

Fotografía No. 10



Descripción:

Afloramiento del miembro Organos en el sector Oriental de la Finca Betania.

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 34 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Descripción:

A continuación se presenta la columna estratigráfica típica de la zona de estudio de acuerdo a la información obtenida en los afloramientos localizados en la zona de estudio y los sondeos realizados en otros estudios.

| Formación | Espesor (m) | Descripción |
|---------------------|--------------------|---|
| Depósitos de Ladera | 1 a 5 | Cantos y gravas de diversa litología en matriz limo arenosa y limo arcillosa amarillenta. |
| Aluvial Reciente | 3 a 20 | Arenas finas, arenas lodosas y arenas lodosas con algunas gravas. En el cauce cantos y guijos polimícticos. |
| Terrazas Bajas | 0 a 5 | Cantos y guijos subredondeados de alta esfericidad, polimícticos en matriz areno lodosa media y fina. |
| Terrazas Medias | 5 a 10 | suelos limosos orgánicos sobre arenas y limos arenosos con gravas, de color marrón. |
| Miembro Organos | 10 a 70 | Niveles conglomeráticos con guijos, cantos y bloques de areniscas de grano fino a medio, duras, cuarzosas claras, amarillas y cremas, embebidos en matriz de tipo limo arcillosa, y areno limosa. Presenta delgadas interposiciones de niveles finos y conglomeráticos. |
| Formación Girón | > a 50 | Areniscas gruesas, conglomeráticas y medias cuarzosas, duras, localmente fracturadas, con niveles arcillosos violetas en capas de 1 a 3 metros de espesor. |



Descripción:

La Geomorfología es el estudio de las formas de la tierra y sus procesos relacionados, los estudios geomorfológicos aportan información importante en la evaluación de estabilidad y amenazas naturales del terreno, ya que permiten identificar los procesos que han actuado y están actuando sobre el terreno y por los cuales se han generado las geoformas actuales.

La geomorfología podemos dividirla para efectos del presente estudio en dos ramas. La morfometría relacionada con la cuantificación de elementos morfológicos, aplicada para determinar la pendiente del terreno.

Por otra parte la morfodinámica es la parte de la geomorfología que se enfoca en los procesos que afectan la superficie terrestre, siendo de particular importancia para el presente estudio los procesos erosivos.

Pendientes

Para el presente estudio se elaboró un mapa de pendientes escala 1:2000, mediante la interpolación de curvas de nivel cada 2.0 metros en el sentido de la mayor pendiente (Ver Mapa de Pendientes). Los rangos seleccionados se encuentran resumidos en la siguiente tabla.

Tabla. Rangos de Pendientes

| CLASE | PORCENTAJE |
|-------|------------|
| 1 | > 100 |
| 2 | 57 – 100 |
| 3 | 10 – 57 |
| 4 | < 10 |

En el mapa de pendientes se pueden observar amplias zonas con pendiente del 0 al 10% que corresponde a las partes bajas cercanas al Río de Oro, Café Madrid y sectores aislados dentro de los lotes estudiados y el Barrio Kennedy; en las zonas colinadas se presentan las áreas con pendientes del 10% al 57%, las cuales corresponden al rango de pendientes predominante en la zona; pendientes del 57% al 100% se presentan a media ladera en sectores de los lotes estudiados y en cañadas asociadas a las pendientes superiores al 100%.

Morfodinámica

Se pueden diferenciar geoformas de origen Denudacional, Aluvial y Antropogénicas en la zona de estudio, dichas geoformas se describen a continuación y fueron empleadas durante la elaboración del mapa geomorfológico actual y geomorfológico del año 1967 a escala 1:2000.

Geoformas Aluviales

Zonas de cauce aluvial

Hacen referencia al área de afectación actual del Río de Oro y Suratá, los cuales durante su recorrido desarrollan depósitos de fondo de cauce y erosión en sus bordes. Los sedimentos son cantos redondeados de variada composición en una matriz arenosa media.

Terrazas Aluviales

Se refiere a depósitos aluviales recientes de variada extensión constituidos por cantos, guijos y gravas en matriz arenosa media a fina. Se localizan en sectores aledaños a los ríos principales. Presentan topografía plana a ligeramente inclinada en su parte superior y suelen presentar afloramientos en taludes verticales.

Planicie de Inundación

Corresponde a las zonas cercanas al Río de Oro aledañas al cauce aluvial, las cuales son áreas inundables en épocas de invierno o por lluvias torrenciales ocasionales.

Geoformas Denudacionales

Las geoformas de origen denudacional están asociadas a procesos de desgaste, influenciadas principalmente por la litología y erosión.

Laderas Denudacionales

Se han denominado como laderas denudacionales a aquellas áreas de la zona de estudio en las cuales se presenta un grado moderado de disección, con diversos grados de erosión principalmente en surcos, desarrollado sobre topografía con pendientes bajas, moderadas o altas sobre rocas sedimentarias fracturadas de la formación Girón o el miembro Organos. En los planos geomorfológicos se han diferenciado las laderas de acuerdo con la pendiente del terreno y la litología, ya que estos factores inciden en el desarrollo de fenómenos erosivos, localmente puede observarse algunos surcos en taludes de pendientes altas y erosión laminar en zonas con pendientes moderadas y nulas a imperceptible en las zonas con pendientes bajas.

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 37 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Escarpes

Corresponden a zonas de pendiente muy alta asociadas al miembro Órganos y afloramientos de la formación Girón.

Deslizamientos

Se han identificado fenómenos de remoción en masa de tamaño pequeño, generados durante el fenómeno lluvioso de febrero de 2005, los cuales han afectado principalmente el miembro Órganos en sectores con pendientes altas.

Geoformas Antropogénicas

Estas geoformas han sido generadas por la acción del hombre sobre el medio, llegando a modificar de manera permanente y en ocasiones irreversible los procesos geomorfológicos naturales.

Zonas Construidas

Se ha utilizado esta clasificación para el presente estudio, para localizar y caracterizar aquellas zonas que presentan un alto grado de desarrollo urbanístico, sobre depósitos del miembro Órganos o la Formación Girón y por tanto la erosión en estas zonas es prácticamente nula, ya que constituyen zonas donde el terreno natural se encuentra cubierto y protegido de la acción de la lluvia en su mayoría; las zonas construidas se han diferenciado además de acuerdo con la pendiente predominante del terreno.

Zonas Construidas en la Terraza Aluvial

En esta clasificación se incluye principalmente la zona conocida como Café Madrid en la cual se presentan diversos tipos de construcciones, desarrollados todos sobre depósitos de terraza aluvial.

Zonas Construidas en Rocas Sedimentarias

Corresponde a las construcciones actuales de la Planta de Bavaria S.A., la cual se ha desarrollado en su mayoría sobre rocas sedimentarias de la formación Girón.

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 38 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Interpretación de la información geológica y geomorfológica

Criterios de interpretación:

Se identificaron las amenazas naturales y la influencia de la geología y geomorfología sobre estas amenazas y sobre el uso del terreno.

Amenazas geológicas identificadas

En la zona estudiada se identificaron las siguientes amenazas:

- Deslizamientos de tierra. En la zona de estudio se identifican áreas con susceptibilidad a deslizamientos de tierra, principalmente en el sector del barrio Las Hamacas, y en las laderas con pendiente alta aledañas a la quebrada Motosín, las cuales involucran la parte oriental de la finca Betania.
- Nacimientos de agua. En los recorridos de campo no se identificaron nacimientos de agua en los lotes estudiados. Se identificó un afloramiento de agua en la parte alta de la quebrada Motosín, bajo la vía que conduce al Barrio Maria Paz.
- Fallas geológicas. La falla geológica más importante es la falla del Suárez, la cual se encuentra al occidente de la zona estudiada.
- Estructuras heredadas en los materiales. Dentro de la zona de estudio no se observan suelos con presencia de estructuras heredadas.
- Erosión. La erosión superficial se constituye en la amenaza geológica más importante que se desarrolla en la zona de estudio.
- Inundaciones. La amenaza por inundación se presenta sólo en las márgenes de los Ríos de Oro y Suratá.

Interpretación de las amenazas de orden geológico sobre los lotes estudiados

De acuerdo a los estudios realizados las amenazas identificadas presentan las siguientes limitaciones para los lotes estudiados:

- Se deben construir obras que permitan proteger los suelos de la erosión.
- Se deben mantener los aislamientos en los taludes presentes en los lotes y alinearlos para proteger la vegetación existente.

Influencia de la geología sobre el uso del terreno propuesto

En criterio de los Consultores, la litología presente en el área no representa ninguna amenaza de tipo geológico en lo que a estabilidad se refiere, debido a que corresponde a depósitos de arenas y limos con gravas y cantos principalmente de areniscas, correspondientes al miembro Órganos que presentan condiciones buenas de capacidad portante y estabilidad, pero alta susceptibilidad a la erosión.

| | | |
|---|--|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | Página 39 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 |
| | Estudio No. 3455 | |

La cercanía de la falla del Suárez obliga a tener en cuenta los eventos sísmicos. Se recomienda en los diseños tener en cuenta la posibilidad de aceleraciones verticales importantes.

Se recomiendan taludes en la formación Órganos 1/2H:1V.

Deben manejarse adecuadamente las aguas superficiales y de escorrentía.

Los lotes son geológica y geotécnicamente estables en las zonas identificadas con pendientes menores al 57%.

| | | | | |
|---|--|-------------------|------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | | Página 40 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 | |

| | |
|----------------------------------|---|
| CAPITULO 11 | Zonificación Geotécnica del área de acuerdo al E.Z.S.I. realizado por Ingeominas |
|----------------------------------|---|

Litología general:

De acuerdo al estudio de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del área Metropolitana de Bucaramanga realizado por Ingeominas, los lotes estudiados están localizados geotécnicamente sobre las siguientes zonas geotécnicas:

ZONA 4A Miembro Órganos y Gravoso no afectados por procesos de erosión:

Se localiza en la parte baja de la finca Café Madrid y el sector de topografía suave del barrio Hamacas litológicamente corresponde al miembro Organos.

Características Geotécnicas

Los suelos subsuperficiales corresponden a gravas areno arcillosas con gran cantidad de cantos redondeados, correspondientes al Miembro Órganos. No aparecen niveles freáticos subsuperficiales, pero en la mayoría de los casos se presentan niveles freáticos profundos o acuíferos colgados sobre el basamento de los miembros Órganos y Gravoso.

Las áreas centrales de la zona 4A no presentan limitaciones geotécnicas importantes, sin embargo en las áreas perimetrales se pueden presentar las siguientes situaciones:

- Deslizamientos de tierra de gran magnitud (fuerte o alta pendiente).
- Cárcavas profundas de erosión.
- Agrietamiento cosísmico de las coronas de los taludes.

ZONA 7 Depósitos Coluviales: Se localizan en amplios sectores de la Finca Café Madrid, en lo que actualmente corresponde a los Barrios Hamacas y Villa Alegría; en la Finca Betania corresponde a sectores alargados, aledaños a algunas quebradas.

En esta zona se incluyen las áreas de depósitos coluviales, los cuales presentan una morfología de laderas de mediana pendiente y colinas semi redondeadas con cauces de quebradas relativamente profundas y en V.

En la zona de estudio los coluviones provienen principalmente del miembro Órganos y se presentan tanto clasto soportados como matriz soportados.

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | Página 41 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 |
| | | Estudio No. 3455 |

Características Geotécnicas

La mayoría de las coluviones presentes en el Área Metropolitana de Bucaramanga poseen niveles freáticos poco profundos. Esta zona presenta los siguientes problemas geotécnicos:

- Deslizamientos de tierra por saturación en épocas de lluvias.
- Erosión en Cárcavas.

ZONA 8A Zona Susceptible a Deslizamientos en el Norte de Bucaramanga: En esta zona se incluyen las áreas del bloque hundido y erosionado del Abanico de Bucaramanga al norte de la Meseta, la cual presenta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos de tierra de gran magnitud. En los lotes estudiados se presenta en sectores a media ladera y corresponde a la mayoría del área estudiada.

Características Geotécnicas

Los suelos subsuperficiales corresponden a gravas areno arcillosas, con gran cantidad de cantos redondeados, correspondientes al miembro Órganos.

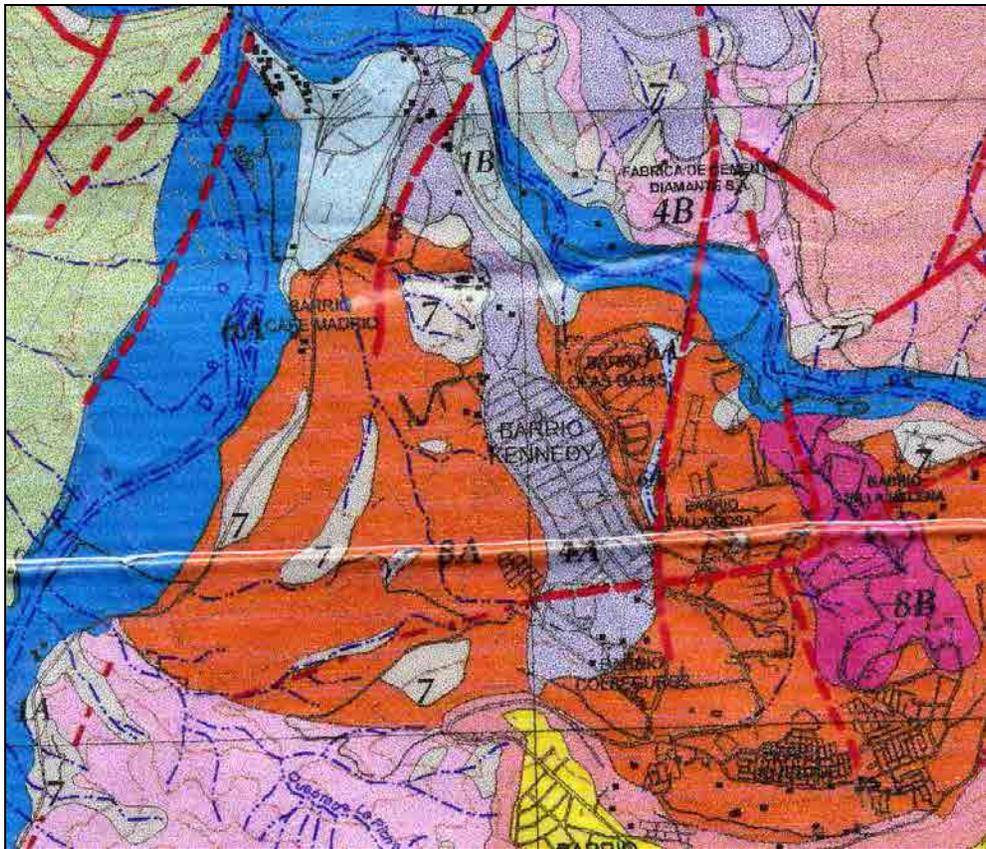
Aparecen niveles freáticos poco profundos conformando un acuífero colgado sobre un manto profundo de suelos arcillosos.

La zona geotécnica 8A presenta los siguientes problemas geotécnicos:

- Deslizamientos de tierra por saturación en época de lluvias.
- Deslizamientos de tierra activados por sismos.
- Agrietamiento por movimiento del terreno.

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 42 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Plano de Zonificación Geotécnica de acuerdo a Ingeominas (2001)



| | | | |
|---|---|--------------------------|------------------------------|
|  | <p>FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005</p> | | <p>Página 43</p> |
| | <p>Revisó: Ing. Jaime Suárez D.</p> | <p>Fecha: 22/03/2005</p> | <p>Estudio No. 3455</p> |

Tectonica y Sismicidad:

La zona del área Metropolitana de Bucaramanga presenta una sismicidad fuerte con la mayoría de los eventos sísmicos, provenientes del nido sísmico de Bucaramanga.

Existe realmente en la práctica dos fuentes sismogénicas que determinan el diseño, una de fuente cercana proveniente de la falla de Bucaramanga y la otra fuente lejana proveniente de la falla del Piedemonte Llanero.

Características del sitio (Norma NSR 98)

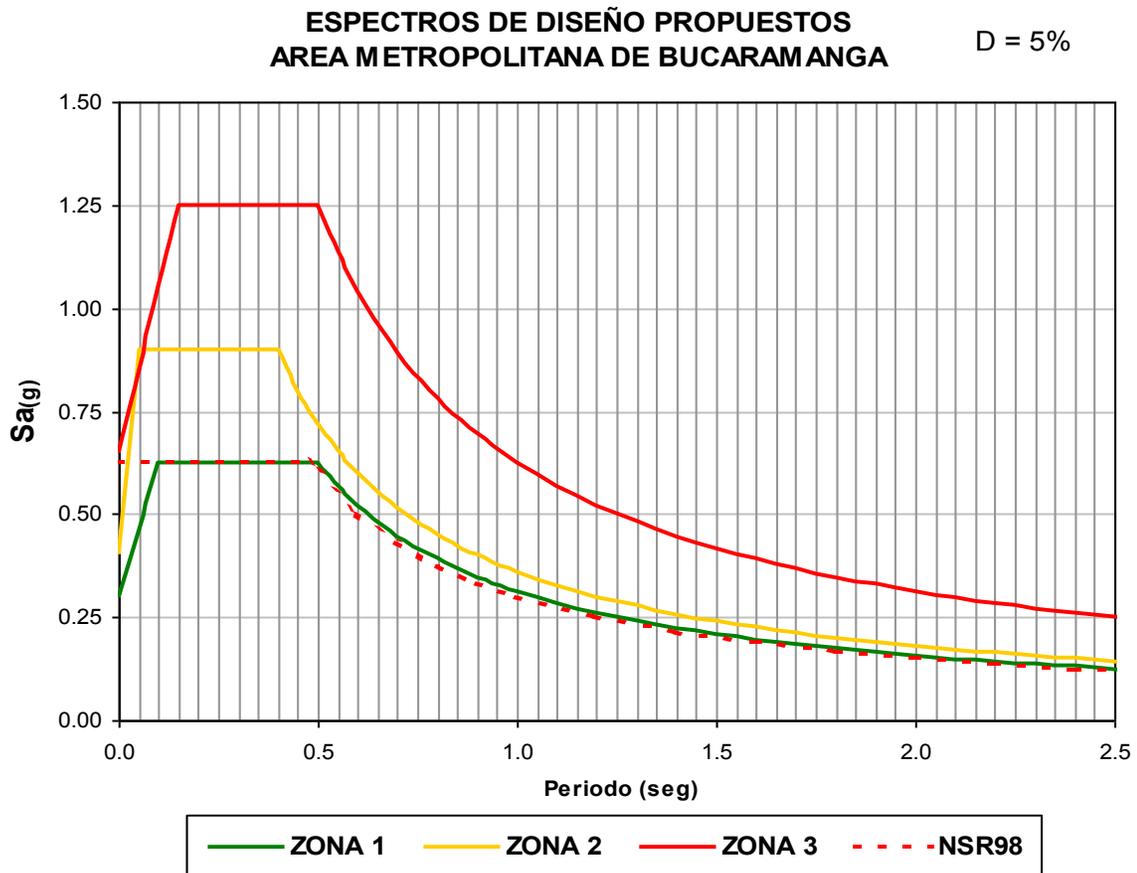
De acuerdo a los requerimientos de la Norma NSR-98 se indican las características sísmicas principales de los lotes:

- Amenaza sísmica : Alta
- Aa: 0.25
- Ad: 0.04
- Perfil de suelo: S2
- Tipo de perfil de suelo para efectos locales : D (capítulo H 1.4 del Código)
- Coeficiente de sitio: 1.2.



Espectro de diseño recomendado por Ingeominas

De acuerdo al estudio de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Area Metropolitana de Bucaramanga para los lotes estudiados se recomienda un espectro de diseño correspondiente a la zona 2 del Area Metropolitana, el cual presenta aceleraciones superiores a las recomendadas para Bucaramanga en el NSR-98.



(De acuerdo a Ingeominas para los lotes estudiados debe utilizarse el espectro correspondiente a la zona 2).

Por resolución de la CDMB el estudio de Ingeominas se debe aplicar para todos los proyectos que se realicen en el Area Metropolitana de Bucaramanga.

| | | |
|------------------------------|--|---------------------|
| ▽ Δ | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | Página 45 |
| Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Perfil Geotécnico Típico

Descripción:

A continuación se presenta el perfil geotécnico típico de los lotes de acuerdo a la información obtenida en los sondeos.

Perfil Típico de las fincas Betania y Café Madrid

| Profundidad (m) | | Suelo | Limitaciones Geotécnicas |
|-----------------------|--|--|--|
| Desde | Hasta | | |
| 0.0 | Variable de 0.2 a 1.9 | Suelos orgánicos y sueltos compuestos por arenas limosas, finas, uniformes, húmedas, color marrón y negro, con raíces y material orgánico. | Orgánico. No es competente para la cimentación de estructuras y es muy erodable. |
| Variable de 0.2 a 1.9 | Profundidad no determinada Mayor a 3.5 | Suelos aluviales pertenecientes al Miembro Organos compuestos por bloques de areniscas de grano fino, muy resistentes, friables, color blanco y amarillo claro, en matriz areno limosa, color rojo y amarillo claro. | Aluvial. Muy Competente para la cimentación de estructuras. |



Resumen de ensayos de campo y laboratorio

Ensayos de campo:

A continuación se presentan los resúmenes de los ensayos de campo realizados:

Ensayos de penetración estándar SPT

Se realizaron ensayos de penetración estándar utilizando la norma ASTM D 1586, equivalente a la norma I.N.V.E. 111.

- Peso del martillo: 140 libras
- Altura de caída: 76 centímetros
- Penetración: 3 intervalos de 15 centímetros cada uno (6")
- N de diseño: Sumatoria de los golpes de los últimos 30 centímetros (12")
- Diámetro exterior del tubo: 50.8 mm
- Diámetro interior del muestreador en la punta: 34.93 mm
- Longitud del tubo: 75 centímetros
- Sistema de hincado: Malacate y polea
- Motor del equipo: B & S 16 HP
- Rechazo: Más de 50 golpes para 15 centímetros (6").



FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID
PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005

Página

47

Revisó: Ing. Jaime Suárez D.

Fecha: 22/03/2005

Estudio No. 3455

Resumen de resultados de penetración estándar SPT realizados en Febrero de 2005 en la Finca Betania

| Profundidad (metros) | SONDEO | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| | N golpes/pie | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.0 a 0.5 | 2 | 3 | 28 | 21 | 8 | 9 | 6 | 4 | 18 | 12 | 21 | 3 | 12 | 32 | 63 | 57 |
| 0.5 a 1.0 | 8 | 4 | 21 | 44 | 35 | 31 | 24 | 8 | 10 | 12 | 44 | 12 | 12 | R | R | R |
| 1.0 a 1.5 | 3 | 6 | 28 | 46 | R | R | 11 | 38 | 21 | 25 | | 68 | 43 | R | R | R |
| 1.5 a 2.0 | 4 | 8 | R | R | | | 9 | R | 52 | 63 | | | R | | | |
| 2.0 a 2.5 | 10 | 20 | | | | | 44 | | | | | | | | | |
| 2.5 a 3.0 | 4 | 44 | | | | | R | | | | | | | | | |
| 3.0 a 3.5 | 9 | R | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.5 a 4.0 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.0 a 4.5 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.5 a 5.0 | R | | | | | | | | | | | | | | | |

Resumen de resultados de penetración estándar SPT realizados en Octubre de 2004 en la Finca Café Madrid.

| Profundidad (metro) | SONDEO | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| | N golpes/pie | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.0 a 0.5 | 35 | 16 | 19 | 30 | 9 | 23 | 22 | 20 | 14 | 22 | 19 | 41 | 20 | 19 | 35 | 11 |
| 0.5 a 1.0 | R | 37 | 22 | 26 | 18 | 36 | 30 | 30 | 26 | 67 | 29 | 57 | 36 | 28 | 76 | 14 |
| 1.0 a 1.5 | | 86 | 35 | 25 | R | R | R | 51 | 31 | | 36 | | R | 57 | | 22 |
| 1.5 a 2.0 | | | 51 | 21 | | | | | | | R | | | | | 29 |
| 2.0 a 2.5 | | | | R | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 49 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Resumen de resultados de penetración estándar SPT realizados en Diciembre de 1998 en la Finca Betania

| Profundidad (metros) | SONDEO | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| | N golpes/pie | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.0 a 0.5 | 10 | 34 | 19 | 4 | 21 | 24 | 6 | 5 | 2 | 2 | 12 | 12 | 8 | 33 | 7 | 14 |
| 0.5 a 1.0 | 55 | 85 | 40 | 14 | 45 | 65 | 37 | 13 | 2 | 26 | 30 | 14 | 18 | 50 | 43 | 35 |
| 1.0 a 1.5 | R | R | 51 | 80 | R | 33 | R | 58 | 15 | 61 | 64 | 23 | R | R | 57 | 32 |
| 1.5 a 2.0 | R | R | R | R | R | 33 | R | R | 47 | R | R | 29 | R | R | R | R |
| 2.0 a 2.5 | R | R | R | R | R | 34 | R | R | R | R | R | 41 | R | R | R | R |
| 2.5 a 3.0 | | | | | | 45 | | | | | | | | | | |
| 3.0 a 3.5 | | | | | | R | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 50 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Correlaciones para interpretación de los ensayos SPT

A continuación se presentan unas tablas indicativas que permiten la interpretación general de los resultados de los ensayos realizados:

Para suelos granulares

(Ref.: JamielKowski y otros, "New correlations of penetration tests for design practice" Penetration testing, 1988 ISOPT-1, Balkema, 1988).

| Numero de penetración estándar N | Densidad relativa % | Estado del suelo |
|----------------------------------|---------------------|------------------|
| 0 a 3 | 0 a 15 | Muy suelto |
| 3 a 8 | 15 a 35 | Suelto |
| 8 a 25 | 35 a 65 | Medio |
| 25 a 42 | 65 a 85 | Denso |
| 42 a 58 | 85 a 100 | Muy denso |

Para suelos arcillosos

(Ref.: Braja Das. "Principios de ingeniería de cimentaciones", Thomson Editores, México, 1999).

| Numero de penetración estándar N | Consistencia | Resistencia a compresión kPa |
|----------------------------------|--------------|------------------------------|
| 0 a 2 | Muy blanda | 0 a 25 |
| 2 a 5 | Blanda | 25 a 50 |
| 5 a 10 | Medio firme | 50 a 100 |
| 10 a 20 | Firme | 100 a 200 |
| 20 a 30 | Muy firme | 200 a 400 |
| > 30 | Dura | > 400 |

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 51 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Ensayos de laboratorio:

Resumen de ensayos de laboratorio realizados en Febrero de 2005 - Finca Betania.

| Sondeo | Prof. (m) | W% | % Finos | % L.L. | % L.P. | % I. P. | Clasificación S.U.C.S. |
|-----------|-----------|-------|---------|--------|--------|---------|------------------------|
| 1 | 4.0 | 9.85 | 33.83 | | | | SM |
| 2 | 3.0 | 11.88 | 47.72 | 39.82 | 25.81 | 14.01 | SM |
| 4 | 1.5 | | | 38.66 | 22.34 | 16.32 | SC |
| 5 | 1.0 | 7.09 | 55.18 | | | | ML |
| 7 | 2.5 | 9.71 | 50.70 | | | | ML |
| 8 | 1.5 | | | 43.71 | 22.01 | 21.70 | SC |
| 9 | 2.0 | 10.02 | 56.52 | 42.70 | 21.74 | 20.96 | CL |
| 10 | 2.0 | 10.14 | 43.59 | | | | SM |
| 11 | 1.0 | 7.20 | 34.89 | | | | SM |
| 12 | 1.5 | 17.37 | 71.72 | 40.06 | 18.56 | 21.51 | CL |
| 13 | 1.5 | 9.75 | 42.54 | 32.61 | 20.75 | 11.85 | SC |
| Muestra 1 | | 22.04 | 72.76 | | | | CH |

Resumen del ensayo de Corte Directo realizados en Febrero de 2005 - Finca Betania

| Sondeo | Profundidad (metros) | Angulo de fricción ϕ | Cohesión (Kg/cm ²) |
|-----------|----------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 2 | 2.0 | 24.07 | 0.100 |
| Muestra 1 | | 17.01 | 0.119 |

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 52 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Resumen de ensayos de laboratorio realizados en Octubre de 2004 - Finca Café Madrid

| Sondeo | Prof. (m) | W% | % Finos | % L.L. | % L.P. | % I. P. | Clasificación S.U.C.S. |
|--------|-----------|-------|---------|--------|--------|---------|------------------------|
| 1 | 1.00 | 4.90 | 37.84 | | | | SM |
| 2 | 1.00 | 3.94 | 31.93 | | | | SM |
| 3 | 1.00 | | | 37.59 | 24.44 | 13.15 | SC |
| 3 | 2.00 | 8.52 | 47.72 | 50.91 | 25.81 | 25.10 | SC |
| 4 | 1.00 | | | 26.21 | 21.51 | 4.71 | SM |
| 4 | 2.00 | 7.75 | 48.73 | | | | SM |
| 6 | 1.50 | 10.40 | 61.08 | | | | ML |
| 7 | 1.00 | 9.48 | 51.83 | | | | ML |
| 8 | 1.00 | | | 39.82 | 25.53 | 14.29 | ML |
| 8 | 1.50 | | | 37.37 | 22.68 | 14.68 | CL |
| 9 | 1.50 | 7.41 | 38.41 | | | | SM |
| 10 | 1.00 | 3.14 | 40.54 | | | | SM |
| 11 | 2.00 | 4.06 | 43.27 | | | | SM |
| 12 | 1.00 | 4.88 | 36.89 | 29.27 | 25.81 | 3.46 | SM |
| 13 | 1.00 | 6.32 | 45.03 | | | | SM |
| 14 | 1.50 | 4.01 | 34.66 | | | | SC |
| 15 | 1.00 | 5.64 | 32.04 | | | | SM |
| 16 | 2.00 | 3.42 | 31.81 | | | | SM |

Resumen del ensayo de Corte Directo realizado en Octubre de 2004 - Finca Café Madrid

| Sondeo | Profundidad (metros) | Angulo de fricción ϕ | Cohesión (Kg/cm ²) |
|--------|----------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 3 | 2.00 | 36.736 | 0.501 |
| 8 | 1.50 | 35.281 | 0.132 |

| | | | | |
|---|--|-------------------|------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | | Página 53 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 | |

Resumen de ensayos de laboratorio realizados en Diciembre de 1998 - Finca Betania

| Sondeo | Prof. (m) | W% | % Finos | % L.L. | % L.P. | % I. P. | Clasificación S.U.C.S. |
|--------|-----------|-------|---------|--------|--------|---------|------------------------|
| 2 | 1.0 | 16.74 | 28.42 | | | | SM |
| 3 | 1.5 | 6.57 | 17.39 | | | | SM |
| 4 | 1.5 | 8.45 | 37.88 | | | | SM |
| 6 | 3.0 | 28.46 | 30.72 | | | | SC |
| 7 | 1.0 | 19.96 | 59.88 | 35.57 | 15.59 | 9.99 | CL |
| 8 | 1.5 | 5.46 | 37.04 | | | | SM |
| 9 | 2.0 | 6.80 | 40.05 | | | | SM |
| 11 | 1.5 | | | 52.72 | 28.76 | 23.96 | SM |
| 12 | 2.0 | 10.38 | 34.31 | | | | SC |
| 15 | 1.5 | 8.29 | 40.13 | | | | SM |
| 16 | 1.5 | 5.06 | 34.72 | | | | SM |

Resumen del ensayo de presión de expansión realizados en Diciembre de 1998 - Finca Betania

| Sondeo | Profundidad (metros) | Presión Expansión (Kg/cm ²) |
|--------|----------------------|---|
| 7 | 1.0 | 0.60 |
| 8 | 1.0 | 0.52 |

Convenciones:

W = humedad

% Finos = pasantes del tamiz ASTM 200

L.L. = Límite Líquido

L.P. = Límite Plástico

I.P. = Índice Plástico

S.U.C.S. = Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 54 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Propuesta para la precisión cartográfica y la zonificación geotécnica del área estudiada

Propuesta general:

Se propone la siguiente precisión al plano de zonificación geotécnica de Ingeominas:

Incluir en la zona 4A aquellas áreas que presentan pendientes moderadas y bajas, sin evidencias de movimiento o inestabilidad, que litológicamente corresponde al Miembro Órganos.

Zonificar en la zona 4B a aquellas áreas que presentan pendientes altas y muy altas, que pueden presentar niveles freáticos altos o que están restringidas por el DMI.

Eliminar las zonas 7 Depósito de Coluvión, localizadas de acuerdo al plano, en sectores de las Fincas Café Madrid y Betania.

Incluir en la zona 9 Rellenos Suelos, las zonas con presencia de Llenos Antropogénicos identificadas en las márgenes de la quebrada Motosín y en sectores aledaños al Barrio Maria Paz.

Nuevo plano detallado de zonificación geotécnica del área estudiada a escala 1:2000

En el plano adjunto, se muestra la propuesta para precisión cartográfica del área estudiada, de acuerdo a las exigencias de Planeación Municipal.

Áreas de la zonificación geotécnica propuesta para los predios estudiados

| Predio | Áreas de las zonas geotécnicas (m ²) | | | Área total (m ²) |
|--------------------|--|-------|------|------------------------------|
| | 4A | 4B | 7 | |
| 01-009-0022-005000 | 103606 | 11641 | 9845 | 125092 |

| Predio | Áreas de las zonas geotécnicas (m ²) | | | Área total (m ²) |
|---------------------|--|-------|-------|------------------------------|
| | 4A | 4B | 9 | |
| 01-009-0022-0012000 | 329373 | 61689 | 26742 | 431080 |
| | 4B (afectado DMI) = 13276 | | | |

Sistema Utilizado para el análisis:

Para el cálculo de las presiones admisibles de trabajo o capacidad de soporte se utiliza una correlación empírica con los resultados del ensayo de penetración estándar de acuerdo al criterio de Meyerhof, G.G. (1974) "Ultimate Bearing, Capacity of Footings on Sand Overlying Clay, Canadian Geotechnical Journal", Vol. 11, pp 223-229.

El N seleccionado para el análisis corresponde al valor de N representativo del real comportamiento del suelo por debajo del nivel de cimentación, de acuerdo al criterio del Ingeniero Geotecnista.

El valor del N de penetración estándar obtenido en los ensayos se corrigió por energía y por profundidad.

N representativo para el análisis

Después de examinar los valores de N obtenidos en los sondeos se escogió un valor de N = 30 Golpes/pie, como el valor que representa el comportamiento del suelo competente.

Corrección por energía C_E

Para determinar el coeficiente de corrección por energía C_E se utilizó el criterio de Tokimatsu y Seed 1987, Journal of geotechnical engineering ASCE vol. 113 p.p. 861 – 878.

Corrección por energía (C_E) = 0.75

Esta corrección de 0.75, corresponde a un sistema de pesa con hueco circular y sistema de polea, similar al utilizado en la ejecución de los ensayos de campo en el presente estudio.

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 56 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Corrección por profundidad C_D

Para determinar el coeficiente de corrección por profundidad C_D se utilizó el criterio de Tokimatsu y Seed 1984, Simplified Procedures for the Evaluation of Settlements in Sands Due to Earthquake Shaking. Report No. UCB/EERC- 84/16.

Corrección por profundidad (adaptado de Tokimatsu y Seed, 1984)

| Profundidad (Metros) | C_D |
|----------------------|-------|
| Menos de 1.5 | 1.60 |
| 2.0 | 1.50 |
| 3.0 | 1.35 |
| 4.0 | 1.20 |
| 5.0 | 1.00 |
| 10.0 | 0.70 |
| 15.0 | 0.55 |
| 20.0 | 0.50 |

$C_D = 1.6$ Para menos de 1.5 metros de profundidad de cimentación.

Valor de N corregido

N para diseño = $C_E \cdot C_D \cdot N$

N para diseño = $0.75 \cdot 1.6 \cdot 30$

N para diseño = 36

Cálculo de la presión admisible de trabajo

De acuerdo al criterio de Meyerhof.

$q_a = 1.2 N$ Para $B \leq 1.2$ m

$q_a = 0.8 N \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ Para $B > 1.2$ m

B (ancho de cimientos) = Menos de 1.0 metro

q_a (presión admisible calculada de trabajo) = $4.0 \text{ Kg/cm}^2 = 40 \text{ Ton/m}^2$

Este valor corresponde según Meyerhof a un asentamiento aproximado de 2.5 centímetros.

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 57 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

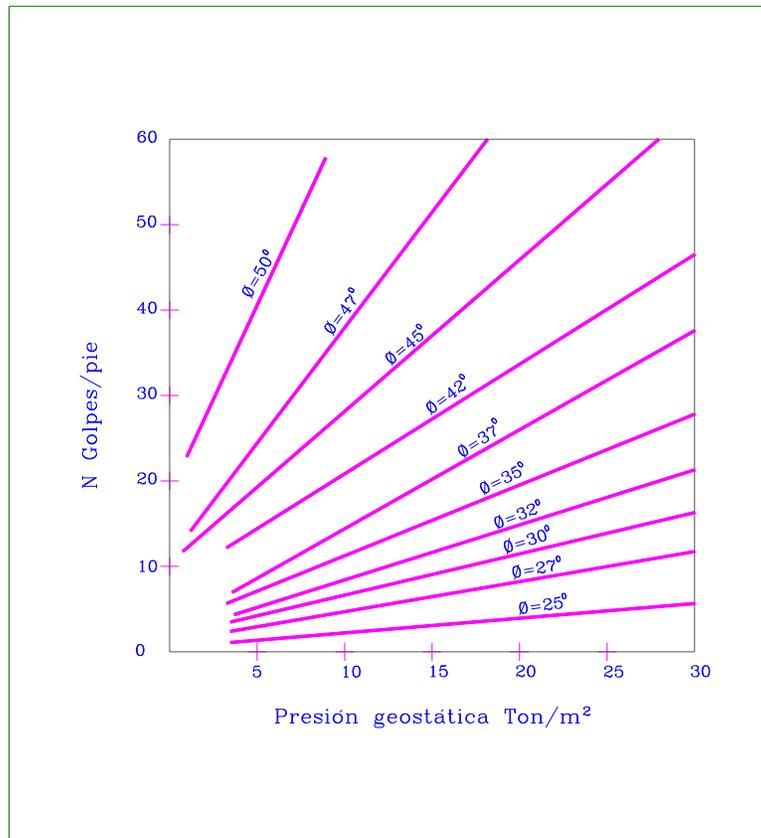
Cálculo de parámetros geotécnicos para el diseño

Criterios generales:

Para el cálculo de los parámetros que se pueden requerir para el diseño de cimentaciones y obras geotécnicas se utilizan criterios generalmente empíricos con base en los resultados de los ensayos de campo y de laboratorio realizados.

Angulo de fricción interna ϕ

El ángulo de fricción interna se obtiene de una correlación empírica con el ensayo de penetración estándar. (Kniraj S.R., "Design aids in soil mechanics and foundation engineering". Tata Mc Graw Hill, New Delhi, 1988).



FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID
PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005

Página

58

Revisó: Ing. Jaime Suárez D.

Fecha: 22/03/2005

Estudio No. 3455

Recomendación

Se recomienda utilizar un ángulo de fricción interna de 30°.

Coefficientes de presión de tierra Ka y Kp

Los coeficientes de presión de tierras recomendados son los siguientes:

$$K_a = 0.33$$

$$K_p = 3.0$$

Módulo de reacción o coeficiente de Balastro (Ks)

Para calcular el coeficiente o módulo de reacción Ks se emplea una correlación empírica que relaciona los valores de N en golpes/pie del ensayo de penetración estandar, ancho y longitud del cimiento en metros. Cernica (1995) Geotechnical Engineering – Foundation Design - John Wiley p. 255.

$$K_s = \frac{N}{5.5}$$

Reemplazando

Para cimientos cuadrados $B = L$ (ancho = largo)

$$N = 36$$

$$K_s = 6.5 \text{ Kg/cm}^3$$

| | | | |
|---|--|-------------------|----------------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 59 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Modelo y Software Utilizado:

Para el análisis del modelo geotécnico se utilizó el software para computador SLOPE/W, Versión 5 de GEO-SLOPE International Ltd, Calgary Alberta, Canadá. SLOPE/W es un producto de Software que utiliza la teoría de equilibrio límite para obtener los factores de seguridad al deslizamiento de los taludes.

Este programa es una solución gráfica de 32 bits, la cual opera dentro de la interfase gráfica de Microsoft Windows.

Métodos de análisis

Aunque el programa permite trabajar con doce diferentes métodos de análisis, para objeto del presente estudio se trabajó conjuntamente con los siguientes cuatro métodos:

1. Método ordinario o de Fellenius
2. Método Bishop simplificado
3. Método de Janbú simplificado
4. Método Morgenstern-Price

Los resultados de los factores de seguridad se presentan para cada uno de los métodos indicados.

Geometría y estratigrafía

El modelo geotécnico se trabajó con los tipos de material de suelo y roca identificados en campo. Las propiedades de los suelos y rocas fueron obtenidas en el laboratorio de Geotecnología Ltda., en Bucaramanga.

Superficies de falla

Se utilizaron círculos de falla utilizando un sistema de centros de giro y líneas de tangencia, y una opción de auto-localización de falla compuesta.

Presiones de poro

No existe nivel freático de acuerdo a los análisis geológicos realizados.

Cargas externas aplicadas

El modelo utilizó carga sísmica horizontal sísmica seudoestática de 0.15 g

| | | | | |
|---|--|-------------------|------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | | Página 60 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 | |

Resumen de los factores de seguridad obtenidos

| Talud | Factores de seguridad | | | |
|--|-----------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|
| | Método de Fellenius | Método de Bishop | Método de Janbú | Método de Morgenstern-Price |
| Modelo de corte proyectado. Talud cortado a 90°. Análisis estático | 1.649 | 1.596 | 1.685 | 1.616 |
| Modelo de corte proyectado. Talud cortado a 90°. Análisis dinámico | 1.254 | 1.154 | 1.225 | 1.187 |
| Modelo de corte proyectado. Talud cortado a 60°. Análisis estático | 2.073 | 2.057 | 2.071 | 2.038 |
| Modelo de corte proyectado. Talud cortado a 60°. Análisis dinámico | 1.459 | 1.454 | 1.435 | 1.415 |
| Modelo de corte proyectado. Talud cortado a 45°. Análisis estático | 2.302 | 2.358 | 2.284 | 2.388 |
| Modelo de corte proyectado. Talud cortado a 45°. Análisis dinámico | 1.874 | 1.920 | 1.845 | 1.959 |
| Perfil 2 (Plano ISBE-1005). Análisis estático | 1.927 | 2.020 | 1.937 | 1.999 |
| Perfil 2 (Plano ISBE-1005). Análisis dinámico | 1.337 | 1.377 | 1.338 | 1.377 |
| Perfil 6 (Plano ISBE-1005). Análisis estático | 1.586 | 1.574 | 1.538 | 1.602 |
| Perfil 6 (Plano ISBE-1005). Análisis dinámico | 1.141 | 1.152 | 1.119 | 1.163 |
| Perfil 6 (Plano ISBE-1005). Análisis estático de falla profunda | 1.823 | 1.858 | 1.804 | 1.859 |
| Perfil 6 (Plano ISBE-1005). Análisis dinámico de falla profunda | 1.260 | 1.307 | 1.245 | 1.310 |

| | | | | |
|---|--|-------------------|------------------|---------------------|
|  ▽ Δ | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | | Página 61 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 | |

Conclusión

El lote no presenta problemas de estabilidad general.

Los resultados de los modelos muestran que el relleno presenta valores cercanos a la unidad, sin evidenciar una clara posibilidad de falla.

Se analizaron diversas situaciones para proyectar los cortes para la conformación de vías y terrazas. Se concluye que cortes verticales en miembro Órganos no presentan problemas directos de estabilidad, y consecuentemente los cortes tendidos a 60 y 45 grados aumentan significativamente sus valores de factor de seguridad.

No obstante, el principal problema de la formación Organos no radica en la estabilidad a un movimiento de remoción en masa, sino en los problemas erosivos que la pérdida de cobertura vegetal detona. Deben descartarse cortes verticales o mayores de 60° que impidan el establecimiento de adecuada cobertura vegetal.

| | | | | |
|---|--|-------------------|------------------|----------------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | | Página 62 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 | |

Recomendaciones para el diseño y construcción del proyecto

Estabilidad general de los lotes:

Geológica y geotécnicamente la mayor parte de las áreas que comprenden los lotes, son estables y son viables para localizar proyectos de desarrollo.

El principal problema es la susceptibilidad alta a la erosión de los suelos de la Formación Organos presentes en la totalidad del lote.

No se recomienda la realización de cortes importantes y en los cortes que sea absolutamente necesario realizar para objeto de la construcción de vías de acceso, se deben mantener los aislamientos de acuerdo a las normas de la CDMB.

Cualquier proyecto que se realice requiere de un manejo de diseño de taludes para garantizar la estabilidad de los cortes.

Todos los cortes deben recubrirse con vegetación para protección contra la erosión.

Los rellenos deben limitarse a espesores muy pequeños. El proyecto debe ser diseñado totalmente en corte.

Deben mantenerse los aislamientos de acuerdo a las normas de la CDMB.

Taludes máximos recomendados para vías

1/2H : 1 V con bermas cada 7.0 metros de altura y revegetalización.

En todos los taludes de más de 7.0 metros de altura se recomienda construir zanjas de corona revestidas en concreto con sus respectivas torrenteras.

No se deben permitir taludes de más de 2.0 metros de altura junto a viviendas.

Revegetalización de taludes

Se recomienda revegetalizar los taludes en suelo, utilizando los criterios indicados en las Normas para Control de Erosión de la CDMB.

Capacidad de soporte

Para el diseño de cimientos de estructuras se puede utilizar una presión admisible de trabajo de hasta 4.0 Kg/cm² (40 Ton/m²) al nivel de suelo duro, el cual aparece a una profundidad variable de 0.5 a 1.5 metros en la mayor parte de los lotes viables para construcción de vivienda.

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | Página 63 |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 |

Sugerencias para el proyecto urbanístico

1. No se deben realizar explanaciones de gran tamaño debido a que se podrían generar problemas de inestabilidad durante lluvias intensas. Esta limitación impide el desarrollo de proyectos de multifamiliares.
2. Las terrazas deben construirse del menor ancho posible para disminuir la altura de los muros de contención.
3. Deben limitarse al mínimo necesario las vías vehiculares, para evitar cortes de gran altura.

| | | | | |
|---|--|-------------------|------------------|-----------|
|  | FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005 | | | Página |
| | Revisó: Ing. Jaime Suárez D. | Fecha: 22/03/2005 | Estudio No. 3455 | 64 |

Anexo 1

Relación de Planos

| PLANO NUMERO | CONTIENE | ESCALA |
|-----------------------|--|-----------|
| ISBE-1001 | MAPA GEOLOGICO | 1:2000 |
| ISBE-1002 | MAPA DE PENDIENTES | 1:2000 |
| ISBE-1003 | MAPA GEOMORFOLOGICO AÑO 1967 | 1:2000 |
| ISBE-1004 | MAPA GEOMORFOLOGICO ACTUAL | 1:2000 |
| ISBE-1005 (1 de 3) | PERFILES GEOLOGICOS Y GEOMORFOLOGICOS BETANIA | INDICADAS |
| ISBE-1005 (2 de 3) | PERFILES DE PENDIENTES BETANIA | INDICADAS |
| ISBE-1005 (3 de 3) | PERFILES GEOLOGICOS, GEOMORFOLOGICOS Y DE PENDIENTES CAFÉ MADRID | INDICADAS |
| ISBE-1006 | MAPA DE ZONIFICACION GEOTECNICA INGEOMINAS-CDMB 2001. | 1:2000 |
| ISBE-1007 | MAPA DE ZONIFICACION GEOTECNICA PROPUESTA. | 1:2000 |

CAPITULO

21

Anexo 2

Ensayos de laboratorio



FINCAS BETANIA Y CAFÉ MADRID
PREDIOS: 01-09-0022-0012 Y 01-09-0022-0005

Página

66

Revisó: Ing. Jaime Suárez D.

Fecha: 22/03/2005

Estudio No. 3455