RESUMEN

La zona de estudio se encuentra ubicada en el costado occidental de los cerros orientales y comprende la parte baja del barrio Nueva España y la parte oriental del barrio Los Alpes Futuro. El área de estudio está localizada en la carrera 12 D Este, entre las calles 34A y 38 sur, localidad de San Cristóbal

Para el año 1977, la zona contenía dos procesos de explotación industrial de materiales térreos. Una de ellas, ubicada en el costado nororiental de la zona en estudio, sobre el depósito fluviotorrencial y la otra, de mayor tamaño que la anterior, en el costado suroccidental, sobre la arcillolita de la formación Bogotá. En la actualidad estas explotaciones se encuentran suspendidas. De la explotación del fluviotorrencial para recebos se encuentra todavía el patio de extracción, constituido por dos pequeñas terrazas. De la explotación de la arcillolita no se evidencia rasgo alguno.

La zona está afectada por un movimiento superficial de carácter reptacional que involucra un espesor aproximado de 2.0 de material residual, producto de la degradación de la arcillolita de la formación Bogotá. El movimiento en la actualidad esta afectando algunas casas de la parte baja del barrio Nueva España, ubicadas en la parte alta de la zona de estudio, así como algunas casas del barrio Los Alpes Futuro, las cuales están ubicadas en la parte baja de la misma zona.

En el costado norte del sector en estudio se presentó una avalancha, la cual arrastró materiales provenientes de la cantera y el cual se extendió hasta el patio sobre el cual hoy en día se encuentra la Urbanización Bosque de los Alpes. En el costado sur de la zona en estudio se encuentran algunos remanentes de una antigua explotación de arcilla. De esta explotación queda un gran deslizamiento, el cual se extiende desde la vía al llano hasta el límite sur del área en estudio.

A fin de conocer la situación del área en estudio y poder recomendar las medidas necesarias para estabilizar las zonas con movimientos del subsuelo, se ejecutaron varias actividades las cuales fueron coordinadas por diferentes profesionales. A continuación se resumen tales trabajos:

Como base para los estudios se llevo a cabo un levantamiento topográfico, obteniendo un plano base escala 1:500 de la zona en estudio. Este plano fue empleado para plasmar los resultados de cada una de las actividades efectuadas.

De acuerdo con los trabajos de geología y geotecnia en la zona en estudio se encuentran básicamente dos materiales claramente identificados así:

Formación Bogotá (Teb). Está constituida por paquetes potentes de arcillolitas rojizas y abigarradas y el único paquete de areniscas que se encontró está ubicado en el

costado sureste del área y es de composición preferencialmente feldespática, de grano fino, color gris claro, los estratos son delgados a laminares; su espesor es de 7 m.

En el costado sur y oriental está recubierta por el depósito fluviotorrencial, siendo su contacto una superficie de discordancia.

Las dos zonas inestables identificadas están constituida por arcillolitas meteorizadas y totalmente saturadas con un espesor que varía de 2.0 m a 5.0 m

Depósito Reciente de Origen Fluviotorrencial (Qft). Se localiza en la parte alta de los dos cerros que rodean el área por el costado sur y oriental, respectivamente. El más importante es el del costado oriente por su extensión, su volumen e influencia sobre la condición hidrogeológica del área inestable.

Litológicamente está conformado por una matriz areno limosa, de color gris claro a amarillo, dentro de la cual están contenidos fragmentos subangulares a subredondeados de arenisca cuarzosa, gris clara; estos fragmentos son de tamaños preferenciales grava y guijarros, pero se aprecian también algunos bloques. El depósito presenta alta permeabilidad.

El espesor máximo se encuentra en el cerro del costado oriental, dónde tiene del orden de 18 m, en tanto que en el cerro sur, donde no fue explotado es del orden de 10 m.

Las propiedades mecánicas establecidas para estos materiales son las siguientes:

CUADRO No. 1. PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LOS MATERIALES DE LA ZONA

NUM	MATERIAL	C (Kg/cm2)	ϕ °	γ_t (Kg/cm^3)	γ_d (Kg/cm^3)
1	Arcillolita	0.2	27	2.14	1.87
2	M. Residual	0.01	15	1.94	1.52
3	Fluviotorrencial	0.65	30	2.281	2.006

En los análisis de probabilidad ejecutados se empleó un rango de variación de 0.0g a 0.3g para la aceleración sísmica. La determinación de este valor se hizo con base en la evaluación de sismicidad y amenaza sísmica efectuada en este estudio.

Para efectuar la zonificación por proceso morfodinámicos se tuvo en cuenta los diferentes materiales aflorantes, procesos de erosión concentrada, procesos de inestabilidad e intensidad de las deformaciones ocasionadas, origen del agua subsuperficial y grado de saturación del suelo.

Teniendo como base los factores anteriormente expuestos se efectuó la siguiente zonificación:

ZONA 1.

Corresponde a terrenos sin manifestaciones de procesos morfodinámicos. Las dos áreas clasificadas dentro de esta zona son terrenos ocupados por viviendas de variadas características constructivas.

ZONA 2.

Comprende terrenos en los cuales hay cicatrices locales de antiguos deslizamientos superficiales, pero que actualmente no presentan manifestaciones de actividad; no hay presencia manifiesta de afloramientos de aguas subsuperficiales. En esta zona hay 8 viviendas.

ZONA 3.

Corresponde a los terrenos del costado oriental del área de estudio. Los materiales poseen buena permeabilidad y se observan en condición drenada, pero en los sitios donde no existe cobertura vegetal se está desarrollando un proceso rápido de erosión concentrada con formación de frecuentes surcos y de algunas cárcavas, además de erosión laminar. En el costado sureste de esta zona hay un afloramiento de agua subterránea, a la cota 2920. Esta zona no está habitada.

ZONA 4.

Comprende la terminación, hacia el sur, de la microcuenca; allí afloran arcillolitas con grados de meteorización variables entre III y V, hay varios nacederos de agua subterránea y vertimientos de aguas servidas. Se observan manifestaciones locales de inestabilidad por fluencia plástica, en áreas que no están habitadas. En esta zona existe un asentamiento humano importante.

ZONA 5.

Comprende terrenos totalmente saturados por aguas, preferencialmente servidas. Hay procesos activos de inestabilidad superficial con desarrollo de fallas rotacionales retrogresivas y fluencia plástica. El área, en el sector más inestable, no tiene viviendas construidas.

Desde el punto de vista hidráulico se identificó que la zona del estudio presenta diferentes cauces intermitentes, con afloramientos y pequeños nacederos en toda la zona del estudio, presentando sectores bastante húmedos debido a la falta de una adecuada red de drenaje. El sector en su parte alta presenta una cantera antigua lo que favorece la infiltración de aguas de escorrentía las cuales aparecen en la parte baja. En la parte alta de la zona del estudio existen varios pequeños drenajes naturales, algunos de los cuales, debido a las condiciones del terreno, presentan empozamientos y aumentan el tiempo de retención, lo que favorece la infiltración subsuperficial, aumentando la posibilidad de movimiento del material superficial.

Existe una cuneta para el manejo de las aguas de escorrentía, con una buena localización y alineamiento, pero completamente deteriorada, presentando desprendimientos y separaciones en sus segmentos; adicionalmente la capacidad de esta cuneta es muy reducida, al ser una cuneta triangular de poca altura.

Desde el punto de la amenaza, el área en estudio se dividió en seis (6) zonas que de acuerdo con los procedimientos seguidos y descritos en el informe, se les asigno los siguientes valores de probabilidad de falla:

CUADRO No. 2. PROBABILIDADES DE FALLA PARA LAS ZONAS DE AMENAZA.

ZONA	PROBABILIDAD DE FALLA
1	0.010
2	0.560
3	0.585
4A	1.00
4B	1.00
5	1.00

En cuanto a vulnerabilidad y riesgo, se pudo establecer que toda la zona presenta niveles muy bajos, lo cual se debe a la baja tasa de movimiento de los diferentes fenómenos identificados así como por las especificaciones de construcción que presentan las casas que podrían ser afectadas por los deslizamientos presentes.

En vista de lo anterior se diseñaron las siguientes soluciones tendientes a garantizar la estabilidad de la ladera, y no se contempla la necesidad de reubicar ninguna vivienda. Las medidas presentadas adicionalmente buscan brindar a la comunidad condiciones de vida adecuadas.

Drenes horizontales.

Se determinó drenar el talud en su parte alta, con el fin de reducir los aportes de agua subsuperficial a la parte baja del talud. Para esto se propone la perforación de drenes horizontales que descargarán sobre las cunetas construidas.

Cunetas con filtro interceptor.

Para interceptar los caudales provenientes de la parte alta que pueden aumentar el problema del deslizamiento, se propone la construcción de cunetas utilizando el alineamiento de las cunetas existentes. Las cunetas serán de sección transversal triangular con entrega final al sistema de alcantarillado del barrio Los Alpes.

Drenaje subsuperficial en espina de pescado.

Para interceptar la mayor cantidad de aguas proveniente de la parte alta, y que se desplaza subsuperficialmente, se propone la construcción de un drenaje en espina de

pescado. Estos drenes se construirán procurando captar en el contacto entre la arcilla plástica en movimiento y el fluviotorrencial ubicado en el estrato inferior.

Construcción el sistema de acueducto y alcantarillado para la zona en estudio.

Esta obra debe implementarse para establecerle a la comunidad un adecuado estado de sanidad y mejorar de esta manera su nivel de vida. Las tuberías y las uniones deberán ser flexibles. Debe garantizarse que el nuevo sistema quede implantado en el material estable, con el propósito de impedir que él constituya aporte de aguas al movimiento.

Reconformación de la superficie de la parte baja de la ladera.

En vista de las características del movimiento en esta zona, se recomienda sellar las grietas con cemento cal y reconformar la superficie del talud, implementando en esta zona la arborización con el fin de brindarle a la comunidad un espacio para la recreación. Con esta medida se estabiliza la zona y además se impide futuras urbanizaciones allí.

Obras urbanísticas y paisajísticas.

La propuesta urbanística y de paisajismo diseñada para el sitio Nueva España busca fundamentalmente, la delimitación y amoblamiento de los espacios públicos, la consolidación del parque que allí existe y la siembra de árboles apropiados. Las acciones propuestas conforman en el sitio un parque dotado con mobiliario, juegos, senderos peatonales y andenes, vía de acceso y su zona de parqueo y ambientes verdes, para que sea atractivo a los habitantes de los barrios vecinos y se convierta en punto de encuentro y recreación. La importancia de intervenir en esta zona, aún sin urbanizar, radica en la conservación de espacios libres verdes como propiedad comunal: un pulmón en medio de estos barrios tan densamente ocupados.

INTRODUCCIÓN

El presente informe es el resultado del trabajo de ingeniería efectuado en la zona que comprende la parte baja del barrio Nueva España y la parte oriental del barrio Los Alpes Futuro. El área de estudio está localizada en la carrera 12 D Este, entre las calles 34A y 38 sur, localidad de San Cristóbal. Este estudio se realizó en el marco del contrato No. G-1152-181-98 celebrado entre la UPES y el Consorcio Consultor CIVILES Ltda – HIDROCONSULTA Ltda.

El trabajo desarrollado tiene como objetivo estudiar la zona ya referida a fin de proponer las medidas correctivas y de mitigación tendientes a estabilizar el área en estudio. El presente estudio se llevó hasta el nivel de diseño de las obras y medidas recomendadas para garantizar la estabilidad de la zona.

A lo largo del presente informe, se consignan los resultados obtenidos de las labores ejecutadas a lo largo del estudio. En campo se ejecutaron actividades tales como: levantamiento topográfico, geológico, exploración geotécnica y evaluación de las viviendas. Con la información acopiada de las anteriores actividades mas la colectada de los estudios efectuados en la localidad, se inició en oficina la evaluación hidráulica e hidrogeológica de la zona, la evaluación geotécnica y geomecánica de los materiales de la zona, y la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, con lo cual se identificaron las zonas en las cuales es necesario emprender obras de ingeniería a fin de estabilizar la zona.

El consorcio consultor recomienda emprender las obras enunciadas en el capítulo 10, las cuales se resumen a continuación:

- Legalizar el barrio a fin de brindar los servicios de acueducto y alcantarillado, con lo cual se evitará aguas infiltradas en el terreno a causa de las fugas que se vienen presentando de los sistemas provisionales construidos por los mismos habitantes del sector.

- Construir sistemas de colección de la escorrentía y el agua infiltrada tales como cunetas revestidas, drenes horizontales y drenajes subsuperficiales bajo las cunetas y en espina de pescado, para controlar el grado de saturación del suelo.

- Para la zona que se encuentra mas afectada, zona 1, aparte de la colocación del dren en espina de pescado, se recomienda la reconformación de la superficie del talud y la siembra de árboles de alta demanda de agua.

Todas estas medidas se observan en los planos No. 9 y 10, y la arborización en el plano 11.

1 GENERALIDADES

1.1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

La zona de estudio comprende la parte baja del barrio Nueva España y la porción oriental del barrio Los Alpes Futuro. El sector está ubicado en la carrera 12 D Este, entre las calles 34A y 38 sur, de la localidad de San Cristóbal, Figura No. 1.1.

De acuerdo con las fotos aéreas del año 1977, la zona contenía dos procesos de explotación industrial de materiales térreos. Una de ellas, ubicada en el costado nororiental de la zona en estudio, sobre el depósito fluviotorrencial y la otra, de mayor tamaño que la anterior, en el costado suroccidental, sobre la arcillolita de la formación Bogotá. En la actualidad estas explotaciones se encuentran suspendidas. De la explotación del fluviotorrencial para recebos se encuentra todavía el patio de extracción, constituido por dos pequeñas terrazas. La vía de acceso a esta cantera se encuentra deteriorada y abandonada debido a un deslizamiento que se está presentando en límites de la zona de estudio y al costado suroriental de la misma. De la explotación de la arcillolita no se evidencia rasgo alguno.

La zona está afectada por un movimiento superficial de carácter reptacional que involucra un espesor aproximado de 2.0 de material residual, producto de la degradación de la arcillolita de la formación Bogotá. El movimiento en la actualidad esta afectando algunas casas de la parte baja del barrio Nueva España, ubicadas en la parte alta de la zona de estudio, así como algunas casas del barrio Los Alpes Futuro, las cuales están ubicadas en la parte baja de la misma zona.

En el costado norte del sector en estudio se presentó una avalancha, la cual arrastró materiales provenientes de la cantera y se extendió hasta el patio sobre el cual hoy en día se encuentra la Urbanización Bosque de los Alpes. En el costado sur de la zona en estudio se encuentran algunos remanentes de una antigua explotación de arcilla. De esta explotación queda un gran deslizamiento, el cual se extiende desde la vía al llano hasta el límite sur del área en estudio. La explotación de arcillolita y el deslizamiento descrito afectaron la vía que servía de acceso al tanque Los Alpes de la E.A.A.B.

Las viviendas que se encuentran en la zona de estudio no presentan red de alcantarillado, por lo cual los habitantes del sector optaron por construir un sistema provisional. Se observó que este sistema presenta escapes de agua que se infiltran en el subsuelo. De igual manera, los habitantes del lugar emplean mangueras superficiales para conducir el agua potable hasta sus viviendas. En este rudimentario sistema de abastecimiento se presentan escapes de agua que termina también infiltrándose en el subsuelo.

Se estableció que a través del fluviotorrencial se infiltra el agua lluvia y la escorrentía, la cual aflora por el contacto con la arcillolita en el costado oriental de la zona de estudio, afectando la parte superior del subsuelo. Lo anterior se evidencia por una serie de afloramientos de agua y vegetación de pantano en cercanías del contacto.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

La dirección del estudio, a partir de los términos de referencia planteó como objetivos principales los siguientes:

- Caracterizar la zona en estudio tanto desde el punto de vista geotécnico como geológico.
- Identificar los fenómenos de movimiento que se están presentando en la zona de estudio.
- Identificar y ubicar las diferentes causas que han generado el movimiento reptacional de la zona; de igual manera determinar la evolución a lo largo del tiempo de este proceso.
- Una vez identificados los movimientos presentes en el sector, clasificarlos para obtener una zonificación por amenaza del área en estudio.
- Con base en la información acopiada evaluar la vulnerabilidad de la población y de la infraestructura existente ante los movimientos que se puedan y/o que se están presentando.
- Analizar y establecer la condición y los niveles de riesgos a los cuales están expuestas las personas y la infraestructura del sector.
- A partir de los análisis efectuados, preparar y diseñar soluciones preventivas y/o correctivas a los problemas de estabilidad que afectan la zona de estudio.
- Llevar a cabo un planteamiento arquitectónico y urbanístico tanto de las obras diseñadas como del entorno en general.
- Calcular las cantidades de obra, presupuestos y especificaciones técnicas de las obras y alternativas de mitigación planteadas como solución para estabilizar la zona en estudio.

1.3 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

Para lograr los objetivos propuestos se realizaron las siguientes actividades:

1.3.1 Marco General

A. Recopilación de información previa, clasificación y análisis

Se inició con la recopilación y clasificación de la información en los diferentes centros distritales de consulta y las entidades de orden regional y nacional en relación con el área en estudio.

Se llevaron a cabo encuestas en cada una de las viviendas del área en estudio. Con la información recopilada de esta actividad se identificó la tipología de las viviendas existentes en la zona, así como de manera preliminar los diferentes fenómenos activos y de inestabilidad. Además se estableció la vulnerabilidad de las construcciones.

B. Evaluación preliminar del riesgo zonal

Se llevó a cabo una calificación preliminar del tipo y concentración de fenómenos existentes en la ladera, con lo cual se clasificó de manera global y preliminar el área en movimiento y las zonas aledañas. En esta evaluación preliminar se tuvieron en cuenta ante todo las condiciones morfológicas de la zona, las cuales resultaron muy útiles en la identificación de los potenciales mecanismos de falla.

1.3.2 Análisis de Elementos Intrínsecos de Susceptibilidad de Inestabilidad

En esta etapa del proyecto se recopiló la información que permitió la identificación de los factores inherentes de inestabilidad de terrenos.

A. Cartografía

Se adquirieron las fotografías aéreas No. 3660 y 3661 del vuelo No R-1131 de 1990 y 1991, escala 1:500; No. 15 y 16 del vuelo No. C-1737 del 19 de abril de 1977, escala 1:8100. De igual manera se contó con las planchas L-50 de 1981 y L-60 de 1983 a escala 1:2000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

B. Levantamiento Topográfico

Se realizó una topografía general entre el 12 y 19 febrero de 1999 en la cual se levantaron 1282 puntos altimétricos y planimétricos. El levantamiento tuvo un error de cierre igual a 0.129 con una precisión de cierre igual a 1:10991. También se realizó el levantamiento local de tres (3) secciones topográficas para análisis de los principales mecanismos, las tendencias de flujo superficial y profundo. La cartografía desarrollada, a escala 1:500, con curvas de nivel cada 1.0m, sirvió como base para la ejecución de las diferentes actividades así como para plasmar los resultados derivados de éstas mismas. Así mismo, permitió conjuntamente con las planchas IGAC evaluar el drenaje y las zonas de acumulación.

Para el procesamiento de la información se emplearon los siguientes programas:

- TOPOGRAF. Para el cálculo de las coordenadas de los puntos levantados.
- EAGLE POINT. Para la interpolación de las curvas de nivel.

C. Geología e Hidrogeología

Se partió de la cartografía geológica existente y se complementó con la información acopiada de un análisis fotogeológico efectuado por el geólogo. En tal estudio se identificaron los contactos litológicos y su geometría, con lo cual se evaluó la posible influencia de tales rasgos sobre los fenómenos evidentes de inestabilidad. Posteriormente se verificó y complementó esta información en el campo y con los datos acopiados durante la exploración geotécnica. Como resultado de las labores geológicas se produjeron los planos de levantamiento geológico regional a escala 1:2000, y locales de la zona a escala 1:500, cortes geológicos y una memoria específica de la disciplina.

Se identificaron cursos de agua existentes, afloramientos de agua, acuíferos, zonas de empozamiento e infiltración, con lo cual se propusieron modelos hidrogeológicos de la ladera que permitieron relacionar la presencia de agua en las zonas inestables con la existencia de rasgos estructurales en los macizos rocosos, así como la presencia de materiales permeables. Como resultado de esta actividad se identificaron detalles geológicos e hidrogeológicos de las masas en movimiento, con lo cual se pudo interpretar la posible influencia de estos aspectos sobre los fenómenos de inestabilidad.

D Geomorfología

A partir del análisis de fotografías aéreas se identificaron las formas generales del relieve. Adicionalmente se estudió la evolución de la avalancha producida en el costado norte de la antigua cantera del depósito fluviotorrencial. Tales observaciones se comprobaron en campo. Como resultado de esta actividad se identificaron los procesos modeladores de las geoformas actuantes en la zona y su incidencia sobre la estabilidad. Se identificaron las áreas expuestas y sometidas a erosión y el grado de afectación de las mismas, de manera que esta información se plasmó en los planos de geología ya referidos.

E Uso de la tierra

Con base en la información acopiada se identificaron sobre la cartografía las áreas pobladas y tipos de construcciones, zonas verdes, áreas con vegetación y tipos, áreas sometidas a erosión, zonas de rellenos y vertimientos. Posteriormente esta información se analizó para definir la influencia sobre los fenómenos manifiestos de inestabilidad y sobre la degradación del medio geosférico. Esta información fue posteriormente empleada en la determinación de las zonas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo y fue de utilidad en la determinación de las zonas que deben conservarse sin construcciones.

1.3.3 Identificación de Zonas Inestables

La información allegada en las etapas anteriores se estudió y evaluó de manera conjunta por todas las disciplinas que intervinieron en el estudio, obteniendo como resultado de esta actividad la identificación de los diferentes sectores en los cuales se presentan situaciones de inestabilidad y en las cuales se beberán concentrar las actividades posteriores del estudio tales como: análisis y zonificación de amenaza, análisis de vulnerabilidad, evaluación de riesgo y planteamiento de las diferentes medidas de mitigación, prevención y control.

1.3.4 Evaluación de Agentes Detonantes

Paralelamente con la línea metodológica anterior se llevó a cabo la evaluación de aquellos factores que inciden de manera particular en la generación de fenómenos de inestabilidad, tales como:

A. Aspectos climáticos, hidrológicos y meteorológicos

El levantamiento de la red hidrológica se realizó interdisciplinariamente entre los grupos de hidrología y geología. A partir de él, se sectorizó el área por densidad de drenaje. Se colectaron los datos de pluviosidad de estaciones en el área de estudio y en zonas aledañas. Con esta información se complementaron las series de los estudios hidrológicos existentes y se prepararon curvas de intensidad - duración - frecuencia. Utilizando modelos adecuados para el sitio de acuerdo con su cobertura se estimaron caudales de escorrentía. La combinación con los modelos hidrogeológicos permitió evaluar la influencia de las lluvias sobre los niveles piezométricos en la ladera.

B. Aspectos sismológicos

Se estudió la posible influencia de solicitaciones cíclicas debidas a eventos sísmicos, a partir de los análisis de microzonificación sísmica efectuados por INGEOMINAS y la Universidad de Los Andes. El resultado de estos análisis consistió en el planteamiento de aceleraciones que se usaron en la modelación seudoestática de los taludes y de la ladera.

C. Erosión

En la zona comprendida por el fluviotorrencial ubicado en el costado nororiental de la zona en estudio, se identificaron una serie de cicatrices causadas por el agua a su paso por la superficie del depósito, las cuales fueron cartografiadas. Fué claro que este proceso no es determinante en la posible inestabilidad del sector.

C. Factores antrópicos

Se localizaron y cartografiaron todos aquellos factores generados por el hombre que originan y aceleran los procesos de inestabilidad tales como: explotaciones de

materiales inapropiadamente controladas, cortes y rellenos, y conexiones o descargas inapropiadas de agua tanto potable como servidas.

La ubicación de estos elementos permitió complementar los modelos geotécnicos e hidráulicos empleados en la evaluación de estabilidad de los diferentes sectores identificados previamente.

Estos elementos y su ubicación fueron tenidos en cuenta para el planteamiento de las soluciones.

1.3.5 Caracterización Geotécnica de los Materiales

A partir de la información preliminar y con el propósito de identificar los materiales existentes en la zona se llevó a cabo una exploración geotécnica mediante un apique, cuatro (4) sondeos con equipo de accionamiento manual, a profundidades variables entre 2.00m y 5.00 m , y tres(3) perforaciones con equipo mecánico a una profundidad de 6.0 m . La localización de los lugares donde se efectuaron los sondeos y las perforaciones se indica en los planos No. 1 y 2.

Durante los trabajos en campo se llevaron a cabo ensayos mecánicos tales como:

- Resistencia a la penetración inalterada con el penetrómetro de bolsillo
- Ensayo de penetración estándar

Durante los sondeos se recuperaron muestras inalteradas mediante el tubo de pared delgada y en bloque, remoldeadas mediante la cuchara partida y en bolsa. A estas muestras se les practicaron ensayos en laboratorio tales como:

- De clasificación:

  Límites de Atterberg
  Humedad natural
  Peso unitario

- De resistencia:

  Compresión inconfinada
  Corte directo

Los resultados de estos ensayos se presentan en los formatos respectivos del anexo No. 3 y en las gráficas No. 7.1 y 7.2.

La determinación de los parámetros de resistencia del depósito fluviotorrencial se llevo a cabo mediante la preparación de probetas con el material fino de este depósito, compactadas a una energía igual a la empleada en el ensayo Proctor Estándar; posteriormente a estas probetas se les practicó en ensayo de corte directo.

1.3.6 Evaluación de Estabilidad

Reuniendo los datos topográficos, geológicos, geomorfológicos y la caracterización geotécnica, se realizaron análisis generales de estabilidad para secciones típicas de la ladera mediante el programa PCSTABLE. Este análisis permitió ratificar la inestabilidad observada en algunos sectores del área en estudio.

El programa PCSTABLE también fue empleado durante el proceso de identificación de las zonas de amenaza y su correspondiente probabilidad de falla.

1.3.7 Análisis y Zonificación de Amenaza

Sobre el plano de geología del área en estudio se identificaron los diferentes movimientos, los cuales permitieron identificar de manera previa las zonas de amenaza. Posteriormente se evaluó la estabilidad de cada una de estas zonas. De este análisis se identificaron 5 zonas de amenaza, las cuales se ilustran en el plano No. 07.

La zona No. 5, presenta una serie de movimientos interrelacionados entre sí, de tal manera que se considera el efecto de un movimiento retrogresivo. Para modelar esta situación se empleó el perfil 2-2´, el cual fue levantado por la comisión de topografía, y el programa PCSTABLE.

En primera instancia se definió una primera superficie de falla, la cual corresponde a la mas crítica encontrada por el programa; después se determinó el factor de seguridad ante deslizamiento para esta superficie y para un rango de valores establecidos, tanto en condición estática como dinámica y en condición de lluvia y sin ella. La condición de lluvia fue simulada con un nivel freático mas alto del encontrado durante la exploración geotécnica. Esta suposición y la altura del nivel se hizo considerando el tipo de material superficial: material residual producto de la degradación de la arcillolita de la Formación Bogotá.

Posteriormente y con el fin de modelar el efecto retrogresivo del deslizamiento, se supuso que el material que involucraba la superficie anterior ya no aportaba resistencia, por lo cual se elaboró un nuevo perfil. Con este nuevo perfil se volvió a correr el programa PCSTABLE mediante el cual se estableció otra superficie de falla crítica, con la cual se determinó el factor de seguridad para el rango de valores de los parámetros de resistencia establecidos previamente, considerando también condición estática, dinámica, con lluvia y sin ella.

Este ejercicio se realizó en dos ocasiones más, hasta cubrir toda la zona afectada por el movimiento.

A cada superficie analizada se le determinó la probabilidad de falla empleando para ello tres distribuciones probabilísticas, lognormal, normal y Weibull. De los valores determinados con estas distribuciones se tomó el mayor de ellos. Como la probabilidad de falla de la segunda cuña depende de la falla de la primera, este valor se obtiene de

multiplicar la probabilidad de falla de la primera superficie por la probabilidad de la segunda superficie. El valor de la probabilidad de colapso para una tercera cuña se determina multiplicando las probabilidades determinadas para las tres primeras superficies de falla.

La determinación de la probabilidad de falla para las zonas 2 y 3, obedece al mismo modelo de análisis. Este modelo consistió en determinar un perfil de la zona con base en la topografía levantada, complementado con la información obtenida de los trabajos de campo. Posteriormente se determino la superficie de falla más crítica, con la cual se llevó a cabo la determinación del factor de seguridad para un rango de valores de los parámetros de resistencia, para las condiciones estática, dinámica, con lluvia y sin lluvia. Posteriormente los valores de los factores de seguridad establecidos se emplearon en la determinación de la probabilidad de falla para las dos zonas analizadas, utilizando las distribuciones de probabilidad Lognormal, normal y Weibull.

Para determinar la probabilidad de falla de las zonas de amenaza No. 4A y 4B se empleó un solo perfil de análisis y el procedimiento descrito anteriormente.

Todas las probabilidades de falla establecidas tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- En vista de los pocos datos establecidos para los parámetros C y ϕ no fue posible establecer una relación entre los mismo, por tal motivo se estimó un valor de 0.0.

- Con base en el estudio adelantado por la Firma Ingeocim Ltda (1998) para la UPES se estableció que el período de retorno de lluvia para la zona en estudio es de 30 años.

1.3.8 Análisis de Vulnerabilidad

Después de determinar las diferentes zonas de amenaza existentes en la zona, se estudió la exposición antrópica, de viviendas y demás obras de infraestructura ante estas zonas.

El nivel de vulnerabilidad se determinó mediante la metodología de Leone (1996), la cual se encuentra consignada en el artículo que hace referencia a este tema en el estudio elaborado por la firma Ingeocim Ltda, “Zonificación de riesgos por inestabilidad del terreno para diferentes localidades de Santafé de Bogotá”.

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de la zona se siguió el siguiente procedimiento:

- Cálculo del Indice de Vulnerabilidad Física
- Cálculo el Indice de Vulnerabilidad Social
- Cálculo del Indice de Vulnerabilidad General y Definición del Nivel de Vulnerabilidad.

Cálculo del Indice de Vulnerabilidad Física (IVF).

Generalidades: El cálculo del IVF se basó en la metodología propuesta por Leone (1996), en la cual debe tenerse en cuenta la tipología de las viviendas, el tipo de movimiento que se está presentando y la intensidad de la solicitación. Por último es necesario conocer el nivel de daño que podrían sufrir las construcciones.

Tipología de las viviendas. Para determinar este índice es necesario conocer el tipo de viviendas del sector, para lo cual se emplea el siguiente cuadro, en el cual se consigna la clasificación establecida por Leone (1996):

CUADRO No. 1.1 TIPOLOGÍA DE VIVIENDA

TIPO DE VIVIENDA	DESCRIPCIÓN
B1	Tugurios (Ranchos).
B2	Casas en mampostería o prefabricados.
B3	Casas de hasta dos niveles de buena calidad de construcción (con estructura)
B4	Casas de más de dos niveles de buena calidad de construcción (con estructura)

La descripción de la vivienda se efectuó con base en la revisión de los númerales 15 a 24 de los "Formularios para la Evaluación de Daños en Edificaciones" en caso de deslizamiento, aplicados a los predios en la zona de estudio. Una vez establecida la descripción de cada una de las viviendas con base en el cuadro anterior se le asignó el tipo de vivienda, tomado del mismo cuadro.

Solicitaciones. Es necesario conocer además el tipo de solicitación a la cual se encuentran expuestas las casas, la que de acuerdo con la metodología planteada por Ingeocim Ltda y para el caso del barrio Nueva España corresponde a un deslizamiento de carácter lento.

Nivel de Daño. Conocido el tipo de solicitación que afecta los diferentes predios, se debe determinar el nivel de daño al cual estarían expuestas las viviendas ante el evento que se presentaría.

En vista de la escasa información existente al respecto y por lo cual no es posible llegar al nivel de detalle establecido por Leone (1996), se decidió emplear la matriz generada por el estudio de Ingeocim Ltda, en la cual se relaciona el tipo de solicitación con la tipología de las viviendas para determinar el nivel de daño de la edificación.

Como el tipo de solicitaciones establecida para el proyecto son deslizamientos y caídas de bloque, en el siguiente cuadro se ilustra la parte de esta matriz que es relevante para el objetivo que se busca:

CUADRO No. 1.2 MATRIZ CUALITATIVA DE DAÑOS EN VIVIENDAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, PARA EL CASO DE DESLIZAMIENTOS.

EVENTO	SOLICITACIÓN	TIPOLOGÏA DE VIVIENDA

			B1	B2	B3	B4
Deslizamiento o flujo	Rapidez del movimiento	Lento	Alto	Medio	Medio	Bajo
		Rápido	Alto	Alto	Alto	medio
Caída de bloques	Impacto	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
		Medio	Alto	Alto	Medio	Medio
		Alto	Alto	Alto	Alto	Medio

Cálculo de Índice IVF. En el cuadro siguiente, el cual fue tomado del estudio efectuado por Ingeocim Ltda, se establecen los valores extremos, máximos y mínimos, del IVF con respecto al nivel de daño. El consorcio consultor aclara que empleó este cuadro teniendo en cuenta las mismas condiciones consideradas por Ingeocim Ltda, y que a continuación se enuncian:

- Se asumió un valor de confianza de 1.0, con lo cual los valores del IVF se hicieron iguales a los porcentajes de daño asociados con las intensidades de daño del DRM. Valores que se encuentran establecidos en la metodología del estudio de Ingeocim Ltda y que no se presenta en este informe, pues es imposible usarlo en el estudio.
- Para evitar un traslapo entre las categorías del nivel de daño y aumentar la sensibilidad del modelo, se aumentaron los valores mínimos del IVF.
- Como no se cuenta con los registros de los cuales Leone obtuvo sus índices, se tomó un valor de nivel de confianza de la variable del IVF igual a 0.5

CUADRO No. 1.3 NIVELES DE DAÑO Y VALIORES DEL IVF ADOPTADOS PARA EL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR INESTABILIDAD DEL TERRENO PARA DIFERENTES LOCALIDADES DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ, INGEOCIM LTDA (1998)

NIVEL DE DAÑO	MÍNIMO	MÁXIMO
Bajo	0.1	0.4
Medio	0.4	0.8
Alto	0.8	1.0

En la zona de estudio se establecieron sectores en las cuales el terreno es estable, es decir, no se presenta ningún tipo de solicitación. Sin embargo y a fin de establecerles a dichas zonas un nivel de vulnerabilidad y riesgo, se les asignó un IVF igual a 0.1.

Cálculo del Indice de Vulnerabilidad Social (IVS).

Generalidades. Debe tenerse en cuenta que los análisis de vulnerabilidad deben hacerse tanto en función de la valoración física de los daños que sufrirían las viviendas como consecuencia de algún fenómeno de inestabilidad (IVF), como de las características de la comunidad que se ve afectada por tales eventos (IVS).

En general el IVS se relaciona con la carencia de la comunidad en servicios, vivienda y características de la comunidad, las cuales se pueden expresar en función del Índice General de carencias.

La información relevante al respecto se obtuvo mediante encuestas diseñadas por el FOPAE y aplicadas por el consorcio consultor a la comunidad. No se aspectos como las actividades desarrolladas por las personas y la ocupación de los habitantes de las viviendas.

Como paso previo para la identificación del Índice de Vulnerabilidad Social, se debe identificar el Índice general de Carencias IGC, para lo cual se empleó la siguiente metodología.

Cálculo del Índice General de Carencias. Para determinar este índice se tuvieron en cuenta las carencias de la comunidad en cuanto a los servicios de energía, acueducto, alcantarillado y comunicaciones. De igual manera se tuvo en cuenta el tipo de vivienda y la cantidad hogares sin ella.

La evaluación del IGC se hizo al nivel de manzana para lo cual se contó con las siguientes variables.

CUADRO No. 1.4 VARIABLES EMPLEADAS EN LA DETERMINACIÓN DEL IGC.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Energía	Porcentaje de viviendas por manzana que no poseen el servicio de energía eléctrica.
Acueducto	Porcentaje de viviendas por manzana que no poseen el servicio de acueducto.
Alcantarillado	Porcentaje de viviendas por manzana que no poseen el servicio de alcantarillado.
Teléfono	Porcentaje de viviendas por manzana que no poseen el servicio de teléfono.
Tipo de vivienda	Porcentaje de viviendas por manzana con características inadecuadas de construcción, del tipo B1.
Hogares sin vivienda	Porcentaje de hogares por manzana que no poseen vivienda propia.

Cada uno de los porcentajes anteriores se normaliza mediante la siguiente expresión.

$$Zij = \frac{(Xij - minXij)}{(maxXi - minXi)} \quad (1.1)$$

Zij = Valor normalizado de la variable “i” en el sector “j”
Xij = Valor de la variable “i” en el sector “j”
min Xi = Valor mínimo de la variable “i” en la muestra
max Xi = Valor máximo d la variable “i” en la muestra

Las anteriores variables normalizados se agruparon en dos índices de la siguiente manera:

CUADRO No. 1.5 VARIABLES POR INDICES PARA DETERMINAR EL IGC.

INDICE	VARIABLES
Índice de carencia en servicios (ICSer).	Energía Acueducto Alcantarillado Teléfono
Índice de carencias en vivienda (ICViv).	Tipo de vivienda Hogares sin vivienda

El valor de cada índice es la media aritmética de las variables normalizadas agrupadas.

Cálculo del Índice IGC. El valor del IGC es el promedio aritmético de los anteriores índices normalizados, así:

$$IGC = \frac{zICSer + zIGViv}{2} \quad (1.2)$$

donde:

zICSer = Indice de Carencias de Servicios normalizado.
zICVic = Indice de Carencias de Vivienda.

A continuación se presentan las categorías del IGC normalizado, tomadas del estudio ejecutado por Ingeocim Ltda, las cuales sirven como base para identificar el nivel de carencias que los habitantes de la zona en estudio presentan.

CUADRO No. 1.6 CATEGORÍAS DEL IGC SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR INESTABILIDAD DEL TERRENO PARA DIFERENTES LOCALIDADES DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ, INGEOCIM LTDA (1998)

CATEGORÍA DEL IGC	PERCENTIL	CONDICIÓN
Muy bajo	0% - 25%	zIGC < 0.10
Bajo	25% - 50%	0.10 < zIGC <0.18
Medio	50% - 75%	0.18 < zIGC <0.44
Alto	75% - 80%	0.44 < zIGC <0.57
Muy Alto	80% - 100%	ZIGC > 0.57

Cálculo del Índice IVS. Una vez determinada la categoría del IGC, el IVS se establece del siguiente cuadro.

CUADRO No. 1.7 VALOR DEL IVS PARA DIFENTENTES CATEGORIAS DEL IGC

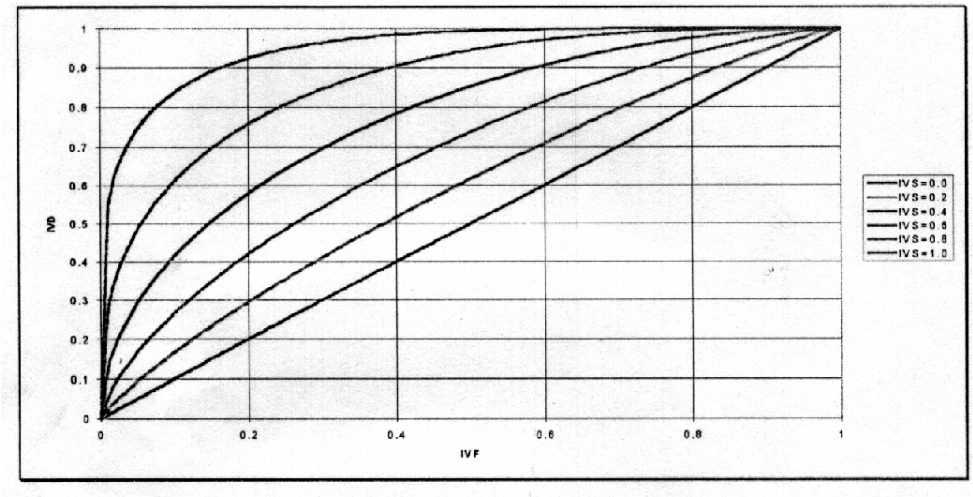
CATEGORÍA DEL IGC	VALOR MÍNIMO IVS	VALOR MÁXIMO DEL IVS
Muy bajo	0.0	0.2 + 0.1*(1-Cfs)
Bajo	0.2 – 0.1*(1-Cfs)	0.4 + 0.1*(1-Cfs)

Medio	0.4 – 0.1*(1-Cfs)	0.6 + 0.1*(1-Cfs)
Alto	0.6 – 0.1*(1-Cfs)	0.8 + 0.1*(1-Cfs)
Muy Alto	0.8 – 0.1*(1-Cfs)	1.0

Cálculo del índice de Vulnerabilidad por Deslizamiento.

El valor del Índice de Vulnerabilidad por Deslizamiento se calcula empleando los dos índices anteriormente definidos IVF e IVS, empleando para ello la gráfica No. 1.1, la cual fue elaborada para un coeficiente de confianza de la variable IVS de 0.8. Esta gráfica se tomó de la metodología planteada por Ingeocim Ltda en su estudio de Zonificación de riesgo por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santafé de Bogotá.

GRÁFICA No. 1.1. CÁLCULO DEL IVD DADOS IVF E IVS, CON UN COEFICIENTE DE CONFIANZA DE LA VARIABLE IVS DE 0.8



Indices de Pérdidas

Con el propósito de identificar el nivel de riesgo que cada una de las viviendas presenta, se hace necesario establecer el nivel de pérdidas que cada una de estas presentaría, dado el caso de ocurrir el deslizamiento. Par tal fin y dentro de la metodología establecida se ha planteado el uso de Índices de pérdidas. La determinación de éstos se hace de la siguiente manera:

Cálculo de los Índices de Pérdidas.

Para este estudio se establecieron dos índices, el primero de ellos el Índice de Perdidas Económicas (IPE) y el otro el Índice de Personas Afectadas (IPA).

Índice de Pérdidas Económicas (IPE)

Se considera que el nivel de afectación de las viviendas en un sitio esta directamente correlacionada tanto con la vulnerabilidad física de la misma como con la vulnerabilidad de la casa frente al movimiento. Por tal motivo se establece el IPE como el producto del Índice de Vulnerabilidad Física (IVF) por el Índice de Vulnerabilidad al Deslizamiento.

$$IPE=IVF*IVD \quad (1.3)$$

Índice de personas Afectadas (IPA)

En este caso se considera que el la afectación de las personas ante un deslizamiento, esta determinado por su incapacidad de respuesta ante este tipo de eventos (IVS) y por grado de exposición al que se ven enfrentados (IVD), por lo cual el índice de Personas afectadas se establece como el producto de los otros dos índices ya referidos.

$$IPA=IVS*IVD \quad (1.4)$$

Con base en los índices antes definidos se determinó el Índice de Pérdidas Global (IPG) para el predio. El valor de este índice es el promedio de los dos anteriores, es decir:

$$IPG = \frac{IPE + IPA}{2} \quad (1.5)$$

El grado de vulnerabilidad de cada una de las viviendas se establece conociendo el IPG y comparando su valor en el siguiente cuadro:

CUADRO No. 1.8 CATEGORIAS DE LA VULNERABILIDAD

RANGO PARA EL IPG	CATEGORÍA
IPG < 0.125	MUY BAJA
0.125 < IPG < 0.375	BAJA
0.375 < IPG < 0.625	MEDIA
0.625 < IPG < 0.875	ALTA
IPG > 0.875	MUY ALTA

1.3.9 Evaluación de Riesgo

Para determinar el nivel de riesgo de cada una de las viviendas en el sector de estudio, se hace necesario determinar los índices de riesgo asociados al número de personas afectadas y a las perdidas económicas así:

CUADRO No. 1.9 VARIABLES E ÍNDICES DE RIESGO

VARIABLE	PARÁMETRO CUANTIFICADO	ÍNDICE
Valor del predio	Valor del predio incluidos los enseres	IRE
Habitantes	Número de habitantes por vivienda	IRP

El valor de los índices definidos se obtiene al multiplicar la probabilidad de falla de la zona que amenaza la vivienda por el respectivo índice de pérdida.

El nivel de riesgo de cada una de las viviendas se establece con base en el Índice de Riesgo Económico IRE y el siguiente cuadro:

CUADRO No. 1.10 CATEGORIAS DEL RIESGO

RANGO PARA EL IRE	CATEGORÍA
IRE < 0.125	MUY BAJA
0.125 < IRE < 0.375	BAJA
0.375 < IRE < 0.625	MEDIA
0.625 < IRE < 0.875	ALTA
IRE > 0.875	MUY ALTA

1.3.10 Número de Personas Afectadas

Dentro de la evaluación de riesgo se hace necesario tener en cuenta el número de personas afectadas. Este valor se establece como el producto del Índice de Riesgo por Personas Afectadas por el número de personas que habitan el predio.

El numero de personas afectadas se encuentra consignado en el cuadro No. 9.1.

1.3.11 Calificación Y Planteamiento De Medidas De Mitigación

La zonificación realizada por riegos se analizó a la luz de los criterios ingenieriles buscando medidas capaces de atenuar los factores de riesgo con medidas preventivas, correctivas y de control, orientadas a atenuar la amenaza o reducir la vulnerabilidad.

Las medidas preventivas se orientaron a evitar y/o minimizar el riesgo ante los eventos que se generarían por el colapso de los ya existentes.

También se consideraron las medidas ingenieriles tendientes a aumentar la resistencia y/o reducir la amenaza. Se realizaron entonces diseños de obras de ingeniería para analizar su factibilidad económica y técnica. De otra parte, en zonas de bajo riesgo, o

de alta amenaza pero sin presencia de elementos expuestos, se consideró pertinente destinarlas para zonas como parques a fin de evitar asentamientos humanos que pueden comprometer la estabilidad de la zona o aumentar el nivel de riesgo.

De esta actividad se obtuvieron planos en los cuales se localizaron las obras de mitigación planteadas, así como planos de construcción, especificaciones técnicas, cantidades de obra y presupuesto de las obras ya citadas.

1.3.12 Estudio de Rehabilitación

Se estudiaron y diseñaron medidas tendientes a la rehabilitación del área tanto desde la óptica de estabilidad como desde el punto de vista de su integración paisajística, obteniendo como resultado un plano del planteamiento paisajístico y mejoras urbanas, el cual es el producto del concurso de todas las disciplinas que intervinieron en el proyecto.

1.3.13 Informe y Planos

Como resultado de esta actividad se presenta la cartografía que a continuación se describe y el presente informe en el cual se resumen y presentan los resultados obtenidos de cada una de las actividades efectuadas.

PLANO No.	NOMBRE	ESCALA
01	Plano Topográfico	1:500
02	Plano Geológico Local	1:500
02A	Plano de zonificación morfodinámica	1:500
03	Plano Geológico Regional	1:2000
04	Perfil Geológico Sección 1-1´	H=V=1:500
05	Perfil Geológico Sección 2-2´	H=V=1:500
06	Perfil Geológico Sección 3-3´	H=V=1:500
07	Plano de Zonificación por Amenaza	1:500
08	Plano de Zonificación por Riesgo	1:500
09	Localización Obras Hidráulicas	1:500
10	Planos de Construcción de Obras Hidráulicas	VARIAS
11	Diseño Urbanístico y Paisajístico	1:500

1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO.

El estudio se llevó hasta la etapa de zonificación por amenaza y riesgo del área en estudio y hasta el nivel de diseño las obras recomendadas para mitigar los problemas de inestabilidad de la ladera.

Definidas y diseñadas todas la obras y acciones posibles a seguir para garantizar la estabilidad del sector, se llevó a cabo una evaluación socioeconómica de las posibles

alternativas a emprender y de las cuales el consorcio consultor recomienda la más viable tanto desde el punto de vista socioeconómico como técnico.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Dentro de la zona de estudio se identifican tres fenómenos principales de inestabilidad, de tasa lenta y de ocurrencia mas o menos permanente y dos potenciales movimientos de remoción en masa de probable ocurrencia en el depósito fluviotorrencial. Los tres primeros fenómenos se pueden clasificar como flujos de tierras del material residual producto de la alteración de la parte más superficial de la arcillolita de la formación Bogotá, de carácter esencialmente rotacional, asociados con la ocurrencia de altos niveles freáticos y reblandecimiento de la masa en movimiento. Los dos restantes se consideraron tomando como evidencia la ocurrencia pasada de la avalancha torrencial en el costado nororiental.

A través de la exploración geotécnica se pudo establecer que la profundidad de los tres fenómenos activos es relativamente somera, alcanzando profundidades máximas del orden de los 5m. Morfológicamente los movimientos se caracterizan por anchos de 60m y longitudes de 70 a 100m.

De los tres primeros movimientos descritos, el más evidente y visible, es el ubicado en la parte baja de la zona de estudio, conformado por una serie de pequeños deslizamientos superficiales, con una profundidad promedio de 2.5 m y los cuales pueden ser independientes o correlacionados entre sí desde el punto de vista cinemático, formando en últimas un solo cuerpo rotacional.

A partir de la modelación del problema con el programa PCSTABLE se identificó que en la ladera en estudio se han presentado una serie de pequeños deslizamientos los cuales pueden estar correlacionados mutuamente de tal manera que al generarse un movimiento en la parte baja de la ladera queda sin soporte el material de mas arriba, el cual también pudo deslizarse, y de esta manera desatarse toda una serie de pequeños movimientos superficiales en cadena, generando un deslizamiento tanto de carácter rotacional como retrogresivo.

El otro suceso que puede estarse presentado en la ladera, es el de movimientos independientes, los cuales pueden obedecer a zonas muy húmedas, en las cuales por efectos de reblandecimiento del subsuelo, se presenta una disminución local de los parámetros de resistencia, que conjuntamente con las altas pendientes del lugar favorecen las condiciones de inestabilidad.

Los restantes dos movimientos y que tiene que ver con los flujos de tierra se presentan en la parte alta de la zona de estudio, lugar donde se encuentran ubicadas las casas del barrio Nueva España. Estos movimientos son de carácter rotacional y superficial, la tasa de movimiento que presentan es bastante lenta. Las casas del lugar

no presentan averías y/o agrietamientos. En esta zona el espesor del material residual, determinado a partir de la exploración geotécnica, es máximo de 5.0 m.
En cuanto a las zonas que tiene que ver con los posibles movimientos asociados con el depósito fluviotorrencial, se destaca el costado nororiental de la zona en estudio, antigua cantera, lugar en el cual se observa una gran afectación del depósito debido a la erosión en surcos a causa de la escorrentía.

En resumen y de manera general, los movimientos citados involucran algunas viviendas y la infraestructura del barrio, sin que se observen situaciones de catástrofe, debido a la tasa muy lenta que caracteriza los movimientos.

3 GEOLOGÍA

3.1 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS REGIONALES

Los cerros surorientales de Bogotá están conformados por rocas sedimentarias de edad Cretácea, Grupo Guadalupe, y Terciaria representadas por las Formaciones Guaduas, Cacho y Bogotá. Estas formaciones, localmente están recubiertas por depósitos recientes de origen fluviotorrencial.

La parte estructural se distingue por la presencia del Anticlinal de Bogotá que en el sector está en posición normal, dando origen a una ladera homoclinal con inclinación superior a 45^0, hacia el occidente.

3.1.1 Estratigrafía del sector.

Como se aprecia en la Figura 4.1a y b, en los alrededores del área de estudio afloran las formaciones Bogotá y Cacho y específicamente los problemas de estabilidad están ubicados sobre la Formación Bogotá. Está última formación se encuentra localmente recubierta por depósitos recientes de origen fluviotorrencial.

Las características más importantes de cada una de estas unidades son las siguientes:

Formación Bogotá (Teb). En el sector está constituida por paquetes potentes de arcillolitas rojizas y abigarradas, algo meteorizadas; intercaladas con esporádicos estratos de areniscas. Sobre los estratos de esta formación, en el pasado se desarrollo actividad minera en el costado sur del sector.
Formación Cacho (Tpc). Está expuesta en el borde oriental infrayaciendo a la Formación Bogotá de acuerdo con la evaluación fotogeológica; en ese sector está constituida por intercalación de estratos de arenisca y de arcillolita. El contacto con la Formación Bogotá está recubierto por el depósito fluviotorrencial (Qft).

3.1.2 Rasgos estructurales.

En el aspecto de la geología estructural del sector lo destacable es la presencia de una estructura homoclinal, en la cual los estratos tienen orientación norte sur, azimut de buzamiento hacia el oeste e inclinación que oscila entre 50^0 y 60^0. Las características plásticas, preponderantes en los materiales, no permiten la toma de datos representativos de las diaclasas.

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DETALLADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.2.1 Introducción.

El Barrio Nueva España se localiza sobre la ladera occidental del sector suroriental de los Cerros Orientales. En el área, de acuerdo con la interpretación fotogeológica de fotos aéreas de 1977, existían pocas viviendas y la ladera era estable, pero se identifican unas zonas húmedas en la parte media de la ladera. Se destaca además la actividad de explotación de materiales de construcción sobre el fluviotorrencial, en el costado sur y oriental del área, y excavaciones de mayor tamaño sobre las arcillolitas del Bogotá, en los costados noroccidental y sur.

El análisis de fotos aéreas de noviembre de 1990, muestra varios cambios importantes en esta ladera, como son: una actividad minera más extensa sobre el fluviotorrencial y sobre las arcillolitas que implicó la destrucción de la cobertura vegetal de amplias áreas; incremento del número de viviendas; intervención de la ladera, hoy inestable, mediante la construcción de carreteables de acceso y un relleno ubicado un poco debajo de la cancha múltiple actual; este relleno se falló y posiblemente destruyó varias viviendas ubicadas en la parte baja; además, hay deslizamientos y flujos en diferentes sitios de la zona de estudio que obligó a abandonar algunas viviendas localizadas sobre el costado sur de la ladera. De otra parte, en el patio de la explotación minera del fluviotorrencial del costado oriental se presentó una pequeña avalancha y los materiales movilizados quedaron acumulados en un patio de la explotación de arcilla del costado noroccidental, aledaño a donde hoy se levantan los bloques de apartamentos de la urbanización Bosque de los Alpes. En la Figura 4.1a y b se muestra la ubicación de los diferentes eventos históricos de inestabilidad.

El producto final de estos eventos de inestabilidad es un deslizamiento complejo con comportamiento actual de flujo plástico con baja velocidad de deformación. Este proceso ha afectado y amenaza algunas de las viviendas e infraestructura existente en el sitio.

3.2.2 Rasgos Litológicos.

El control de campo permitió determinar la presencia de dos clases de materiales que tienen incidencia sobre el problema de estabilidad de la ladera. Los materiales y sus características son los siguiente:

Depósito Reciente de Origen Fluviotorrencial (Qft). Se localiza en la parte alta de los dos cerros que rodean el área por el costado sur y oriental, respectivamente. El más importante es el del costado oriente por su extensión, volumen e influencia sobre la condición hidrogeológica del área inestable.

Litológicamente está conformado por una matriz areno limosa, de color gris claro a amarillo, dentro de la cual están contenidos fragmentos subangulares a subredondeados de arenisca cuarzosa, gris clara; estos fragmentos son de tamaños preferenciales grava y guijarros, pero se aprecian también algunos bloques. El depósito presenta alta permeabilidad.

El espesor máximo se encuentra en el cerro del costado oriental, donde tiene del orden de 18 m, en tanto que en el cerro sur, donde no fue explotado, es del orden de 10 m.

En el cerro del costado oriental, como resultado de la explotación ha quedado un pequeño patio; en el costado noreste de este patio, posiblemente en un relleno, se presentó la pequeña avalancha de material fluviotorrencial, cuyo producto quedó depositado en las vecindades de la vía aledaña al Colegio Distrital.

Un rasgo sobresaliente de este depósito es el hecho de ser un acuífero libre que en épocas de verano mantiene flujo, pequeño pero continuo, de agua que alimenta algunos pequeños pozos que hay en la parte alta y media del área habitada y que en otros sitios origina zonas de pantanos permanentes.

Formación Bogotá (Teb). Es la unidad más extensa en el sector. Está constituida por paquetes potentes de arcillolitas rojizas y abigarradas y el único paquete de areniscas que se encontró está ubicado en el costado sureste del área y es de composición preferencialmente feldespática, de grano fino, color gris claro, los estratos son delgados a laminares; su espesor es de 7 m.

En el costado sur y oriental está recubierta por el depósito fluviotorrencial anteriormente descrito, siendo su contacto una superficie de discordancia.

Las dos zonas inestables están constituidas por arcillolitas meteorizadas y totalmente saturadas, lo que facilita su fluencia.

Las fuentes del agua son dos: de una parte, el depósito fluviotorrencial del costado oriental que es un acuífero que ha sido intervenido por explotaciones que destruyeron la cobertura vegetal localmente, y que posee una amplia zona de recarga en la parte media y alta de los cerros surorientales y está recubriendo a las arcillolitas, la cual hace la función de barrera impermeable y obliga al agua a aflorar por la superficie de

discordancia, generando la serie de nacederos y pantanos antes mencionados. La otra fuente de agua está representada por las aguas servidas de lo pobladores del sector, pues no existe una red de alcantarillado.

3.2.3 Rasgos estructurales locales.

En este aspecto, como se mencionó en el numeral 4.1.2, lo destacable es el hecho de los planos de estratificación con orientación norte – sur e inclinación variable entre 50 y 60 grados hacia el oeste, pero no se encontró que haya influencia de estas estructuras geológicas sobre el problema de estabilidad.

3.3 MODELO HIDROGEOLOGICO

3.3.1 Clasificación de los materiales.

De acuerdo con las características litológicas de los suelos y rocas existentes en el área de estudio, a estos materiales se les puede clasificar de la siguiente manera desde el punto de vista hidrogeológico:

Acuífero: Los depósitos fluviotorrenciales (Qft) son los que poseen características de acuíferos activos o potenciales. Por su posición con relación a la superficie del terreno serían acuíferos libres. Están recubriendo las arcillolitas de la Formación Bogotá.

Acuiclusos. Las arcillolitas de la Formación Guaduas, con grados de meteorización III a V y diferentes grados de saturación, se les puede clasificar como acuiclusos.

Acuitardos. Las arcillolitas que poseen leve meteorización y están fisuradas se comportan como acuitardos; por tanto, por la superficie del terreno, lentamente, fluye parte del agua almacenada.

3.3.2 Area de recarga.

Las características morfológicas del área de estudio, la distribución espacial y relación del depósito fluviotorrencial (acuífero) y de las arcillolitas, permiten determinar que el área principal de recarga de este acuífero está ubicada en todo el costado oriental de la montaña, donde está extensamente expuesto en superficie; en tanto que, para la parte de este depósito localizada en el costado sur occidental el área de recarga es ínfima.

Lo anteriormente expuesto se verifica fácilmente en campo, pues los principales afloramientos de agua subterránea se hallan en el costado oriental, en el contacto del fluviotorrencial con las arcillolitas, a la cota promedio 2892. Mientras que en el afloramiento del depósito del costado sur occidental no se observan manifestaciones de agua subterránea.

Las aguas que saturan los acuiclusos y los acuitardos, como se mencionó en el numeral 4.2.2, proceden de dos fuentes de origen diferente; por una parte, del acuífero libre del costado oriental; la otra parte, es el agua servida provenientes de los habitantes del sector, ante la ausencia de una red de alcantarillado. Esta última es la principal fuente de saturación que junto con la mineralogía de las arcillas propicia la plasticidad necesaria para que se generen las deformaciones plásticas y fallas rotacionales que afectan ciertas zonas del área de estudio. En el Plano Geológico Local se ilustra claramente esta situación y muestra que la zona donde se construyeron los gaviones es la más intensamente afectada; allí la saturación del terreno es total.

4 ZONIFICACION MORFODINAMICA

En el numeral 4.1 se expresó que la principal unidad geomorfológica presente en el sector es una superficie homoclinal. Esta superficie está distorsionada, en su forma, de una parte, por procesos erosivos diferenciales ocasionados, principalmente, por el agua de escorrentía, que en el terreno de estudio desarrolló una pequeña microcuenca, hacia cuyo cauce confluyen todas las aguas que circulan por esta área; de otra parte, por la presencia del relleno fluviotorrencial que dio origen a un relieve en forma de colinas.

Dentro de este contexto se ha considerado útil para los objetivos de este estudio, desarrollar una **zonificación por procesos morfodinámicos**. Para ello se han tomado como elementos determinantes de las diferentes zonas, los diferentes materiales aflorantes, procesos de erosión concentrada, procesos de inestabilidad e intensidad de las deformaciones ocasionadas, origen del agua subsuperficial y grado de saturación del suelo.

Teniendo como base los factores anteriormente expuestos, al área de esta pequeña microcuenca se ha hecho una **zonificación morfodinámica**, obteniendo al final cinco (5) zonas que se muestran en el Plano 02A.

Las características promedio de cada una de estas zonas son las siguientes:

4.1 ZONA 1A.

Corresponde a terrenos estables conformados por arcillolitas de la Formación Bogotá (Teb). No hay manifestaciones de procesos morfodinámicos ni de agua subbterránea. Las dos áreas de terreno clasificadas dentro de esta zona está ocupadas por viiviendas de diversas características constructivas.

4.2 ZONA 1B.

Corresponde a terrenos estables conformados por material de origen fluviotorrencial. Hay manifestaciones de aguas subterráneas. El área no está habitada.

4.3 ZONA 2.

Corresponde a terrenos donde afloran arcillolitas de la formación Bogotá (Teb), sobre las cuales hay cicatrices locales de antiguos deslizamientos rotacionales superficiales

pero que actualmente no presentan manifestaciones de actividad. No hay presencia manifiesta de afloramientos de aguas subsuperficiales. En esta zona hay 8 viviendas

4.4 ZONA 3A.

Corresponde a los terrenos del costado oriental del área de estudio. Allí están expuestas arcillolitas y un estrato de arenisca feldespática perteneciente a la Formación Bogotá (Teb). La ausencia de cobertura vegetal y el flujo descontrolado del agua de escorrentía han facilitado el desarrollo de un proceso de erosión concentrada con formación de surcos, pequeñas cárcavas y erosión laminar.

4.5 ZONA 3B.

Corresponde a los terrenos del costado oriental del área de estudio, Allí aflora el Depósito Fluviotorrencial (Qft). Los materiales poseen buena permeabilidad y se observan en condición drenada y estable; en los sitios donde no existe cobertura vegetal, por el flujo descontrolado de agua de escorrentía, se está desarrollando un proceso rápido de erosión concentrada con formación frecuentes de surcos y algunas cárcavas, además de erosión laminar. En el costado sureste de esta zona hay un afloramiento de agua subterránea a la cota 2920. Esta zona no está habitada.

4.6 ZONA 4.

Comprende la terminación hacia el sur de la microcuenca; allí afloran arcillolitas de la formación Bogotá (Teb), con grados de meteorización variables entre III y V; hay varios nacederos de agua subterránea y vertimientos de aguas servidas. Se observan manifestaciones locales de inestabilidad por fluencia plástica, en áreas que no están habitadas. En esta zona existe un asentamiento humano importante.

4.7 ZONA 5.

Comprende terrenos totalmente saturados por aguas, principalmente servidas. Hay procesos activos de inestabilidad superficial con desarrollo de fallas rotacionales retrogresivas y fluencia plástica. El área, en su sector más inestable, no tiene viviendas construidas.

5 HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

5.1 INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicada en cercanías de la carretera a oriente, arriba del barrio Los Alpes. La zona del estudio tiene un área de 0,04 Km^2; presenta diferentes cauces intermitentes, con afloramientos y pequeños nacederos en toda la zona del estudio, presentando sectores bastante húmedos debido a la falta de una adecuada red de drenaje. El sector en su parte alta presenta una cantera antigua lo que favorece la infiltración de aguas de escorrentía que aparecen en la parte baja. En la parte alta de la zona del estudio existen varios pequeños drenajes naturales, algunos de los cuales, debido a las condiciones del terreno, presentan empozamientos y aumentan el tiempo de retención lo que favorece la infiltración subsuperficial, aumentando la posibilidad de movimiento del material superficial, el cual es el que debe controlarse.

Se presenta una masa en la parte superior que debido al aumento de la humedad, lubrica su contacto con los estratos inferiores más competentes, generando movimiento. Existe una cuneta para el manejo de las aguas de escorrentía, con una buena localización y alineamiento, pero completamente deteriorada, presentando desprendimientos y separaciones en sus segmentos; adicionalmente la capacidad de esta cuneta es muy reducida, al ser una cuneta triangular de poca altura.

5.2 DIAGNÓSTICO Y CONCEPTUALIZACIÓN DE SOLUCIONES

Se puede concluir que la problemática existente desde el punto de vista hidráulico, la cual favorece los deslizamientos en la zona, es la siguiente:

a) el movimiento que se presenta es de características superficiales, en el que la presencia de agua subsuperficial favorece el desplazamiento;

b) en la zona alta del sector del estudio, se presentan empozamientos permanentes que favorecen la infiltración y lubricación del material que se encuentra en movimiento.

Por lo anterior, desde el punto de vista hidráulico, **las soluciones** a la problemática **se orientarán hacia** el establecimiento de las mejores condiciones para **el control y el manejo de las aguas** en la zona, así:

I. **Control:** 1) para impedir y/o minimizar el acceso de aguas desde la parte alta a las zonas en movimiento o con posibilidad de él; 2) reducir los empozamientos que se presentan a lo largo de toda la zona del estudio.

II. **Manejo:** 1) para garantizar la estabilidad de los taludes contra deslizamiento.

5.3 INFORMACIÓN BÁSICA

Para la estimación de los caudales de escorrentía directa en la zona del proyecto se empleó el método de Chow (1964), con base en las funciones intensidad-duración-frecuencia, IDF, definidas en el estudio de caracterización de tormentas de la Sabana de Bogotá realizado por la firma IRH LTDA. (1993). Para el efecto, se emplearon las funciones IDF correspondientes al nodo de coordenadas: Este: 999.638; Norte: 994.851, ubicado dentro de la zona del estudio, las cuales fueron suministradas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, EAAB. Los parámetros morfométricos de la cuenca de interés fueron determinados por medio de las planchas L-50 y L-60, de cartografía general en escala 1: 2000, y el plano del levantamiento topográfico realizado específicamente para el presente estudio.

Las estaciones más cercanas al sitio del estudio son el Delirio (PM 2120013), ubicada a 2.5 km de distancia y Vitelma (CO 2120524) ubicada a 2.8 km. Ambas estaciones se encuentran hacia el Norte, y otra ubicada en cercanías (3.1 km al sur oriente), estación Juan Rey (PM 2120204) se encuentra funcionando solamente desde el año 1990.

Los caudales de escorrentía de las cuencas pequeñas están influenciados principalmente por las condiciones físicas del suelo y por la cobertura vegetal, más que por las características hidrológicas e hidráulicas del cauce principal; como tal son muy sensibles, tanto a lluvias intensas de corta duración como al uso y manejo del suelo, los cuales son independientes de las características del cauce. Por todo esto, y debido a la existencia de la zonificación de áreas agroecológicas homogéneas, se adoptó el método de Ven Te Chow (1964) el cual permite determinar el hidrograma de crecientes y, en consecuencia, seleccionar el caudal de diseño para estructuras de drenaje por medio de las ecuaciones:

$$Q_P = AXYZ \quad (5.1)$$

en las cuales,

Q_P = caudal pico, m^3/s
A = área de la cuenca, Km^2
X = factor de escorrentía, mm/hr
Y = factor climático, adimensional
Z = factor de reducción del pico de hidrograma, adimensional.

Factor de escorrentía, X. Este factor depende del valor de la lluvia efectiva en la estación base de precipitación, la cual es función de las condiciones hidrológicas de los suelos, y de un número de escorrentía N, asignado en función del uso actual y potencial de los suelos.

Para una intensidad de lluvia I (mm/hr), con una duración t (hr) y una frecuencia (T_R) de 10, 15 y 25 años, se calcularon los valores de precipitación efectiva (P_e), como función de la precipitación total (P) y el número de escorrentía (N), para calcular las funciones del factor de escorrentía mediante la ecuación (USDA-SCS, 1964; Ponce, 1989):

$$P_e = (P - ((100/N) - 1) \times 50{,}8)^2 / (P+((100/N) - 1) \times 203{,}2). \quad (5.2)$$

Para este caso particular del barrio Nueva España, se asumió un número de escorrentía N = 88, dada la naturaleza del suelo y las condiciones locales.

Factor climático, Y. Para la determinación del factor climático, Y, se determina la estación base en el sitio del estudio y se realiza la corrección en el punto a considerar respecto a las isoyetas disponibles. En este caso, debido a que se dispone de las funciones I-D-F específicas para el sitio del estudio, se considera igual la precipitación máxima de 10 años que la de la estación base. Así se tiene

$$Y = 0{,}278 \ (P_{MAX,\,10} \ / \ P_{BASE\ MAX,\,10}) = 0{,}278 \quad (5.3)$$

Factor de reducción, Z. Este factor, que relaciona el valor pico del hidrograma con la máxima ordenada del hidrograma "S", está representado en la figura respectiva del anexo 5 para valores adimensionales en función de la duración de la lluvia, t. Se adoptó como función de reducción del pico la obtenida mediante la combinación de las curvas teóricas para cuencas triangulares y cuencas experimentales pequeñas.

Para las cuencas menores los tiempos de concentración considerados iguales a los tiempos al pico del hidrograma unitario se calcularon mediante la ecuación (Sheaffer, et al, 1982):

$$t_P = C \ (L \ L_{cg} / \sqrt{S}\,)^{0{,}38} \quad (5.4)$$

en la cual,

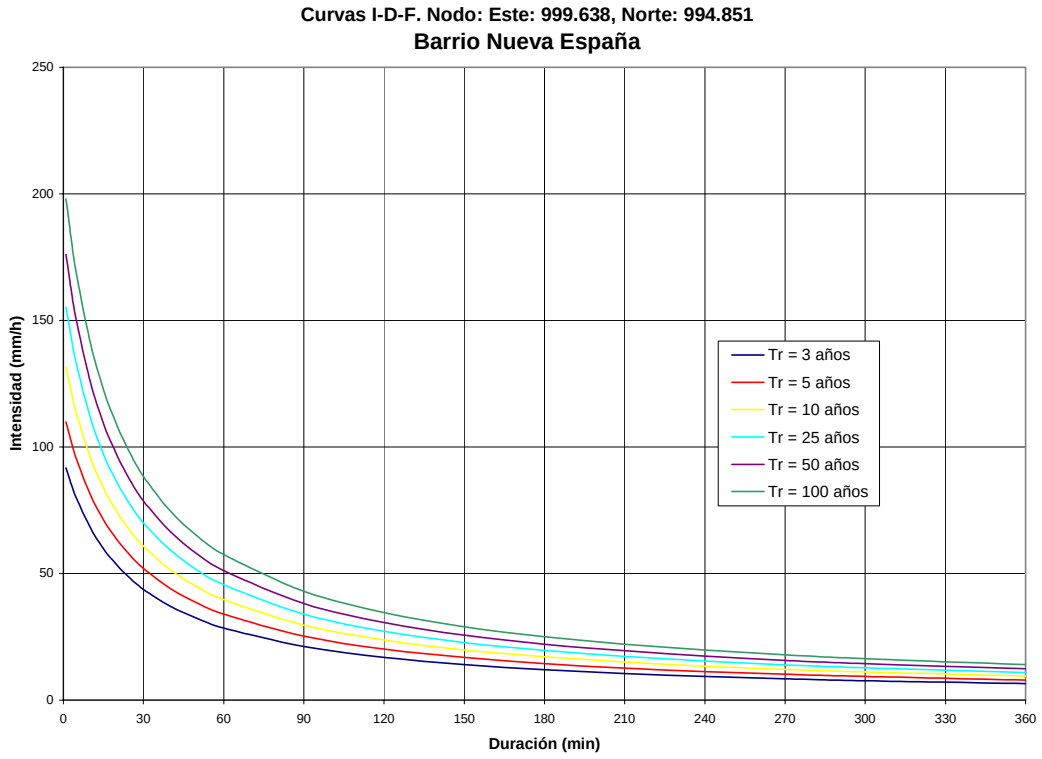
- t_P = Tiempo al pico, horas
- C = Constante, con valor 0,0985 para zonas planas, y 0,1642 para zonas onduladas a montañosas.
- L = Longitud del cauce principal, Km
- L_{cg} = Longitud del cauce al centro de gravedad de la cuenca, Km.
- S = Pendiente promedia, m/m

La **Figura 5.1** muestra las funciones intensidad–duración-frecuencia, IDF, referidas; el Cuadro 5.1 contiene los caudales de escorrentía resultantes de los cálculos realizados para fines de diseño.

CUADRO NO. 5.1. CAUDALES DE DIFERENTES PERÍODOS DE FRECUENCIA ESTIMADOS PARA LA ZONA DEL ESTUDIO. PROYECTO BARRIO NUEVA ESPAÑA, FOPAE-UPES (CONSORCIO CIVILES LTDA.-HIDROCONSULTA LTDA.), 1999.

Período de Retorno, Tr (años)	2.3	5	10	25	50	100
Caudal Q(m^3/s)	0.13	0.17	0.23	0.34	0.46	0.61

FIGURA NO. 5.1. FUNCIONES IDF EMPLEADAS EN EL CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO. PROYECTO BARRIO NUEVA ESPAÑA, FOPAE-UPES (CONSORCIO CIVILES LTDA.-HIDROCONSULTA LTDA.), 1999.



6 ANÁLISIS DE SISMICIDAD Y AMENAZA SÍSMICA

En Santa Fe de Bogotá se cuenta con los análisis ejecutados en el marco del estudio de microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, adelantado por INGEOMINAS y la Universidad de los Andes. Para propósitos de comparación se efectuó un estudio específico para este informe.

6.1 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL ANALISIS DE AMENAZA

La principal limitación del análisis realizado en el marco del estudio citado y del análisis del ejercicio específico radica en la escasa e incompleta serie de registros sísmicos existente en los catálogos disponibles con que se cuenta en Colombia, dada la juventud de la Red Sísmica Nacional. Adicionalmente se adolece de ecuaciones de atenuación deducidas de registros reales en el país y, por tanto, se recurre a ecuaciones de ambientes sismotectónicos de otras latitudes cuya aplicabilidad puede tener restricciones. Para obviar esta limitación se utilizaron en este estudio tres ecuaciones diferentes deducidas por Donavan (1973), McGwire (1973) y Esteva (1978). Los hechos discutidos influyen sobre la confiabilidad de los análisis, a pesar de lo cual, se pueden considerar de aproximación suficiente para propósitos de este estudio.
De otra parte, cabe aquí citar como limitación adicional, el escaso conocimiento que aún tiene la Sismología sobre los factores que inciden en la distribución espacio temporal de los eventos sísmicos.
Estas limitaciones conducen a la necesidad de utilizar las herramientas probabilísticas en el análisis, de acuerdo con los cánones aceptados actualmente en la Ingeniería Sismológica.

6.2 METODOLOGIA DEL ESTUDIO DE AMENAZA SISMICA

Los enfoques modernos del análisis de amenaza sísmica de una región constituyen una integración de datos geológicos, tectónicos y sismológicos, la cual asigna mayor importancia a las evidencias geológicas de movimiento en las fallas y a la ocurrencia histórica de sismos fuertes en la zona de interés, tanto en el ámbito local como regional.
Con el propósito de establecer la sismicidad de los dos ámbitos considerados, pensando en eventos cercanos e intermedios se consideraron zonas circulares de 50 y 250Km respectivamente concéntricos con el sitio de estudio. Para eventos lejanos se

consideró el efecto de la Zona de Subducción del Pacífico. Se recurrió al Catálogo Sísmico Nacional, desarrollado dentro del estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, para establecer los eventos ocurridos en las dos zonas citadas. El estudio de la sismicidad permitió estimar la actividad de los fallamientos, las tendencias de recurrencia y los parámetros sísmicos de las fuentes sismogénicas detectadas.

A partir de una análisis probabilístico utilizando el modelo de la Línea Fuente (Der Kiureghian et al, 1975), y ecuaciones de recurrencia (Esteva, 1978. Donovan, 1973. McGuire, 1977) se produjo una integración probabilística de la influencia de las fuentes relevantes para el sector de Nueva España, y se ajustó utilizando los criterios propuestos en otros estudios ejecutados en la Sabana de Bogotá, para producir recomendaciones de aceleración máxima a utilizar en los análisis de estabilidad.

6.3 SISMOLOGÍA

6.3.1 Recopilación de Información

Para el sector en el cual se localiza el Barrio Nueva España, en el sur de la Sabana de Bogotá, se han realizado previamente varios estudios específicos en el campo de la ingeniería sismológica. Como información preliminar, para efectos de este estudio, se allegaron los criterios sugeridos en los estudios de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) para el país, y los resultados del Estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá. De acuerdo con tal información, las aceleraciones máximas recomendadas son las siguientes:

AIS (1984). La ciudad de Santafé de Bogotá está dentro de la zona de amenaza sísmica INTERMEDIA, con un coeficiente de aceleración horizontal Aa de 0,15 g.

AIS (1998). De acuerdo con las previsiones de la última revisión del código, establecido como Reglamento de Construcción en 1998, el sector en estudio está en una zona de riesgo sísmico intermedio, con coeficiente de aceleración de 0.2 g.

Estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá (1997). Para sectores de la zona montañosa como el del objeto de este estudio, se sugiere adoptar valores máximos de aceleración de 0.3g en roca.

6.3.2 Sismicidad

Para obtener las recomendaciones de la aceleración máxima para este estudio, se emplearon los registros históricos e instrumentales de fuentes sísmicas que cubren el período 1566-1995, en primer lugar para un área circular con radio de 50Km, para tener en cuenta sismos de carácter local, y luego con radio de 250 Km, para considerar los eventos regionales que pueden tener mayor influencia sobre el sitio. Los datos de los años 1993 y 1995 obtenidos en la Red Sísmica Nacional de Colombia RSNC están incluidos en este análisis.

De la información anterior se escogieron, para el análisis de sismicidad, los sismos que presentan Magnitud registrada o deducida mayor de 3.0

De los eventos sísmicos registrados, se puede deducir, en el ámbito local, la importancia de las Fallas del sistema Fusagasugá - Usme, y fallamientos del pie de los cerros y en la mayor área, con 250 Km de radio, la Falla Palestina del Sistema Romeral – Cauca, además del Sistema Frontal de la Cordillera Oriental, para el área de 250Km. Para los sismos lejanos, se consideró como única fuente la Zona de Subducción del Pacífico.

En relación con el área de 250 Km de radio, el sistema de Guaicaramo o tren de fallas del Borde Llanero, en el piedemonte de la cordillera Oriental puede considerarse el de mayor actividad.

6.4 EVALUACION DE LA AMENAZA SISMICA

El propósito de esta evaluación es determinar la variabilidad de respuesta sísmica que se puede esperar en el área de estudio al ser sometida a un evento de gran magnitud.

6.4.1 Recurrencia de Magnitudes

Empleando los datos de los sismos ubicados en la región de estudio se realizó un análisis de recurrencia de magnitudes, ordenando los datos en secuencia creciente a partir de una magnitud mínima Ms=3.0 de la forma propuesta por Gutemberg y Richter:

La evaluación de regresión obtenida para los eventos locales fue:

$$Ms = 6.95 - 2.11 \log N$$

para toda el área local,

$$Ms = 6.96 - 2.13 \log N$$

para los sismos sin fuente asignada, y:

$$Ms = 3.50 - 0.83 \log N$$

para el alineamiento del pie de los cerros.

Para el análisis regional la ecuación de recurrencia obtenida fue:

$$Ms = 7.9 - 1.81 \log N$$

para toda la región, y

Ms =7.18 - 1.72 log N,

para la falla Frontal de la cordillera Oriental. Por tanto, para el análisis de amenaza a partir de eventos regionales, se decidió incluir una fuente areal, y los alineamientos de la falla frontal, de la Cordillera Central, y de la falla Salinas, aparte de la zona de Benioff profunda, para considerar el efecto de eventos lejanos. Ver gráficas del anexo 4.

6.4.2 Evaluación de Amenaza Sísmica para el sitio

La amenaza sísmica está asociada con la probabilidad de superar un parámetro sísmico determinado, en función del tiempo de recurrencia, en el futuro. En Ingeniería sismológica, el parámetro más empleado es la aceleración máxima sobre el terreno en el cual se implantará la construcción de interés, dado que ella permite estimar con facilidad las fuerzas que pueden generarse y ejecutar los análisis mecánicos necesarios.

Utilizando el Modelo de Línea Fuente de Der Kiureghian, el proceso probabilístico de integración arrojó valores de aceleración probable en el sitio de 0.20g en roca, confirmando los valores evaluados por el Estudio de Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá. Sin embargo, dado que el área se encuentra en topografía ligeramente montañosa, y particularmente en los escarpes de la antigua cantera así como sobre el material residual que se encuentra en reptamiento, se esperan efectos locales de amplificación cuya cuantificación a partir de modelos resulta compleja. Para propósitos de este estudio, se recomendó adoptar un valor de 0.25g y reconocer que los efectos de sitio pueden provocar aceleración de los movimientos existentes.

7 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y DESCRIPCIÓN GEOMECÁNICA DE LOS MATERIALES

En relación con la exploración geotécnica, en una primera etapa y con el objetivo de identificar el estado y composición actual del material del subsuelo, identificar la profundidad a la cual se encuentra la roca, recuperar muestras representativas de cada uno de estos materiales del perfil, evaluar la posición del nivel freático y la condición de saturación de los materiales, se ejecutaron un apique y dos sondeos con barreno de accionamiento manual hasta una profundidad de 4.50 m (S1) y 3.00 m (S2). El apique se ejecutó hasta 0.90 m. De él se obtuvo una muestra en bloque, la cual fue sometida a ensayo de corte directo.

Posteriormente y con base en la información encontrada mediante la exploración previa antes enunciada y la colectada de otros estudios realizados en la zona, se programó una segunda inspección, en la cual se ejecutaron dos sondeos con barreno manual hasta una profundidad de 3.50 m (S3) y 2.50 m (S4) y tres perforaciones con equipo mecánico a 6.20 m (P1), 6.00 m (P2) y 6.50 m (P3). Adicionalmente se tomaron muestras en bloque de la arcillolita y en bolsa del fluviotorrencial para estimar los parámetros de resistencia de estos materiales.

La ubicación de los sondeos, perforaciones y del apique se observa en el plano No. 01.

Después de ejecutada cada perforación, se instalaron piezómetros de tubo abierto, con el fin de medir la evolución y fluctuación de la tabla de agua en la zona.

Mediante esta exploración se detectó el siguiente perfil promedio.

CUADRO No. 7.1. Perfil promedio, parte alta de la zona de estudio.

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
0.00 – 3.00	Arcilla limosa húmeda con algo de arena fina y gravas de arenisca habana grisácea con tonos rojizos y manchas de oxidación. De plasticidad media, baja compresibilidad y consistencia blanda.
	NOTA: Mediante el sondeo No. S1 se detectó una capa de arena limo arcillosa de grano fino gris, habana saturada, con algunos guijarros de arenisca. La Fracción fina, limo arcilloso, exhibe compresibilidad y plasticidad alta.
3.0 - >6.20	Arcillolita, arcilla limosa abigarrada húmeda, de plasticidad media, y consistencia dura. El material triturado y remoldeado clasifica como de alta compresibilidad (H)

En la parte baja de la zona de estudio se encontró el siguiente perfil promedio:

CUADRO No. 7.2. Perfil promedio, parte baja de la zona de estudio

PORFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
0.0 – 1.80	Arcilla limosa y/o limo arcilloso. Esta capa se encuentra en estado húmedo de color gris habano con algunos tonos rojizos y verdes, de baja compresibilidad, plasticidad media y consistencia firme. Presenta algunas gravas de arenisca.
1.80 - >6.20	Arcillolita, El material alterado clasifica como arcilla limosa abigarrada húmeda, de plasticidad media, baja compresibilidad y consistencia dura.

A las muestras recuperadas se les practicaron ensayos de clasificación y de caracterización mecánica con el objeto de obtener los parámetros de resistencia necesarios para ejecutar el análisis de estabilidad. Los resultados de estos ensayos se encuentran consignados en la Tabla No. 7.1 y en el anexo No. 3. Adicionalmente, con estos valores se elaboraron la Gráfica No. 7.1, perfil de resistencia, en el cual se ha graficado la Resistencia en condición no drenada Cu a diferentes profundidades; Gráfica No. 7.2, carta de plasticidad de Casagrande. De estas gráficas se deduce que:

- La resistencia no drenada Cu se encuentra alrededor de 0.6 Kg/cm^2 para el suelo residual y hasta una profundidad de 2.00 m aproximadamente. Para la arcillolita, y a partir de 2.00 m la resistencia no drenada Cu es mayor de 10 Kg/cm^2.

- Del ensayo de corte directo realizado de manera lenta en condición saturada se puede deducir una cohesión de 0.175 Kg/cm^2 y ángulo de fricción de 18°.

- El peso unitario para el material residual es del orden de 1.95 gr/cm^3 y de 2.20 g/cm^3 para la arcillolita.

- Para el depósito de material fluviotorrencial y mediante el ensayo de corte directo ejecutado a probetas conformadas por el material fino del depósito y compactadas a una energía igual a la empleada en el ensayo Proctor Estándar, se estableció un valor de cohesión C igual a 0.08 kg/cm2 y del ángulo de fricción interna ϕ de 25°.

- Los materiales existentes en la zona de estudio de acuerdo con la carta de plasticidad son arcillas de plasticidad media y baja compresibilidad.

Para las capas de arcilla y/o limo se determinó el valor de la resistencia no drenada Cu a partir del Ensayo de Penetración Estándar. para lo cual se siguieron las recomendaciones de Décourt (1989) así:

$$C_U\,(t/m^2) = 1.276 * N \quad (7.1)$$

Donde:

N= Número corregido de golpes para penetrar un pie, mediante el ensayo de penetración estándar.

Para corregir el número de golpes tanto por la perdida de energía debido a las limitaciones del equipo como por la energía aplicada se empleó un factor de 0.8.

Los valores de la resistencia no drenada CU determinados de esta manera se ubicaron en las gráficas No. 7.1 y se consignan en los perfiles respectivos.

Durante varios días y de manera esporádica se llevaron a cabo lecturas en los piezómetros instalados obteniendo los siguientes resultados:

CUADRO No. 7.3. Lecturas en los piezómetros ya instalados.

FECHA	S1	S2	S3	S4	P1	P2	P3
FEB.08.99							
FEB.10-99	1.80						
FEB.16-99	1.30	2.45					
FEB.22-99	0.90	0.80	1.70	0.87			
FEB.21.99					0.10	0.00	1.20
FEB.25.99	1.00	0.93	1.80	0.90	0.55	0.00	1.20
MAR.10.99	0.93	0.87	0.87	0.86	0.38	0.00	0.90
MAR.13.99	0.925	0.91	0.79	0.90	0.00	0.00	1.02

Profundidad del agua en los piezómetros.

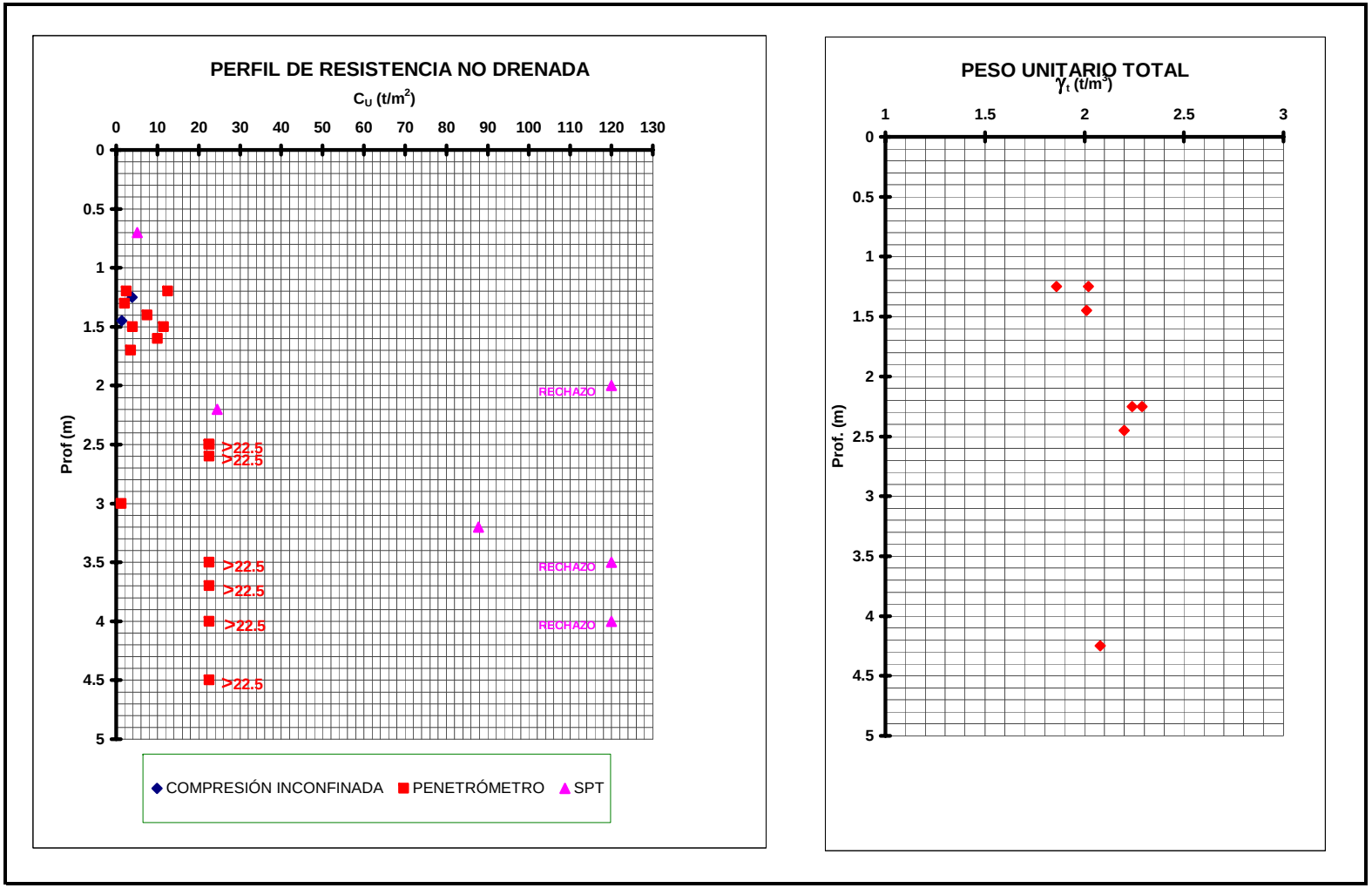
Tabla 7.1. Resultados de Pruebas de Laboratorio

ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS PARA ESTABILIZAR EL BARRIO NUEVA ESPAÑA, LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL.

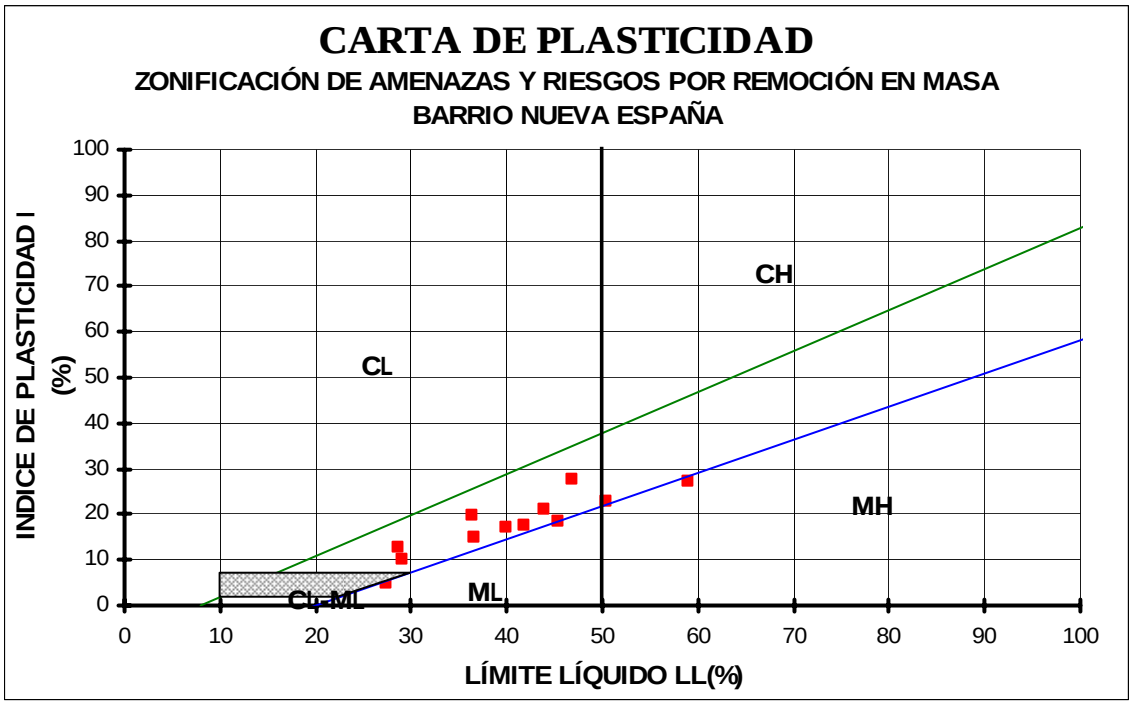
PERFORACION	S1			S2		S3		S4	
MUESTRA	1	2	4	1	2	1	2	1	2
PROFUNDIDAD [m]	1.00-1.50	2.60-3.10	4.10-4.60	1.10-1.60	2.10-2.70	1.00-1.50	2.00-2.50	1.20-1.70	2.20-2.50
HUMEDAD NATURAL w [%]	33.3	18.6	15.0	18.7	8.3	26.2	16.6	28.4	21.3
PESO UNITARIO γ_t [Ton / m^3]	1.86				2.20	2.02	2.29	2.01	
PESO UNITARIO SECO γd [Ton / m^3]	1.39				2.03	1.60	1.97	1.57	
LIMITE LIQUIDO	39.6	58.8	41.5	28.5		43.3	28.4	27.0	50.0
LIMITE PLASTICO	22.7	31.7	24.2	15.8		22.8	18.7	22.5	27.8
INDICE DE PLASTICIDAD	16.9	27.1	17.3	12.8		20.5	9.7	4.5	22.2
INDICE DE CONSISTENCIA	0.37	1.48	1.53	0.78		0.83	1.22	-0.31	1.30
INDICE DE LIQUIDEZ	0.63	-0.48	-0.53	0.22		0.17	-0.22	1.31	-0.30
CLASIFICACION U.S.C.S.	CL	SM	CL	CL		CL	CL	ML	CH
RESIST. COMP. INCONFINADA [Kg / cm^2]	0.780							0.280	
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA ϕ°									
COHESIÓN C [Kg / cm2]									
% GRAVAS									
% ARENAS		58.6							
% FINOS		41.4							

PERFORACION	P1		P2			P3	AP1		
MUESTRA	1	2	1	3	5	4	1	M1	M2
PROFUNDIDAD [m]	0.70-1.20	2.00-2.50	0.70-1.20	2.50-3.00	4.00-4.50	4.00-4.50	0.60-1.00		
HUMEDAD NATURAL w [%]	26.8	9.3	31.4	25.1	15.5	24.4			
PESO UNITARIO g, [Ton / m^3]		2.24				2.08			
PESO UNITARIO SECO gd [Ton / m^3]		2.05				1.67			
LIMITE LIQUIDO	45.1		46.6	22.7	36.4	36.0			
LIMITE PLASTICO	26.9		19.2	19.9	22.0	16.6			
INDICE DE PLASTICIDAD	18.2		27.4	2.8	14.4	19.4			
INDICE DE CONSISTENCIA	1.00		0.55	-0.87	1.45	0.60			
INDICE DE LIQUIDEZ	0.00		0.45	1.87	-0.45	0.40			
CLASIFICACION U.S.S.C.	ML		CL	CL	CL	CL			
RESIST. COMP. INCONFINADA [Kg / cm^2]									
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA ϕ°							18.00	25.00	27.00
COHESIÓN C [Kg / cm2]							0.175	0.08	0.20
% GRAVAS									
% ARENAS									
% FINOS									

Gráfica 7.1. perfil de Resistencia



Gráfica 7.2. Carta de Plasticidad



8 EVALUACIÓN DE AMENAZA

Con el propósito final de establecer los niveles de riesgo a que se encuentran expuestas las diferentes zonas habitadas del área de estudio, es necesario establecer la probabilidad de colapso de las zonas inestables, como base de cuantificación de la amenaza. Para llevar a cabo esta actividad, se estableció, de forma analítica, la probabilidad de falla para las siguientes zonas:

- **Zona de Amenaza 1:** Zona que no presenta manifestaciones de procesos morfodinámicos.
- **Zona de Amenaza 2:** Depósito de material fluviotorrencial, ubicado en la parte suroccidental de la zona en estudio.
- **Zonas de Amenaza 3:** Depósito fluviotorrencial y antigua fuente de explotación. Ubicada en el costado nororiental de la zona.
- **Zonas de Amenaza 4A y 4B:** Zonas que presentan saturación del material residual de la arcillolita. Están ubicadas en la parte alta de la zona en estudio, en el barrio Nueva España.
- **Zona de Amenaza 5:** Deslizamiento superficial del material residual producto de la alteración y meteorización de la arcillolita de la formación Bogotá, ubicado en la parte baja de la zona en estudio.

8.1 CONDICIONES DE ANÁLISIS

Se decidió realizar los análisis de estabilidad por separado para los diversos tipos de movimiento, recurriendo a ejercicios con parámetros residuales, por considerar tales enfoques más apropiados para los casos descritos, dado que están actualmente activos.

Los análisis acudieron, como guía inicial a los parámetros deducidos de las pruebas de laboratorio, tales como peso unitario y corte directo efectuados tanto en muestras inalteradas y recuperadas en bloques de la arcillolita y del material residual de la misma, como de probetas compactadas con una energía igual a la empleada en el ensayo Proctor Estándar de la fracción fina del fluviotorrencial. A continuación se relacionan los valores establecidos:

CUADRO No 8.1. PARÁMETROS DE RESISTENCIA INICIALES DE ANÁLISIS

NUM	MATERIAL	C (Kg/cm^2)	ϕ °	γ_t (g/cm^3)	γ_d (g/cm^3)
1	Arcillolita	0.2	27	2.14	1.87
2	M. Residual	0.175	18	1.94	1.52
3	Fluviotorrencial	0.08	25	2.281	2.006

Los modelos empleados en los análisis de estabilidad se ilustran en las gráficas 8.1 para la zona de amenaza 2, mediante los cuales se modela un movimiento retrogresivo. En las figuras 8.2, 8.3 y 8.4 se ilustran los modelos para las zonas de amenaza 3, 4A-4B y 5 respectivamente.

Con el programa Pcstable, versión 5M, se llevó a cabo una primera inspección de la estabilidad actual de las zonas de amenaza ya definidas a fin de identificar superficies de falla que reflejaran las condiciones de inestabilidad actuales que se evidencian en la zona de estudio. Como resultado de esta actividad se identificaron las superficies ilustradas en las gráficas ya referidas.

8.1.1 Retrocálculo

A fin de establecer los valores de resistencia que provocarían la falla del suelo residual, se efectuó un ejercicio de retrocálculo empleando el perfil de la zona de amenaza 5, considerada ésta como la más crítica del área en estudio. Los parámetros de resistencia iniciales empleados en el ejercicio son los mostrados en el cuadro 8.1, a excepción de los valores de C y ϕ del material residual, el cual es el material en movimiento, los cuales se variaron así:

- Para la cohesión se tomaron valores de 0.005, 0.01, 0.02, 0.04, y 0.08 Kg/cm^2.
- Para el ángulo de fricción se emplearon los valores de 10°, 15°, 20°, 25° y 30°.

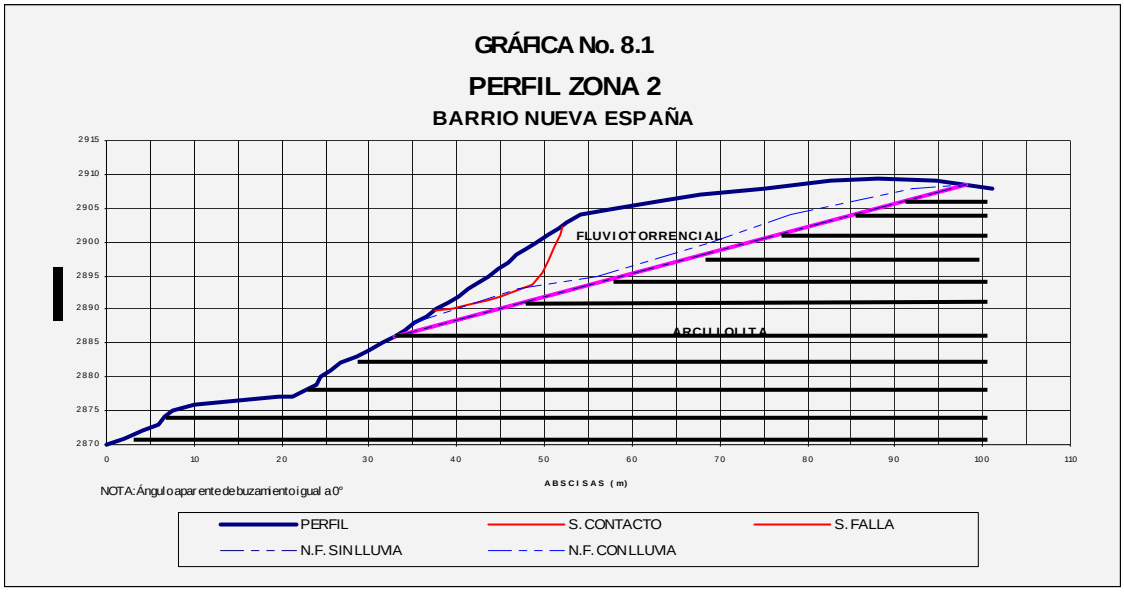
Como el movimiento presenta una tasa de movimiento muy baja, los análisis estabilidad que a continuación se enuncian se efectuaron suponiendo condición estática.

En la gráfica No. 8.5 se han consignado los valores de los factores de seguridad establecidos para cada una de las cuatro superficies de falla predefinidas y para diferentes combinaciones de C y ϕ.

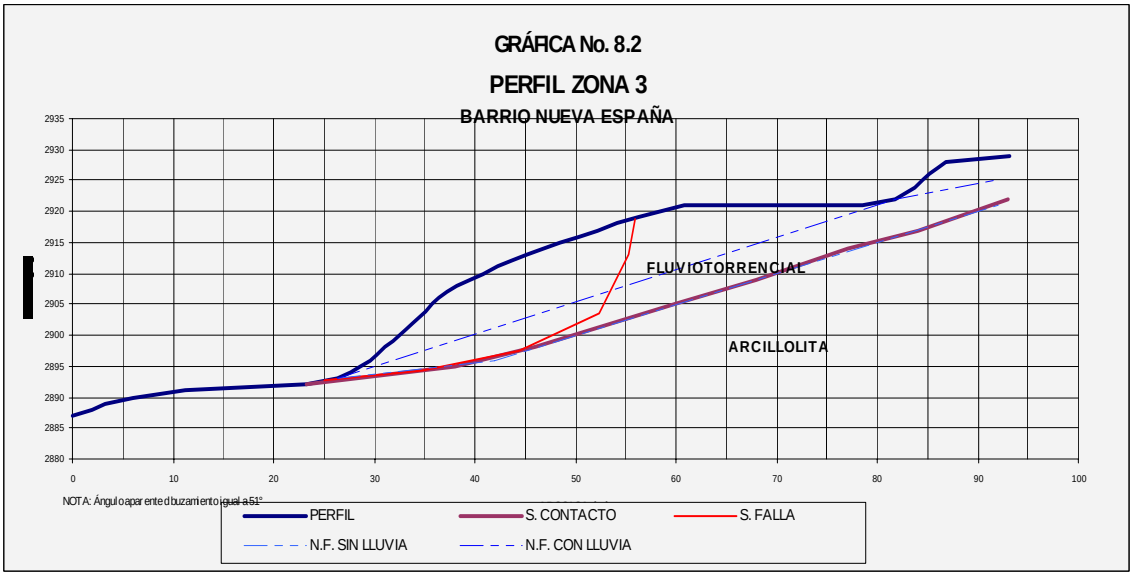
En la gráfica No.8.6 se dibujaron las combinaciones de C y ϕ que generan un estado de falla, F.S.=1.0, para cada una de las superficies analizadas. Los valores de C y ϕ se obtuvieron de la gráfica No. 8.5.

Del análisis de la gráfica No. 8.6 se determinó que los parámetros de resistencia del suelo residual, el cual presenta inestabilidad y que se emplearían en los siguientes análisis son C=0.002 kg/cm^2 y ϕ = 25°.

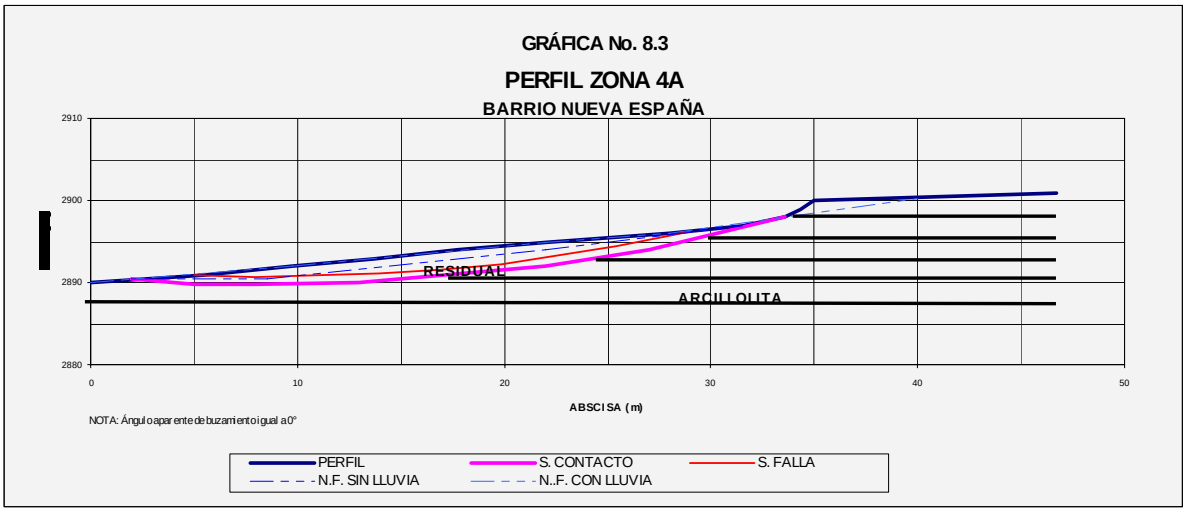
Gráfica 8.1. Perfil Zona 2



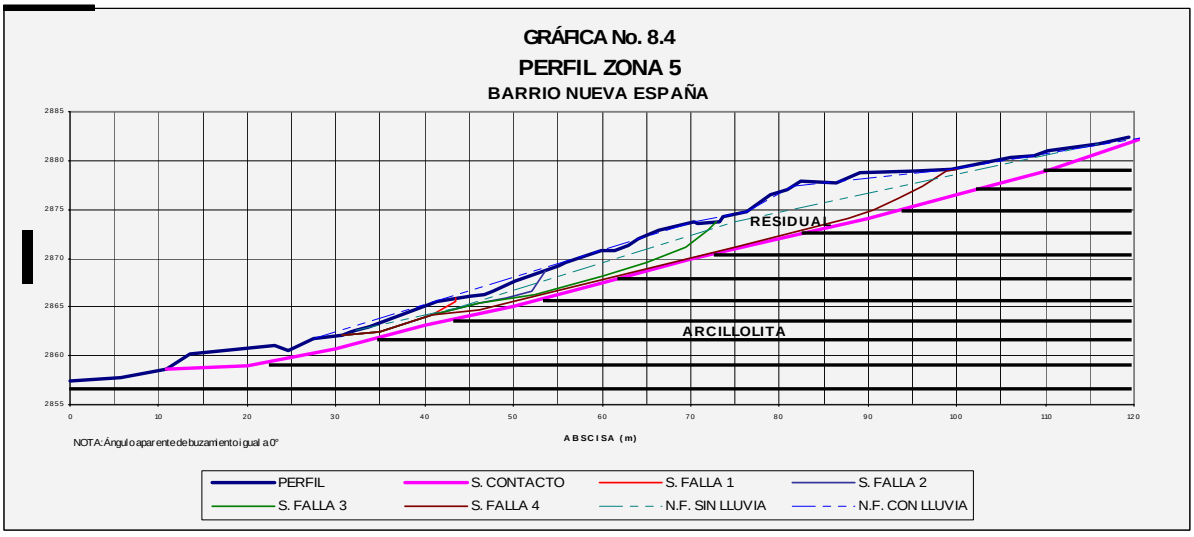
Gráfica 8.2. Perfil Zona 3.



Gráfica 8.3. Perfil Zona 4ª



Gráfica 8.4. Perfil Zona 5.



8.1.2 Datos para el Análisis

A continuación se refieren los parámetros de resistencia empleados, así como los rangos de variación de los parámetros de resistencia de los materiales que en cada caso se están moviendo o que pueden moverse.

Para las zonas 5 y 4A-4B.

Para estas zonas se estableció que el material que se mueve es el depósito de material residual producto de la meteorización de la arcillolita de la formación Bogotá. Tanto para este material como para la arcillolita se consideraron como parámetros de resistencia los reportados en el cuadro No. 8.2.

CUADRO No 8.2. PARÁMETROS DE RESISTENCIA PARA ANÁLISIS DE LAS ZONAS 5 Y 4A-4B.

NUM	MATERIAL	C (Kg/cm^2)	ϕ °	γ_t (g/cm^3)	γ_d (g/cm^3)
1	Arcillolita	0.2	27	2.14	1.87
2	M. Residual	0.01	15	1.94	1.52

Con el objetivo de establecer la probabilidad de falla, se estableció un rango de variación de los parámetros C y ϕ del depósito de material residual de la siguiente manera:

Valor central de la cohesión E[C] = 0.01 Kg/cm^2
Valor central del ángulo de fricción E[ϕ] = 15°
Rango de variación para la cohesión de +/- 0.01 Kg/cm^2
Rango de variación para el ángulo de fricción de +/- 5°

En los análisis efectuados previamente se constató que de las superficies de falla revisadas, ninguna involucraba la arcillolita, por lo cual y con base en el ángulo de buzamiento de los estratos, observados en cada uno de los perfiles analizados, se comprueba que la arcillolita no presenta problemas de inestabilidad. Por tal motivo no se revisó la probabilidad de falla para las zonas variando los parámetros de la misma, tan solo se variaron los parámetros del material residual tal como se enunció en el párrafo anterior.

Para las zonas 2 y 3

Para estos sectores se determinó que el material que se puede mover es el fluviotorrencial. Los valores empleados en los análisis de estabilidad se presentan a continuación:

CUADRO No 8.3. PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE ANÁLISIS PARA LAS ZONAS 2 Y 3

NUM	MATERIAL	C (Kg/cm^2)	ϕ °	γ_t (g/cm^3)	γ_d (g/cm^3)
1	Arcillolita	0.2	27	2.14	1.87
2	Fluviotorrencial	0.65	30	2.281	2.006

El consorcio consultor aclara que los parámetros de resistencia iniciales reportados en el cuadro No. 8.2 para el depósito fluviotorrencial fueron ajustados obedeciendo las siguientes razones:

- Las probetas elaboradas para el ensayo de corte directo tan solo se elaboraron con la matriz del depósito fluviotorrencial únicamente.

- La estructura y resistencia obtenidas al compactar la matriz en el laboratorio probablemente no es la que tiene el depósito in-situ.

- La experiencia del especialista en ese aspecto indica que los parámetros de resistencia de un depósito de este material, son mayores que los obtenidos en el ensayo.

Por lo anterior los valores obtenidos en el ensayo de corte directo se ajustaron a los reportados en el cuadro anterior (No. 8.3).

El rango de variación de los parámetros de C y ϕ del fluviotorrencial es el siguiente:

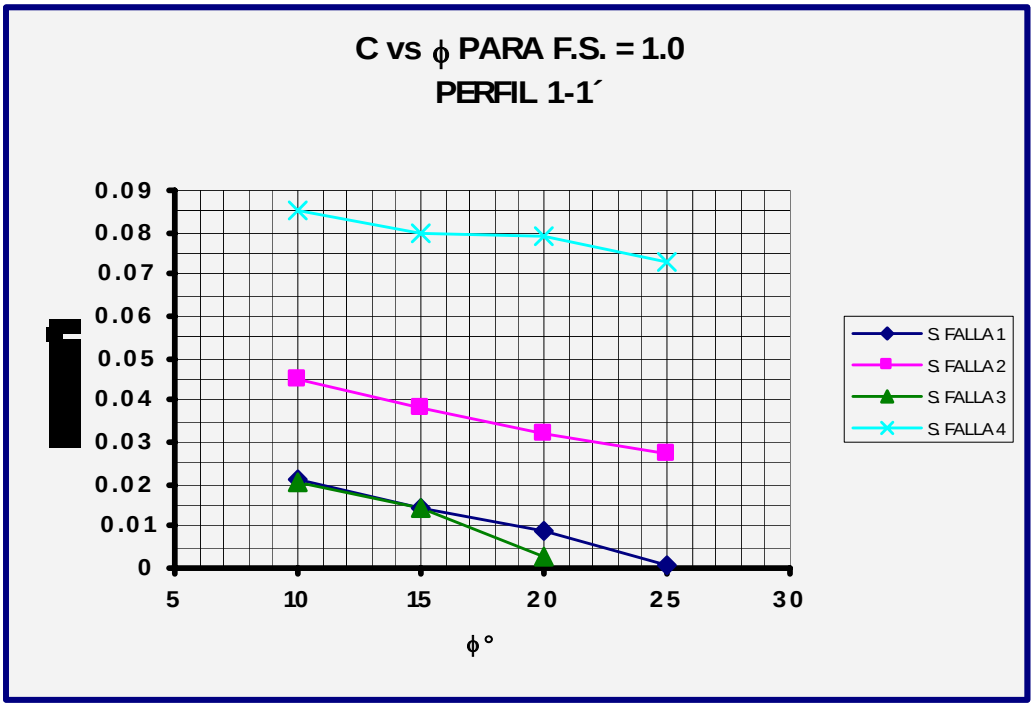
Valor central de la cohesión E[C] = 0.65 Kg/cm^2
Valor central del ángulo de fricción E[ϕ] = 30°
Rango de variación para la cohesión de +/- 0.35 Kg/cm^2
Rango de variación para el ángulo de fricción de +/- 5°

Al igual que en el caso anterior, la arcillolita no presenta evidencias de inestabilidad, por tal motivo los parámetros de resistencia de ésta no se variaron.

Aceleración sísmica

En los análisis de probabilidad ejecutados se empleó un rango de variación de 0.0g a 0.3g. La determinación de este valor se hizo con base en la evaluación de sismicidad y amenaza sísmica efectuada en este estudio.

Gráfica 8.6. C vs ϕ para FS=1.0



RESULTADOS DEL ANÁLISIS

A continuación se presentan los valores de los factores de seguridad y las probabilidades de falla identificadas para cada una de las zonas evaluadas.

8.1.3 Zona 1

Esta zona es aquella que no presenta ningún fenómeno de inestabilidad, por lo cual de manera cualitativa y con base en la zonificación por laderas se le asignó una probabilidad de falla de 0.01.

8.1.4 Zona 2

En la Figura No. 8.1. se ilustra el perfil empleado para el análisis de estabilidad de la zona. Los parámetros empleados para el análisis se definieron en el numeral 8.1.2. La combinación de estos factores (C y ϕ) y los resultados obtenidos tanto del análisis de estabilidad como de la probabilidad de falla encontrada se indican en el cuadro No. 8.4.

CUADRO No. 8.4 PROBABILIDAD DE FALLA ZONA 2

C (Kpa)	$\phi°$	CON LLUVIA SIN SISMO	CON LLUVIA CON SISMO	SIN LLUVIA SIN SISMO	SIN LLUVIA CON SISMO
100	35	5.729	3.957	5.738	3.965
100	25	5.491	3.865	5.499	3.871
30	35	2.386	1.55	2.393	1.555
30	25	2.073	1.379	2.078	1.383
PROBABILIDAD DE FALLA DEL EVENTO					
LOGNORMAL		0.9966	0.9613	0.0033	0.9619
NORMAL		0.9574	0.9158	0.0423	0.9163
WEIBULL		$1.45*10^{-9}$	0.0009	$1.22*10^{-9}$	0.0009
PROBABILIDAD DE FALLA CONDICIONADA					
LOGNORMAL		0.0331	$6.75*10^{-5}$	0.0032	0.0020
NORMAL		0.0318	$6.43*10^{-5}$	0.0408	0.0019
WEIBULL		$4.84*10^{-11}$	$6.6*10^{-8}$	$1.18*10^{-9}$	$1.81*10^{-6}$

La probabilidad de falla para la zona de amenaza 2 y para un periodo de diseño dado se determina empleando la siguiente expresión:

$$PF(t) = \left(1 - e^{-PF_1 * t}\right) \quad (8.1)$$

donde:

PF(t): Probabilidad de falla para el periodo de diseño
t : Periodo de diseño
PF_1 : Probabilidad de falla para un año.
E : Base de los logaritmos naturales

Entonces, para:

- Un periodo de diseño de 20 años
- Probabilidad de falla en un año de 0.041

$$PF(t=20)=\left(1-e^{-0..041*20}\right)=0.560 \quad (8.2)$$

8.1.5 Zona 3ç

Para esta zona se establecieron los siguientes factores de seguridad y probabilidades de falla. En la gráfica No. 8.2 se ilustra el modelo empleado en el análisis, de igual manera en el numeral 8.1.2... se presentaron los parámetros de resistencia y los intervalos de los mismos utilizados.

CUADRO No. 8.5 FACTORES DE SEGURIDAD Y PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA ZONA 3.

C (Kpa)	ϕ°	CON LLUVIA SIN SISMO	CON LLUVIA CON SISMO	SIN LLUVIA SIN SISMO	SIN LLUVIA CON SISMO
100	35	2.559	1.524	2.939	1.827
100	25	2.355	1.441	2.626	1.661
30	35	1.342	0.757	1.676	1.007
30	25	1.064	0.611	1.295	0.785
PROBABILIDAD DE FALLA DEL EVENTO					
LOGNORMAL		0.9268	0.5039	0.0170	0.7344
NORMAL		0.9031	0.5817	0.0456	0.7689
WEIBULL		0.0098	0.4166	$4.49*10^{-5}$	0.1729
PROBABILIDAD DE FALLA CONDICIONADA					
LOGNORMAL		0.0308	$3.54*10^{-5}$	0.0164	0.0015
NORMAL		0.0300	$4.08\text{-}10^{-5}$	0.0440	0.0016
WEIBULL		0.0003	$2.92*10^{-5}$	$4.33*10^{-5}$	0.0003

La probabilidad de falla para un periodo de diseño de 20 años y una probabilidad de falla para un año de 0.044 es:

$$PF(t=20)=\left(1-e^{-0.044*20}\right)=0.585 \quad (8.3)$$

8.1.6 Zonas 4A Y 4B

Para determinar los valores de la probabilidad de falla de estas dos zonas, se llevó a cabo un solo análisis. En la gráfica No. 8.3 y en el numeral 8.1.2 se consignan los valores de los parámetros de resistencia evaluados. A continuación se presentan los resultados

obtenidos tanto de la evaluación de estabilidad como de la determinación de la probabilidad de falla de los eventos analizados:

CUADRO No. 8.6 PROBABILIDAD DE FALLA ZONAS 4A y 4B

C (Kpa)	ϕ°	CON LLUVIA SIN SISMO	CON LLUVIA CON SISMO	SIN LLUVIA SIN SISMO	SIN LLUVIA CON SISMO
2	20	1.119	0.438	1.571	0.642
2	10	0.72	0.288	0.958	0.397
0	20	0.775	0.291	1.189	0.476
0	10	0.376	0.142	0.576	0.231
PROBABILIDAD DE FALLA DEL EVENTO					
LOGNORMAL		0.1782	0.0006	0.4917	0.0081
NORMAL		0.1689	$1.06*10^{-11}$	0.4194	$7.01*10^{-5}$
WEIBULL		0.7553	0.9838	0.4172	0.9540
PROBABILIDAD DE FALLA CONDICIONADA					
LOGNORMAL		0.0273	$7.01*10^{-5}$	0.4744	0.0020
NORMAL		0.0276	$7.02*10^{-5}$	0.4045	0.0020
WEIBULL		0.0251	$6.9*10^{-5}$	0.4024	0.0019

La probabilidad de falla para un periodo de 20 años con una probabilidad de falla de 0.474 para un año, se determina mediante la siguiente expresión:

$$PF(t=20)=\left(1-e^{-0..474*20}\right)=1.00 \quad (8.4)$$

8.1.7 Zona 5

Los siguientes datos son el resultado tanto de la evaluación de estabilidad como de la determinación de la probabilidad de falla para las superficies definidas e ilustradas en la gráfica No. 8.4 y para cada una de las combinaciones de los parámetros C y ϕ ya establecidas y definidas:

CUADRO No. 8.7 PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA SUPERFICIE DE FALLA 1

C (Kpa)	ϕ°	CON LLUVIA SIN SISMO	CON LLUVIA CON SISMO	SIN LLUVIA SIN SISMO	SIN LLUVIA CON SISMO
2	20	1.484	0.682	1.772	0.745
2	10	1.181	0.554	1.407	0.603
0	20	1.009	0.455	1.208	0.499
0	10	0.698	0.320	0.834	0.349
PROBABILIDAD DE FALLA DEL EVENTO					
LOGNORMAL		0.5760	0.0046	0.2004	0.0111
NORMAL		0.6281	$8.95*10^{-5}$	0.1840	0.0009
WEIBULL		0.3606	0.9640	0.1097	0.9482
PROBABILIDAD DE FALLA CONDICIONADA					
LOGNORMAL		0.0192	$6.98*10^{-5}$	0.1933	0.0020
NORMAL		0.0210	$7.02*10^{-5}$	0.1774	0.0020
WEIBULL		0.0120	$6.77*10^{-5}$	0.1058	0.0019

La probabilidad de falla para esta superficie y para un año es igual a 0.193.

CUADRO No. 8.8 PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA SUPERFICIE DE FALLA 2

C (Kpa)	ϕ°	CON LLUVIA SIN SISMO	CON LLUVIA CON SISMO	SIN LLUVIA SIN SISMO	SIN LLUVIA CON SISMO
2	20	1.213	0.541	1.458	0.594
2	10	0.899	0.411	1.077	0.45
0	20	0.807	0.349	0.975	0.384
0	10	0.488	0.213	0.588	0.235
PROBABILIDAD DE FALLA DEL EVENTO					
LOGNORMAL		0.2598	0.0012	0.5320	0.0028
NORMAL		0.2861	$7.535*10^{-8}$	0.4685	$3.04*10^{-6}$
WEIBULL		0.6806	0.9784	0.4687	0.9704
PROBABILIDAD DE FALLA CONDICIONADA					
LOGNORMAL		0.0246	7.01*10-5	0.4514	0.0020
NORMAL		0.0238	7.02*10-5	0.4519	0.0020
WEIBULL		0.0226	6.87*10-5	0.4521	0.0020

La probabilidad de falla para esta superficie y para un año es igual a 0.452.

CUADRO No. 8.9 PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA SUPERFICIE DE FALLA 3

C (Kpa)	ϕ°	CON LLUVIA SIN SISMO	CON LLUVIA CON SISMO	SIN LLUVIA SIN SISMO	SIN LLUVIA CON SISMO
2	20	1.029	0.444	1.249	0.502
2	10	0.719	0.314	0.864	0.352
0	20	0.795	0.332	0.976	0.380
0	10	0.479	0.197	0.585	0.225
PROBABILIDAD DE FALLA DEL EVENTO					
LOGNORMAL		0.1249	$2.78*10^{-5}$	0.6707	0.0001
NORMAL		0.1065	$2.19*10^{-14}$	0.6339	8.33910^{-11}
WEIBULL		0.8149	0.9936	0.6198	0.9897
PROBABILIDAD DE FALLA CONDICIONADA					
LOGNORMAL		0.0291	$7.02*10^{-5}$	0.3176	0.0020
NORMAL		0.0297	$7.02*10^{-5}$	0.3531	0.0020
WEIBULL		0.0271	$6.97*10^{-5}$	0.5979	0.0020

La probabilidad de falla para esta superficie y para un año es 0.598

CUADRO No. 8.10 PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA SUPERFICIE DE FALLA 4

C (Kpa)	ϕ°	CON LLUVIA SIN SISMO	CON LLUVIA CON SISMO	SIN LLUVIA SIN SISMO	SIN LLUVIA CON SISMO
2	20	0.97	0.387	1.222	0.477
2	10	0.604	0.245	0.744	0.294
0	20	0.80	0.31	1.03	0.394
0	10	0.431	0.166	0.55	0.209
PROBABILIDAD DE FALLA DEL EVENTO					
LOGNORMAL		0.0954	1.1*10-5	0.7065	0.0002
NORMAL		0.0703	0	0.6710	$6.59*10^{-11}$
WEIBULL		0.8389	0.9947	0.6471	0.9880
PROBABILIDAD DE FALLA CONDICIONADA					
LOGNORMAL		0.0301	7.02*10-5	0.2831	0.0020
NORMAL		0.0309	7.02*10-5	0.3174	0.0020
WEIBULL		0.0279	6.98*10-5	0.6242	0.0020

La probabilidad de falla para un período de 20 años con una probabilidad para un año, mediante el análisis de la superficie No. 4 de 0.624, se determina mediante la siguiente expresión:

$$PF(t=20)=\left(1-e^{-0.624*20}\right)=1.00 \quad (8.5)$$

8.2 PROBABILIDADES DE FALLA PARA LAS ZONAS DE AMENAZA

En el siguiente cuadro se resumen los valores establecidos de las probabilidades de falla para las diferentes zonas de amenaza identificadas dentro del área en estudio:

CUADRO No. 8.11 PROBABILIDADES DE FALLA PARA LAS ZONAS DE AMENAZA.

ZONA	PROBABILIDAD DE FALLA
1	0.010
2	0.560
3	0.585
4A	1.00
4B	1.00
5	1.00

8.3 DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE AMENAZA

Para determinara cada una de las zonas de amenaza y su radio de influencia se tuvo en cuenta entre otros aspectos los siguientes:

- Zonificación morfodinámica
- Zonas en las cuales se establecieron condiciones de saturación y meteorización de los materiales del subsuelo
- Distancia de viaje de las masas que podrían desplazarse en un deslizamiento.

Para determinar la distancia de viaje de las masas afectadas por deslizamientos se emplearon las gráficas No. 8.6 y 8.7, que corresponden a las zonas de amenaza 2 y 3 respectivamente.

Para las zonas de amenaza 4A, 4B y 5 no se llevó a cabo el análisis de distancia de viaje de las masas desplazadas pues las condiciones de topográfia y geometría del movimiento indican que el material afectado no se desplazaría.

Sobre la zona 1, no se llevó a cabo este análisis ya que esta no presenta amenaza. Los límites de esta zona resultan del descarte de las demás.

9 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

9.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo del presente capítulo se presentan los diferentes aspectos tenidos en cuenta para la zonificación por vulnerabilidad y riesgo del área en estudio. Este trabajo se basó en la metodología planteada en los numerales 1.3.8 y 1.3.9 del presente informe, la cual se elaboró a partir de la empleada por la compañía Imgeocim Ltda en su estudio de zonificación de riesgos por inestabilidad del terreno para diferentes localidades de la ciudad de Santafé de Bogotá.

Según el artículo antes citado " La vulnerabilidad es una medida de las incapacidades de una comunidad para adaptarse a los cambios (daños) en su hábitat, ocasionados por un evento dado (deslizamiento, inundación, sismo etc.). Dichas incapacidades son de diversos tipos, tales como físico, social, económico, etc.". De igual manera en el artículo se plantea que la evaluación de la vulnerabilidad debe hacerse teniendo en cuenta todos los aspectos y no solo el físico, tal como suele hacerse.

Es por lo anterior que los resultados del análisis que a continuación se plantean involucran estos dos aspectos. Al final del capítulo se determinará el nivel de riesgo al que están expuestas cada una de las casas del sector. Los resultados de estas actividades se plasman en los planos No. 07 y 08.

9.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El procedimiento seguido para establecer el grado de vulnerabilidad que expone cada una de las viviendas del barrio Nueva España se estableció en el numeral 1.3.8 del presente informe. Los resultados de cada uno de los pasos allí descritos al igual que el nivel de vulnerabilidad de cada una de las viviendas se presenta en el cuadro No. 9.1.

Para la elaboración de los análisis se contó con datos acopiados mediante encuestas diseñadas por el FOPAE, que el consorcio consultor aplicó a cada una de las viviendas del sector. Los datos relevantes para este análisis y tomados de las encuestas se encuentran consignados en las columnas 1,2 y 3 del cuadro No. 9.1. Si se desea verificar el origen de los datos o corroborar los datos empleados para la identificación del tipo de predio, servicios que la vivienda posee o cualquier otro dato relevante para el establecimiento del nivel de vulnerabilidad, el lector deberá remitirse al anexo No. 9.

De la labor realizada se destaca que la mayoría de las viviendas del sector en estudio exhiben un nivel de vulnerabilidad bajo y muy bajo, con excepción de algunas viviendas que presentan un nivel medios y altos. Lo anterior es consistente con la realidad pues el tipo de movimiento que se presenta es de carácter muy lento y la tipología de las viviendas es diversa. Es claro que aquellas viviendas de baja especificación en su construcción exhiben un nivel de vulnerabilidad mas alto que aquellas de mejor construcción. Lo anterior justifica que se encuentren algunos predios con niveles de amenaza tan alto.

En términos generales y con base en lo expuesto anteriormente se puede concluir que la zona en estudio presenta niveles de amenaza bajos a muy bajos.

9.3 ANÁLISIS DE RIESGO

Para determinar el nivel de riesgo al cual están expuesta cada una de las viviendas de la zona en estudio se siguió la metodología planteada en el numeral 1.3.9. El resultado de cada uno de los pasos planteados en la metodología se han consignado en el cuadro No. 9.1. Como resultado del ejercicio se estableció el nivel de riesgo que cada una de las viviendas presenta, también consignado en el mismo cuadro.

Como se menciona en la metodología, para determinar el nivel de riesgo de las viviendas es necesario conocer el valor de la probabilidad de falla del evento que amenaza el predio, para lo cual se empleó el plano No. 7, Zonificación por Amenaza, en el cual se observa que zona afecta cada vivienda.

En el cuadro No. 9.1, se indica el número de la zona que afecta la vivienda y el valor de la probabilidad de falla asignada.

De los resultados obtenidos se observa que la mayoría de las viviendas del sector en estudio presentan un nivel de riesgo muy bajo, a excepción de seis viviendas de la manzana 5, una de la manzana 1, una de la manzana 23 y una de la manzana 24 que presentan nivel de riesgo medio. Se identificaron cuatro viviendas que presentan un nivel de riesgo muy alto.

Es claro que aquellas viviendas que presentan escasas técnicas de construcción deben exhibir un nivel de riesgo mucho mas alto que aquellas que si han sido construidas adecuadamente, es por esto que algunos predios presentan un nivel de riesgo tan alto.

Con base en lo anterior y de manera general se puede concluir que la zona en estudio presenta un nivel de riesgo muy bajo.

En vista del estado actual de la zona en estudio y de las condiciones establecidas para determinar los niveles de riesgo, se debe entender cada uno de estos de la siguiente manera:

Nivel Muy Bajo: Se le asigna esta categoría a aquellas casas que no se ven amenazada por algún tipo de solicitación. De igual manera bajo este nivel se han clasificado las viviendas que a pesar de encontrarse dentro de la zona de posible influencia de una solicitación, ésta no afectaría la vivienda.

Nivel Bajo: Bajo este nivel se clasifican los predios que se verían afectados levemente a causa del tipo de solicitación.

Nivel Medio: Corresponde a aquellos sectores que se ven amenazados por movimientos con probabilidades de falla altos y sobre los cuales se encuentran predios con especificaciones de construcción no muy adecuadas.

Nivel Alto: en este rango se encuentran ubicadas las zonas en las cuales se han encontrados viviendas que no presentan especificaciones de construcción, tipo B1, y que además se ven expuestas a movimientos con probabilidades de falla muy altos.

Por efectos prácticos en la zonificación por riesgo, y considerando todas las variables tenidas en cuenta para la determinación del nivel de riesgo, el consorcio consultor decidió agrupar en un sola zona clasificada como de nivel medio todas las casas que presenta riesgo muy alto y medio.

Cuadro 9.1. Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO
BARRIO NUEVA ESPAÑA

CUADRO No. 9.1

No. MANZANA	No. ORDEN	No. CASA	TIPOLOGÍA DE VIVIENDA	HABITANTES	SOLICITACIÓN	NIVEL DE DAÑO	IVF	ICViv	zICServ	zICViv	IGC	zIGC	CATERGORIA DEL IGC	IVS	IVF	IVD	IPE	IPA	IPG	VULNERABILIDAD	ZONA DE FALLA AFERENTE	PROBABILIDAD DE FALLA	IRE	IRA	PERSONAS AFECTADAS	RIESGO
1	1	1	B2	3	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.0007	0.0057	1.00	MUY BAJO
	2	2	B2	3	TERRENO ESTABLE	N	0.1	0.15	0.76	0.48	0.62	0.54	ALTO	0.85	0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.0007	0.0057	1.00	MUY BAJO
	3	3	B2	13	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.0007	0.0057	1.00	MUY BAJO
	4	4	B3	8	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.0007	0.0057	1.00	MUY BAJO
	5	5	B2	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.0007	0.0057	1.00	MUY BAJO
	6	6	B2	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.0007	0.0057	1.00	MUY BAJO
	7	7	B2	6	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.0007	0.0057	1.00	MUY BAJO
	8	8	B3	10	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.0007	0.0057	1.00	MUY BAJO
	9	9	B3	6	DESLIZA. LENTO	MEDIO	0.6								0.6	0.98	0.59	0.83	0.711	ALTO	5	1.00	0.5888	0.8342	6.00	MEDIO
	10	10	B1	1	DESLIZA. LENTO	ALTO	0.9								0.9	1.00	0.90	0.85	0.875	ALTO	5	1.00	0.8998	0.8498	1.00	MUY ALTO
	11	11	B1	4	DESLIZA. LENTO	ALTO	0.9								0.9	1.00	0.90	0.85	0.875	ALTO	5	1.00	0.8998	0.8498	4.00	MUY ALTO
	12	12	B2	4	DESLIZA. LENTO	MEDIO	0.6								0.6	0.98	0.59	0.83	0.711	ALTO	5	1.00	0.5888	0.8342	4.00	MEDIO
2	13	13	B3	7	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	14	14	B2	15	TERRENO ESTABLE	N	0.1	0.17	0.35	0.51	0.43	0.31	MEDIO	0.65	0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
3	15	15	B3	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.001	0.006	1.00	MUY BAJO
	16	16	B1	4	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.001	0.006	1.00	MUY BAJO
	17	17	B3	1	TERRENO ESTABLE	N	0.1	0.25	0.47	0.77	0.62	0.54	ALTO	0.85	0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.001	0.006	1.00	MUY BAJO
	18	18	B3	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.001	0.006	1.00	MUY BAJO
	19	19	B3	17	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.001	0.006	1.00	MUY BAJO
	20	20	B3	13	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.67	0.07	0.57	0.316	BAJO	1	0.01	0.001	0.006	1.00	MUY BAJO
4	21	21	B3	3	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	22	22	B3	4	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	23	23	B3	11	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	24	24	B2	13	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	25	25	B3	16	TERRENO ESTABLE	N	0.1	0.11	0.00	0.35	0.17	0.0000	MUY BAJO	0.25	0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	26	26	B2	1	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	27	27	B3	12	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	28	28	B2	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	29	26	B2	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	30	30	B3	7	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	31	31	B2	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	32	32	B2	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	33	39	B2	6	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	34	40	B3	4	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	35	41	B2	10	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	36	42	B2	10	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
	37	43	B2	6	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.19	0.02	0.05	0.033	MUY BAJO	1	0.01	0.000	0.000	1.00	MUY BAJO
5	38	33	B2	5	IMPACTO MEDIO	ALTO	0.9								0.9	0.95	0.86	0.24	0.549	MEDIO	2	0.56	0.481	0.134	1.00	MEDIO
	39	34	B2	18	IMPACTO MEDIO	ALTO	0.9	0.17	0.00	0.51	0.26	0.10	MUY BAJO	0.25	0.9	0.95	0.86	0.24	0.549	MEDIO	2	0.56	0.481	0.134	3.00	MEDIO
	40	35	B2	9	IMPACTO MEDIO	ALTO	0.9								0.9	0.95	0.86	0.24	0.549	MEDIO	2	0.56	0.481	0.134	2.00	MEDIO
	41	36	B2	3	IMPACTO MEDIO	ALTO	0.9								0.9	0.95	0.86	0.24	0.549	MEDIO	2	0.56	0.481	0.134	1.00	MEDIO
	42	37	B2	2	IMPACTO MEDIO	ALTO	0.9								0.9	0.95	0.86	0.24	0.549	MEDIO	2	0.56	0.481	0.134	1.00	MEDIO
	43	38	B2	4	IMPACTO MEDIO	ALTO	0.9								0.9	0.95	0.86	0.24	0.549	MEDIO	2	0.56	0.481	0.134	1.00	MEDIO
22	44	7	B2	4	TERRENO ESTABLE	N	0.1	0.00	0.70	0.00	0.35	0.21	MEDIO	0.65	0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
23	45	1	B2	5	IMPACTO MEDIO	ALTO	0.9								0.9	1.00	0.90	0.65	0.772	ALTO	2	0.56	0.502	0.363	2.00	MEDIO
	46	2	B2	2	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	47	3	B2	4	TERRENO ESTABLE	N	0.1	0.11	0.70	0.35	0.52	0.42	MEDIO	0.65	0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	48	4	B2	3	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	49	6	B3	4	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	50	7	B2	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	51	8	B3	3	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	52	9	B1	7	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	53	10	B1	4	DESLIZA. LENTO	ALTO	0.9								0.9	1.00	0.90	0.65	0.772	ALTO	4A	1.00	0.896	0.647	3.00	MUY ALTO
	54	11	B2	3	DESLIZA. LENTO	MEDIO	0.6								0.6	0.93	0.56	0.60	0.579	MEDIO	4A	1.00	0.556	0.602	2.00	MEDIO
	55	12	B2	6	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	56	13	B2	7	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
	57	14	B3	6	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.46	0.05	0.30	0.172	BAJO	1	0.01	0.000	0.003	1.00	MUY BAJO
24	58	2	B1	8	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.84	0.08	0.84	0.460	MEDIO	4A	1.00	0.084	0.836	7.00	MUY BAJO
	59	3	B2	10	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.84	0.08	0.84	0.460	MEDIO	1	0.01	0.001	0.008	1.00	MUY BAJO
	60	4	B1	5	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.84	0.08	0.84	0.460	MEDIO	1	0.01	0.001	0.008	1.00	MUY BAJO
	61	7	B3	4	DESLIZA. LENTO	MEDIO	0.6	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	MUY ALTO	1.00	0.6	1.00	0.60	1.00	0.798	ALTO	4B	1.00	0.599	0.998	4.00	MEDIO
	62	8	B2	6	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.84	0.08	0.84	0.460	MEDIO	3	0.59	0.049	0.489	3.00	MUY BAJO
	63	10	B1	6	DESLIZA. LENTO	ALTO	0.9								0.9	1.00	0.90	1.00	0.950	MUY ALTO	4B	1.00	0.900	1.000	6.00	MUY ALTO
	64	11	B3	10	TERRENO ESTABLE	N	0.1								0.1	0.84	0.08	0.84	0.460	MEDIO	1	0.01	0.001	0.008	1.00	MUY BAJO

NOTA: N quiere decir que debido a la solicitación, el predio NO PRESENTA ningún tipo de daño.

10 OBRAS Y PRESUPUESTO

10.1 OBRAS PROPUESTAS

A continuación se describen las diferentes obras que el consorcio consultor considera necesarias para estabilizar la ladera en estudio. Es importante destacar que la mayoría de ellas son de carácter hidráulico, pues el detonante del problema de inestabilidad del sector radica en el manejo inapropiado del agua, tanto la contenida en el subsuelo, como la empleada para el consumo humano.

Tal y como se mencionó en el capítulo 5, durante la etapa de diagnóstico se conceptualizaron los diversos tipos de obras que sería necesario ejecutar para estabilizar la masa en movimiento, tendientes a evacuar el agua de la zona.

10.1.1 Cunetas con filtro interceptor de los flujos provenientes de la parte alta.

Para interceptar los caudales provenientes de la parte alta oriental, proveniente de los aportes del fluviotorrencial, que pueden aumentar el problema del deslizamiento, se propone la construcción de cunetas utilizando el alineamiento de las cunetas existentes. Las cunetas serán de sección transversal triangular, tal como se indica en el plano de diseño, con entrega final al sistema de alcantarillado del barrio Los Alpes.

Las cunetas diseñadas son de tipo triangular, con pendiente 1:0.5 en la cara de aguas arriba y 1:1.5 en la cara aguas abajo, con un ancho de 1.0 m y profundidad cercana a 0.50 m, con filtro interceptor de altura variable, ubicado bajo la cuneta. Dentro de material filtrante se colocará tubería de drenaje PVC ranurada con un diámetro de 0.10 m (4”), según lo indicado en los planos; el material filtrante estará protegido por geotextil no tejido tipo PAVCO 1400 o similar.

La pendiente promedio de la cuneta será del 2.5%, con caídas de 1.0 m de altura, para ajustar a la topografía natural del terreno. Para el canal indicado en el plano serán necesarias 22 caídas. La entrega del canal se hará al sistema de alcantarillado del barrio Los Alpes por medio de una entrega por tubería de gres de ø0.20 m (8”) que inicia en una caja que recibe de la cuneta, como se muestra en el plano 10. El Consorcio consultor ha supuesto que el diseño del alcantarillado pluvial existente al que se propone la entrega de estas captaciones tomó en consideración los aportes de la cuenca y tiene capacidad suficiente; el diseño de una entrega diferente se sale del alcance de este estudio.

Debido a la topografía de la zona sur del área del estudio y por la existencia de viviendas, no se considera la construcción de cunetas interceptoras en este sector, y sólo se realizará la construcción de drenes subsuperficiales para captar posibles aguas

de infiltración. Adicionalmente, esta zona no presenta problemas de inestabilidad que justifiquen esta inversión.

10.1.2 Drenaje subsuperficial en espina de pescado.

Para interceptar la mayor cantidad de aguas proveniente de la parte alta, y que se desplaza subsuperficialmente, se propone la construcción de un drenaje en espina de pescado. Estos drenes se construirán procurando captar en el contacto entre la arcilla plástica en movimiento y el fluviotorrencial ubicado en el estrato inferior.

Los drenajes subsuperficiales constarán de tubería de drenaje ranurada PVC de ø0.10 m (4") con recubrimiento con geotextil no tejido tipo PAVCO 1400 o similar, en la parte inferior de un filtro de 1.00 m de altura. La entrega se realizará a las cunetas superficiales; en caso de que la entrega se haga a una altura mayor que el nivel de las cunetas, deberá protegerse adecuadamente el talud por medio de lechada de concreto en la zona en que se puede presentar el escurrimiento, o realizar la conducción por un conducto adecuado, que evite los problemas de estabilidad local en el talud.

Debido que los drenes se localizarán en el contacto entre los materiales, en la zona de cruce con la cuneta 2 (plano 09), se garantiza un profundidad cercana a los dos metros (plano 10 detalles), por lo tanto la cuneta irá por encima de los drenes. De esta manera, se recomienda realizar primero la construcción del sistema de subdrenajes.

10.1.3 Drenes horizontales perforados

Con el fin de aliviar los aportes subsuperficiales provenientes del depósito fluviotorrencial, se construirán unos drenes horizontales que pretenden interceptar y sacar a la superficie el agua infiltrada dese la parte alta de la ladera, y conducirla por las cunetas construidas hasta la red de drenaje ubicada hacia la parte baja de la zona.

10.1.4 Construcción el sistema de acueducto y alcantarillado para la zona en estudio.

Para el efecto, los sistemas deberán empotrarse en lo posible en la roca inferior, con el fin de reducir su vulnerabilidad. Las tuberías y las uniones deberán ser flexibles. Debe garantizarse que el nuevo sistema quede implantado en el material estable, con el propósito de impedir que él constituya aporte de aguas al movimiento, en caso de fallar por empujes causados por el mismo fenómeno que pretenden controlar. Como esta es una obra que se justifica por el saneamiento básico de la zona y el servicio que se presta, no se considera dentro de los costos de legalización del barrio para los efectos de este estudio. Además, en el evento alternativo de reubicación, estos servicios deben prestarse en los sitios destino.

10.1.5 Mejoramiento y reforestación de la parte superior del subsuelo de la zona de Amenaza No. 5.

En vista de las características del movimiento en esta zona (superficial y lento), de la topografía de la ladera y del grado de saturación de la misma, se recomienda:

- Sellar las grietas existentes con una mezcla de cemento-cal.
- Reconformar la superficie del terreno, renivelándola para darle una presentación continua, de acuerdo con la pendiente promedio de la ladera.
- Reforestar, para lo cual se sugiere emplear Sauces, los cuales ayudaran a mantener controlado y abatido el nivel freático en la zona.

Con esta medida se busca propender por la estabilidad del sector y limitar el proceso erosivo y la infiltración de agua de escorrentía superficial.

10.1.6 Arborización

Como medida adicional para el mejoramiento de la establidad de la zona en estudio se recomienda emprender una campaña de reforestación, en especial para las zonas con problemas de inestabilidad, como por ejemplo la zona morfodinámica 3A, en la cual los árboles cumplirán tanto la función de extracción del agua subsuperficial como de elementos protectores de la superficie del terreno a fin de evitar la erosión y formación de surcos y cárcavas.

El tipo de arboles recomendados, su distribución y ubicación dentro del área de estudio; así como las especificaciones al respecto se indican en el capítulo 12 y en el plano No. 11 del presente informe.

10.1.7 Obras arquitectónicas y paisajísticas

A fin de mejorar el entornó y ajustar las medidas ingenieriles propuestas, se desarrolló un diseño urbanístico y paisajístico del sector, el cual se describe en el capítulo 12 del presente documento.

Los planos 09 y 10 corresponden a los planos de construcción de las obras descritas en este numeral. En el plano 11 se presenta el diseño urbano – paisajístico.

10.1.8 Presupuesto

En el cuadro siguiente se detalla el presupuesto correspondiente a las obras diseñadas, sin incluir como ya se dijo, las obras de acueducto y alcantarillado.

Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	CUNETAS Y FILTROS INFERIORES				
1,1	EXCAVACIÓN (incluye demolición cuneta existente)	m3	599,3	8.621	5.166.134
2,1	RELLENO MATERIAL COMÚN	m3	105,8	21.893	2.315.185
2,1a	RELLENO MATERIAL FILTRANTE	m3	211,5	32.392	6.850.908
4,1	CONCRETO CUNETAS 210 kg/cm2	m3	84,6	274.762	23.244.865
5,1	ACERO DE REFUERZO (3/8" @ 25 cm)	Kg	2171,4	1.204	2.614.366
6,1	TUBERÍA DE DRENAJE 4" PVC	m	352,5	10.943	3.857.408
6,2	GEOTEXTIL Nt 1400 o similar	m2	1410,0	2.470	3.482.700
				SUBTOTAL	**47.531.565**
	SUBDRENAJES TIPO ESPINA DE PESCADO				
1,1	EXCAVACIÓN	m3	879,9	8.621	7.585.618
2,1	RELLENO MATERIAL COMÚN	m3	220,0	21.893	4.815.913
6,1	TUBERÍA DE DRENAJE 4" PVC recubierta en geotextil	m	628,5	10.943	6.877.676
6,2	GEOTEXTIL Nt 1400 o similar	m2	2514,0	2.470	6.209.580
2,1a	RELLENO MATERIAL FILTRANTE	m3	659,9	32.392	21.376.291
				SUBTOTAL	**46.865.077**
	DRENES HORIZONTALES				
6,3	DRENES HORIZONTALES 2" (5 cms) Incluye cañuela de entrega a cuneta	m	150,0	160.143	24.021.450
				SUBTOTAL	**24.021.450**
	CAJAS PARA CUNETA				
1,1	EXCAVACIÓN	m3	18,6	8.621	160.695
2,1	RELLENO MATERIAL COMÚN	m3	10,5	21.893	230.314
4,3	CONCRETO	m3	23,0	319.079	7.352.537
5,1	ACERO DE REFUERZO (1/2")	Kg	1360,6	1.204	1.638.138
				SUBTOTAL	**9.381.686**
	TUBERÍA DE 8" DE GRES				
1,1	EXCAVACIÓN	m3	22,5	8.621	193.973
2,2	RELLENO RECEBO COMPACTADO	m3	22,5	25.794	580.365
4,3	CONCRETO CIMENTACIÓN DE TUBERÍAS	m3	120	13.287	1.594.440
7,4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERÍA 8" (200mm)	m	30	23.355	700.650
	REFORESTACIÖN			**SUBTOTAL**	**3.069.428**
	SUMINISTRO Y SIEMBRA ÁRBOLES	Un	163,0	10.000	1.630.000
				SUBTOTAL	**1.630.000**
			TOTAL COSTO DIRECTO		**132.499.205**
			AIU (30%)		**39.749.761**
			IVA SOBRE UTILIDAD		**1.059.994**
			TOTAL		**173.308.960**

11 CONCLUSIONES

11.1 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

La zona objeto del presente estudio fue dividida en seis zonas de amenaza para las cuales se determinó el valor de la probabilidad de falla para un período de diseño de 20 años.

CUADRO No. 11.1 PROBABILIDADES DE FALLA PARA LAS ZONAS DE AMENAZA.

ZONA	PROBABILIDAD DE FALLA
1	0.010
2	0.560
3	0.585
4A	1.00
4B	1.00
5	1.00

Los valores anteriores indican la necesidad de acometer obras de ingeniería tendientes a garantizar la estabilidad en dichas zonas, las cuales fueron diseñadas por el consorcio consultor y se encuentran descritas en el capítulo 10.

11.2 TIPO DE INESTABILIDAD

El movimiento que se presenta en el barrio Nueva España es bastante antiguo, de carácter superficial y lento; sin embargo este no representa amenaza significativa para la comunidad que habita el sector en las condiciones actuales. De hecho, la tasa es lenta y el movimiento es de carácter esencialmente estacional, por lo cual su influencia sobre las construcciones actuales es muy escasa.

Se estableció que el efecto detonante del movimiento es básicamente el agua que se infiltra en el subsuelo. Por tanto las medidas tendientes a estabilizar la ladera se enfocan hacia la construcción de obras de manejo y conducción del agua en el sector.

Se identificó que el aporte de agua a la masa en movimiento tiene dos fuentes:

- La primera de ellas, es el agua que se escapa de las tuberías y mangueras provisionales instaladas artesanalmente por los vecinos del sector, lo mismo que de las aguas negras infiltradas, dado que no se cuenta con sistema de alcantarillado.

- La segunda se trata del agua lluvia, tanto de escorrentía causando erosión superficial y cárcavas, como la infiltrada a través del fluviotorrencial, la cual encuentra una barrera en el contacto del material granular con la arcillolita. Por este contacto discurre hasta aflorar a través del escarpe del costado oriental o circular en el suelo residual de la arcillolita provocando su ablandamiento.

11.3 NIVEL DE RIESGO

Según se deduce de los análisis efectuados en el capítulo 9, el nivel de riesgo se clasifica en muy bajo para la mayoría del área de estudio, con excepción de algunos sectores con nivel de riesgo medio.

Como resultado de este estudio se determina la necesidad de construir las redes de acueducto y alcantarillado, las cuales serían vulnerables al fenómeno de movimiento de masa ya descrito, a menos que se adoptaran medidas para mitigar el riesgo a que se verían expuestas, tales como: Por un lado, podrían construirse por debajo de la masa en movimiento, o sea a una profundidad mínima de 2.50 m, posibilidad que estaría limitada por las cotas de entrega que se definan durante el diseño de las redes, y no da solución efectiva para la vulnerabilidad de las acometidas y de otras estructuras como los pozos de inspección. La alternativa es estabilizar la masa en movimiento, drenándola; y una de las medidas es precisamente evitando el continuo vertido de aguas servidas y las fugas de agua con la construcción de las redes de servicio, requiriéndose además las obras que se mencionaron en el capítulo 10.

Esta determinación tendría que acompañarse de una definición de zonas de uso restringido de sectores aún no construidas, impidiendo por lo tanto nuevos asentamientos sobre las zonas de amenazas indicadas en el plano No. 7, el cual se anexa a este informe.

La otra posibilidad, si no se optara por la legalización, será la reubicación de todas las viviendas y sus habitantes, política que no podría sustentarse en el factor de riesgo, sino en la decisión de darle un uso totalmente restringido al sector, con lo cual no sería necesario efectuar inversión en servicios para los actuales habitantes. Sin embargo la reubicación conlleva un alto costo económico y social.

11.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La decisión de reubicar las viviendas afectadas, tendría que incluirlas a todas, pues sería la decisión de no instalar servicios. El número total de viviendas es de 64, las cuales se han clasificadas por el tipo y calidad de la construcción. Éstas se evalúan con base en el valor de la construcción, así:

TIPO	Cantidad	Vr. Estimado	Vr. Parcial
B1	8	2.000.000	16.000.000
B2	35	3.000.000	105.000.000
B3	21	5.000.000	105.000.000
Total	64		226.000.000

Al no haber considerado el valor del lote, la alternativa económicamente más favorable es ejecutar las obras de mitigación planteadas y legalizar el barrio.

Los consultores recomiendan a la UPES que se realicen las gestiones conducentes a la legalización del barrio, la construcción de las obras de mitigación planteadas en este capítulo, y la implantación de los diseños conceptuales de obras de paisajismo y urbanismo que se describen en el capítulo 12.

12 URBANISMO Y PAISAJISMO

El sector de Nueva España se localiza al suroriente de Bogotá, arriba de la carretera a Oriente. Se trata de una amplia zona verde en terreno inclinado con algunas viviendas agrupadas en dos manzanas al sur, aún con lotes sin construir, una hilera con doce casas en su costado norte distribuidas a lo largo de la pendiente; y una serie de viviendas aisladas ubicadas en su parte alta.

Cuenta en la actualidad con una cancha deportiva, que aunque no cuenta con las medidas reglamentarias del I.D.R.D., está correctamente orientada y es muy utilizada por los vecinos del lugar. Además hay unos juegos para niños en muy mal estado. Al suroccidente existe un cerro relativamente alto, sobre el cual hay otros juegos de niños. Se accede al sitio por un carreteable que se desdibuja al llegar a la zona de la cancha.

La propuesta urbanística y de paisajismo diseñada para el sitio Nueva España busca fundamentalmente, la delimitación y amoblamiento de los espacios públicos, la consolidación del parque que allí existe y la siembra de árboles apropiados. Las acciones propuestas conforman en el sitio un parque dotado con mobiliario, juegos, senderos peatonales, accesos y ambientes verdes, para que sea atractivo a los habitantes de los barrios vecinos y se convierta en punto de encuentro y recreación. La importancia de intervenir en esta zona, aún sin urbanizar, radica en la conservación de espacios libres verdes como propiedad comunal: un pulmón en medio de estos barrios tan densamente ocupados.

Para tales fines se propone la construcción de la calzada que en este momento está apenas trazada, circuito que rodea la zona deportiva de la cancha y los juegos de niños. Aquí la calzada tiene 3 metros; su ancho será de 6 metros, más los respectivos andenes, de 1.5 metros, a lado y lado. Dicha vía remata en 5 metros de ancho, pero se complementa con una bahía de estacionamiento al occidente, la cual busca evitar la interrupción del paso vehicular, en caso que algún vehículo quiera estacionarse sobre la vía.

En la zona deportiva mencionada arriba se plantea el amoblamiento y mejoramiento de la cancha y los juegos de niños existentes. A la cancha de basketball adosamos graderías, luminarias y canecas. Con igual mobiliario cuenta la zona para recreación infantil; los nuevos juegos están encerrados con una banca corrida circular, la cual no solamente protege a los niños, les da seguridad, sino que allí se pueden sentar los acompañantes de los niños. La manzana que contiene estas instalaciones deberá ser rodeada de bolardos de concreto, junto al sardinel cada dos metros, siguiendo las especificaciones del decreto 170 de 1999, sobre mobiliario para Bogotá.

Al tiempo se trazan senderos peatonales en los caminos que los habitantes del lugar suelen usar, siguiendo el trazado de las cunetas existentes y propuestas. Caminos que no sólo integran el sitio con los barrios vecinos, sino que lo convierten en un parque

local para beneficio de la comunidad cercana. Estos senderos se desarrollan, en su mayoría, con escalinatas o rampas escalonadas, de acuerdo a la topografía del lugar, y ocasionalmente presentan terrazas y estructuras especiales, como un escenario o pequeño auditorio al aire libre con una gradería natural en la esquina nororiental del sitio, o un mirador, en el cerro suroccidental, donde también se readecuarán los juegos infantiles usados ahora por los niños del barrio.

Toda la red peatonal, y en general el parque, es amoblada con bancas, luminarias y canecas, según los diseños y especificaciones reglamentadas por el Taller del Espacio Público, del Departamento Administrativo de Planeación Distrital (Decreto 170 del 17 de marzo de 1999).

Finalmente se diseñó un andén tangente a las 12 casas del costado norte del sector. Frente a las cinco primeras casas de arriba, el andén se encuentra separado del paramento por un talud inclinado de 3.5 metros, sembrado de pasto kikuyo y sobre el cual se construirá las escaleras de acceso a cada vivienda. Este talud debe conservar la inclinación del terreno para evitar que se convierta en antejardín de los predios y luego sea construido. En las restantes siete casa la distribución del andén cambia; la razón es que en ellas el acceso a las casas se encuentra a nivel con el parque, por lo cual en ellas no existe la necesidad de subir a la casa por un talud. Por tal razón aquí el anden público se desarrolla adjunto a los paramentos, y el desnivel del terreno (14 metros) se sube con 17 tramos de escaleras, cada uno con seis escalones (huella: 30 cms./ contrahuella: 17 cms). Solamente en los dos puntos en que las curvas de nivel indican una mayor pendiente en corta distancia, los tramos se agrupan con giro en diagonal, alrededor de una jardinera, para salvar la pendiente. En los descansos entre tramos se puede acceder a las viviendas o pasar directamente a la zona verde.

Para la arborización del sector se usaron once especies, todas autorizadas por el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. El Pino romerón (P) es sembrado como reforestador en la parte alta, sin ocupar. Es un árbol de alto porte, recomendado para este tipo de necesidad por el Jardín Botánico. Si se quisiera reemplazarlo por un Eucalipto, este tendría que ser el Eucalipto pomarroso (Eucalyptus ficifolia), sin embargo dimos preferencia al Pino romerón porque el sitio presenta cierto grado de humedad que permite su crecimiento. El Eucalipto pomarroso presta un mejor servicio en zonas más secas.

Uno de los principales fines de la arborización consiste en la ocupación de los terrenos con árboles que serán obstáculos para quien pretenda construir su vivienda en estas zonas públicas. Es así como en varias partes de Nueva España, los Arrayanes (Arr), las Eugenias (Eu), los Sietecueros (St), los Hollys (Hll) o los Saucos (Sco) cumplen este importante papel. Además de ello, son especies resistentes y decorativas que conforman ambientes agradables, y recuperan la vocación peatonal del lugar. Los árboles escogidos en general se caracterizan por tener un solo tronco y su follaje empieza a unos dos metros de altura, de tal manera que permite la visibilidad y por tanto la seguridad.

Resaltamos el papel que juegan los Sauces (Sce) en la zona verde de abajo, la cual presenta un mayor problema de inestabilidad, en gran parte por filtración de aguas. El

Sauce se desarrolla muy bien en estos terrenos y pueden ayudar a su estabilidad. Los Coronos (Co), sembrados sobre la falda del cerro suroccidental, ayudarán a amarrar con sus raíces el terreno que en este momento se está erosionando. Las Eugenias y los Alcaparros (Alc), sembrados alrededor de la zona deportiva, buscan servir de protección a estas actividades, aislándolas del tráfico vehicular.

Para terminar diremos que la elección de las especies y su disposición, fueron consultadas y aprobadas por el Jardín Botánico de Bogotá, pues se rigen al decreto 984 de 1998 y a los “Lineamientos básicos para el diseño, la plantación y el mantenimiento de la arborización urbana" (Versión preliminar, abril de 1999) elaborados por el Jardín Botánico.

Aunque los árboles han sido dibujados en el plano de diseño con los diámetros que cada especie puede alcanzar en las condiciones de Nueva España, los árboles deben sembrarse con mínimo 1.5 metros de altura para garantizar su sobrevivencia al medio y al vandalismo. Al momento de la siembra, entonces, debe tenerse en cuenta la distancia entre fustes (o tallos).

13 BIBLIOGRAFÍA

- INGEOCIM LTDA, **Zonificación de riesgo por inestabilidad del terreno para diferentes localidades de Bogotá, localidad de San Cristóbal**, UPES FOPAE, Santafé de Bogotá D.C., 1998.

- INGEOCIM LTDA, **Estudios y diseños de estabilidad geotécnica, control de erosión y manejo de aguas para la estabilidad de taludes – Diagnostico Los Alpes**. UPES FOPAE, Santafé de Bogotá D.C., 1998.

- INGEOCIM LTDA, **Estudios y diseños de estabilidad geotécnica, control de erosión y manejo de aguas para la estabilidad de taludes – Informe Final Los Alpes**. UPES FOPAE, Santafé de Bogotá D.C., 1998.

- AMBIENTEC LTDA, **Estudios y diseños en la zona de la conducción La Regadera – Vitelma, informe final**, anexo No. 2, Los Alpes. E.A.A.B., Santafé de Bogotá D.C., Mayo de 1988.

- HIDROSAN LTDA, **Evaluación geotécnica y de la condición de riesgo del corredor en donde se desplanta la tubería de conducción La Regadera – Vitelma**. E.A.A.B., Santafé de Bogotá D.C., abril de 1996.

- Planos de loteo de los barrios Nueva España y Los Alpes-Futuro, facilitados por las juntas de acción comunal de los barrios mencionados.

- WINTERKON H. , FANG H., **Foundation Engineering Handbook, Litton Education** Publishing inc, U.S.A. 1975

- SOLER Fabio, GONZALEZ Alvaro, VESGA Luis. **Metodología para el Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa de Santafé de Bogotá. Bogotá-Colombia.**

- BOWLES Joseph, **Propiedades Geofísicas de los Materiales**, Ediciones Lerner Ltda, Bogotá-Colombia, 1982

- CHOW, VEN TE, **Open-Channel Hydraulics**, 1960.

- IRH LTDA., **Caracterización de tormentas de la Sabana de Bogotá**, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 1993.

- HENDERSON, F. M., **Open Channel Flow**, Fourth Printing, 1966.
- BUREAU OF RECLAMATION, United States Departament of the Interior, **Design of Small Canal Structures**, 1974.

CONTENIDO

1 GENERALIDADES

1.1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

1.3.1 Marco General
1.3.2 Análisis de Elementos Intrínsecos de Susceptibilidad de Inestabilidad
1.3.3 Identificación de Zonas Inestables
1.3.4 Evaluación de Agentes Detonantes
1.3.5 Caracterización Geotécnica de los Materiales
1.3.6 Evaluación de Estabilidad
1.3.7 Análisis y Zonificación de Amenaza
1.3.8 Análisis de Vulnerabilidad
1.3.9 Evaluación de Riesgo
1.3.10 Número de Personas Afectadas
1.3.11 Calificación Y Planteamiento De Medidas De Mitigación
1.3.12 Estudio de Rehabilitación
1.3.13 Informe y Planos

1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3 GEOLOGÍA

3.1 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS REGIONALES

3.1.1 Estratigrafía del sector.
3.1.2 Rasgos estructurales.

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DETALLADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.2.1 Introducción.
3.2.2 Rasgos Litológicos.
3.2.3 Rasgos estructurales locales.

3.3 MODELO HIDROGEOLOGICO

3.3.1 Clasificación de los materiales.
3.3.2 Area de recarga.

4 ZONIFICACION MORFODINAMICA

4.1 ZONA 1A.

4.2 ZONA 1B.

4.3 ZONA 2.

4.4 ZONA 3A.

4.5 ZONA 3B.

4.6 ZONA 4.

4.7 ZONA 5.

5 HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

5.1 INTRODUCCIÓN

5.2 DIAGNÓSTICO Y CONCEPTUALIZACIÓN DE SOLUCIONES

5.3 INFORMACIÓN BÁSICA

6 ANÁLISIS DE SISMICIDAD Y AMENAZA SÍSMICA

6.1 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL ANALISIS DE AMENAZA

6.2 METODOLOGIA DEL ESTUDIO DE AMENAZA SISMICA

6.3 SISMOLOGÍA
6.3.1 Recopilación de Información
6.3.2 Sismicidad

6.4 EVALUACION DE LA AMENAZA SISMICA
6.4.1 Recurrencia de Magnitudes
6.4.2 Evaluación de Amenaza Sísmica para el sitio

7 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y DESCRIPCIÓN GEOMECÁNICA DE LOS MATERIALES

8 EVALUACIÓN DE AMENAZA

8.1 CONDICIONES DE ANÁLISIS
8.1.1 Retrocálculo
8.1.2 Datos para el Análisis

8.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

8.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS
8.2.1 Zona 1

8.2.2 Zona 2
8.2.3 Zona 3ç
8.2.4 Zonas 4A Y 4B
8.2.5 Zona 5

8.3 PROBABILIDADES DE FALLA PARA LAS ZONAS DE AMENAZA

8.4 DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE AMENAZA

9 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

9.1 INTRODUCCIÓN

9.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

9.3 ANÁLISIS DE RIESGO

10 OBRAS Y PRESUPUESTO

10.1 OBRAS PROPUESTAS
10.1.1 Cunetas con filtro interceptor de los flujos provenientes de la parte alta.
10.1.2 Drenaje subsuperficial en espina de pescado.
10.1.3 Drenes horizontales perforados
10.1.4 Construcción el sistema de acueducto y alcantarillado para la zona en estudio.
10.1.5 Mejoramiento y reforestación de la parte superior del subsuelo de la zona de Amenaza No. 5.
10.1.6 Arborización
10.1.7 Obras arquitectónicas y paisajísticas
10.1.8 Presupuesto

11 CONCLUSIONES

11.1 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

11.2 TIPO DE INESTABILIDAD

11.3 NIVEL DE RIESGO

11.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

12 URBANISMO Y PAISAJISMO

13 BIBLIOGRAFÍA

CUADROS Y TABLAS

CUADRO NO. 1. PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LOS MATERIALES DE LA ZONA

CUADRO NO. 2. PROBABILIDADES DE FALLA PARA LAS ZONAS DE AMENAZA.

CUADRO NO. 1.1 TIPOLOGÍA DE VIVIENDA

CUADRO NO. 1.2 MATRIZ CUALITATIVA DE DAÑOS EN VIVIENDAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, PARA EL CASO DE DESLIZAMIENTOS.

CUADRO NO. 1.3 NIVELES DE DAÑO Y VALIORES DEL IVF ADOPTADOS PARA EL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR INESTABILIDAD DEL TERRENO PARA DIFERENTES LOCALIDADES DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ, INGEOCIM LTDA (1998)

CUADRO NO. 1.4 VARIABLES EMPLEADAS EN LA DETERMINACIÓN DEL IGC.

CUADRO NO. 1.5 VARIABLES POR INDICES PARA DETERMINAR EL IGC.

CUADRO NO. 1.6 CATEGORÍAS DEL IGC SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR INESTABILIDAD DEL TERRENO PARA DIFERENTES LOCALIDADES DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ, INGEOCIM LTDA (1998)

CUADRO NO. 1.7 VALOR DEL IVS PARA DIFENTENTES CATEGORIAS DEL IGC

CUADRO NO. 1.8 CATEGORIAS DE LA VULNERABILIDAD

CUADRO NO. 1.9 VARIABLES E ÍNDICES DE RIESGO

CUADRO NO. 1.10 CATEGORIAS DEL RIESGO

CUADRO NO. 5.1. CAUDALES DE DIFERENTES PERÍODOS DE FRECUENCIA ESTIMADOS PARA LA ZONA DEL ESTUDIO. PROYECTO BARRIO NUEVA ESPAÑA, FOPAE-UPES (CONSORCIO CIVILES LTDA.-HIDROCONSULTA LTDA.), 1999.

CUADRO NO. 7.1. PERFIL PROMEDIO, PARTE ALTA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

CUADRO NO. 7.2. PERFIL PROMEDIO, PARTE BAJA DE LA ZONA DE ESTUDIO

CUADRO NO. 7.3. LECTURAS EN LOS PIEZÓMETROS YA INSTALADOS.

TABLA 7.1. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

CUADRO NO 8.1. PARÁMETROS DE RESISTENCIA INICIALES DE ANÁLISIS

CUADRO NO 8.2. PARÁMETROS DE RESISTENCIA PARA ANÁLISIS DE LAS ZONAS 5 Y 4A-4B.

CUADRO NO 8.3. PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE ANÁLISIS PARA LAS ZONAS 2 Y 3

CUADRO NO. 8.4 PROBABILIDAD DE FALLA ZONA 2

CUADRO NO. 8.5 FACTORES DE SEGURIDAD Y PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA ZONA 3.

CUADRO NO. 8.6 PROBABILIDAD DE FALLA ZONAS 4A Y 4B

CUADRO NO. 8.7 PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA SUPERFICIE DE FALLA 1

CUADRO NO. 8.8 PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA SUPERFICIE DE FALLA 2

CUADRO NO. 8.9 PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA SUPERFICIE DE FALLA 3

CUADRO NO. 8.10 PROBABILIDAD DE FALLA PARA LA SUPERFICIE DE FALLA 4

CUADRO NO. 8.11 PROBABILIDADES DE FALLA PARA LAS ZONAS DE AMENAZA.

CUADRO 9.1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

CUADRO NO. 11.1 PROBABILIDADES DE FALLA PARA LAS ZONAS DE AMENAZA.

FIGURAS Y GRÁFICAS

FIGURA NO. 1.1. ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO
GRÁFICA NO. 1.1. CÁLCULO DEL IVD DADOS IVF E IVS, CON UN COEFICIENTE DE IMPORTANCIA DE LA VARIABLE IVS DE 0.8
FIGURA 4.1. FOTOINTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
FIGURA NO. 5.1. FUNCIONES IDF EMPLEADAS EN EL CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO. PROYECTO BARRIO NUEVA ESPAÑA, FOPAE-UPES (CONSORCIO CIVILES LTDA.-HIDROCONSULTA LTDA.), 1999.
GRÁFICA 7.1. PERFIL DE RESISTENCIA
GRÁFICA 7.2. CARTA DE PLASTICIDAD
GRÁFICA 8.1. PERFIL ZONA 2
GRÁFICA 8.2. PERFIL ZONA 3.
GRÁFICA 8.3. PERFIL ZONA 4A
GRÁFICA 8.4. PERFIL ZONA 5.
GRÁFICA 8.5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE PRODUCEN LA FALLA DEL MATERIAL RESIDUAL.
GRÁFICA 8.6. C VS ϕ PARA FS=1.0
GRÁFICA NO. 8.7. DISTANCIA DE VIAJE PARA EL MATERIAL QUE SE DESLIZARÍA EN LA ZONA 2.
GRÁFICA NO. 8.6. DISTANCIA DE VIAJE PARA EL MATERIAL QUE SE DESLIZARÍA EN LA ZONA 3.

ANEXOS

ANEXO 1. **ANEXO FOTOGRÁFICO**

ANEXO 2. **PERFILES GEOTÉCNICOS**

ANEXO 3. **RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO**

ANEXO 4. **GRÁFICAS DE RECURRENCIA**

ANEXO 5. **LISTADOS DEL PROGRAMA PCSTABLE**

ANEXO 6. **CARTERAS LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

ANEXO 7. **MEMORIAS DE CÁLCULOS**

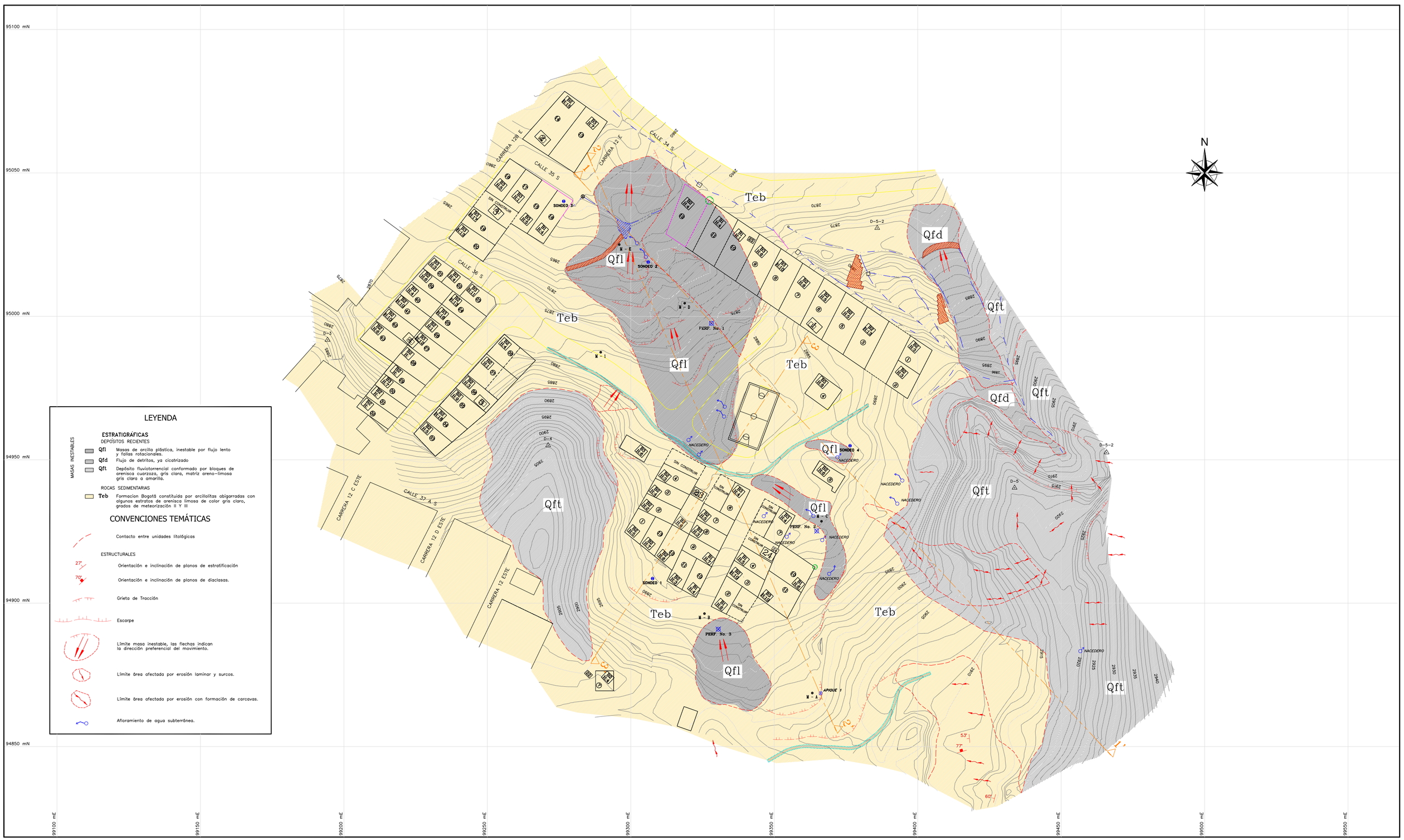
ANEXO 8. **PRESUPUESTO DE OBRAS**

ANEXO 9. **FORMULARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICACIONES POR DESLIZAMIENTO**

ANEXO 10. **PLANOS**

01- Plano Topográfico
02- Plano Geológico Local
02A Plano de Zonificación Morfodinámica
03- Plano Geológico Regional
04- Perfil Geológico Sección 1-1´
05- Perfil Geológico Sección 2-2´
06- Perfil Geológico Sección 3-3´
07- Plano de Zonificación por Amenaza
08- Plano de Zonificación por Riesgo
09- Localización Obras Hidráulicas
10- Plano de Construcción de Obras Hidráulicas
11- Diseño Urbanístico y Paisajístico


CD325A
CD324A
C3
PUNTOS DE CONTROL CD's
ESCALA : 1:125000
N
W
E
S
M3
Calle 16
Quebrada
Quebrada
Calle
Calle
Calle



LEYENDA

ESTRATIGRÁFICAS

DEPÓSITOS RECIENTES

MASAS INESTABLES

- **Qfl** Masas de arcilla plástica, inestable por flujo lento y fallas rotacionales.
- **Qfd** Flujo de detritos, ya cicatrizado
- **Qft** Depósito fluviotorrencial conformado por bloques de arenisca cuarzoza, gris clara, matriz arena–limosa gris clara a amarilla.

ROCAS SEDIMENTARIAS

- **Teb** Formacion Bogotá constituida por arcillolitas abigarradas con algunos estratos de arenisca limosa de color gris claro, grados de meteorización II Y III

CONVENCIONES TEMÁTICAS

Contacto entre unidades litológicas

ESTRUCTURALES

- 27° Orientación e inclinación de planos de estratificación
- 70° Orientación e inclinación de planos de diaclasas.
- Grieta de Tracción
- Escarpe
- Límite masa inestable, las flechas indican la dirección preferencial del movimiento.
- Límite área afectada por erosión laminar y surcos.
- Límite área afectada por erosión con formación de carcavas.
- Afloramiento de agua subterránea.

CONVENCIONES

- ESTACIÓN TOPOGRÁFICA D-2
- PARAMENTO
- GAVIÓN
- CURVA DE NIVEL
- CUNETA
- CUNETA REVESTIDA
- SONDEO SONDEO 3
- APIQUE
- MOJÓN M - 1
- PERFORACIÓN
- NACEDERO
- PERFIL PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 2' 2'
- NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MANZANA 23
- NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO 8
- TIPO DE VIVIENDA B3 H:3
- HABITANTES EN LA VIVIENDA

NOTAS:
.

0 5 10 15 20 25 50 m
ESCALA 1:500

REV:	FECHA:	DESCRIPCION:	POR:	REV:	APROBO:
1	ABRIL/99				

CONSORCIO

CIVILES LTDA INGENIEROS CONSULTORES — HIDROCONSULTA

DIBUJO: A. MATIZ R.	PRESENTO: CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA.
REVISO: C. MOTTA	APROBO:
APROBO: A. DURAN	ANALISIS GEOTECNICOS LTDA.

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

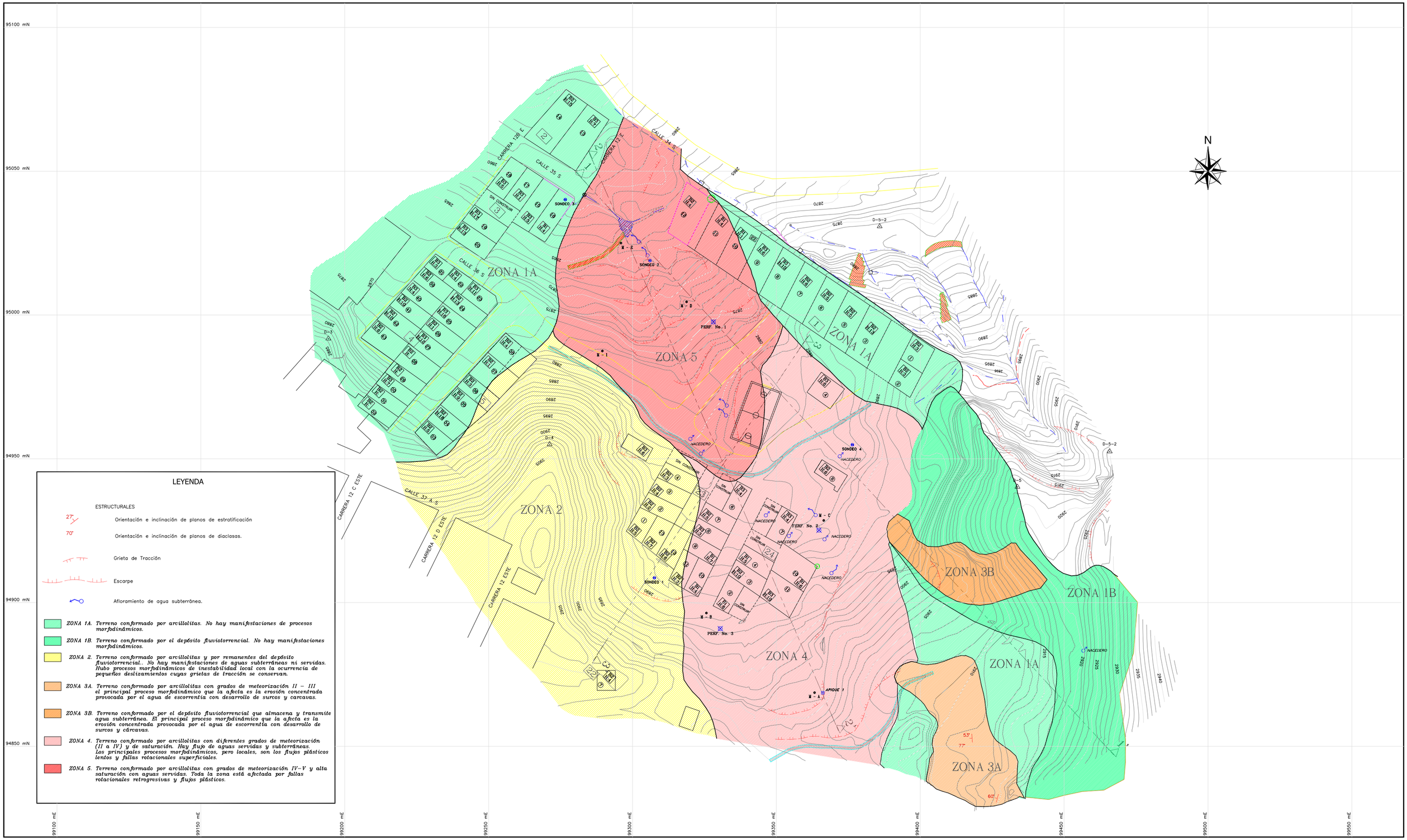
ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.

SECTOR BARRIOS NUEVA ESPAÑA–LOS ALPES FUTURO
LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

PLANO GEOLÓGICO LOCAL
PLANTA GENERAL

ESCALA:	FECHA:	REFERENCIA:	PLANO 02 DE: 11
1:500	ABRIL 1.999	G 1152–181/98	

PLOTED MAYO 03/99
ALP–GEO.DWG



CONVENCIONES

ESTACIÓN TOPOGRÁFICA D-2
PARAMENTO
GAVIÓN
CURVA DE NIVEL
CUNETA
CUNETA REVESTIDA
SONDEO
SONDEO 3
APIQUE
MOJÓN
M - 1
PERFORACIÓN
NACEDERO
PERFIL PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 2' 2'
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MANZANA 23
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO 8
TIPO DE VIVIENDA B3 H:3

FUENTE CARTOGRÁFICA IGAC: PLANCHAS L–50 (1981) Esc: 1.:2000
Restitución con fotografías aéreas de 1977
PLANCHAS L–60 (1983) Esc: 1.:2000
Restitución con fotografías aéreas de 1977

NOTAS : Los números que identifican tanto las manzanas como los predios fueron asignados por el consultor.

0 5 10 15 20 25 50 m
ESCALA 1:500

REV:	FECHA:	DESCRIPCION:	POR:	REV:	APROBO:
1	ABRIL/99				

CONSORCIO
CIVILES LTDA INGENIEROS CONSULTORES
HIDROCONSULTA

DIBUJO: A. MATIZ R.
REVISO: C. MOTTA
APROBO: A. DURAN
PRESENTO: CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA.
APROBO: ANALISIS GEOTECNICOS LTDA.

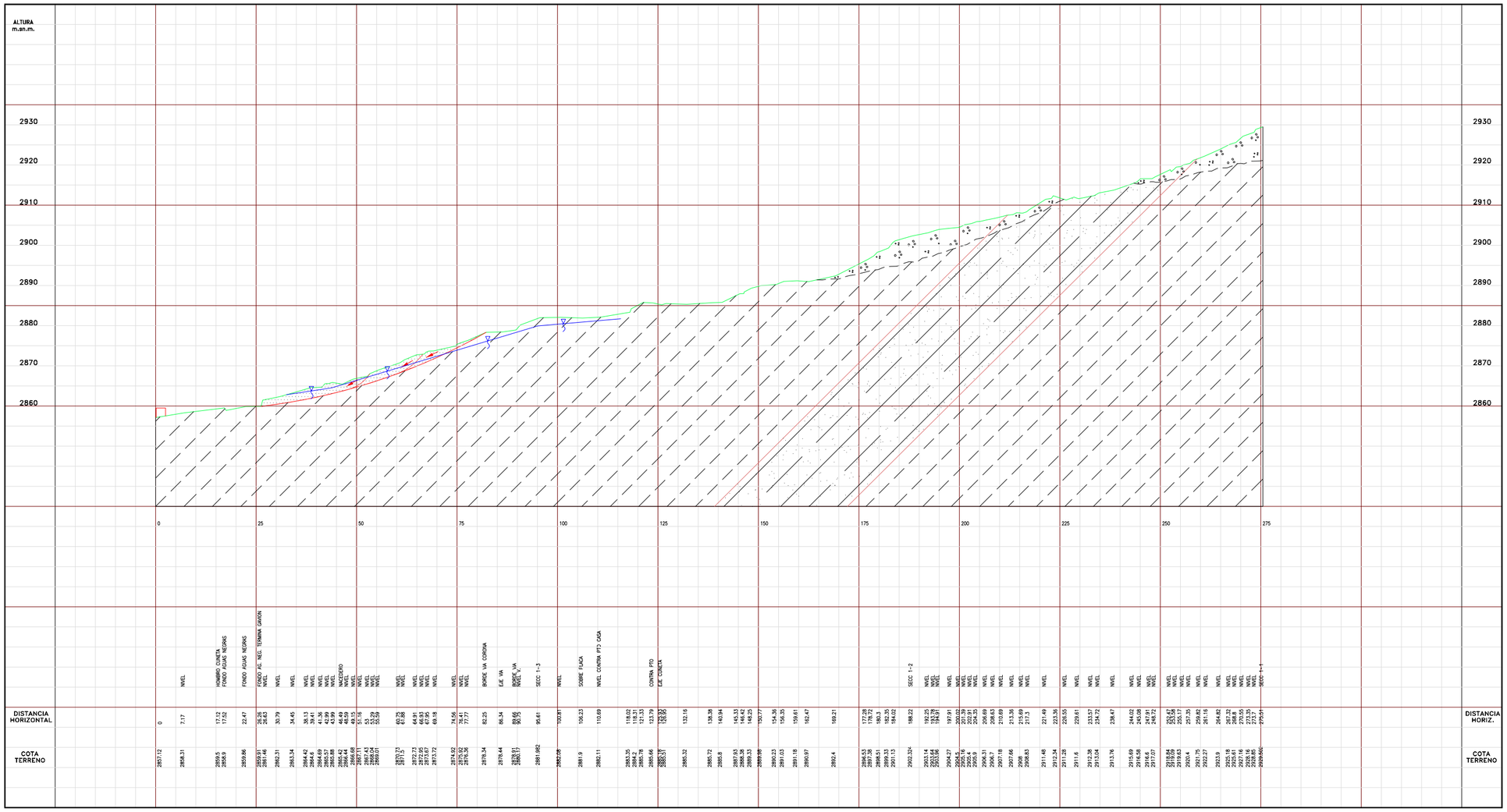
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.

SECTOR BARRIOS NUEVA ESPAÑA–LOS ALPES FUTURO
LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

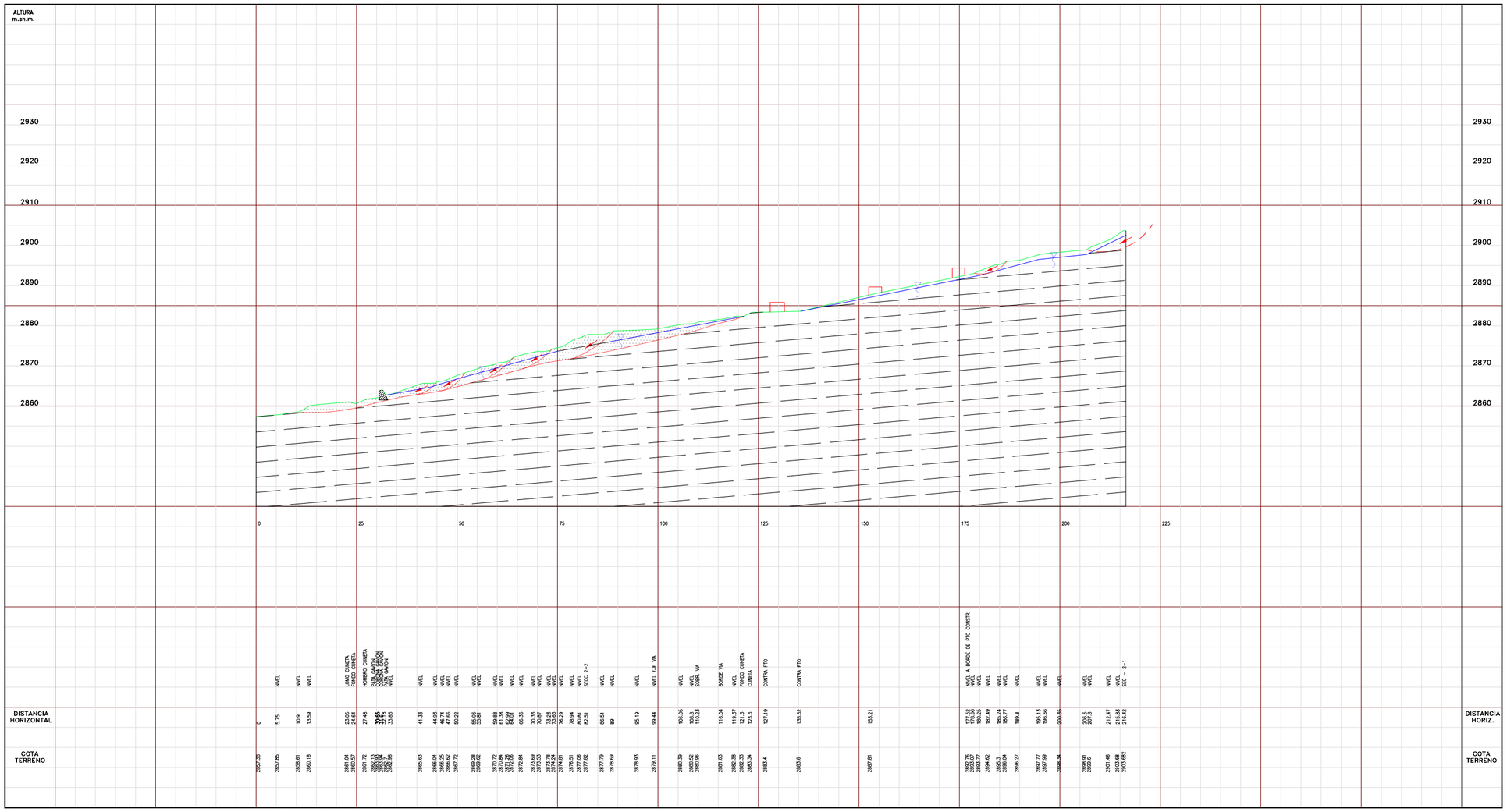
PLANO DE ZONIFICACIÓN MORFODINÁMICA
PLANTA GENERAL

ESCALA:	FECHA:	REFERENCIA:	PLANO 02A DE: 11
1:500	ABRIL 1.999	G 1152–181/98	

PLOTTED: MAYO 03/99
ALP–LAD.DWG


ALTURA m.sn.m.
2930
2920
2910
2900
2890
2880
2870
2860
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

| | | |



LEYENDA

Arcillolitas
γ_t =2.14 g/cm³
c =0.40 Kg/cm²
ϕ =27°

Material residual proveniente de la arcillolita
γ_t =1.93 g/cm³
c =0.002 Kg/cm²
ϕ =25°

NOTAS:
.

REV:	FECHA:	DESCRIPCION:	POR:	REV:	APROBO:
1	ABRIL/99				

CONSORCIO

CIVILES LTDA INGENIEROS CONSULTORES

HIDROCONSULTA

DIBUJO: A. MATIZ R.
REVISO: C. MOTTA
APROBO: A. DURAN

PRESENTO: CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA.
APROBO: ANALISIS GEOTECNICOS LTDA.

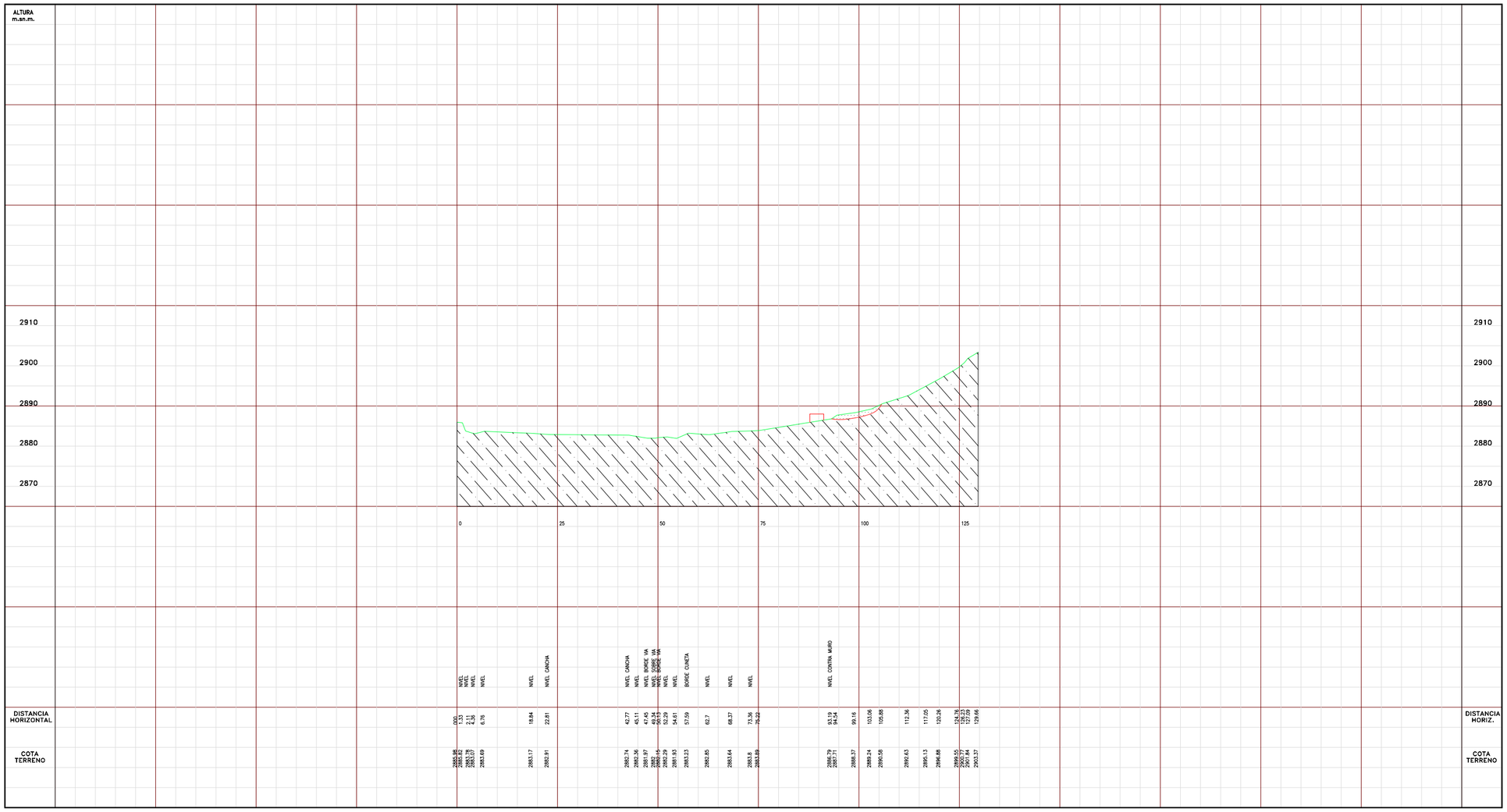
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.

SECTOR BARRIOS NUEVA ESPAÑA–LOS ALPES FUTURO
LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

PERFIL GEOLÓGICO SECCIÓN 2–2'

ESCALA:	FECHA:	REFERENCIA:	PLANO 05 DE: 11
H 1:500 V 1:500	ABRIL 1.999	G 1152–181/98	

PLOTTED: MAYO. 03/99
ALP–P02.DWG



LEYENDA

Arcillolitas
γ_1 =2.14 g/cm³
c =0.40 Kg/cm²
ϕ =27°

Material residual proveniente de la arcillolita
γ_1 =1.93 g/cm³
c =0.002 Kg/cm²
ϕ =25°

NOTAS:

REV:	FECHA:	DESCRIPCION:	POR:	REV:	APROBO:
1	ABRIL/99				

CONSORCIO

CIVILES LTDA INGENIEROS CONSULTORES

HIDROCONSULTA

DIBUJO: A. MATIZ R.
REVISO: C. MOTTA
APROBO: A. DURAN

PRESENTO: CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA.
APROBO: ANALISIS GEOTECNICOS LTDA.

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.

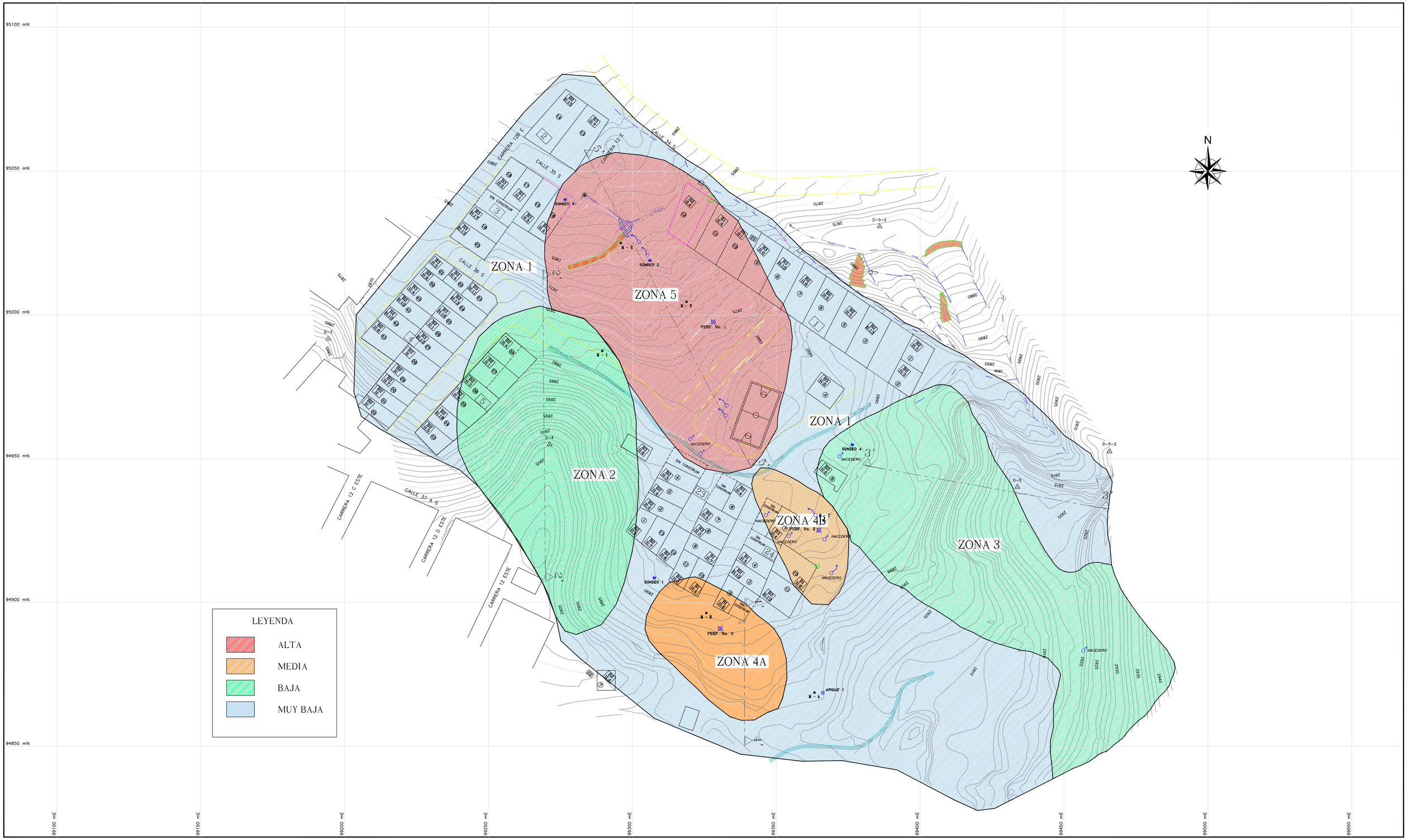
SECTOR BARRIOS NUEVA ESPAÑA–LOS ALPES FUTURO
LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

PERFIL GEOLÓGICO SECCIÓN 3–3'

ESCALA:	FECHA:	REFERENCIA:	PLANO 06 DE: 11
H 1:500 V 1:500	ABRIL 1.999	G 1152–181/98	

ALP–P03.DWG

PLOTEO MAYO 03/99



CONVENCIONES

ESTACIÓN TOPOGRÁFICA	D-2	CUNETA REVESTIDA	PERFIL PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 2' 2'
PARAMENTO		SONDEO	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MANZANA 23
GAVIÓN		APIQUE	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO 8
CURVA DE NIVEL		MOJÓN	TIPO DE VIVIENDA B3
CUNETA		PERFORACIÓN	HABITANTES EN LA VIVIENDA H:3
		NACEDERO	

NOTAS:
.

0 5 10 15 20 25 50 m
ESCALA 1:500

REV:	FECHA:	DESCRIPCION:	POR:	REV:	APROBO:
1	ABRIL/99				

CONSORCIO
CIVILES LTDA INGENIEROS CONSULTORES
HIDROCONSULTA

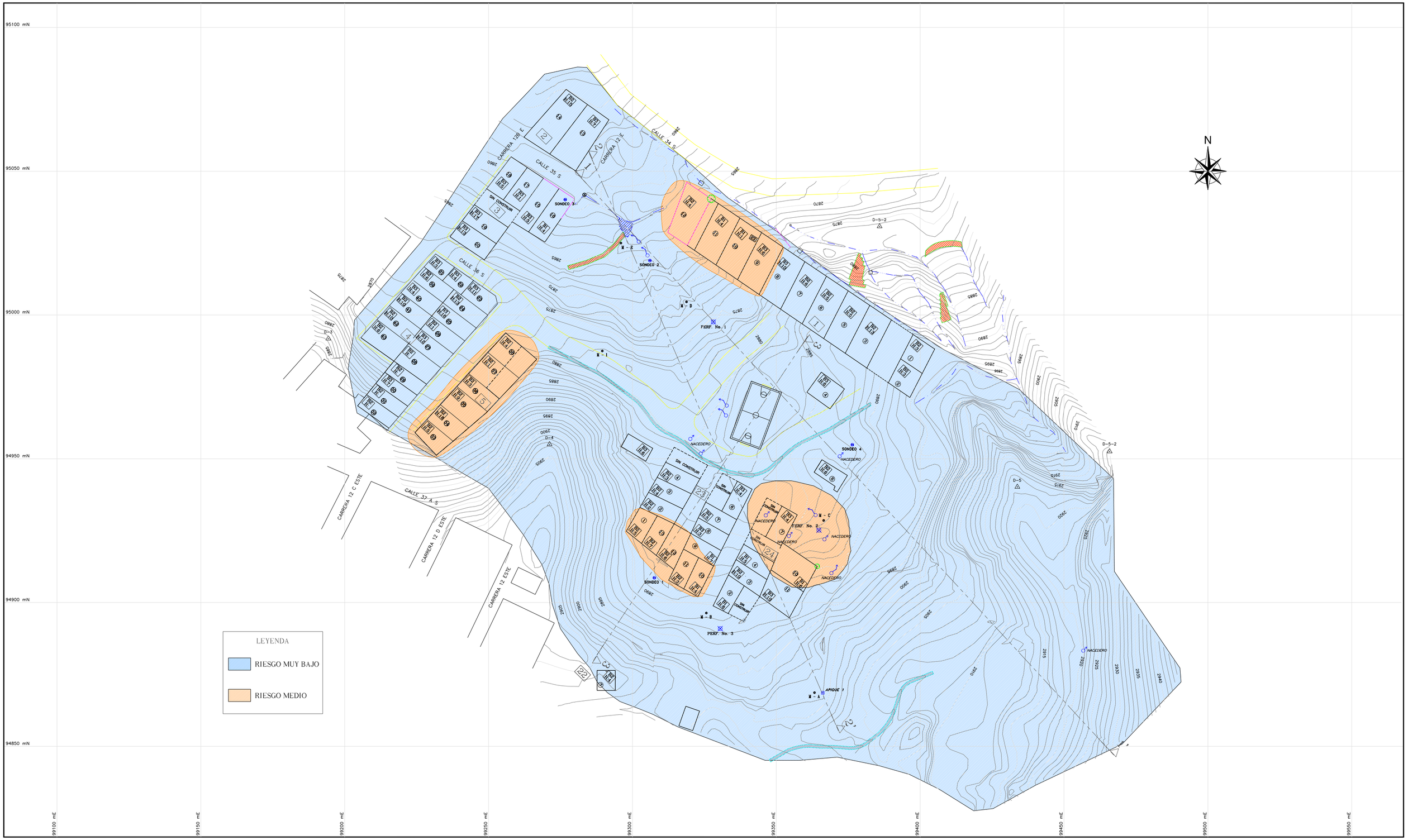
DIBUJO: A. MATIZ R.	PRESENTO: CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA.
REVISO: C. MOTTA	APROBO: ANALISIS GEOTECNICOS LTDA.
APROBO: A. DURAN	

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.
SECTOR BARRIOS NUEVA ESPAÑA–LOS ALPES FUTURO
LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

PLANO DE ZONIFICACIÓN POR AMENAZA
PLANTA GENERAL

ESCALA:	FECHA:	REFERENCIA:	PLANO 07 DE: 11
1:500	ABRIL 1.999	G 1152–181/98	

PLOTTED: MAYO 03/99
ALP–AMEN.DWG



CONVENCIONES

- ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
- PARAMENTO
- GAVIÓN
- CURVA DE NIVEL
- CUNETA
- CUNETA REVESTIDA
- SONDEO
- APIQUE
- MOJÓN
- PERFORACIÓN
- NACEDERO
- PERFIL PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
- NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MANZANA
- NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO
- TIPO DE VIVIENDA
- HABITANTES EN LA VIVIENDA

NOTAS:
.

0 5 10 15 20 25 50 m
ESCALA 1:500

REV:	FECHA:	DESCRIPCION:	POR:	REV:	APROBO:
1	ABRIL/99				

CONSORCIO

CIVILES LTDA INGENIEROS CONSULTORES

HIDROCONSULTA

DIBUJO: A. MATIZ R.	PRESENTO: CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA.
REVISO: C. MOTTA	APROBO:
APROBO: A. DURAN	ANALISIS GEOTECNICOS LTDA.

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.

SECTOR BARRIOS NUEVA ESPAÑA–LOS ALPES FUTURO
LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

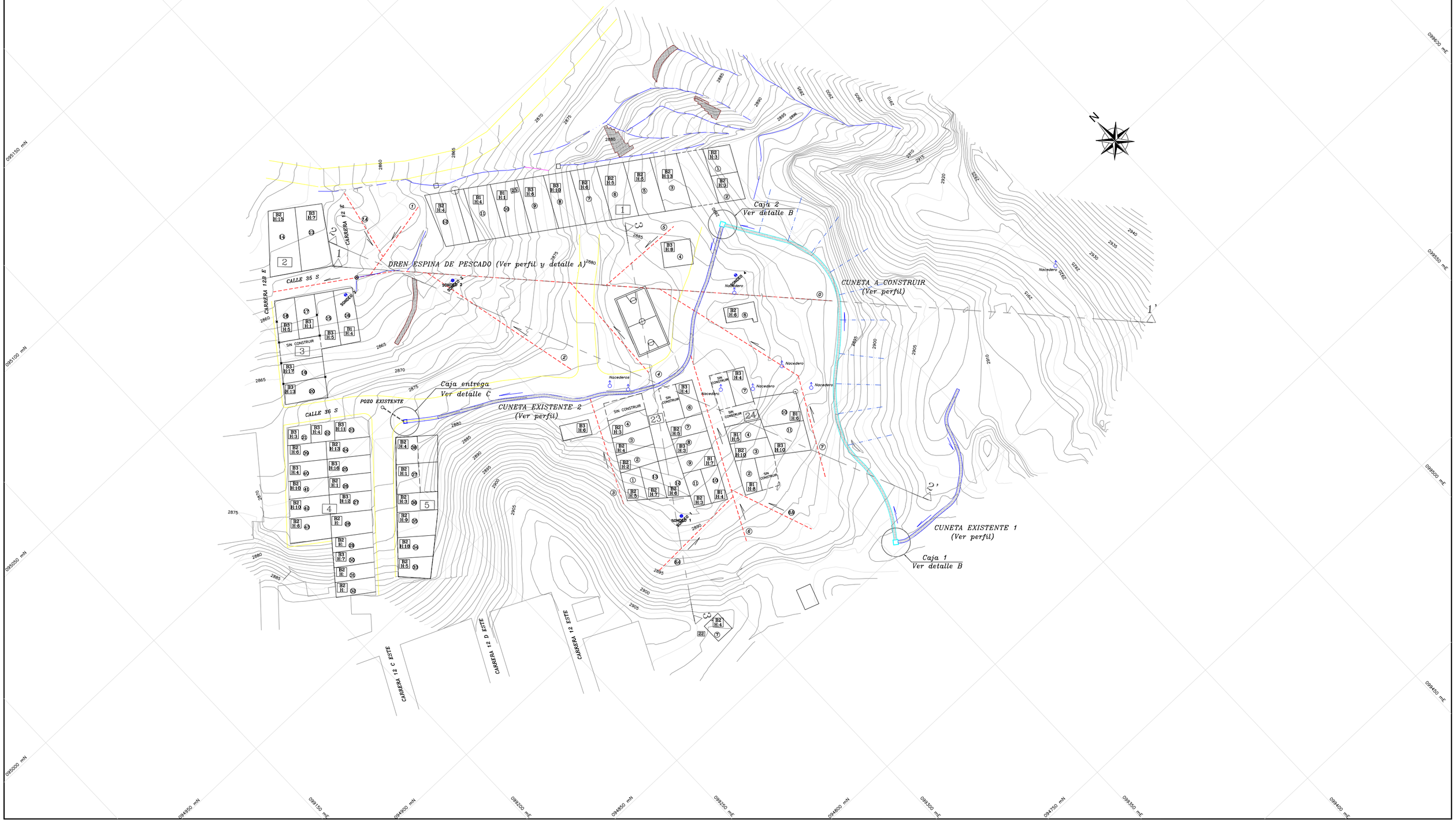
PLANO DE ZONIFICACIÓN POR RIESGO

PLANTA GENERAL

ESCALA:	FECHA:	REFERENCIA:	PLANO 08 DE: 11
1:500	ABRIL 1.999	G 1152–181/98	

PLOTEO MAYO 03/99

ALP–RIES.DWG



CONVENCIONES

ESTACIÓN TOPOGRÁFICA D-2
PARAMENTO
GAVIÓN
CURVA DE NIVEL
CUNETA
DREN ESPINA DE PESCADO
DREN HORIZONTAL PVC. 2" PERFORADO
CUNETA REVESTIDA
SONDEO SONDEO 3
APIQUE
MOJÓN M - 1
PERFORACIÓN
NACEDERO
SECCIÓN 1' 1'
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MANZANA 23
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO 8
TIPO DE VIVIENDA B3
HABITANTES EN LA VIVIENDA H:3

NOTAS:

VER DETALLES DE OBRAS HIDRÁULICAS Y PERFILES INDICADOS EN EL PLANO DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS (PLANO 10/11).

LAS CUNETAS DEBERÁN CONSTRUIRSE UTILIZANDO EL ALINEAMIENTO DE LAS EXISTENTES, Y ÉSTAS DEBERÁN REEMPLAZARSE EN SU TOTALIDAD.

0 5 10 15 20 25 50 m
ESCALA 1:500

REV:	FECHA:	DESCRIPCION:	POR:	REV:	APROBO:
1	ABRIL/99				

CONSORCIO

CIVILES LTDA INGENIEROS CONSULTORES

HIDROCONSULTA

DIBUJO: JAVIER G.	PRESENTO: CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA.
REVISO: C. MOTTA	APROBO:
APROBO: A. DURAN	ANALISIS GEOTECNICOS LTDA.

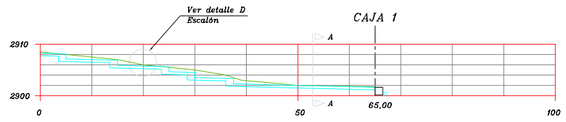
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.

SECTOR BARRIOS NUEVA ESPAÑA–LOS ALPES FUTURO
LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

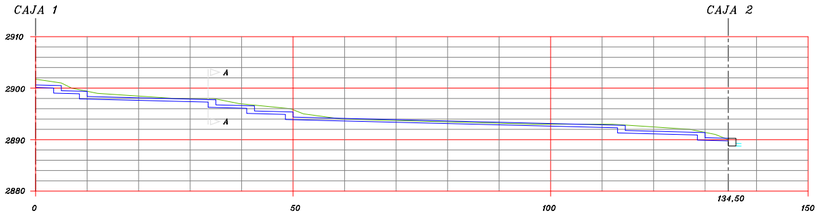
LOCALIZACIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS

ESCALA:	FECHA:	REFERENCIA:	PLANO 09 DE: 11
1:500	ABRIL 1.999	G 1152–181/98	

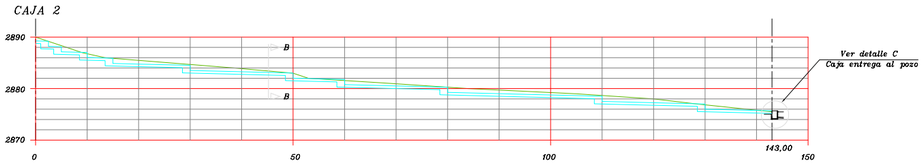
ALP–CH1.DWG
PLOTTED: MAYO 02/99



PERFIL CUNETA EXISTENTE 1
ESCALA 1:500



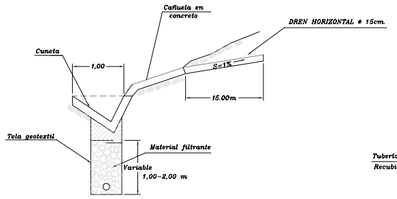
PERFIL CUNETA PROPUESTA
ESCALA 1:500



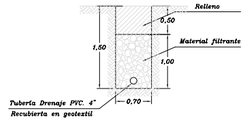
PERFIL CUNETA EXISTENTE 2
ESCALA 1:500

PERFILES DE CUNETAS

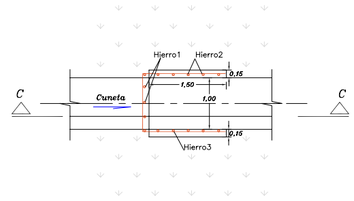
TERRENO
CUNETA EXISTENTE
CUNETA PROPUESTA



DETALLE DRENES HORIZONTALES
(Sin escala)

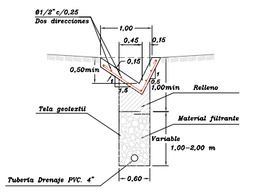


DETALLE E
DREN ESPINA DE PESCADO
Escala 1:50

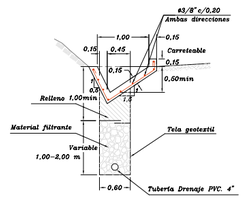


PLANTA

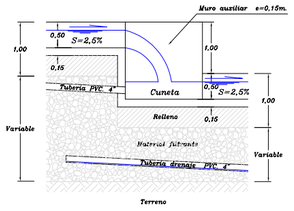
CUADRO DE HIERROS ESCALÓN EN CUNETA							
	Figuración	ø	L Corte	A	B	C	Cantidad
1	A B	1/2"	2.62	1.07	1.15		5
2	A C B	1/2"	4.25	1.55	1.15	1.55	6
3	A B C	3/8"	4.25	1.55	1.15	1.55	6



DETALLE CUNETAS
CORTE A–A
S = 2,5%
Escala 1:50

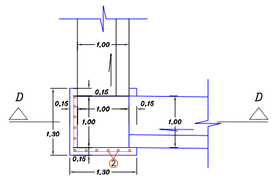


DETALLE CUNETAS
CORTE B–B
S = 2,5%
Escala 1:50

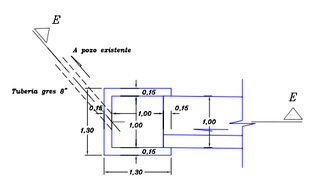


DETALLE D

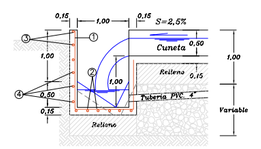
CORTE C–C
DETALLE ESCALÓN EN CUNETA
Escala 1:50



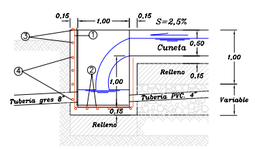
PLANTA



PLANTA



DETALLE B



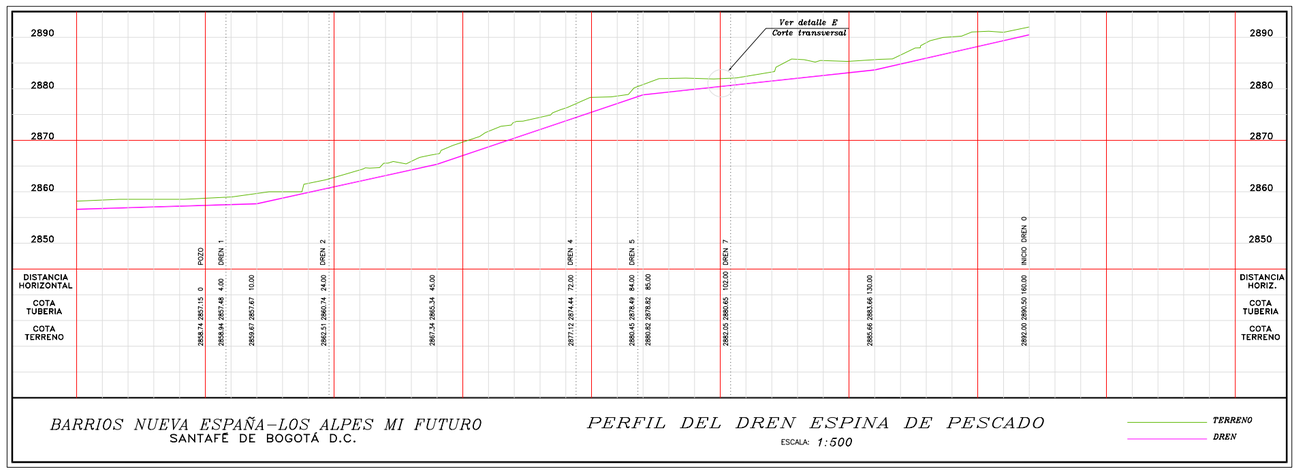
DETALLE C

CORTE D–D
DETALLE CAJA DE UNIÓN ENTRE CUNETAS
(acero de refuerzo)
Escala 1:50

CUADRO DE HIERROS CAJA DE UNIÓN							
	Figuración	ø	L Corte	A	B	C	Cantidad
1	A B C	1/2"	3.73	1.55	1.15	1.03	5
2	A B	1/2"	2.70	1.55	1.15	–	5
3	A B	3/8"	2.30	1.15	1.15	–	2
4	A B C	3/8"	3.30	1.15	1.15	1.0	4

CORTE E–E
DETALLE CAJA DE ENTREGA AL POZO
Escala 1:50

CUADRO DE HIERROS CAJA DE ENTREGA FINAL							
	Figuración	ø	L Corte	A	B	C	Cantidad
1	A B C	1/2"	3.73	1.55	1.15	1.03	5
2	A B C	1/2"	4.25	1.55	1.15	1.55	5
3	B A C	3/8"	3.45	1.15	1.15	1.15	2
4	B A A C	3/8"	4.60	1.15X2	1.15	1.15	4



BARRIOS NUEVA ESPAÑA–LOS ALPES MI FUTURO
SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.

PERFIL DEL DREN ESPINA DE PESCADO
ESCALA: 1:500

NOTAS:
.

CONSORCIO
CIVILES LTDA
INGENIEROS CONSULTORES
HIDROCONSULTA

DIBUJO: JAVIER G.				PRESENTO: CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA.	
REVISO: C. MOTTA				APROBO: ANALISIS GEOTECNICOS LTDA.	
APROBO: A. DURAN					
REV: 1	FECHA: ABRIL/99	DESCRIPCION:	POR:	REV:	APROBO:

FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.

SECTOR BARRIOS NUEVA ESPAÑA–LOS ALPES FUTURO
LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL

PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS
PERFILES Y DETALLES

ESCALA:	FECHA:	REFERENCIA:	PLANO 10 DE: 11
INDICADA	ABRIL 1.999	G 1152–181/98	

ALCEO MAYO 03/99
ALP–DH2.DWG