitud para la pantalla inferior. Dichas pantallas deben ser construidas con llotaderos en tubería PVC de 2" localizados cada 1.5m en ambos sentidos, con el fin de evitar la concentración y empuje de aguas de infiltración en su parte posterior. En el plano 1 se muestra la localización, orientación, geometría y detalles de las obras de contención.

Obras de drenaje

Finalmente y como medida de control de saturación de los materiales que suprayacen al estrato de arenisca inferior, se propone la realización de dos baterías de drenes horizontales (uno en cada pantalla anclada) de 30 m de longitud, complementados con una serie de cunetas de coronación de 0.5 de ancho y la empradización con cespedón de los taludes expuestos luego de la reconformación. Lo anterior con el objeto es controlar las aguas de escorrentía y reducir al máximo la infiltración en la ladera. En el plano 1 se muestran las obras de drenaje plantadas, así como la zona a empradizar luego de la reconformación.

Obras de Protección superficial

Con el objeto de controlar los daños provocados por el agua de escorrentía ya sea por el arrastre de materiales en superficie, o por la saturación de subsuelo en el caso de infiltraciones, se recomienda la empradización con cespedón de las bermas generadas por la geometría del terraceo, así como todas aquellas áreas descapotadas durante la ejecución de las obras.

De otra parte y dadas las características de los taludes suroccidental de la pantalla superior y nororiental de la pantalla inferior, es necesario el recubrimiento de las áreas expuestas de dichos taludes mediante revestimiento con malla concreto, dicha protección debe ser construida con lloraderos en tubería PVC de 2" separados cada metro en ambos sentidos. En el plano 1 de obras se muestran las zonas a empradizar y recubrir.

3.5.5 Presupuesto de ejecución

El valor de las obras propuestas como medidas correctivas es de \$ 369'213.875 incluido un AIU de 25 %, donde se incluye los trabajos de reconfiguración del terreno, estructuras de contención y obras de protección superficial. Adicionalmente, se incluye la compra de los predios afectados.

3.6 Sitio 7 – Juan Pablo Segundo–Sector Gran Chaparral

3.6.1 Descripción del Problema

De acuerdo con los reconocimientos, visitas y análisis de información consignada en informes realizados con anterioridad en el área de estudio, se propone como modelo de fenómeno de remoción en masa un movimiento complejo que interrelaciona dos deslizamientos traslacionales y caída de rocas desde la parte alta de la ladera.

Proceso 1

Deslizamiento principal transaccional, que involucra areniscas fracturadas, arcillolitas grises plásticas y botaderos antrópicos localizados en la parte alta de la ladera, abajo de la zona recubierta con malla concreto pernado y de dimensiones aproximadas de 15m de longitud y espesor máximo de 2.0m

Proceso 2

Caída de bloques desde la parte más alta del talud que forma un escarpe en roca (arenisca intercalada con arcillolitas) generada por la pérdida de soporte en la pata por el desplazamiento del proceso 1.

La altura máxima de caída es de aproximadamente 3.0m y el bloque de mayor tamaño observado es de 50x40x30 cm.

Proceso 3

Los materiales provenientes del proceso 1 y 2 sobrecargaron y empujaron la parte baja de la ladera lo cual sumado a la continua infiltración de aguas lluvias y que afloran en la parte superior han facilitado el complemento de los movimientos superiores (1 y 2) con un tercer movimiento que termina en la zona baja en inmediaciones del canal.

Se propone entonces que el proceso 1 aparece como factor detonante de los procesos 2 y 3.

3.6.2 Exploración del subsuelo

El sector visitado presenta inestabilidad activa sobre rocas sedimentarias que incluyen areniscas y arcillolitas de la parte media de la Formación Guaduas, afectadas por una falla geológica que separa dos dominios estructurales, uno que buza ladera adentro (zona norte), es decir, que es favorable a la estabilidad y uno que buza aproximadamente paralelo a la ladera.

Los trabajos de campo consistieron en una visita al sitio del estudio en la que se reconocieron de manera preliminar las características del proyecto y se realizaron cinco trincheras (TR-1 a TR-5), y ocho apiques (AP1 a AP8).

Sobre las muestras obtenidas de los sondeos ejecutados se realizaron ensayos de clasificación plasticidad y resistencia al corte. A continuación se discrimina el número de ensayos ejecutados:

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| • Contenido de humedad natural | : | 3 |
| • Granulometría | : | 4 |
| • Límites de consistencia | : | 4 |
| • Peso Unitario | : | 2 |
| • Corte Directo en condición saturada | : | 1 |
| • Corte Directo a humedad natural | : | 1 |

3.6.3 Perfil Geotécnico Promedio

En resumen se tienen los siguientes tipos de suelos:

- **Material 1:** Estériles de explotación de cantera compuestos por bloques de arenisca habana embebidos en matriz limo arcillosa de plasticidad alta.
- **Material 2:** Arcillolita habana grisosa de consistencia blanda humedad natural media y plasticidad media.
- **Material 3:** Arena arcillosa café oscura de plasticidad baja, humedad natural alta y compacidad baja.
- **Material 4:** Arcillolita café oscura con tonalidades amarillas de humedad natural baja, plasticidad muy alta y consistencia firme.

3.6.4 Medidas Correctivas Propuestas

De acuerdo con la información recopilada en campo y los análisis elaborados las obras recomendadas para la estabilización de la zona de estudio.

Reconformación y empedradización

Como obras de estabilización se recomienda reconformación de la zona afectada por el movimiento mediante el retiro de los materiales sueltos hasta la parte superior de la ladera, como se muestra en el plano de obras. Dicha reconformación debe ser complementada por empedradización con cespedón no solo del la zona afectada por las obras sino en general en toda en toda el área de la ladera. Dada la alta susceptibilidad a la acción del agua de la arcillolita expuesta luego de la reconformación se recomienda mantener el menor tiempo posible el terreno expuesto antes de la empedradización y controlar las cantidades de agua empleadas para el riego del cespedón.

Obras de contención

La reconformación anteriormente mencionada debe se complementada en una primera etapa con la construcción de un muro de gaviones con contrafuertes cada dos metros diseñado con la doble función de estabilizar y drenar la masa suelta de la parte superior del talud. Dicho muro debe esta recubierto en la parte posterior con geotextil NT-2000 y

en la fundación con geomembrana PVC calibre 0.75mm de manera que conduzca el agua hasta una caja de recolección en concreto que a su vez entrega a canales flexibles.

En una segunda etapa de esta obra se recomienda la construcción de un muro de gaviones de dos niveles localizado en la zona aledaña al flanco derecho del deslizamiento con el fin de controlar la estabilidad del talud paralelo a la actual cuneta y controlar así al caída de materiales y posible falla funcional de la obra de drenaje .

De otro lado, en una tercera etapa final se propone como obra de protección de las viviendas de la parte baja ante la eventual caída de cualquier tipo de material terreo desde la parte alta, el complemento del muro de la segunda etapa hasta el talud recubierto con malla concreto perneado. Dicho muro sería construido de dos niveles y localizado paralelo a la actual cuneta en concreto.

Obras de drenaje

Finalmente y como complemento a las obras de reconformación y estabilización se recomienda la construcción de drenes horizontales de 15m de longitud en la parte alta del talud de manera que se controlen las aguas subsuperficiales que puedan aflorar.

De otro lado y como medida de control de escorrentía superficial se recomienda la construcción de una rejilla en concreto que permita la incorporación de aguas provenientes de la zona habitada en la parte superior del talud a la cuneta de concreto existente además se propone un canal perimetral flexible elaborado con bolsas de polipropileno rellenas con suelo cemento, localizado en la pata del recubrimiento actual y en los flancos del deslizamiento, así como en los descoles de los drenes hasta las obras de entrega.

3.6.5 Presupuesto de ejecución

El valor de las obras propuestas como medidas correctivas es de \$ 115'294.625 incluido un AIU de 25 %.

3.7 Sitio 10 – Lucero Medio

3.7.1 Descripción del Problema

El sector visitado presenta inestabilidad activa sobre coluviones antiguos y rocas sedimentarias que incluyen areniscas y arcillolitas de la parte media de la Formación Guaduas, afectadas por una falla geológica, al parecer satélite de la Falla de Mochuelo. La disposición estructural de las rocas es favorable a la estabilidad, aunque en ciertas porciones menores de los deslizamientos existentes se generan planos de despegue a lo largo de diaclasas y planos con estrías de fricción.

De acuerdo con los reconocimientos, visitas y exploraciones de campo realizados por el personal técnico de Ingeniería y Georriesgos se describen a continuación los fenómenos de remoción en masa que actualmente afectan la zona de estudio en el sector Lucero Medio, Localidad de Ciudad Bolívar.

Es importante anotar que, en general, la ladera que constituye la zona de estudio presenta evidencias de inestabilidad en la cara que da hacia la quebrada, marcada por las formas rugosas. Sin embargo, es importante anotar que en donde la ladera conserva su cubrimiento con el coluvión antiguo, no se observaron rasgos que marcaran inestabilidad. Ésta ocurre en las zonas donde el coluvión fue cortado y se permitió el afloramiento de arcillolitas alteradas a suelos residuales arcillosos de alta plasticidad o areniscas brechadas por acción tectónica (muy susceptibles a la erosión).

Deslizamiento 1 (Margen derecha quebrada)

El deslizamiento es somero e involucra areniscas, lodolitas, coluvión antiguo y delgados rellenos antrópicos (en los que predomina basura). El proceso en la parte baja fue facilitado por la existencia de planos de discontinuidades con estrías de fricción dentro de la arenisca que fueron humedecidos por la disposición inadecuada de aguas servidas de las viviendas ubicadas en la parte alta. No obstante lo anterior, es posible que en algunos puntos de la pata de este deslizamiento ocurra socavación lateral con bajas tasas de avance. El material deslizado se encuentra moderadamente húmedo.

Material involucrado:

En la parte alta: Botaderos antrópicos de ladera, coluvión antiguo y suelos residuales arcillosos; en la parte media y baja, areniscas cuarzosas de grano medio, subangulares a redondeados, bien seleccionados y con cementación moderada a buena. Los macizos rocosos en esta unidad se encuentran intensamente diaclasados, con abundantes fallas, evidenciadas por estrías de fricción.

Deslizamiento 2 (extremo oeste de la Calle 69C sur)

Deslizamiento traslacional retrogresivo somero. Es probable que los materiales involucrados hayan sido reblandecidos por aguas servidas y detonando el proceso por las lluvias. Según testimonios, en la parte más oeste se ha generado pequeños flujos de lodos en periodos de lluvias (reactivaciones puntuales)

Al parecer se despató el talud quitando el coluvión antiguo hasta hacer aflorar la roca arcillosa (alterada a suelos residuales de alta plasticidad) que subyace el coluvión en la parte baja del talud. Lo anterior, unido con el reblandecimiento de los materiales en la parte superior por vertimiento no controlado de aguas servidas (también alimentando el material arenoso por debajo del coluvión antiguo) hizo posible el deslizamiento.

Materiales involucrados:

Involucró suelos residuales arcillosos de alta plasticidad y un coluvión arenoso amarillo (es posible que sea una brecha tectónica, dado que muchos de sus fragmentos son estriados) Estos materiales están cubiertos por el coluvión antiguo que tiene espesores entre 40 y 70 cm.

Desprendimientos asociados con cortes para viviendas

Existen pequeños desprendimientos en la parte oriental del área de estudio. En estos, los cortes para adecuar los lotes para la construcción de viviendas han quitado la capa coluvial resistente y se han producido pequeños procesos de remoción en masa, concentrados en la zona de contacto entre el coluvión y los materiales subyacentes. Dada la alta permeabilidad del coluvión es de esperarse que las líneas de flujo se concentren en el contacto, donde saturan materiales arcillosos de alta plasticidad que pueden llegar al flujo en estas condiciones. Estos desprendimientos se hayan relativamente alejados de las viviendas situadas ladera arriba y además, éstas se hayan conectadas al sistema de alcantarillado, razón por la cual no existen flujos incontrolados, sino saturación asociada con lluvias.

3.7.2 Exploración del subsuelo

Los trabajos de campo consistieron en una visita al sitio del estudio en la que se reconocieron de manera preliminar las características del proyecto y la realización de cinco trincheras (TR-1 a TR-5) distribuidas en toda la zona de estudio

Sobre las muestras obtenidas en la ejecución de las trincheras se realizaron ensayos de clasificación y resistencia al corte. A continuación se discrimina el número de ensayos ejecutados:

• Contenido de humedad natural	:	6
• Granulometría	:	1
• Límites de consistencia	:	6
• Peso Unitario	:	3
• Materia Orgánica	:	1
• Lavado sobre Tamiz 200	:	5
• Ensayo de compresión inconfiada	:	3
• Corte Directo en condición saturada	:	3

3.7.3 Perfil Geotécnico Promedio

En resumen se tienen los siguientes tipos de materiales:

- **Material 1:** Limo orgánico de color gris, humedad baja plasticidad baja y consistencia blanda. Presencia de raíces.
- **Material 2:** Coluvión clastosoportado. Fragmentos angulares de arenisca y cantos rodados.
- **Material 3:** Arcilla con rastros de arena fina color amarillo con vetas rojizas, de humedad baja, plasticidad alta y consistencia dura. Presencia de raíces y fisuras.
- **Material 4:** Bloques de arenisca de tamaños mayores a 1.5 m.

3.7.4 Medidas Correctivas Propuestas

Obras para mejorar la estabilidad

Las obras propuestas para el mejoramiento de la estabilidad de la zona incluyen:

- Construcción de los canales denominados C1 y C2 y las domiciliarias D1 a D5, los cuales recogen las aguas de escorrentía superficial que actualmente se observan en la zona. Este canal serán en concreto y conducen las aguas hasta el actual sistema de alcantarillado. Cabe indicar que estas obras no reemplazan los sistemas formales de alcantarillado que deben ser alentados por parte de la EAAB.
- Fomento de la cobertura vegetal en toda la zona desforestada mediante biomantos con el fin de evitar la infiltración de la escorrentía y aumentar la cohesión en los estratos superiores que presentan mayores posibilidades de falla.
- Arborización de la actual zona verde mediante árboles y arbusto al tres bolillo.
- Barrera viva en la margen derecha de la antigua quebrada, la cual actualmente se encuentra canalizada.
- Generación de cobertura vegetal en la vivienda actualmente en proceso de reubicación por su proximidad a la actual zona de deslizamiento superficial.

Obras complementarias para el control de la caída de rocas

Si luego de ejecutadas las obras antes propuestas se observa algún tipo de alteración de los materiales del depósito coluvial que amenacen con la caída de bloques se considera conveniente la ejecución de las siguientes actividades:

- Construcción del canal C3
- Reubicación de las viviendas del costado oriental y generación de cobertura vegetal.

3.7.5 Presupuesto de ejecución

El valor de las obras propuestas como medidas correctivas es de \$ 57'781.875 incluido un AIU de 25 %.

En se resumen el costo de las medidas correctivas propuestas para cada uno de los sitios de estudio.

Sitio	Barrio	Valor (\$)
1	La Paz Centro	48'745.364
2	Juan José Rondón	19'665.713
3	Valles de Cafam	87'786.750
5	Villas de Recuerdo – Muro de Llantas	92'691.212
6	Villas de Recuerdo – Talud Deslizado	369'213.875
7	Juan Pablo Segundo–Sector Gran Chaparral	115'294.625
10	Lucero Medio	57'781.875

Tabla 3.2 Valor de las obras correctivas propuestas.