INFORME FINAL

SITIO 1.2: JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA

1. INTRODUCCIÓN

El Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias del Distrito Capital, FOPAE y la Unidad de Prevención y Atención de Emergencias UPES suscribieron con Ingetec S. A., el contrato de consultoría No. 1314-110/97, Estudios y Diseños de Estabilidad de Taludes, Control de Erosión y Manejo de Aguas para la Estabilización de Diferentes Sitios en Ciudad Bolívar, Santa Fe de Bogotá. Estos estudios corresponden al Grupo 1 de todos los que fueron contratados en la misma época con diferentes firmas consultoras. En el Plano 1 se muestra la localización general de los ocho sitios de estudio que constituyen dicho grupo.

El presente informe corresponde a los diseños definitivos del Sitio 1.2, denominado Juan José Rondón - Sector La Casona, ubicado entre calles 70 y 70C sur, hacia el sur de la carrera 20 D Bis. El sitio corresponde a un asentamiento de familias de escasos recursos en un terreno de explotación de una antigua cantera, sin ninguna recuperación o adecuación urbanística. (Ver localización de la zona de estudio en el Plano 2).

Las condiciones propias del sitio no recuperado tales como la alta pendiente y los materiales erosionables han generado con el tiempo, un proceso de deterioro del sector, el cual sumado a la disposición inadecuada de basuras y a la construcción no planeada de viviendas en su alrededor, crea una zona de preocupación para el gobierno distrital y de riesgo para sus habitantes.

El presente documento contiene un resumen de los estudios básicos realizados bajo el contrato mencionado, los diseños de las obras remediales que se proponen para mejorar la seguridad del sector, junto con los planos de construcción, las cantidades de obra y el presupuesto. Las especificaciones técnicas se presentan en un volumen aparte, aplicables a los ocho sitios de estudio incluidos en dicho contrato.

2. RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO

2.1 GENERALIDADES

Desde la década del 60, los cerros localizados al suroccidente de la ciudad de Santa Fe de Bogotá, en la zona correspondiente a lo hoy conocido como Ciudad Bolívar (Localidad 19), donde se localiza el sitio Juan José Rondón - Sector La Casona, fueron sometidos a una actividad de explotación minera a cielo abierto, para la obtención de materiales pétreos destinados a la industria de la construcción. Esta actividad extractiva modificó sustancialmente la morfometría original de dichos cerros y alteró su estabilidad natural.

El sitio de estudio, Juan José Rondón - Sector La Casona, corresponde a un antiguo frente de explotación en el cual, después de finalizadas las actividades extractivas se desarrolló un asentamiento humano, sin que se hubieran efectuado obras de urbanismo. La base del talud dejado por la explotación fue cortada progresivamente para la construcción de viviendas, lo cual ha ido ocasionando la inestabilidad de la zona, creando así riesgo para las viviendas cercanas ubicadas en la parte baja del talud.

2.1.1 Información de referencia

Para la elaboración de este estudio se consultaron y analizaron los siguientes estudios los cuales fueron suministrados por la UPES.

- Estudio geológico y geotécnico sector inestable barrio Juan J. Rondón, Geoamérica Ltda, Jul/91.
- Estudio geológico y geotécnico barrio Juan J. Rondón, Ingeominas, Dic/95.
- Estudio geológico y geotécnico de varios barrios, incluyendo el barrio Juan J. Rondón, Gómez Cajiao, Abr/88.

Como información complementaria a los estudios mencionados se recopilaron los siguientes documentos.

- Información cartográfica en escala 1:2000, 1:10 000 y 1: 25 000 disponible en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC.

- Información urbana y cartográfica en las bases digitales elaboradas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, y por el Catastro Distrital.

- Cartografía y planos de redes a escala 1:5000, disponibles en la EAAB.

- Proyecto de Factibilidad para el Mejoramiento y/o Localización de Asentamientos Humanos Ubicados en Zonas de Alto Riesgo en la Localidad de Ciudad Bolívar, por María de los Ángeles Vargas, 1992.

- Estudio de Investigación Técnica en Áreas de Riesgo en Ciudad Bolívar, Sector Candelaria y Jerusalén, por Javier Pava, 1993.

- Programa de Fortalecimiento y Cualificación del Comité Local de Emergencias en la Localidad de Ciudad Bolívar, por María de los Ángeles Vargas, 1992.

- Estratigrafía y Sedimentología de la Parte Inferior de la Formación Guaduas al sur de la Sabana de Bogotá, por Julivert, 1963.

- Los Rasgos Tectónicos de la Región de la Sabana de Bogotá, y los Mecanismos de Formación de las Estructuras, por Julivert,1963.

- Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá, INGEOMINAS, 1997.

- Cartografía geológica general de la zona donde se encuentra el sitio de estudio, Ingeominas.

- Fotografías aéreas del IGAC números 061-062 a escala aprox. 1:30 000 Vuelo C-1404 del año 1972, y las número 0389 y 0390 a escala aproximada 1.5000 del vuelo R-1131 de 1990.

2.1.2 Condiciones del sector

Ciudad Bolívar es una localidad con grandes problemas ambientales. “Entre los más importantes descuellan la destrucción del suelo por la industria extractiva (canteras y similares), la erosión e inestabilidad de tierras (en parte ligada a la industria extractiva), la degradación del suelo por disposición inadecuada de residuos sólidos, el deterioro de su sistema orográfico (cerros suroccidentales de la ciudad), la insuficiencia de zonas verdes urbanas, la contaminación del agua (río Tunjuelo, quebradas Quiba, Lima, y otras), el deterioro de sus cuencas altas, las crecidas e inundaciones y la polución visual. Otros

problemas significativos son la contaminación del aire por la industria extractiva y el ruido"[1].

La zona de estudio en el barrio Juan José Rondón - Sector La Casona se localiza sobre la ladera occidental de uno de los cerros suroccidentales de Santa Fe de Bogotá, que bordean el extremo sur de la Sabana de Bogotá, en inmediaciones de la margen izquierda del río Tunjuelito con coordenadas aproximadas, origen Bogotá, N 96 260, E 91 650 y elevación de 2600 msnm.

La zona está limitada según la nomenclatura del área entre las calles 70 y 70C sur, hacia el sur de la vía que conduce al Alto de la Cruz (carrera 20D Bis).

Ante la existencia de fenómenos naturales adversos a los pobladores que habitan en sectores cercanos a los sitios donde es probable su ocurrencia, se decidió declarar éstos como "zonas de riesgo", por su permanente exposición a la amenaza. Entre éstos se encuentra el barrio Juan José Rondón - Sector La Casona.

Este barrio cuenta con servicio público de acueducto, no cuenta con alcantarillado de aguas lluvias, y el alcantarillado sanitario descarga en la quebrada de Limas (véase Plano 7). Todas las viviendas cuentan con contador por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, aún cuando en los planos de la EAAB, el alcantarillado no aparece como legalizado para este sector. A nivel de alumbrado público se cuenta con las redes en postes de madera y el servicio domiciliario se factura con tarifa básica. El servicio de gas domiciliario llega a la mayoría de las viviendas, al igual que la red de telefonía, la recolección de basuras se hace esporádicamente en las vías principales.

El barrio por su calidad de vida se encuentra en estrato 1, sin embargo algunas de las empresas de servicios públicos envían su facturación como estrato 2.

En cuanto a infraestructura vial y social, hay acceso al barrio por vías pavimentadas. Una de ellas es la carrera 20 D Bis, que bordea el sector La Casona. Aunque las vías internas no están pavimentadas, se cuenta con accesos vehiculares y con rutas de transporte que prestan constante servicio a los habitantes. Existe una escuela distrital con seis grados de primaria, la cual funciona en dos jornadas.

En la actualidad se efectúa la demolición de un tanque de la Empresa de Acueducto que antiguamente sirvió para abastecer de agua a este sector y al barrio San Francisco; este espacio se prevé será utilizado como sitio para el desarrollo de equipamiento comunal en la construcción de una iglesia, un salón comunal, una infraestructura para seguridad (CAI) y un parque o zona recreacional.

[1] DAMA "Perfil Ambiental de Santa Fe de Bogotá, Corporación Misión Siglo XXI". Pág. 187. 1996

2.2 TOPOGRAFÍA

Se ubicaron dos puntos con mojón en concreto y platina metálica, identificados con los nombres de 5-JR y 6-JR mojones que fueron amarrados en coordenadas y cotas al vértice BOSA-5 Datum Bogotá y planos cartesianos con origen Bogotá, datos certificados por el IGAC.

Desde estos dos puntos se radiaron los puntos necesarios para detallar la zona requerida para el diseño de las obras. En algunos casos hubo necesidad de colocar puntos auxiliares como complemento por la magnitud de la topografía.

Adicionalmente se ubicaron los paramentos de las manzanas, midiendo los predios correspondientes a cada manzana.

En el Anexo 1 se presentan la certificación del IGAC, las coordenadas y cotas de los puntos de referencia y las carteras de campo realizadas para el levantamiento y en el Plano 2 la topografía respectiva.

2.3 GEOLOGÍA

2.3.1 Estratigrafía

La secuencia litológica presente en Juan José Rondón - Sector La Casona está representada por un nivel de suelo, desechos de excavación, materiales de deslizamiento y un depósito de coluvión del período Cuaternario, y algunos niveles de arenisca y arcillolita de la Formación Guaduas, cuya edad está comprendida entre los periodos Cretáceo y Terciario. (Ver Planos 3 y 4).

El nivel de suelo tiene un espesor del orden de los 0,5 m, es pobre en componentes húmicos. Parte de este suelo es de carácter residual, es decir, se formó a partir de la meteorización de un nivel de arcillolita que le infrayace. Por su poco espesor y para evitar enmascarar parte de la geología de este sitio, no se diferencia como una unidad.

2.3.1.1 Cuaternario

- **Desechos de excavación (Qde)**

Corresponde a material arcilloso y suelo sin compactar, removido por la excavación para la cimentación de un muro de contención para la vía que conduce al Alto de La Cruz. Este material fue botado sobre el talud sin realizar sobre él ningún tipo de compactación ni protección.

- **Materiales de deslizamiento (Qdr1, Qdr2, Qdb, Qdt)**

En el sitio de estudio se presentaron cuatro deslizamientos, aproximadamente en el transcurso de los últimos 10 años, dos de tipo rotacional, uno de tipo traslacional y uno correspondiente a desprendimiento de bloques.

Los dos primeros deslizamientos (antiguos), son los de tipo rotacional y se denominan Qdr1 y Qdr2. Estos deslizamientos afectaron al depósito de coluvión (que se describirá más adelante) y las infrayacentes capas de la Formación Guaduas, razón por la cual están conformados por fragmentos de arenisca soportados en matriz arcillosa y estratos deformados de arcillolita y arenisca. El espesor promedio de los cuerpos de estos deslizamientos es de 6 m.

De los dos últimos deslizamientos (recientes) uno corresponde a desprendimiento de bloques y el otro a un deslizamiento traslacional, y se denominan Qdb y Qdt respectivamente. El desprendimiento de bloques (Qdb) afectó el nivel de arenisca fracturada de la Formación Guaduas y parte del depósito de coluvión y se localiza en el extremo occidental del talud; el depósito o cuerpo del deslizamiento está conformado naturalmente por bloques, cuyos tamaños máximos son del orden de los 0,60 m y una baja proporción de arcilla; su espesor es muy bajo, no mayor de 2 m. El deslizamiento traslacional (Qdt) se localiza en el extremo oriental del talud, afectó parte del cuerpo de deslizamiento Qdr2 y está constituido por bloques de arenisca de variado tamaño, entre 0,05 y 0,40 m, soportados en gran parte por arcilla.

- **Depósito de coluvión (Qc)**

Conformado por fragmentos de arenisca amarilla cuarzosa, soportados en matriz arcillosa gris moteada de rojo. Los fragmentos de arenisca son predominantemente cúbicos y tabulares, angulares, con tamaños que varían entre los 0,05 y 0,40 cm.

Este depósito se generó por la meteorización física y química que afectaron gran parte de los niveles de arenisca y arcillolita de la Formación Guaduas que afloran en la zona de estudio, y a posteriores desplazamientos de poca magnitud cuesta abajo de los niveles afectados. Estos movimientos provocaron pequeñas separaciones de los fragmentos de arenisca, dejando espacios que fueron llenados con arcilla.

2.3.1.2 Cretáceo - Terciario

- **Formación Guaduas (Tkg)**

La Formación Guaduas suprayace al Grupo Guadalupe y es predominantemente de carácter arcilloso, aunque presenta importantes intercalaciones de arenisca, de las cuales sobresalen las denominadas Arenisca Guía y Arenisca Lajosa. La Arenisca Guía se encuentra unos 65 a 70 m por encima de la base de la formación. Las areniscas de la Formación Guaduas, del segmento comprendido desde su base hasta la Arenisca Guía inclusive, se caracterizan por ser ortocuarcíticas, semejantes a las del Grupo Guadalupe.

En el talud de la antigua cantera Juan José Rondón, aflora un nivel conformado predominantemente por arenisca, suprayacido e infrayacido por niveles de arcillolita, en conjunto correspondientes a la Arenisca Guía.

La arcillolita del nivel superior (que suprayace al nivel de arenisca) es de color morado, masiva, con algunas intercalaciones delgadas de arenisca cuarzosa. Su espesor es superior a los 10 m, aunque no se pudo determinar, pues su límite superior no se encuentra en este sitio.

El nivel intermedio está conformado en los 3 m superiores por una secuencia interestratificada de capas delgadas a medias de 0,15 a 0,25 m de espesor, de arenisca cuarzosa de grano medio, color amarillo claro, y arcillolita gris. Infrayaciendo esta secuencia, se encuentra un paquete de 9 a 10 m de espesor, de capas delgadas a gruesas de 0,15 a 0,90 m de espesor, de arenisca cuarzosa de grano medio a grueso, color amarillo claro, con intercalaciones muy delgadas, de 2 a 5 cm de espesor, de arcillolita gris. El espesor total de este nivel intermedio es de 12 a 13 m.

Infrayaciendo el nivel intermedio, se encuentra un nivel de arcillolita morado claro, masiva, con algunas intercalaciones de capas delgadas a medias de arenisca cuarzosa. Su espesor no se pudo determinar porque el límite inferior no se aprecia en este sitio.

El espesor de la Formación Guaduas es de 700 a 1000 m según Hubach (1967; en Julivert 1963). Su edad se considera Maestrichtiano (Cretáceo superior) a Paleoceno (Terciario inferior) de acuerdo a estudios palinológicos de Van der Hammen.

Esta formación se meteoriza generando una morfología generalmente deprimida de montículos suaves con frecuentes hundimientos.

2.3.2 Geología estructural

Los estratos del macizo rocoso presentan orientación general N10-69°W/14-15°SW en el sector occidental del talud y de N60-80°W/15-19°SW en un afloramiento situado en el sector oriental del mismo.

El macizo rocoso se encuentra moderadamente fracturado y localmente muy fracturado. En los sectores occidental y oriental del talud se identificaron la estratificación y los siguientes sistemas de diaclasas principales.

Estratificación	N53°W/14°SW
Diaclasas	
Sistema 1:	N89°W/86°SW
Sistema 2:	N44°E/84°NW
Sistema 3:	N57°W/78°NE

En la Figura 1, se presenta el diagrama de contornos de densidad de polos de las discontinuidades.

Las diaclasas son continuas a discontinuas, próximas a muy próximas con espaciamientos de 5 a 40 cm, cerradas a ligeramente abiertas, planas y lisas, sin relleno, o con relleno limoarenoso, planas y rugosas.

2.3.3 Geomorfología

La cantera Juan José Rondón, se localiza sobre una de las laderas de los cerros suroccidentales de Bogotá, que hacen parte de un relieve montañoso estructural plegado-denudacional, conformado por capas de la Formación Guaduas.

El cerro original presentaba una cima aplanada y laderas suavemente inclinadas, con pendientes medias. La actividad minera alteró las características morfométricas de la base de la ladera sur del cerro, introduciendo taludes verticales a fuertemente inclinados, donde los procesos morfodinámicos degradativos actúan con mayor intensidad. Posterior a la actividad extractiva, el corte de la base del talud de explotación, para la construcción de viviendas, sumado a las aguas lluvias infiltradas, generó deslizamientos.

2.3.4 Sismología

En el estudio de "Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá" elaborado por INGEOMINAS (1997), se definieron cinco zonas principales. La zona de Ciudad Bolívar, se ubica dentro de la Zona 1 - Cerros, de las establecidas en dicho estudio. La aceleración máxima (Am) establecida para esta zona es de 0,24 g.

Por otra parte, por su entorno geológico, Bogotá se ubica en una zona de amenaza sísmica intermedia, con un valor de aceleración máxima probable de 0,20 g, según el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia.

Para el presente estudio se adoptó un valor de la aceleración máxima de diseño de 0,24 g.

2.4 GEOTECNIA

2.4.1 Descripción del problema

La actividad minera generó una plataforma relativamente plana para el barrio y un talud de fuertes pendientes, en el cual se han presentado diversos fenómenos de inestabilidad, activado por el deficiente drenaje de aguas lluvias. Los problemas de inestabilidad de este talud son los deslizamientos generales en toda su extensión y el desprendimiento de bloques en el sector occidental, tal como se describe a continuación.

En los extremos y en el sector central se han presentado deslizamientos en distintas épocas. En el extremo occidental se aprecia un talud rocoso constituido principalmente por areniscas con intercalaciones de arcillolitas, con una altura hasta de 20 m y con inclinaciones entre 45° y 60°. En este sector se aprecian desprendimientos rocosos a través de los planos de diaclasas relajadas y caída de bloques individuales activados por la descarga de tuberías y/o descoles de la vía superior.

En el sector central se observan agrietamientos en la parte superior del talud que afectan el coluvión y las arcillolitas que se encuentran en la base del talud.

En este sector las masas potencialmente inestables son de mayor espesor y peligrosidad, por la cercanía de las construcciones, la estabilidad general ha sufrido un deterioro adicional, por causa de las excavaciones que se han hecho en la parte baja del talud para ampliar las viviendas. Adicionalmente, en la parte superior del sector central se encuentran depósitos recientes que sobrecargan el talud, generados por la construcción de un muro de contención de la vía al Alto de La Cruz.

Debe tenerse en cuenta que detrás del material superficial clasificado como coluvión existen las areniscas y arcillolitas de la Formación Guaduas, las cuales se encuentran en perfectas condiciones, se consideran estables y dan apoyo a la vía al Alto de La Cruz.

En el extremo oriental, la constitución de los taludes son principalmente arcillosos, como producto de la meteorización de los estratos arcillolíticos que predominan en este sector. En épocas lluviosas se concentran aguas sobre el talud, que producen reptación y agrietamientos numerosos o claramente visibles en la superficie menos escarpada del talud. La existencia de viviendas a lo largo del talud permite observar grietas en ellas, a diferencia de los otros sectores del talud, en donde caerían los materiales derrumbados y se concentran las viviendas.

Se identificaron procesos de erosión hídrica laminar que afecta los suelos superficiales y erosión en cárcavas que afecta el depósito coluvial que han dado origen a los conos de materiales deslizados que se observan en la base del talud. Se observó la existencia de una tubería de agua lluvia de la vía hacia el Alto de La Cruz, que vierte las aguas directamente sobre el talud generando arrastre de material.

2.4.2 Exploración geotécnica y ensayos

En desarrollo de los estudios de Geoamérica de 1991 e Ingeominas de 1995 se efectuaron investigaciones geotécnicas que consistieron en la ejecución de tres trincheras, dos perforaciones con taladro pozo 1 y pozo 2, y ensayos de laboratorio. En el Plano 3 se muestra la localización de las exploraciones mencionadas.

Las perforaciones realizadas por Ingeominas en 1995, se llevaron a una profundidad de 10 m cada una. Con base en los registros de perforación, se pudieron identificar los suelos que conforman el depósito coluvial, los cuales son predominantemente granulares en matriz arcillosa. En los ensayos de penetración estándar realizados en este depósito, se obtuvieron valores de N medida entre 12 golpes/pie y 24 golpes/pie y se obtuvo rechazo a mayor profundidad.

Las trincheras ejecutadas se excavaron entre 1,30 m y 1,40 m y se tomaron datos de resistencia a la penetración inalterada en las trincheras 1 y 2 a 1,0 m y 1,1 m, respectivamente, con valores de 4,5 y >5 kg/cm².

Los registros de estas exploraciones se incluyen en el Anexo 2.

2.4.3 Ensayos de laboratorio

En los estudios realizados por Geoamérica e Ingeominas, se efectuaron ensayos de laboratorio que consistieron en ensayos de carga puntual que se utilizaron para determinar los parámetros de la masa rocosa y un ensayo de clasificación de suelos.

A continuación se describen los resultados obtenidos en los ensayos:

En los estudios de Ingeominas de 1993, se obtuvieron valores de resistencia en el ensayo de carga puntual Is_{50} entre 1,0 MPa y 5,1 MPa en los fragmentos de arenisca, de grano fino, color entre amarillo y habano, con vetas grises y cafés.

En el ensayo de clasificación efectuado por Geoamérica en 1991 sobre una muestra del depósito coluvial que aparece en el sector central, se obtuvieron los siguientes resultados:

Grava	14 %
Arena	36%
Fracción fina	50%
Límite líquido	34
Índice de plasticidad	18
Humedad natural	2%
Clasificación USC	CL

En general estos depósitos muestran gran heterogeneidad en su composición, debido a que se han conformado por deslizamientos que involucraron rellenos dentro de la zona de la cantera y parte de los horizontes de arcillolita y arenisca de la Formación Guaduas que fueron arrastrados en los movimientos.

La gran heterogeneidad por la variación de las propiedades de los materiales existentes en el talud hicieron difícil la obtención de las propiedades promedio y de los parámetros de resistencia a partir de ensayos de laboratorio. Por lo anterior, sus propiedades de resistencia fueron deducidas de análisis retrospectivos de estabilidad, como se indica más adelante.

En el Anexo 2, se presentan los resultados de los ensayos de carga puntual y en la Tabla 1 los resultados del ensayo de clasificación.

2.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

La falta de manejo de las aguas lluvias y residuales es uno de los factores causantes de los problemas de inestabilidad. Las consideraciones principales en este aspecto son:

- Los flujos concentrados de agua generados por el descole de las alcantarillas de la vía no han tenido ningún manejo de tipo hidráulico y ambiental. Son evidentes los fenómenos de erosión y deslizamientos locales a lo largo de su recorrido como consecuencia de las altas velocidades de flujo, especialmente hacia el extremo occidental.

- En cuanto al manejo de las aguas residuales se detectó que en el extremo oriental de la zona en estudio éstas se descargaban directamente sobre el talud. Algunas de las redes fueron construidas por los habitantes del sector, en forma defectuosa, produciendo fugas permanentes de agua, que se infiltraron en el terreno originando saturación de los suelos, subpresiones y causando problemas de inestabilidad en las laderas y afectando por consiguiente las viviendas. En la actualidad el problema se ha reducido por la reubicación de dos viviendas pero se continúa afectando el talud por tener, todavía, dos viviendas conectadas a redes construidas por sus habitantes.

2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA

El talud generado por la explotación de la cantera tiene una longitud de 150 m y una altura máxima de 20 m en su extremo occidental.

La inestabilidad potencial que puede generarse a lo largo de este talud difiere por sus condiciones y su constitución geológica. Mientras en el extremo occidental se tiene mayor pendiente y constitución rocosa, en el sector central de la masa inestable se desarrolla en un depósito de coluvión, con menor pendiente, y en el extremo oriental, la existencia de un suelo arcilloso en movimiento lento se relaciona fundamentalmente con el aporte de aguas servidas y mal drenaje. El proceso de desestabilización del talud tuvo su causa principal en la falta de un sistema de drenaje superficial de aguas lluvias, el cual actualmente está parcialmente controlado por la construcción de la vía al Alto de La Cruz y el manejo de las aguas negras en las primeras etapas de construcción de la urbanización localizada en el costado norte del área de estudio. En los tres sectores existe un denominador común, que agrava la inestabilidad potencial, originado por las excavaciones hechas por los habitantes del sector en la base de éstos, para ampliación de sus viviendas. Estas excavaciones, además de remover la masa pasiva del movimiento, aumenta la pendiente del talud generando mayores esfuerzos.

El peligro de futuros desprendimientos destruiría en primer lugar las viviendas existentes al pie del talud y a mayor plazo, el problema se trasladaría a la vía al Alto de La Cruz y a las casas construidas a continuación de ésta.

3. MEDIDAS CORRECTIVAS

Dadas las condiciones de subnormalidad en que han surgido los desarrollos urbanos del sector, se hace necesario poner en marcha obras y programas de ordenamiento urbano, tendientes a reducir el riesgo de sus habitantes. Para estas obras se realizaron diseños geotécnicos encaminados a reconformar taludes y definir obras de contención, diseños hidráulicos para las obras relacionadas con drenajes, manejo de aguas, definición de predios afectados para reubicación de algunas viviendas y diseño de obras de urbanismo, paisajismo y usos del suelo. Estos diseños se resumen a continuación:

3.1 DISEÑOS GEOTÉCNICOS

3.1.1 Análisis de estabilidad de taludes

Las consideraciones básicas para el estudio de la estabilidad del talud son las siguientes:

La diferente constitución del talud en sus tres sectores hace necesario revisar por separado la estabilidad de cada uno de ellos.

Debido a que en todos se han presentado deslizamientos se requiere plantear una solución común de estabilización que facilite el proceso constructivo.

El sector más crítico por la altura y magnitud de la masa inestable involucrada es el sector central. Este sector, además, constituye la mayor parte de la longitud que debe estabilizarse, puesto que la constitución rocosa, en el occidente, y la constitución arcillosa, en el oriente, están limitados a los sectores extremos. Por lo anterior, la obra general de contención está definida prácticamente por las condiciones de este sector.

La superficie real de falla involucra principalmente el depósito granular de coluvión, con excepción de la base donde atraviesa los paquetes de arcillolita mostrados en las secciones geológicas. La resistencia desarrollada en el coluvión es del orden de 32°, valor típico y confiable en este tipo de depósitos. Para establecer la resistencia movilizada en la base de arcillolita se efectuó un análisis retrospectivo del deslizamiento ocurrido. Para ello se asumió que los límites del movimiento están dados por la grieta superior existente y la base del talud, como se muestra en la Figura 2.

Se llevó a cabo un primer análisis de estabilidad retrospectivo para las condiciones actuales del talud, el cual se presenta seco y se obtuvo la variación de los parámetros de resistencia C y ϕ para factores de seguridad de 1,0, 1,1 y 1,2. Estos cálculos se llevaron a cabo

variando la relación de presión de poros ru a 0,1 y 0,2 y sus resultados se presentan en la Figura 2.

Considerando que la masa de material se encuentra en condición de equilibrio límite, ésto es con un factor de seguridad cercano a la unidad, y que se presenta una condición de presiones de poros por causa del flujo continuo de agua sobre ella, representada por un valor del parámetro ru de 0,10, se puede obtener un conjunto de parámetros de resistencia, C y ϕ, que sean representativos de las características de resistencia del material en el plano de falla. Adicionalmente, si se considera que en la superficie de falla la cohesión debe ser cercana a cero, se concluye que el ángulo de fricción debe ser aproximadamente de 30° y la cohesión de 5 kPa.

Del análisis anterior, se deduce que el talud en su condición actual tiene una estabilidad precaria y que existe la posibilidad de presentar movimientos en condiciones de mayor saturación, situación que puede presentarse durante un período de lluvias. Se concluye que es indispensable controlar todas las aguas lluvias y residuales de manera que se impida su descarga directa al talud y que se debe proyectar una obra de contención para aumentar los factores de seguridad que presenta actualmente el mismo.

La estabilidad de los taludes en el extremo occidental, constituidos principalmente por arenisca, se estudió a partir del análisis cinemático de cuñas y bloques de roca, mediante la representación estereográfica de las discontinuidades, sus intersecciones y de las superficies de los taludes actuales, según se muestra en la Figura 3. En esta figura se observa que podrían existir algunos bloques potencialmente inestables, con un modo de falla sobre el plano de estratificación a lo largo de la intersección de éste con los planos de diaclasas, si se considera que en los planos de discontinuidad en arenisca se dispone de un ángulo de fricción menor de 30°.

Como se estima que dicho ángulo es mayor, se concluye que los taludes en roca son estables y no presentan posibilidad de falla de bloques o cuñas. Sin embargo, dado el alto grado de fracturamiento de la roca en algunos sectores, es conveniente proteger el talud de la erosión por acción de las aguas lluvias, mediante una capa de concreto neumático, malla y pernos y confinarlo para evitar su relajación, mediante un relleno.

En relación con la estabilidad del sector oriental, cuya estabilidad es menos crítica que la del sector central, se ha previsto remover la mayor parte de la masa inestable y reconformar el talud, protegiendo con la misma estructura de contención disipada para el sector central, en una solución integrada para todo el talud.

3.1.2 Diseño del muro de contención en gaviones

La fuerte pendiente del talud y las limitaciones que se tienen en la parte superior por la presencia de una vía pavimentada hacen indispensable la construcción de una estructura de contención en la base del talud que mejore las condiciones de estabilidad del talud y facilite las labores de reconformación del mismo.

3.1.2.1 Selección del tipo de muro

Para mitigar los riesgos de inestabilidad que se presentan en este sitio, se proyectó la conformación de rellenos y remoción de materiales potencialmente inestables a lo largo del talud, para aumentar el factor de seguridad se proyectó un muro de contención en gaviones, considerando las siguientes condiciones particulares:

Entre las posibles alternativas de muros de contención (concreto reforzado, concreto gravedad, relleno reforzado con geosintéticos) se seleccionó el tipo de muro en gaviones por las siguientes razones:

- Es suficientemente flexible para acomodarse a deformaciones que puedan generarse en las arcillolitas en la base del talud.

- Emplea para su construcción los fragmentos rocosos que constituyen el talud y que deben ser removidos durante su conformación, reduciéndose así los costos de adquisición y acarreo.

- Es de menor costo en comparación con las otras alternativas de muro.

A continuación se describen los resultados de los análisis que se efectuaron para el diseño.

3.1.2.2 Cimentación

Para dimensionar el muro de contención se determinaron los parámetros de la roca que servirá de fundación; el valor de esfuerzo admisible σadm se determinó con la metodología recomendada en el Código Colombiano de Puentes, basado en Hoek, 1983, y los parámetros de resistencia aplicando la metodología de Hoek para masas de roca fracturada, en el presente caso el muro quedará cimentado en arcillolita de la formación Guaduas, moderada a débilmente meteorizada, moderadamente dura y poco fracturada para la cual se adoptaron.

$c' = 0$ kPa
$\phi' = 30°$

La capacidad admisible se adoptó en 200 kPa de acuerdo con los cálculos mostrados en la Figura 4.

3.1.2.3 Materiales de relleno

En la construcción del muro en gaviones se emplearán principalmente bloques y cantos, los cuales podrán ser obtenidos en el sitio, proveniente de las excavaciones que se deben realizar para la reconformación del área y en el desabombe del talud y en canteras cercanas. Para estos materiales se adoptaron los siguientes parámetros:

$c = 0$ kPa
$\phi = 32°$
$\gamma = 18{,}6$ kN

3.1.2.4 Diseño del muro

En el diseño del muro de contención, para la verificación de la estabilidad del muro se utilizaron los siguientes factores de seguridad:

Al deslizamiento > 1,5
Al volcamiento > 2,0
Por capacidad portante >2,0

En el Anexo 3 se presenta la memoria de cálculo correspondiente a este muro.

3.1.2.5 Análisis de estabilidad

Utilizando los parámetros de los diferentes materiales que componen el subsuelo, deducidos anteriormente, a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio y exploraciones de campo, se analizó la estabilidad del talud. Se aplicó el método de las tajadas de Spencer-Wright con superficies no circulares, implementado en el programa Galena.

Para la masa potencialmente inestable, definida por una grieta en la parte superior del talud, que se localiza en este sitio, se dedujo un valor de fricción de 30° y una cohesión de 5 kPa. El factor de seguridad del talud actual resulta un poco por encima de la unidad, para un valor de la relación de presión de poros de 0,10. Se analizó el talud reconformado, colocando un relleno con una inclinación 2,5H:1,0V (22°) y con el fin de aumentar los

factores de seguridad se proyectó un muro de gaviones de 4,0 m de altura, obteniéndose en conjunto un factor de seguridad mínimo de 1,5, lo cual se considera satisfactorio para su estabilidad. En la Figura 5 se muestran la superficie crítica y el resultado del análisis.

3.1.3 Reconformación del talud

La reconformación del talud pretende uniformizar la superficie del talud de manera que se mejoren sus condiciones de estabilidad y se faciliten las labores de protección y paisajismo.

Para tal efecto, se excavaría la parte media superior del talud con el fin de conformar un talud uniforme promedio de 1,25H:1,0V. El material que se obtenga en esta remoción se utilizaría en la conformación del relleno en la parte inferior del talud, con pendiente promedio 2,5H:1,0V, que se colocará detrás del muro de gaviones.

En los Planos 5 y 6 se presentan la ubicación, planta, secciones y dimensiones del relleno en la conformación del talud.

3.2 DISEÑO DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS

Como medidas estructurales o físicas para el manejo de las aguas lluvias se propone la construcción de cunetas para el control de la estabilidad del talud y mejoramiento de la seguridad física en el sector, permitiendo el encauzamiento adecuado a los cauces naturales de agua. Véanse Planos 7 y 8.

La cuneta 1 deberá llevarse hasta descolar en la quebrada De Limas, a la altura de la calle 68 sur con carrera 20 A; la cuneta 2 hasta el drenaje natural localizado a la altura de la calle 70 F sur con carrera 20 D Bis y la cuneta 3 se llevará a descargar en una caja propuesta para la conexión por la calle 69 C sur a una tubería de aguas lluvias que se llevará hasta su entrega a la quebrada Peña Colorada.

A continuación se presentan los criterios de diseño y dimensionamiento de las obras de manejo de agua.

3.2.1 Estudios hidrológicos

3.2.1.1 Lluvias

3.2.1.1.1 Régimen de lluvias

En la zona el régimen de lluvias es bimodal, con dos períodos de lluvias, de abril a mayo y de septiembre a noviembre, y dos períodos secos, entre los meses de diciembre a marzo y de junio a agosto. Para la determinación del régimen pluvial se tomó como base los registros históricos de la estación Casa Blanca, operada por la EAAB. [2] Véanse Tabla 2 y Figura 6.

3.2.1.1.2 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia

Se utilizaron las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia calculadas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, adoptando para diseño las ecuaciones correspondientes al sector en estudio.

3.2.1.2 Caudales

Cuando se carece de información hidrométrica, como es el caso de las corrientes que cruzan los sectores en estudio, es factible obtener los caudales máximos mediante un modelo matemático que tiene en cuenta las características hidrológicas y morfométricas propias de cada cuenca y permite relacionar los caudales de drenaje con la precipitación máxima que cae sobre la misma para diferentes períodos de retorno, asumiendo que el caudal así estimado tiene el mismo período de recurrencia que la precipitación que lo genera.

Se adoptó el modelo conocido como Método Racional, de muy sencilla aplicación en cuencas o subcuencas con extensión menor o igual a 2,5 km^2, cubriendo así la totalidad de las áreas de drenaje en los sectores del estudio.

3.2.1.3 Período de retorno de diseño

El cálculo de los caudales máximos se realizó para períodos de retorno de 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Se adoptaron para diseño, períodos de retorno de 10 años para cunetas, 25 y 50 años para canales y estructuras de paso y 100 años en canales y pasos ubicados aguas arriba de asentamientos humanos, de acuerdo este último con las Normas vigentes de la EAAB.

3.2.1.4 Tiempo de concentración

[2] Fuente. Estudios Geotécnicos Barrio Jerusalén, Sector Canteras y Sector Nueva Argentina FASE II - INGEOMINAS, Diciembre de 1995.

El tiempo de concentración es el tiempo que toma el agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés.
De las diversas expresiones que se tienen para determinar este tiempo, en el presente estudio se adoptó la propuesta por Kirpich la cual se aplica bastante bien a cuencas pequeñas, y está representada por la siguiente ecuación:

$$Tc = 3{,}9756 \times L^{0{,}77} \times S^{-0{,}385}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud del cauce desde el sitio más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés, en kilómetros.

S = Pendiente ponderada del cauce, en (m/m).

Los resultados se presentan en la Tabla 3.

3.2.1.5 Caudales de diseño

La metodología más utilizada en hidrología para generar caudales en cuencas pequeñas o menores donde no existe información hidrométrica, consiste en la estimación del caudal suponiendo una intensidad uniforme de la precipitación para la duración total del evento. De esta forma, el caudal en un punto dado de la cuenca crecerá paulatinamente hasta alcanzar un valor máximo cuando la totalidad de la cuenca esté contribuyendo a la escorrentía en el sitio de concentración de las aguas, y permanecerá constante a partir de ese momento hasta que termine el evento de precipitación.

El procedimiento resultante para calcular el caudal máximo se conoce con el nombre de "Método Racional" y se expresa mediante la relación:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3{,}6}$$

Donde:

Q = Caudal máximo, (m^3/s)
C = Coeficiente de escorrentía.
I = Intensidad de la lluvia, (mm/h)

A = Área de drenaje, (km^2)

3.2.1.5.1 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía, es aquel que relaciona el volumen total del agua precipitada con el volumen real de la escorrentía producido después de descontar las pérdidas por almacenamiento, retención e infiltración; es propio de cada cuenca y depende de la morfometría de ella, del tipo de suelo, de la cobertura y de la condición de humedad antecedente.

Para el coeficiente de escorrentía se siguieron los criterios presentados en Applied Hydrology[3] . Con base en las características del suelo y la cobertura vegetal de las cuencas, se adoptó un coeficiente de escorrentía C de 0,80.

3.2.1.5.2 Intensidad

La intensidad se selecciona para una duración igual a la del tiempo de concentración propio de la cuenca y para el período de retorno establecido; consecuentemente, el caudal calculado corresponderá a la creciente con una frecuencia igual a la de la precipitación con la intensidad seleccionada.

La intensidad de la lluvia en mm/h para los diferentes períodos de retorno se obtuvo a partir de las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia, calculadas para el barrio Juan José Rondón; obteniéndose los resultados que se indican en la Tabla 4 y en la Figura 7. Se considera que la duración de la lluvia de diseño en cada cuenca es igual al tiempo de concentración.

Los valores de los caudales máximos para las diferentes obras de drenaje se presentan en la Tabla 5.

3.2.2 Estudios hidráulicos

3.2.2.1 Drenaje de aguas lluvias

Las obras de drenaje de aguas lluvias comprenden: cunetas y estructuras de paso.

3.2.2.1.1 Metodología general del estudio

[3] Applied Hidrology, Ven Te Chow, Mc. Graw Hill, Page 498, 1988.

Para el análisis hidrológico e hidráulico de estas estructuras se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Definición de las áreas de drenaje para cada una de las cunetas de drenaje.
- Cálculo del tiempo de concentración.
- Cálculo de la intensidad de los aguaceros para períodos de retorno de 10 años para cunetas, 25 y 50 años para canales y estructuras de paso y 100 años en canales y pasos ubicados aguas arriba de asentamientos humanos de acuerdo con las curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia determinadas para la zonas de estudio.
- Determinación de los caudales de escorrentía máximos para el período de retorno adoptado.
- Predimensionamiento hidráulico de las cunetas y estructuras de paso del sistema general de drenaje para el sector en estudio.

3.2.2.1.2 Criterios hidráulicos de diseño

- **Cunetas**

  Las cunetas se dimensionaron para un caudal de 100 años mediante la aplicación de la fórmula de Manning de manera que la sección de las cunetas, en la medida que los aspectos constructivos lo permitan, se aproxime a la más eficiente hidráulicamente. La Fórmula de Manning para flujo normal se expresa de la siguiente forma:

$$\mathbf{Q} = \frac{1}{n} \mathbf{A R^{2/3} S^{1/2}}$$

  Donde:

  n = Coeficiente de rugosidad de Manning
  A = Área de agua, en m^2
  R = Radio hidráulico, en m
  S = Pendiente de la línea de energía, en m/m.

El coeficiente de rugosidad de Manning adoptado para las estructuras en concreto fue de 0,013.

Los caudales de diseño se presentan en la Tabla 5 y el dimensionamiento de las cunetas en la Tabla 6. En los Planos 7, 8, 9 y 10 se presentan la localización y detalles de las obras de manejo de aguas

3.3 PREDIOS AFECTADOS

Como otra de las medidas de solución para mitigar el riesgo se propone la delimitación del área de aislamiento y protección, evacuación y demolición de veinticinco viviendas y la adquisición de dos lotes.

Debido a la situación actual de algunas viviendas localizadas muy próximas a la pata del talud y al flanco izquierdo de la zona inestable del costado oriental del talud, es indispensable y urgente demolerlas y reubicar a sus moradores. En total son 25 viviendas, de las cuales 10 se localizan sobre el costado oriental del talud y las restantes 15 en la base del mismo.

Además de la demolición de las viviendas, se ha establecido una zona de aislamiento de manera que se impida el acceso al borde del talud durante y después de la ejecución de las obras previstas.

El criterio básico para el planteamiento de las soluciones fue el causar el menor efecto sobre las viviendas aledañas y sobre la infraestructura social existente. Dadas las condiciones de vulnerabilidad social, en que vive la población del sector, se propone una medida que ocasione el menor impacto social en el sentido de traslados involuntarios, atendiendo las políticas del Banco Mundial y el de la UPES frente a reasentamientos. Se propone remover lo mínimo posible, lo cual implica algunos traslados temporales mientras se realiza la obra, y se plantea que los lotes existentes sin construir se negocien con el fin de declararlos de utilidad pública y de espacio público.

En el caso del barrio Juan José Rondón, en estudios e informes anteriores, se reportan viviendas en alto riesgo y con necesidad de ser reubicadas, tales como la ubicada en la Cl. 69H No. 20D-18 (antigua Cl 70C No. 20D-2O), que aún no ha sido reubicada, lo mismo que dos contiguas. Es de aclarar que se dió un cambio de nomenclatura, en el proceso de normalización del barrio. Por esta razón esta casa aparece con una nomenclatura distinta. En campo fueron registradas las dos direcciones, teniendo en cuenta que en los planos aún figuran con la nomenclatura antigua. Para efectos del informe la tabla del censo referencia la dirección actualizada.

En la siguiente tabla se muestra la información recogida en campo con el número de ficha, la dirección, el nombre del propietario, el área, el número de pisos, el número de familias, el número de personas que habitan la vivienda y el uso. Los moradores de estas viviendas de acuerdo con la alternativa de solución o manejo del talud, deberán ser reubicadas. Adicionalmente, se preparó para cada uno de los predios un ficha técnica, con su fotografía y su localización correspondiente, las cuales se incluyen en el Anexo 4.

CENSO DE PREDIOS AFECTADOS BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA							
FICHA No.	**DIRECCIÓN**	**PROPIETARIO**	**ÁREA m²**	**No. PISOS**	**No. FAMILIAS**	**No. PERSONAS**	**USO**
1	Cll. 69H sur No. 20D-15	Rubén Pulido	72 m²	2	1	---	Vivienda
2	Cll 69 H sur No. 20D-18	Guillermo Guerrero, Flor Alba Rodríguez	72 m²	2	1	6	Vivienda
3	Cll 69H sur No. 20D-16	Víctor Manuel Díaz, Inés Muñoz	72 m²	2	1	5	Vivienda
4	Cra. 20D No. 69G-15 sur	Pedro Antonio Lozano, Blanca Esperanza Puentes	72 m²	1	1	6	Vivienda y negocio
5	Sin nomenclatura	Sin información	---	0	0	0	Lote
6	Cll. 69G sur No. 20C-59	Cristóbal Castillo	72 m²	2	2	9	Vivienda
7	Cll. 69G No. 20C-54 sur	Belén Arismendi	72 m²	1	1	7	Vivienda
8	Cll. 69G No 20C - 46 sur	Gilberto Mahecha	72 m²	1	1	6	Vivienda
9	Cra. 20C bis No. 69F-11sur	Gloria Gómez (prop) /Edilma Aranda (arrend)	72 m²	2	2	6	Vivienda
10	Cra 20C bis No. 69F-01 sur	Aurora Rodríguez	72 m²	2	3	4	Vivienda
11	Cra. 20Cbis No. 69D-29 sur	Ma. Antonia Cárdenas	72 m²	2	3	12	Vivienda
12	Sin nomenclatura	Sin información	0	0	0	0	Lote
13	Cll. 69F No. 20C-22sur	Blas Odilio Espítia E.	72 m²	1	1	3	Vivienda
14	Clle 69F sur No. 20C-16	José Nemesio Vargas	72 m²	2	2	8	Vivienda
15	Cra. 20 C No. 69D-07 sur	Alicia Amaya / Manual Piñeros	72 m²	2	1	4	Vivienda y Hobi-Hogar del bienestar
16	Cra. 20C No. 69C-23 sur	José Miguel Monroy	72 m²	1	1	7	Vivienda
17	Cra. 20C No. 69C-13 sur	José Ángel Aranda	72 m²	2	3	11	Vivienda y negocio
18	Cll. 69C No. 20C-43 sur	Teresa Muñoz (prop) José Nelson García (arrend)	72 m²	1	1	4	Vivienda
19	Cll. 69C No. 20C - 47 sur	Hugo Cárdenas - Teresa Aponte	72 m²	1	1	3	Vivienda
20	Cll. 69C No. 20C - 52	Salvador Carvajal	72 m²	1	1	6	Vivienda

CENSO DE PREDIOS AFECTADOS BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA							
FICHA No.	**DIRECCIÓN**	**PROPIETARIO**	**ÁREA m²**	**No. PISOS**	**No. FAMILIAS**	**No. PERSONAS**	**USO**
	sur						
21	Clle. 70 Bis sur No. 20C-40	Luis Arenas Díaz	72 m²	1	1	4	Vivienda
22	Cll. 69C No. 20C - 57 sur	Gilberto Polocha	72 m²	1	1	7	Vivienda
23	Cll 69C No. 20C-61 sur	Ma. Del Carmen Duarte	72 m²	2	2	8	Vivienda
24	Cra 20 D bis No. 69B - 78 sur	Ma del Carmen Luna (prop) - Beatríz Rodríguez (arrend)	---	2	1	3	Vivienda y negocio comercial
25	Cra 20 D bis No.69B-66 sur	Gladys Rodríguez Páez	72 m²	2	1	7	Vivienda
26	Cra. 20 D Bis No.69H-14 sur	Deciderio (prop) / Melba Rivera (Arrend).	72 m²	1	2	9	Vivienda
27	Clle. 69 G sur No. 20 C-53	Sin información	72 m²	2	---	---	Vivienda

3.4 OBRAS DE URBANISMO, PAISAJISMO Y USOS DEL SUELO

Para el planteamiento de las propuestas arquitectónicas relacionadas con el urbanismo y el paisajismo de los diferentes puntos de estudio, se han tomado como referencia las determinantes técnicas de ingeniería sobre el tratamiento de los taludes y el manejo de aguas, un inventario general de la infraestructura comunal y de servicios, y los estudios sociales de la población del área.

La propuesta paisajista se orienta principalmente hacia la necesidad de mantener protegidos los taludes por medio de la siembra de cespedones y árboles de especies recomendadas para la estabilidad del terreno y especies de arraigo fácil, determinadas por el tipo de suelo que allí se presente.

Se han creado nuevos ejes de circulación sobre las áreas de taludes, conservando los caminos ya existentes y planeando futuras circulaciones que se puedan desarrollar por la transformación de las pendientes de los nuevos taludes. Estos ejes forman recorridos y circuitos unidos por áreas de zonas duras denominadas plazoletas, dotadas de bancas, lámparas de iluminación, canecas, vallas de información, árboles, etc.

Dependiendo de la disponibilidad de las áreas libres fuera de riesgo y de la topografía del sitio, se han destinado espacios para recreación activa mediante la construcción de canchas múltiples y parques infantiles.

Con el propósito de delimitar las áreas de uso de la comunidad, se plantea un cerramiento y/o barreras para protección de los taludes y áreas de riesgo.

El área limita en la parte superior con una vía principal del sector y en la parte inferior con un grupo de viviendas algunas de las cuales ya están afectadas por deslizamiento de los taludes.

En el sector se encuentran algunas edificaciones de uso comunitario como escuela, terminal de buses y casa vecinal. Para un futuro, la comunidad ha planteado el uso de algunos terrenos de su propiedad, para la construcción de un colegio y otros servicios comunitarios.

El planteamiento se concentra en una recreación pasiva bajo el esquema de recorridos peatonales integrados con plazoletas. En el aspecto urbano el planteamiento se enfoca a la integración de la recreación propuesta en el sitio, con los demás elementos de infraestructura social, mediante corredores espaciales de comunicación conformados por senderos peatonales, calles peatonales y cruces controlados sobre vías vehiculares. Las viviendas afectadas por el desplazamiento de los taludes deben ser relocalizadas y estas áreas se plantean como zonas duras de recreación integradas a las obras de reconformación de taludes.

En los Planos 11, 12 y 13 se presentan la planta y detalles arquitectónicos para la construcción de las obras.

4. CRONOGRAMA DE OBRAS Y SEÑALAMIENTO DE PRIORIDADES

Con el propósito de mitigar los riesgos existentes en el sector de interés en el barrio Juan José Rondón - Sector La Casona, se establece el siguiente orden de prioridades para la construcción de las obras:

- Evacuación y demolición de 25 viviendas, la adquisición de dos lotes y delimitación de la zona de aislamiento.
- Construcción del muro en gaviones en la pata del talud.
- Reconformación del talud.
- Manejo de aguas.
- Protección de la superficie del talud.
- Obras de paisajismo.

En la Tabla 7 se presenta el cronograma de la ejecución de los trabajos, de acuerdo con las prioridades señaladas.

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO E INSTRUMENTACIÓN

Durante y después de la ejecución de las obras correctivas es importante hacer un seguimiento y/o instrumentación de la zona afectada, con el fin de verificar la estabilidad con el tiempo y/o hacer los correctivos necesarios una vez se detecten los problemas

Los principales parámetros por medir durante la evaluación de la estabilidad son los movimientos superficiales, tanto horizontales como verticales y los caudales de agua captados por los sistemas de drenaje subsuperficiales.

El monitoreo o seguimiento se debe realizar tanto a corto plazo, es decir durante la ejecución de las excavaciones para la realización de las obras correctivas, como a largo plazo, una vez se hayan ejecutado las obras remediales.

Llevar a cabo un programa completo de instrumentación, como es lo ideal, resulta algo costoso y de difícil mantenimiento; por lo tanto, para el seguimiento de estas obras se recomienda un programa muy sencillo y de bajo costo, que requiere un seguimiento periódico para la efectividad de los resultados. Las medidas recomendadas para el seguimiento y monitoreo de las obras son las siguientes

- Reconocimiento visual periódico de la zona: inspecciones detalladas a la zona cada 90 días como máximo, las cuales se deberán intensificar en periodos de lluvia.

- Medición de movimientos horizontales y verticales: durante la construcción se deben colocar puntos de control topográfico en la superficie del muro y en algunos otros puntos sobre los taludes, los cuales se deben controlar inicialmente con una frecuencia de dos veces al año.

- Mantenimiento de las obras de drenaje superficial, mediante un programa de limpieza de las estructuras.

- Mantenimiento de la protección y revestimiento de las superficies del muro y los taludes.

6. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En el Anexo 5 se presentan los planos de construcción para la ejecución de las obras recomendadas y en el documento UPES-CB-022 se presentan las especificaciones técnicas de construcción. Estas especificaciones se han preparado de manera que puedan aplicarse a los trabajos de construcción previstos para los ocho sitios encomendados a INGETEC S.A..

A continuación se presenta el listado de planos de construcción para este sitio:

Plano	Título
1	Localización General.
2	Sitio 1.2: Barrio Juan José Rondón - Sector La Casona. Topografía.
3	Sitio 1.2: Barrio Juan José Rondón - Sector La Casona. Geologia. Planta.
4	Sitio 1.2: Barrio Juan José Rondón - Sector La Casona. Geología. Secciones.
5	Sitio 1.2: Barrio Juan José Rondón - Sector La Casona. Obras de Estabilización. Planta.
6	Sitio 1.2: Barrio Juan José Rondón - Sector La Casona. Obras de Estabilización. Secciones.
7	Sitio 1.2: Barrio Juan José Rondón - Sector La Casona. Localización General de Obras de Manejo de Aguas.
8	Sitio 1.2: Barrio Juan José Rondón - Sector La Casona. Obras de Manejo de Aguas.
9	Obras de Manejo de Aguas - Dimensiones y Refuerzo I.
10	Obras de Manejo de Aguas. Dimensiones y Refuerzo II.
11	Sitio 1.2: Barrio Juan José Rondón - Sector La Casona. Obras Arquitectónicas. Planta
12	Detalles Arquitectónicos I.
13	Detalles Arquitectónicos II.

7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

En la Tabla 8 se presentan las cantidades de obra y presupuesto aproximado de cada una de las obras previstas. Para los precios unitarios se han utilizado las tarifas de Construdata, según lo acordado con la interventoría de los estudios.

INFORME FINAL

SITIO 1.2: JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO 2
2.1 GENERALIDADES 2
2.1.1 Información de referencia 2
2.1.2 Condiciones del sector 3
2.2 TOPOGRAFÍA 5
2.3 GEOLOGÍA 5
2.3.1 Estratigrafía 5
2.3.1.1 Cuaternario 5
2.3.1.2 Cretáceo - Terciario 7
2.3.2 Geología estructural 8
2.3.3 Geomorfología 8
2.3.4 Sismología 9
2.4 GEOTECNIA 9
2.4.1 Descripción del problema 9
2.4.2 Exploración geotécnica y ensayos 10
2.4.3 Ensayos de laboratorio 11
2.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA 11
2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA 12

3. MEDIDAS CORRECTIVAS 13
3.1 DISEÑOS GEOTÉCNICOS 13
3.1.1 Análisis de estabilidad de taludes 13
3.1.2 Diseño del muro de contención en gaviones 15
3.1.2.1 Selección del tipo de muro 15
3.1.2.2 Cimentación 15
3.1.2.3 Materiales de relleno 16
3.1.2.4 Diseño del muro 16
3.1.2.5 Análisis de estabilidad 16
3.1.3 Reconformación del talud 17

3.2 DISEÑO DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS 17
3.2.1 Estudios hidrológicos 17
3.2.1.1 Lluvias 17
3.2.1.2 Caudales 18
3.2.1.3 Período de retorno de diseño 18
3.2.1.4 Tiempo de concentración 18
3.2.1.5 Caudales de diseño 19
3.2.2 Estudios hidráulicos 20
3.2.2.1 Drenaje de aguas lluvias 20
3.3 PREDIOS AFECTADOS 22
3.4 OBRAS DE URBANISMO, PAISAJISMO Y USOS DEL SUELO 24

4. CRONOGRAMA DE OBRAS Y SEÑALAMIENTO DE PRIORIDADES 26

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO E INSTRUMENTACIÓN 27

6. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 28

7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO 29

TABLAS
FIGURAS
ANEXOS
PLANOS

LISTA DE TABLAS

1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN.

2. REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL ESTACIÓN CASA BLANCA EAAB.

3. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LAS CUENCAS DE DRENAJE.

4. CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA.

5. DETERMINACIÓN DE CAUDALES.

6. CÁLCULO DIMENSIONES DE CUNETAS.

7. CRONOGRAMA DE LAS OBRAS.

8. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.

LISTA DE FIGURAS

1. CONTORNOS DE DENSIDAD DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES

2. ANÁLISIS RETROSPECTIVO. SECCIÓN B-B.

3. MODOS DE DESLIZAMIENTO DE BLOQUES.

4. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMENTACIONES EN ROCA.

5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD SECCIÓN B-B.

6. HISTOGRAMA ESTACIÓN CASA BLANCA.

7. CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA.

LISTA DE ANEXOS

1. TOPOGRAFÍA.

2. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS.

3. MEMORIAS DE DISEÑO GEOTÉCNICO.

4. PREDIOS CENSADOS.

5. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

LISTA DE PLANOS

1. LOCALIZACIÓN GENERAL

2. SITIO 1.2: BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA. TOPOGRAFÍA.

3. SITIO 1.2: BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA. GEOLOGIA. PLANTA.

4. SITIO 1.2: BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA. GEOLOGÍA. SECCIONES.

5. SITIO 1.2: BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN. PLANTA.

6. SITIO 1.2: BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN. SECCIONES.

7. SITIO 1.2: BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA. LOCALIZACIÓN GENERAL DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS.

8. SITIO 1.2: BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA. OBRAS DE MANEJO DE AGUAS.

9. OBRAS DE MANEJO DE AGUAS - DIMENSIONES Y REFUERZO I.

10. OBRAS DE MANEJO DE AGUAS. DIMENSIONES Y REFUERZO II.

11. SITIO 1.2: BARRIO JUAN JOSÉ RONDÓN - SECTOR LA CASONA. OBRAS ARQUITECTÓNICAS. PLANTA

12. DETALLES ARQUITECTÓNICOS I.

13. DETALLES ARQUITECTÓNICOS II.

ANEXO 1
TOPOGRAFÍA

ANEXO 2
INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

ANEXO 3
MEMORIAS DE DISEÑO GEOTÉCNICO

ANEXO 4
PREDIOS CENSADOS

ANEXO 5
PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

TABLAS

FIGURAS

ANEXOS

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

Copias de este documento han sido entregadas a las siguientes dependencias de la UPES - FOPAE e Ingetec S. A. Las observaciones que resulten de su revisión y aplicación deben ser informadas a la Dirección del Proyecto para proceder a realizar sus modificaciones:

DEPENDENCIA		**No. DE COPIAS**
Copias 1 y 2	- UPES - FOPAE	2
Copia 3	- Ingetec S. A. - Director del Proyecto	1

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice Revisión	Sección Modificada	Fecha de Modificación	Observaciones
0		1998-06-30	Versión Original

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Contrato No.:	**1314 - 110 - 97**
Título Documento:	Informe Final Sitio 1.2. Barrio Juan José Rondón - Sector La Casona
Documento No.:	**UPES - CB - 020**

	Número de Revisión		**0**	**1**	**2**	**3**
APROBACIÓN	Responsables por elaboración	Nombre	A. Cubillos			
			G. Gómez			
			B. Díaz			
			M. P. Chávez			
			G. Moreno			
		Firma				
		Fecha	1998 - 06 - 30			
	Vo. Bo. Coordinador Programa de Calidad	Nombre	C. Acero			
		Firma				
		Fecha	1998 - 06 - 30			
	Vo. Bo. Dirección del Proyecto	Nombre	F. Amaya			
		Firma				
		Fecha	1998 - 06 - 30			