INFORME FINAL

SITIO 1.6: BARRIO BRISAS DEL VOLADOR

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 1.6, denominado Brisas del Volador, ubicado al norte de la calle 72 sur, colindando en su parte alta con el barrio Los Alpes. El sitio corresponde a una antigua cantera de explotación de materiales pétreos, el cual se ha poblado con familias de escasos recursos a su alrededor, sin ninguna adecuación urbanística. (Ver localización en 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 Brisas del Volador, 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, Brisas del Volador, corresponde a una zona utilizada para extracción de materiales pétreos, la cual fue abandonada sin realizar obras de recuperación y adecuación a los cortes efectuados. Después de esto, la zona del patio de la cantera y el área aledaña a su alrededor fueron ocupadas para vivienda sin efectuar obras de adecuación e infraestructura para su urbanización, creando así una zona de riesgo para sus habitantes.

2.1.1 Información de referencia

La información de referencia consultada y analizada para este estudio se relaciona a continuación:

- 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).

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

- Fotografías aéreas del IGAC números 062 y 063 del Vuelo C-1404 del año 1972.

- Estudio Geológico y Geotécnico Sector Brisas del Volador, Fase II. INGEOMINAS, Marzo/96.

- Análisis de estabilidad del cerro "El Volador". INGEOMINAS, 1987.

- Ampliación Tanque El Volador. Estudio Geológico y de Suelos. Estudios Técnicos S.A., 1991.

- Ampliación Tanque El Volador. Estudio Geotécnico y Diseño Obras de Estabilidad. HIDROTEC, 1991.

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

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

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

como " zonas de riesgo", por su permanente exposición a la amenaza. Entre éstos se encuentra el barrio Brisas del Volador.

La zona de estudio en el barrio Brisas del Volador 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 94 400, E 91 450 y una elevación entre 2790 y 2870 msnm.

Los habitantes de los barrios Brisas del Volador y Los Alpes, cuya calidad de vida es baja, por su alto nivel de necesidades básicas insatisfechas, en su mayoría se encuentran en condiciones infrahumanas, por el hacinamiento y carencia de servicios públicos.

El paisaje es agreste, sin zonas verdes y carente de espacios públicos. La vivienda típica del sector es en madera y zinc con piso en tierra. Es un barrio con un bajo nivel de consolidación urbanística.

Hay numerosas familias que concluyeron o están en proceso de negociación con la UPES, para su reubicación. La mayoría tiene un carácter de poseedor, pero ya están inscritos en el programa de vivienda "Arborizadora Alta", en coordinación con la Caja de Vivienda Popular - CVP.

No se obtuvieron datos demográficos totales de este barrio durante el trabajo de campo, en razón a la ausencia de líderes comunales. La infraestructura social con la que se cuenta es bastante precaria y no hay espacios destinados a la recreación, ni espacios comunitarios. A nivel de educación existe una escuela básica primaria, que cuenta con una adecuada infraestructura física. El barrio tiene un acceso por vía pavimentada, que llega hasta la parte alta y cuenta con suficientes rutas de transporte.

El barrio posee una red de acueducto no legalizado. De acuerdo con los planos oficiales de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-EAAB, están en marcha los proyectos de acueducto y alcantarillado para varios barrios de Ciudad Bolívar, entre los que se cuenta Brisas del Volador. En la parte alta (Los Alpes), los servicios de acueducto y alcantarillado son inadecuados, hasta el punto que la gente compra un recipiente de 20 litros de agua cada semana en el carrotanque que llega al barrio. Los desagües salen a campo abierto donde éstos existen, pues en muchas de las casas no hay servicio sanitario, ni cocina. La luz es tomada directamente de los postes de alumbrado público en forma ilegal. En la parte baja algunos reciben facturación de la EEB y el servicio es provisional. Todo el sector se encuentra en estrato 1, aunque en algunos recibos se les factura con estrato 2. No existen redes de alcantarillado de aguas lluvias, ni está proyectado construirlas.

En el caso particular de Brisas del Volador, se lleva un proceso avanzado en la solución a las numerosas familias que se encuentran en alto riesgo. Ya se tiene un programa de

vivienda nueva para las familias que habitan actualmente. Ha sido un programa desarrollado en coordinación con la Caja de Vivienda Popular, la cual otorga créditos blandos para la financiación de la vivienda. Adicionalmente muchos obtuvieron el subsidio del INURBE con lo cual se cubrió la cuota inicial (sumado a lo que se les reconoció por la posesión del predio actual y las viviendas).

En este informe se reportan las familias que no fueron incluidas en el programa de reubicación o que hay dudas si lo están, y las que tienen carácter de arrendatarias o poseedoras.

Se incluyeron, además, las familias ubicadas en la parte alta, que hacen parte del barrio Los Alpes y que no reciben ningún servicio, por encontrarse en alto riesgo.

No se censaron las familias ubicadas en la calle 72 sur, puesto que los habitantes informaron que todas habían sido censadas por la UPES y ya se encontraban inscritos en el programa UPES-CVP, ya sea el de Arborizadora Alta, de vivienda usada o de indemnización para las familias. En el listado de la UPES, se reportan estas familias.

2.2 TOPOGRAFÍA

Se ubicaron dos puntos con mojón en concreto y platina metálica, identificados con los nombres de 14-BV y 15-BV 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 utilizadas para el levantamiento, y en el Plano 2 la topografía correspondiente.

2.3 GEOLOGÍA

2.3.1 Estratigrafía

La secuencia litológica presente en la cantera Brisas del Volador corresponde a depósitos recientes del período Cuaternario, representados por un relleno (Qr) y un depósito de materiales estériles y de deslizamiento (Qed), y por rocas del período Cretáceo de la Formación Arenisca Tierna (Ksgt) del Grupo Guadalupe (según la nomenclatura estratigráfica utilizada actualmente por el INGEOMINAS). Superficialmente, está presente un suelo pobre en componentes húmicos, el cual no se diferencia como una unidad para no enmascarar la geología de la zona. (Véase Plano 3).

2.3.1.1 Cuaternario

- **Relleno (Qr)**

Es un depósito medianamente compactado conformado por arenas, arcillas y fragmentos de arenisca que hacen parte del material estéril producto de la explotación de la cantera, colocado en la parte más baja del patio para reconformar el terreno y generar una superficie menos inclinada. Se estima que este relleno es de bajo espesor, no superior a 4 m.

- **Depósito de materiales estériles y de deslizamiento (Qed)**

Es un depósito no consolidado conformado por suelo, arcillas, arenas, fragmentos y grandes bloques de arenisca correspondientes a estériles de la actividad extractiva, material deslizado y material arrastrado por el agua de escorrentía dispuestos en forma caótica. Las arcillas y las arenas normalmente se encuentran mezcladas y soportan los fragmentos y bloques de arenisca. El espesor de este depósito es variable, en la perforación PT-BV-1 realizada en este estudio es de 4,70 m; en la perforación PV-2, ejecutada por ESTUDIOS TÉCNICOS (1990), es de 8,15 m y en el borde frontal del depósito, situado en la parte baja de la zona de estudio, alcanza 8,50 m aproximadamente.

2.3.1.2 Cretáceo

- **Formación Arenisca Tierna (Ksgt)**

El Grupo Guadalupe está dividido de base a techo en las Formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna. Esta última, que aflora en el sitio de Brisas del Volador, está constituida predominantemente por arenisca cuarzosa de grano fino y grueso a muy grueso, de color amarillo claro, en capas gruesas a muy gruesas, separadas por delgados niveles interestratificados de lodolitas, limolitas y arcillolitas de color gris oscuro. Reposa concordantemente sobre la Formación Arenisca de Labor y está suprayacida concordantemente por la Formación Guaduas.

En el sitio de estudio aflora un nivel de arenisca de espesor variable comprendido entre 4 y 16 metros, infrayacido por un nivel de arcillolita del orden de 2,90 m de espesor según la perforación PT-BV-1. El mayor espesor del nivel de arenisca se presenta en la parte baja de la cantera y va disminuyendo progresivamente a medida que se asciende topográficamente. La arenisca se presenta en capas gruesas a muy gruesas y la arcillolita en capas delgadas.

Los sedimentos de la Formación Arenisca Tierna, al igual que las otras del Grupo Guadalupe, se depositaron en un ambiente litoral y sublitoral marino durante el Cretáceo Superior. Su espesor es del orden de 50 metros.

La Formación Arenisca Tierna se destaca morfológicamente formando pendientes estructurales y escarpes prominentes, en muchas de las estructuras anticlinales y sinclinales del área de la Sabana de Bogotá y sus márgenes.

2.3.2 Geología estructural

En el sector de Brisas del Volador, las capas de la Formación Arenisca Tierna hacen parte del flanco occidental del sinclinal de Usme, presentando orientación general N12° - 37°W/35° - 45°NE.

En el nivel de arenisca que aflora sobre el sector oriental del talud sur, se identificaron discontinuidades correspondientes a la estratificación y a tres sistemas de diaclasas, las cuales se representan en el diagrama de contornos de densidad de polos de la Figura 1. Su orientación media es la siguiente y se relacionan a continuación:

Estratificación: N16°W/30°NE

Diaclasas:

Sistema 1: N69°W/75°SW
Sistema 2: N55°E/77°NW
Sistema 3: N01°W/73°SW

La estratificación es plano paralela, continua, gruesa a muy gruesa en el nivel de arenisca y delgada en el nivel de arcillolita.

Las diaclasas principales, que conforman el Sistema 1, se caracterizan por ser continuas, bastante próximas, planas, cerradas a abiertas, sin relleno o con relleno de arcilla blanda, rugosas y secas. Las diaclasas secundarias, que conforman el Sistema 2, son discontinuas y continuas, bastante próximas, planas, ligeramente abiertas a abiertas, con relleno de arcilla blanda, rugosas y secas, mientras que las diaclasas del Sistema 3 son continuas a poco continuas, cerradas a abiertas, sin relleno o con relleno de arcilla blanda, rugosas y secas.

En general, el nivel de arenisca sobre el cual está conformado el talud vertical del extremo sur de la cantera, está moderadamente fracturado y localmente muy fracturado, presentando por sectores algunas diaclasas de caracter distensivo, las cuales generan bloques que pueden desprenderse del talud. Sobre el talud de la parte superior, localizado sobre el extremo occidental de la cantera, la arenisca se encuentra muy fracturada como consecuencia de un intenso proceso de meteorización física, acompañado por meteorización química de menor intensidad.

2.3.3 Geomorfología

La cantera abandonada Brisas del Volador se localiza sobre la ladera occidental del cerro El Volador, que hace parte de los cerros suroccidentales de Santa Fe de Bogotá, los cuales bordean el extremo sur de la Sabana de Bogotá, en inmediaciones de la margen izquierda del río Tunjuelito. Estos cerros conforman un relieve montañoso estructural plegado-denudacional, parcialmente conformado por las capas de la Formación Arenisca Tierna.

Los cerros suroccidentales de Santa Fe de Bogotá presentan en general cimas aplanadas y laderas inclinadas con pendientes medias a altas. Estos cerros han sido sometidos a intervención antrópica representada por la explotación minera a cielo abierto para la obtención de materiales de construcción. La actividad minera ha alterado las características morfométricas de las laderas, introduciendo taludes verticales, donde los procesos morfodinámicos degradativos actúan con mayor intensidad.

La ladera occidental del cerro El Volador en el sitio de estudio, está conformada por superficies estructurales de estratos de la Formación Arenisca Tierna, en general, con pendientes altas de 35° a 45°, a excepción de la parte superior, donde la pendiente disminuye hasta valores de 25° a 20°.

Como la zona fue afectada principalmente por actividad antrópica, consistente en la explotación minera a cielo abierto en forma antitécnica, la morfometría original de la ladera fue alterada, dando origen a un talud coincidente con una superficie estructural de un nivel de arcillolita, más bajo respecto a la superficie natural del terreno, limitado por taludes verticales a subverticales conformados principalmente en arenisca. Sobre la superficie estructural en arcillolita se han presentado deslizamientos traslacionales y sobre los taludes verticales desprendimientos de roca. Sobre el nivel de arcillolita se disponen depósitos no consolidados de materiales estériles y de deslizamiento y un relleno medianamente compactado. La superficie generada por estos depósitos es irregular y de pendiente variable.

La erosión actúa fundamentalmente sobre la superficie estuctural, siendo de tipo hídrica laminar y concentrada, de intensidad moderada, dando origen a surcos y cárcavas por el arrastre del material no consolidado dispuesto sobre el nivel de arcillolita.

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, Santa Fe de 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 que se adelantó en forma desordenada en la zona y el posterior abandono de las áreas excavadas sin efectuar ninguna obra de adecuación, originaron áreas de inestabilidad potencial. Posteriormente, la zona de la cantera y el área aledaña fueron ocupadas para vivienda sin efectuar obras de adecuación e infraestructura para su urbanización.

La zona de estudio, corresponde al sector sur de una antigua cantera de mayor tamaño, el cual envuelve un área de 120 m x 150 m y una diferencia de nivel de 80 m, entre el patio de la cantera y la corona del escarpe superior. En esta cantera se extrajo el nivel de arenisca que constituía la pendiente estructural de la ladera, dejando en su base un nivel de arcillolita, con pendiente entre 35° y 45°.

La cantera está limitada por el sur por un escarpe vertical a subvertical, con altura variable entre 4 y 18 m, ubicándose la parte más alta en su parte inferior. Dicho escarpe está conformado por arenisca cuarzosa, dura, moderadamente a muy fracturada. Por el occidente, la cantera está limitada por un escarpe casi vertical de 4 m a 5 m de altura, conformado por arenisca muy alterada en su parte superior y arcillolita hacia la base.

Los problemas de estabilidad de la cantera son los siguientes:

- **Caída de bloques**

  Hacia el costado sur de la cantera, se observan algunos bloques que alcanzan hasta 3 m^3, provenientes del talud rocoso en este costado, originados por el relajamiento a través del diaclasamiento del macizo y la orientación de la estratificación, respecto al talud de corte. Este fenómeno también se presenta en el talud rocoso del costado occidental, originado por el alto fracturamiento y meteorización de la arenisca en este sitio.

- **Desprendimiento de detritos**

  Se presentan en combinación con la caída de bloques en el talud rocoso del costado occidental, en el límite de la cantera, originado por el alto fracturamiento y meteorización de la arenisca en este sitio; este fenómeno involucra tanto bloques como suelo residual.

- **Deslizamientos**

  Estos fenómenos están relacionados con los rellenos y con el material depositado sobre el talud de arcillolita y en la zona baja de la cantera, que durante las épocas de lluvia acumulan agua en su interior, produciendo la inestabilidad de la masa. Un fenómeno de este tipo se produjo durante el desarrollo de este estudio (mayo, 1998), al presentarse un deslizamiento del relleno de fundación de una vivienda que causó su destrucción y la de la casa localizada inmediatamente abajo de la ladera.

2.4.2 Zonificación geotécnica

Se evaluó la composición del susbuelo diferenciando los tipos de suelos según sus características geológicas, el tipo, el grado de meteorización de la roca, el grado de fracturamiento de la misma y las condiciones particulares de drenaje y estabilidad que se observaron en las inspecciones del terreno en los reconocimientos geológicos y geotécnicos.

El talud de estudio se dividió en cuatro zonas geotécnicas homogéneas, las cuales se describen a continuación:

- **Talud sur**

Comprende el escarpe de la antigua cantera con dirección paralela a la pendiente del terreno, con una altura que oscila entre 4 m y 18 m. Hacia el costado sur, donde no fue intervenida el área para la explotación, la ladera natural tiene una inclinación promedio de 30°. El talud está constituido superficialmente por suelos orgánicos de espesor variable entre 0,15 m y 0,20 m, bajo el cual aparecen suelos limo-arenosos de color oscuro que tienen un espesor variable entre 0,80 m y 1,0 m. A continuación se encuentran bancos de arenisca de grano fino y grueso a muy grueso, de un espesor máximo de 17 m, con niveles delgados interestratificados de arcillolita, lodolitas y limolitas. En la base del talud, aparece la arcillolita, la cual aflora a partir de la cota 2840 hacia arriba.

En general, la arenisca se presenta moderadamente fracturada y por sectores muy fracturada, como sucede entre las cotas 2810 a 2815 y entre las cotas 2870 y 2880, en donde también se encuentran diaclasas de distensión. Los taludes de corte tienen inclinación entre 70° y 90° y en algunos casos se presentan taludes negativos. Los niveles de arenisca se presentan de débilmente meteorizados a frescos, se observan diaclasas cerradas a ligeramente abiertas y localmente abiertas, donde ocasionalmente se han presentado desprendimiento de bloques.

En esta zona se identificaron procesos de erosión hídrica laminar que afecta los suelos orgánicos superficiales y erosión en cárcavas sobre el talud que afecta los niveles más blandos de arenisca y de arcillolita.

- **Talud occidental**

Comprende el área sobre el escarpe superior de la cantera, hacia la parte alta de la ladera natural, hasta la carretera que da acceso al barrio Los Alpes. El escarpe que limita la cantera alcanza una altura hasta de 5 m.

El talud está constituido por una capa de suelo orgánico de espesor 0,20 m, bajo el cual aparece arenisca completamente meteorizada que alcanza un espesor de 0,50 m a 0,80 m. A continuación, se encuentra arenisca de grano medio a grueso, moderadamente meteorizada, muy fracturada, de espesor variable entre 3 m y 4 m. Subyaciendo el nivel anterior aparece un nivel de arcillolita completamente meteorizada, de color amarillento y gris claro. Los taludes de corte tienen inclinación entre 70° y verticales.

En la ladera natural se identificaron procesos de erosión hídrica que afectan los suelos orgánicos superficiales y erosión en cárcavas que afecta localmente el banco de arenisca fracturado que aparece en el escarpe superior de la cantera. En la base de éste, donde aflora arcillolita, se presentan procesos de erosión hídrica. En los niveles de arenisca se presenta ocasionalmente caída de bloques.

- **Talud central**

Comprende el sector central de la cantera, tiene una altura de 75 m y una inclinación que varía de 50°, en la parte superior, a 20°, en la parte inferior. El talud está constituido por un estrato de arcillolita en su parte alta y por depósitos de material suelto y rellenos, los cuales alcanzan un espesor máximo de cerca de 8 m hacia la base de talud. En estos materiales se presenta erosión hídrica laminar y erosión en cárcavas y surcos, que dejan al descubierto el nivel de arcillolita en la parte alta del talud.

En la parte inferior del talud se encuentra un escarpe que alcanza una altura de 11 m con respecto al nivel de las viviendas adyacentes. En dicho escarpe se aprecian grandes bloques y cantos en matriz de arcilla arenosa y parte del nivel de arcillolita movilizados durante los procesos de extracción en la cantera.

- **Patio**

Corresponde a la entrada de la cantera y patio de la misma, adyacente a la vía actual al barrio Los Alpes. Allí se realizó un relleno parcial para uniformizar la topografía del área, que actualmente se encuentra ocupada por viviendas. Dentro de esta zona no se evidencian procesos de inestabilidad.

2.4.3 Exploración del subsuelo

En desarrollo de los estudios efectuados por Ingeominas en 1987 y en 1996, por Mariano Ospina R. en 1989 y por Estudios Técnicos en 1991, se efectuaron investigaciones geotécnicas que consistieron en perforaciones con equipo mecánico, apiques y ensayos de

laboratorio. En el Plano 3 se muestra la localización aproximada de las exploraciones de campo.

En el estudio efectuado por Estudios Técnicos en 1991, se realizaron dentro del área de interés las perforaciones PV-1 a PV-4 que alcanzaron profundidades entre 8,45 m y 20,60 m y el apique AP-VP-4 que se llevó hasta 2,40 m de profundidad.
En el presente estudio, con el fín de complementar las investigaciones geotécnicas se efectuó la perforación PT-BV-1, con equipo mecánico que se llevó hasta una profundidad de 10,40 m. Los registros litológicos de las perforaciones y el apique se presentan en el Anexo 2.

2.4.4 Ensayos de laboratorio

Sobre muestras de los materiales obtenidos en las exploraciones de campo, se realizaron ensayos de laboratorio con el objeto de determinar su composición granulométrica y propiedades índice para clasificación, para lo cual se ejecutaron gradaciones por tamizado y se determinaron los límites de consistencia. En la Tabla 1 se resumen los resultados de los mismos.

En los estudios de Ingeominas de 1996, se obtuvieron valores de resistencia en el ensayo de carga puntual Is_{50} entre 0,27 MPa y 1,55 MPa en los fragmentos de arenisca de grano fino, color amarillo y gris claro, que presenta algo de oxidación de la Formación Arenisca Tierna. En este estudio se realizaron ensayos de compresión inconfinada sobre núcleos de arcillolita obteniéndose valores de resistencia entre 0,17 MPa y 0,63 MPa.

Las propiedades índice de la arcillolita de la Formación Arenisca Tierna, obtenidas en los ensayos de clasificación en el estudio de Mariano Ospina R. (1989) y presentados en el estudio de INGEOMINAS de 1996, son las siguientes:

Límite líquido	73
Índice de plasticidad	45
Clasificación USC	CH

En el estudio de 1989 se efectuaron pruebas de desleimiento - durabilidad de la arcillolita obteniéndose un valor en el índice de durabilidad de 13,02 y sobre una muestra inalterada se realizó un ensayo de corte directo CD midiendo resistencia residual, en el cual se obtuvieron los siguientes valores:

Parámetro	Resistencia pico	Resistencia residual
Ángulo de fricción interna	37°	29°

Cohesión	78,4 kPa	2,9 kPa

En los ensayos de clasificación realizados por Ingeominas en 1987 y en el presente estudio se obtuvieron los siguientes valores en muestras de arcillolita:

Grava	27%		
Arena	29%		
Fracción fina	40 %	a	44%
Límite líquido	38	a	73
Índice de plasticidad	14	a	46
Humedad natural	17%	a	22%
Clasificación USC	SC, SC-SM	a	CH
Peso unitario húmedo	18,1	a	22 kN/m^3
Gravedad específica	2,392	a	2,702
% menor de 2/u m	62,1		

En el estudio de Ingeominas de 1987 se efectuaron pruebas de desleimiento - durabilidad de la arcillolita obteniéndose un valor en el índice de durabilidad de 19 y sobre una muestra inalterada se realizó un ensayo de corte directo midiendo resistencia residual, en el cual se obtuvieron los siguientes valores:

Parámetro	Resistencia pico	Resistencia residual
Ángulo de fricción interna	26°	14°
Cohesión	32 kPa	18 kPa

2.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

La falta de manejo de las aguas lluvias y residuales son la causa detonante de los problemas de inestabilidad. Las consideraciones principales sobre este aspecto son:

- La falta de planificación para la construcción y ubicación de viviendas en estos sectores ha producido una alteración del drenaje natural.

- En cuanto al manejo de las aguas residuales de la zona, se detectó que la mayoría de las redes existentes, son construidas por los habitantes del sector y en muchos casos se

instalaron defectuosamente y sin tener en cuenta las normas técnicas de la EAAB, lo cual ocasiona el deterioro temprano de algunas tuberías por las cuales drena el agua que posteriormente va al terreno natural causando problemas de estabilidad de las laderas. Se encontró que algunas casas descargan las aguas residuales domésticas al terreno natural, produciendo la saturación de los suelos y subpresiones que causan problemas de estabilidad de las laderas.

2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA

Las excavaciones realizadas sin una técnica adecuada generaron una topografía de pendientes abruptas y depósitos de materiales sueltos, que interfirieron el drenaje natural y dejaron expuestas grandes superficies de terreno sin protección. Estas condiciones generales han dado origen, principalmente, a procesos de erosión hídrica en cárcavas y, además, a desprendimientos y deslizamientos ocasionales.

Después que se suspendieron las labores de explotación de la arenisca, el área del patio de la cantera y sus alrededores fue ocupada por viviendas, sin que se hubieran realizado obras de adecuación y protección de los taludes, ni obras de infraestructura para su urbanización. Una vez ocupadas dichas áreas, los procesos erosivos se intensificaron por la ausencia de control y manejo de las aguas lluvias y residuales. La construcción desorganizada de viviendas alrededor de los escarpes dejados por la explotación ha contribuido a incrementar el riesgo de dichas viviendas, que ya tienen por el sólo hecho de haber sido construidas sobre un terreno de pendiente alta, de 30° en promedio, sin una fundación adecuada y segura.

El desprendimiento y caída de bloques del escarpe rocoso del costado sur de la cantera está gobernado principalmente por la presencia de las diaclasas pertenecientes al Sistema 3, que han experimentado un proceso de relajación y erosión, y que al combinarse con los planos de estratificación y los otros sistemas de diaclasas forman bloques potencialmente inestables. Estos bloques llegan a inestabilizarse por acción de las aguas lluvias y de las residuales provenientes de las viviendas cercanas al escarpe. En el caso del escarpe superior, los bloques se originan por la presencia del Sistema 2 de diaclasas, las cuales se deslizan sobre los planos de estratificación, por la acción de las aguas superficiales. El tamaño de los bloques llega a ser de 3 m^3 en el talud sur y de menor tamaño en el talud occidental.

En el talud central, los fenómenos de inestabilidad tienen su origen en la composición del material suelto que cubre la superficie de la roca y la acción de las aguas superficiales que drenan de la parte superior del talud y saturan el material. Este material está compuesto de residuos de la explotación, que en su mayor parte corresponde a un antiguo derrumbe ocurrido en la época de la explotación de la cantera, cuando una gran masa de arenisca se deslizó sobre el plano de estratificación de la arcillolita, que aflora en el talud. El espesor

de este depósito llega a ser de cerca de 8 m, según se deduce de las exploraciones realizadas en esta zona.

Sobre el depósito que cubre el talud central se han construido numerosas viviendas que, con su aporte de aguas, contribuyen a la inestabilidad del terreno y al incremento del riesgo.

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 y proteger los taludes, diseños hidráulicos para las obras relacionadas con drenajes, manejo de aguas, definición de predios afectados para reubicación de algunas viviendas y diseños 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 del talud

Las condiciones de estabilidad de los taludes depende de factores tales como altura y pendiente de los taludes, características de resistencia de los materiales que los componen, posición del nivel freático, etc. Estos factores varían de acuerdo con la zonificación geotécnica del área, descrita en el numeral 2.4.2. A continuación se presenta la determinación de los distintos factores que intervienen en la estabilidad de los taludes y los resultados de los análisis efectuados para evaluar las condiciones de estabilidad de los taludes existentes en las distintas zonas en que se ha subdivido el área objeto de este estudio.

- **Talud sur**

Esta zona está caracterizada por un talud de roca de hasta 18 m de altura y con pendiente de 70° a 90°, constituido en arenisca con intercalaciones delgadas de arcillolita y limolita. La

parte superior de los taludes está conformada en una capa de suelo de 1 m de espesor máximo.

En esta zona se efectuó un levantamiento de las discontinuidades presentes en el macizo, el cual permitió definir tres sistemas de diaclasas, tal como se ilustra en la Figura 1. Estos sistemas de diaclasas, la orientación de los planos de estratificación y la orientación de los taludes existentes se representan gráficamente en el estereograma de la Figura 2, a partir del cual se hace el análisis cinemático de cuñas y bloques de roca. Adicionalmente, en la tabla de la misma figura se determinan los posibles modos de deslizamiento y los factores de seguridad de cada uno de los bloques de roca correspondientes a dichos modos. Para determinar los factores de seguridad de los bloques se asumió un ángulo de fricción promedio de las discontinuidades de 32°.

Los resultados mostrados en la Figura 2 indican que el talud sur presenta un modo de deslizamiento a lo largo de la línea de intersección entre los sistemas de diaclasas 1 y 2, con un factor de seguridad menor que la unidad. Este modo de deslizamiento es el causante de la caída de bloques que se observa en el talud. No obstante, la poca continuidad y baja frecuencia del Sistema 2 hace que dicho modo de deslizamiento tenga igualmente una relativa baja frecuencia lo que permite que pueda ser controlado satisfactoriamente con un sistema de protección compuesto por concreto neumático, malla y pernos.

- **Talud occidental**

Esta zona está caracterizada por un talud de hasta 5 m de altura con rumbo sensiblemente paralelo a los planos de estratificación, el cual está conformado por un paquete de areniscas de intensamente a muy fracturadas y alteradas. El talud presenta inclinación variable entre 50° y 90°. En la base del talud, el paquete de areniscas descansa sobre un estrato de arcillolita con 40° de inclinación, aproximadamente, el cual tiende a disminuir hacia arriba de la ladera. Esta zona tiene la configuración de un escarpe de falla de un deslizamiento anterior que debió ocurrir en la época de explotación de la cantera. Fotos aéreas del sector tomadas en 1972 muestran evidencias de dicho deslizamiento, en una época en la cual, la cantera se encontraba en operación y no existían aún asentamientos humanos en este sector, ni encima de él ni por debajo de la carrera 20.

Actualmente se aprecian algunas grietas muy próximas al escarpe, la más grande de las cuales delimita una masa de deslizamiento de cerca de 300 m^3 de volumen. Aparte de esta masa que presenta un estado inminente de deslizamiento, detrás del escarpe no se observan grietas ni otros signos de inestabilidad, lo cual indica un grado satisfactorio de estabilidad de la parte superior de la ladera, debilitado únicamente en su extremo por desconfinamiento.

De acuerdo con la posición de los estratos y los movimientos del terreno ocurridos en el pasado, el modo crítico de deslizamiento lo constituye la falla sobre el plano de estratificación de arcillolita que se encuentra en la base del talud, bajo el paquete de roca arenisca. Debido a que el plano de arcillolita va disminuyendo su pendiente hacia arriba de la ladera, su estabilidad aumenta rápidamente de un estado crítico de deslizamiento en el sitio del escarpe a una condición de buena estabilidad. Con base en ello, el diseño de las medidas de estabilidad que se describen más adelante contempla la remoción de la parte exterior del escarpe, mediante la conformación de una berma en su base, y el manejo adecuado de las aguas superficiales y subsuperficiales.

- **Talud central**

El talud de esta zona corresponde, aproximadamente, a un plano de estratificación de arcillolita, con un espesor de cerca de 3 m, de acuerdo con los resultados de la perforación PT-BV-1, el cual se encuentra cubierto por un depósito de 4 m de espesor máximo, constituido por bloques de arenisca en una matriz arenolimosa.

Dados su origen, configuración y composición, este depósito constituye una masa inestable cuyo plano de deslizamiento debe coincidir con el contacto depósito - roca. Dicho contacto involucra el plano de arcillolita que aflora en la parte superior del talud y la superficie rocosa de arenisca presente en la parte inferior.

Debido a la irregularidad de la superficie de deslizamiento y su variada composición, se efectuó un análisis retrospectivo de estabilidad con el fin de evaluar los parámetros promedio de resistencia que pueden estar actuando en dicha superficie, asumiendo condiciones variables de presiones de poros, desde una condición seca hasta una condición representada por un valor de 0,2 del parámetro de presión de poros, ru.

Adicionalmente, se efectuaron análisis de estabilidad considerando diferentes alturas de la masa de deslizamiento. Para estos análisis se tomó la sección geológica D-D mostrada en el Plano 4.

En la Figura 3 se presentan las superficies analizadas y los factores de seguridad obtenidos bajo condiciones de carga estática y para valores del parámetro ru de 0, 0,1 y 0,2. En la Figura 4 se presenta los resultados de los análisis restrospectivos para la superficie crítica en términos de C vs Φ, para factores de seguridad de 1,0, 1,2 y 1,4 para las distintas condiciones de presiones de poros consideradas. En estas figuras se han incluido a manera de referencia los valores de resistencia al corte residual obtenidos en muestras de arcillolita en los estudios anteriores (INGEOMINAS, 1987, y OSPINA, 1989) y el valor adoptado en este estudio, correspondiente a un ángulo de fricción de 26° y cohesión nula.

A partir de los resultados de los análisis anteriores se desprenden las siguientes conclusiones:

- La superficie de deslizamiento con menor factor de seguridad es aquella que tiene su corona en la elevación 2830, que corresponde a una altura de aproximadamente 37 m por encima del patio inferior.

- Para condiciones secas, el depósito debe tener un factor de seguridad estático del orden de 1,2.

- El factor de seguridad se reduce a valores por debajo de la unidad, cuando, por causa de las lluvias, se produce un incremento de las presiones de poros sobre la superficie

potencial de deslizamiento, ésto es, cuando la presión de poros es mayor o igual a 15% del esfuerzo normal actuante sobre el plano de deslizamiento.

Los anteriores resultados destacan la sensibilidad del depósito a la presencia de presiones hidrostáticas, lo cual representa un riesgo alto de inestabilidad, durante las épocas lluviosas del año.

3.1.2 Diseño de las obras de estabilidad del talud

En los Planos 5 y 6 se presentan respectivamente, la planta y varias secciones de las obras geotécnicas contempladas como medidas correctivas para mitigación de los riesgos en el sitio de Brisas del Volador. A continuación se describen los diseños previstos:

- **Talud sur**

Este talud se protegerá contra la erosión y la eventual caída de bloques con una capa de concreto neumático, malla metálica y pernos de anclaje. Los pernos de anclaje están compuestos por una varilla de acero de 25 mm de diámetro y una longitud de 2,5 m, y se colocarán en una dirección normal al talud y una inclinación de 10° hacia abajo de la horizontal, con espaciamientos de 2,0 m en ambas direcciones. Previo a la colocación de la protección mencionada, se deberá llevar a cabo el desabombe del talud, en el cual se removerán todos los bloques y masas que amenacen con desprenderse.

- **Talud occidental**

El tratamiento para el talud occidental comprende la conformación de una berma de protección hacia la elevación 2865 de mínimo 2 m de ancho y la construcción de un talud, sobre dicha berma, con pendiente 1,0H : 1,0V, cuya superficie deberá protegerse con pasto.

Con el fin de evitar la formación de presiones de poros dentro del terreno se tiene prevista la construcción de una hilera de huecos de drenaje de 15 m de longitud, separados cada 10 m, que descarguen las aguas de infiltración sobre una cuneta localizada en el borde interior de la berma.

- **Talud central**

De acuerdo con los resultados de los análisis de estabilidad descritos en el numeral 3.1.1, es necesario remover la masa potencialmente inestable que cubre en la actualidad la superficie de roca. Para ello se propone construir una plataforma en la elevación 2798 mediante la

excavación de la masa inestable y la construcción de rellenos hacia el costado sur y oriental, utilizando para ello el material excavado. La plataforma será utilizada para recreación y equipamiento comunal, como se describe en la sección 3.4. Las superficies excavadas y de relleno se protegerán con pasto.

3.1.3 Conformación de la plataforma en la parte inferior y protección de los taludes

Con el objetivo de habilitar una cierta porción del área inferior de la antigua cantera, para su uso en obras de servicio a la comunidad, se propone la conformación de una plataforma en la cota 2798 mediante la reconformación del depósito de bloques y suelo existente en esta parte del área, de manera que quede un terraplén estable y adecuado para su posterior utilización. Los bloques de roca que constituyen el depósito podrán ser movidos hacia el costado sur con el fin de conformar un relleno que sirva de contención del talud rocoso. La parte del talud rocoso que no se cubra con el relleno, se reconformará con una pendiente aproximada 0,3 H: 1,0V y su superficie se protegerá con una capa de concreto neumático, malla y pernos.

3.2 DISEÑO DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS

El sistema de drenaje de aguas lluvias y residuales domésticas se estudió en forma cuidadosa en el sector debido a la falta de uniformidad del desarrollo urbanístico, lo que dificulta el trazado adecuado de las obras de manejo de las aguas de excedencia. Véanse Planos 7 y 8.

Como medidas estructurales o físicas para el manejo de las aguas lluvias y las aguas residuales se proponen las siguientes obras:

- Cunetas y colectores para el manejo de aguas lluvias.
- Colectores principales para el manejo de las aguas residuales.
- Canal con pantallas deflectoras.

Los sistemas de drenaje de aguas lluvias y de aguas residuales operan en forma separada para evitar la contaminación de las fuentes naturales, que generen problemas de saneamiento y afecten la población en el sector de estudio.

Como alternativa de manejo de las aguas lluvias y aguas residuales para el control de la estabilización de los taludes en el sector, se propone la utilización de estructuras que controlen dichas aguas permitiendo el encausamiento adecuado a sistemas existentes o proyectados por la EAAB.

Para el sitio en estudio se proponen las siguientes obras hidráulicas:

- Se planteará la construcción de la red de alcantarillado para el manejo de las aguas residuales, en la zona de asentamientos humanos ubicados en la parte alta y baja del talud, evitando así que las descargas que actualmente existen afecten directamente la estabilidad del talud, y se dejará prevista su entrega a la red existente en la carrera 20.

- Cunetas para el drenaje de aguas lluvias, de sección trapezoidal en concreto, ubicadas en la parte alta del talud, en la zona intermedia y en la parte inferior del mismo. El trazado de las cunetas obedece a la disposición del talud para la conformación de las zonas de servicio comunal planteadas en el diseño de urbanismo y paisajismo.

- La disposición de una canal perimetral con pantallas deflectoras, que servirá como receptor intermedio para la entrega de las cunetas provenientes de cada una de las zonas del talud.

- Finalmente el diseño de un colector pluvial, que tendrá como objeto ser el emisario final para recibir las aguas lluvias provenientes de la zona alta y media del talud; y la entrega de las mismas al sistema de redes futuras.

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

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 tomaron como base los registros históricos de la estación Casa Blanca, operada por la EAAB. [2], los cuales se presentan en la Tabla 2 y Figura 5.

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

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

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:

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

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 el texto 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 Brisas del Volador, obteniéndose los resultados que se indican en la Tabla 4 y en la Figura 6. 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 Alcantarillado de aguas residuales

Para el predimensionamiento de los colectores de aguas residuales se adoptaron criterios de diseño de la EAAB. El predimensionamiento cubre únicamente el colector principal hasta conectarse con la red de alcantarillado existente, o en un punto donde posteriormente pueda ser integrado a futuros diseños de la red.

3.2.2.1.1 Criterios generales

La cantidad de aguas residuales considerada para el diseño de cada uno de los colectores principales está integrada por las aguas residuales domésticas generadas en el sector en estudio. La estimación de caudales se realizó teniendo en cuenta la población aferente a cada tramo.

[3] Applied Hidrology, Ven Te Chow, Mac Graw Hill, Pág. 498, 1988.

3.2.2.1.2 Población de diseño

Para la determinación de caudales se consideró la población de saturación estimada para las áreas aferentes de los sectores en estudio, considerando una densidad de 1000 habitantes por hectárea, resultado obtenido del análisis de desarrollo y proyección socio económica de la población.

3.2.2.1.3 Determinación de caudales

De acuerdo con lo establecido anteriormente se estimó un consumo de agua potable (Dotación) de 190 l/hab.día y según las Normas de Alcantarillado de la EAAB se adoptó un coeficiente de retorno del 85%.

A partir del caudal medio diario se estimó el caudal máximo horario del día máximo, aplicando el respectivo coeficiente recomendado por la normas de diseño. Se consideró una tasa de infiltración de 0,02 l/ha-s correspondiente a la zona de infiltración baja y un aporte de caudal por conexiones erradas igual al 20% del caudal pico de aguas negras.

Los colectores se dimensionaron con un caudal de diseño correspondiente a la sumatoria del caudal máximo horario del día máximo, el caudal de infiltración y el caudal por conexiones erradas.

- **Caudal medio diario**

El caudal medio diario está dado por la expresión:

$$\mathbf{Qmd = (1/86400) \times C \times D \times R \times A}$$

Donde:

Qmd: Caudal medio diario de aguas residuales, en l/s
C: Consumo por habitante, en l/hab.día
D: Densidad de población, en hab/ha
R: Coeficiente de retorno
A: Área residencial bruta, en ha

Qmd: (1/86400) x 190 l/hab.día x 1000 hab/ha x 0,8 x A
Qmd: 1,76 l/s ha x A

Para los diámetros de las tuberías, véase Tabla 6.

- **Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario del día máximo, Qmáx, es función del Qmd y se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{Qmáx = C_1 \times Qmd}$$

Donde: C_1 : Coeficiente que depende del valor del Qmáx.

3.2.2.1.4 Criterios hidráulicos

- **Condiciones de velocidad, caudales y pendientes**

Se adoptaron los siguientes criterios de velocidad real y caudal a tubo lleno, de acuerdo con la EAAB:

- Velocidad real: Mínimo 0,6 m/s , Máximo 5,0 m/s.
- Relación caudal real / caudal tubo lleno Q/Qo : < = 80%.
- Pendientes: Las pendientes mínimas y máximas para cada colector serán función de la velocidad a tubo lleno.
- Se adoptó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,013 correspondiente a tubería de concreto.

- **Fuerza tractiva**

Se utilizará el concepto de fuerza tractiva, que es la fuerza necesaria para iniciar el movimiento de una partícula, garantizando la auto-limpieza de los colectores. Esta fuerza tractiva se puede definir como:

$$\tau = \gamma \, R \, S$$

Donde:

τ: Fuerza tractiva [Kg/m^2]
γ: Peso específico del agua [Kg/ m^3]
R: Radio hidráulico [m]
S: Pendiente [m/m]

De acuerdo con las normas para colectores de 8" y 10" la fuerza tractiva no debería ser menor de 0,15 Kg/m^2.

- **Perfiles de la tubería**

La profundidad de los colectores se determinó como la diferencia entre la cota rasante de la vía y la cota clave de la tubería y se procuró en lo posible minimizar los volúmenes de excavación. El recubrimiento mínimo sobre la cota clave de los colectores adoptado fue de 1,0 m con respecto a la rasante de la vía.

- **Pozos de inspección**

El pozo de inspección típico utilizado para las redes de alcantarillado de aguas residuales, será en ladrillo, con un cono de reducción de 0,80 m de altura variable según cotas de diseño.

En cada pozo de inspección la diferencia de nivel entre la cota batea de entrada y la cota batea de salida se estimó en mínimo 2 cm permitiendo en todo caso que esta caída adoptada no interfiera con el funcionamiento hidráulico del colector. Véase detalle del pozo de inspección en el Plano 8.

- **Cimentación de la tubería e instalación**

Para los colectores se adopta tubería en concreto y se tienen en cuenta las condiciones de cimentación, calculada con base en la carga debido al relleno, carga viva y carga total, el factor de carga y los tipos de relleno. La instalación de la tubería se hará en condición de zanja.

Con respecto al tipo de relleno, se tiene que para la cimentación se utilizará relleno seleccionado tipo Material Granular bien compactado (relleno Tipo 1) y para el resto de la zanja se usará relleno Tipo 3 y Tipo 5, de acuerdo con lo indicado en el Plano 8.

En general se tiene que para los diámetros de 8" y 10" se utilizará tubería de concreto con un factor de carga de 1,9. El ancho de las zanjas será de 0,65 m para tubería de 8" y de 0,7 m para la de 10".

3.2.2.2 Drenaje de aguas lluvias

Las obras de drenaje de aguas lluvias comprenden: cunetas, canal con pantallas deflectoras y alcantarillado pluvial.

- **Metodología general del estudio**

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 obras.
- 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 zona de estudio.
- Determinación de los caudales de escorrentía máximos para el período de retorno adoptado.
- Predimensionamiento hidráulico del canal, cunetas y del sistema general de drenaje.

- **Criterios hidráulicos de diseño**

- Canales y cunetas

  Los canales y cunetas se dimensionaron para un caudal de 100 años mediante la aplicación de la fórmula de Manning de manera que la sección, 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 7.

- Alcantarillado pluvial

Para el predimensionamiento del alcantarillado pluvial se adoptaron los criterios de diseño de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). El predimensionamiento cubre únicamente el colector principal hasta conectarse con la red existente, o en un punto donde posteriormente pueda ser integrado a futuros diseños de la red.

La cantidad de aguas lluvias considerada para el diseño del colector principal está integrada por aguas provenientes de la escorrentía de área aferente a la zona en estudio.

Para las condiciones de Velocidad, Caudales y Pendientes, se adoptaron los siguientes criterios de velocidad real y caudal, de acuerdo con las normas de la EAAB:

- Velocidad real: Mínimo 1,0 m/s, Máximo 6,0 m/s.
- Relación caudal real / caudal tubo lleno Q/Qo: < = 80%
- Pendientes: las pendientes mínimas y máximas para cada colector serán función de la velocidad a tubo lleno.
- Se adoptó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,013 correspondiente a tubería de concreto.

Para el diámetro de las tuberías véase Tabla 8.

- Canal con pantallas deflectoras

Las pantallas deflectoras disipan energía por el efecto de los impactos del flujo contra las pantallas y la alta turbulencia que se produce, adicionalmente controlan la aceleración del flujo en tramos largos de pendiente pronunciada. La forma del canal con un voladizo en la parte superior impide el salpicamiento del agua por fuera del mismo.

Las ecuaciones que rigen el dimensionamiento del canal son las siguientes[4] :

$$bp = bm\left[\frac{Qp}{Qm}\right]^{0,4}$$

$$Vp = Vm\left[\frac{Qp}{Qm}\right]^{0,2}$$

Siendo:

h_p = 0,6 bp
z = 0,2 bp
a = 0,1 bp
bm = 0,1 m

Donde:

bp = Ancho del canal en el prototipo, en metros.
bm = Ancho del canal en el modelo, 0,10 metros.
Qp = Caudal en el prototipo, en m^3/s.
Qm = Caudal en el modelo, en m^3/s.
Vp = Velocidad de flujo en el prototipo, en m/s.
Vm = Velocidad del flujo en el modelo, en m/s.
h_p = Altura libre del canal, en metros.
z = Altura de las pantallas, en metros.
a = Ancho del voladizo del canal que impide el salpicamiento de agua, en metros.

En la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos y en los Planos 9 y 10 se presentan la localización, dimensiones y refuerzos de las obras de manejo de aguas.

3.3 PREDIOS AFECTADOS

En el diseño de las obras de estabilidad y manejo de aguas tendientes a minimizar el riesgo, se tuvo como criterio general causar el mínimo efecto sobre las familias aledañas y sobre la

[4] Ramírez Giraldo, Jorge. III Seminario Nacional de Hidráulica. Canal con pantallas deflectoras.

infraestructura social existente. Dadas las condiciones de vulnerabilidad social, por su grado de Necesidades Básicas Insatisfechas en que vive la población del sector, se pretende que las medidas propuestas ocasionen el menor impacto social en el sentido de traslados involuntarios, atendiendo las políticas del Banco Mundial y de la UPES frente a reasentamientos.

En el barrio Brisas del Volador, la UPES está desarrollando actualmente un plan de reubicación con la mayoría de familias moradoras, algunas de las cuales han optado por vivienda nueva en Arborizadora Alta, otras por vivienda usada y otras por aceptar dinero. En la siguiente tabla se presenta el listado de las familias afectadas, que hacen parte del programa de reubicación de UPES-CVP. La información contenida en dicha tabla fue suministrada por la UPES.

PROGRAMA DE REUBICACIÓN DE VIVIENDAS UPES-CVP BARRIO BRISAS DEL VOLADOR							
ITEM No.	**DIRECCIÓN**	**PROPIETARIO**	**ÁREA m²**	**No. PISOS**	**No. FAMILIAS**	**No. PERSONAS**	**USO**
1	Calle 73 Bis sur No. 22-09	Humberto López y Gloria Estela Silva	72	1	1	2	Vivienda
2	Calle 73 Bis sur No. 22-06	José Antonio Medina	72	1	2	4	Vivienda
3	Calle 73 Bis sur No. 22-23	Esperanza Amaya y Santos Segura	72	1	1	4	Vivienda
4	Calle 73 Bis sur No. 22-17	Olga Lucía Amaya	72	1	1	5	Vivienda
5	Calle 73 Bis sur No. 22-20	Elizabeth Segura	72	1	1	4	Vivienda
6	Calle 72 Bis sur No. 22-26	Javier ? (sin información)	72	1	1	1	Vivienda
7	Calle 73 Bis sur No. 22-20	Calimerio Reyes	72	1	1	5	Vivienda
8	Calle 72 Bis sur No. 22-01	Juan Pablo Moreno (prop) Alcira Arias (arr)	72	1	1	8	Vivienda
9	Calle 72 Bis sur No. 22-07	Sin información	72	1	Deshabitada	-----	Vivienda
10	Calle 72 Bis sur No. 22-30	Luz Belén Sanabria	144	1	1	5	Vivienda
11	Calle 72 Bis sur No. 22-23	Amanda Toro	72	1	1	1	Vivienda
12	Sin nomenclatura	Guillermo ? Sin información	72	1	1	1	Vivienda
13	Sin nomenclatura	Martha Oliva Peña	72	1	1	7	Vivienda
14	Sin nomenclatura	Romelia Nuñez y Francisco Eliseo Osorio	72	1	1	8	Vivienda
15	Sin nomenclatura	Yudy Astrid Monsalve	72	1	1	4	Vivienda
16	Sin nomenclatura (Lote 3 Calle 70)	Ismael Vejarano	144	1	1	6	Vivienda

En la siguiente tabla se presenta la relación de las familias que se ven afectadas por los planes y obras propuestas para mitigación de los riesgos y que no hacen parte del programa

de reubicación adelantado por la UPES. Este listado comprende un total de 20 familias, de las cuales, cinco se ubican en la parte inferior del talud central, una sobre el escarpe del costado sur y las 14 restantes sobre el escarpe superior del costado occidental de la ladera. Para cada una de estas viviendas se preparó una ficha que incluye una fotografía de su estado actual y demás información recogida en el censo y un Plano de localización que se incluye en el Anexo 3. Las 14 familias ubicadas en la parte superior de la cantera (Barrio Los Alpes), que no cuentan con servicios públicos, están declaradas como de alto riesgo, pero no han sido incluidas aún dentro del programa de reubicación de la UPES.

CENSO DE PREDIOS AFECTADOS BARRIO BRISAS DEL VOLADOR							
FICHA No.	**DIRECCIÓN**	**PROPIETARIO**	**ÁREA m²**	**No. PISOS**	**No. FAMILIAS**	**No. PERSONAS**	**USO**
1	Sin nomenclatura	Uriel ?	72	1	1	6	Vivienda
2	Calle 70 No. 20-63	Martha C. Forero (propietaria) Gloria Cecilia Giraldo (Arrendataria)	72	1	2	11	Vivienda
3	Sin nomenclatura	Juan Riaño	72	1	1	4	Vivienda
4	Sin nomenclatura	Luz Nancy Cano	72	1	1	4	Vivienda
5	Calle 70 sur No. 21-02	Alba Rosa Diaz	72	1	1	5	Vivienda
6	Calle 72 sur No. 21-04	Elida María Peña Torres.	72	1	1	5	Vivienda
7	Calle 73 Bis sur No. 22-09	Humberto López/ Gloria Stella Silva	72	1	1	5	Vivienda
8	Calle 73 bis sur No. 22-06	José A Medina Silva	72	1	1	4	Vivienda
9	Calle 73 sur No. 22-23	Esperanza Amaya/ Santos Segura	72	1	1	4	Vivienda
10	Calle 73 sur No. 22-17	Olga Lucía Segura Amaya	72	1	1	5	Vivienda
11	Calle 73 sur No. 22-20	Elizabeth Segura Amaya	72	1	1	4	Vivienda
12	Calle 73 sur No. 22-26	Javier ?	72	1	1	1	Vivienda
13	Calle 73 Bis sur No. 22-20	Calimerio Reyes	72	1	1	5	Vivienda
14	Calle 72 A sur No. 22-01	Juan Pablo Moreno (propietario) Alcira Arias/José Moreno (Arrendatarios)	72	1	1	8	Vivienda
15	Calle 72 A sur No. 22-30	Luz Belén Zanabria	144	1	1	5	Vivienda
16	Sin nomenclatura	Sin información	50	1	1	1	Vivienda
17	Calle 72 sur No. 22-23 Lote 6	Amanda Toro	72	1	1	1	Vivienda
18	Sin nomenclatura	Guillermo ?	50	1	1	1	Vivienda
19	Sin nomenclatura	Martha Oliva Peña	72	1	1	7	Vivienda
20	Sin nomenclatura	Francisco Eliseo Osorio y Romeria Núñez	72	1	1	8	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 superficiales 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.

La localización de los árboles se hará a lo largo de las vías vehiculares y senderos peatonales en grupos de tres unidades cada seis metros aproximadamente. Otro grupo de seis árboles enmarcará las zonas duras de plazoletas que serán descritas más adelante. Finalmente se dispondrá de grupos de ocho unidades distribuidos según las características particulares de la topografía del terreno y de las posibilidades de mantener la seguridad de la ciudadanía.

Se crearán 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 formarán 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 destinarán 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 planteará un cerramiento y/o barreras para protección de los taludes y áreas de riesgo.

En el aspecto urbano como planteamiento arquitectónico para el barrio, se propone la creación, definición y recuperación de calles peatonales mediante la construcción de escaleras y caminos con las pendientes y anchos adecuados, provistas de descansos que a su vez ofrezcan áreas para la comunidad como puntos de encuentro. Estas calles irán conectadas a los paraderos de rutas de transporte, a la nueva zona del talud y a la parte alta y baja del talud. Se plantea la identificación de estos caminos mediante la siembra de árboles a lo largo de los caminos, creando un ambiente de bulevar.

Como vía vehicular se plantea la construcción de un acceso sobre la parte inferior del talud contiguo a los predios de la EAAB bordeando la manzana de viviendas que está localizada sobre la vía principal de acceso del sector.

Referente al desarrollo de la zona, sobre la parte alta del talud se está presentando un asentamiento de vivienda de manera espontánea, para lo cual se propone reubicar las viviendas existentes y restringir la construcción de nuevas viviendas y destinar este espacio como áreas de recreación pasiva para uso de toda la comunidad.

En el lugar donde se efectuarán los trabajos de estabilidad de taludes sobre la parte alta, donde las pendientes son bastante pronunciadas, se propone solamente la siembra de árboles y empradización limitando el acceso por medio de un cerramiento, con el propósito de crear un área de recreación visual exclusivamente. En la zona media del sitio, el diseño de los taludes permitirán el uso de la zona como recreación pasiva construyendo senderos peatonales, escaleras y plazoletas combinados con árboles, bancas e iluminación. En la parte baja se propone la construcción de un edificio de equipamiento comunal para uso institucional como centro de salud, guardería, policía, etc., un parque infantil y una cancha múltiple.

Las áreas libres resultantes de la reubicación de las viviendas que han sido afectadas por el área de riesgo serán empleadas como espacios de recreación pasiva y serán equipados con árboles, bancas e iluminación.

En los Planos 11, 12 y 13 se presenta las 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, se establece el siguiente orden de prioridades para la construcción de las obras:

- Restricción en el desarrollo de la urbanización y delineación de las áreas de protección.
- Ordenamiento y manejo de las aguas superficiales en las áreas adyacentes al escarpe y al talud reconformado.
- Obras de estabilidad del talud.
- Reconformación y protección de taludes.
- Obras de paisajismo y urbanismo.
- Obras de adecuación del patio actual para uso de la comunidad en parque o centro comunitario.

En la Tabla 10 se presenta el cronograma de obra para la construcción de las obras de estabilización 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 a la zona afectada con el fin de evaluar 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 algunos puntos sobre los taludes, los cuales se deben controlar con una frecuencia no menor de dos veces al año.

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

6. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En el Anexo 4 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 1.1: Barrio Brisas del Volador. Topografía.
3	Sitio 1.1: Barrio Brisas del Volador. Geología. Planta.
4	Sitio 1.1: Barrio Brisas del Volador. Geología. Secciones.
5	Sitio 1.1: Barrio Brisas del Volador. Obras de Estabilización - Planta.
6	Sitio 1.1: Barrio Brisas del Volador. Obras de Estabilización - Secciones.
7	Sitio 1.1: Barrio Brisas del Volador. Localización General de Obras de Manejo de Aguas.
8	Sitio 1.1: Barrio Brisas del Volador. 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 1.1: Barrio Brisas del Volador. Obras Arquitectónicas. Planta.
12	Detalles Arquitectónicos I.
13	Detalles Arquitectónicos II.

7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

En la Tabla 11 se presenta 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 1.6: BRISAS DEL VOLADOR

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 6
2.3.1 Estratigrafía 6
2.3.1.1 Cuaternario 6
2.3.1.2 Cretáceo 7
2.3.2 Geología estructural 7
2.3.3 Geomorfología 8
2.3.4 Sismología 9
2.4 GEOTECNIA 9
2.4.1 Descripción del problema 9
2.4.2 Zonificación geotécnica 11
2.4.3 Exploración del subsuelo 12
2.4.4 Ensayos de laboratorio 13
2.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA 14
2.6 PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DEL PROBLEMA 15

3. MEDIDAS CORRECTIVAS 16
3.1 DISEÑOS GEOTÉCNICOS 16
3.1.1 Análisis de estabilidad del talud 16
3.1.2 Diseño de las obras de estabilidad del talud 20
3.1.3 Conformación de la plataforma en la parte inferior y protección de los taludes 21
3.2 DISEÑO DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS 21
3.2.1 Estudios hidrológicos 22
3.2.1.1 Lluvias 22
3.2.1.2 Caudales 23

3.2.1.3 Período de retorno de diseño 23
3.2.1.4 Tiempo de concentración 23
3.2.1.5 Caudales de diseño 24
3.2.2 Estudios hidráulicos 25
3.2.2.1 Alcantarillado de aguas residuales 25
3.2.2.2 Drenaje de aguas lluvias 29
3.3 PREDIOS AFECTADOS 31
3.4 OBRAS DE URBANISMO, PAISAJISMO Y USOS DEL SUELO 33

4. CRONOGRAMA DE OBRAS Y SEÑALAMIENTO DE PRIORIDADES 36

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO E INSTRUMENTACIÓN 37

6. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 38

7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO 39

TABLAS
FIGURAS
ANEXOS
PLANOS

LISTA DE TABLAS

1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

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 DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES.

7. CÁLCULO DIMENSIONES DE CUNETAS.

8. CÁLCULO DEL ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS.

9. CÁLCULO DE CANALES CON PANTALLAS DEFLECTORAS.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

11. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.

LISTA DE FIGURAS

1. CONTORNOS DE DENSIDAD DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES.

2. MODOS DE DESLIZAMIENTO DE BLOQUES.

3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.

4. ANÁLISIS RETROSPECTIVO. SECCIÓN D-D.

5. HISTOGRAMA ESTACIÓN CASA BLANCA.

6. CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA.

LISTA DE ANEXOS

1. TOPOGRAFÍA.
2. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS.
3. PREDIOS CENSADOS.
4. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN.

LISTA DE PLANOS

1. LOCALIZACIÓN GENERAL.

2. SITIO 1.1: BARRIO BRISAS DEL VOLADOR. TOPOGRAFÍA.

3. SITIO 1.1: BARRIO BRISAS DEL VOLADOR. GEOLOGÍA. PLANTA.

4. SITIO 1.1: BARRIO BRISAS DEL VOLADOR. GEOLOGÍA. SECCIONES.

5. SITIO 1.1: BARRIO BRISAS DEL VOLADOR. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN - PLANTA.

6. SITIO 1.1: BARRIO BRISAS DEL VOLADOR. OBRAS DE ESTABILIZACIÓN - SECCIONES.

7. SITIO 1.1: BARRIO BRISAS DEL VOLADOR. LOCALIZACIÓN GENERAL DE OBRAS DE MANEJO DE AGUAS.

8. SITIO 1.1: BARRIO BRISAS DEL VOLADOR. 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 1.1: BARRIO BRISAS DEL VOLADOR. OBRAS ARQUITECTÓNICAS. PLANTA.

12. DETALLES ARQUITECTÓNICOS I.

13. DETALLES ARQUITECTÓNICOS II.

ANEXO 1
TOPOGRAFÍA

ANEXO 2
INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

ANEXO 3
PREDIOS CENSADOS

ANEXO 4
PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

TABLAS

FIGURAS

ANEXOS

PLANOS

INGEOMINAS
BRISAS DEL VOLADOR
FASE II - MARZO DE 1996

ESTUDIOS TÉCNICOS S.A.
AMPLIACIÓN TANQUE EL VOLADOR
FEBRERO DE 1991

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 1.6. Barrio Brisas del Volador
Documento No.:	**UPES - CB - 018**

APROBACIÓN	**Número de Revisión**		**0**	**1**	**2**	**3**
	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			