CLASIFICADO



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Fondo de Prevención
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

INGENIERÍA Y GEOTÉCNIA
LTDA. BOGOTÁ,COLOMBIA

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA, CIUDAD BOLIVAR

VOLUMEN 1. INFORME FINAL. (TOMO1)

SEPTIEMBRE DE 1999

CONTENIDO DEL INFORME

I. INTRODUCCIÓN 1-1

1. Alcance 1-1
2. Descripción de actividades 1-2
   2.1 Recopilación y análisis de información existente 1-2
   2.2 Reconocimiento de la zona 1-2
   2.3 Levantamiento Topográfico 1-2
   2.4 Exploración del Subsuelo y Ensayos de Laboratorio 1-2
   2.5 Formatos de evaluación de daños y encuesta socioeconómica 1-3
   2.6 Análisis, planteamiento de alternativas e Informe Final 1-3
3. Metodología 1-3
4. Levantamiento topográfico 1-4
5. Organización del informe 1-4
6. Personal 1-5

II. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA 2-1

1. Método del estudio geológico 2-1
2. Geología 2-1
   2.1 Estratigrafía 2-2
      2.1.1 Grupo Guadalupe (Ksg) 2-2
      2.1.2 Formación Guaduas (KTg) 2-3
         2.1.2.1 Guaduas Conjunto Inferior (KTgi) 2-4
         2.1.2.2 Guaduas Conjunto Medio (KTgm) 2-5
      2.1.3 Depósitos Cuaternarios 2-6
      2.1.4 Depósitos Antrópicos 2-6
   2.2 Geología Estructural 2-7
   2.3 Régimen de agua superficial 2-8
   2.4 Régimen de agua subterránea 2-8
3. Geomorfología 2-9
   3.1 Zona de pendiente estructural (Zpe) 2-9
   3.2 Zona de rocas estratificadas (Zre) 2-10
   3.3 Zona de depósitos de ladera (Zdl) y suelos (Qs) 2-10
   3.4 Zona de antiguos flujos (Zaf) 2-11
4. Evaluación de cambios morfológicos a partir de fotografías aéreas 2-11
5. Referencias 2-13

III. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 3-1

1. Exploración del Subsuelo 3-1
2. Ensayos de laboratorio 3-1
   2.1 Ensayos para clasificación 3-1

2.2 Ensayos cuantitativos de resistencia y compresibilidad 3-1
2.3 Resumen de resultados 3-3
3. Estratigrafía 3-4
4. Agua Subterránea 3-9
4.1 Nivel Freático 3-9
4.2 Infiltración local o sectorial 3-9
5. Evidencias y factores de deformación cortante y cizalladura 3-9
6. Prospección Geoeléctrica 3-11
6.1 Objetivos 3-11
6.2 Alcance 3-11
6.3 Equipo utilizado y personal 3-11
7. Geoeléctrica 3-12
7.1 Metodología de la Geoeléctrica 3-12
7.2 Trabajo de campo 3-13
7.3 Interpretación de los sondeos 3-13
7.4 Relación entre la resistividad y la litología 3-13
8. Referencias 3-14

IV. TAXONOMIA DE SUELOS Y CARACTERIZACION DE VEGETACION 4-1

1. Introducción 4-1
2. Metodología de la clasificación taxonómica de suelos 4-1
2.1 Descripción de perfiles 4-1
3. Clasificación taxonómica 4-3
3.1 Horizontes Diagnóstico 4-3
3.2 Régimen de humedad y temperatura 4-3
3.3 Categorías del sistema 4-3
3.3.1 Suelos USTORENT 4-4
3.3.2 Suelos DYSTROCREPT 4-4
4. Susceptibilidad a la erosión 4-5
5. Caracterización edafológica y de vegetación en el entorno 4-5
5.1 Suelos 4-5
5.2 Vegetación 4-6

V. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO 5-1

1. Generalidades 5-1
2. Objetivos 5-1
3. Análisis de información disponible 5-1
3.1.cartografia 5-1
3.2. información hidroclimatológica 5-1
4. Análisis de caudales máximos esperados 5-3
4.1. morfometria 5-3

4.2 Calculo de caudales máximos esperados 5-4
5. Estimación de volúmenes de erosión 5-6

VI. ESTUDIO DE LOS ASPECTOS SOCIALES DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTO 6-1

1. Objetivos 6-1
2. Metodología 6-1
3. Técnicas de recolección de información 6-1
4. Ubicación geográfica espacial de La Carbonera 6-2
5. Caracterización socioeconómica 6-2
5.1 Viviendas y servicios 6-2
6. Aspectos demográficos 6-6
6.1 Procedencia 6-6
6.2 Composición familiar 6-6
6.3 Educación 6-7
6.4 Seguridad Social 6-7
6.5 Actividad Económica 6-7
7. Nivel organizacional 6-8
8. Percepción del riesgo 6-8

VII. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA 7-1

1. Diagnóstico de los problemas de remoción en masa 7-1
1.1. Segundo semestre de 1997 7-1
1.2 Mayo de 1987 7-2
1.3 Noviembre y diciembre de 1988 7-2
1.4 Julio de 1994 7-2
1.5 Presente estudio: diciembre de 1998 – Abril de 1999-07-29 7-3
1.5.1 Deslizamientos y flujos 7-3
1.5.2 Erosión y carcavamiento 7-4
1.5.3 Socavación y problemas en las corrientes de agua 7-5
1.5.4 Otros problemas 7-6
1.6 Mecanismos de falla de taludes 7-6
2. Determinación de las zonas inestables para la evaluación de la amenaza 7-7
2.1 Método aplicado 7-7
2.2 Descripción de las zonas inestables 7-8
2.3 Análisis de estabilidad de taludes 7-12
3. Evaluación de la amenaza relativa por fenómenos de erosión y remoción en masa 7-13
3.1 Identificación y caracterización espacial y temporal de la amenaza 7-13
3.1.1 Relieve 7-13
3.1.2 Tipo de materiales 7-13
3.1.3 Procesos degradacionales existentes 7-13
3.1.3.1 Carácter activo y potencial de la amenaza 7-14

3.1.3.2 Ponderación por tasa de movimiento 7-14
3.1.4 Susceptibilidad ante lluvias desde el punto de vista de la erosión 7-15
3.1.5 Susceptibilidad ante lluvias desde el punto de vista de la remoción en masa 7-16
3.1.6 Susceptibilidad a sismos 7-17
3.1.7 Influencia de la actividad antrópica 7-17
3.2 Resultados de la evaluación de la amenaza 7-18

VIII. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD 8-1

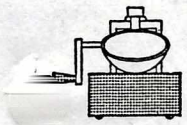
1. Consideraciones generales sobre la evaluación de la vulnerabilidad 8-1
1.1 Mitigación de desastres 8-2
2. Metodología General 8-3
2.1 Vulnerabilidad social 8-3
2.1.1 Vulnerabilidad social y mitigación 8-5
2.2 Vulnerabilidad física 8-6
2.3 Calificación de los daños 8-6
2.4 Solicitaciones de la amenaza 8-6
2.5 Criterios de intensidad 8-7
2.6 Resultados de la evaluación 8-8
3. Referencias 8-8

IX. EVALUACIÓN DE RIESGO 9-1

1. Metodología general 9-1
2. Resultados de la evaluación del riesgo 9-1

X. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN 10-1

1. Consideraciones generales 10-1
2. Definición del tratamiento de zonas inestables activas y potenciales 10-1
2.1 Evacuación y prohibición de la reutilización del terreno 10-2
2.2 Sellado de grietas y rebanado de escarpes 10-2
2.3 Reconformación 10-3
2.4 Terraceo 10-3
2.5 Empradización de taludes y áreas destapadas 10-3
2.6 Pavimentación de calles 10-4
2.7 Cunetas y zanjas en tierra 10-4
2.8 Cunetas y zanjas revestidas 10-4
2.9 Canales revestidos 10-4
2.10 Rectificación o mejoramiento de cauces 10-4
2.11 Filtros franceses con geosintéicos 10-5
2.12 Trincheras estabilizantes 10-5
2.13 Drenes horizontales 10-6
2.14 Columnas de piedra 10-6



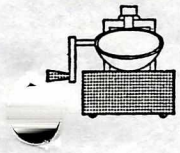
2.15 Columnas de grava 10-7
2.16 Compactación 10-7
2.17 Densificación dinámica 10-7
2.18 Inyecciones 10-8
2.19 Muros de gaviones 10-8
2.20 Muros de concreto 10-8
2.21 Pilotes 10-8
3. Tratamiento de zonas criticas 10-9
3.1 Evacuación y reconformación de la Zona L, o deslizamiento activo de Santa Viviana II y estabilización de este 10-9
3.2 Tratamiento y recuperación del cauce de las quebradas La Carbonera y Rosales 10-10

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 11-1

1. Aspectos sociales y ambientales 11-1
1.1 Crecimiento urbano incontrolado 11-1
1.2 Consideraciones socioeconómicas y ambientales 11-1
1.3 Principio de respuesta institucional 11-2
2. Aspectos geológicos y geomorfológicos 11-3
3. Resultados de evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo 11-3
4. Procedimiento mínimo recomendado para mitigación de amenaza en zonas críticas 11-4
5. Propuesta de paisajismo y mejoramiento urbano 11-5
6. Aspectos estructurales – reducción de vulnerabilidad física de edificaciones 11-7
7. Recuperación vegetal 11-8
7.1 Especies recomendadas 11-8
7.2 Siembra 11-9
7.3 Adecuación de suelos 11-9

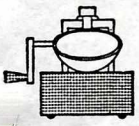
ANEXOS

ANEXO A : Estudios Previos en el Area
ANEXO B: Resultados de Encuestas de Evaluación (ver el Volumen II)
ANEXO C: Características geotécnicas del subsuelo
ANEXO D: Especificaciones Técnicas de Construcción
ANEXO E: Análisis de Precios Unitarios



LISTADO DE PLANOS

1. Topografía General e Investigación del Subsuelo
2. Mapa Geológico
3. Secciones Geológicas
4. Deslizamiento de Sierra Morena – Barrio Perdomo. Mapa Geomorfológico Diciembre de 1988.
5. Mapa Geomorfológico. Abril de 1999.
6. Secciones Transversales. Perfil A-A´, B-B´ y C-C´.
7. Secciones Transversales. Perfil D-D´, E-E´ y F-F´.
8. Secciones Transversales. Perfil G-G´, H-H´ e I-I´.
9. Secciones Transversales. Perfil J-J´, K-K´, L-L´ y M-M´.
10. Mapa Actual de Suelos.
11. Mapa Potencial de Suelos.
12. Mapa de Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa.
13. Mapa de Tipología de Viviendas y Nivel de Daño en Edificaciones.
14. Mapa de Espesores de Depósitos.
15. Mapa de Velocidades de Movimiento.
16. Mapa de Vulnerabilidad ante Fenómenos de Remoción en Masa.
17. Mapa de Riesgo de Fenómenos de Remoción en Masa
18. Alternativas de Mitigación - Obras
19. Diseño Conceptual de Paisajismo y Mejoramiento Urbano.



INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1-1: Localización General.

CAPITULO 2

Figura 2-1: Mapa Geológico Regional.
Figura 2-2: Fotointerpretación

CAPITULO 3

Figura 3-1: Exploración del subsuelo
Figura 3-2: Variación de la Humedad Natural y los Limites de Atterberg
Figura 3-3: Carta de Plasticidad
Figura 3-4: Variación del Peso Unitario
Figura 3-5: Ensayo de Penetración Estándar - SPT
Figura 3-6: Variación de la Resistencia No Drenada
Figura 3-7: Ensayo de corte directo – Trayectorias de esfuerzos (Perforación 1, muestra 14)
Figura 3-8: Ensayo de corte directo – Trayectorias de esfuerzos (Perforación 3, muestra 5)
Figura 3-9: Envolvente de Mohr Coulomb – Material superior (Perforación 1)
Figura 3-10: Envolvente de Mohr Coulomb – Material inferior (Perforación 1)
Figura 3-11: Envolvente de Mohr Coulomb – Material superior (Perforación 6)
Figura 3-12: Envolvente de Mohr Coulomb – Material superior (Perforación 7)
Figura 3-13: Sondeo Eléctrico Vertical N° 1
Figura 3-14: Sondeo Eléctrico Vertical N° 2

CAPITULO 5:

Figura 5-1: Cuenca de la quebrada La Carbonera.
Figura 5-2: Quebrada La Carbonera – Precipitación media mensual.
Figura 5-3: Quebrada La Carbonera – Temperatura.
Figura 5-4: Quebrada La Carbonera – Evaporación.
Figura 5-5: Quebrada La Carbonera – Humedad relativa.
Figura 5-6: Estación Granja San Jorge – Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia.
Figura 5-7: Cálculo del factor LS.

CAPITULO 7:

Figura 7-1: Relación entre la aceleración horizontal y el factor de seguridad para diferentes espesores de capa superficial y condiciones del nivel freático ($\beta = 15°$)

Figura 7-2: Relación entre la aceleración horizontal y el factor de seguridad para diferentes espesores de capa superficial y condiciones del nivel freático (β = 25°)
Figura 7-3: Relación entre la aceleración horizontal y el factor de seguridad para diferentes espesores de capa superficial y condiciones del nivel freático (β = 35°)
Figura 7-4: Zonificación del área de estudio – Mapa de pendientes.
Figura 7-5: Zonificación del área de estudio por actividad de procesos existentes.
Figura 7-6: Zonificación del área de estudio por susceptibilidad a la erosión – Mapa de erodabilidad.
Figura 7-7: Zonificación del área de estudio por susceptibilidad a la lluvia.
Figura 7-8: Zonificación del área de estudio por susceptibilidad ante sismos.
Figura 7-9: Zonificación del área de estudio por porcentaje de ocupación de viviendas.
Figura 7-10: Zonificación del área de estudio por efectos antrópicos.

CAPITULO 8

Figuras 8-1 a 8-6: Resumen de resultados de encuestas de evaluación de daños. Barrio Vista Hermosa.
Figuras 8-7 a 8-12: Resumen de resultados de encuestas de evaluación de daños. Barrio San Antonio.
Figuras 8-13 a 8-18: Resumen de resultados de encuestas de evaluación de daños. Barrio Santa Helena.
Figuras 8-19 a 8-24: Resumen de resultados de encuestas de evaluación de daños. Barrio Santa Viviana.
Figuras 8-25 a 8-30: Resumen de resultados de encuestas de evaluación de daños. Barrio Santo Domingo.

CAPITULO 10

Figura 10-1: Sellado de grietas
Figura 10-2: Peinado de escarpes
Figura 10-3: Reconformación y terraceo
Figura 10-4: Zonificación de Area de Estudio Procesos Degradacionales (post-medidas de mitigación).
Figura 10-5: Zonificación del Area de Estudio Susceptibilidad por Sismos (post-medidas de mitigación).
Figura 10-6: Zanja de tierra
Figura 10-7: Revestimiento en concreto pobre
Figura 10-8: Canal colector revestido con concreto
Figura 10-9: Mejoramiento de cauces
Figura 10-10: Peinado de escarpes, tratamiento de cárcavas
Figura 10-11: Filtro francés
Figura 10-12: Construcción del filtro
Figura 10-13: Construcción de filtros 2
Figura 10-14: Desagüe de trincheras estabilizantes
Figura 10-15: Detalle de la entrega de las trincheras drenantes
Figura 10-16: Desagüe final de trincheras estabilizantes

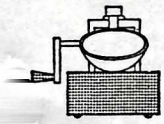
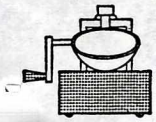


Figura 10-17: Modulo típico de un descole
Figura 10-18: Etapas en la construcción de un dren horizontal
Figura 10-19: Diseño de la tubería para drenes
Figura 10-20: Esquema de un dren horizontal
Figura 10-21: Construcción de columnas de piedra
Figura 10-22: Construcción simplificada de columnas de piedra
Figura 10-23: Secuencia del proceso constructivo de inyecciones
Figura 10-24: Diseño típico de muros de gaviones
Figura 10-25: Detalle de la alcantarilla de paso

Figura 11-1: Mejoramiento de condiciones estructurales.



LISTADO DE CUADROS

CAPITULO 1

Cuadro 1- 1 Cálculo de Coordenadas.

CAPITULO 2

Cuadro 2- 1 Registro de Discontinuidades por Estación.

CAPITULO 3

Cuadro 3- 1 Resumen del Programa de Investigación del Subsuelo.

CAPITULO 4

Cuadro 4- 1 Determinaciones físicas de los suelos.

CAPITULO 6

- Formato de Encuesta para Caracterización socioeconómica y percepción de riesgo en área de la cuenca de la quebrada La Carbonera.

CAPITULO 7

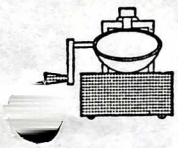
Cuadro 7-1: Resumen de los factores de seguridad de los análisis de estabilidad de taludes.
Cuadro 7-2: Comparación de sectores geomorfológicos en porcentaje de área según susceptibilidad ante lluvias.
Cuadro 7-3: Comparación de sectores geomorfológicos en porcentaje de área según susceptibilidad ante sismos.
Cuadro 7-4: Comparación de sectores geomorfológicos en porcentaje de área según susceptibilidad ante acción antrópica.

CAPITULO 8

Cuadro 8-1: Vulnerabilidad según espesores de relleno.
Cuadro 8-2: Vulnerabilidad según velocidad del movimiento.

CAPITULO 10

Cuadro 10-1: Obras recomendadas.
Cuadro 10-2 (A y B): Revegetalización de escarpes, terraceos y otras zonas inestables en el área de La Carbonera.



CAPITULO 11

Cuadro 11-1: Listado de viviendas que se recomienda reubicar.
Cuadros 11-2 a 11-5: Cantidades de Obra y Presupuesto.

II – ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA

1. MÉTODO DEL ESTUDIO GEOLÓGICO

Durante el estudio y evaluación del área de la quebrada La Carbonera en Ciudad Bolívar se aplicó la siguiente metodología:

- Se consultó y adquirió información aerofotográfica del área disponible en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el Ingeominas y la UPES. Se estudiaron en detalle los resultados de levantamientos geológicos previos efectuados por IGL en 1988 y la cartografía geológica a escala 1:10.000 realizado por la firma Ingeocim Ltda para la UPES en 1998.

- Se efectuó la interpretación de aerofotografías tomadas entre 1961 y 1995, Vuelo M-1142 de diciembre 61, escala 1:60.000 y Vuelo C-2612 de 1995 a escala 1:55.000 (Ver la Figura 2-2). Se realizó la fotogeología del área con base en las fotografías aéreas No. 155 a 157 del vuelo IGAC R-1183, a escala 1:12500, de febrero de 1992 donde se definieron las principales unidades litológicas y los rasgos estructurales que caracterizan el área de estudio; además se utilizaron otros vuelos de diferentes escalas para completar la geología regional. (Ver la Figura 2-2).

- Se efectuó en diciembre de 1998 un levantamiento de campo inicial, en el cual se cartografiaron los diferentes materiales que se encuentran en el área estudiada, a tiempo que se realizó el trabajo geomorfológico y de amenazas. En abril y mayo de 1999 luego de ampliar el área de estudio en el alcance del contrato, se extendió el levantamiento geológico a la zona superior de La Carbonera.

- Se localizó la información obtenida en planchas topográficas elaboradas en el mes de enero de 1999 con datos del levantamiento geológico realizado.

2. GEOLOGÍA

En el extremo sur de la ciudad de Santafé de Bogotá, se localiza el área de los barrios La Carbonera, Santa Viviana, San Antonio, Santa Helena y Santo Domingo en una zona de ladera que en parte ocupaba la Cantera de La Carbonera.

En la antigua explotación se extrajo material pétreo en la parte baja de la Formación Guaduas, resultando una depresión que fue posteriormente urbanizada. En los barrios que fueron desarrollándose se han construido un alto número de viviendas, algunas de las cuales muestran agrietamientos y asentamientos como resultado de problemas de inestabilidad local y sectorial cuya génesis se asocia con dicha explotación.

La ladera en la cual se localizan los barrios mencionados presenta hacia la parte más alta, en la divisoría de aguas, afloramientos de la formación Arenisca Tierna (Ksgt) del Grupo Guadalupe. En contacto normal se encuentra la formación Guaduas (KTg), la cual conforma una pendiente estructural en las intercalaciones de arenitas y arcillolitas de su conjunto inferior (KTgi), ahora afectado por deslizamientos activos, surcos de erosión y cárcavas.

2.1 Estratigrafía

La estratigrafía de los alrededores de la Sabana de Bogotá ha sido estudiada desde finales del siglo XIX por Hettner y posteriormente por Scheibe, Hubach y Julivert.

En los bordes de la Sabana de Bogotá aflora una secuencia de rocas sedimentarias pertenecientes al Grupo Guadalupe (Ksg) y Formación Guaduas (KTg), entre otros, y en la zona del estudio estas sedimentitas se encuentran acompañadas de depósitos cuaternarios recientes de tipos fluvioglacial (Qfg), coluvial (Qcl), de flujos mixtos (Qfm), así como depósitos antrópicos y paleosuelos orgánicos. En la Figura 2-1 se presenta una geología regional de la zona. En el plano No. 2 se presentan los resultados del levantamiento geológico de detalle y en el plano 3 varias secciones geológicas del área, de interés para el estudio.

2.1.1 Grupo Guadalupe (Ksg):

Originalmente definido por Hettner en 1892, redefinido por Hubach en 1957 y estudiado ampliamente por Julivert en 1963.

El Guadalupe de Hettner está formado por capas de arenitas y capas arcillo-silíceas que recuerdan a los "Plaeners" o intercalaciones de rocas silíceo-arcillosas. Tanto el límite inferior con la formación Villeta así como el límite superior con la formación Guaduas (KTg) no fueron definidos por Hettner.

Hubach (1957) establece una nomenclatura del tope hacia la base de la formación Guadalupe en la siguiente manera: Arenisca Tierna, Arenisca de Labor y Arenisca Dura. Posteriormente Julivert (1963), introduce el término Nivel de Plaeners entre la Arenisca de Labor y La Arenisca Dura, anotando que entre la Arenisca Tierna y la Arenisca de Labor se presenta un nivel blando (Plaeners) de poco espesor que queda sin denominar. Renzoni (1962, 1968) elevó el Guadalupe al rango de Grupo.

Actualmente el Grupo Guadalupe está dividido en la siguiente forma desde la formación más joven a la más antigua:

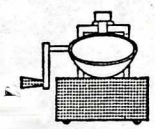
- Formación Arenisca Tierna (Ksgt), de 40 a 150 m de espesor: capas de arenitas de tamaño de grano muy variable (hasta muy grueso) con estratificación cruzada. Se explota en los bordes de la Sabana como arena para construcción.

- Nivel blando (Plaeners Superiores de Bürgl): 15 a 30 m de arcillas o material silíceo.

- Formación Arenisca de Labor (Ksgl): capas de arenitas de grano medio-fino de 75 m de espesor total; compacta y ocasionalmente con intercalaciones de porcelanitas. Se usa cortándola en grandes bloques para construcción.

- Formación Plaeners (Ksgp). Formada por capas delgadas de arcillolitas, porcelanitas, limolitas silíceas y láminas de arenita muy fina. Espesor total 150 m.

- Formación Arenisca Dura (Ksgd) (300 m de espesor): capas de arenitas de grano fino, compactas, silíceas que se utilizan como triturado.



El grupo Guadalupe se extiende por todo el departamento de Cundinamarca; se observa especialmente en los bordes de la Sabana de Bogotá formando los flancos y ocasionalmente el núcleo de grandes pliegues.

El nombre de Guadalupe proviene del cerro de Guadalupe ubicado al oriente de Bogotá. Aunque se presentan secciones estratigráficas observables en Usaquén, en la carretera de Tabio a Chía y en la quebrada del Salero al sur de Soacha, la mejor es la que se encuentra en la carretera Bogotá-Choachí. En estas localidades se nota que la estratigrafía del Guadalupe salvo pequeños cambios de espesor, es constante para toda la Sabana de Bogotá.

El límite inferior o contacto con la Formación Villeta es concordante y se localiza en la base de la formación Arenisca Dura, en el cambio de facies arcillolita a arenita.

El límite superior o contacto con la Formación Guaduas es neto y representa el paso del conjunto de arenitas de grano grueso en el tope de la formación Arenisca Tierna a arcillolitas grises con alternancia de arenitas laminares de grano fino.

El Grupo Guadadalupe fue depositado en un ambiente marino costero y se "extiende desde la parte superior del Coniaciano o el Santoniano hasta el Maestrichtiano, inclusives, aunque sin abarcar la totalidad de este último, ya que la parte inferior del Guaduas aún es maestrichtiana" (Julivert, 1968).

En el área del estudio, la parte superior del Grupo Guadalupe -Formación Arenisca Tierna (Ksgt)- aflora en la parte alta al suroriente de Santa Viviana, conformando el escarpe superior de la divisoria de aguas. La formación Arenisca Tierna en esta parte se compone de capas gruesas a medias (entre 1 y 2 m de espesor) de cuarzoarenitas bien cementadas, de tamaño de grano medio a grueso, con selección regular, texturalmente submaduras y con presencia de glauconita alterada a limolita (óxido de hierro) que da un aspecto moteado pardo-café en algunas partes de las capas de arenitas.

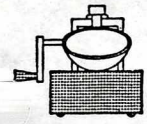
Es característica en la geometría interna de los estratos, la presencia de estructuras sedimentarias inorgánicas como: la estratificación cruzada cóncava de gran escala y la estratificación ondulada y lenticular. También se observaron estructuras sedimentarias inorgánicas externas como las ondulitas hacia los topes de las capas en las superficies de estratificación; a nivel de estructuras sedimentarias biogénicas fueron observadas algunas madrigueras particularmente thalassinoides.

2.1.2 Formación Guaduas (KTg):

La Formación Guaduas originalmente nombrada por Hettner, fue redefinida posteriormente por Hubach en la manera que actualmente se usa.

Hettner denominó Guaduas a todos los sedimentos que en la región de la Sabana de Bogotá se encuentran por encima del ahora denominado Grupo Guadalupe.

El Guaduas está formado principalmente por una secuencia de limolitas, arcillolitas y lutitas grises con gruesas intercalaciones de arenitas y capas de carbón; se destacan



como niveles guías dos intercalaciones de arenitas denominadas Arenisca Guía cerca a la base y Arenisca Lajosa cerca al tope.

La amplia extensión geográfica de las Areniscas Guía y Lajosa permitió a Hubach establecer límites más concretos dentro del Guaduas en la siguiente forma:

- Guaduas Conjunto Inferior (KTgi). Consta esencialmente de lutitas, arcillolitas y limolitas grises y arenitas grises laminares de grano fino y lentes de carbón.

- Guaduas Conjunto Medio (KTgm). Está determinado por los niveles de la Arenisca Guía en la base y la Arenisca Lajosa en la parte superior. Dentro de este conjunto se presenta una masa de arcillolitas grises con mantos de carbón explotable.

- Guaduas Conjunto Superior (KTgs). Formado por arcillolitas rojizas, verdosas y violáceas con mantos inexplotados de carbón y estratos de arenisca de grano grueso.

Según Hubach la mejor exposición de la Formación Guaduas se observa en Guatavita al norte de la Sabana de Bogotá.

En el sentido de Hubach la Formación Guaduas (KTg), queda comprendida entre el tope de la Formación Arenisca Tierna (Ksgt) del Grupo Guadalupe y la base de la Formación Arenisca del Cacho en la parte superior.

2.1.2.1 Guaduas Conjunto Inferior (KTgi)

En la zona de estudio al sur de Bogotá se presenta la parte inferior de la Formación Guaduas comprendida entre el tope de la formación Arenisca Tierna (Ksgt) y la base de una arenita espesa del Guaduas la llamada "Arenisca Guía". Esta parte del Guaduas aflora desde el barrio Perdomo hacia el sur y el sureste en dirección a la localidad de Usme.

La parte inferior de la Formación Guaduas está formada por una serie de estratos laminares de limolita y lutita gris y estratos de arenita maciza gris de grano fino.

Este nivel inferior de lutitas y limolitas grises según Julivert presenta un espesor de 65 m, el cual es suprayacido por estratos de arenita denominada "Arenisca La Guía" con un espesor total de 30 m, tal como se observa en el escarpe de la margen izquierda de la Quebrada Rosales afluente de la quebrada La Carbonera, en la parte baja al norte del barrio La Carbonera.

La antigua explotación se concentró básicamente en la extracción del material de arenitas de la parte media del Guaduas, es decir las capas que conformaban la pendiente estructural.

El espesor total de la Formación Guaduas presenta grandes variaciones; sin embargo, la parte inferior muestra un espesor casi constante de 65 m alrededor de la Sabana de Bogotá. El límite inferior de la Formación Guaduas se sitúa en el tope de la formación Arenisca Tierna, y es muy claro, pues representa el paso de arenitas de ambiente

costero a lutitas y limolitas grises de ambiente de transición marino-continental, en contacto normal y concordante, depositadas a finales del Cretácico (Maestrichtiano).

2.1.2.2 Guaduas Conjunto Medio (KTgm)

Está determinado por la presencia de la Arenisca Guía en la base y los materiales lutítico-arcillosos que reposan sobre este nivel. La Arenisca Guía es una espesa intercalación de capas de arenitas de color gris amarilloso, compactas, macizas de grano fino y composición predominantemente cuarcítica.

El límite superior del Guaduas Medio está determinado por la base de otra espesa intercalación de arenitas denominada "Arenisca Lajosa". Dentro de esas dos intercalaciones se presentan estratos de lutitas y arcillolitas grises con un gran número de mantos de carbón que constituyen la parte productiva del Guaduas.

El Guaduas Medio aparece en la margen izquierda de la quebrada Los Rosales, donde se levantó una columna compuesta a escala 1:200 (figura 1) de 43m de espesor, de los cuales los 5 primeros metros corresponden al Guaduas Inferior y los otros 38 metros pertenecen al Guaduas Medio; cabe anotar que la columna se levantó con un objetivo litológico y no estratigráfico.

Julivert en 1963 a raíz de los problemas de identificación del Guadalupe Superior (Formación Arenisca Tierna) y la parte baja del Guaduas (Arenisca Guía) presenta un artículo sobre "Estratigrafía y sedimentación de la parte inferior de la Formación Guaduas al S. de la Sabana de Bogotá". Concluye Julivert que "las arenitas que se encuentran en la parte más inferior del Guaduas y las que forman el nivel denominado Arenisca Guía, son semejantes a las de la Formación Guadalupe tanto por su composición mineralógica como por sus características granulométricas y cementaciones".

Sin embargo existen algunas características macroscópicas que se pueden utilizar para diferenciar estas dos unidades, como son:

- La presencia de mantos de carbón en la Formación Guaduas y la ausencia de estos en el Grupo Guadalupe.

- El tamaño de grano muy fino, fino y medio de las arenitas se mantiene constante dentro de ese rango para el Guaduas Inferior y Medio, mientras que para la Arenisca Tierna del Grupo Guadalupe, el grano es predominantemente grueso a conglomerático y para la Formación Arenisca de Labor, también del Guadalupe, el grano varía de medio a grueso.

- Los ichnofósiles y foraminíferos presentes en la Formación Arenisca Tierna y en la Formación Arenisca de Labor respectivamente, no se observaron en las capas gruesas de arenitas que corresponden a la Formación Guaduas.

- La Formación Arenisca Tierna presenta una marcada alternancia de capas, con estructuras sedimentarias inorgánicas internas como: estratificación cruzada, ondulada y lenticular y externas como: ondulitas y megaóndulas.

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA - LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR

CUADRO 2-1: REGISTRO DE DISCONTINUIDADES POR ESTACIÓN

Estación	Condiciones de las Discontinuidades													
	Tipo	Dirección	Abertura		Continuidad		Superficie		Rugosidad		Relleno		Espaciamiento (m)	Infiltración
			Abierta	Cerrada	Continua	Discontinua	Plana	Ondulosa	Rugosa	Lisa	Arena	Arcilla		
E - 1	Estratificación	N30W/28NE												
	Diaclasa	N45E/84NW	≥2cm			x	x	x	x				0.05-0.40	Seca
	Diaclasa	N60W/86SW	≥2 cm			x	x	x	x				0.10-0.50	Seca
E-2	Estratificación	N60W/35NE												
E-3														
E-4	Estratificación	N50E/35SE												
E-5	Estratificación	N-S/15E												
E-6	Estratificación	N35E/20SE												
E-7	Estratificación	E-W/25NE												
E-8	Estratificación	N70W/30SW												
E-9	Estratificación	N70E/38SE												
E-10	Estratificación	N65W/15NE												
E-11	Estratificación	N30W/20NE												
E-12	Estratificación	N10E/45NW												
E - 13	Estratificación	N45W/60NE												
	Estratificación	N60E/38SE												
	Diaclasa	N35E/76NW		x		x	x		x				0.05-0.20	
	Diaclasa	N40W/30SW		x		x	x		x				0.05-0.20	
	Diaclasa	N25E/55NW		x		x	x		x				0.05-0.20	
	Diaclasa	N70E/63SE		x		x	x		x				0.05-0.20	
E-14	Estratificación	N70W/35SW												
E - 15	Estratificación	N60W/24NE												
	Diaclasa	N-S/78W		x			x		x				0.50-0.60	
	Diaclasa	N60W/64SW		x			x		x					
	Diaclasa	N45E/84NW	0.5 mm	x			x		x				<0.05	
	Diaclasa	N78E/48SE							x					

000018

Estación	Condiciones de las Discontinuidades													
	Tipo	Dirección	Abertura		Continuidad		Superficie		Rugosidad		Relleno		Espaciamiento (m)	Infiltración
			Abierta	Cerrada	Continua	Discontinua	Plana	Ondulosa	Rugosa	Lisa	Arena	Arcilla		
E-16	Estratificación	N55W/23SW												
E-17	Estratificación	N20W/24NE												
	Estratificación	N45E/75NW												
E-18	Estratificación	N35W/40NE												
E-19	Estratificación	N70E/80NW												
E -20	Estratificación	N5E/25SE												
	Diaclasa	N50E/70NW		x			x		x				0.50-0.60	
	Diaclasa	N35W/70SW	0.5mm				x		x				0.05-0.30	
	Diaclasa	N80E/82SE	x				x		x				~0.05	
	Diaclasa	E-W/80S	x				x		x				<0.05	
	Diaclasa	N10W/30NE	2.5mm			x	x			x				
	Diaclasa	N25E/80NW	<5mm				x		x				<0.05	
E-21	Estratificación	N70E/15SE												
E-22	Estratificación	N30W/20SW												
E-23	Estratificación	N25W/20NE												
	Diaclasa	N55E/80NW	x					x	x				0.05	
	Diaclasa	N55W/75NE	x					x	x				0.05	
E-24	Estratificación	N15E/44SE												
		N70W/30NE												
E-25	Estratificación	N55W/20NE												
E-26	Estratificación	N55W/30NE												
E-27	Estratificación	N55W/25NE												
E-28	Estratificación	N55W/15NE												
E-29	Estratificación	N35W/20NE												
E-30	Estratificación	N25W/24NE												
E-31	Estratificación	N80E/32NW												
		N27W/40NE												
E-32	Estratificación	N40E/26NW												
	Estratificación	N55W/22NE												
E-33	Estratificación	N70E/20NW												
	Diaclasa	N75E/75SE	x			x		x	x		Suelo residual		~0.60	
	Diaclasa	N25W/85NE	2mm					x	x				0.05-0.10	
E-34	Estratificación	N50W/18NE												
E-35	Estratificación	N40W/25NE												
E-36	Estratificación	N40W/25NE												

000019

Estación	Condiciones de las Discontinuidades													
	Tipo	Dirección	Abertura		Continuidad		Superficie		Rugosidad		Relleno		Espaciamiento (m)	Infiltración
			Abierta	Cerrada	Continua	Discontinua	Plana	Ondulosa	Rugosa	Lisa	Arena	Arcilla		
E-36	Diaclasa	N85W/90	2cm				x		x		Suelo residual		<0.05	
	Diaclasa	N-S/40W	≤2cm				x		x		x		<0.05	
	Diaclasa	N55W/44SW	<0,5mm				x		x				<0.05	
	Diaclasa	N15E/66NW	1cm		x			x	x			x	0.10	
	Diaclasa	N50E/70SE		x		x							>0.10	
	Diaclasa	N40W/70SW	<5mm		x			x	x				0.40	
	Diaclasa	N25W/50NE	<5mm			x		x	x					
	Diaclasa	N32E/70SE	5mm		x		x			x			~0.10	
	Diaclasa	N-S/78W	x		x			x					0.10	
	Diaclasa	N65E/74NW		x		x		x	x					
	Diaclasa	N30E/58NW	2 cm		x			x	x			x		
	Diaclasa	N35W/72NE	1cm			x	x		x				0.10	
	Diaclasa	N85W/80SW	2mm		x			x	x			x		
E-37	Estratificación	N35W/20SW												
E-38	Estratificación	N50W/25NE												
E-39	Estratificación	N40E/28SE												
	Estratificación	N25W/20NE												
	Diaclasa	N60E/65NW	x	x	x								<0.01	
E-40	Estratificación	N80W/35NE												
E-41	Estratificación	N65W/25NE												
E-42	Estratificación	N75W/30NE												
	Diaclasa	N70W/70SW	<1cm							x				
	Diaclasa	N40E/65SE		x	x				x					
E-43	Estratificación	N65W/15NE												
E-44	Estratificación	N35W/16NE												
E-45	Estratificación	N20E/68SE												
E-46	Estratificación	N45E/10NW												
E-47	Estratificación	N50W/22NE												
E-48	Estratificación	N15W/57NE												
E-49	Estratificación	N8W/25NE												
E-50	Plano de falla	N25E												
E-51	Estratificación	N35E/15NW												
E-52	Estratificación	N55W/20NE												
E-53	Estratificación	N54W/18NE												
E-54	Estratificación	N35W/24NE												

000020

Estación	Condiciones de las Discontinuidades													
	Tipo	Dirección	Abertura		Continuidad		Superficie		Rugosidad		Relleno		Espaciamiento (m)	Infiltración
			Abierta	Cerrada	Continua	Discontinua	Plana	Ondulosa	Rugosa	Lisa	Arena	Arcilla		
E-55	Diaclasa	N10E/64SE												
	Diaclasa	N35E/46SE												
	Diaclasa	N60W/32SE												
E-56	Estratificación	N10W/32NE						x	x				1.00	
	Diaclasa	N12E/82SE						x		x		x	0.50	
	Diaclasa	N70W/60SW						x		x		x	0.05	
	Diaclasa	N70W/82NE						x		x			0.50	
E-57	Estratificación	N40W/8NE						x		x		x	0.05	
	Estratificación	N60W/20NE						x		x		x	0.05	
	Diaclasa	N70E/65SE					x			x		x	0.01	
	Diaclasa	N15E/82SE						x		x			0.30	
	Diaclasa	N78W/56SW						x		x			0.30	
E-58	Estratificación	N85W/30NE					x		x			x	0.50	
	Estratificación	EW/28N					x		x			x	0.20	
	Diaclasa	N39W/77NE						x	x				0.20	
	Diaclasa	N85E/72SE						x	x				0.20	
	Estratificación	N80E/22NW					x		x			x	0.30	
	Diaclasa	N13W/75NE					x		x				1.00	
E-59	Diaclasa	N20W/75NE					x			x			0.80	
	Diaclasa	EW/73S					x			x	x		0.05	
	Diaclasa	N47E/36NW					x			x	x		0.50	
	Diaclasa	N55E/72SE					x			x			0.20	
	Estratificación	N84W/38NE						x	x				0.50	
	Estratificación	N47W/12NE						x	x				0.50	
E-60	Diaclasa	N10E/80SE						x		x			1.50	
	Estratificación	N70E/32NW						x		x			1.00	
	Diaclasa	N70E/50SE					x			x		x	0.04	
	Diaclasa	N55E/55SE					x			x		x	0.04	
	Estratificación	N83W/40NE					x		x				0.50	
	Estratificación	N40W/20NE					x		x				0.50	
E-61	Estratificación	N45W/32NE					x		x				1.50	
	Diaclasa	N45W/85SW					x			x			0.30	
E-62	Estratificación	N20E/20NW					x			x			0.30	
	Diaclasa	N40W/73NW					x			x			0.30	
	Estratificación	NS/15E											1.00	

00021

Estación	Condiciones de las Discontinuidades													
	Tipo	Dirección	Abertura		Continuidad		Superficie		Rugosidad		Relleno		Espaciamiento (m)	Infiltración
			Abierta	Cerrada	Continua	Discontinua	Plana	Ondulosa	Rugosa	Lisa	Arena	Arcilla		
E-62	Estratificación	N10E/15NW												
	Diaclasa	N80E/81SE					x			x			0.05	
	Diaclasa	N36W/44SW					x			x			0.05	
E-63	Estratificación	N55W/40NE					x		x				0.05	
	Estratificación	N70E/18NW						x		x			0.50	
	Diaclasa	N15W/80NE					x			x			0.70	
	Diaclasa	N40E/35SE					x			x			0.50	
E-64	Diaclasa	N80E/70SE					x			x		x	0.50	
	Diaclasa	N55E/64SE					x			x			0.50	
	Estratificación	N43E/6NW					x			x			1.00	
	Diaclasa	N5E/72SE					x		x			x	1.00	
E-65	Estratificación	N70E/24NW						x		x			1.00	
	Diaclasa	N52E/80SE					x			x	x		0.50	
	Diaclasa	N24W/74NE						x		x			0.04	
	Estratificación	N65W/48NE						x		x			1.00	
E-66	Diaclasa	N80E/46SE					x			x			0.10	
	Diaclasa	N68W/56SW						x		x			0.30	
	Diaclasa	N63W/15NE					x			x		x	0.05	
	Estratificación	N50W/14NE						x		x			0.05	
	Estratificación	N45W/28NE						x		x			0.05	
E-67	Estratificación	N15E/25NW					x			x			0,30	
	Estratificación	N78W/15NE					x			x			0.30	
	Diaclasa	N23E/73SE					x			x			0.50	
	Diaclasa	N55W/60SW					x			x			0.50	
E-68	Estratificación	N85E/15NW						x	x				1.50	
	Diaclasa	N41E/46SE					x			x			0.03	
	Diaclasa	N18E/69SE					x			x			0.10	
	Estratificación	N03W/09NE						x	x				1.50	
E-69	Estratificación	N50E/09NW						x	x				1.00	
	Estratificación	N70E/05NW						x	x				1.00	
	Diaclasa	N65E/73SE					x			x			0.05	
	Diaclasa	N36E/85SE						x		x			1.20	
E-70	Estratificación	N60E/08NW						x		x			1.20	
	Diaclasa	N35W/83SW						x		x			0.02	
	Diaclasa	N62W/72SW						x		x			0.05	

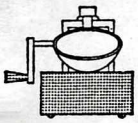
000022

Estación	Condiciones de las Discontinuidades													
	Tipo	Dirección	Abertura		Continuidad		Superficie		Rugosidad		Relleno		Espaciamiento (m)	Infiltración
			Abierta	Cerrada	Continua	Discontinua	Plana	Ondulosa	Rugosa	Lisa	Arena	Arcilla		
E-71	Estratificación	N77E/12NW						x	x				1.50	
	Diaclasa	N79E/68SE						x		x			0.10	
	Diaclasa	N40W/80NE					x			x			0.05	
	Diaclasa	N60E/35SE					x			x			0.10	
E-72	Estratificación	N48W/26NE						x	x				1.50	
	Diaclasa	N68W/43SW						x		x			0.50	
	Diaclasa	N42W/82SW						x		x			0.30	
E-73	Estratificación	N60W/07NE						x	x				1.20	
	Diaclasa	N52W/78NE					x			x			0.50	
	Diaclasa	N57E/82NW					x			x			0.50	
E-74	Estratificación	N12E/28NW						x	x				1.70	
	Diaclasa	N78E/72SE						x	x				0.50	
	Diaclasa	N55W/40SW					x			x			0.05	
	Diaclasa	N40W/70SW					x			x			0.30	
E-75	Estratificación	N22W/33NE						x	x				1.00	
	Diaclasa	N50E/63NW					x			x			0.01	
	Diaclasa	N40W/83SW					x			x			0.50	
	Diaclasa	N70W/30NE						x		x			0.50	
E-76	Estratificación	N67W/24NE						x	x				1.00	
	Diaclasa	N66E/78SE					x			x			0.50	
E-77	Estratificación	N78W/30NE						x		x			0.50	
	Diaclasa	N85W/80SW					x			x			0.50	
	Diaclasa	N40E/68SE					x			x			0.10	
E-78	Estratificación	N4W/35NE						x	x				0.50	
	Diaclasa	N51E/56SE					x			x			0.10	
	Diaclasa	N20E/70SE					x			x			0.30	
	Diaclasa	N75E/07NW					x		x				1.00	
E-79	Estratificación	N57W/27NE						x	x				1.00	
	Diaclasa	N30E/32SE						x		x			0.50	
	Diaclasa	N17W/58SW					x			x			0.30	
E-80	Estratificación	N38W/32NE						x		x			1.50	
	Estratificación	N80W/22NE						x	x				1.50	
	Diaclasa	N49E/37SE					x			x			0.50	
E-81	Estratificación	N25W/08NE						x	x				2.00	
	Estratificación	N80E/06NE						x	x				1.30	

000023

Estación	Condiciones de las Discontinuidades													
	Tipo	Dirección	Abertura		Continuidad		Superficie		Rugosidad		Relleno		Espaciamiento (m)	Infiltración
			Abierta	Cerrada	Continua	Discontinua	Plana	Ondulosa	Rugosa	Lisa	Arena	Arcilla		
E-81	Diaclasa	N73W/85SW					x			x			0.50	
E-82	Estratificación	N62E/14NW						x		x			1.50	
	Diaclasa	N15E/44NW					x			x			0.05	
	Diaclasa	N25E/75SE					x			x			0.50	
E-83	Estratificación	N79W/20NE						x		x			1.00	
	Diaclasa	N32W/87SW					x			x			0.50	
	Diaclasa	N40E/70SE						x	x				0.50	
E-84	Estratificación	N45W/27NE						x	x				1.50	
	Diaclasa	N54E/60SE						x		x			0.50	
	Diaclasa	N20W/74NE						x		x			0.30	
E-85	Estratificación	N74W/24NE						x	x				1.20	
	Diaclasa	N60W/18NE						x		x			0.05	
	Diaclasa	N83E/39SE					x			x			0.01	
E-86	Estratificación	N80W/22NE					x		x				0.02	
	Estratificación	N82W/18NE						x		x			0.02	
	Estratificación	N75W/17NE						x	x				1.00	
	Diaclasa	N60E/77SE						x		x			0.80	
	Estratificación	E-W/22N						x		x			0.50	
	Estratificación	N85W/16NE						x	x				1.00	
	Diaclasa	N40E/62SE					x			x			0.50	
	Diaclasa	N62E/76SE					x			x			0.50	
	Diaclasa	N70E/70SE					x			x			0.50	
	Diaclasa	N32W/82NE						x		x			1.50	
	Diaclasa	N40E/80SE						x		x			1.20	
	Estratificación	N30W/27NE					x			x			0.10	

000024



clasificaron los suelos hasta gran grupo y sus principales características se definen a continuación.

3.3.1 Suelos USTORENT

Suelos de naturaleza mineral, muy poco evolucionados, sin horizontes propiamente dichos dentro del perfil, presentan una capa superficial u horizonte Ocrico[1] depositado por procesos erosivos sobre el material parental poco meteorizado, de color claro, de reacción negativa, con pendiente pronunciada y erosión severa. Régimen de humedad seco pero con una estación lluviosa durante el año; localizados sobre formas transportadas como coluviones y rellenos. Para la zona estudiada se describen en los perfiles 3, 6, 8 y 10 del Cuadro 4-1. Horizontes diagnósticos: Epipedón Ocrico y ausencia de Endopedón.

Categoría	Elemento formativo	Mensaje
Orden	Entisol: ENT	Bajo nivel de intemperismo, no hay procesos definidos de formación de suelos, naturaleza mineral.
Suborden	ORT	Suelos formados en pendientes fuertes con presencia de procesos erosivos.
Gran grupo	UST	Régimen de humedad Ustico, la mayoría del tiempo seco pero con periodos de lluvia durante el año.

3.3.2 Suelos DYSTROCREPT

Suelos con mayor evolución y con presencia de horizontes diagnósticos aunque muy incipientes, con evidencia de todos los procesos de formación sin predominio de ninguno, bajos contenidos de bases de cambio y fertilidad potencial baja. Los de la zona estudiada se localizan sobre la formación Guaduas y se describen en los perfiles 1, 2, 4, 5, 7, 9 y 11 del Cuadro 4-1. Horizontes diagnósticos: Epipedón Ocrico y Endopedón Cámbico.

Categoría	Elemento formativo	Mensaje
Orden	Inceptisol EPT	Hay evidencia de procesos pero ninguno definido. Suelos minerales con evolución.
Suborden	OCR	Presencia de un horizonte ócrico, con bajo contenido de materia orgánica y colores claros.
Gran grupo	DYSTR	Bajo saturación de bases de cambio, baja fertilidad.

En el plano 10 se presenta el Mapa Actual de Suelos del área de La Carbonera.

[1] Horizonte que no tiene las características que definen los otros horizontes diagnósticos.

4. SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSION

La erosión, entendida como el proceso de desprendimiento, transporte y sedimentación de partículas de suelo, depende de condiciones específicas de los agentes erosivos (Erosividad) y del suelo (Erosionabilidad).

La Erosividad se refiere a la capacidad de desprendimiento y de arrastre que tienen los agentes erosivos como el viento y la lluvia, mientras que la Erosionabilidad es la susceptibilidad que tiene el suelo de ser erosionado y depende de sus características fisicoquímicas y mineralógicas, de la naturaleza del material parental y del tipo y grado de pendiente. La pérdida de suelo se modifica con el grado de cobertura vegetal y con las prácticas de manejo antrópico de aguas y suelos.

En la zona de estudio los suelos Entisoles presentan una alta Erosionabilidad debido a los bajos contenidos de materia orgánica, mala estructuración, baja cohesión de sus agregados y baja estabilidad estructural.

Los Inceptisoles son un poco menos erosionables porque tienen mayor cohesión, plasticidad y mejor estructuración. Sin embargo, en el área de estudio debido a las pendientes pronunciadas, al bajo contenido de materia orgánica, a la ausencia de cobertura vegetal y al mal manejo del agua por parte de los habitantes del sector se presentan procesos de erosión severa en toda la zona y en el 90% del área no hay suelos. (Ver el Plano 11).

5. CARACTERIZACIÓN EDAFOLOGICA Y DE VEGETACIÓN EN EL ENTORNO

5.1 Suelos

En el área de estudio el relieve es fuertemente ondulado, con pendiente que varía de 15% a 40% en algunos sectores. Los suelos son moderadamente profundos de textura franca limosa en el primer horizonte y moderadamente gruesa en el resto del perfil, con drenaje interno regular y drenaje natural bien drenado, con erosión laminar en grado severo, presencia de surcos, cárcavas de diversos tamaños, afloramiento de horizontes subsuperficiales, desprendimientos, excavaciones y rellenos producto de la intensa actividad antrópica, con alta deforestación, mal manejo de aguas lluvias y residuales y condiciones de hacinamiento que presionan al máximo los suelos, generando condiciones de alto riesgo de deslizamientos y otros movimientos en masa.

La capa orgánica superficial ha desaparecido y se encuentra el material parental en la superficie, con características desfavorables para la colonización vegetal: suelo con baja fertilidad, apedal (sin estructura), en algunos sitios masivo y en la zona del deslizamiento principal actual (Barrio Vista hermosa), los diferentes horizontes han sido mezclados y se presenta alta pedregosidad.

La situación anterior se ve agravada por el clima de la región que es seco, con un promedio anual de lluvia de 1.000 mm, con temperatura promedio de 10°C, con picos altos de 14°C y bajos de 7°C y una altura de 2650 msnm.

5.2 Vegetación

El bosque natural ha sufrido un intenso proceso de deforestación y actualmente subsiste una vegetación espontánea, invasora, de tipo xerofítico, que inicia el proceso de colonización del suelo desnudo, creciendo en parches aislados, siendo muy frecuentes los estratos herbáceo y arbustivo y la carencia de un estrato arbóreo definido.

Esta vegetación secundaria desarrollada en el área está conformada por un estrato herbáceo (gramíneas y compuestas) y un estrato arbustivo, con cobertura del suelo menor al 10%, quedando el material parental al descubierto.

En general, es común encontrar especies arbustivas como Dodonea viscosa (chanamo), Cytissus monspessulanus (retamo liso), Ulex europaeus (retamo espinoso), Eupathorium sp. (chilco), Lantana bojacana (lantana), Monina salicifolia (bodoquera), Solanum lycioides, Solanum sp. (lulo de perro), Masequia bidens, Bacharis bogotensis (ciro), Bacharis microphyla (chilco), Solanum heterofilum (fregaplatos).

En el estrato inferior se encuentran algunas herbáceas como Pennisetum clandestinum (kikuyo), Bromus sp. (triguillo), Holcus lanatus (falsa poa), Trifolium repens (trébol blanco), Trifolium pratense (trébol rojo) y plantas espontáneas como el Diente de león, las malvas, y algunas escobas.

En el capítulo 11 se presenta una relación de las especies recomendadas para la recuperación vegetal de la zona.

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA - LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR

CUADRO 4-1: DETERMINACIONES FISICAS DE LOS SUELOS

Perfil	1			2				3	
Ubicación	Santa Viviana, Manzana 69 - lote 9			Santa Viviana, Manzana 54 - lote 17				Santa Viviana, Manzana 61 - lote 8	
Horizonte	A	B	C	A	A'	B	C	A	C
Espesor	33 cm	17 cm	mas de 100 cm	30 cm				18 cm	120 cm
Color y Manchas	Café oscuro	Negro	Pardo amarillo 10YR 5/8	Pardo gris oscuro	Pardo gris	Gris claro	Pardo amarillo	Pardo rojizo oscuro	Pardo amarillo
Nombre Munsell	7,5YR 3/4	5Y 2,5/1	Gris claro 10YR 7/1	10 YR 4/2	10 YR 6/8	10 YR 7/2	10 YR 5/8	5 YR 3/2	10YR 5/8
Textura al tacto	Franco arenoso	Areno limoso	Arenoso	Areno limoso	Areno limoso	Arenoso	Arenoso	Franco limoso	Roca arenisca
Estructura:									
Tipo	Migajosa	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Migajosa	Migajosa	Migajosa	Roca	Migajosa	Roca
Grado	Débil	Débil	Moderada	Débil	Fuerte	Fuerte		Débil	
Clase	Fina	Media	Media	Fina	Masiva	Fina		Fina	
Consistencia:	Suelto	Suelto	Duro	Suelto	Duro	Suelto	Duro	Suelto	Duro
Seco	Friable	Friable	Friable	Friable	Friable	Friable		Friable	
Húmedo	Lig.plástico	No plástico	No plástico	Lig.plástico	Lig.plástico	No plástico		Lig.plástico	
Mojado	Lig.pegajoso	No pegajoso	No pegajoso	Lig.pegajoso	Lig.pegajoso	No pegajoso		Lig.pegajoso	
Poros:									
Cantidad	Abundantes	Pocos	Pocos	Regular	Pocos	No hay	No hay	Regular	No hay
Tamaño	Medianos	Grandes	finos	Finos	Finos			Medianos	
Actividad macroorg	Abundante	Poca	No hay	Regular	Poca	No hay	No hay	Regular	No hay
Raíces:									
Cantidad	Abundantes	Pocas	No hay	Abundantes	Regular	No hay	No hay	Abundantes	No hay
Tamaño	Medianas	Finas		Finas	Finas			Finas	
Reacción:									
HCl	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
H_2O_2	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
NaF	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Límites									
Nitidez	Gradual	Difuso	---	Abrupto	Gradual	Difuso	---	Abrupto	---
Topograf.	Ondulado	Quebrado		Plano	Ondulado	Qubrado		Irregular	
Epipedón	Ocrico			Ocrico entrerrado por suelo excavado				Ocrico	
Endopedón	Cámbico			Cámbico incipiente				No hay.	
Taxonomía	Inseptisol			Inceptisol				Entisol	

00029

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA

CUADRO 4-1: DETERMINACIONES FISICAS DE LOS SUELOS

Perfil	4			5			6	
Ubicación	Santo Domingo, Manzana 49 - lote 34			Santo Domingo, Manzana 51 - lote 9			Santo Domingo, Manzana 51 - lote 9	
Horizonte	A	B	C	A	B	C	A	C
Espesor	25 cm	20 cm	100 cm	20 cm	70 cm	150 cm	48 cm	150 cm
Color y Manchas	Pardo rojizo oscuro	Pardo amarillo	Amarillo	Pardo amarillo	Pardo amarillo 10 YR 5/8	Gris muy oscuro	Pardo rojizo oscuro	Pardo amarillo
Nombre Munsell	5 YR 3/2	10 YR 5/8		10 YR 5/6	Pardo gris osc. 10 YR 3/2	5 YR 3/1	5 YR 3/3	10 YR 5/8
Textura al tacto	Fraanco limoso	Franco arenoso	Roca Arenisca	Franco limoso	Franco arcilloso	Arcilloso	Franco Arcilloso	Roca arenisca
Estructura:								
Tipo	Migajosa	Migajosa	Roca compacta	Migajosa	Granular	---	Migajosa	Roca consistente
Grado	Débil	Débil		Débil	Débil		Débil	
Clase	Mediana	Media, con piedras		Fina	Mediana		Fina	
Consistencia:	Suelto	Suelto	Duro	Lig. Duro	Lig. Duro	Muy Duro	Lig. Firme	Muy duro
Seco	Friable	Friable		Friable	Friable	Firme	Friable	Firme
Húmedo	Lig.plástico	No plástico		Lig.pegajoso	Pegajoso	Pegajoso	Lig.pegajoso	No pegajoso
Mojado	Lig.pegajoso	Lig.pegajoso		Lig.plástico	Plástico	Plástico	Lig.plástico	No plástico
Poros:								
Cantidad	Pocos	Pocos	No hay	Abundantes	Pocos	No hay	Pocos	No hay
Tamaño	Pequeños	Pequeños		Medianos	Medianos		Pequeños	
Actividad macroorg	Regular	Poca	No hay	Regular	Poca	No hay	Poca	No hay
Raíces:								
Cantidad	Abundantes	Pocas	No hay	Abundantes	Pocas	No hay	Abundantes	No hay
Tamaño	Medianas	Finas		Finas	Finas		Medianas	
Reacción:								
HCl	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
H_2O_2	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
NaF	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Límites								
Nitidez	Difuso	Difuso	---	Difuso	Gradual	---	Abrupto	---
Topograf.	Ondulado	Quebrado		Ondulado	Ondulado		Plano	
Epipedón	Ocrico			Ocrico			Ocrico	
Endopedón	Cámbico incipiente			Cámbico incipiente			No hay	
Taxonomía	Inceptisol			Inceptisol			Entisol	

0 0 0 0 3 0

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA

CUADRO 4-1: DETERMINACIONES FISICAS DE LOS SUELOS

Perfil	7				8		9		
Ubicación	Santa Viviana, Manzana 76 - lote 12				San Antonio, Manzana 1 - lote 1		San Antonio, Manzana 1 - lote 17		
Horizonte	A'	A	B	C	A	C	A	B	C
Espesor	120 cm	38 cm	25 cm	40 cm	35 cm	120 cm	30 cm	15 cm	120 cm
Color y Manchas	Relleno misceláneo rocoso	Pardo rojizo oscuro	Pardo amarillo	Lutitas negras	Pardo gris muy oscuro	Pardo amarillo	Pardo gris muy oscuro	Pardo gris	Pardo amarillo
Nombre Munsell		5 YR 3/2	10YR 5/3		10YR 3/2	10 YR 5/8	10YR 3/2	10YR 6/8	10 YR 5/8
Textura al tacto	Franco limoso	Franco arenoso	Arenoso	---	Franco limoso con gravilla	Arenoso	Franco limoso con grava	Arenosa	Roca arenisca
Estructura:									
Tipo	Apedal	Migajosa	Migajosa	Laminar	Migajosa	Bloques subangulares	Migajosa	Migajosa	Blocosa
Grado	Suelta	Débil	Débil	Débil	Fuerte	Regular	Débil	Débil	Fuerte
Clase		Fina	Fina	Gruesa	Media	Media	Fina	Fina	Gruesa
Consistencia:	Suelta	Suelta	Suelta	Ext. dura	Dura	Dura	Suelto	Suelto	Duro
Seco	Friable	Friable	Friable	Firme	Lig. Firme	Firme	Friable	Friable	Firme
Húmedo	Lig pegajoso	No pegajoso	No pegajoso	No pegajoso	No plástico	No plástico	Lig plástico	No plástico	No plástico
Mojado	Lig plástico	No plástico	No plástico	No plástico	lig pegajoso	No pegajoso	Lig pegajoso	No pegajoso	No pegajoso
Poros:									
Cantidad	Abundantes	Pocos	Pocos	---	Regular	Pocos	Regular	Pocos	---
Tamaño	Finos	Finos	Finos		Medianos	Finos	Pequeños	Pequeños	
Actividad macroorg	Poca	No hay	No hay	----	Regular	No hay	Regular	Poca	No hay
Raíces:									
Cantidad	No hay	No hay	No hay	No hay	Abundantes	No hay	Regular	Pocas	No hay
Tamaño					Medianas		Finas	Finas	
Reacción:									
HCl	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
H_2O_2	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
NaF	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Límites									
Nitidez	Gradual	Abrupto	Difuso	---	Gradual	---	Gradual	Gradual	---
Topograf.	Plano	Quebrado	Ondulado		Plano		Quebrado	Ondulado	
Epipedón	Ocrico sepultado por material de relleno				Ocrico		Ocrico		
Endopedón	Cámbico incipiente				No hay		Cámbico incipiente		
Taxonomía	Inceptisol				Entisol		Inceptisol		

000031

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA

CUADRO 4-1: DETERMINACIONES FISICAS DE LOS SUELOS

Perfil	10		11			
Ubicación	San Antonio, Manzana 7 - lote 23		Perdomo Alto			
Horizonte	A	C	A'	A	B	C
Espesor	80 cm	150 cm	70 cm	20 cm	20 cm	40 cm
Color y Manchas	Pardo rojizo oscuro	Café Fuerte	Relleno misceláneo rocoso	Pardo rojizo oscuro	Gris rosáceo	Gris muy oscuro
Nombre Munsell	5 YR 3/2	7.5 YR 5/8		5 YR 3/3	5 YR 3/1	5 YR 3/1
Textura al tacto	Limo arcilloso	Arenoso	Franco limoso	Limo arenoso	Arenoso	Franco arcilloso
Estructura:						
Tipo	Migajosa	Bloques angulares	Apedal suelta	Bloques subangulares	Migajosa	Granular
Grado	Débil	Débil		Regular	Débil	Débil
Clase	Fina	Gruesa		Media	Fina	Fina
Consistencia:	Suelta	Dura	Suelta	Suelta	Suelta	Lig dura
Seco	Friable	Firme	Friable	Friable	Friable	Firme
Húmedo	Lig pegajoso	No pegajoso	Lig pegajoso	No plástico	No plástico	Lig plástico
Mojado	Lig plástico	No plástico	Lig plástico	Lig pegajoso	No pegajoso	Lig pegajoso
Poros:						
Cantidad	Abundantes	Pocos	Pocos	Pocos	No hay	No hay
Tamaño	Pequeños	Pequeños	Finos	Finos		
Actividad macroorg	Regular	No hay	Poca	No hay	No hay	No hay
Raíces:						
Cantidad	Abundantes	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
Tamaño	medianas					
Reacción:						
HCl	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
H_2O_2	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
NaF	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Límites						
Nitidez	Abrupto	---	Abrupto	Gradual	Gradual	---
Topograf.	Ondulado		Plano	Ondulado	Ondulado	
Epipedón	Ocrico		Ocrico, sepultado por material de relleno			
Endopedón	No hay		Cámbico			
Taxonomía	Entisol		Inceptisol			

000032

V – ESTUDIO HIDROLOGICO, HIDRAULICO Y DE SOCAVACIÓN

1. GENERALIDADES.

La Quebrada La Carbonera, se encuentra ubicada en el costado sur oriental de la ciudad de Bogotá, atraviesa los Barrios La Carbonera y Perdomo Alto, y desemboca en el río Tunjuelito, como parte del sistema de alcantarillado pluvial del sur-este de la ciudad de Bogotá.

Se caracteriza por tener una topografía de montaña, con pendiente máxima de la cuenca del 26% y un área de unos 1.0 Kms2; se encuentra ubicada en el cauce medio del Río Tunjuelito, sobre la margen izquierda. En la Figura 5-1 se anexa un esquema de la cuenca de la quebrada de la Carbonera.

2. OBJETIVOS

Los principales objetivos del estudio realizado son los siguientes:

- Hallar el caudal máximo, esperado para diferentes periodos de retorno, de la quebrada La Carbonera, a la altura de su confluencia con la Quebrada Los Rosales en el Barrio Perdomo Alto.

3. ANALISIS DE INFORMACION DISPONIBLE

Para la elaboración del Estudio, se consultó la siguiente información básica:

3.1. Cartografía.

Se cuenta con la siguiente información cartográfica.

- Cartografía en escala 1: 2000 del I.G.A.C. de 1979
- Levantamiento topográfico de la cuenca La Carbonera.

3.2. Información Hidroclimatológica

Se consultó el Estudio para el Análisis y caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá de la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Noviembre de 1995

Se recopiló y analizó la siguiente información hidroclimatológica:

Estaciones Climatológicas

CODIGO	ESTACION	OPERADA POR	TIPO	ELEVACION (m.s.n.m.)	COORDENAS		PERIODO DE REGISTRO (Años)
					N	E	
2120872	San Jorge	HIMAT	PVG	2900	990.300	988.500	27
2120085	El Bosque	CAR	PVG	2880	986.500	1.000.000	25
2120523	Observatorio Meteorológico Nacional	HIMAT	C.P.	2556	1.004.475	999.500	24

Con base en la información disponible en las estaciones pluviográficas de Guaymaral, San Jorge, Apostólica y Granjas, se obtuvo la zona 4, en el estudio de caracterización de tormentas, para elaborar las curvas I-D-F que se utilizó en el presente estudio de la cuenca de la quebrada La Carbonera, para obtener los caudales máximos esperados.

Precipitación media mensual

La precipitación media mensual se analizó con la estación San Jorge, tiene un comportamiento unimodal, con un periodo húmedo (Abril - Noviembre) y un periodo seco (Diciembre - Abril).

La precipitación media anual multianual es de 1404 mm, con un máximo mensual en Julio (192 mm) y un mínimo mensual en enero (34 mm).

A continuación se anexa el diagrama de variación de los valores medios mensuales de precipitación, cuyo régimen corresponde al típico comportamiento de los Llanos Orientales.

Con la información disponible en el Observatorio Meteorológico Nacional de 1961 a 1985, se presentan las principales características climatológicas, del área a saber:

Temperatura media mensual

La temperatura media mensual tiene pocas variaciones a lo largo del año, esta en 14 y 15 °C. A continuación se presenta el diagrama de variaciones de las temperaturas medias mensuales.

Evaporación

El comportamiento de la evaporación media mensual, esta de acuerdo con el régimen medio mensual de lluvias, presentando las mayores valores de evaporación en el mes más seco (Julio con 96 mm) y la menor evaporación en el mes más húmedo (Noviembre con 76 mm). L a evaporación media anual multianual es de 1052 mm. A continuación se presenta el diagrama de variaciones de evaporaciones medias mensuales multianuales.

Humedad Relativa

La humedad relativa presenta poca variación a lo largo del año, con valores medios mensuales entre 68 y 75 % y un medio anual multianual del 73%. , A continuación se presenta el diagrama de variación media mensual multianual.

4. ANALISIS DE CAUDALES MAXIMOS ESPERADOS.

El Estudio Hidrológico de la cuenca de la Quebrada La Carbonera, fué elaborado con el fin de obtener los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno, a la altura de la confluencia de las quebradas Carbonera y Los Rosales, teniendo en cuenta los efectos antrópicos que se vienen sucediendo.

De acuerdo con lo anterior, se efectuaron los siguientes análisis:

4.1. Morfometría.

Sobre planos escala 1:2000, se delimitaron las áreas de las cuencas Carbonera y Rosales obteniéndose los parámetros morfométricos que se relacionan en el cuadro siguiente

PARAMETROS MORFOMETRICOS QUEBRADA LA CARBONERA

PUNTO	COTA SUPERIOR m.s.n.m.	COTA INFERIOR m.s.n.m.	LONGITUD Kms	PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENT minutos	AREA Km²
1	2776	2694	0.32	0.26	3	0.083
2	2694	2678	0.4	0.25	3.6	0.012
3	2678	2615	0.63	0.26	4.8	0.042
4	2615	2610	0.66	0.25	4.8	0.009

PARAMETROS MORFOMETRICOS QUEBRADA ROSALES

QUEBRADA	COTA SUPERIOR m.s.n.m.	COTA INFERIOR m.s.n.m.	LONGITUD Kms	PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENT minutos	AREA Km²
A	2814	2717	0.46	0.21	4.29	0.14
B	2800	2682	0.59	0.20	4.29	0.16
Confluencia	2682	2608	0.34	0.22	3.00	0.52

- Intensidades máximas de lluvias esperadas.

Con base en el Estudio para el análisis y caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá, se obtienen las siguientes intensidades de lluvia, para diferentes periodos de retorno, previo cálculo del tiempo de concentración para la cuenca estudiada, así:

$$tc = 0.0663 \left(Lc/(Sc)^{\wedge} \tfrac{1}{2} \right)^{\wedge} 0.77$$

donde:

tc = tiempo de concentración en horas.

Lc = Longitud del cauce en Km.

Sc = Pendiente del cauce.

$$Tc = 0.0663 \left(3.5/(0.14)^{\wedge}\tfrac{1}{2} \right)^{\wedge} 0.77 = 0.37 \text{ horas } (22')$$

Con base en el tiempo de concentración, se hallaron las siguientes intensidades, establecidos para la zona 4, del estudio de tormentas.

Tr (años)	I (mm/hora)
3	52
5	61
10	73
25	87
50	97
100	110

Se anexa la zonificación Pluviográfica de Bogotá y la curva I-D-F para la zona 4

4.2. Calculo de caudales máximos esperados

Teniendo en cuenta el tamaño de la cuenca, se empleo el método racional, para el cálculo de caudales máximos esperados así:

$$Q = \frac{C \times I \times Ac}{3.6}$$

donde

Q = Caudal (m^3/seg)

I = Intensidad (mm/hora)

Ac = Area de la cuenca (Km^2)

C = Coeficiente de escorrentía. Se asumió un valor de 0.85 teniendo en cuenta el grado de urbanización que viene teniendo la cuenca, la cual en un muy corto periodo estará completamente ocupada por viviendas. .

Con base en la información evaluada anteriormente, se calcularon los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno, y en diferentes puntos de la cuenta así:

CALCULO DE CAUDALES MAXIMOS QUEBRADA LA CARBONERA

PERIODO RETORNO años	INTENSIDAD mm/hora	CAUDAL PUNTO 1 m^3/s	CAUDAL PUNTO 2 m^3/s	CAUDAL PUNTOI 3 m^3/s	CAUDAL PUNTO 4 m^3/s
3	52	1.02	1.16	1.68	1.79
5	61	1.20	1.36	1.97	2.10
10	73	1.43	1.63	2.36	2.51
25	87	1.70	1.94	2.81	3.00
50	99	1.94	2.21	3.20	3.41
100	110	2.16	2.45	3.55	3.79

CALCULO DE CAUDALES MAXIMOS QUEBRADA LOS ROSALES

PERIODO RETORNO Años	INTENSIDAD mm/hora	CAUDAL Quebrada A m^3/s	CAUDAL Quebrada B m^3/s	CAUDAL Queb Rosales m^3/s
3	52	1.67	2	6.42
5	61	1.95	2.35	7.53
10	73	2.34	2.81	9.00
25	87	2.79	3.35	10.74
50	99	3.17	3.82	12.22
100	110	3.52	4.24	13.57

Los caudales de la Quebrada A corresponden a los caudales de la parte alta de la Quebrada Los Rosales hasta el cruce con el Canal existente. Los caudales de la Quebrada B corresponden a la parte alta sur de la Quebrada Los Rosales hasta la confluencia con el canal existente.

Los caudales totales esperados para aguas abajo de la Quebrada Rosales y Carbonera para diferentes periodos de retorno son los siguientes:

TR años	Q Máximo m^3/s
3	8.21
5	9.63
10	11.51
25	13.74
50	15.63
100	17.36

Aguas abajo de la confluencia de las Quebradas La Carbonera y Rosales, la Quebrada Carbonera es entubada y entra a formar parte del sistema de alcantarillado pluvial de Bogotá, para finalmente desembocar en el Río Tunjuelito.

5. ESTIMACION DE LOS VOLUMENES DE EROSION EN LA CUENCA

Se estimaron los volúmenes de material que la Cuenca de la Carbonera puede producir por efecto de las intensidades máximas de lluvia. Para ello se aplicó la ecuación universal de erosión, la cual se describe a continuación.

$$A = R \times K \times L S \times C \times P$$

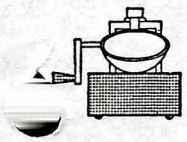
A = Ton/Ha de erosión potencial.

Factor R = Capacidad erosiva de las lluvias. Para su evaluación se utilizó la ecuación de Fournier y una serie de datos de precipitación máxima en 35 años. R=54.70.

K = Erodabilidad del suelo. Se obtuvo un valor K= 0.40 a partir del empleo de un nomograma con los siguientes datos básicos:

Arena: 27%
Limo mas arena muy fina: 50%
Arcilla: 23%
Materia orgánica: 1%
Estructura blocosa, masiva: 4
Permeabilidad moderada: 3.

LS = Factor de pendiente, en función de la longitud de pendiente y de la pendiente. Se consideraron los siguientes resultados:



Grado de Pendiente	Longitud (m)	LS
12 – 25%	200	24.01
	100	33.85
25 – 50%	50	34.00
	100	48.27
50 – 60%	10	15.00

Resulta un valor promedio de LS= 31.026

C = Factor según tipo de vegetación. En las zonas sin vegetación C= 1.0 que coinciden con las zonas donde no hay suelo. Para suelos con barbecho C= 0.011 que corresponde a un 10% del área total de la cuenca.

P = Factor en función del porcentaje de pendiente (Actividad cultural). P= 1 (no hay prácticas)

Estimativos de la pérdida de suelo:

Como se anotó en el capitulo IV de este informe, el 90% de los suelos se han perdido por remoción mecánica (descapote) o han sido sepultados con materiales de afirmado (relleno). Solo un 10% del parea total estaría sometida a procesos de erosión. Con base en los resultados se estimo una perdida total de suelo por año de 7.46 ton/año.

QUEBRADA LA CARBONERA
PROMEDIOS ZONA DE ESTUDIO
Precipitación Media Mensual (mm)
Estación San Jorge

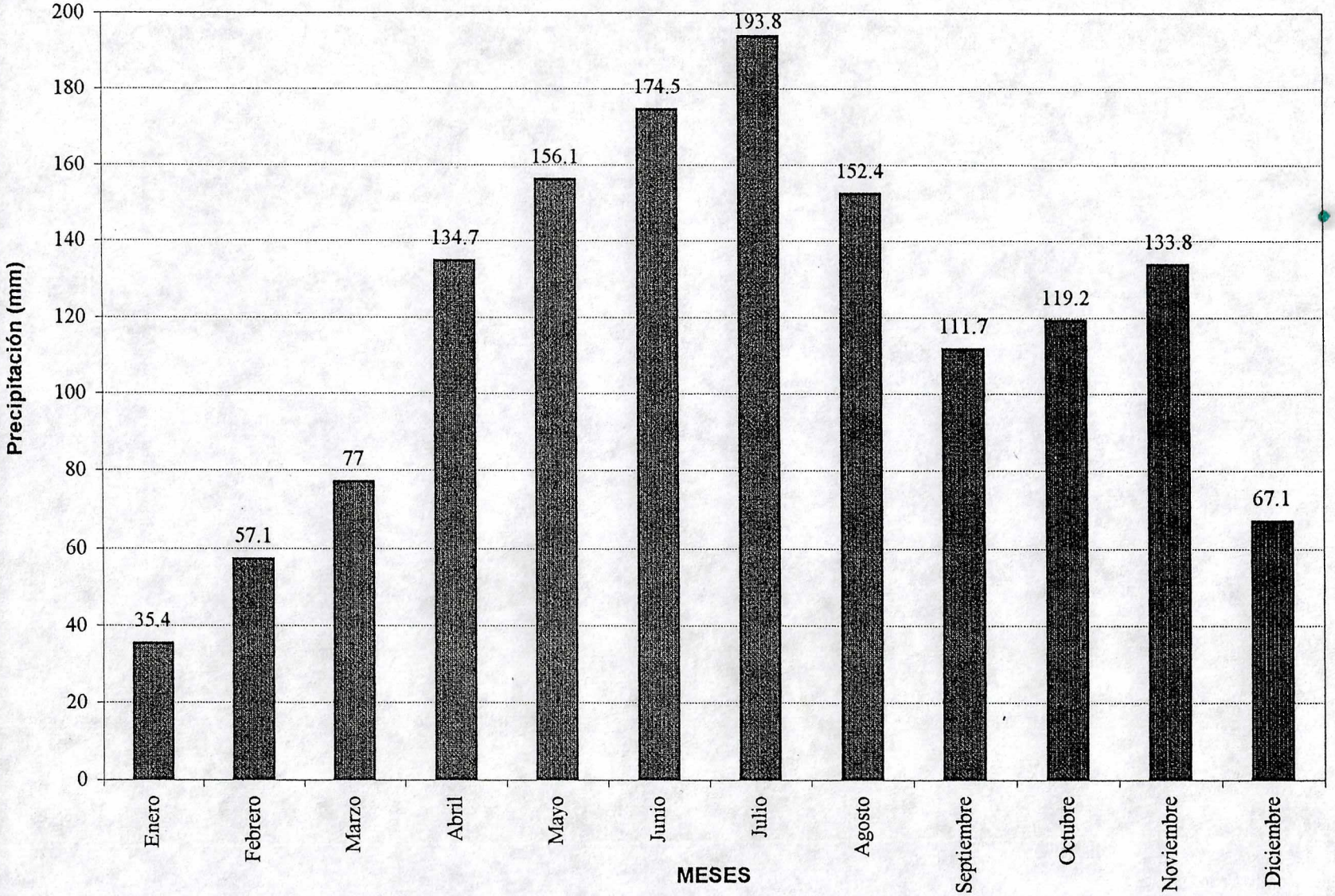


FIGURA 5-2

000041

QUEBRADA LA CARBONERA
PROMEDIOS ZONA DE ESTUDIO
Temperatura (ºC)

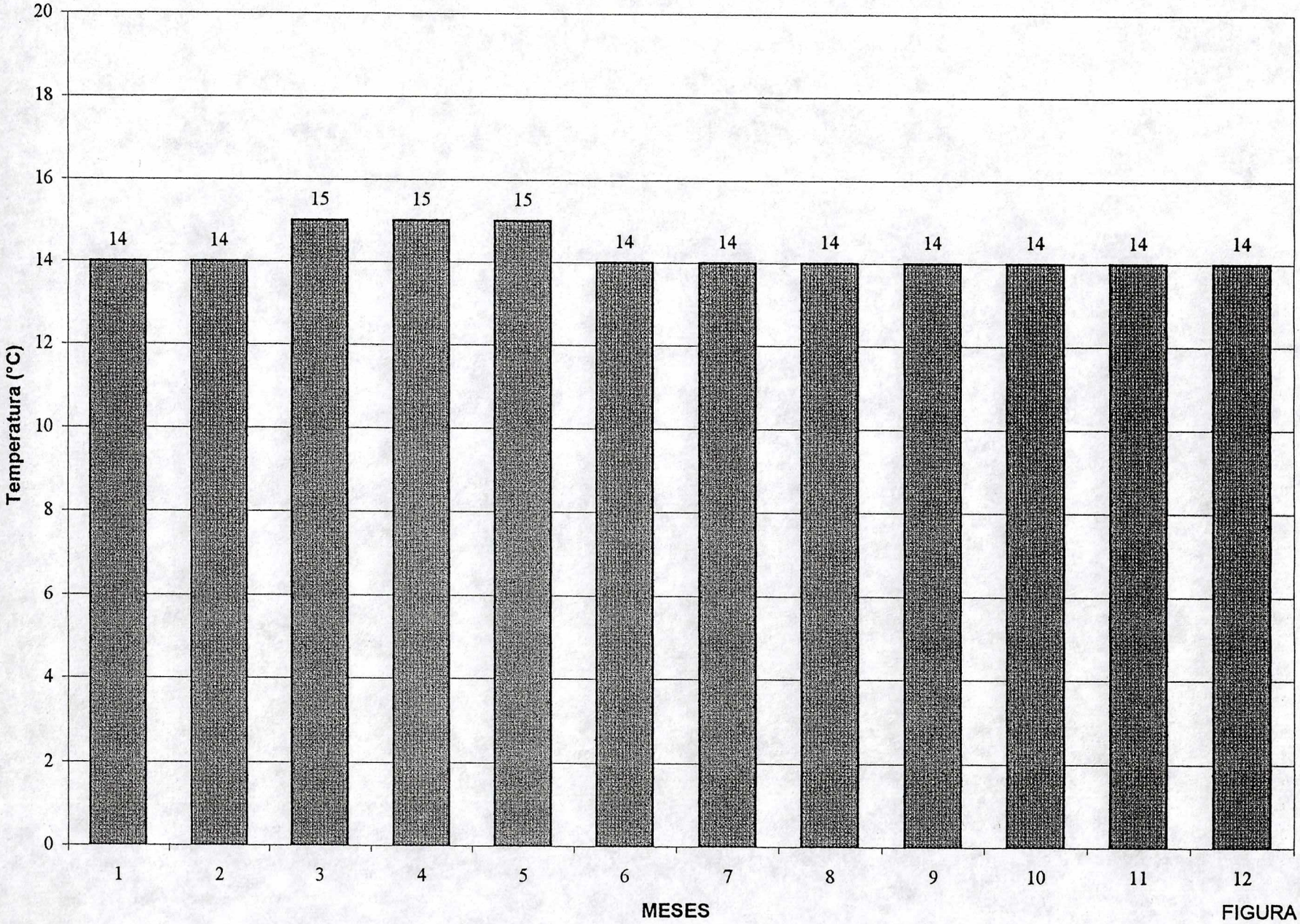


FIGURA 5-3

QUEBRADA LA CARBONERA
PROMEDIOS ZONA DE ESTUDIO
Evaporación (mm)

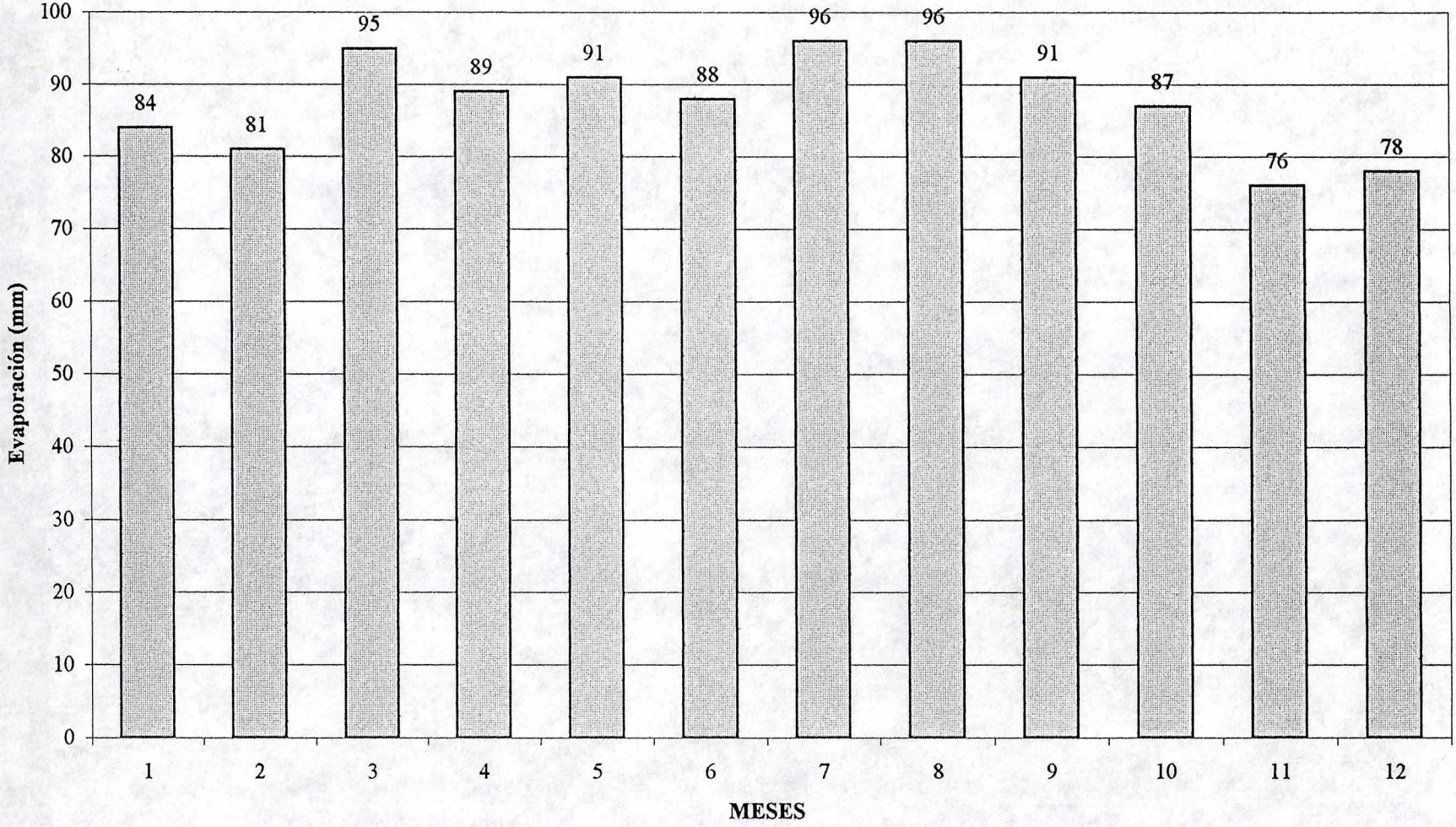


FIGURA 5-4

000043

QUEBRADA LA RBONERA
PROMEDIOS ZONA DE ESTUDIO
Humedad Relativa (%)

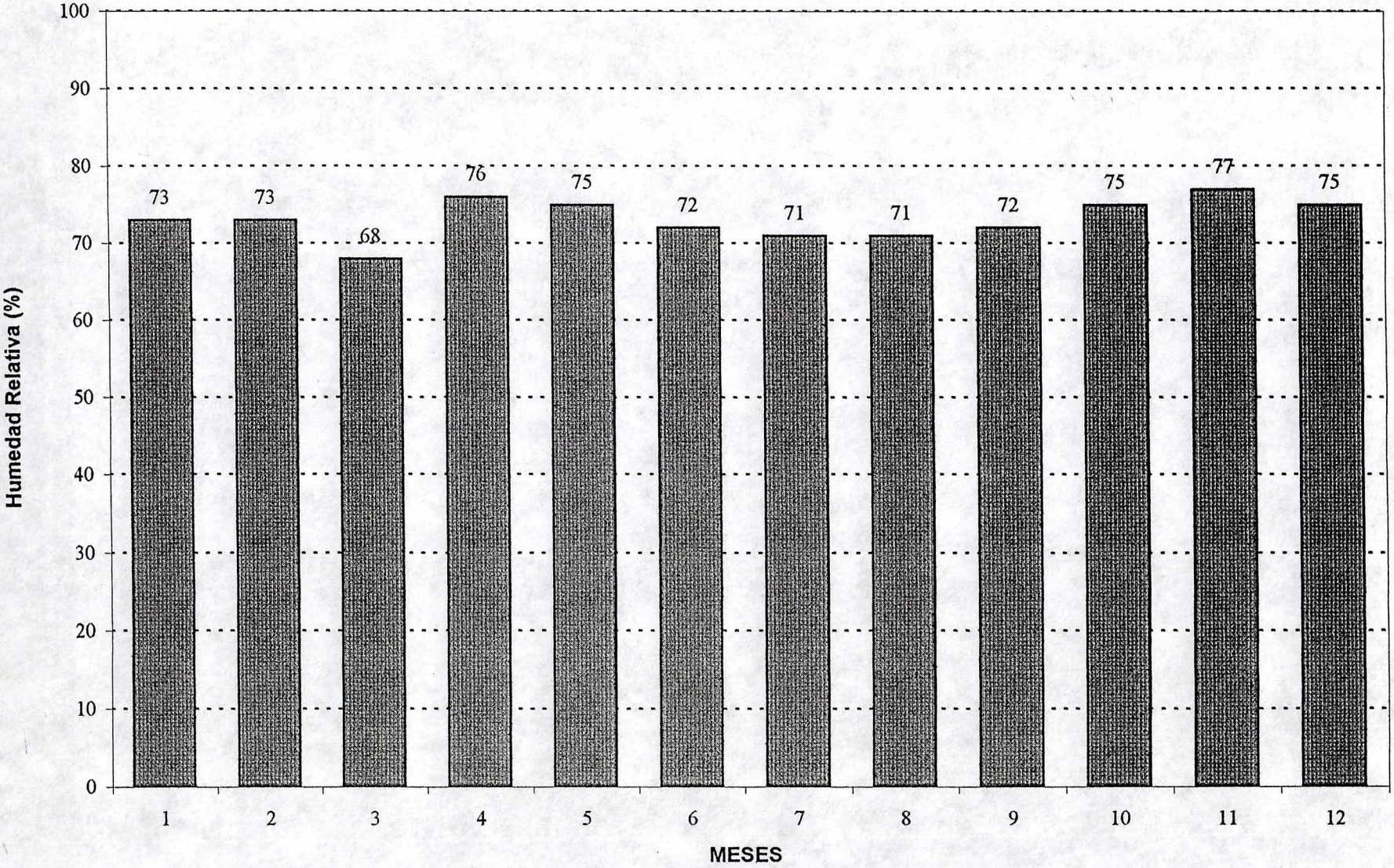


FIGURA 5-5

000044

ESTACION GRANJA SAN JORGE
INTENSIDAD - FRECUENCIA - DURACION

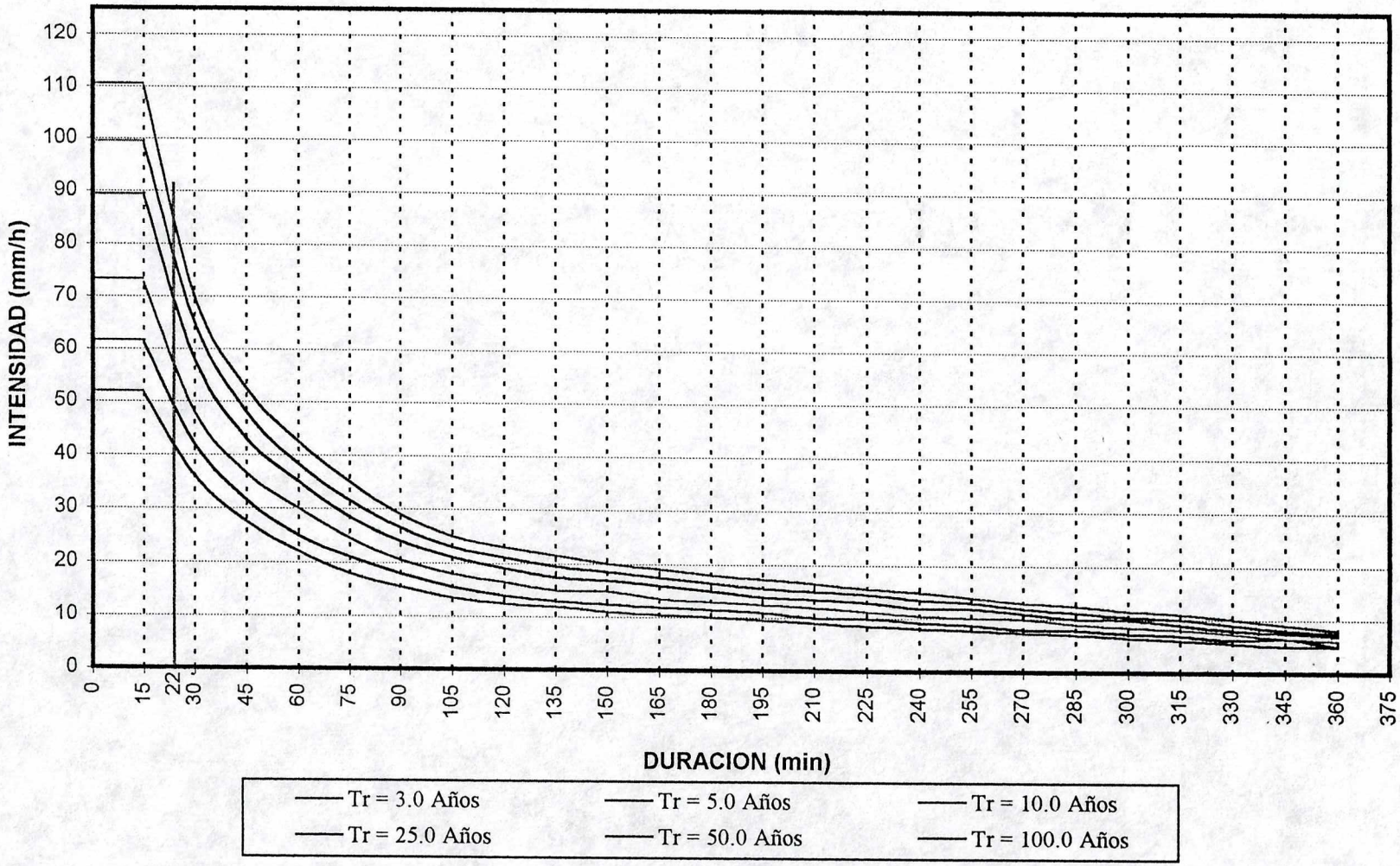
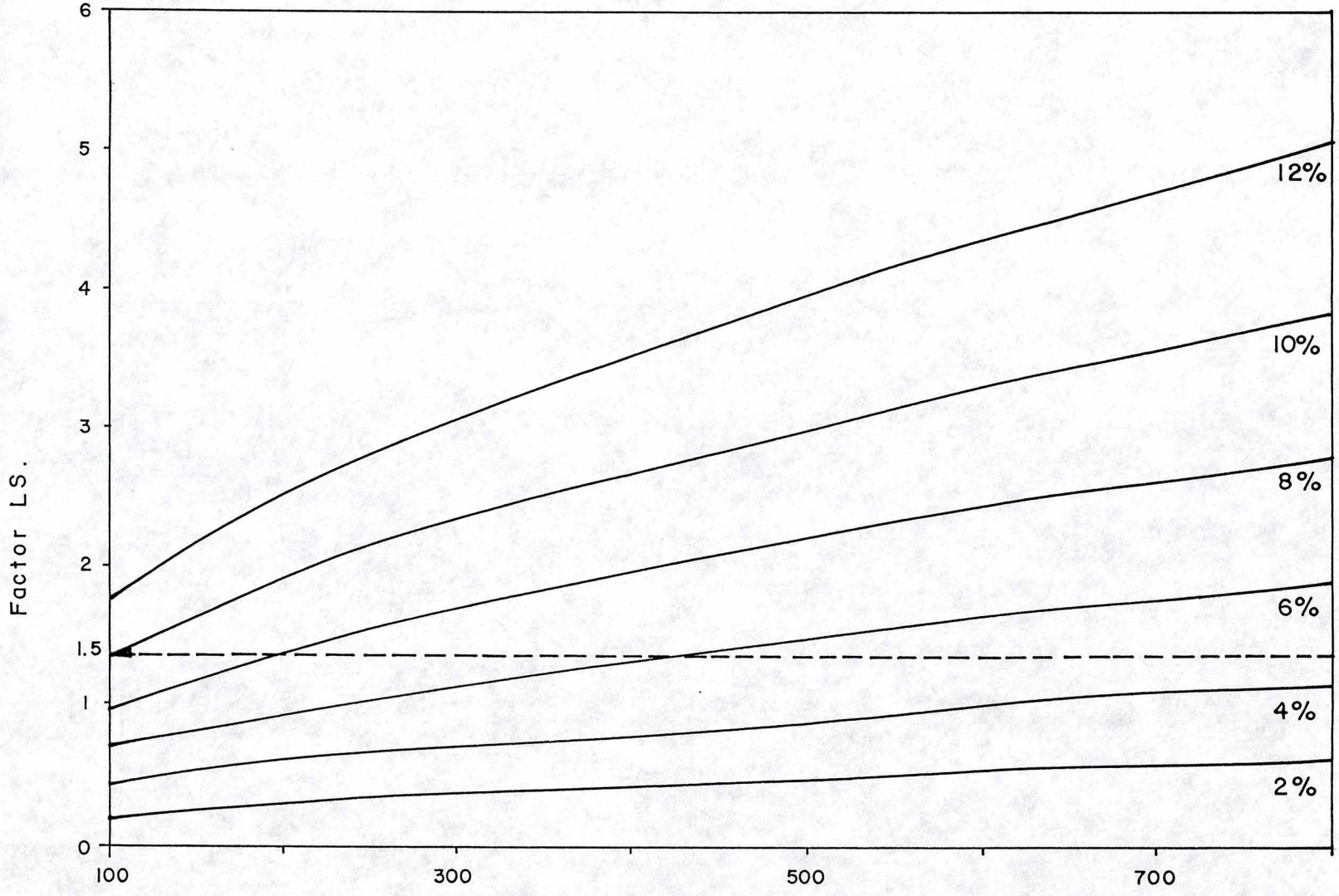


FIGURA 5-6



CALCULO DEL FACTOR LS.

FIGURA 5-7

000046

VI - ESTUDIO DE LOS ASPECTOS SOCIALES DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTO

Se presentan en este capítulo los resultados del diagnóstico social realizado en una área de riesgo ubicada en el sur del Distrito Capital denominada cuenca de la Quebrada La Carbonera, dentro de la cual se ubican los barrios Santa Viviana, San Antonio, Santo Domingo, Santa Helena y La Carbonera.

1. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Presentar un análisis sociológico del riesgo en el área propuesta.

Objetivos específicos:

- Describir los componentes socioeconómicos existentes en los asentamientos humanos del área de estudio.
- Integrar y confrontar las diferentes fuentes de información de tal manera que permitan realizar un análisis de las variables para establecer el nivel organizacional y los conflictos alrededor de los diferentes actores sociales.
- Percepción del riesgo y sentimiento de arraigo entre las comunidades.
- Encontrar elementos comunes que permitan diseñar programas para el manejo y atención de emergencias.

2. METODOLOGÍA

Para presentar el diagnóstico sociológico de las áreas de estudio se desarrolló la siguiente metodología:

a) Exploración del objeto de estudio: incluyó la revisión bibliográfica de documentos del proyecto, informes institucionales, estadísticas y otros registros sobre la población objetivo y el reconocimiento del área de influencia.

b) Diseño y aplicación de instrumento de recolección de información primaria.

c) Análisis de información y elaboración de informe de resultados.

3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Como se trata de un diagnóstico rápido de dos áreas predeterminadas, la información primaria se obtuvo mediante la aplicación de tres técnicas de recolección:

1- Transecto inicial de reconocimiento en las áreas determinadas.

2- Encuesta persona a persona con un cuestionario estructurado aplicado a residentes en el área mediante muestreo no probabilístico. Se escogió este tipo de muestreo por cuanto la población de estas dos zonas es homogénea y puede considerarse satisfactoria la representatividad de los encuestados.

3- Entrevista guiada del tipo encuesta, que tuvo como fin complementar la información de la encuesta mencionada en el numeral anterior; se aplicó a los presidentes de dos de las juntas de acción comunal y a otros líderes comunitarios. Con esta entrevista se intentó caracterizar, entre otros factores, las potencialidades y debilidades, capacidad de gestión y planificación, nivel organizacional y conflictos alrededor de los diferentes valores sociales. Al final del capítulo se presenta el formato de encuesta correspondiente.

4. UBICACIÓN GEOGRAFICA ESPACIAL DE LA CARBONERA

Esta zona está ubicada al sur del Distrito de Santa Fe de Bogotá en la localidad de ciudad Bolívar aproximadamente entre las calles 73 y 88 sur y las carreras 78 y 90. Los barrios que corresponden a la zona de estudio son Santa Viviana, Santa Viviana II Vista Hermosa, Santo Domingo, San Antonio del Mirador, Santa Helena y La Carbonera.

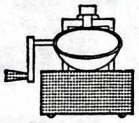
5. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

5.1 Vivienda y Servicios

Propiedad : La casi totalidad de los predios están ocupados por sus propietarios. Esta propiedad se demuestra con un contrato de compraventa del lote. En el área de estudio ninguno de los propietarios tiene escritura del predio. Hay una conciencia general de que sus predios no pueden ser legalizados aún, debido a que han sido considerados como viviendas ubicadas en zona de riesgo. No obstante las Juntas de acción comunal se han organizado y han presentado los respectivos proyectos a Planeación Distrital en espera de que su barrio sea legalizado.

Construcción que predomina: Las viviendas están construidas en materiales diversos. Las hay desde la construcción con paredes de tabla y techos de paroy, hasta construcciones en bloque con vigas y pisos de cemento, pasando por las casas prefabricadas que constituyen en un porcentaje alto de las construcciones y se convierten en una buena opción en las áreas de riesgo.

Existen dos sistemas estructurales que son los que predominan en el sector de la cuenca de la quebrada La Carbonera: el sistema mixto con el 44.4% y el de recuperación con el 45.4%; no obstante se observa que el sistema de recuperación es más utilizado en el barrio Santa Helena. Las viviendas prefabricadas ocupan un 7.1% del total de viviendas evaluadas.



No se encuentra una prevalencia general en cuanto a la estructura de la placa del piso de las viviendas. Es así como en el barrio Santa Viviana segundo sector (Vista Hermosa), predomina la placa de concreto reforzado con el 47.87%, seguida de las viviendas construidas en el suelo con el 41.49%. En el barrio San Antonio se observa en primer lugar la estructura de las viviendas con placa de concreto reforzado con el 49.19% y en segundo lugar en mortero con el 45.16%; tan solo un 5.65% tienen en piso del primer nivel en el suelo mismo. En el Barrio santa Viviana, se observa una situación diferente en la medida en que la mayoría de las viviendas están construidas sobre el suelo con el 46.15%, seguida de viviendas en mortero con el 41.54% y de concreto reforzado un 11.79%. En el barrio Santo Domingo prevalecen las viviendas en el suelo con el 58.90%, en segundo lugar en concreto reforzado con un 31.51%; en este barrio se encontraron algunas viviendas (4.11%) con estructura de placa metálica. Por último en el barrio Santa Helena, la mayoría de las viviendas están construidas sobre mortero, seguida de viviendas construidas en el suelo.

En términos generales la estructura de la placa en madera es poco frecuente en estos barrios y solo alcanza un 0.9 del total de viviendas evaluadas.

La mayoría de las viviendas (92.5%), utilizan la madera como material predominante en la estructura de los techos y como una segunda opción se utiliza el concreto reforzado con el 5%. Así mismo existe una fuerte tendencia a utilizar láminas de zinc como material para la cubierta de los techos (83.2%). No obstante se observó que algunas viviendas utilizan el asbesto cemento y la teja con el 6.8% y el 4.7% respectivamente.

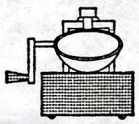
Densidad de construcción:

Según la información recolectada en el área, de un total de 2.084 lotes evaluados en detalle, el 76% corresponde a lotes vacíos, el 41% a viviendas incompletas y el 6.9% son viviendas completas.

En los barrios San Antonio y Santo Domingo, la mayoría de los lotes (81% y 52% respectivamente) se encuentran desocupados, mientras que en los barrios Santa Helena, Santa Viviana y Santa Viviana sector Vista Hermosa, la mayoría de los lotes se encuentran ocupados.

En los barrios Santa Helena, Santa Viviana primer y segundo sector, la gran mayoría de los lotes presentan construcciones incompletas. En los Barrios San Antonio y Santo Domingo, la situación difiere en la medida en que existe una mayor cantidad de lotes vacíos. No obstante en el barrio Santo Domingo los lotes que presentan viviendas incompletas alcanzan el 41.3%, frente al 10.0% en el barrio San Antonio.

En casi la totalidad de los casos de las construcciones de la cuenca de la quebrada La Carbonera, existen edificaciones de un solo apartamento y su construcción es de un solo piso. En el barrio San Antonio es donde existe una mayor cantidad de viviendas de dos pisos (6.45%).



El 98.7% del total de viviendas evaluadas tienen construido o se encuentra en construcción, un piso; solo el 1.3% tienen construidos dos pisos y esta situación se observa más en el barrio San Antonio. En ninguno de los barrios que componen esta zona se encuentran viviendas de más de dos pisos.

Edad de las construcciones:

La gran mayoría de las viviendas que se encuentran en la zona son construcciones muy recientes; es así como el 66.9% del total de viviendas evaluadas (991), tienen entre 1 y 3 años de haberse construido, el 19.8% llevan construidas entre 3 y 6 años y existe un 8% de viviendas que tienen menos de un año de construidas. Esta situación no se da en las mismas proporciones en todos los barrios que componen el sector de estudio. En el barrio Santa Helena y Santa Viviana segundo Sector, existe una mayor proporción de viviendas que llevan construidas entre 3 y 6 años con el 63.89% y 55.79% respectivamente. No obstante en el barrio Santa Viviana segundo sector, las viviendas entre 1 y 3 años son el 30.53%, mientras que en el barrio Santa Helena el 33.33% son viviendas entre 6 y 10 años de construcción. En las zonas de mayor inestabilidad hubo un incremento de la construcción de viviendas precarias todas del último año; incluso durante la ejecución del presente estudio se notó la construcción de unas 2 o 3 casas/semana.

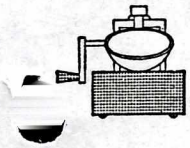
Distribución del espacio habitacional:

Como característica de la distribución del espacio en cada vivienda se encontraron dos modalidades principalmente: una donde solo existe una habitación que es utilizada como cocina, comedor y dormitorio; la división de los espacios se hace con cortinas de tela o madera. La segunda modalidad, incluye una cocina independiente de la habitación utilizada para dormir y comer con divisiones de madera o media pared de ladrillo. Las casas prefabricadas constan de dos habitaciones, sala-comedor cocina y baño.

Condiciones generales de calidad:

En cuanto a la calidad en la construcción de las viviendas, no se observa uno homogeneidad en toda la cuenca de la quebrada La Carbonera. Es así como en los barrios San Antonio y Santo Domingo se pudo observar una buena calidad en la construcción en el 49.19% y 40.54% respectivamente del total de viviendas evaluadas. En el barrio San Antonio, en segundo lugar se encuentran viviendas de regular calidad con el 36.29%, mientras que en el barrio Santo Domingo, el 37.84% de las viviendas son de mala calidad.

En el barrio Santa Viviana hay un mayor porcentaje de viviendas de mala calidad en su construcción con un 44.25%, seguido de casas de regular calidad con un 43.91%; en el barrio Santa Viviana segundo sector, el porcentaje de viviendas de regular calidad es de 46.24, seguido de viviendas que se encuentran en mejores condiciones de construcción con el 33.33%. Por último en el barrio Santa Helena es donde se percibe un mayor número de viviendas de mala calidad con el 58.33%, seguido de casas de regular calidad con el 24.07%.



Se pudo percibir que la prioridad de la mayoría de los habitantes de esta zona es el mejoramiento continuo de las viviendas.

Servicios Públicos:

Las viviendas cuentan con servicio de luz eléctrica tomada directamente del alumbrado público.

El agua es tomada de la tubería de conducción del acueducto y es llevada a las viviendas por medio de mangueras; este sistema de suministro de agua ha sido organizado por la Junta de Acción Comunal de cada uno de los barrios y realizado con trabajo comunitario. No obstante lo anterior, hay un número considerable de habitantes que no han logrado obtener instalación de agua en sus viviendas bien sea porque es una vivienda recientemente construida, o porque carecen de los recursos para la compra de los materiales necesarios y temen que una instalación inapropiada contribuya a aumentar el riesgo de deslizamiento.

El servicio de alcantarillado no existe; se ha organizado un sistema de recolección de aguas negras por tramos en los diferentes barrios, sin embargo ninguno de ellos tiene una cobertura total. Hay varios factores determinantes entre otros:

- Carencia de recursos por parte de los propietarios, lo que no permite que se establezca una cuota económica obligatoria.
- Las donaciones de materiales que se logran obtener por parte de algunas entidades son mínimas y requieren de un trámite largo y constante por parte de las personas que lideran las Juntas de Acción Comunal.
- La falta de conciencia de pertenecer a una comunidad más amplia que la de su propio barrio dificulta aún más la continuidad de las obras tendientes a la recolección de aguas negras, ya que cada cual se preocupa por lograr cubrir el sector a que pertenece y dentro del cual se considera afectado directamente.

El sistema de recolección de aguas lluvias es aún más rudimentario y consiste en la construcción de zanjas en tierra y en algunos casos en cemento que llevan al vertedero o tuberías de aguas negras.

No existe servicio telefónico en las viviendas; en el barrio Santa Viviana hay servicio de teléfono público y en el barrio San Antonio hay servicio telefónico comunitario.

Cocina: En la mayoría de las viviendas se utiliza para la cocción de los alimentos gasolina roja o cocinol. En pocas viviendas se utiliza el gas o la electricidad.

Servicio Sanitario: En las viviendas existe servicio de inodoro, conectado en forma rudimentaria al tubo de conducción de aguas negras desde su vivienda. En algunas viviendas no existe servicio sanitario y por lo tanto hacen uso de este servicio en las casas vecinas.

Manejo de Basuras: No existe el servicio de recolección de basuras para cada barrio, no obstante se encuentra instalado sobre la vía principal un contenedor para depositar los desechos. La totalidad de las personas contactadas manifiestan que depositan sus basuras en ese lugar y que el carro recolector viene dos veces por semana.

En el recorrido por la zona se pudo observar que aunque hay una preocupación por la recolección de los desechos, en la parte baja correspondiente al barrio La Carbonera, donde se encuentra instalado un colector, se observa gran cantidad de desechos no biodegradables.

6. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

6.1 Procedencia

El tiempo de permanencia en el barrio de la mayoría de sus habitantes es de más de tres años, y en otros casos entre uno y dos años. Antes de comprar en estos barrios, vivían en sitios cercanos pertenecientes a la misma localidad como Jerusalén, Casaloma, Perdomo, entre otros y en zonas más retiradas como Bosa y Soacha principalmente.

La razón principal que aducen los habitantes para cambiar de vivienda consistió fundamentalmente en la oportunidad que se les presentó de obtener una vivienda propia a un precio moderado.

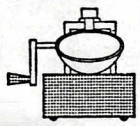
Aunque son conscientes de las limitaciones y carencias del barrio que actualmente habitan, se manifiesta un deseo de permanecer en los sitios de su propiedad. Las limitaciones las miden respecto al barrio donde habitaban con anterioridad y se mencionan principalmente servicios públicos, escuelas, colegios, parques, iglesia y calles pavimentadas.

Uno de los aspectos que más disgusta y preocupa a los habitantes de esta área es el peligro al que están expuestos por estar sus viviendas ubicadas sobre un terreno en el cual se están presentando deslizamientos. El segundo aspecto que preocupa es el hecho de no tener legalizada la propiedad; un tercer aspecto es la carencia de servicios públicos.

6.2 Composición Familiar

En cada vivienda es habitada por una o dos familias con algún parentesco; el 96% de las viviendas están habitadas por una familia y en el 4% de ellas habita más de una familia.

En promedio cada familia cuenta con seis miembros y en la gran mayoría de ellas hay menores de 15 años. Según la información recolectada, el 67.5% de las viviendas están habitadas por 4 a 6 personas, el 22% se encuentran habitadas por un promedio de 7 a 10 personas y tan solo el 9.6% de estas viviendas son habitadas por un tres personas o menos.



Estos son barrios habitados por personas relativamente jóvenes ya que es pequeño el número de personas mayores de 65 años.

Como característica de la composición familiar se puede decir que la mayoría de hogares corresponden a familias nucleares completas y familias extendidas conformadas por pareja, hijos y nietos; o pareja, hijos y padres de uno de los miembros de la pareja; o pareja, hijos y hermanos de uno de los miembros de la pareja.

6.3 Educación

Los niños en edad escolar asisten principalmente a las escuelas y colegios públicos de los barrios Perdomo, Sierra Morena y Jerusalén ya que en esta zona no hay centros educativos; solo en el barrio Santa Viviana se encuentra en construcción la escuela por parte de la comunidad que es atendida por los bachilleres y que por el momento cuenta con una baja cobertura.

El recorrido para ir desde estos barrios a las escuelas adonde asisten se cubre generalmente a pie.

6.4 Seguridad social

La mayoría de los habitantes está inscrito en el SISBEN; solo algunas familias que llevan menos de un año viviendo en esta zona no cuentan con este tipo de servicios porque en el área donde vivían antes no se les realizó la encuesta respectiva. De las pocas personas que se encuentran empleadas mencionan tener una afiliación diferente a la otorgada por el SISBEN.

Cuando alguien de la familia se enferma acuden al dispensario del Perdomo o al CAMI de Jerusalén.

6.5 Actividad Económica

Un porcentaje alto de familias residentes en la zona no cuenta con ningún ingreso fijo por cuanto los miembros en edad económicamente activa se encuentran todos desempleados. Los que perciben algún ingreso lo obtienen de actividades independientes como vendedores ambulantes, oficios varios en construcción y labores domésticas. Las pocas personas que cuentan con un empleo permanente se desempeñan principalmente en labores como celadores, operarios de fabricas, cultivadores de flores y aseadoras.

Al hablar con algunos de los habitantes se percibe por un lado una gran limitación económica y por otro una disponibilidad al rebusque, "al día-día".

El ingreso familiar mensual manifestado por los entrevistados no supera el salario mínimo.

7. NIVEL ORGANIZACIONAL

Todos los barrios ubicados en el área de estudio cuentan con su respectiva Junta de Acción Comunal, que se convierte en el único medio de comunicación entre las entidades gubernamentales y la comunidad.

Los miembros de la Junta son en su gran mayoría residentes con más de cinco años de permanencia en área; gozan de credibilidad y respeto entre la comunidad de sus respectivos barrios y tienen poder de convocatoria para realizar obras de mejoramiento en el barrio.

No obstante lo anterior, se puede percibir que no existe entre los miembros de las JAC y de la población en general de los diferentes barrios, involucrados en una problemática común, un sentimiento de comunidad que les permita trabajar por el beneficio general del área. Los residentes en los barrios de la parte alta no quieren participar en actividades de mejoramiento de los barrios de la parte inferior porque consideran que ellos están bien y ese no es su problema; los residentes en los barrios de la parte baja no quieren participar más en las actividades de construcción de alcantarillado y acueducto en los barrios de la parte alta porque no se sienten apoyados por ellos cuando convocan a trabajar en sus barrios.

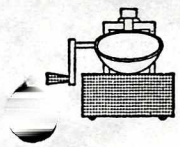
En conclusión, el sentido de comunidad está circunscrito a las actividades dirigidas por la Junta de Acción Comunal del barrio; se observa rivalidad entre los miembros de las Juntas de Acción Comunal lo que impide aún más el desarrollo de actividades comunitarias que beneficiarían a todo el sector.

Como estos barrios carecen de centros con líderes con poder de convocatoria como lo son las iglesias, colegios y centros de salud, no se desarrolla el sentido de pertenencia colectiva. Como consecuencia de esto se llega a que la solidaridad de grupo se limite a los vecinos más inmediatos y a los miembros de las JAC.

8. PERCEPCIÓN DEL RIESGO

Los factores de daños en las edificaciones que se encuentran en estado de riesgo, difieren por barrio. Es así como en los barrios San Antonio y Santa Viviana segundo sector, el factor predominante son los deslizamientos de tierra con el 76.47% y 83.33% respectivamente. No obstante un segundo factor que aqueja a estos dos barrios son las inundaciones.

En los otros barrios que componen este sector (63 edificaciones en riesgo), se encuentran afectados principalmente por las inundaciones (70%), seguido por deslizamientos con el 29%.



En general los habitantes del sector perciben el riesgo como la posibilidad de que se presenten daños en la estructura de su vivienda, ocasionados por posibles deslizamientos puesto que son conscientes de que es una zona de relleno.

La amenaza es contemplada desde dos puntos de vista: uno en la probabilidad de que las viviendas sean arrastradas con el deslizamiento del terreno, y el otro en la probabilidad de que algunas viviendas sean cubiertas por derrumbes del talud.

La comunidad residente en el área considera que hay dos puntos específicos de riesgo; uno que se encuentra en los barrios Santa Viviana y Vista Hermosa afectando al barrio San Antonio del Mirador; el segundo en el barrio la Carbonera y que ha sido destinado para la construcción de un parque.

De las personas contactadas que se encuentran en la zona de mayor riesgo, no todas reconocen que sus viviendas son vulnerables. La mayoría reconoce el peligro, sin embargo en las conversaciones sostenidas con ellos no se percibe temor a perder la vida en un evento de un deslizamiento; solo manifiestan temor y angustia por la eventual pérdida de la vivienda.

Se considera que estas personas miden la magnitud de los efectos que puede causar un eventual deslizamiento por las situaciones presentadas hasta el momento:

1- La casa de una señora que vivía sola y que en una noche se empezó a hundir hasta deslizarse totalmente. La señora simplemente abandonó la propiedad y no ha vuelto a construir.

2- Existen dos viviendas en San Antonio del Mirador que se encuentran en inminente riesgo de ser cubiertas por un terrero que se encuentra en constante desplazamiento. Este problema ha sido reportado a la alcaldía de la localidad, y la ayuda ofrecida por esta entidad hasta el momento ha sido la de enviar un buldozer para remover la tierra y dejar un espacio amplio entre el cerro y las viviendas. Los residentes de la manzana que son los directos afectados consideran que la solución al problema está en construir un muro de contención que pare el deslizamiento y construir en ese terreno un parque.

Por otra parte los residentes manifiestan tener muy claro el sector donde se puede presentar deslizamiento; por esta razón la gran mayoría considera que su propiedad no se encuentra en zona de riesgo.

Un punto en el que coinciden los propietarios es la inquietud que les causa la presencia de funcionarios o personas ajenas al área preguntando acerca de las zonas de riesgo.

CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y PERCEPCIÓN DE RIESGO EN ÁREA DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA

FORMATO DE ENCUESTA

DATOS DE VIVIENDA Y SERVICIOS

1- La vivienda es propia o arrendada? Propia.....1 Arrendada.....2 Otra. Cuál?.....

2- Tiene algún documento de propiedad sobre este lote?
Escritura.....1 Promesa de venta.....2 No tiene.....3 Ns/Nr.....4
Otro? Cual.....

3- La vivienda cuenta con conexión a la red pública de:

	Si	No	de donde la toman?/
Energía eléctrica	1	2	.....
Acueducto	1	2	.....
Teléfono	1	2	.....
Alcantarillado	1	2	.....
Gas natural	1	2	.....

4- Con qué cocinan principalmente? Electricidad.....1 Gas natural.....2
Gas propano.....3 Cocinol.....4 Carbón.....5 Otro, Cuál?.....

5- Qué hacen usualmente con las basuras que producen?
Las recogen los servicios de aseo.....1
Las llevan a un contenedor cercano.....2
Las queman.....3
Las entierran.....4
Las arrojan a la zanja o quebrada.....5

6- El servicio sanitario que utilizan es:
Inodoro conectado a alcantarillado.....1 Pozo séptico.....2
Letrina.....3 No tiene servicio sanitario.....4

PROCEDENCIA

7- Cuánto tiempo hace que vive en este barrio?
Menos de 6 meses.....1 Entre 6 y 12 meses.....2 Entre 1 y 2 años.....3
Mas de 3 años.....4 Ns/Nr

8-Donde vivía antes?
Otro barrio de Bogotá fuera del área.....1 Otro barrio dentro de la misma área.....2
En otra ciudad o área urbana. Cuál. De qué Depto.?.....3
En una región rural. Cuál. De qué Dpto?.....4

9- Porqué razón se vino a vivir a este barrio?.....
.....

10- Qué extraña del sitio donde vivía anteriormente?.....
.....

11- Qué es lo que más le disgusta de este barrio?.....

12- Si tuviera la posibilidad de reubicarse en otro barrio, qué condiciones tendría en cuenta para hacerlo?.....
.....

DATOS DEMOGRÁFICOS DE EDUCACIÓN Y SALUD

13- Cuántas personas viven en esta casa? 1 ó 2 personas.....1 entre 3 y 5 pers.....2 más de 6 personas.....3

14- Cuantas familias viven en esta casa? 1 familia.....1 2 familias.....2 más de 3 familias.....3

15- Cuántos niños menores de 10 años viven en esta casa?
1 ó 2 niños.....1 entre 3 y 5 niños.....2 más de 6 niños.....3

16- Cuántas personas mayores de 65 años viven en esta casa?
1 persona.....1 2 personas.....2 más de 3 personas.....3

17- Dónde estudian los niños?
Escuela.....1
Colegio Privado.....3

En qué barrio está ubicado el establecimiento?
Colegio Distrital.....2
Otro. Cuál.....4

18- La familia tiene algún tipo de seguridad social?
Seguro Social.....1
Otras EPS.....2
Sisben.....3

19- Qué hacen cuando alguien de la familia se enferma?
Acuden al Centro de Salud/Hospital.....1
Van al Centro de Atención de la EPS.....2
Van a médico particular.....3
Consultan en una droguería.....4
Aplican remedios caseros.....5
Otro. Cuál?.....6

Barrio.....

ACTIVIDAD ECONÓMICA

20- Cuántas personas de esta familia trabajan?
1 persona.....1 2 personas.....2 3 ó más personas.....3 ninguna.....4

21- De qué actividad(es) devengan sus ingresos?
Empleado(a) permanente con salario fijo.....1
Trabaja independiente.....2
Trabajador (a) doméstico(a).....3
Desempleado.....4
Otro. Cuál? .....

Empresa.....
En qué ramo.....

Tiempo que lleva desempleado.....

22- En cuanto calcula el ingreso familiar mensual?

Menos de 100 mil.....1 Entre 101 y 200 mil.....2 Entre 201 mil y 300 mil.....3
Entre 301 y 400 mil.....4 Entre 401 mil y 500 mil.....5 más de 500 mil.....6 Ns/Nr.....7

PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

23- Qué grupos o asociaciones de vecinos existen en el barrio?

Junta de Acción Comunal.....1
Otras. Cuáles?.....

24-Pertenece a un grupo de trabajo, a cuál?.....

25- Qué actividades desarrollan en comunidad para el mejoramiento del barrio?.....
.....

26- Con qué barrios se asocian para desarrollar sus actividades?.....
.....

27- Conoce y sabe el nombre de sus vecinos? Si.....1 No.....2
Qué tipo de conflictos o problemas son los que más frecuentemente se presentan entre vecinos?.....
.....

28- Cuándo se reúne con sus vecinos de qué hablan principalmente?.....
.....

PERCEPCIÓN DEL RIESGO

29- Usted cree que su casa está ubicada en un terreno seguro?

Si, porqué.....
.....
No, porqué.....
.....

30- Que actividades desarrollan para prevenir los deslizamientos?.....
.....

31- En caso que se presente un deslizamiento que harían?.....
.....

VII – EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

1. DIAGNÓSTICO DE LOS PROBLEMAS DE REMOCIÓN EN MASA

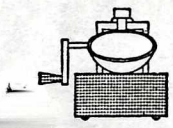
El sector de La Carbonera se ha visto afectado por problemas de inestabilidad del terreno desde tiempo atrás, como efecto de la extracción de materiales de construcción de unas canteras situadas en la parte inferior de la ladera, precisamente en el sector de confluencia de las quebradas La Carbonera y Rosales que delimitan la ladera por el sur y el norte respectivamente y le dan su forma triangular con vértice inferior en el extremo noreste del área. Dado que el buzamiento de los estratos rocosos es hacia el noreste, existe una fuerte componente para movimiento en el sentido de la pendiente topográfica, por lo cual hizo posible que la eliminación de soporte en la parte inferior induciera deslizamientos traslacionales retrogresivos. A continuación se describe la historia reciente de inestabilidad del área.

1.1 Segundo semestre de 1977:

La información técnica más antigua disponible para el estudio la constituyen las planchas L-13, L-14, L-23 y L-24 a escala 1:2000 del IGAC, de fecha 1979, basadas en fotografías aéreas de abril/77 y en clasificación de campo de octubre/77. En el anexo A se incluye un plano que reproduce la topografía del área de estudio tomada de dichos planos.

Puede decirse que en el segundo semestre de 1977 había dos frentes de explotación de materiales, el inferior tenía su escarpe de trabajo entre cotas 2610 y 2620 y longitud en arco de unos 100 m; a unos 100 m mas arriba de este escarpe se encontraba la "Recebera La Carbonera" con escarpe entre la 2620 y la 2650, o sea, 30 m de altura, aunque presentaba una plataforma típica de descapote y extracción de recebo no generalizada entre cotas 2644 y 2650. La longitud del frente de trabajo en este caso era de 250 m (aprox.). Se tenía entonces una excavación escalonada de 40 m de altura y del ancho suficiente para producir un alivio de presiones o desconfinamiento de la masa de roca y suelo superior; si a esto añadimos la existencia de estratos blandos como los de carbón, de los cuales todavía se observan hoy en día remanentes en afloramientos aislados de taludes de antigua explotación, estratos por los cuales bien podía ocurrir el desplazamiento traslacional algo lento, puede concluirse que ya desde 1977 se habían inducido movimientos en masa en la ladera que actualmente ocupan los barrios en estudio.

En apoyo de esta conclusión se anota que en el Plano No. A1 (Anexo A), basado en los del IGAC como ya se expresó, se observa un escarpe relativamente suave con rasgos de cabeza de deslizamiento traslacional entre las cotas 2710 y 2720, con longitud en arco de 300 m, localizado hacia el flanco oriental (derecho) de la zona considerada. Los rasgos aludidos consisten en una distorsión de las curvas de nivel, cada una de las cuales muestra ondulaciones cercanas, y con aumento de la separación entre ellas respecto de la disposición que traen a los lados de la zona analizada.



1.2 Mayo de 1987

En mayo de este año se realizaron las primeras visitas de ingenieros y geólogos de Ingeniería y Geotecnia Ltda a la zona bajo consideración, con motivo del trabajo denominado "Estudios Geotécnicos Puntuales en el Lote de Sierra Morena de Ciudad Bolívar", efectuado por la firma para la Caja de Vivienda Popular (Trabajo IGL-593). El lindero norte del área de Sierra Morena estaba afectado hacia el flanco derecho por un deslizamiento que en ese entonces se denominó "Deslizamiento del Perdomo Alto" por el barrio del mismo nombre que hoy en día se localiza en el sector oriental de La Carbonera. En fotografías de mayo 7, 13 y 26 de 1987 se aprecia que se trataba en general de un deslizamiento traslacional de bloque con un escarpe principal bien definido, y su pata localizada en el escarpe bastante irregular de explotación de recebos; además en el lado suroriental del bloque ocurría un deslizamiento retrogresivo de mayor actividad y con superficie de falla compuesta de arco circular (rotacional) en su mitad superior y planar (de traslación sobre la estratificación) en la mitad inferior.

En el Plano No. A-2, que hemos tomado del informe IGL-593 se puede ver la parte del deslizamiento general que alcanzó a quedar incluida en el levantamiento topográfico elaborado por la Caja de Vivienda Popular, que correspondió en esencia al movimiento retrogresivo ya mencionado, único que recibió atención geotécnica en ese momento y para el cual se diseñó el terraceo que se representa en dicho plano.

1.3 Noviembre y diciembre de 1988

En noviembre de ese año y con ocasión de un vuelo en helicóptero que realizaba el director del presente estudio dentro de otros trabajos de IGL, acertó a pasar sobre el área de Sierra Morena y el deslizamiento del Perdomo Alto y tomar varias fotografías. Se observa que en esta fecha se había intensificado la extracción de materiales y tanto el escarpe principal del deslizamiento como la faja que sufría desplazamiento traslacional en su cabeza se habían ampliado.

En diciembre del mismo año y con motivo de una visita de asesoría a las obras de Arborizadora Alta y Sierra Morena se practicó una inspección rápida al área del deslizamiento, en la cual se tomaron fotografías adicionales. Se verificó lo ya expresado sobre agudización del deslizamiento general y del retrogresivo del lado suroriental y también que la actividad de extracción de materiales se había aminorado.

1.4 Julio de 1994

En este mes se efectuó una inspección del área de La Carbonera por los Ings. Manuel García López y José Vicente Amórtegui Gil, dentro de un estudio de evaluación general (rápida) de "riesgos" por deslizamientos en localidades del sur de Bogotá, que adelantó IGL para el DAMA. Con gran preocupación que se transmitió a este Departamento y a directivos distritales y representantes de la comunidad en un Foro realizado en dicho mes por el DAMA y la Alcaldía Distrital, pudo observarse el avance de la urbanización del área con numerosas viviendas, precarias en su mayoría, construidas o en construcción en sectores inestables activos. No fue posible para las entidades distritales frenar ese desarrollo habitacional (como no lo ha sido en la actualidad) dada la presión y la necesidad de vivienda por las clases menos favorecidas y, por lo menos en ese entonces (1994), la posible acción de negociantes inescrupulosos de predios a pesar de que éstos se hallen afectados por procesos de inestabilidad. Igual que en diciembre de

1988, no se apreció la construcción o implantación de obras correctivas y preventivas de deslizamientos, y tan sólo la ejecución de excavaciones y rellenos locales para cada vivienda y la excavación de zanjas de desagüe por los moradores.

1.5 Presente estudio: diciembre de 1998 - Abril de 1999

La situación actual es mucho mas grave desde el punto de vista del altísimo incremento habitacional que ha tenido lugar en la zona de La Carbonera, ocupando los sectores inestables y sin llevar a cabo un programa formal de estabilización de terrenos en deslizamiento activo o que lo sufrieron en años anteriores sin haber sido remediados.

La impresión general es que los problemas han sido generados en gran parte, por filtraciones de agua proveniente del estado precario o la inexistencia de acueductos y alcantarillados de los barrios de la parte superior y de los barrios del área en estudio. Por otra parte, se asigna papel importante a los antiguos procesos de extracción de material de cantera los cuales originaron zonas potenciales de deslizamiento, y a la reconformación local del terreno para su actual "urbanización". Se observó la existencia de los siguientes eventos:

1.5.1 Deslizamientos y flujos

En el sector II del barrio Santa Viviana (Sector de Vistahermosa) se presentan varios movimientos recientes que se describen a continuación:

- El mas importante localizado en la parte central del sector mencionado, con un área aproximada de 0.8 Ha, con dirección noreste, afecta las manzanas 16, 15, 14, 13 y 7; recientemente se han presentado daños severos llegando al colapso total de algunas edificaciones de las manzanas 14, 15 y 16. En la parte superior y hacia el flanco derecho, presenta un escarpe de 3 a 4 m de altura y grietas de tracción las cuales aumentan con cada aguacero. Hacia la pata del deslizamiento en la manzana 7, el material es soportado en forma lateral por algunas viviendas, las cuales presentan agrietamientos en sus muros.

- En el área comprendida entre la cabecera de las manzanas 12 y 13 del barrio Vistahermosa y las manzanas 74 y 81A del barrio Santa Viviana, existe una serie de movimientos aledaños al deslizamiento principal (descrito en el párrafo anterior) que han producido daños severos en edificaciones, algunas de las cuales han sido evacuadas y demolidas. En la parte superior de los deslizamientos, hay escarpes de 1 a 3 m de altura y grietas de tracción atrás de los escarpes y en el cuerpo del deslizamiento, que aumentan su abertura debido a la escorrentía y al agua subsuperficial.

- En el barrio San Antonio existen grietas de tracción con abertura entre 5 y 20 cm y diferencia de alturas de 15 a 70 cm, que atraviesan las manzanas localizadas en la parte superior del barrio (Manzanas 5, 9, 12, 19, 23 y 27). Las grietas corresponden a un antiguo escarpe producido por un frente de explotación de material de cantera y que evidencia un movimiento importante con dirección noreste, del material que ha sido reconformado para poder realizar los procesos de urbanismo. Las grietas se ven reflejadas en algunas de las edificaciones, presentando fisuramientos en los muros, en sus sistemas estructurales y de cimentación (lotes 7,8,22,23 y 24 de la manzana 23 y 20 y 21 de la manzana 19). Varios de

los lotes aquí citados, han tenido que suspender la construcción, por las fisuras que presenta su cimentación a los pocos días de ser fundida.

- Deslizamiento activo entre los barrios Los Pinos y El Espino II; se presenta en el escarpe de un antiguo frente de explotación, con un área aproximada de 500 m². Como uno de los factores detonantes del movimiento se encontró el vertimiento de ductos de aguas servidas proveniente de viviendas del barrio El Espino II, las cuales desaguan en el cuerpo del deslizamiento, saturando el material y haciéndolo potencialmente inestable. Hacia el norte del flanco derecho ocurre un flujo de detritos que amenaza la manzana que se encuentra muy próxima a la pata del movimiento, la cual está conformada por viviendas de tipo precario (construidas recientemente con madera, cartón, láminas y teja de zinc).

- Deslizamiento en el barrio Perdomo Alto, localizado en la margen derecha de la quebrada Carbonera, con un área aproximada de 0.2 Ha, en dirección noreste. Involucra actualmente una vivienda localizada en la mitad superior del movimiento en proximidad al escarpe superior y algunas viviendas cercanas al flanco derecho. Su pata se encuentra muy cerca de la orilla derecha de la quebrada (frente a la manzana 13 del barrio San Antonio).

- En proximidad a la confluencia de las quebradas Carbonera y Rosales se presenta una serie de movimientos de tierra, localizados en la orilla derecha de la quebrada Carbonera, con dirección hacia el cauce y hacia uno de los accesos al barrio San Antonio. El área involucrada es aproximadamente de 200 m². Los deslizamientos afectan las viviendas construidas en la parte superior de los escarpes y son ocasionados por filtraciones de agua proveniente de las construcciones afectadas y por socavación de la orilla derecha de la quebrada.

A pesar de la existencia de estos movimientos del terreno y de la evidencia de riesgo potencial de colapso de las estructuras existentes, se observó durante el tiempo de estudio que ha aumentado el número de casas construidas y se ha continuado con el mejoramiento de las viviendas existentes (en cuanto a materiales de construcción).

1.5.2 Erosión y Carcavamiento

La mayor parte de la zona de estudio presenta erosión laminar a concentrada en surcos y cárcavas y que se acentúa en las áreas donde no hay construcciones de viviendas. Se observan carcavamientos ocasionados por la escorrentía superficial y por daños de alcantarillados y utilización de zanjas para la conducción de aguas servidas. Las zonas mas afectadas por este evento se presentan en los siguientes sitios:

- Zona Suroriental de las manzanas 13 y 7 del sector de Vista Hermosa, en donde se han construido zanjas para la recolección de las aguas negras, las cuales se infiltran saturando el material circundante y ocasionando su inestabilidad.

- Zona Occidental del barrio San Antonio en las manzanas 9, 12, 15, 19, 23; las cárcavas son ocasionadas por arrastre de material al existir desbordamientos de un canal superior paralelo a la vía, construido para la captación de las aguas negras y lluvias de los barrios de la parte superior de la ladera (Santa Helena y Santo Domingo).

- En la margen izquierda de la quebrada La Carbonera a la altura de las Manzanas 1, 4, 7 y 10 del Barrio San Antonio (Zona Occidental), se presentan cárcavas con longitudes entre 15 y 55 m, anchos entre 3 y 14 m y profundidades entre 2 y 5 m, dirigidas hacia el cauce de la quebrada.

- Las zanjas excavadas para la instalación del alcantarillado del barrio San Antonio actualmente se encuentran abiertas en gran parte de su longitud, y por ellas se encauzan las aguas lluvias, ocasionando surcos y cárcavas producto del arrastre del material que conforma sus orillas; las cárcavas están en crecimiento por acción de las aguas que captan.

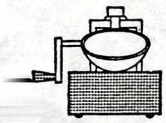
1.5.3 Socavación y problemas en las corrientes de agua

La zona en estudio está delimitada por 3 corrientes importantes de agua, que son: la quebrada Carbonera, la quebrada Rosales y el Canal Superior que limita el barrio San Antonio respecto de los barrios Santo Domingo y Santa Helena. A dichas corrientes confluyen otras menores provenientes de aguas servidas y lluvias, conducidas en parte por canales construidos en tierra o por alcantarillas deficientes.

La quebrada Carbonera, en el sector comprendido dentro del área de estudio con una longitud de 470 m aproximadamente, presenta una pendiente moderada con algunos saltos de agua con alturas de hasta 10 m. En la parte comprendida entre las manzanas 75 y 76 del Sector I y las Manzanas 9 y 16, del Sector II del barrio Santa Viviana, se ha encauzado por tramos en tuberías de diferente material y diámetro (entre 20 y 24"). En el tramo frente a la Manzana 4 del Sector II del barrio Santa Viviana, la pendiente es más suave después de pasar por un salto de 10 m de altura aproximadamente. En vecindad de las manzanas 1, 4, 7, 10 y 13 del barrio San Antonio, presenta socavación y arrastre de materiales provenientes del botadero vecino a la margen derecha y del terreno que conforma su cauce, compuesto por una arcilla arenosa con gravas (coluvión). En el tramo final (frente a las Manzanas 17 y 21 del barrio San Antonio) la socavación se hace mas severa desestabilizando la margen derecha.

La quebrada Rosales, en su recorrido por el área de estudio en una longitud de 570 m, presenta una pendiente moderada a leve, siendo mas continuo su cauce que el de La Carbonera. Se observan problemas de socavación acentuados en el tramo frente a las Manzanas 29 y 30 del barrio San Antonio. El tramo final recorre un frente antiguo de explotación el cual presenta taludes casi verticales; en esta zona la quebrada arrastra materiales del talud conformado por arena algo arcillosa proveniente de arenita friable muy fracturada.

El canal localizado en la parte superior del barrio San Antonio, tiene una longitud de 270 m; fue construido para la captación de las aguas servidas y lluvias de los barrios ubicados en la parte superior de la ladera. Este canal desemboca en la quebrada Rosales a la altura de la Manzana 27; presenta socavación de sus márgenes en toda su longitud. Debido al arrastre de materiales, ocurren represamientos y desbordamientos que afectan la margen derecha, produciendo carcavamiento en la ladera del barrio San Antonio.



1.5.4 Otros problemas:

El Sector II del barrio Santa Viviana no posee un sistema de alcantarillado, por lo que las aguas negras y lluvias son conducidas hacia la quebrada Carbonera por zanjas y algunos tubos colocados superficialmente, produciendo erosión, carcavamiento e inestabilidad en la zona.

El alcantarillado del barrio San Antonio además de los problemas mencionados antes, presenta rotura debido a los fenómenos de tracción ocasionados por el aumento de la abertura de las grietas (Manzanas 19 y 23); algunos de los pozos de inspección se encuentran colmatados por el arrastre de materiales. Este alcantarillado con diámetros que varían entre 8 a 10" entrega sus aguas a una tubería principal de 12" de diámetro, instalada al oriente del barrio (frente a las Manzanas 1, 4, 7, 10, 13, 17, 21 y 25) y ésta a su vez desemboca a la quebrada Rosales, en un sitio donde se presenta un alto grado de erosión.

1.6 Mecanismos de falla de taludes

Tal como se desprende de la descripción hecha en las secciones anteriores de este capítulo, y de la observación de las fotografías incluidas al final del informe, y se ha establecido en las diversas visitas realizadas por IGL, en la zona estudiada se presentan fenómenos de remoción en masa y erosión que tienen las siguientes causas:

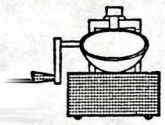
a) La pérdida de soporte del terreno por excavación y remoción de materiales en la parte inferior de la ladera debido a la explotación de canteras.

b) El carácter muy erosionable de la mayoría de los materiales que forman las capas superiores del terreno. Son suelos con alto contenido de arena, de densidad media a suelta o arenitas friables y arcillolitas altamente meteorizadas con intercalaciones carbonosas.

c) La acción del agua superficial y subterránea como factores de falla de sectores del terreno, en la forma ya conocida de incrementos de las presiones de poros, fuerzas de infiltración por flujo paralelo al talud, aumento de peso unitario por saturación y ablandamiento de suelos arcillosos y carbonosos. La proliferación de grietas que facilitan la infiltración y permiten el desarrollo de presiones hidrostáticas y la inexistencia, deficiencia o estado precario del alcantarillado, completan el medio propicio para la acción inestabilizante del agua.

   También, debe considerarse la acción de las quebradas, en cuanto al aporte de agua a zonas críticas, la profundización por la socavación natural o inducida, que lleva a sobreempinamiento de márgenes, y los efectos de represamiento y alteración del flujo por arrojo de basuras y desechos térreos a los cauces y por el bloqueo debido a botaderos como el existente en el flanco derecho a mitad de la zona estudiada sobre la quebrada La Carbonera.

d) La pendiente topográfica y el buzamiento promedio general, favorables al movimiento de masas susceptibles de deslizarse. Dicha pendiente fluctúa entre 15 y 35° (con la horizontal), mientras que el ángulo de fricción interna hallado en los ensayos de corte directo fue de 23° para materiales de la zona de falla y de 13° en condiciones cercanas a la residual.



e) La degradabilidad de los materiales presentes, en su mayoría clasificables dentro de las rocas blandas. Una muestra de ello puede ser el hecho de que el valor de ϕ para materiales relativamente intactos, como los que ocupan las fajas interiores de cuerpo en deslizamiento de bloque, es de 35° determinado mediante correlación con el número de golpes/pie, pero al sufrir remoldeo por deslizamiento (o deformación cortante) se reduce a 23° y 13° como se dijo antes.

f) Aunque los habitantes de la zona entrevistados en desarrollo del estudio (ver el capítulo 6) manifestaron que no han percibido eventos de inestabilidad ligados a temblores de tierra, desde los puntos de vista geotécnico y de evaluación de riesgos no puede descartarse la influencia del factor sísmico por tratarse de cuerpos deslizados y rellenos artificiales con poco a ningún control ingenieril, formados o hechos con abundancia de materiales granulares, de densidad media a baja, agrietados y disgregados en los sectores críticos, que pueden llegar a saturarse con facilidad en períodos lluviosos, y sin confinamiento lateral efectivo (no lo ofrecen la ladera ni las casas como es obvio). Más aún, dentro del campo de las probabilidades no podría descartarse el fenómeno de licuación.

g) A todo lo anterior es preciso sumar la construcción de casas, calles, rellenos y botaderos, en procesos que pueden abarcar excavación (alivio de presiones, pérdida de soporte), sobrecarga, y aporte de agua al terreno. Estas acciones constituyen el factor antrópico.

2. DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS INESTABLES PARA EVALUACION DE AMENAZA

2.1 Método aplicado

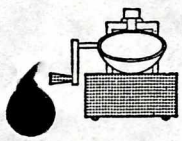
Se indican en el Plano No. 5 y fueron delimitadas mediante el siguiente procedimiento:

a) Reconocimiento geológico: Se solicitó a los geólogos participantes en el estudio ir localizando en el plano topográfico todas aquellas áreas que por su morfología constituyeran zonas con grado variable de inestabilidad tanto activa como potencial. El geólogo Especialista Ramón Acosta y el geólogo Henry Lara tuvieron a su cargo la mitad inferior del área estudiada y el geólogo Luis Eduardo Santamaría la mitad superior.

b) Fotointerpretación: sobre fotografías recientes el Geólogo Maurício Díaz definió zonas inestables mayores. Los resultados de su trabajo permitieron verificar o modificar las zonas halladas en el reconocimiento geológico (a).

c) Evaluación visual geotécnica: El Ing. Especialista Manuel García a su vez delimitó zonas inestables basado en sus observaciones de campo (diciembre de 1998, enero y abril de 1999) y en el examen de fotografías tomadas en desarrollo del presente estudio. Esta actividad llevó a verificar, eliminar o adicionar sitios inestables definidos en (a) y (b), y a dar tasas de movimiento aproximadas a los diversos casos así como a asignarles un grado de gravedad.

d) Verificación detallada: se realizó una delimitación final de las zonas y de su tasa de movimiento y gravedad relativa mediante la inspección detallada de casas, calles, terrenos



deshabitados y cauces de caños y quebradas, efectuada por el Ing. Edilberto Granados. Se aprovechó la alta compenetración con el área de estudio y sus moradores alcanzada por dicho ingeniero, gracias a que fue encargado de supervisar el programa de exploración del subsuelo, y de acompañar o guiar a los expertos en las áreas sociales, de agrología, paisajismo y topografía.

2.2 Descripción de las zonas inestables

Para esta descripción se adoptó un orden aproximado en la dirección de las manecillas del reloj, iniciando en la esquina suroriental de la parte alta del área de estudio y siguiendo hacia el occidente, el norte y el oriente, con una entrada final a la parte central del área. Se asignaron letras mayúsculas a las zonas mayores y las minúsculas correspondientes a subzonas (sitios dentro de las zonas) que mostraron alguna diferencia en su comportamiento, principalmente la intensidad del movimiento.

Para describir la tasa de movimiento, que pudo estimarse entre los meses abarcados por el estudio en varios sitios, se adoptó la escala de velocidades de Varnes (1978):

- Reptamiento: $\leq$ 6.0 mm/año.
- Flujo de tierras muy lento: 6.0 cm - 1.5 m/año.
- Flujo de tierras lento: 1.5 m/año - 1.5 m/mes.
- Deslizamiento activo: 1.5 m/mes - 1.5 m/día.
- Flujos de detritos y caídas de roca y detritos: mayor de 0.3 m/min.

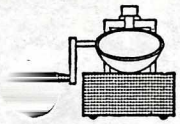
A: Zona en reptamiento general, amplia en su mitad superior (ladera arriba) y más restringida a la vecindad del cauce de la quebrada La Carbonera en su mitad inferior. Los materiales que la forman son un coluvión de poco espesor conformado por bloques de arenita en una matriz de arcilla limosa amarilla, sobre una arenita muy fracturada.

En esta zona se aprecian sólo daños menores en algunas casas e inexistentes en otras de la mitad superior, y daños un poco más acentuados hacia la quebrada en la mitad inferior. Los daños típicos son: fisuración y agrietamiento de paredes, andenes y pisos, o asentamientos diferenciales de las casas.

(a) Subzona de tamaño menor sobre la margen derecha de la quebrada y en la parte inferior de la Zona A, en condición de flujo de tierras muy lento. Presenta mayor actividad que A por acción socavante de la quebrada.

B: Zona que encierra múltiples casos, obedeciendo posiblemente a la historia de inestabilidad del terreno y la explotación de canteras que allí se desarrolló. Se encuentra en general en reptamiento, con poco a ningún daño en las casas de las partes superior e intermedia, pero contiene dos subzonas de mayor gravedad:

(b1). Flujo de tierras muy lento, con infiltraciones de agua que se alarga hacia el norte hasta confundirse con los escarpes de la Zona M.



(**b2**). Se halla en reptamiento el cuerpo general, pero en la parte inferior o pata de la subzona ocurre infiltración de agua que tiende a intensificar su movimiento.

C: Zona bastante amplia que muestra arriba la concavidad típica de los deslizamientos y en el centro y la pata la morfología característica de los cuerpos de deslizamiento o masas movidas en el pasado reciente. En efecto la parte central inferior es de acumulación de materiales con una subzona bien definida:

(**c**) Acumulación de bloques de arenisca presumiblemente por lavado de suelos arenosos y areno arcillosos por el agua de escorrentía. Hay infiltración.

D: Zona de flujo de tierras muy lento constituida por un cuerpo inestable dentro de otro. Es atravesada a la diagonal (de suroeste a noreste) por una cárcava notoria que al recoger agua abundante durante los aguaceros produce inundación en casas vecinas a la calle que ocupa. Esta cárcava se continúa hacia el noreste como zanja en tierra que llega al canal también en tierra localizado entre los tercios medio e inferior en que podría dividirse la ladera.

E: Es otra zona amplia y de longitud apreciable que se puede extender hasta el cauce de la quebrada Rosales. Abarca tres subzonas:

(**e1**) En reptamiento un poco más notorio.

(**e2**) Pasa de reptamiento a flujo de tierras muy lento, con acumulación de materiales y alta humedad.

(**e3**) Flujo de tierras muy lento adosado al flanco derecho de E, de longitud apreciable, con pata sobre la faja de terreno ocupada por el canal transversal en tierra.

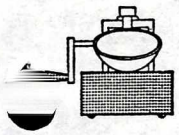
F: Zona de grandes proporciones que debió ser un deslizamiento importante que acumuló materiales en su tercio inferior abombando el terreno y empujando la quebrada Rosales hacia su margen izquierda (u occidental). Sin embargo hoy en día no tiene manifestaciones notorias ni produce daños. En la parte inferior del flanco izquierdo se distinguen dos subzonas:

(**f1**) Flujo de tierras muy lento, con escarpe intermedio y acumulación sobre la quebrada Rosales, activo por acción socavante de la quebrada.

(**f2**) Flujo de tierras lento con escarpe en la parte superior, presenta una zona muy húmeda con nacimientos de agua que alimentan una pequeña corriente de agua.

G: Flujo de tierras muy lento. No se observan daños en las casas; presenta alta humedad sobretodo en la vecindad de la quebrada Rosales.

H: Con esta letra hemos designado varios casos menores que se encuentran sobre las márgenes de la quebrada Rosales. Incluye el flujo de tierras muy lento localizado en la parte más alta del área estudiada.



No se han observado mayores daños aunque es notorio el arrastre local por acción de la quebrada en los grandes aguaceros.

- (**h1**) a (**h5**): corresponden a escarpes de antigua explotación de canteras, hoy en día en condiciones de degradación libre, sometidos a caídas y flujos locales de detritos.

- (**h6**) y (**h7**): Al parecer depósitos de explotación de canteras, en deslizamiento traslacional activo, el h6 intensificado por aguas de las casas vecinas y el h7 por flujos de detritos disparados por escorrentía e infiltración en períodos lluviosos y limitado por las calles vecinas a la pata, de las cuales la que va hacia el occidente está en plena construcción.

I: Se han designado con esta letra las áreas sometidas a inundaciones en aguaceros fuertes, casi siempre asociadas con flujo en cárcavas o en zanjas de drenaje en tierra, la principal a lo largo de la calle que desciende de la zona D; la segunda en importancia está en la vecindad de la quebrada La Carbonera aguas arriba del deslizamiento grave de Santa Viviana II, designado con la letra L, y la tercera se localiza en la pata del deslizamiento L y afecta las manzanas 3 y 4 del sector de Vistahermosa.

El problema de inestabilidad "L" ha producido fuerte alteración del cauce lo que a su vez favorece la infiltración que ayuda a inestabilizar creando así un círculo vicioso que se ha pensado eliminar canalizando la quebrada Carbonera hacia la otra corriente importante, la Qda. Rosales. A este esquema se opone la inestabilidad generalizada que viene describiéndose.

J: Zona de grandes proporciones que abarca la parte noroccidental de la mitad inferior del área estudiada. Es una zona de movimiento complejo en la cual predomina el flujo de tierras con subzonas en las tres categorías de tasa de desplazamiento consideradas:

- (**j1**): Reptamiento con daños menores a inexistentes en casas y calles.

- (**j2**) y (**j3**): Flujos de tierras lentos, activos, con escarpe notorio y daños en casas, algunos graves. Estas dos subzonas ocupan la parte superior de la zona y pueden estar influidas por filtraciones desde un canal en tierra que atraviesa el área cerca a la corona de ellas, además de fenómenos asociados con la antigua explotación de materiales (que fue importante en esta zona), y con un posible levantamiento del terreno debido al problema general de traslación, posibilidad que se planteó por los consultores del área del Espino, colindante hacia el occidente con la zona **J**.

- (**j4**): Puede ser la subzona más compleja. Hacia ésta confluyen los casos **j1** a **j3**, por lo cual se sospecha que puede estar sufriendo levantamiento a una tasa muy baja. El subsuelo de esta subzona puede estar acuñándose contra el sector de confluencia de las quebradas principales, Carbonera y Rosales. En el tiempo transcurrido en el presente estudio no se pudo detectar con certeza este mecanismo, pero las ondulaciones y deformaciones del terreno y la forma de los daños de algunas casas parecen confirmarlo.

- (j5): Subzona que ocupa la parte inferior de la Zona J, recostada contra el cauce de la Quebrada Rosales de la cual recibe socavación y arrastre. Presenta reptamiento, con deformaciones menores de las casas.

- (j6): Es la parte centro oriental de la punta del terreno, con influencia de la Qda. La Carbonera. Presenta reptamiento y poco a ningún daño en las casas.

K: Agrupamos aquí varios sitios con problemas diversos en el sector nororiental de la punta inferior del área estudiada, sobre la confluencia de las quebradas principales, pero relacionadas con el cauce de La Carbonera. La zona presenta escarpe antiguo bien definido y acumulación de materiales en la mitad inferior, con avance del coluvión que la forma hacia la quebrada y daños a casas y calles.

- (k1): Ocupa el sector del flanco izquierdo (sureste) de la zona. Ocurre aquí el flujo de tierras muy lento a lento, pero con escarpes definidos, alta humedad en el coluvión que constituye esta subzona y acumulación notable en la pata (sobre la margen derecha de la quebrada).

- (k2): Corresponde a un caso de flujo y cárcava estrecho pero alargado.

- (k3): Es similar a K2 en la forma pero consiste en degradación de un antiguo hundimiento-flujo de tierras. Cerca de su pata y un poco aguas abajo del flanco izquierdo hay un proceso incipiente de deslizamiento rotacional - flujo, con arrastre de materiales en la pata, debido a acción de la quebrada.

- (k4): Consiste de 3 casos pequeños pero muy activos de deslizamiento rotacional y flujo, con daños serios a casas, entre éstos asentamientos de decenas de cm, agrietamiento y pérdida de soporte de machones de concreto ciclópeo hechos por los habitantes de las casas en intento de restablecer algún soporte para las mismas.

- (k5): Flujo de tierras muy lento conformado por acumulación del material proveniente de la parte superior de la ladera con socavación producida en la pata por acción de la quebrada La Carbonera.

L: Es el deslizamiento principal y más grave y activo del área estudiada. Tiene unos 200 m de longitud y ancho promedio de 50 m. Es de carácter múltiple retrogresivo, con superficie de falla combinada o compuesta, en arco por rotación en la cabeza, y de traslación en los 2/3 restantes del cuerpo inestable. En el tercio superior se empina la pendiente y se producen escarpes secundarios en masa coluvial que se halla además muy agrietada y con infiltración de aguas residuales de las casas que se han construido (y continúan construyéndose) sobre el terreno inestable. El tercio medio presenta levantamientos y hundimientos, grietas longitudinales y transversales y un fuerte escarpe en el flanco derecho. El tercio inferior se levanta bajo el empuje de los superiores y avanza paulatinamente contra una serie de casas que se han ido agrietando y destruyendo a ojos vista, imponiendo grave peligro para sus habitantes. En esta zona se pierde el cauce de la quebrada La Carbonera y tanto arriba de su corona como en el área vecina a su flanco izquierdo el terreno se halla en flujo lento de tierras.

- (**l1**): Subzona con escarpe de hundimiento y flujo de tierras hacia la quebrada.

M: Es una zona central que se considera que recibe influencia de las Zonas B y C por encontrarse a continuación de la pata de éstas, y de la Zona L por arrastre lateral de masa en deslizamiento. Toda la zona aparece hoy en día en flujo de tierras muy lento a lento, con escarpes y grietas bien desarrollados. Aunque en el Plano 5 solo se dibuja hasta donde se hallaron grietas y deformaciones del terreno, se considera que bien puede estar influyendo sobre las cabeceras de la Zona J por empuje lento pero permanente. Como en otros casos, hay varias subzonas:

- (**m1**): Reptamiento con cambio de dirección, inicialmente hacia el noroeste y al final hacia el norte; la primera dirección coincide con la natural y obedece en alto grado al buzamiento mientras que la segunda puede deberse a la acción de movimiento artificial del terreno para construcción de casas. Presenta un escarpe local en el centro de la pata con daños en casas; en el resto de la subzona los daños son poco notorios.

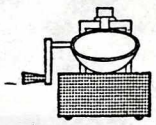
- (**m2**) y (**m3**): Flujos locales con escarpes definidos e intenso agrietamiento; algunas casas bastante agrietadas.

- (**m4**): Se trata de un deslizamiento local inducido por la excavación de un lote para una casa con talud de 2 a 3 m de altura en coluvión; ha afectado la casa vecina.

2.3 Análisis de estabilidad de taludes

Para la evaluación de la estabilidad de taludes se utilizó el programa PCSTABL6, desarrollado en 1986 por Purdue University bajo la dirección del Profesor C.W. Lovell y el programa editor STED 5.24, desarrollado por Hal Van Haller y presentado en 1991. Este programa de computador permite analizar hasta 200 superficies de falla diferentes, empleando siete métodos de análisis, lo cual garantiza la posibilidad de estudiar tendencias del terreno y establecer la más desfavorable y la de mayor probabilidad de ocurrencia. El software incluye además la posibilidad de introducir la variable sísmica, lo cual permite hacer un análisis de estabilidad de taludes muy completo y con gran agilidad. Se efectuaron análisis en secciones representativas del área de La Carbonera, empleando los parámetros geotécnicos establecidos en el capítulo 3.

Se consideraron superficies de falla del tipo planar y por el contacto entre los depósitos superficiales y la roca subyacente, para inclinaciones del terreno representativas de 15, 25 y 35°. Se consideraron espesores de relleno de 2, 4 y 7 m. Se consideró un rango de aceleración horizontal desde 0.0 hasta 0.30g en los análisis bajo condiciones dinámicas, de acuerdo con el Estudio de Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá (UPES, 1997), y con el objeto de hallar la aceleración critica para diferentes condiciones. Finalmente se establecieron tres posiciones del nivel freático y una sobrecarga de 1.0 ton/m^2 para obtener una visión general de todas las combinaciones posibles. Los resultados se resumen en los gráficos 7-1 a 7-3 al final de capítulo, los cuales corresponden a pendientes del terreno de 15, 25 y 35° respectivamente. En el cuadro 7-1 se presenta un resumen de todos los factores de seguridad obtenidos.



3. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA RELATIVA POR FENOMENOS DE EROSION Y REMOCION EN MASA

3.1 Identificación y caracterización espacial y temporal de la amenaza

Se empleó en términos generales la metodología planteada por Cantillo (1998), cuyo primer paso consiste en la identificación y caracterización espacial y temporal de la amenaza.

Se elaboraron mapas de susceptibilidad general teniendo en cuenta varios factores intrínsecos y detonantes, los cuales se listan con sus respectivos rangos de calificación. Para el procesamiento de estos insumos se empleó el sistema de información geográfica SPANS, empleando un rango de calificación para cada una de las categorías de una variable entre cero (influencia nula) y 50 (efecto mayor):

3.1.1 Relieve:

Se elaboró un mapa de pendientes a partir de la restitución fotogramétrica realizada por IGL, asignando las siguientes calificaciones (ver la Figura 7-4):

RANGO DE PENDIENTES	CALIFICACIÓN
0° - 15°	10
15° - 22°	20
22° -30°	30
30° - 45°	40
> 45°	50

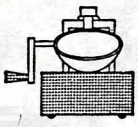
3.1.2 Tipo de Materiales:

La susceptibilidad de los materiales ante los fenómenos de remoción en masa y en particular ante procesos de erosión se define con base en los resultados del levantamiento geológico, el reconocimiento geotécnico detallado y los resultados de la exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio (ver el Plano 2):

TIPO DE MATERIAL	CALIFICACIÓN
Roca (unidades Ktgm y Ktgi)	10
Depósitos de suelo (cuaternarios Qc y Qcol)	30
Material deslizado (Qfm)	40
Depósitos antrópicos (Rae y Rab)	50

3.1.3 Procesos degradacionales existentes:

En el numeral anterior se identificaron y definieron geográficamente las zonas y subzonas que mostraron problemas de inestabilidad por erosión y remoción en masa. En el presente numeral se presentan las bases para su evaluación (o ponderación) dentro del estudio general de amenaza.



3.1.3.1 Carácter activo y potencial de la amenaza

Las Zonas A a M delimitadas en el Plano 5 y descritas en el numeral 2, pertenecen por si mismas a la categoría de activas, es decir, porciones del terreno aquejadas en la actualidad por fenómenos de erosión y remoción en masa, a tasa variable.

Se propone que a todas las porciones restantes del terreno, comprendidas entre las Zonas A-M o que las circundan, se les asigne el carácter de inestabilidad potencial sin excepción, pues aunque aparentemente estarían libres de los problemas mencionados (al observar el Plano 4) en realidad han estado o pueden estar en inestabilidad por las siguientes razones:

a) Al elaborar el inventario que dio origen a la delimitación de zonas y subzonas, pueden haberse omitido rasgos o manifestaciones de inestabilidad que estaban cubiertos o disfrazados por rellenos, casas, etc. o por haberse borrado por acción de lluvias y agua corriente (relleno de grietas, por ejemplo). Estos factores tienden a subestimar la magnitud de los casos activos.

b) Al comparar dicho inventario, Plano 5, con los fenómenos hallados en el estudio IGL-753-2 de diciembre de 1988 y que hemos reproducido en el Plano 4 del presente estudio, se encuentra que los de 1988 abarcan o afectan la totalidad del área estudiada (inclusive la exceden por el lado occidental). Por ejemplo, el gran escarpe que atraviesa de oriente a occidente dicha área en el estudio IGL-753 abarca todo el tercio inferior del área total, de manera que las zonas que hoy en día quedaron por fuera de las Zonas J (Plano No. 5) fueron inestables en el pasado muy reciente o están sobre terreno que fue inestable hace pocos años (11 para ser precisos).

Por consiguiente se establece una primera calificación (Ver la Figura 7-5):

ZONA	CALIFICACION
Activas	50
Potencialmente inestables	30

3.1.3.2 Ponderación por Tasa de Movimiento

Aunque las tasas de movimiento asignadas a las diversas zonas fueron en alto grado subjetivas, pues no obedecieron a distancias medidas, sin embargo, la asignación de tasa de movimiento basada en las manifestaciones físicas de cada fenómeno o proceso en cada zona, y en apreciaciones de expertos en la observación y control de deslizamientos puede ser aceptada como evaluación de la actividad; por lo tanto se amplía la tabla de calificación por este concepto dada en 3.1.3.1, en la siguiente forma (en orden creciente):

ZONAS	VALORACIÓN POR ACTIVIDAD
Potencialmente inestables	10
En reptamiento (< 6.0 cm/año)	20
En flujo de tierras muy lento (6.0 cm - 1.5 m) / año	30

ZONAS	VALORACIÓN POR ACTIVIDAD
En flujo de tierras lento (1.5 m/año - 1.5 m/mes)	40
En deslizamiento (1.5 m/mes - 1.5 m/día) (*)	50

(*) Incluye los flujos de detritos y caídas de roca (movimientos muy rápidos).

Esta clasificación se emplea como indicadora de la magnitud o intensidad de fenómenos de remoción en masa en los análisis de vulnerabilidad que se presentan en el próximo capítulo.

3.1.4 Susceptibilidad ante lluvias desde el punto de vista de la erosión:

La precipitación se reconoce como el factor disparador más importante en el área estudiada, seguido por los sismos y la actividad antrópica. Las aguas lluvias saturan y ablandan suelos y rocas arcillosas, entre estas últimas las arcillolitas y limolitas de la formación Guaduas (ver el Mapa Geológico en el Plano 2). Las aguas de escorrentía erosionan materiales de baja densidad como los suelos arenosos y limosos de coluviones con predominio de matriz granular y las capas superficiales de areniscas tiernas, así como las superficies de arcilla desecada y agrietada previamente a la ocurrencia de las lluvias. La erosión lleva al aporte de sedimentos a zanjas de drenaje y quebradas ocluyéndolas y por tanto disminuyendo o anulando su función; además, la erosión elimina soporte a sitios inestables activos o potenciales como en el fenómeno de socavación.

La acción de la erosión se manifestará en mayor grado en suelos y formaciones rocosas de tipo arenoso, y en zonas donde la inestabilidad ha llevado a formar acumulaciones de materiales sueltos y dispuestos erráticamente. Esa acción estará además condicionada por el porcentaje de área destapada en cada zona potencial o activa, es decir, de área no cubierta por casas y pavimentos. La pendiente del terreno también ejerce influencia en el proceso.

Con base en lo anterior se plantea una ponderación de erosionabilidad en relación con los siguientes factores.

a) Unidad o formación geológica o geomorfológica según susceptibilidad.

b) Pendiente topográfica, de mayor a menor según los intervalos utilizados para el mapa de pendientes. La pendiente califica a las unidades geomorfológicas y las subdivide en sectores.

c) Porcentaje de área de cada unidad geomorfológica susceptible, sin construcciones ni pavimentos, determinado con base en la restitución efectuada por IGL. Los resultados de porcentaje de ocupación por manzanas se presentan en la Figura 7-9.

d) Los deslizamientos activos, que son de alta influencia dentro de la unidad a la cual pertenecen (Planos 4 y 5).

e) Los sitios sometidos a socavación por las quebradas que flanquean el área de estudio, que también afectan en algún grado a la unidad dentro de la cual se encuentran. (Ver el Plano 5).

Estos factores se ponderaron y cruzaron con el SIG SPANS obteniendo el mapa que se presenta en la Figura 7-6. Los resultados muestran una gran susceptibilidad a la erosión en la zona, desde el punto de vista de los fenómenos de remoción en masa, y coincide con lo estimado durante la evaluación taxonómica de suelos presentada en el capítulo 4 y en los planos 10 y 11.

3.1.3.5 Susceptibilidad a lluvias desde el punto de vista de la remoción en masa

El agua infiltrada juega un papel importantísimo como disparadora de fenómenos de flujo y deslizamiento de tierras; crea presiones de poros (o las eleva) en superficies de falla activas o potenciales o en contactos entre diversas unidades (coluviones/roca, depósitos glaciales/roca) o en zonas débiles de unidades rocosas (contactos arcillolita/arenisca). Como en los deslizamientos activos hay agrietamiento, escarpes, depresiones y montículos que pueden favorecer la infiltración, y en vista de que el mayor desplazamiento que ha tenido lugar según la tasa de movimiento ha "consumido" resistencia al corte en forma correspondiente, llevándola a la resistencia residual o a un valor intermedio entre la resistencia pico y la residual, entonces la tabla dada en el numeral 3.1.3.2 también podría aplicarse en este caso.

Además de la influencia que puede ejercer el agua según las zonas definidas por tasa de movimiento, se considera de gran importancia el peligro potencial que existe para el terreno como se presenta hoy en día al observador, en relación con los procesos o fenómenos de inestabilidad que existieron en el pasado reciente y que pudieron haber sido cubiertos o disfrazados al conformar el terreno para urbanizarlo, o al construir las viviendas que lo han ido poblando. La comparación de "sectores geomorfológicos" encontrados en diciembre de 1988 con las zonas inventariadas en el presente estudio (diciembre de 1998), mediante superposición en el SIG de los planos 4 y 5, permite establecer la interrelación que se muestra en el Cuadro 7-2 según el área en porcentaje de cada zona abarcada en un sector dado, o sea, afectada por el fenómeno que se detectó en éste.

Combinando ahora la definición de los sectores geomorfológicos dada en el estudio IGL-753-2 y presentada en el Plano 4, con su susceptibilidad a los excesos de presión de poros generados por agua infiltrada, se encuentra que el orden en que están en la columna izquierda de la matriz del Cuadro 7-2 coincide con el sentido decreciente de dicha susceptibilidad. Por lo tanto se asigna el mayor puntaje a Dr, luego a Rc, Db, etc, disminuyéndolo hasta Ri y ese puntaje se multiplica por el porcentaje del área de cada zona para obtener entonces una ponderación del factor inestabilizante principal, la lluvia, a través del agua infiltrada. En la parte inferior del cuadro 7-2 se presentan las calificaciones obtenidas. Se obtuvieron calificaciones entre 14 y 36 puntos (sobre un máximo posible de 50) para las zonas inestables; finalmente se reagruparon las zonas establecidas con base en la curva de distribución obtenida, obteniendo el mapa final para el análisis que se presenta en la Figura 7-7.

3.1.3.6 Susceptibilidad a sismos

Esta parte de la evaluación de amenaza se refiere a la activación o reactivación de deslizamientos, flujos y caídas de roca bajo cargas sísmicas o a la eventual generación de casos nuevos inducidos por sismo. Se establece que las zonas que ya muestran inestabilidad por fenómenos de remoción en masa serían más susceptibles y en el mismo orden de ponderación, de menor a mayor dado en 3.1.3.2; por otra parte la localización de una zona dada sobre terreno o materiales de diversa densidad, grado de inestabilidad (remoción en masa) o susceptibilidad a sismo por estar alterados y erráticos, sería un calificador importante. En este sentido cobra nueva aplicación la matriz elaborada en el numeral anterior.

Puede entonces obtenerse un nuevo puntaje basado en la amenaza por susceptibilidad sísmica subyacente (o del substrato) utilizando la matriz superior del Cuadro 7-2 pero ahora dando un orden decreciente diferente, obedeciendo a las características de los materiales (ver el Cuadro 7-3). El resultado de este análisis se podría denominar susceptibilidad a sismos "subyacente".

De otra parte se tiene que el mecanismo de falla más probable es el de deslizamiento planar o traslacional. Los análisis de estabilidad de taludes indican que para pendientes mayores a 15° se presenta falla bajo condiciones dinámicas, lo cual establece una segunda categorización de susceptibilidad ante sismo, y mucho más importante que la anterior: (a) para las porciones de terreno con pendiente menor a 15° se asignó una susceptibilidad baja a media, mientras que (b) para las zonas restantes se estableció una susceptibilidad alta por este efecto.

Finalmente se combinaron los planos resultantes de susceptibilidad ante sismo con base en el cuadro 7-3 y el relacionado con la pendiente del terreno, asignando una proporción relativa de 30 y 70% respectivamente, obteniendo el plano mostrado en la Figura 7-8 en el cual se cuantifica la amenaza de deslizamiento inducido por sismo.

3.1.3.7 Influencia de la Actividad Antrópica

Mediante actividades tales como la construcción de vivienda o la explotación de materiales la gente puede introducir factores inestabilizantes del terreno como son los siguientes:

- La excavación: que forma taludes, los sobreempina, expone materiales a los agentes atmosféricos.
- La sobrecarga: debida a rellenos, terraplenes y botaderos, en especial los colocados sobre la parte superior de una zona débil o susceptible al deslizamiento o ya inestable.
- La alteración del drenaje natural: casi siempre concentrando aguas en un sitio, alargando trayectorias de flujo, favoreciendo las acumulaciones, incrementando el aporte de agua a una zona al disponer las aguas negras directamente sobre el terreno ante la falta de alcantarillado, etc.

Se consideraron dos formas de cuantificar la influencia antrópica:

a) Mediante la densidad de vivienda construida en cada zona en porcentaje del área ocupada por viviendas en relación el área total de cada zona. Este porcentaje se determinó a partir

del plano 1 (topografía obtenida por fotorestitución con base en fotografías de abril de 1999) calculando el porcentaje de lotes vacíos y restándolo al total. El resultado se presenta en la Figura 7-9 para cada una de las manzanas en el área de estudio. Luego se agruparon las áreas según la tasa de movimiento actual engrosando las zonas en reptamiento mediante la adición de las zonas potencialmente inestables, de manera que se tienen 4 categorías: reptamiento, flujo muy lento, flujo lento y deslizamiento (esta abarca los flujos de detritos y las caídas de roca y detritos).

b) Representando la explotación de canteras por los efectos inestabilizantes de ella. Como la explotación fue el agente causante principal de la inestabilidad de toda el área estudiada podría decirse que todos los fenómenos asociados con los 13 sectores geomorfológicos del estudio de diciembre de 1998 tuvieron alguna relación con la explotación de canteras. Por consiguiente podrá utilizarse de nuevo la matriz del cuadro 7-2 pero cambiando el orden de importancia (decreciente) de la influencia de los sectores. Así, el sector Db sería el más importante por contiene el gran escarpe de deslizamiento que atravesó toda el área estudiada (ver el Plano 4) y los escarpes secundarios hallados en ese diciembre de 1988; en segundo lugar estarían los 2 componentes del sector Dr puesto que las losas rocosas entraron en deslizamiento traslacional al perder soporte en la base de la ladera por la explotación mencionada. Luego vendría Rc y los demás, decreciendo su relación con las canteras. La matriz resultante sería la presentada en el Cuadro 7-4:

Finalmente, se obtuvo la cuantificación del factor antrópico por medio de la combinación de estos dos criterios, asignando un 40% a la vivienda y el 60% restante a la "amenaza subyacente". El resultado se presenta en la Figura 7-10 donde es notable que en general todas las zonas habitadas y con problemas actuales de inestabilidad muestran una calificación por lo menos "media alta".

2.2 Resultados de la evaluación de la amenaza:

Luego de varias ponderaciones de los diversos factores del modelo para obtener el mapa de amenaza por fenómenos de remoción en masa con el SIG SPANS se asignaron los siguientes pesos a cada uno de los factores:

FACTOR	PESO
Procesos degradacionales existentes (actividad de los procesos)	30%
Susceptibilidad ante sismos	15%
Susceptibilidad ante lluvias	15%
Relieve	10%
Tipo de materiales	10%
Susceptibilidad ante erosión	10%
Susceptibilidad por efectos antrópicos	10%

En la plano No. 12 se presenta el mapa resultante de amenaza por fenómenos de remoción en masa. Considerando que el sistema de información geográfica utilizado emplea una calificación variable de 0 a 50, se establecieron los siguientes tres niveles o categorías

diferentes de amenaza con base en la curva de distribución de las calificaciones de amenaza:

- **Amenaza Alta**: Abarca un porcentaje muy alto del área comprendida entre las quebradas Rosales y La Carbonera en la zona de estudio. Comprende casi la totalidad del barrio Santa Viviana y en general todas las zonas con procesos de inestabilidad existentes o potenciales. Las márgenes de las quebradas principales también resultan en esta categoría.

- **Amenaza Media**: incluye en general las zonas con menos densidad de ocupación y las zonas donde los rellenos superficiales son de espesor inferior a 2.0 m.

- **Amenaza Baja**: corresponde a zonas con pendiente suave y cubiertas con depósitos de poco espesor y que no han sido afectados por procesos de inestabilidad. Dentro del área de estudio comprendida entre las dos quebradas esta categoría representa un porcentaje bajo.

La comparación de la evaluación de amenaza por fenómenos de remoción en masa con los resultados de los análisis de estabilidad de taludes dio un alto grado de correlación tanto para las condiciones generales de falla planar en toda el área (relacionada principalmente con la pendiente del terreno y el espesor local de rellenos) como para las condiciones locales de algunos procesos de inestabilidad. Con base en la contrastación anterior puede asignarse un nivel de precisión alto para la evaluación de amenaza efectuada.

CUADRO 7-1 - RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD DE LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD

MECANISMO DE FALLA PLANAR

PENDIENTE DEL TALUD	POSICION DEL NIVEL FREATICO	ESPESOR CAPA SUPERFICIAL, (m)	ACELERACION HORIZONTAL, a_h						
			0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
15°	BAJO	2.0	1.81	1.57	1.37	1.22	1.10	0.99	0.91
		4.0	1.76	1.50	1.29	1.14	1.01	0.91	0.83
		7.0	1.75	1.47	1.27	1.11	0.98	0.88	0.80
	MEDIO	2.0	1.50	1.29	1.12	0.99	0.89	0.80	0.73
		4.0	1.39	1.17	1.01	0.89	0.79	0.71	0.65
		7.0	1.38	1.16	1.00	0.88	0.78	0.70	0.63
	ALTO	2.0	1.12	0.96	0.84	0.74	0.66	0.60	0.54
		4.0	0.98	0.82	0.71	0.62	0.55	0.50	0.45
		7.0	0.92	0.77	0.66	0.58	0.51	0.47	0.43
25°	BAJO	2.0	1.05	0.95	0.87	0.80	0.74	0.68	0.63
		4.0	1.02	0.91	0.83	0.75	0.69	0.63	0.58
		7.0	1.01	0.90	0.81	0.74	0.67	0.62	0.57
	MEDIO	2.0	0.84	0.76	0.69	0.63	0.58	0.54	0.50
		4.0	0.79	0.71	0.64	0.58	0.53	0.48	0.44
		7.0	0.77	0.69	0.62	0.56	0.51	0.46	0.43
	ALTO	2.0	0.61	0.55	0.50	0.46	0.42	0.39	0.35
		4.0	0.52	0.46	0.41	0.37	0.33	0.30	0.28
		7.0	0.49	0.43	0.39	0.37	0.34	0.31	0.29
35°	BAJO	2.0	0.72	0.66	0.61	0.57	0.53	0.49	0.46
		4.0	0.69	0.63	0.58	0.53	0.49	0.45	0.42
		7.0	0.68	0.62	0.57	0.53	0.49	0.45	0.42
	MEDIO	2.0	0.55	0.50	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34
		4.0	0.50	0.46	0.42	0.38	0.35	0.32	0.29
		7.0	0.49	0.45	0.41	0.38	0.35	0.33	0.31
	ALTO	2.0	0.35	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19
		4.0	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17
		7.0	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22	-	-

Rango considerado de propiedades geotecnicas para los análisis de estabilidad:

Material	Peso Unitario, (ton/m^3)	Cohesión, (ton/m^2)	Angulo de fricción, (°)
Depósito	1.95	0.12 - 0.24	22.1 - 25.4
Roca subyacente	2.10	0.00	35.3 - 42.9

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA - LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR

CUADRO 7-2 : COMPARACION DE SECTORES GEOMORFOLOGICOS EN PORCENTAJE DE AREA SEGÚN SUSCEPTIBILIDAD ANTE LLUVIAS

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS DEL ESTUDIO DE 1988 (Orden decreciente de susceptibilidad ante lluvias.)	PROCESOS DE INESTABILIDAD - GEOMORFOLOGIA DE 1999												
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	S.I.
Dr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.81	0.44	16.03	10.54	0.18
Rc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.49	15.82	4.25	0.00	1.31
Db	0.00	15.29	0.00	0.00	9.70	0.00	0.00	0.00	31.21	0.00	16.56	89.46	11.23
Da	0.00	0.18	73.72	63.16	65.37	37.40	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.57
Ec	0.00	0.00	0.22	0.00	10.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00
Fg	0.00	0.00	0.00	36.84	14.91	16.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
Zo	83.71	28.26	9.71	0.00	0.00	6.90	0.00	10.20	0.00	0.00	34.81	0.00	18.02
Zr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.14	67.55	0.00	6.88	2.68	0.00	19.14
Re	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.22	13.84	0.00	0.00	0.00
Ri	16.29	56.27	16.34	0.00	0.00	13.75	69.38	22.25	3.27	61.89	25.67	0.00	17.66

Nota: Los valores están dados en porcentaje. S.I.: sin información.

SUSCEPTIBILIDAD ANTE LLUVIAS - PUNTAJES PARA EL MODELO EN S.I.G.

PROCESOS DE INESTABILIDAD - GEOMORFOLOGIA DE 1999												
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	S.I.
21	18	30	32	34	25	14	18	23	17	20	36	26

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA - LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR

CUADRO 7-3 : COMPARACION DE SECTORES GEOMORFOLOGICOS EN PORCENTAJE DE AREA SEGÚN SUSCEPTIBILIDAD ANTE SISMOS

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS DEL ESTUDIO DE 1988 (Orden decreciente de susceptibilidad ante sismos.)	PROCESOS DE INESTABILIDAD - GEOMORFOLOGIA DE 1999												
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	S.I.
Rc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.49	15.82	4.25	0.00	1.31
Dr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.81	0.44	16.03	10.54	0.18
Db	0.00	15.29	0.00	0.00	9.70	0.00	0.00	0.00	31.21	0.00	16.56	89.46	11.23
Zo	83.71	28.26	9.71	0.00	0.00	6.90	0.00	10.20	0.00	0.00	34.81	0.00	18.02
Fg	0.00	0.00	0.00	36.84	14.91	16.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
Da	0.00	0.18	73.72	63.16	65.37	37.40	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.57
Zr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.14	67.55	0.00	6.88	2.68	0.00	19.14
Re	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.22	13.84	0.00	0.00	0.00
Ec	0.00	0.00	0.22	0.00	10.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00
Ri	16.29	56.27	16.34	0.00	0.00	13.75	69.38	22.25	3.27	61.89	25.67	0.00	17.66

Nota: Los valores están dados en porcentaje. S.I.: sin información.

SUSCEPTIBILIDAD ANTE SISMOS - PUNTAJES PARA EL MODELO EN S.I.G.

PROCESOS DE INESTABILIDAD - GEOMORFOLOGIA DE 1999												
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	S.I.
31	22	24	27	27	24	14	21	40	19	31	41	26

080000

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA - LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR

CUADRO 7-4 : COMPARACION DE SECTORES GEOMORFOLOGICOS EN PORCENTAJE DE AREA SEGÚN SUSCEPTIBILIDAD ANTE ACCION ANTROPICA

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS DEL ESTUDIO DE 1988 (Orden decreciente de susceptibilidad ante acción antrópica.)	PROCESOS DE INESTABILIDAD - GEOMORFOLOGIA DE 1999												
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	S.I.
Db	0.00	15.29	0.00	0.00	9.70	0.00	0.00	0.00	31.21	0.00	16.56	89.46	11.23
Dr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.81	0.44	16.03	10.54	0.18
Rc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.49	15.82	4.25	0.00	1.31
Re	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.22	13.84	0.00	0.00	0.00
Da	0.00	0.18	73.72	63.16	65.37	37.40	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.57
Zo	83.71	28.26	9.71	0.00	0.00	6.90	0.00	10.20	0.00	0.00	34.81	0.00	18.02
Zr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.14	67.55	0.00	6.88	2.68	0.00	19.14
Fg	0.00	0.00	0.00	36.84	14.91	16.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
Ec	0.00	0.00	0.22	0.00	10.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00
Ri	16.29	56.27	16.34	0.00	0.00	13.75	69.38	22.25	3.27	61.89	25.67	0.00	17.66

Nota: Los valores están dados en porcentaje. S.I.: sin información.

SUSCEPTIBILIDAD ANTE ACCION ANTROPICA - PUNTAJES PARA EL MODELO EN S.I.G.

PROCESOS DE INESTABILIDAD - GEOMORFOLOGIA DE 1999												
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	S.I.
23	13	26	26	24	24	14	20	12	19	14	0	21

RELACION ENTRE LA ACELERACION HORIZONTAL Y EL FACTOR DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES ESPESORES DE CAPA SUPERFICIAL SOBRE ROCA Y CONDICIONES DEL NIVEL FREATICO

MECANISMO DE FALLA PLANAR - INCLINACION DEL TALUD β=15°

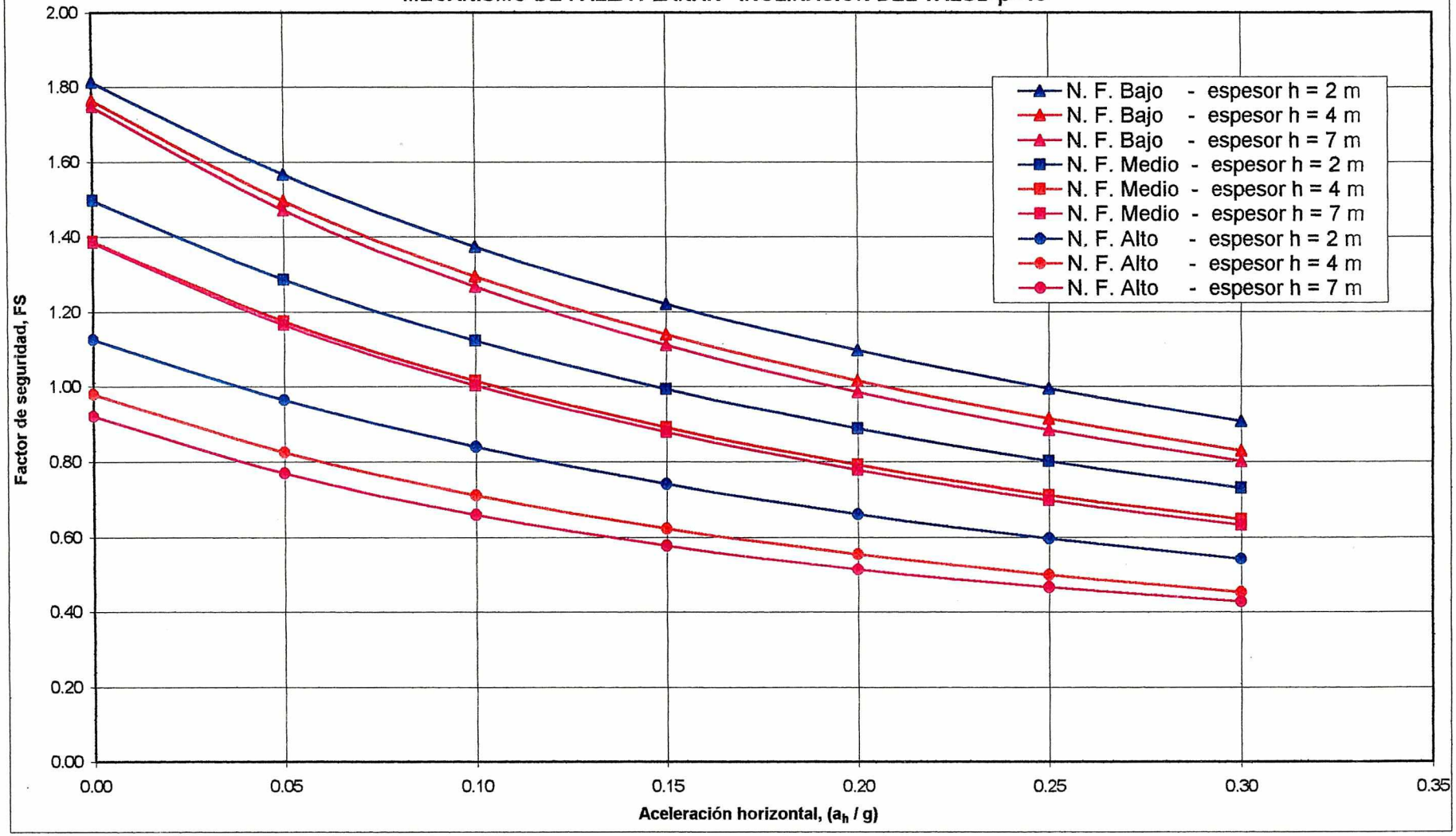


FIGURA 7-1

RELACION ENTRE LA ACELERACION HORIZONTAL Y EL FACTOR DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES ESPESORES DE CAPA SUPERFICIAL SOBRE ROCA Y CONDICIONES DEL NIVEL FREATICO

MECANISMO DE FALLA PLANAR - INCLINACION DEL TALUD β=25°

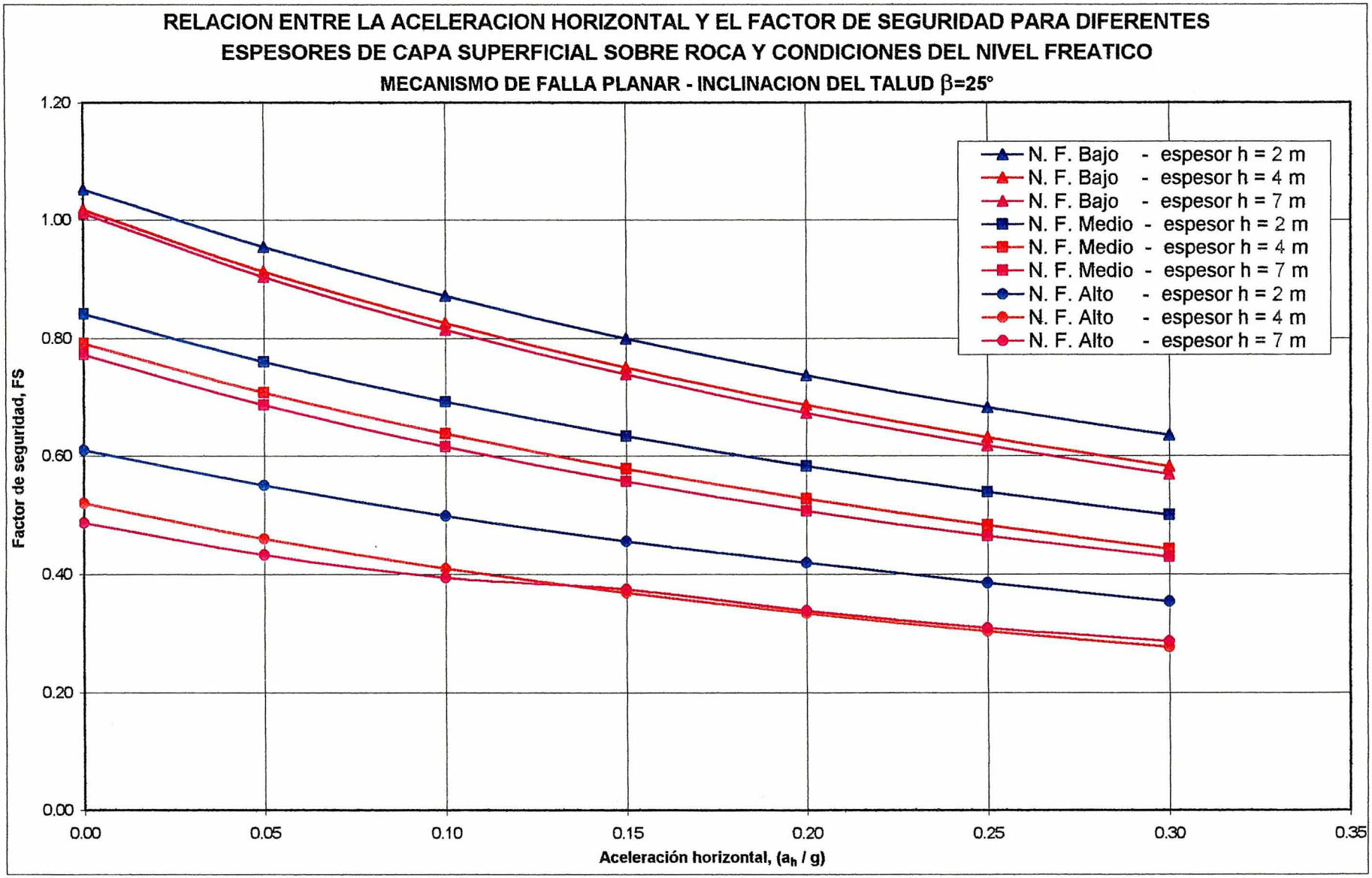


FIGURA 7-2

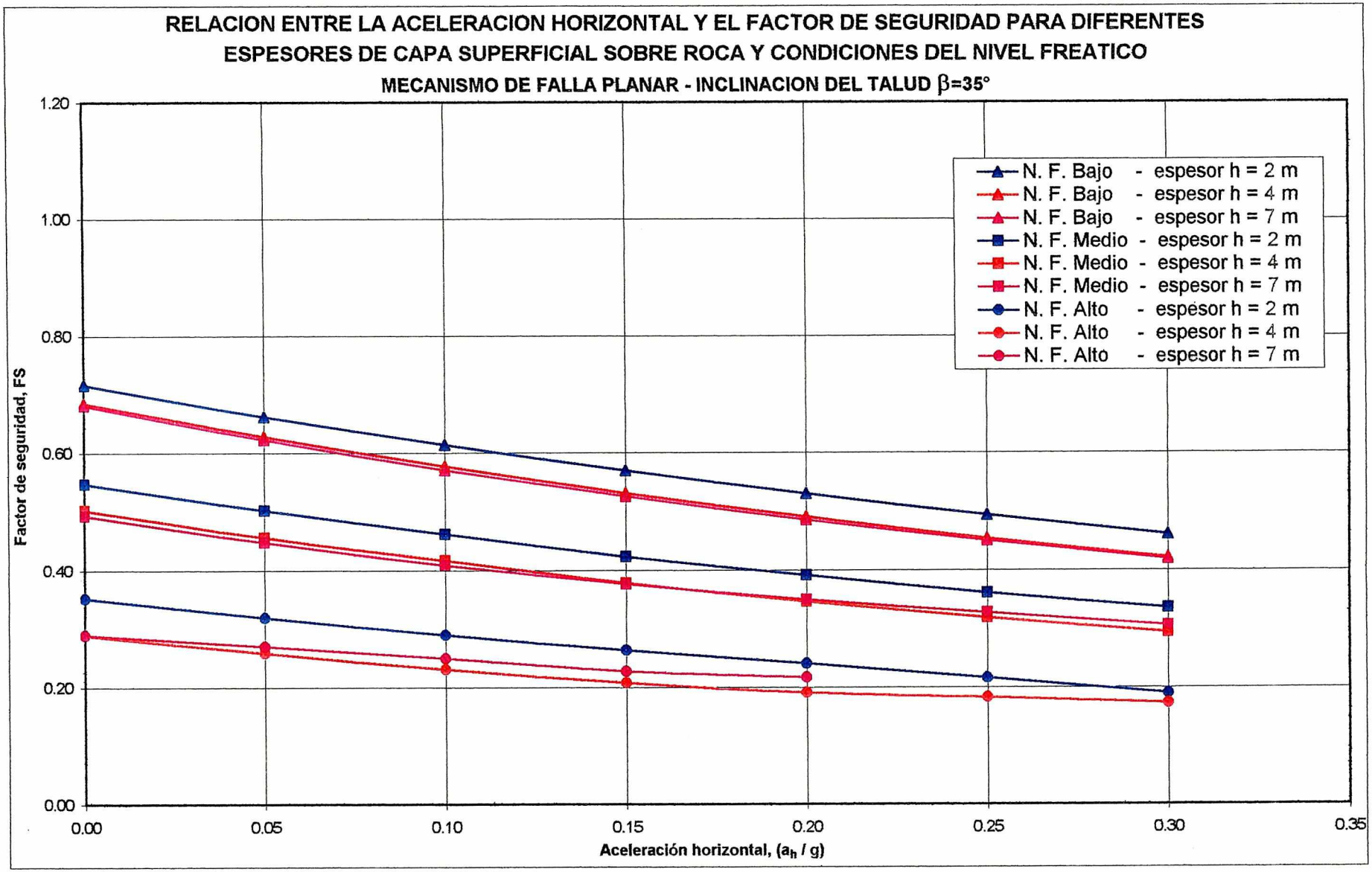
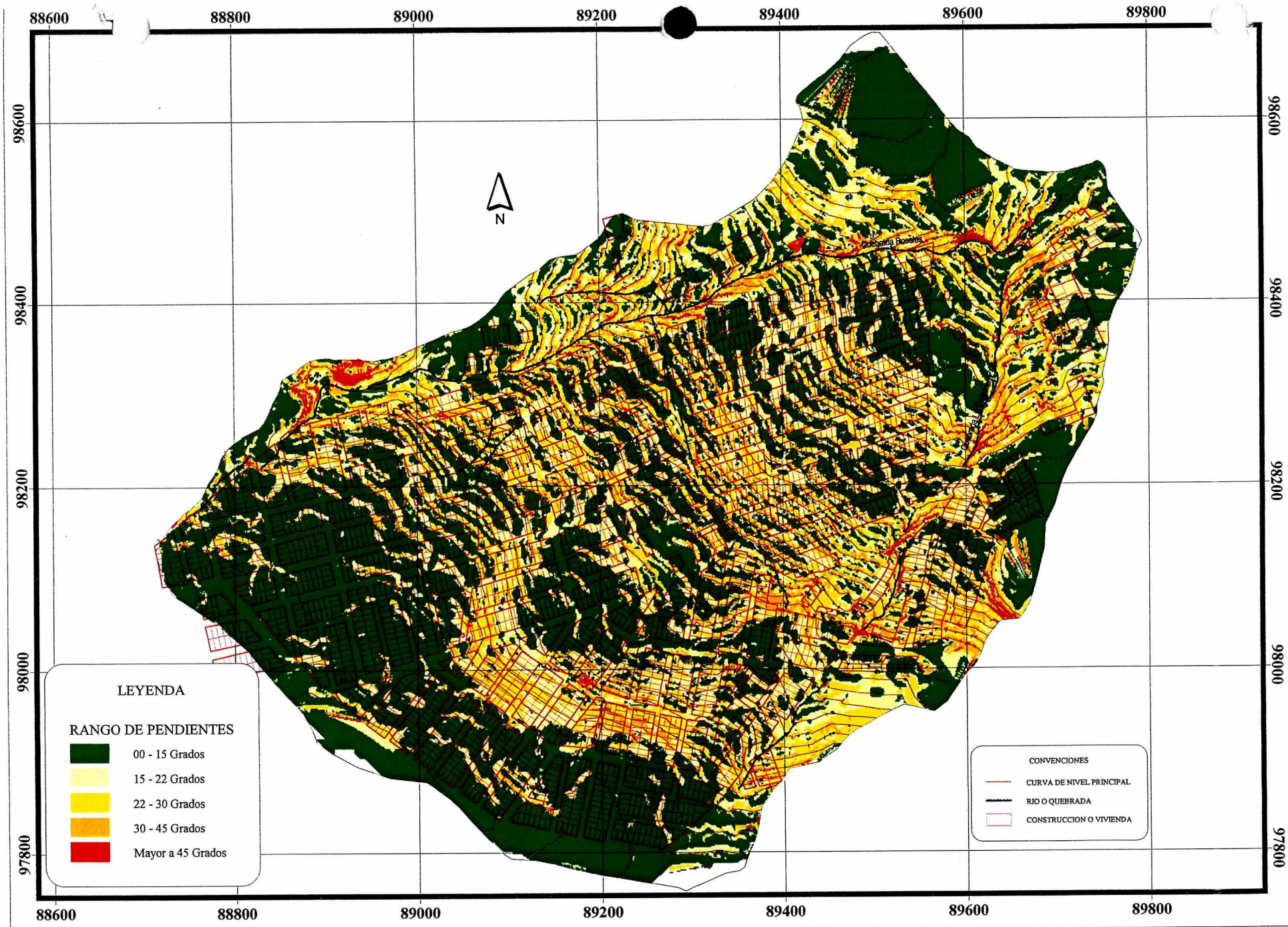

RELACION ENTRE LA ACELERACION HORIZONTAL Y EL FACTOR DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES ESPESORES DE CAPA SUPERFICIAL SOBRE ROCA Y CONDICIONES DEL NIVEL FREATICO
MECANISMO DE FALLA PLANAR - INCLINACION DEL TALUD β=35°
Factor de seguridad, FS
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
Aceleración horizontal, (a_h / g)
N. F. Bajo - espesor h = 2 m
N. F. Bajo - espesor h = 4 m
N. F. Bajo - espesor h = 7 m
N. F. Medio - espesor h = 2 m
N. F. Medio - espesor h = 4 m
N. F. Medio - espesor h = 7 m
N. F. Alto - espesor h = 2 m
N. F. Alto - espesor h = 4 m
N. F. Alto - espesor h = 7 m

FIGURA 7-3



UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCIÓN DE DESASTRES

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA. LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR CONTRATO G-800-101/1998

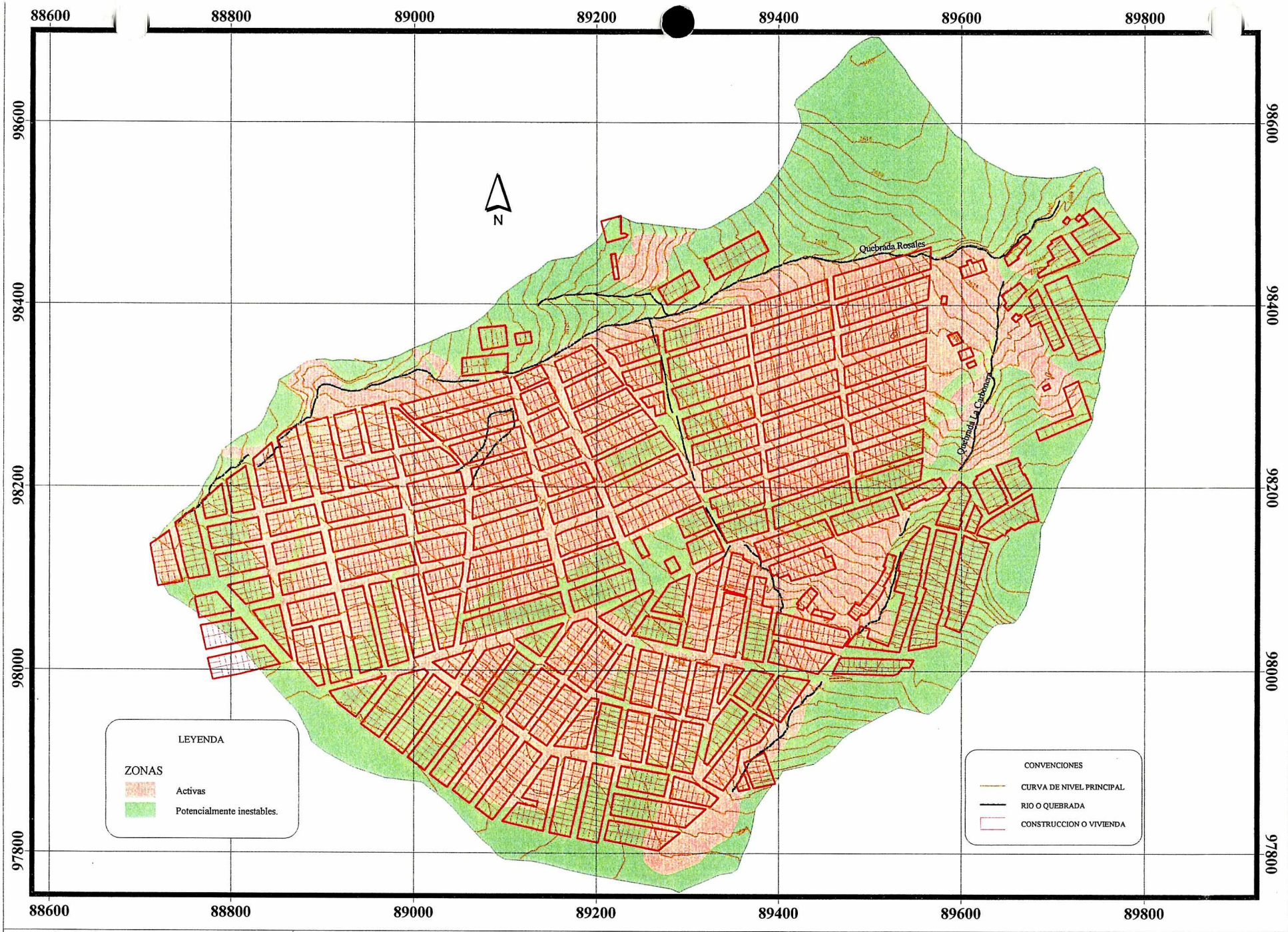
ZONIFICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO
MAPA DE PENDIENTES - RELIEVE

60 0 60 Meters

ESCALA: 1:5524

FIGURA No. 7-4

Elaboro: I.G.L
Fuente: Fotorestitución IGL 1999



UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCIÓN DE DESASTRES

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA. LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR CONTRATO G-800-101/1998

ZONIFICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO POR ACTIVIDAD DE PROCESOS EXISTENTES

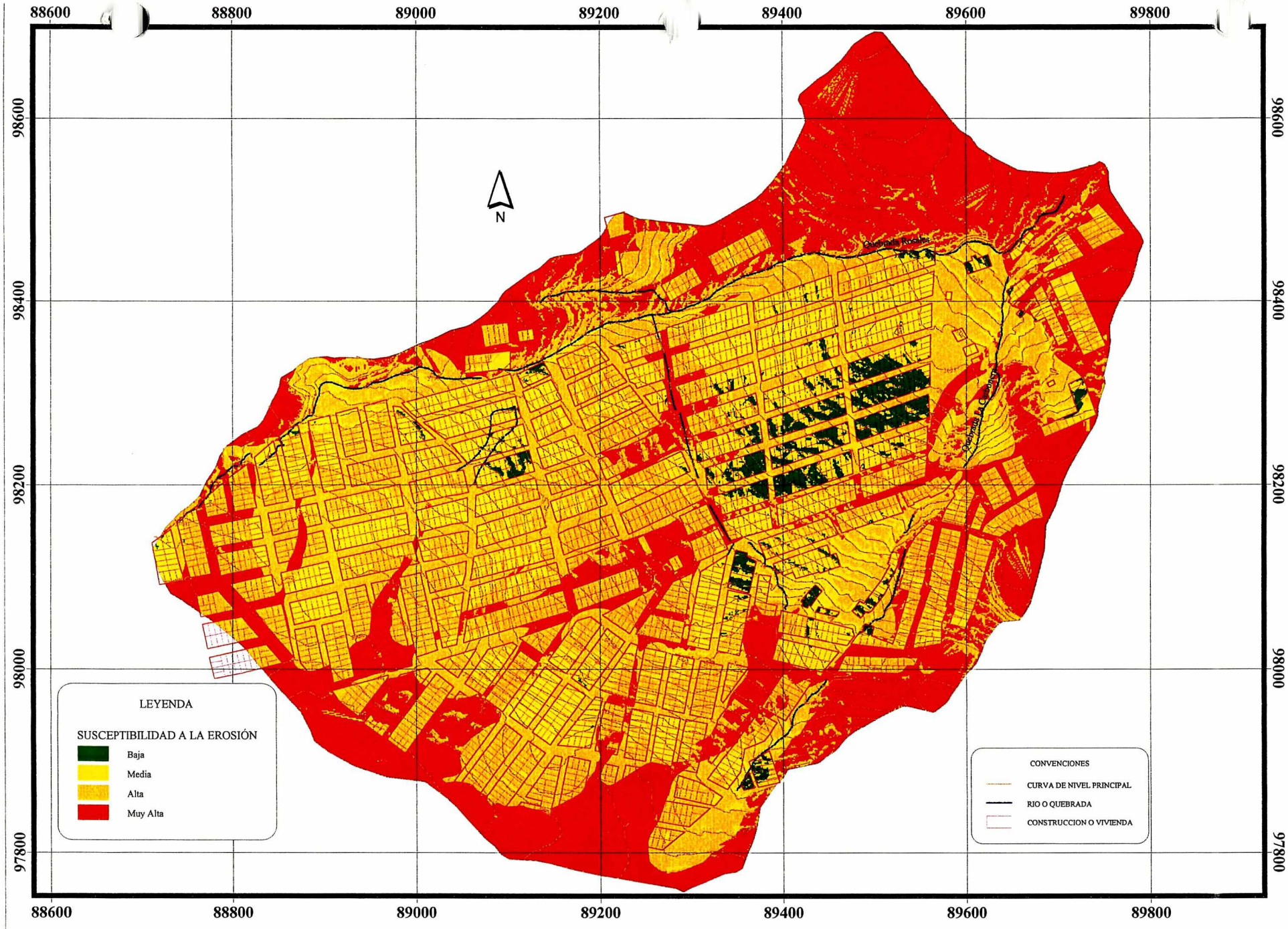
60 0 60 Meters

ESCALA: 1:5524

FIGURA No. 7-5

Elaboro: I.G.L
Fuente: Evaluación Geológica y Geomorfológica.

000086



UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCIÓN DE DESASTRES

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA. LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR CONTRATO G-800-101/1998

ZONIFICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO POR SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSION
MAPA DE ERODABILIDAD

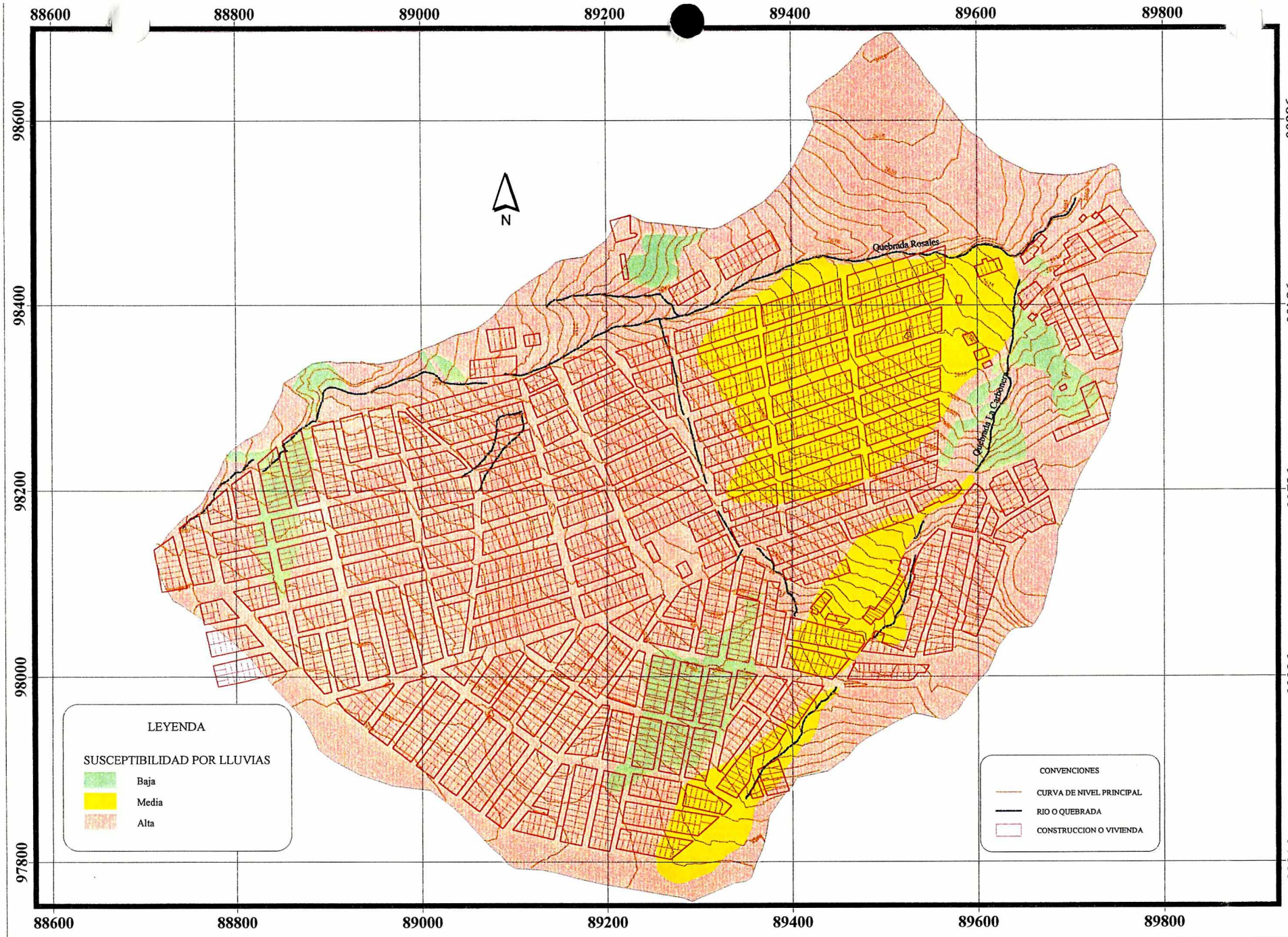
60 0 60 Meters

ESCALA: 1:5524

FIGURA No. 7-6

Elaboro: I.G.L
Fuente: Mapa generado con el SIG SPANS a partir de los planos 2 y 5 y las figuras 7-4, 7-7 y 7-9.

180000



UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCIÓN DE DESASTRES

ALCALDÍA MAYOR DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ, D.C.

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA. LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR CONTRATO G-800-101/1998

ZONIFICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO POR SUSCEPTIBILIDAD A LA LLUVIA

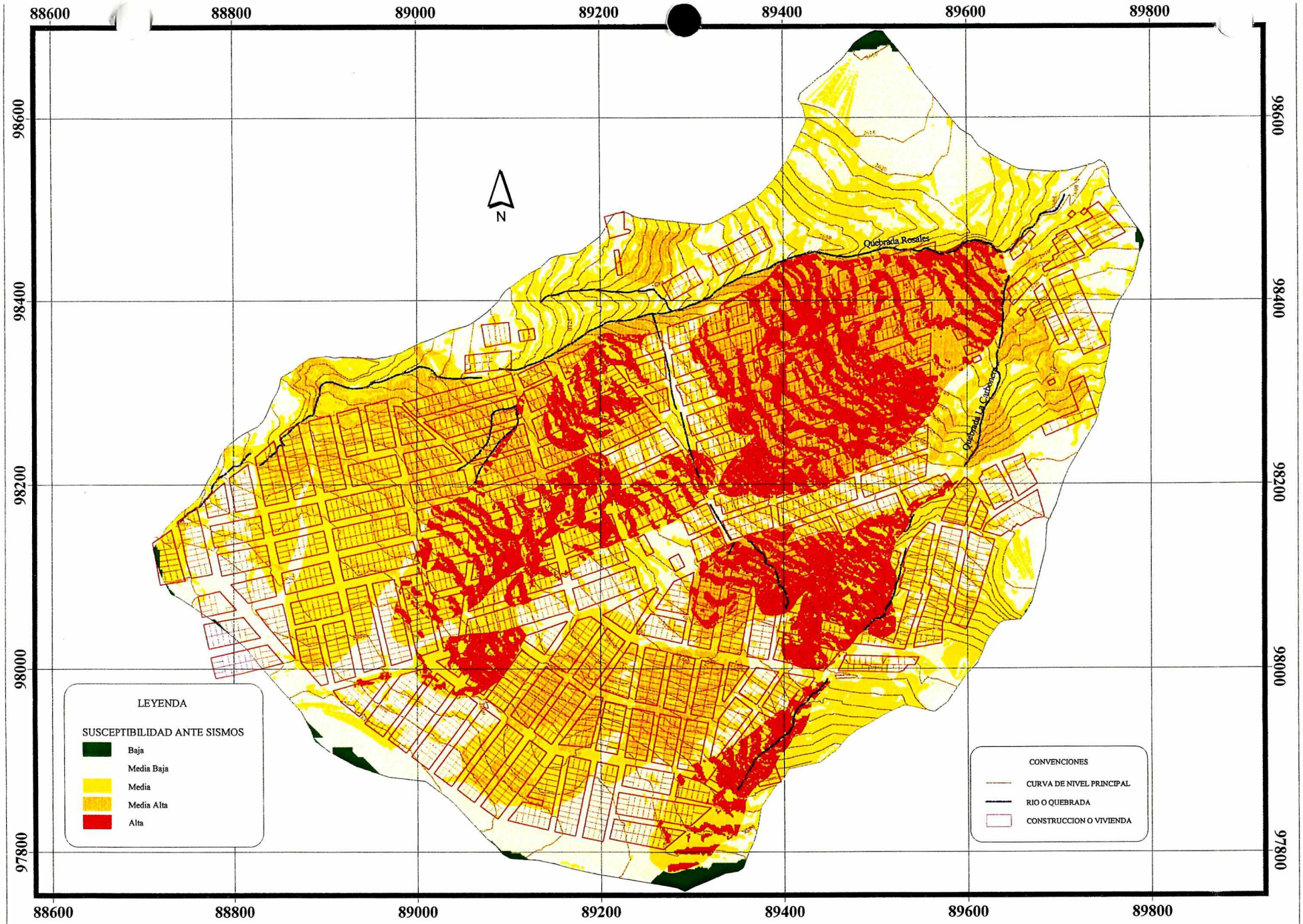
60 0 60 Meters

ESCALA: 1:5524

FIGURA No. 7-7

Elaboro: I.G.L
Fuente: Evaluación Geomorfológica, Informe Hidrológico e Hidráulico.

800008



UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCIÓN DE DESASTRES

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA. LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR CONTRATO G-800-101/1998

ZONIFICACIÓN DE AREA DE ESTUDIO POR SUSCEPTIBILIDAD ANTE SISMOS

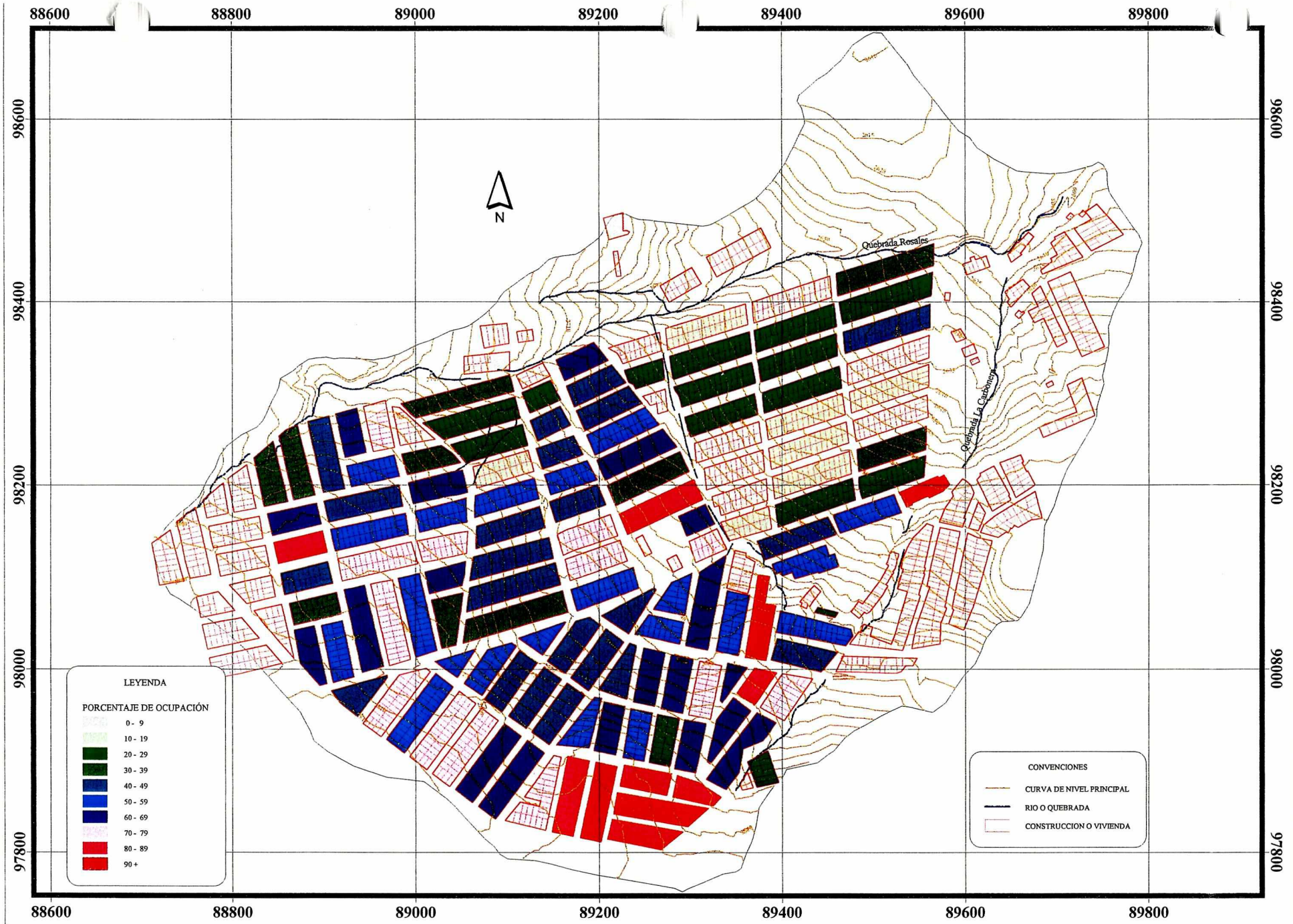
60 0 60 Meters

ESCALA: 1:5524

FIGURA No. 7-8

Elaboro: I.G.L
Fuente: Evaluación Geomorfológica. Análisis de estabilidad de taludes.

6800009



UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCIÓN DE DESASTRES

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA. LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR CONTRATO G-800-101/1998

ZONIFICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO POR PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DE VIVIENDAS

60 0 60 Meters

ESCALA: 1:5524

FIGURA No. 7-9

Elaboro: I.G.L
Fuente: Fotorestitución IGL 1999. Encuestas de evaluación.

060090



UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCIÓN DE DESASTRES

ALCALDIA MAYOR DE SANTAFE DE BOGOTA D.C.

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA. LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR CONTRATO G-800-101/1998

ZONIFICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO POR EFECTOS ANTRÓPICOS

60 0 60 Meters

ESCALA: 1:5524

FIGURA No. 7-10

Elaboro: I.G.L.
Fuente: Fotorestitución IGL 1999, Evaluación Geomorfológica, Encuestas de evaluación.

000091

VIII – EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD

En el caso del sector de La Carbonera, el aspecto de vulnerabilidad fue estudiado a la luz de conceptos de tratadistas tales como A.M. Wassef, Aysan, T. Horlick Jones et al, E.E. Alley, C.H. Green et al, y T. Cannon, todos ellos contribuyentes a la sesión sobre Vulnerabilidad de Comunidades en el congreso "Natural Disasters - Protecting Vulnerable Communities, Londres, 1993 (Memorias editadas por P.A. Merriman y C.W.A. Browitt y publicadas por Thomas Telford, de Londres).

Es claro que la mayoría de los desastres se manifiestan en alguna pérdida física. Con frecuencia, sin embargo, la vulnerabilidad física a las amenazas ocurre donde la población carece de recursos, percepción, conocimiento, poder, o de opciones para movilizar defensas en contra de las amenazas. La reducción de desastres y su sostenibilidad, por encima de todo, requiere la adopción de cambios positivos en estas condiciones. Lograr algunos de estos cambios son metas a largo plazo que requieren justicia social, distribución equitativa de recursos y poder político.

De acuerdo con estadísticas, el número de eventos desastrosos y su impacto en la propiedad y la gente se ha incrementado en los últimos años. Esto puede deberse al hecho de que con el mejoramiento de las comunicaciones y la recolección de datos, se sabe de mas desastres, o al aumento de la población y a la ocupación cada vez mas frecuente de zonas en peligro por una o varias amenazas, pero estos no son los factores clave en el incremento. Los desastres ocurren cuando surge la amenaza en condiciones vulnerables y las tendencias reflejan un incremento en ambas.

La severidad del impacto de los eventos naturales (incluyendo los fenómenos por remoción en masa), cuyo incremento es aleatorio, parece estar mas relacionada con el incremento de la vulnerabilidad y la mayor población expuesta a los eventos que quizás con un incremento significativo en el número de ocurrencias de amenaza.

Sobre la identificación de la población que está en riesgo más probable por el impacto de desastres se pueden establecer las siguientes categorías:

- Proximidad/exposición: personas que ocupan o para su supervivencia dependen de áreas con amenaza alta. Este es el caso del sector de La Carbonera, en el cual la mayoría de personas que habitan en la zona lo hacen por que solo en dichas zonas se les presentó la oportunidad de obtener una vivienda propia a un precio moderado, aunque son conscientes de las limitaciones y carencias de la zona (servicios públicos, educación, etc.) y sobretodo de la evidencia de los problemas de inestabilidad que afectan la zona (Ver el capítulo 6).

- Capacidad y recursos: personas que tienen medios y capacidad limitada para movilizarse con el objetivo de incrementar sus defensas contra las amenazas.

- Desventajas/marginalización: personas que son desvalidas o débiles por su sexo, edad, etnia, clase social, etc. En el caso del presente estudio es claro que se trata de una zona marginal en proceso de lograr una legalización de sus propiedades.

En la mayoría de situaciones estas características están interrelacionadas. Los marginalizados en la mayoría de casos viven en edificaciones de calidad baja, y en áreas propensas a amenazas. Con frecuencia poseen los menores recursos y capacidades para recuperarse del impacto de un desastre que los acerca más al límite después de cada evento, volviéndose más y más vulnerables a muchas mas amenazas. El presente estudio solo se refiere a la amenaza por efectos de remoción en masa pero es claro que la amenaza por eventos sísmicos de cierta magnitud y aún por inundaciones o fenómenos asociados a las dos quebradas que delimitan la zona, pueden generar pérdidas muy grandes.

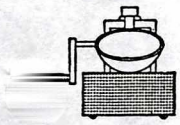
La clasificación en las categorías simplificadas presentadas arriba puede ayudar a las autoridades a enfocar sus recursos al apoyo de los mas necesitados. Mientras el "vacío humanitario" entre las necesidades y los recursos está creciendo rápidamente es inevitable buscar formas de definir quienes son los más vulnerables para dar una respuesta efectiva. Para proteger a los más vulnerables también se requiere conocer el porqué son vulnerables para poder cambiar las condiciones que los colocan en riesgo; se requiere visualizar las causas. Por lo tanto, no deben interesar tanto los grupos vulnerables en sí mismos sino las condiciones que los llevan a ser vulnerables ante los desastres y su capacidad de recuperación. Algunas de las causas críticas en el proceso pueden ser:

- Falta de acceso a los recursos (vulnerabilidad material y económica).
- Desintegración de patrones sociales (vulnerabilidad social).
- Degradación del ambiente e incapacidad de protegerlo (vulnerabilidad ecológica).
- Falta o deficiencia de estructuras institucionales nacionales y locales fuertes (vulnerabilidad organizacional).
- Falta de acceso a la información y el conocimiento (vulnerabilidad educacional).
- Falta de percepción pública (vulnerabilidad de actitud y motivacional).
- Acceso limitado al poder y la representación política (vulnerabilidad política).
- Influencia de ciertas creencias y costumbres (vulnerabilidad cultural).
- Existencia de edificaciones débiles o individuos débiles (vulnerabilidad física).

1.1 Mitigación de desastres

Según Aysan (op. cit), durante las tres últimas décadas ha habido un creciente interés en los programas de mitigación pero su efecto ha sido limitado. Es cierto que la mitigación todavía es una prioridad menor en la mayoría de presupuestos de ayuda, y por lo tanto los fondos son escasos; el número de elementos vulnerables aumenta y por lo tanto cualquier nivel de mitigación será inferior a las necesidades. Sin embargo, a pesar de algunos avances logrados, muchos programas de mitigación no son exitosos porque no se enfocan hacia la vulnerabilidad ante los desastres en toda su complejidad. Una revisión reciente de algunos programas de mitigación en América Latina destaca algunos de los problemas:

- La mayoría de programas se relacionan con el fortalecimiento de algún sector, respondiendo a un tipo de amenaza particular en un período de tiempo limitado.



- La mayoría de programas ignoran el rango y variedad de necesidades y prioridades locales y por lo tanto se enfocan en una parte muy limitada del problema.
- A pesar de la recolección de datos sobre las condiciones de la población, muchos programas fallan al no tener en cuenta porqué las personas toman ciertos riesgos, como vivir en un deslizamiento, una llanura aluvial sujeta a inundaciones, o en las faldas de un volcán.
- La mayoría de programas se basan en tecnologías y profesionales especializados, por lo que la población no puede ser involucrada con facilidad en las decisiones y su implementación.
- La participación de la gente en la mayoría de casos se reduce al suministro de mano de obra.
- Algunos programas son susceptibles a manipulación política, y por lo tanto mantienen el *status quo*.
- La mayoría de programas dependen de experiencia (tanto nacional como internacional), materiales y fondos externos, y por lo tanto no pueden ser mantenidos o duplicados fácilmente al nivel local.

Se demuestra que la falla de la mayoría de los programas de mitigación no se debe a la falta de conocimiento científico o tecnológico sino a la del metodológico y de actitud. Por definición la vulnerabilidad a los desastres ocurre al nivel local y requiere ser entendida y mitigada al nivel local. Sin embargo, y hablando en términos generales, se ha invertido muy poco trabajo en entender las amenazas locales y las condiciones locales de vulnerabilidad. La mayoría de los trabajos aún se enfoca en eventos grandes pero extraordinarios (poco frecuentes) lo que resulta en programas de mitigación específicos basados en un análisis global. En el presente estudio se ha procurado evitar estas deficiencias mediante la inspección minuciosa, la familiarización con el área y la delimitación o definición de sectores con diversos problemas de inestabilidad (tanto en tipo como en magnitud o en grado de actividad).

2. METODOLOGÍA GENERAL

Para el análisis de vulnerabilidad se aplicó la metodología planteada por Soler et al (1999).

2.1 Vulnerabilidad Social

Para T. Horlik-Jones y D.K.C. Jones (1993), los riesgos impuestos por las llamadas amenazas "naturales" solo pueden entenderse en términos de sus dimensiones humanas y socioeconómicas. Ellos provienen de la interacción entre los fenómenos físicos y la vulnerabilidad de los sistemas humanos.

Quizás el uso continuado de los términos "amenaza "natural" falla en notar la interacción de doble vía entre el ambiente físico y los sistemas humanos, lo cual ha llevado a que varios fenómenos amenazantes cambien en términos de su extensión espacial y sus características de magnitud y frecuencia (ej. deslizamientos, inundaciones, sequías). Como hay pocos desastres realmente naturales, que ocurren independientemente de la acción humana (terremotos, erupciones volcánicas, tormentas tropicales), se considera preferible por los

tratadistas citados el término amenaza ambiental, puesto que no solo resalta el carácter ecológico esencial de la amenaza, sino que también enfatiza el papel de los humanos en contribuir a la naturaleza amenazante de un lugar.

La vulnerabilidad deriva de la interacción compleja de un rango de factores socioeconómicos y culturales. La importancia relativa de estos factores y la forma en la cual la vulnerabilidad resultante depende de ellos, son aun materia de debate continuo. Se debe prestar mayor atención a la vulnerabilidad asociada con la falta de información pública y las formas en que los procesos de comunicación pueden contribuir a la reducción de la vulnerabilidad; en particular la posible existencia de barreras culturales para una comunicación efectiva del riesgo.

La investigación de las ciencias sociales en países tecnológicamente avanzados ha revelado la importancia esencial jugada por las creencias, la actitud y los juicios subjetivos en el modelamiento del comportamiento humano y su respuesta ante amenazas.

Las comunidades en áreas propensas a amenazas naturales pueden adoptar un rango de medidas designadas para reducir el nivel de riesgo. Se ha reconocido que los procesos pueden ser bastante insatisfactorios en el sentido de que la gente con frecuencia parece ignorar el potencial de consecuencias serias o parece dispuesta a tomar riesgos innecesarios. Su comportamiento está constreñido por factores socioeconómicos y culturales, y los problemas del día a día, y la gente por lo tanto actúa de acuerdo con la lógica de sus circunstancias. La toma de decisiones individuales está asociada al menos con cuatro factores:

- Experiencias anteriores con la amenaza.
- La riqueza material de los individuos.
- Características de la personalidad.
- El papel percibido del individuo en un grupo social.

También se distinguen cuatro patrones distintos de comportamiento observados en la respuesta de la gente en lugares amenazados:

- Negación del riesgo, con resultados dependientes de la resiliencia de sus formas de vida.
- Aceptación pasiva del riesgo.
- Acción para reducir pérdidas futuras.
- Cambio drástico en uso de la tierra o forma de vida (escoger el cambio).

Mientras el control del estado puede controlar acciones con respecto a localización, uso de la tierra y forma de vida, la percepción y decisión individuales son de todas maneras fundamentales en la determinación de la respuesta a las advertencias sobre eventos específicos, y son, por lo tanto, de relevancia continua en las estrategias de reducción de desastres.

2.1.1 Vulnerabilidad social y mitigación

Al respecto T. Horlick–Jones y O.K.C. Jones (op. cit) comentan que la evidencia empírica demuestra el papel clave jugado por los factores socioeconómicos en crear debilidad en una comunidad, o vulnerabilidad, en responder a y recuperarse de los efectos físicos de una amenaza. La vulnerabilidad puede ser conceptualizada en forma simple como el potencial de sufrir daño. Como tal, proporciona un concepto unificado, permitiendo tratar a los desastres "naturales" y "tecnológicos" dentro del mismo marco teórico.

Se han identificado varios temas que han emergido del estudio de la vulnerabilidad:

- Localización: la proximidad geográfica a la amenaza en cuestión.
- Circunstancia y modo de vida: la posición y el status en la sociedad, el cual a su vez se relaciona con riqueza, clase, sexo, etnia, salud y otros factores.
- Auto-protección: la capacidad de la población para protegerse a sí misma del daño, incluyendo el acceso a materiales, conocimiento e información.
- Protección social: hasta dónde la sociedad a la cual pertenece la población puede proporcionar medidas de mitigación, incluyendo recursos y conocimiento técnico.

Las medidas para reducir o mitigar los efectos de las amenazas naturales requieren tres categorías de acción:

- Reducción de la vulnerabilidad física (casas, industria, infraestructura).
- Reducción de la vulnerabilidad económica.
- Fortalecimiento de la estructura social de la comunidad, de modo que los mecanismos de reacción puedan ayudar a absorber el golpe de un desastre y promover la recuperación rápida (resiliencia incrementada).

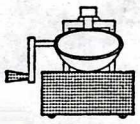
2.2 Vulnerabilidad física

En primer lugar se ejecutó una tipificación de las viviendas con base en los criterios de Leone (citado por Soler, 1999), los cuales se resumen a continuación:

TIPOLOGIA DE VIVIENDA

TIPO	DESCRIPCION
B1	Tugurios (ranchos).
B2	Casas de mampostería o prefabricadas.
B3	Casas de hasta dos niveles de buena calidad de construcción (con estructura).
B4	Casas de más de dos niveles con buena calidad de construcción (con estructura)

Debido a la gran cantidad de viviendas que se encuentra en la zona se evaluaron en detalle de manera independiente tres sectores a saber: **(a)** Santa Viviana, **(b)** Santa Viviana II Sector Vistahermosa y **(c)** San Antonio. En la zona más alta del área de estudio se realizaron evaluaciones más generales en los barrios **(d)** Santo Domingo y **(e)** Santa Helena.



En la zona de estudio no se encuentran viviendas del tipo B4 y predominan construcciones que pueden calificarse como B1 y B2 principalmente. La asignación de categorías para cada una de las viviendas se basó en los resultados del formulario de evaluación de daños estructurales suministrado por la Interventoría (ver el Anexo B). Dicho formulario se aplicó de manera completa a todas las casas localizadas en sectores inestables del área de estudio inicial. En el sector que fue abarcado posteriormente solo se diligenció completamente en algunas zonas específicas. Sin embargo, en toda la zona se realizó una evaluación del tipo de vivienda y el nivel de daños observado. Los lotes vacíos se designaron como LV. En el plano 13 se presenta el resumen de tipología de viviendas de la zona.

Los resultados para cada zona se presentan en los gráficos de barras al final del capitulo, incluyendo un resumen de los aspectos principales del formato de encuesta aplicado, relativo a las condiciones físicas de las viviendas en la zona de estudio, las condiciones estructurales de las viviendas y el nivel de daño registrado en algunos elementos particulares. Se deduce de esta información que los daños importantes en viviendas se encuentran concentrados en casas que corresponden a los tipos de vivienda B1 y B2, los cuales presentan especificaciones de calidad muy bajas. El siguiente cuadro facilita la búsqueda de información de los resultados de las encuestas para cada uno de los barrios:

BARRIO	FIGURAS
Vista Hermosa	8-1 a 8-6
Santa Viviana	8-7 a 8-12
San Antonio	8-13 a 8-18
Santo Domingo	8-19 a 8-24
Santa Helena	8-25 a 8-30

2.3 Calificación de los daños:

Se establecieron cinco categorías para calificar los daños producidos en las viviendas por fenómenos de remoción en masa. En este caso se tuvieron en cuenta los resultados sobre el estado estructural y el nivel de daños existente en las viviendas. Los niveles de daño establecidos fueron: **(a)** Ninguno, **(b)** Ligero, **(c)** Moderado, **(d)** Fuerte, y **(e)** Severo. En el plano 13 se presenta el resultado de esta evaluación.

2.4 Solicitaciones de la amenaza

El tipo de fenómeno más probable que puede afectar los objetos vulnerables (casas y personas que circulen por la zona) lo constituye el deslizamiento traslacional, aunque en algunas zonas ya inestables con espesores importantes de rellenos y depósitos sueltos se han presentado deslizamientos de tipo rotacional; eventualmente pueden presentarse problemas de caídas de bloques rocosos y de detritos. Estos tipos de fenómenos pueden tener carácter local o generalizado y por lo tanto pueden afectar a toda una zona y en mayor grado a las casas localizadas dentro de o en las vecindades de zonas inestables. Los daños que pueden sufrir las viviendas se relacionan principalmente con desplazamientos verticales y laterales, y con presiones laterales, y eventualmente con impactos.

2.5 Criterios de intensidad:

Las intensidades de los tipos de solicitaciones mencionados anteriormente se asociaron a dos factores:

a) Espesor de los rellenos, depósitos y suelos superficiales hasta el nivel de roca. En el plano 14 se presenta la zonificación del área de estudio de acuerdo con los espesores de relleno obtenidos a partir de los resultados del programa de investigación del subsuelo.

b) Velocidad de movimiento de los procesos de inestabilidad. Las zonas con velocidades de movimiento similares se presentan en el plano 15.

Con la información descrita se establecieron dos matrices de vulnerabilidad, como se indica a continuación:

CUADRO 8-1: Vulnerabilidad según espesores de relleno:

INTENSIDAD (EXPOSICION) SEGÚN ESPESOR DEL RELLENO	TIPOLOGIA DE VIVIENDA			
	B1	B2	B3	LV
ALTO: > 7.0 m	Alta	Alta	Alta	Media
MEDIO ALTO: 4.0 a 7.0 m	Alta	Alta	Alta	Media
MEDIO: 2.5 a 4.0 m	Alta	Alta	Alta	Media
MEDIO BAJO: 1.0 a 2.5 m	Media	Media	Baja	Baja
BAJO: < 1.0 m.	Media	Media	Baja	Baja

CUADRO 8-2: Vulnerabilidad según velocidad del movimiento

INTENSIDAD (EXPOSICION) SEGÚN VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO	TIPOLOGIA DE VIVIENDA			
	B1	B2	B3	LV
MUY ALTA: 1.5 m/mes a 1.5 m/día	Alta	Alta	Alta	Media
ALTA: 1.5 m/año a 1.5 m/mes	Alta	Alta	Alta	Media
MEDIA: 6.0 cm/año a 1.5 m/año	Media	Media	Media	Baja
BAJA: <6.0 cm/año	Media	Media	Baja	Baja
MUY BAJA: Zonas no afectadas por fenómenos en la actualidad.	Media	Media	Baja	Baja

Cada una de las matrices fue definida en forma cualitativa con base en observaciones de campo detalladas y en la experiencia del Asesor en Análisis de Riesgo. Se destaca que para elaborar la matriz asociada con los espesores de relleno, se tuvieron en cuenta los resultados de una evaluación general de los tipos y condiciones de cimentación de las viviendas en el área de La Carbonera, la cual mostró que para la mayoría de casas en ningún caso la profundidad de desplante de los elementos de soporte supera los 1.50 m, por lo cual para espesores mayores a 2.50 m se asoció una vulnerabilidad alta, independientemente del tipo de vivienda.

Se obtuvieron dos mapas de vulnerabilidad relativa a partir de cada uno de los cuadros anteriores. En el primer caso los casos de vulnerabilidad alta se concentran en las zonas inestables de mayor velocidad las cuales se delimitaron en los planos 5 y 15. El segundo mapa prácticamente contiene el primero e incorpora nuevas zonas de vulnerabilidad alta y media en casi toda el área de estudio.

2.6 Resultados de la evaluación

En el Plano No. 16 se presenta el Mapa de Vulnerabilidad final con los resultados de la evaluación por ambas hipótesis, los cuales se sumaron con el SIG SPANS. Prácticamente toda las construcción tienen una vulnerabilidad media o alta. Las porciones de la zona de estudio con índices de vulnerabilidad baja corresponden a lotes vacíos, vías y zonas sin desarrollo.

El resultado general de la vulnerabilidad ante fenómenos de remoción en masa tiene carácter de muy crítico, máxime si se tiene en cuenta que también existe la vulnerabilidad sísmica, la cual se encuentra fuera del alcance del presente estudio. Los análisis de estabilidad del capítulo anterior muestran que para pendientes mayores a 15° y considerando el sismo de diseño para la zona, se presentaría inestabilidad generalizada ante el mecanismo de falla plana. Se considera que el resultado general de una evaluación de vulnerabilidad ante eventos sísmicos podría resultar incluso más crítico

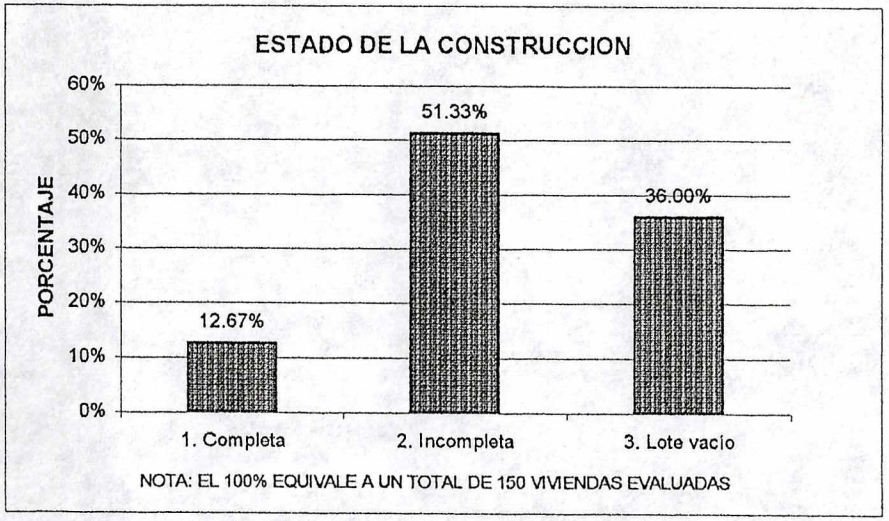
3. REFERENCIAS

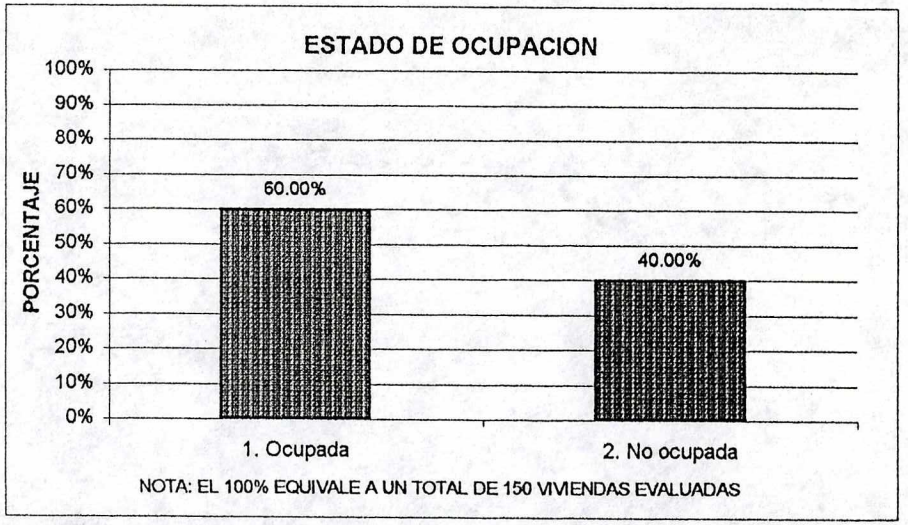
- Alley, E.E. (1993). "Combatting the Vulnerability of Communities". Proceedings of the Conference on "Natural Disasters: Protecting Vulnerable Communities", edited by P.A. Merriman y C.W.A. Browitt , pp. 67-77, Thomas Telford, London.

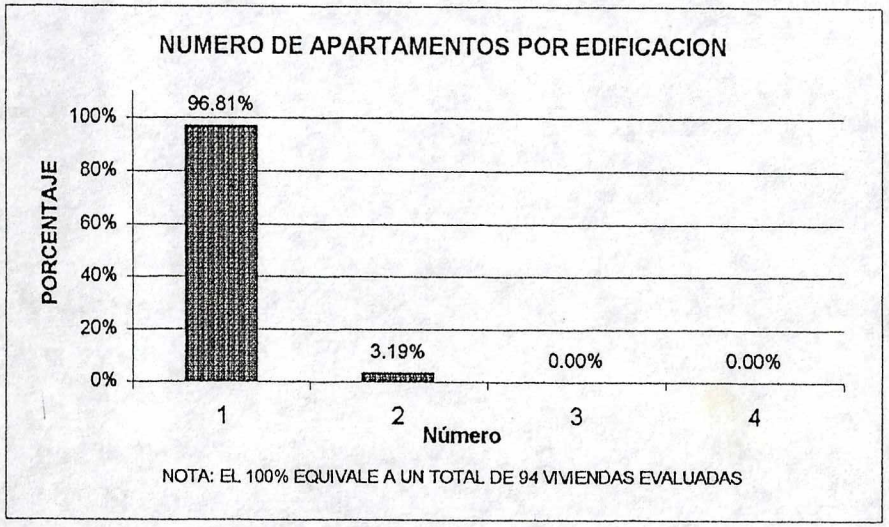
- Aysan, Y.F. (1993). "Vulnerability Assessment". Proceedings of the Conference on "Natural Disasters: Protecting Vulnerable Communities", edited by P.A. Merriman y C.W.A. Browitt , pp. 1-14, Thomas Telford, London.

- Horlick-Jones, T and Jones, D.H.C. (1993). "Communicating Risks to Reduce Vulnerability". Proceedings of the Conference on "Natural Disasters: Protecting Vulnerable Communities", edited by P.A. Merriman y C.W.A. Browitt , pp. 25-37, Thomas Telford, London.

- Soler S., Flavio F., González G., Alvaro J. y Vesga M. Luis F. (1999) "Metodología para Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafé de Bogotá". XI CPMSIF, Foz de Iguazú, Brasil.


ESTADO DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
12.67%
51.33%
36.00%
1. Completa
2. Incompleta
3. Lote vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 150 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTADO DE OCUPACION
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
60.00%
40.00%
1. Ocupada
2. No ocupada
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 150 VIVIENDAS EVALUADAS


NUMERO DE APARTAMENTOS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
96.81%
3.19%
0.00%
0.00%
1
2
3
4
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 94 VIVIENDAS EVALUADAS

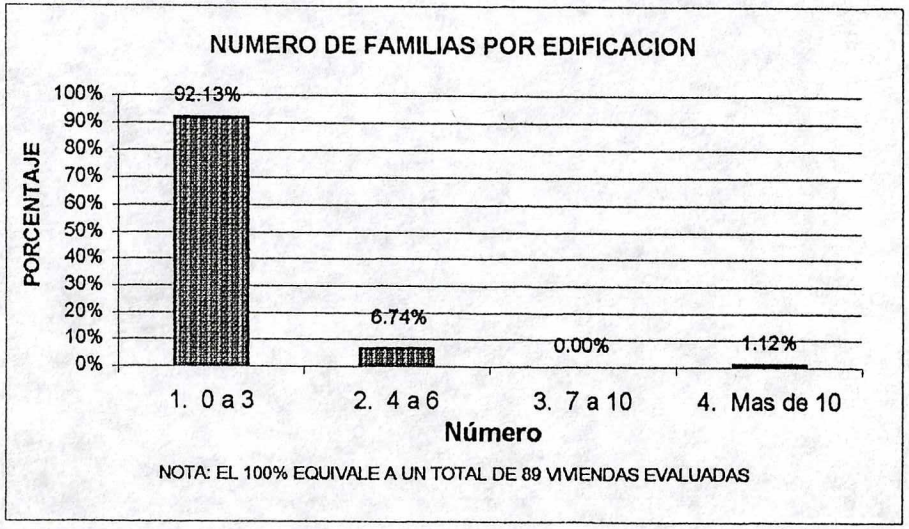
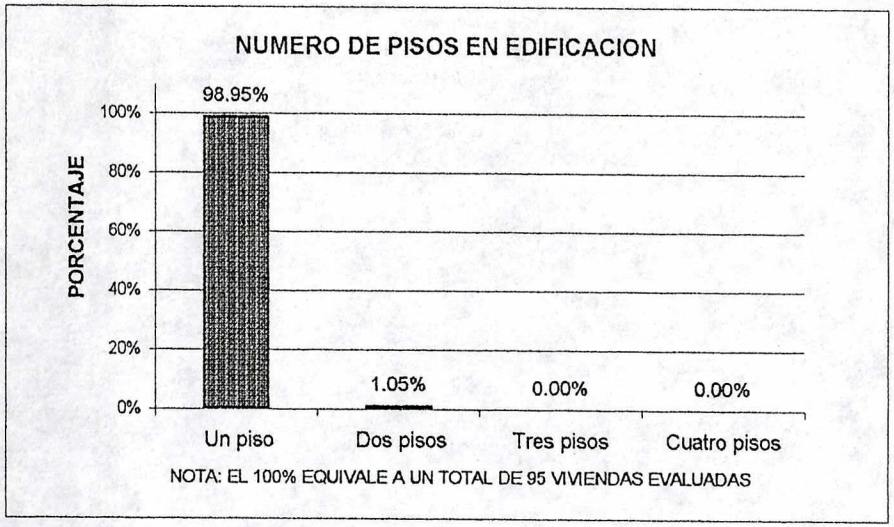
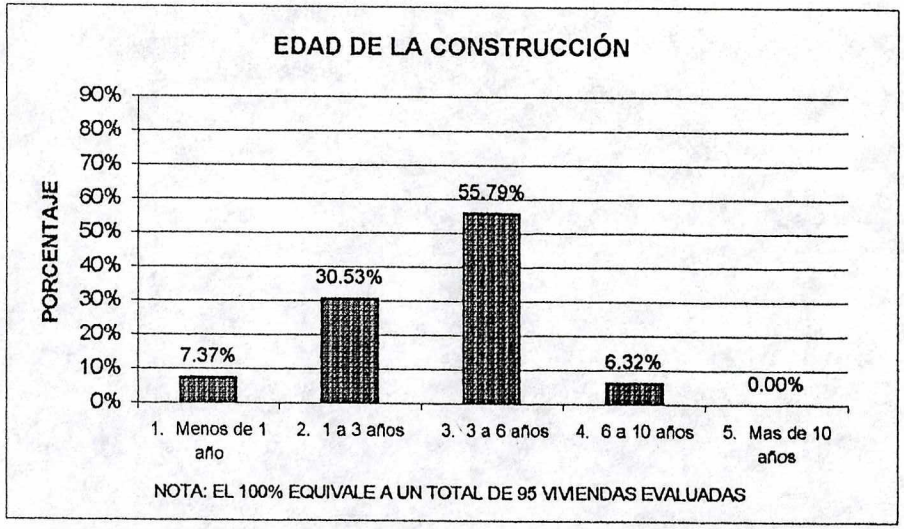
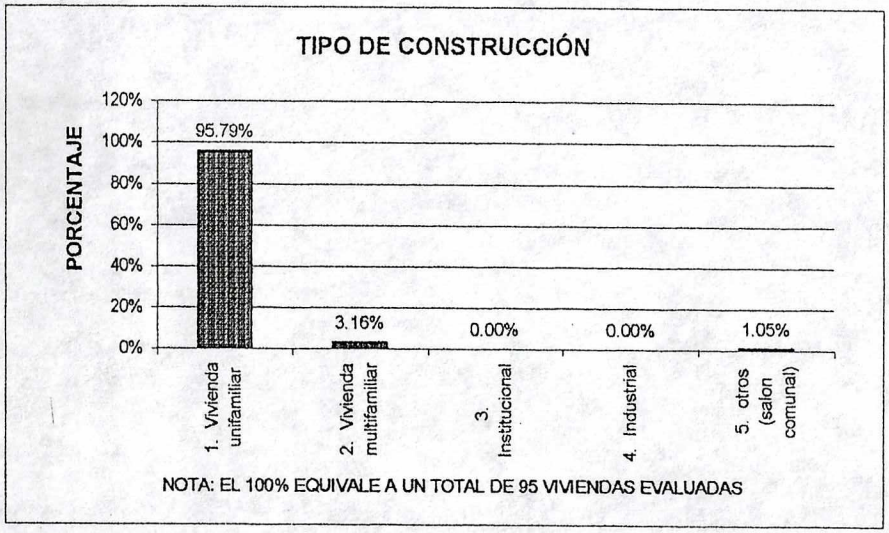

NUMERO DE FAMILIAS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
92.13%
6.74%
0.00%
1.12%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 89 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-1


NUMERO DE PISOS EN EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
98.95%
1.05%
0.00%
0.00%
Un piso
Dos pisos
Tres pisos
Cuatro pisos
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 95 VIVIENDAS EVALUADAS


EDAD DE LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
7.37%
30.53%
55.79%
6.32%
0.00%
1. Menos de 1 año
2. 1 a 3 años
3. 3 a 6 años
4. 6 a 10 años
5. Mas de 10 años
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 95 VIVIENDAS EVALUADAS


TIPO DE CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
95.79%
3.16%
0.00%
0.00%
1.05%
1. Vivienda unifamiliar
2. Vivienda multifamiliar
3. Institucional
4. Industrial
5. otros (salon comunal)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 95 VIVIENDAS EVALUADAS

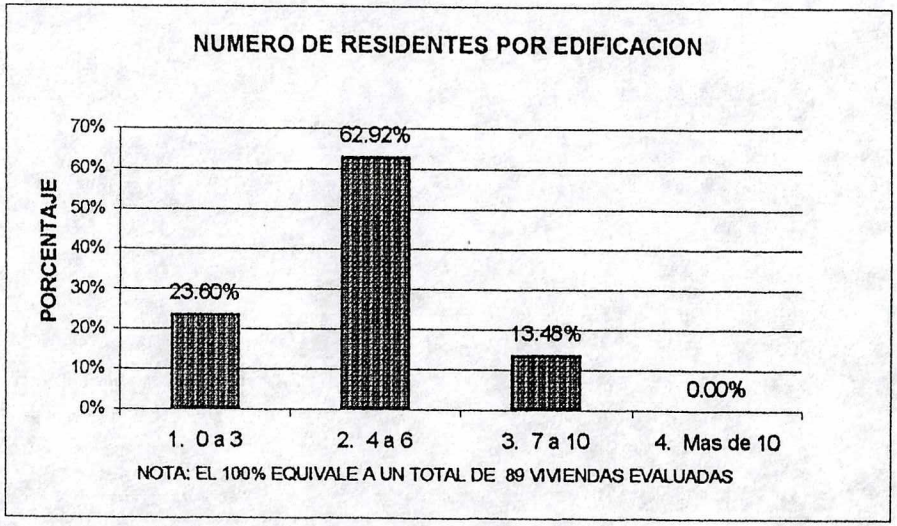
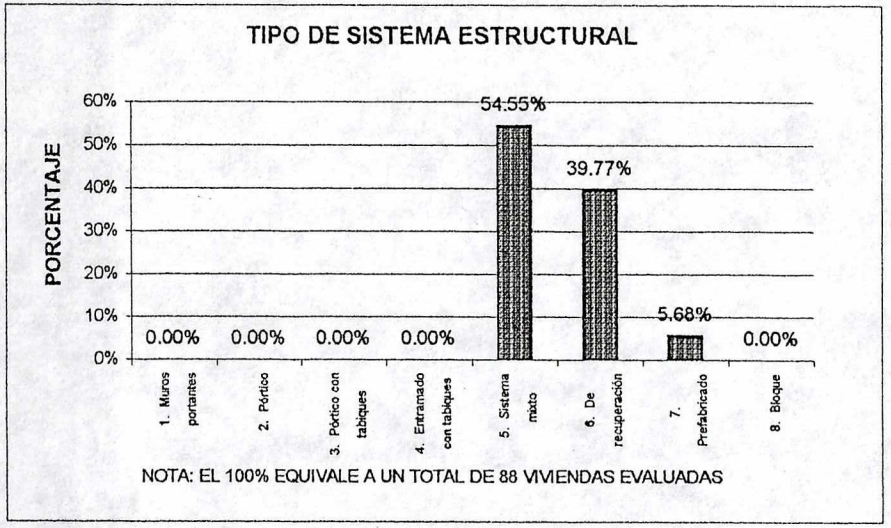
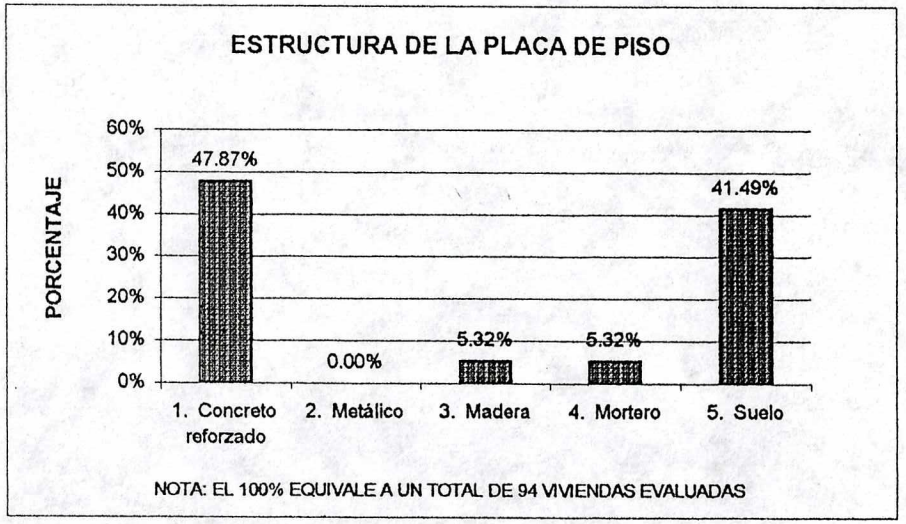
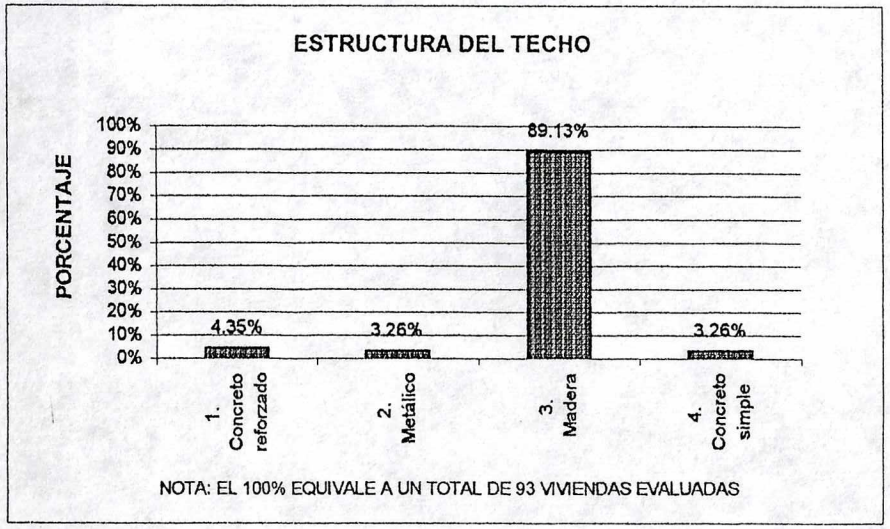

NUMERO DE RESIDENTES POR EDIFICACION
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
23.60%
62.92%
13.48%
0.00%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 89 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-2


TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.00%
0.00%
0.00%
0.00%
54.55%
39.77%
5.68%
0.00%
1. Muros portantes
2. Pórtico
3. Pórtico con tabiques
4. Entramado con tabiques
5. Sistema mixto
6. De recuperación
7. Prefabricado
8. Bloque
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 88 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DE LA PLACA DE PISO
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
47.87%
0.00%
5.32%
5.32%
41.49%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Mortero
5. Suelo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 94 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DEL TECHO
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
4.35%
3.26%
89.13%
3.26%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Concreto simple
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 93 VIVIENDAS EVALUADAS

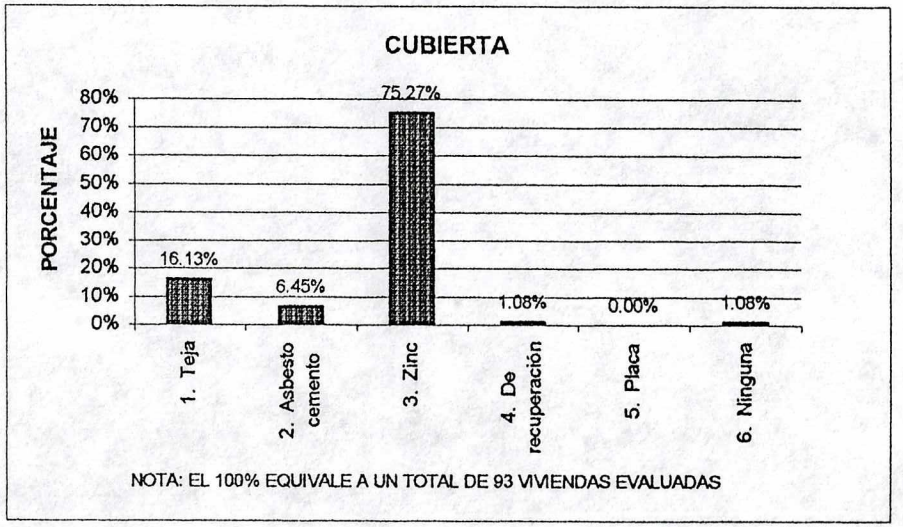
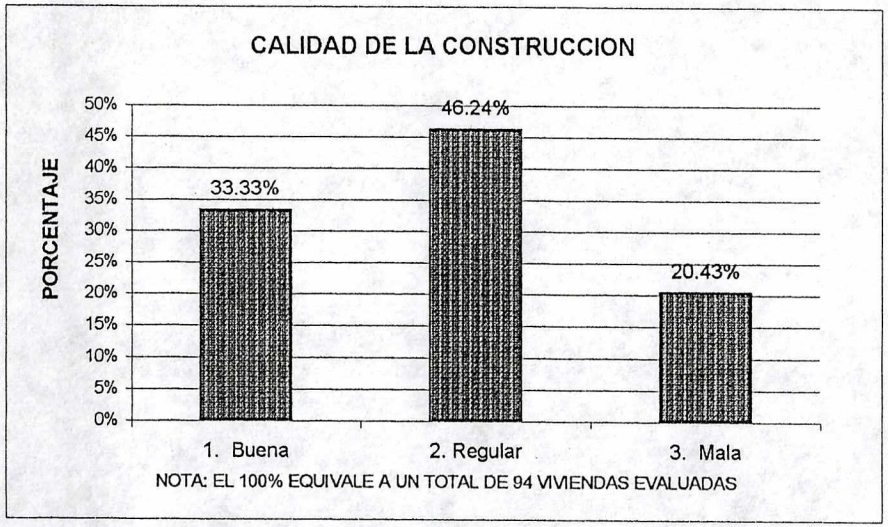
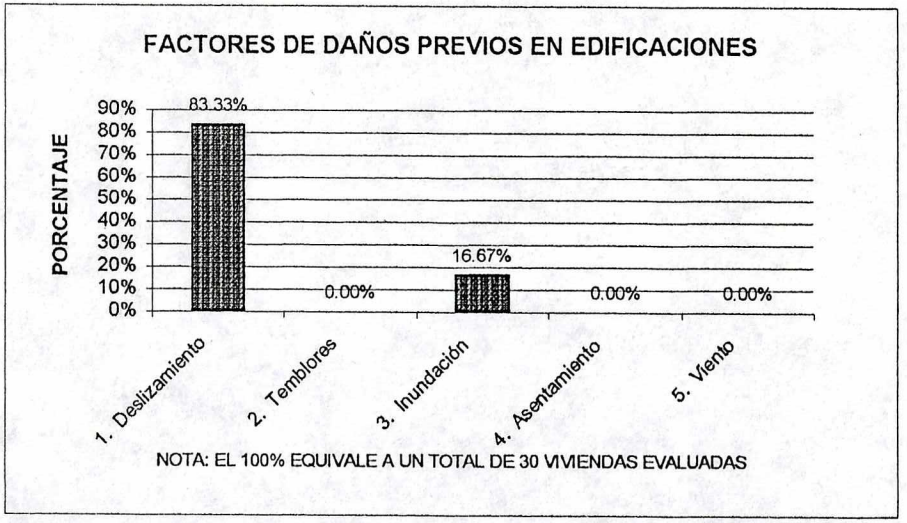
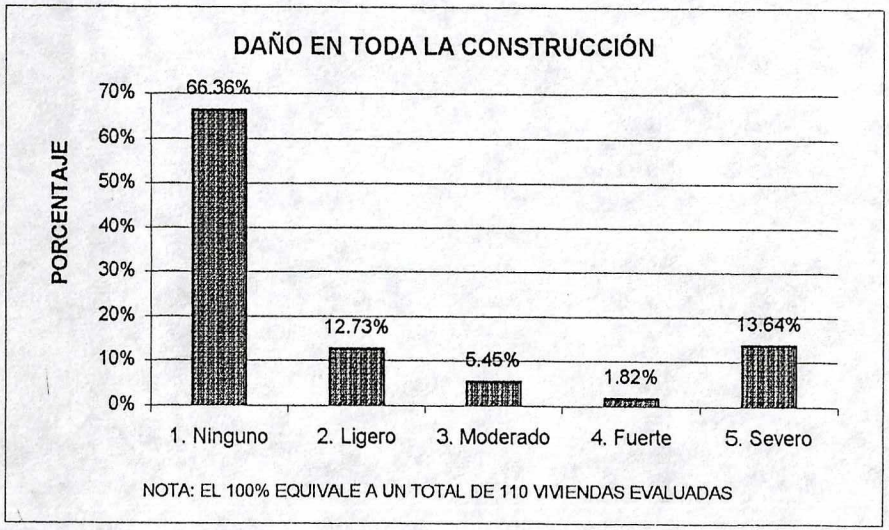

CUBIERTA
PORCENTAJE
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
16.13%
6.45%
75.27%
1.08%
0.00%
1.08%
1. Teja
2. Asbesto cemento
3. Zinc
4. De recuperación
5. Placa
6. Ninguna
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 93 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-3


CALIDAD DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
50%
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
33.33%
46.24%
20.43%
1. Buena
2. Regular
3. Mala
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 94 VIVIENDAS EVALUADAS


FACTORES DE DAÑOS PREVIOS EN EDIFICACIONES
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
83.33%
0.00%
16.67%
0.00%
0.00%
1. Deslizamiento
2. Temblores
3. Inundación
4. Asentamiento
5. Viento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 30 VIVIENDAS EVALUADAS


DAÑO EN TODA LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
66.36%
12.73%
5.45%
1.82%
13.64%
1. Ninguno
2. Ligero
3. Moderado
4. Fuerte
5. Severo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 110 VIVIENDAS EVALUADAS

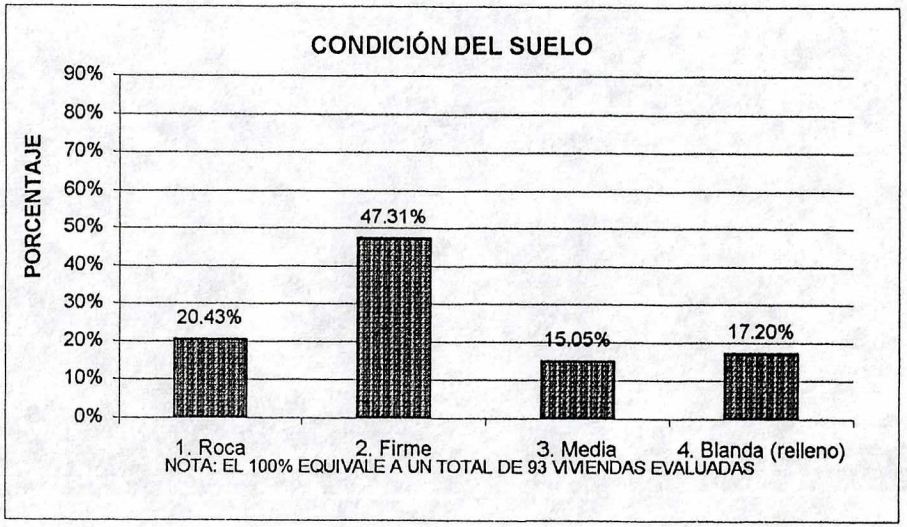
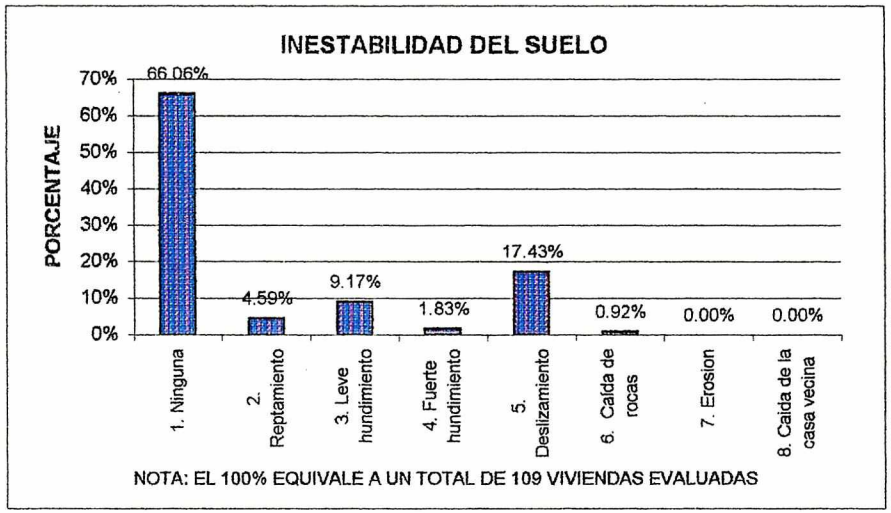
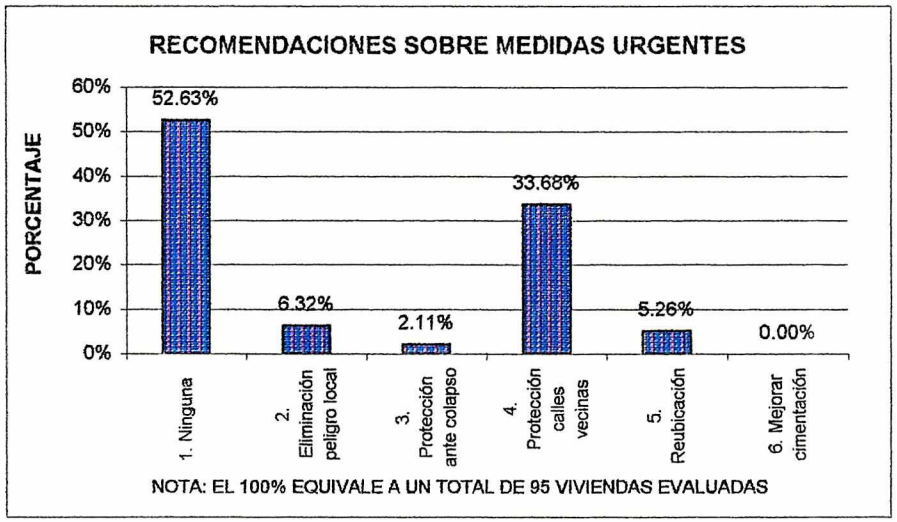
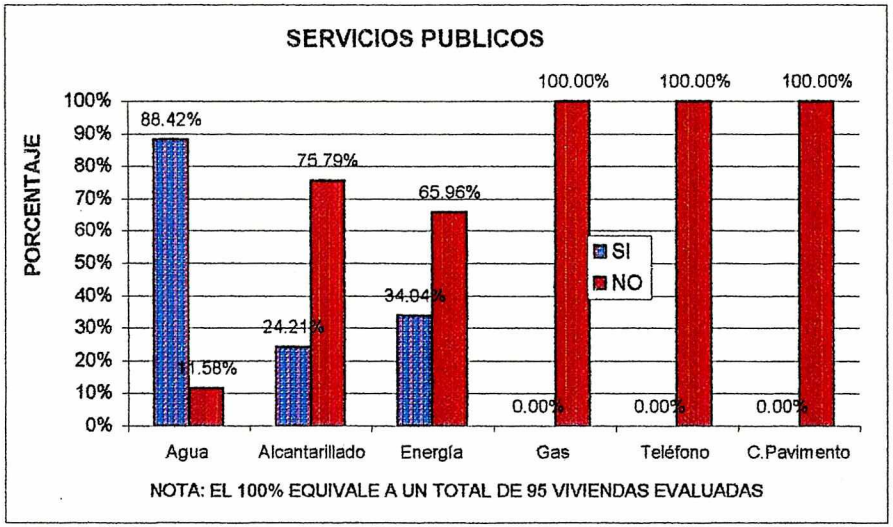

CONDICIÓN DEL SUELO
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
20.43%
47.31%
15.05%
17.20%
1. Roca
2. Firme
3. Media
4. Blanda (relleno)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 93 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-4


INESTABILIDAD DEL SUELO
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
66.06%
4.59%
9.17%
1.83%
17.43%
0.92%
0.00%
0.00%
1. Ninguna
2. Reptamiento
3. Leve hundimiento
4. Fuerte hundimiento
5. Deslizamiento
6. Caida de rocas
7. Erosion
8. Caida de la casa vecina
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 109 VIVIENDAS EVALUADAS


RECOMENDACIONES SOBRE MEDIDAS URGENTES
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
52.63%
6.32%
2.11%
33.68%
5.26%
0.00%
1. Ninguna
2. Eliminación peligro local
3. Protección ante colapso
4. Protección calles vecinas
5. Reubicación
6. Mejorar cimentación
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 95 VIVIENDAS EVALUADAS


SERVICIOS PUBLICOS
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
88.42%
11.58%
75.79%
24.21%
65.96%
34.04%
100.00%
0.00%
100.00%
0.00%
100.00%
0.00%
SI
NO
Agua
Alcantarillado
Energía
Gas
Teléfono
C.Pavimento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 95 VIVIENDAS EVALUADAS

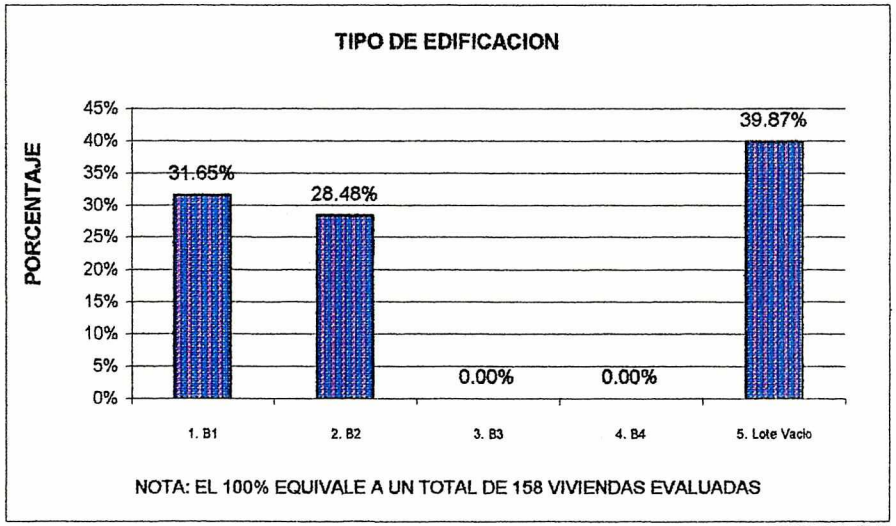
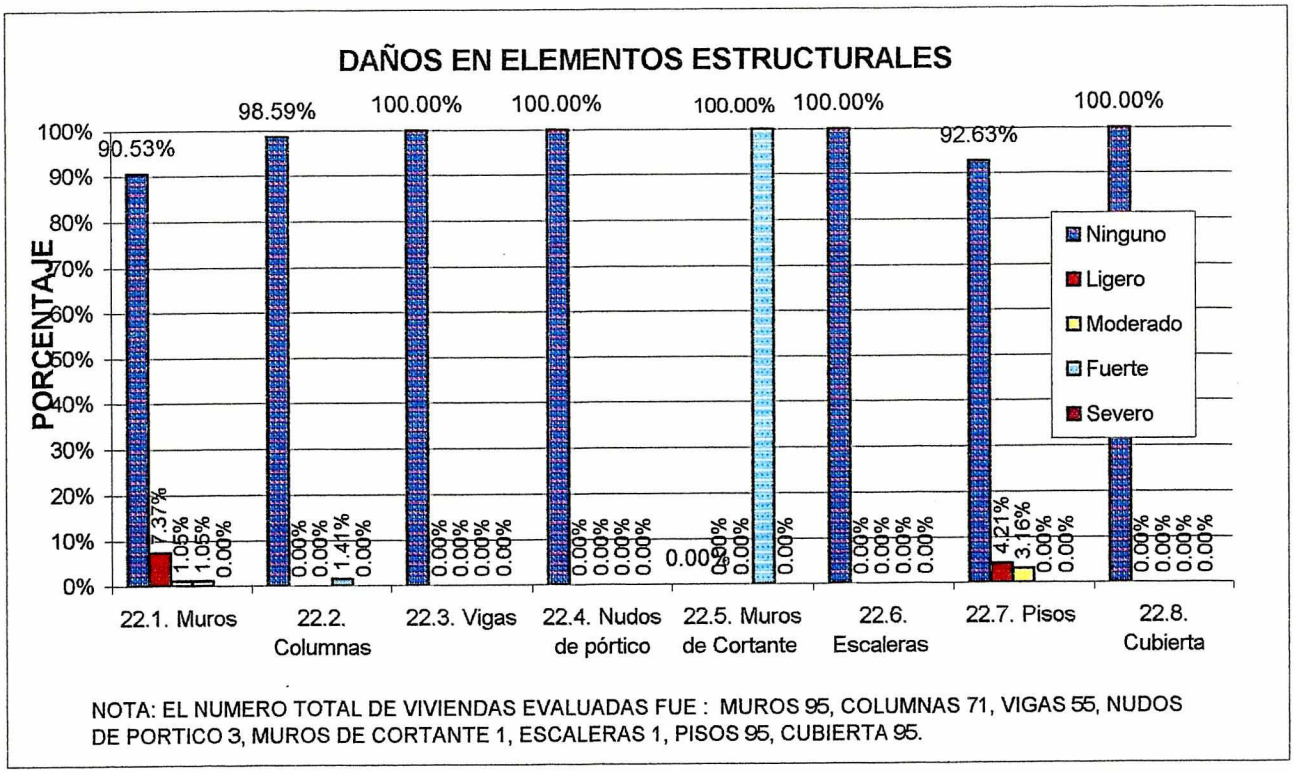
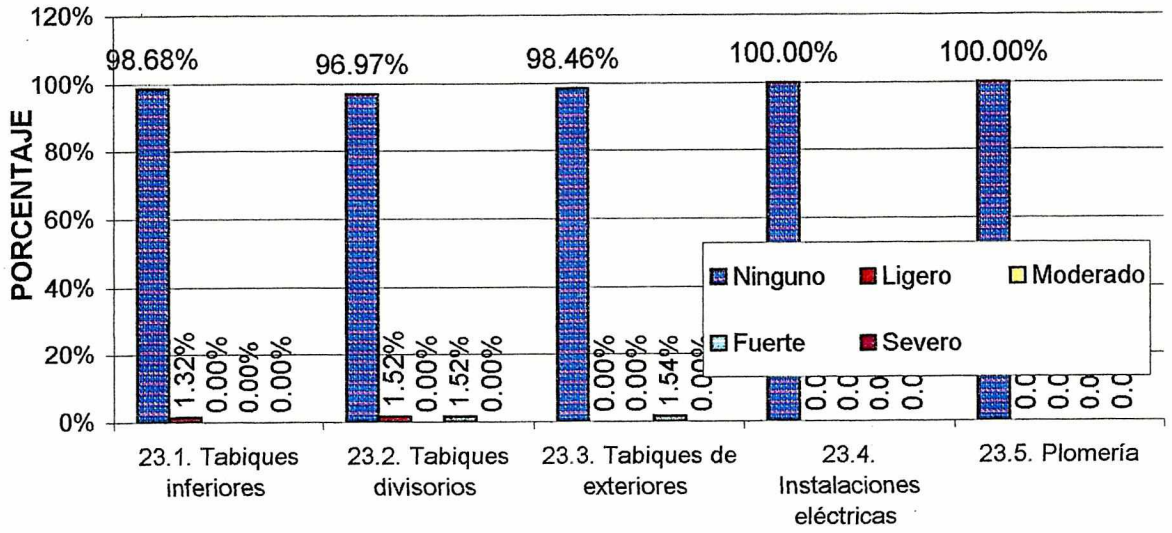

TIPO DE EDIFICACION
PORCENTAJE
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
31.65%
28.48%
0.00%
0.00%
39.87%
1. B1
2. B2
3. B3
4. B4
5. Lote Vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 158 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-5

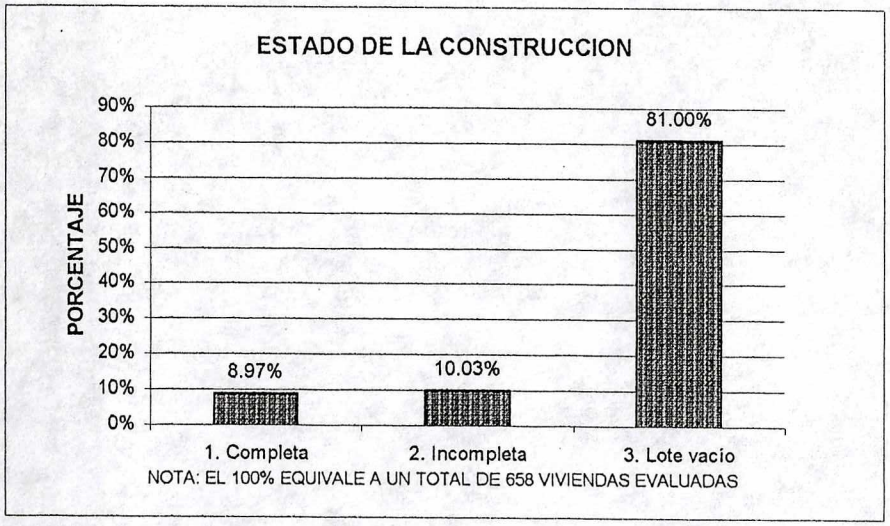


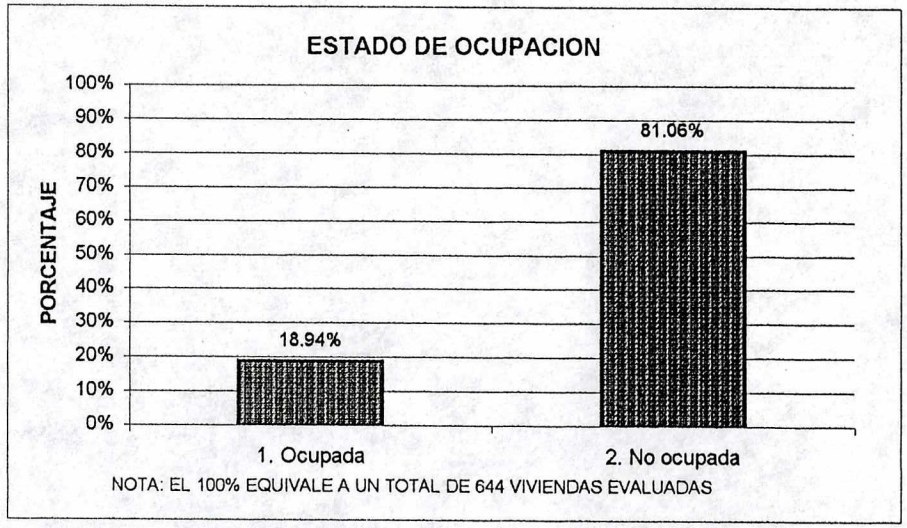
NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : MUROS 95, COLUMNAS 71, VIGAS 55, NUDOS DE PORTICO 3, MUROS DE CORTANTE 1, ESCALERAS 1, PISOS 95, CUBIERTA 95.

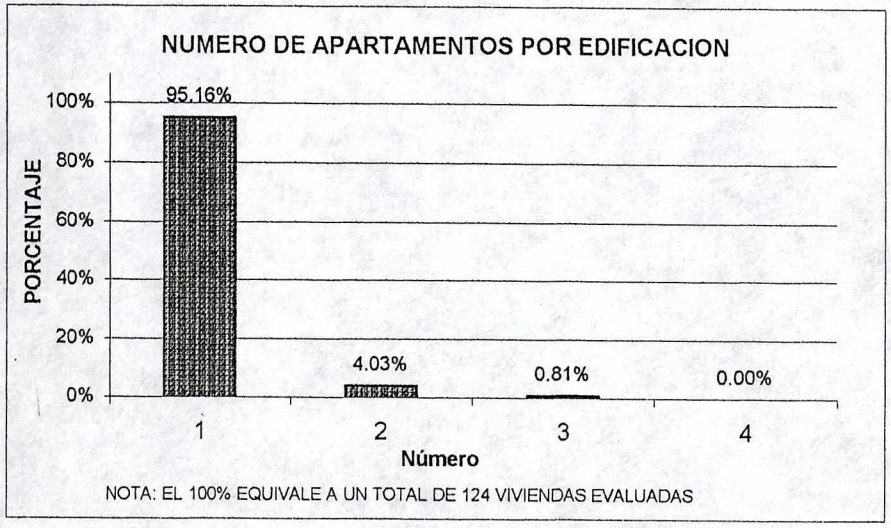


NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : TABIQUES INFERIORES 76, TABIQUES DIVISORIOS 66, TABIQUES EXTERIORES 65, INSTALACIONES ELECTRICAS 89, PLOMERIA 89.

FIGURA 8-6


ESTADO DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
8.97%
10.03%
81.00%
1. Completa
2. Incompleta
3. Lote vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 658 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTADO DE OCUPACION
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
18.94%
81.06%
1. Ocupada
2. No ocupada
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 644 VIVIENDAS EVALUADAS


NUMERO DE APARTAMENTOS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
95.16%
4.03%
0.81%
0.00%
1
2
3
4
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 124 VIVIENDAS EVALUADAS

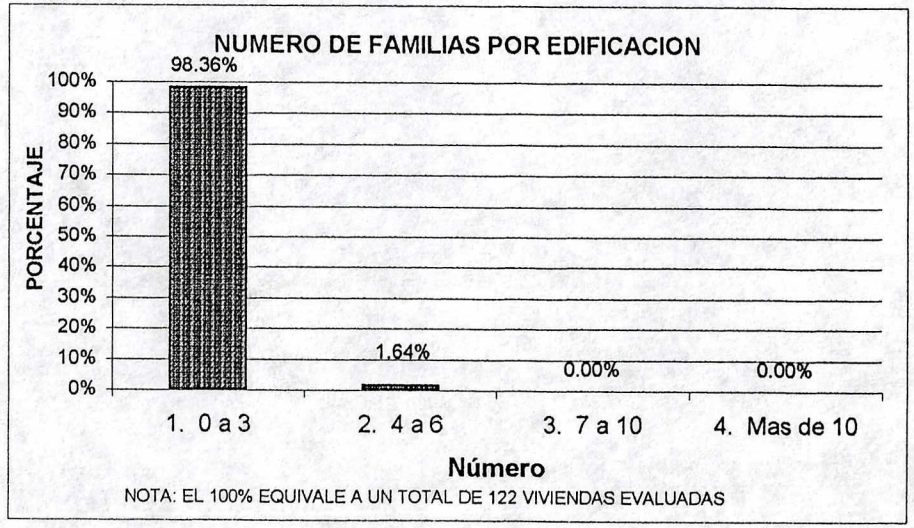
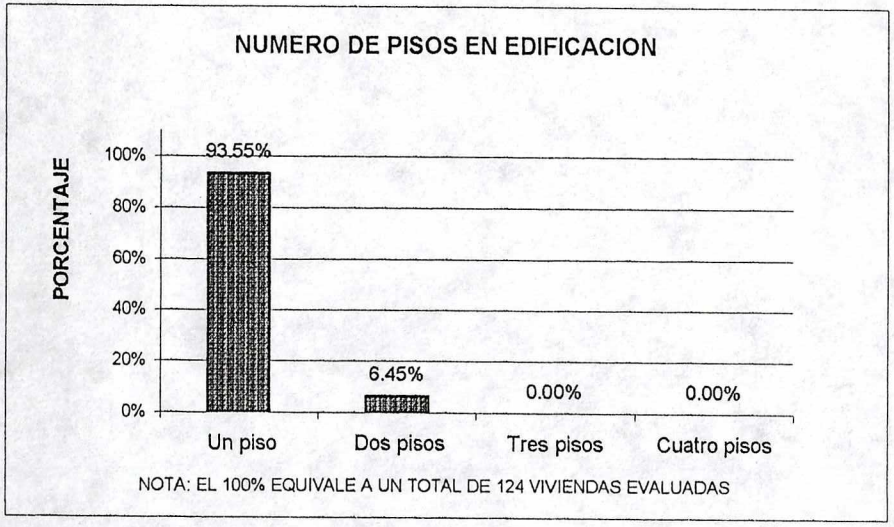
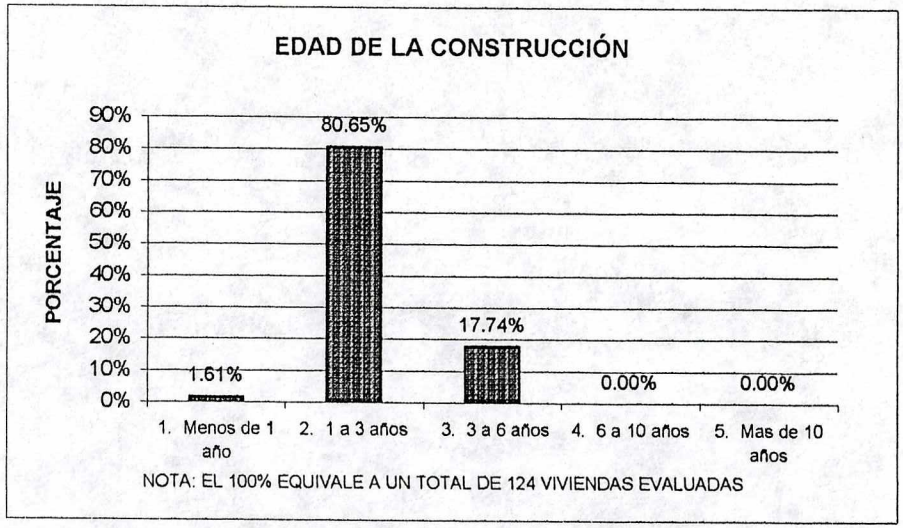
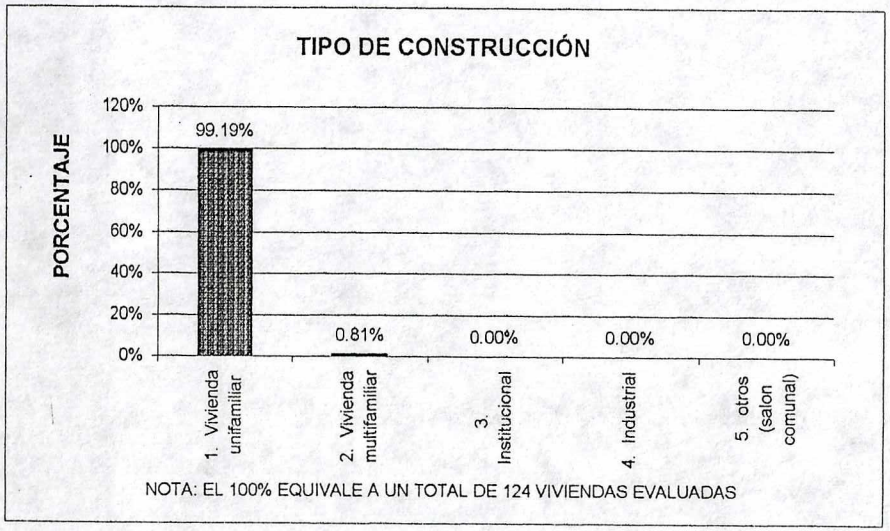

NUMERO DE FAMILIAS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
98.36%
1.64%
0.00%
0.00%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 122 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-7


NUMERO DE PISOS EN EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
93.55%
6.45%
0.00%
0.00%
Un piso
Dos pisos
Tres pisos
Cuatro pisos
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 124 VIVIENDAS EVALUADAS


EDAD DE LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
1.61%
80.65%
17.74%
0.00%
0.00%
1. Menos de 1 año
2. 1 a 3 años
3. 3 a 6 años
4. 6 a 10 años
5. Mas de 10 años
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 124 VIVIENDAS EVALUADAS


TIPO DE CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
99.19%
0.81%
0.00%
0.00%
0.00%
1. Vivienda unifamiliar
2. Vivienda multifamiliar
3. Institucional
4. Industrial
5. otros (salon comunal)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 124 VIVIENDAS EVALUADAS

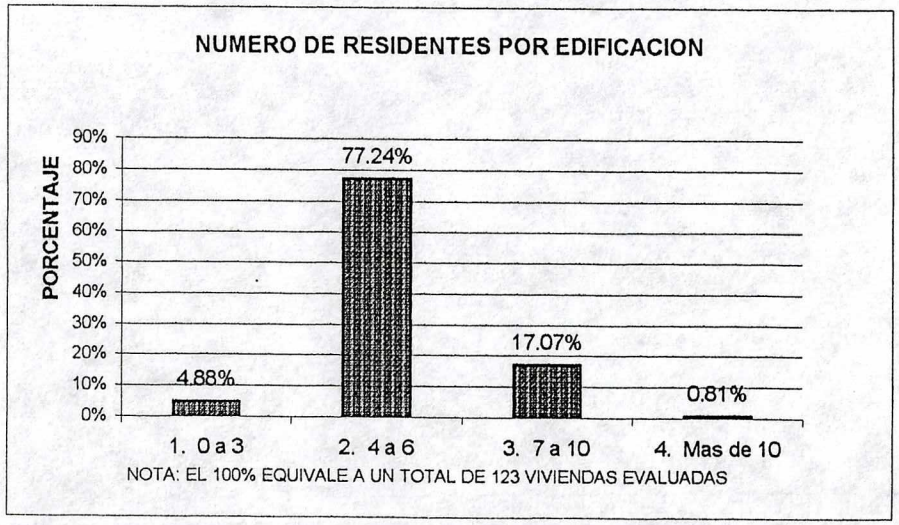
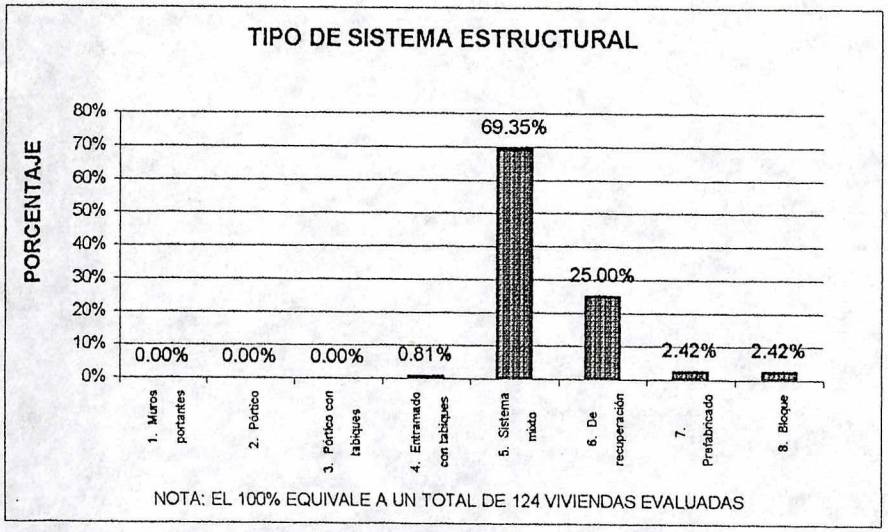
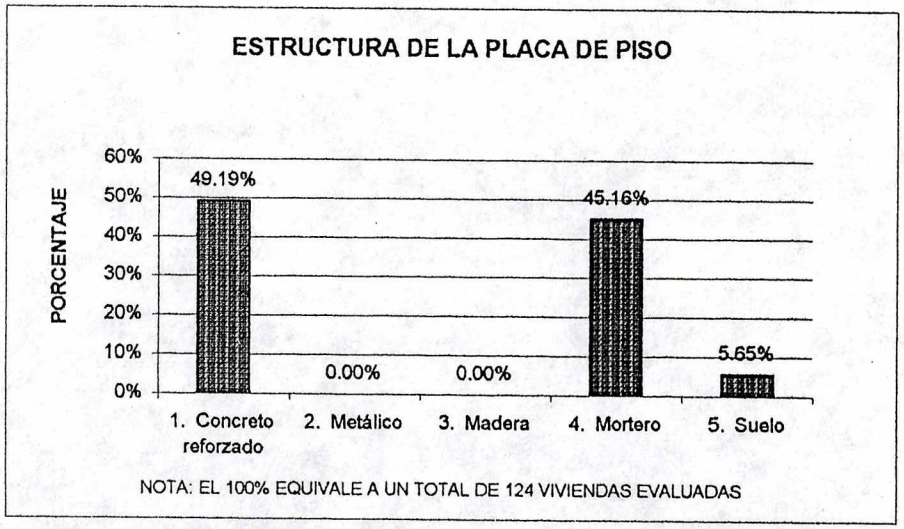
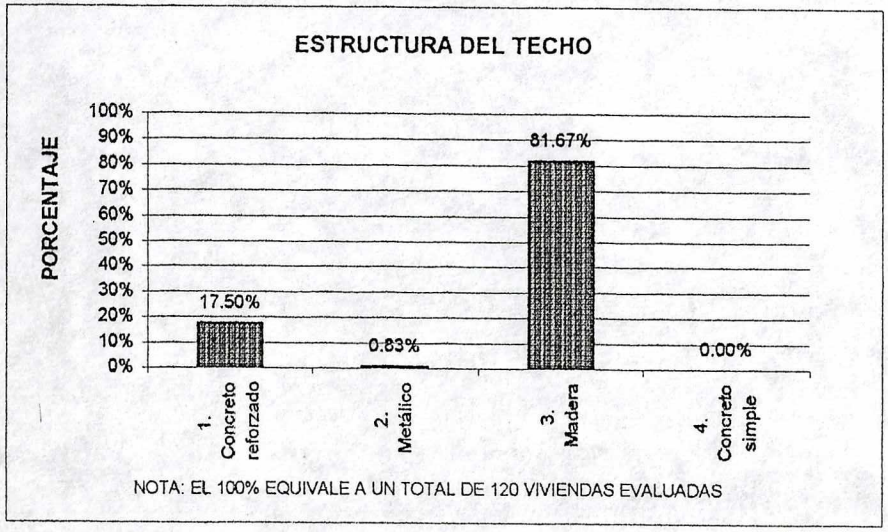

NUMERO DE RESIDENTES POR EDIFICACION
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
4.88%
77.24%
17.07%
0.81%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 123 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-8


TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL
PORCENTAJE
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.00%
0.00%
0.00%
0.81%
69.35%
25.00%
2.42%
2.42%
1. Muros portantes
2. Pórtico
3. Pórtico con tabiques
4. Entramado con tabiques
5. Sistema mixto
6. De recuperación
7. Prefabricado
8. Bloque
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 124 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DE LA PLACA DE PISO
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
49.19%
0.00%
0.00%
45.16%
5.65%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Mortero
5. Suelo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 124 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DEL TECHO
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
17.50%
0.83%
81.67%
0.00%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Concreto simple
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 120 VIVIENDAS EVALUADAS

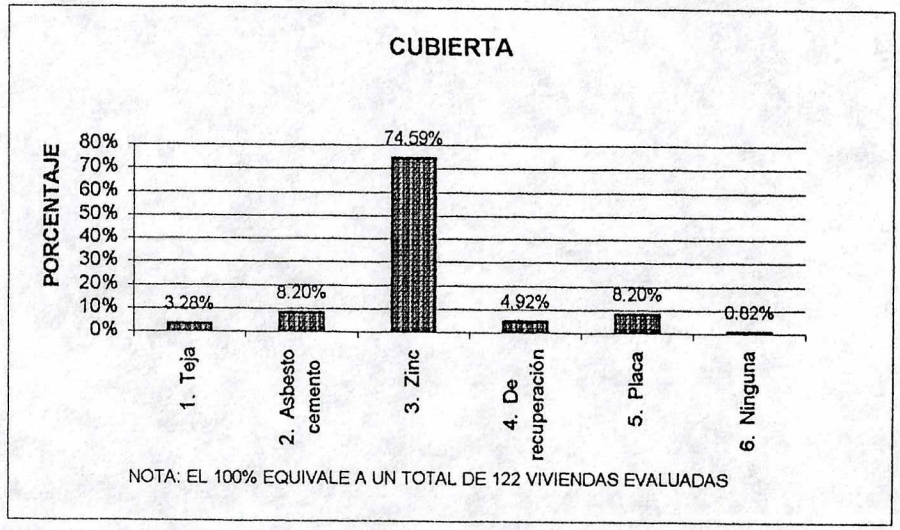
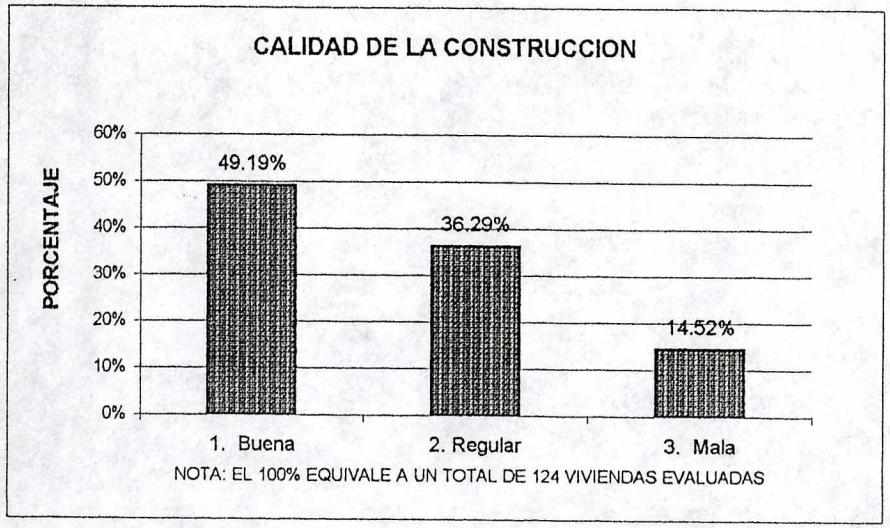
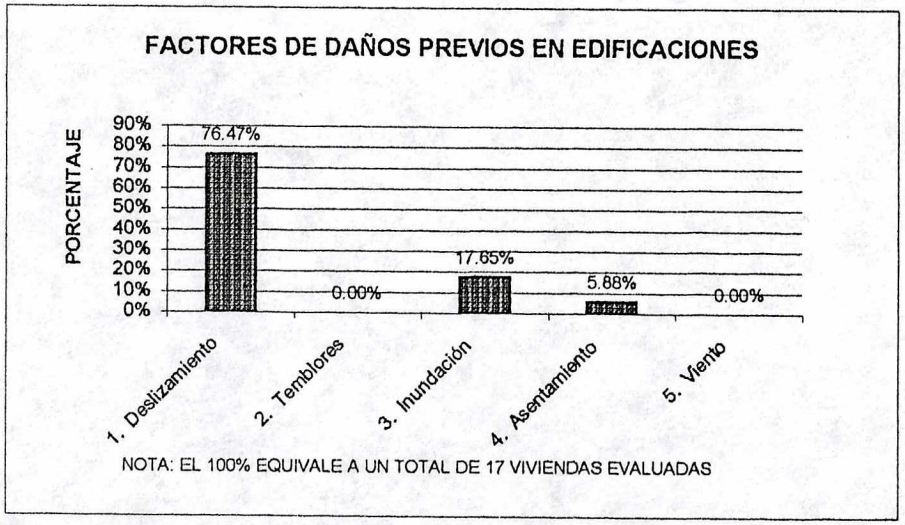
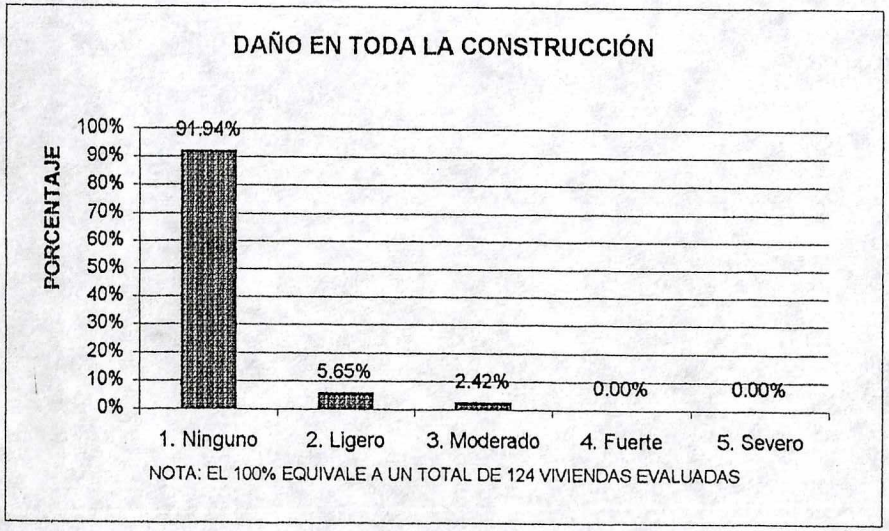

CUBIERTA
PORCENTAJE
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
3.28%
8.20%
74.59%
4.92%
8.20%
0.82%
1. Teja
2. Asbesto cemento
3. Zinc
4. De recuperación
5. Placa
6. Ninguna
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 122 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-9


CALIDAD DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
49.19%
36.29%
14.52%
1. Buena
2. Regular
3. Mala
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 124 VIVIENDAS EVALUADAS


FACTORES DE DAÑOS PREVIOS EN EDIFICACIONES
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
76.47%
0.00%
17.65%
5.88%
0.00%
1. Deslizamiento
2. Temblores
3. Inundación
4. Asentamiento
5. Viento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 17 VIVIENDAS EVALUADAS


DAÑO EN TODA LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
91.94%
5.65%
2.42%
0.00%
0.00%
1. Ninguno
2. Ligero
3. Moderado
4. Fuerte
5. Severo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 124 VIVIENDAS EVALUADAS

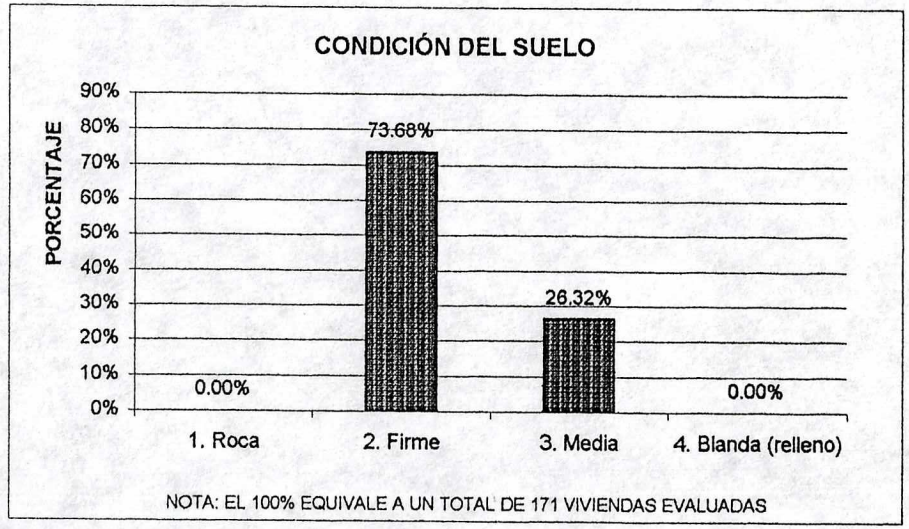
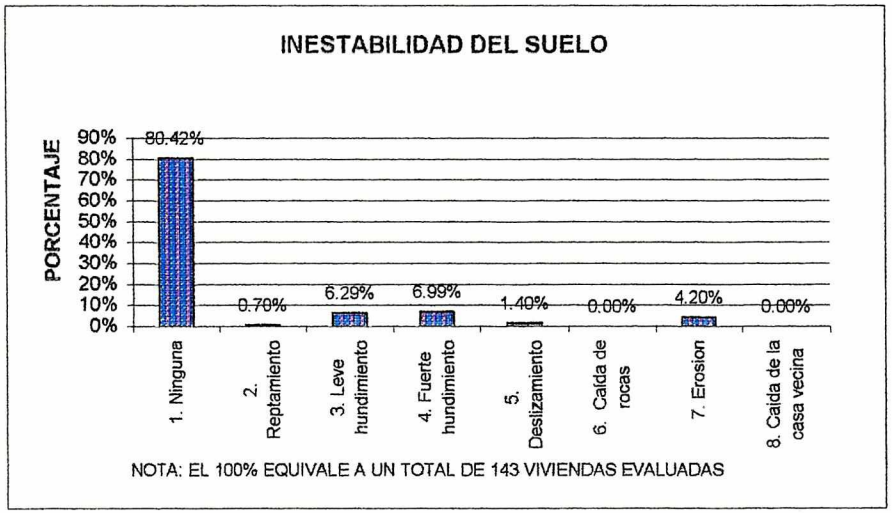
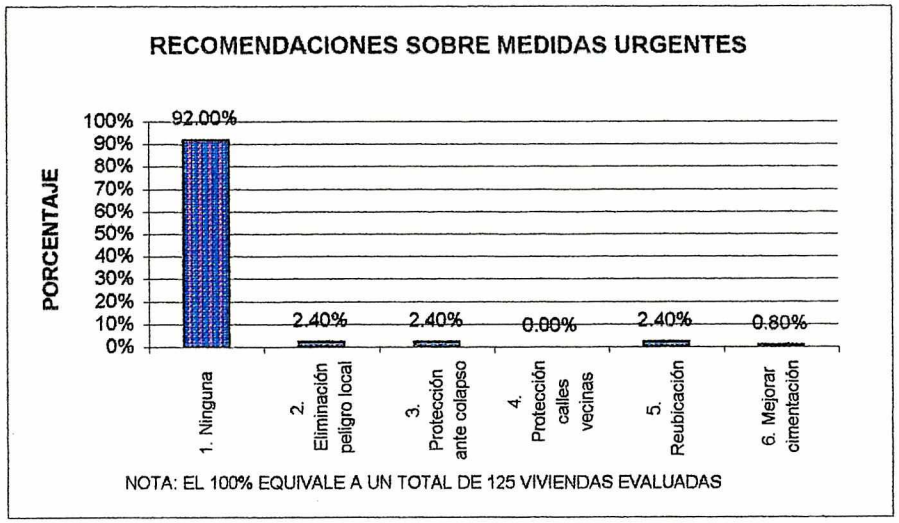
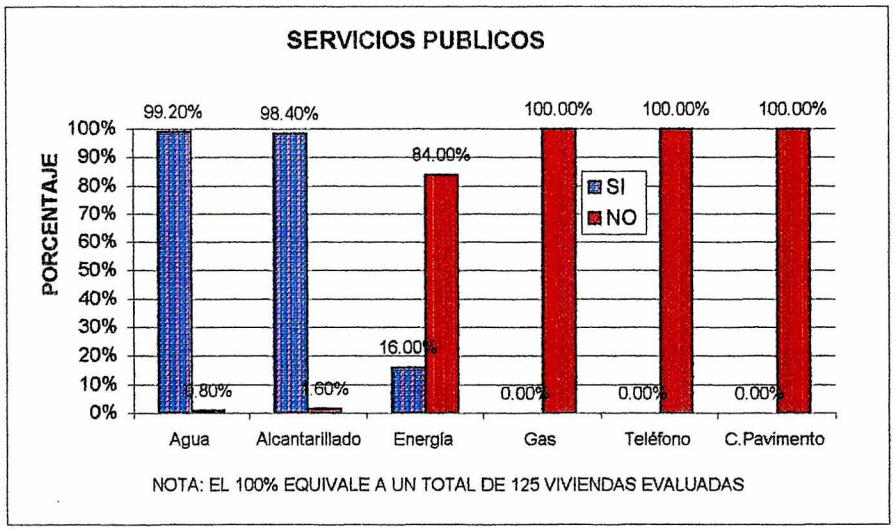

CONDICIÓN DEL SUELO
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.00%
73.68%
26.32%
0.00%
1. Roca
2. Firme
3. Media
4. Blanda (relleno)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 171 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-10


INESTABILIDAD DEL SUELO
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
80.42%
0.70%
6.29%
6.99%
1.40%
0.00%
4.20%
0.00%
1. Ninguna
2. Reptamiento
3. Leve hundimiento
4. Fuerte hundimiento
5. Deslizamiento
6. Caida de rocas
7. Erosion
8. Caida de la casa vecina
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 143 VIVIENDAS EVALUADAS


RECOMENDACIONES SOBRE MEDIDAS URGENTES
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
92.00%
2.40%
2.40%
0.00%
2.40%
0.80%
1. Ninguna
2. Eliminación peligro local
3. Protección ante colapso
4. Protección calles vecinas
5. Reubicación
6. Mejorar cimentación
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 125 VIVIENDAS EVALUADAS


SERVICIOS PUBLICOS
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
99.20%
0.80%
98.40%
1.60%
16.00%
84.00%
0.00%
100.00%
0.00%
100.00%
0.00%
100.00%
SI
NO
Agua
Alcantarillado
Energía
Gas
Teléfono
C.Pavimento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 125 VIVIENDAS EVALUADAS

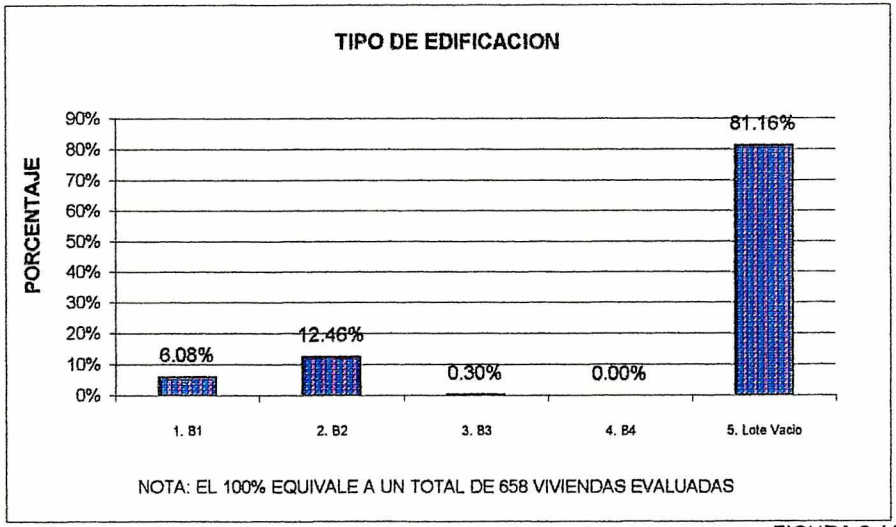
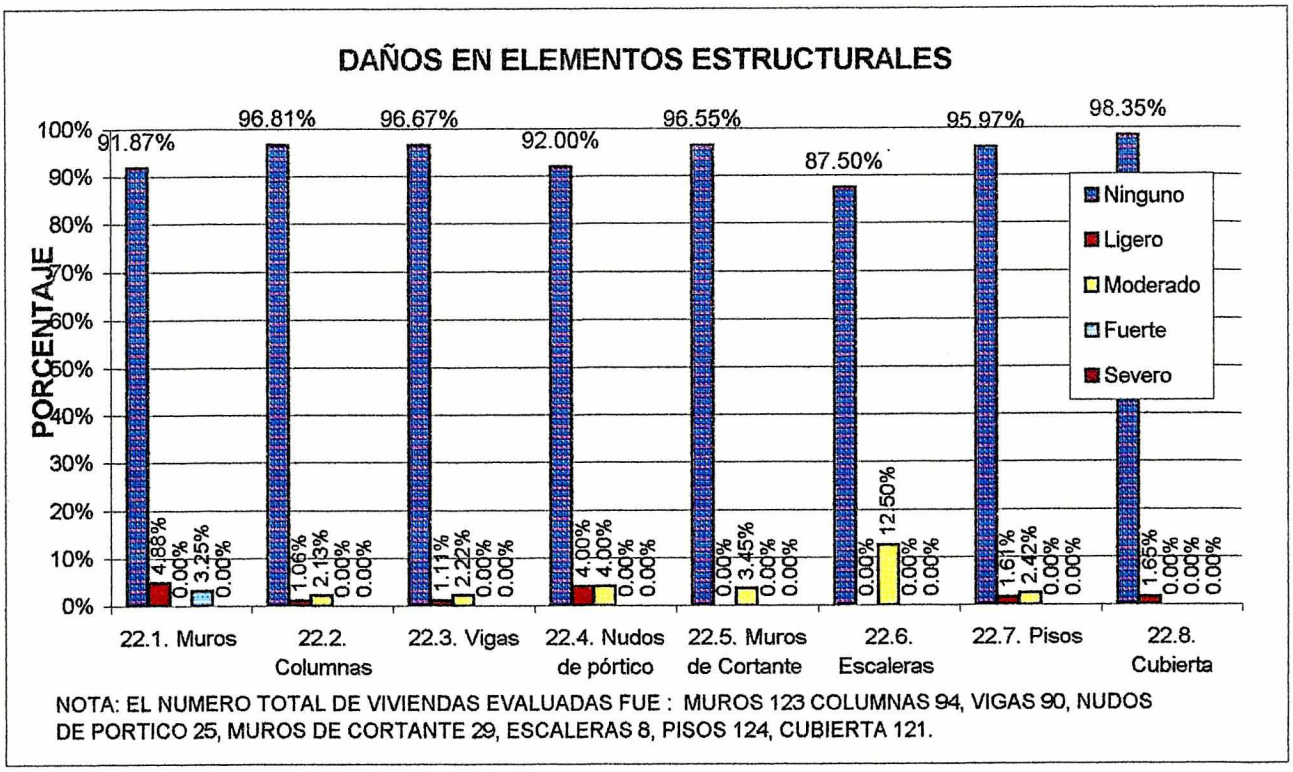
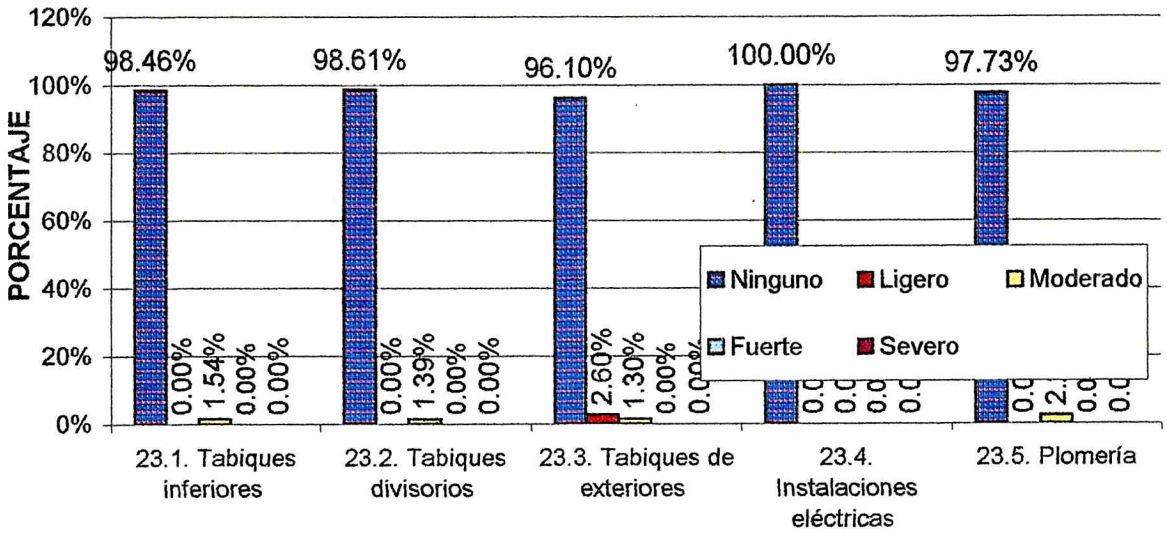

TIPO DE EDIFICACION
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
6.08%
12.46%
0.30%
0.00%
81.16%
1. B1
2. B2
3. B3
4. B4
5. Lote Vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 658 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-11

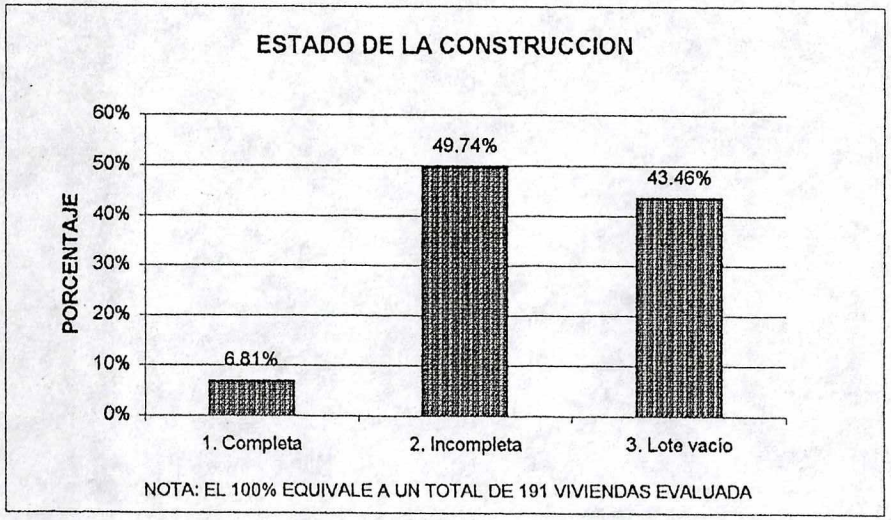


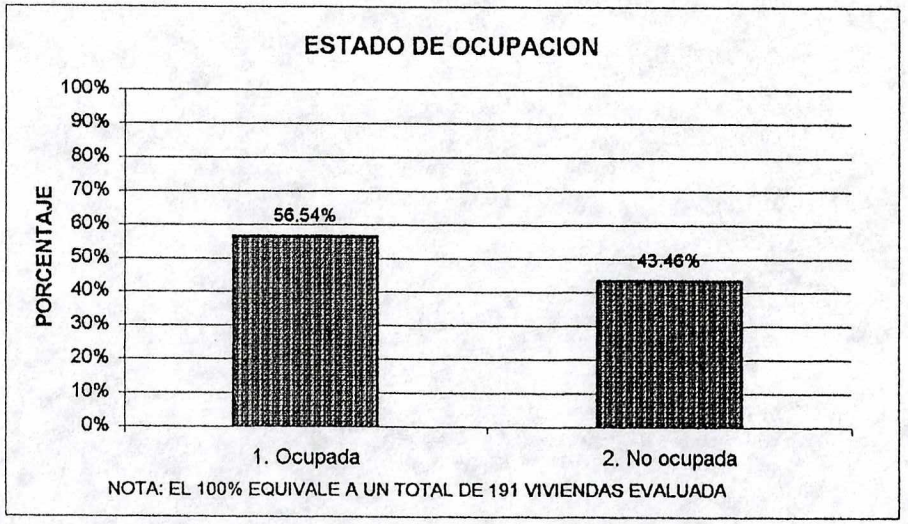
NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : MUROS 123 COLUMNAS 94, VIGAS 90, NUDOS DE PORTICO 25, MUROS DE CORTANTE 29, ESCALERAS 8, PISOS 124, CUBIERTA 121.

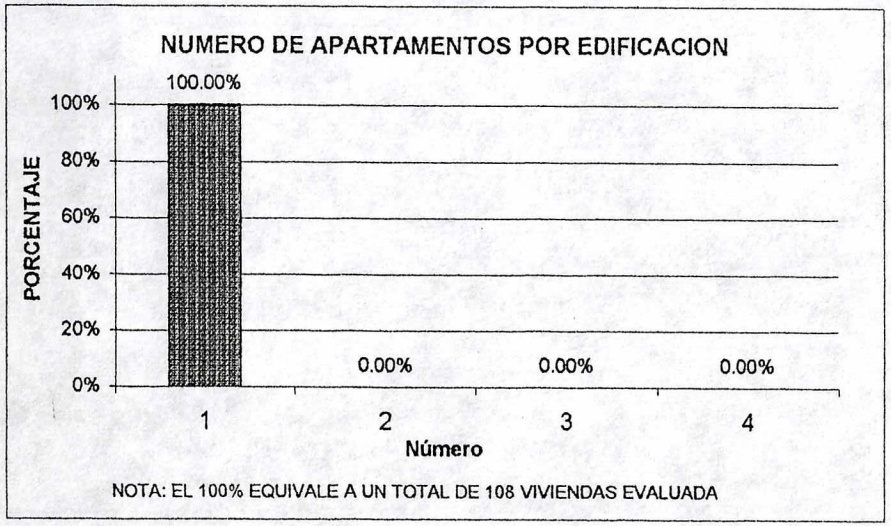


NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : TABIQUES INFERIORES 65, TABIQUES DIVISORIOS 72, TABIQUES EXTERIORES 77, INSTALACIONES ELECTRICAS 84, PLOMERIA 88.

FIGURA 8-12


ESTADO DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
6.81%
49.74%
43.46%
1. Completa
2. Incompleta
3. Lote vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 191 VIVIENDAS EVALUADA


ESTADO DE OCUPACION
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
56.54%
43.46%
1. Ocupada
2. No ocupada
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 191 VIVIENDAS EVALUADA


NUMERO DE APARTAMENTOS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
100.00%
0.00%
0.00%
0.00%
1
2
3
4
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADA

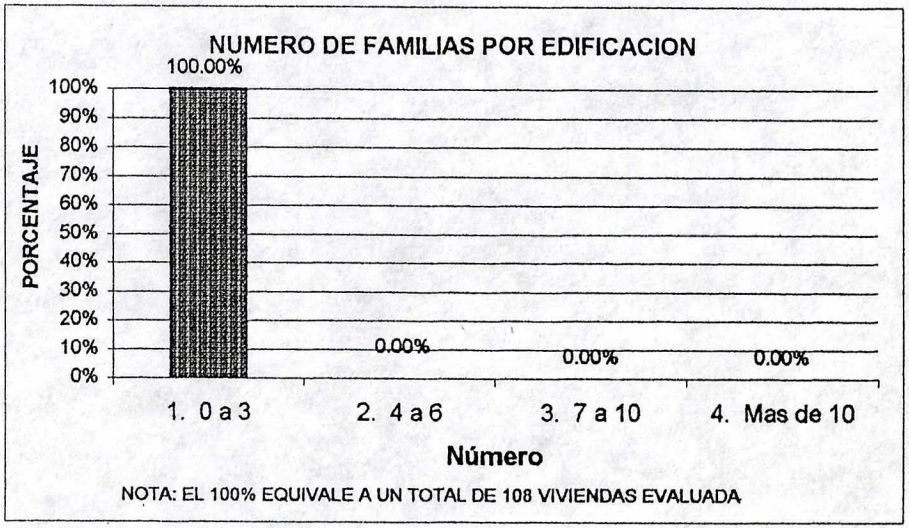
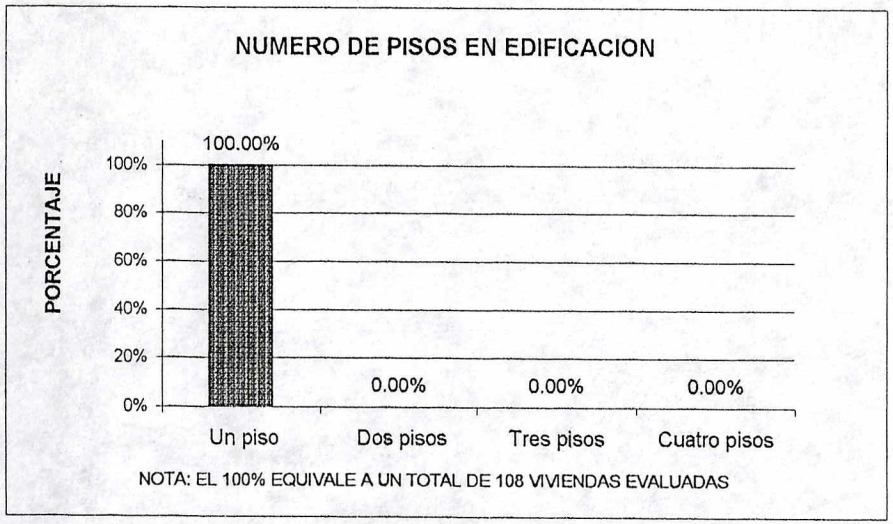
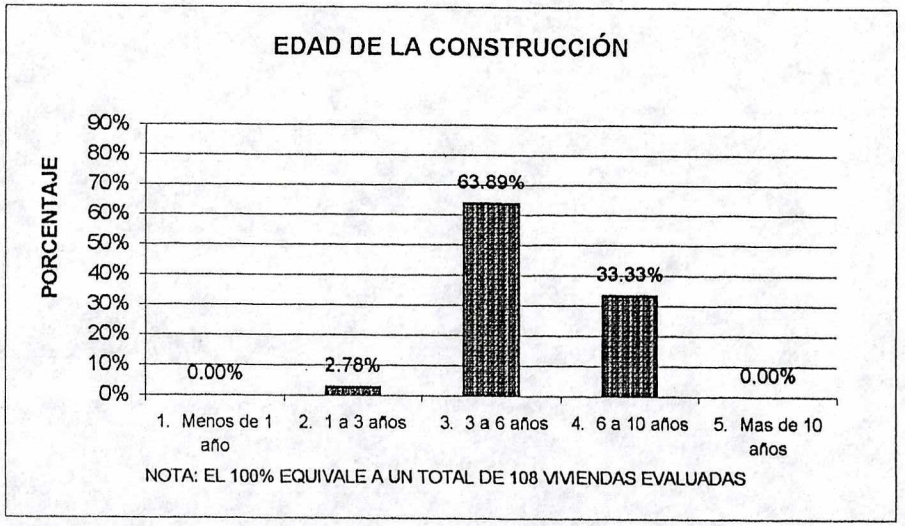
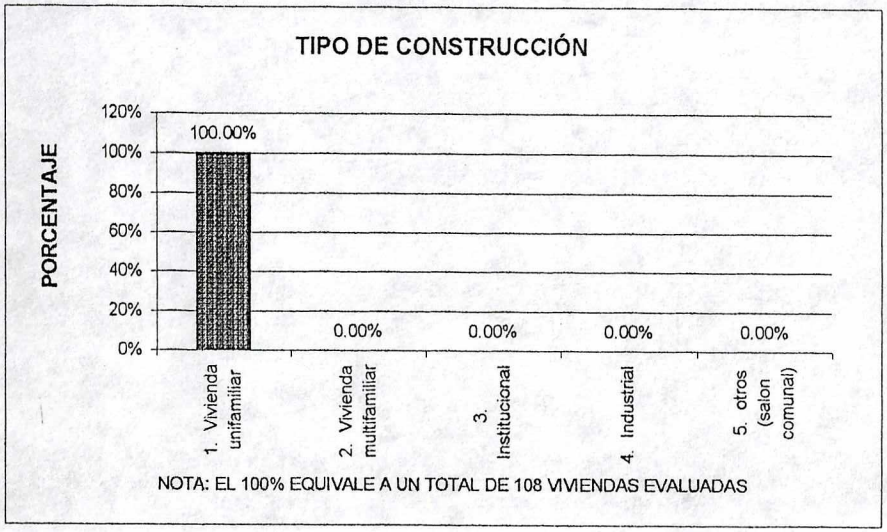

NUMERO DE FAMILIAS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
100.00%
0.00%
0.00%
0.00%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADA

FIGURA 8-13


NUMERO DE PISOS EN EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
100.00%
0.00%
0.00%
0.00%
Un piso
Dos pisos
Tres pisos
Cuatro pisos
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADAS


EDAD DE LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.00%
2.78%
63.89%
33.33%
0.00%
1. Menos de 1 año
2. 1 a 3 años
3. 3 a 6 años
4. 6 a 10 años
5. Mas de 10 años
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADAS


TIPO DE CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
100.00%
0.00%
0.00%
0.00%
0.00%
1. Vivienda unifamiliar
2. Vivienda multifamiliar
3. Institucional
4. Industrial
5. otros (salon comunal)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADAS

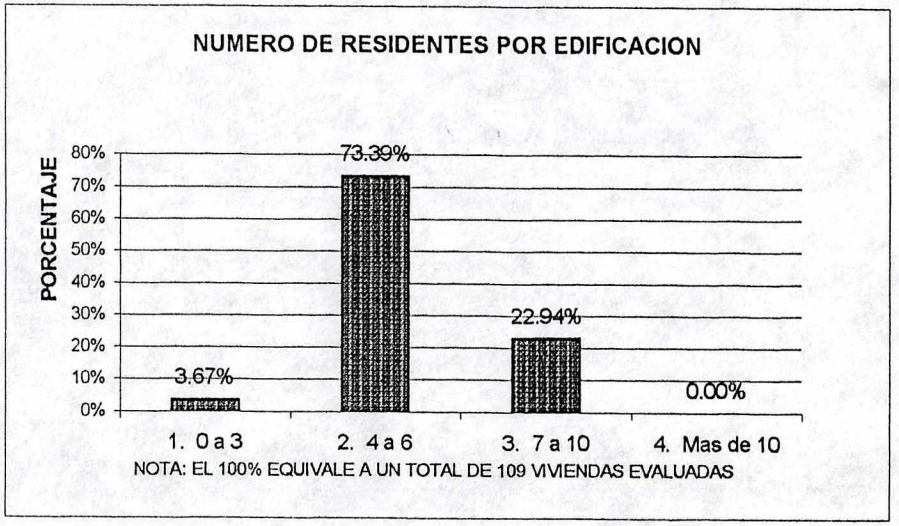
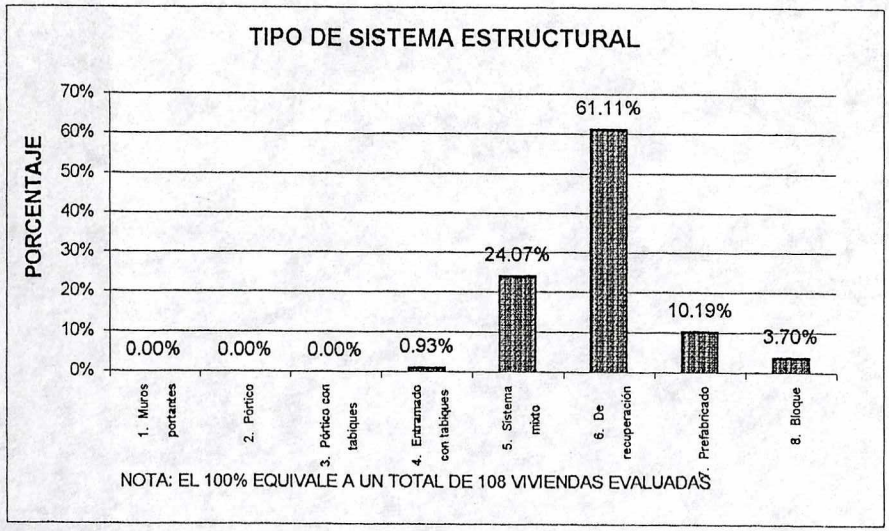
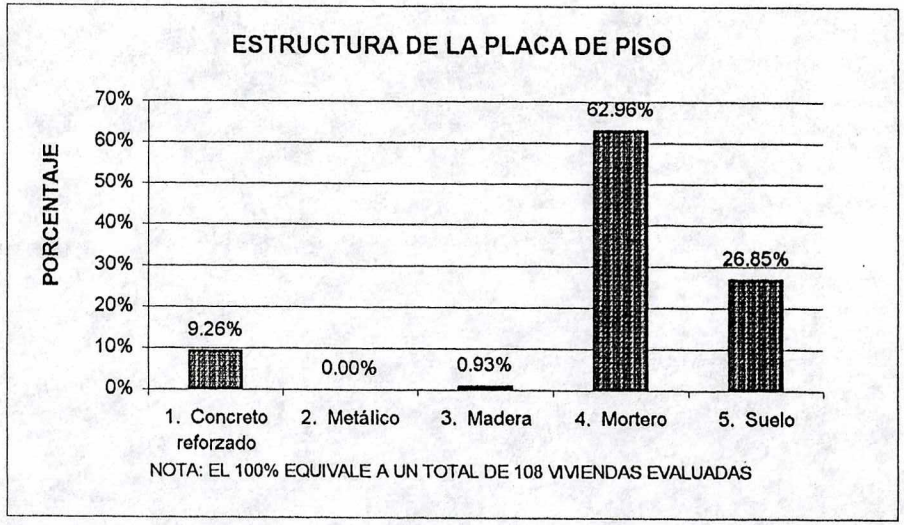
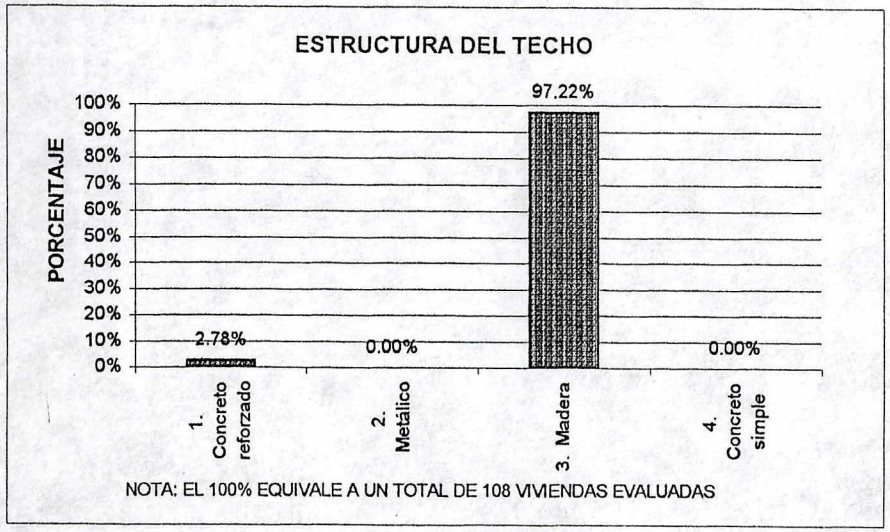

NUMERO DE RESIDENTES POR EDIFICACION
PORCENTAJE
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
3.67%
73.39%
22.94%
0.00%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 109 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-14


TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.00%
0.00%
0.00%
0.93%
24.07%
61.11%
10.19%
3.70%
1. Muros portantes
2. Pórtico
3. Pórtico con tabiques
4. Entramado con tabiques
5. Sistema mixto
6. De recuperación
Prefabricado
8. Bloque
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DE LA PLACA DE PISO
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
9.26%
0.00%
0.93%
62.96%
26.85%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Mortero
5. Suelo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DEL TECHO
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
2.78%
0.00%
97.22%
0.00%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Concreto simple
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADAS

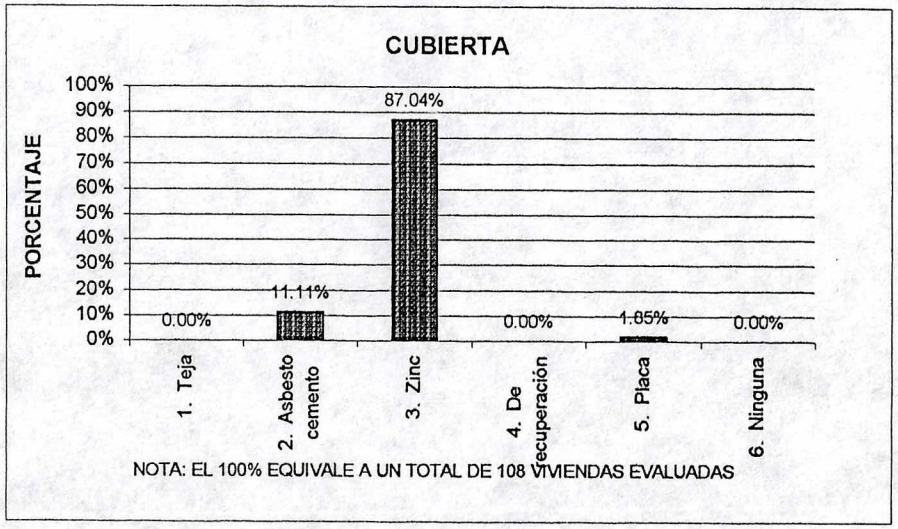
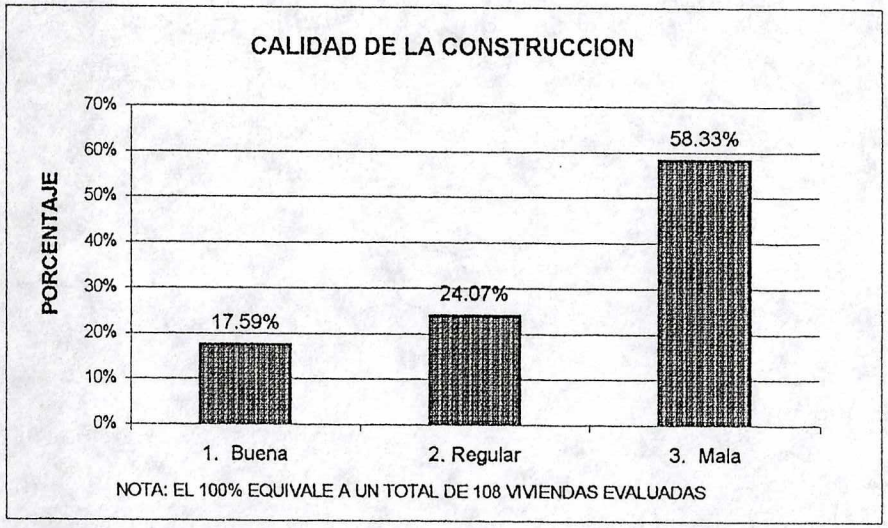
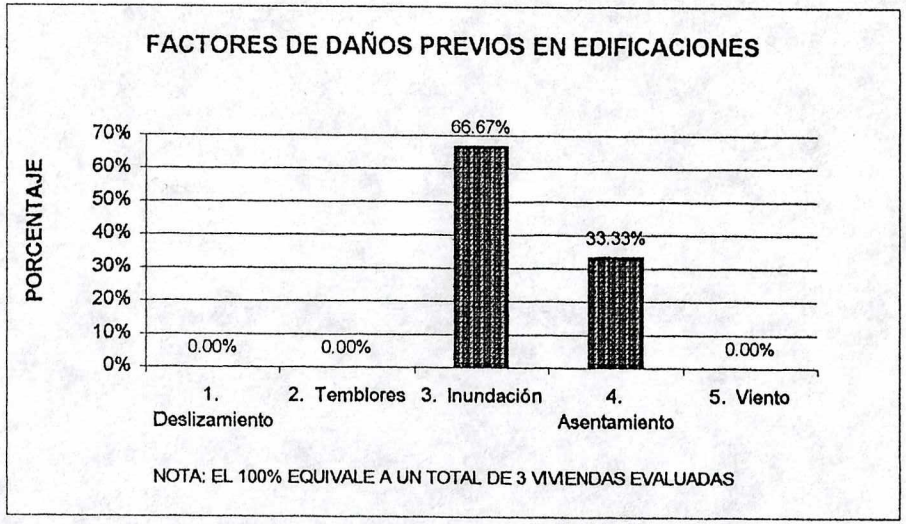
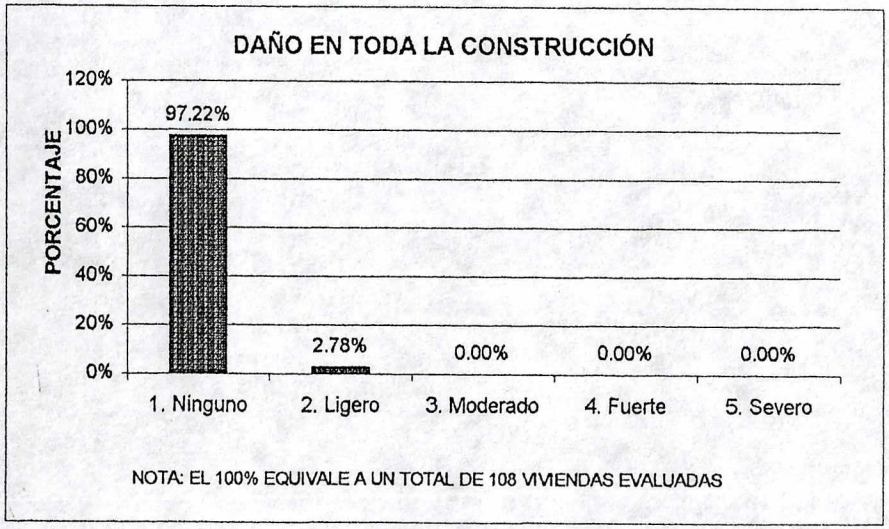

CUBIERTA
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.00%
11.11%
87.04%
0.00%
1.85%
0.00%
1. Teja
2. Asbesto cemento
3. Zinc
4. De recuperación
5. Placa
6. Ninguna
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-15


CALIDAD DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
17.59%
24.07%
58.33%
1. Buena
2. Regular
3. Mala
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADAS


FACTORES DE DAÑOS PREVIOS EN EDIFICACIONES
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.00%
0.00%
66.67%
33.33%
0.00%
1. Deslizamiento
2. Temblores
3. Inundación
4. Asentamiento
5. Viento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 3 VIVIENDAS EVALUADAS


DAÑO EN TODA LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
97.22%
2.78%
0.00%
0.00%
0.00%
1. Ninguno
2. Ligero
3. Moderado
4. Fuerte
5. Severo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 108 VIVIENDAS EVALUADAS

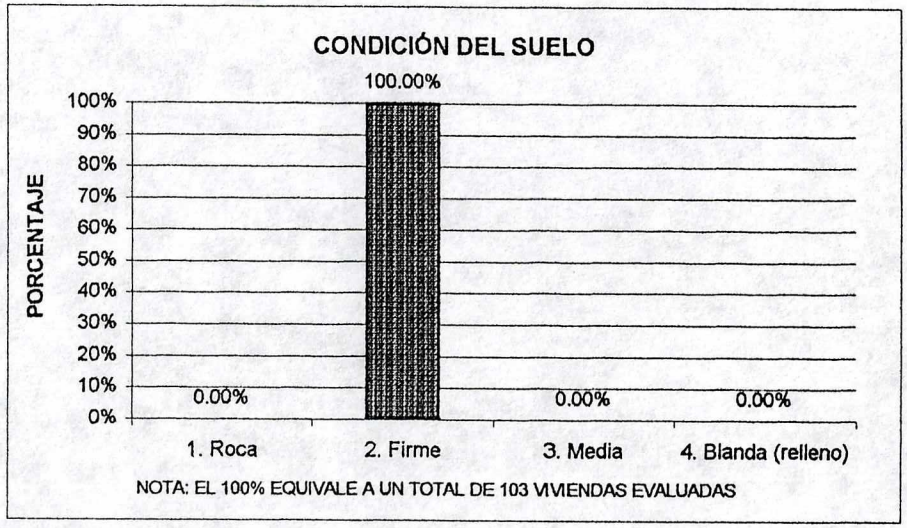
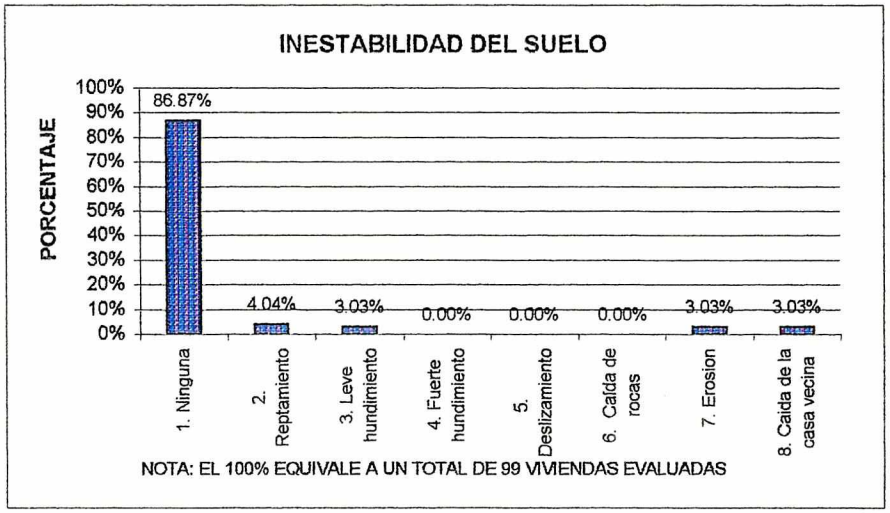
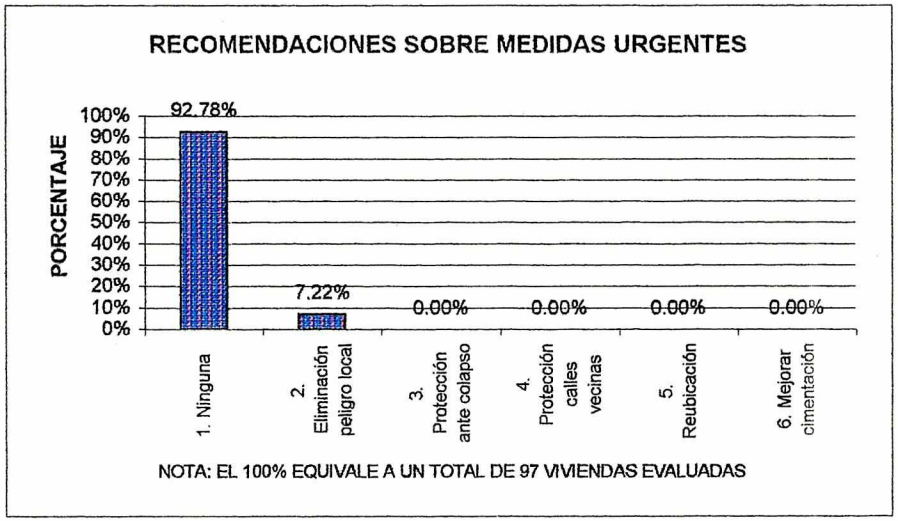
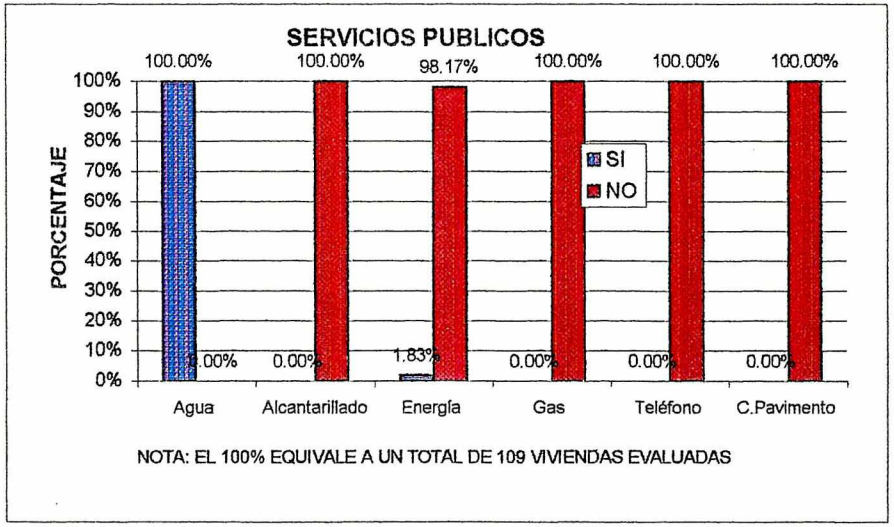

CONDICIÓN DEL SUELO
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.00%
100.00%
0.00%
0.00%
1. Roca
2. Firme
3. Media
4. Blanda (relleno)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 103 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-16


INESTABILIDAD DEL SUELO
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
86.87%
4.04%
3.03%
0.00%
0.00%
0.00%
3.03%
3.03%
1. Ninguna
2. Reptamiento
3. Leve hundimiento
4. Fuerte hundimiento
5. Deslizamiento
6. Caida de rocas
7. Erosion
8. Caida de la casa vecina
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 99 VIVIENDAS EVALUADAS


RECOMENDACIONES SOBRE MEDIDAS URGENTES
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
92.78%
7.22%
0.00%
0.00%
0.00%
0.00%
1. Ninguna
2. Eliminación peligro local
3. Protección ante colapso
4. Protección calles vecinas
5. Reubicación
6. Mejorar cimentación
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 97 VIVIENDAS EVALUADAS


SERVICIOS PUBLICOS
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
100.00%
100.00%
98.17%
100.00%
100.00%
100.00%
0.00%
0.00%
1.83%
0.00%
0.00%
0.00%
SI
NO
Agua
Alcantarillado
Energía
Gas
Teléfono
C.Pavimento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 109 VIVIENDAS EVALUADAS

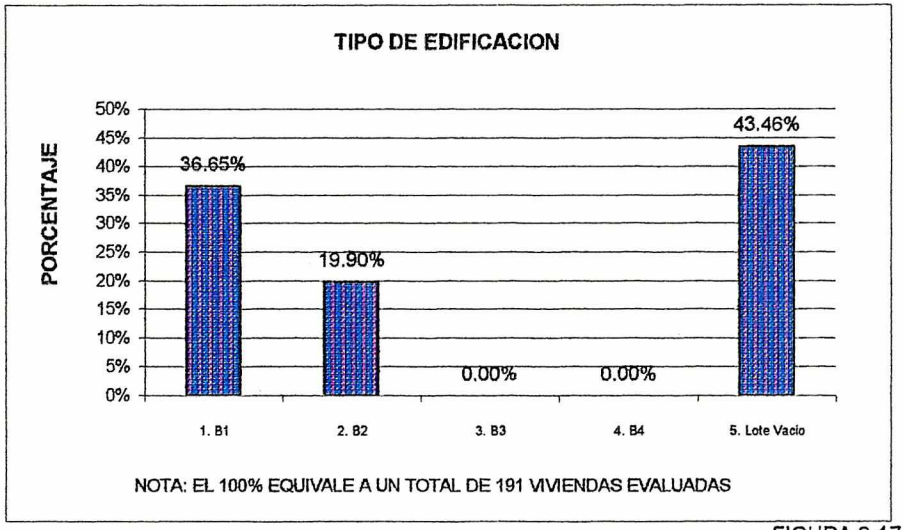
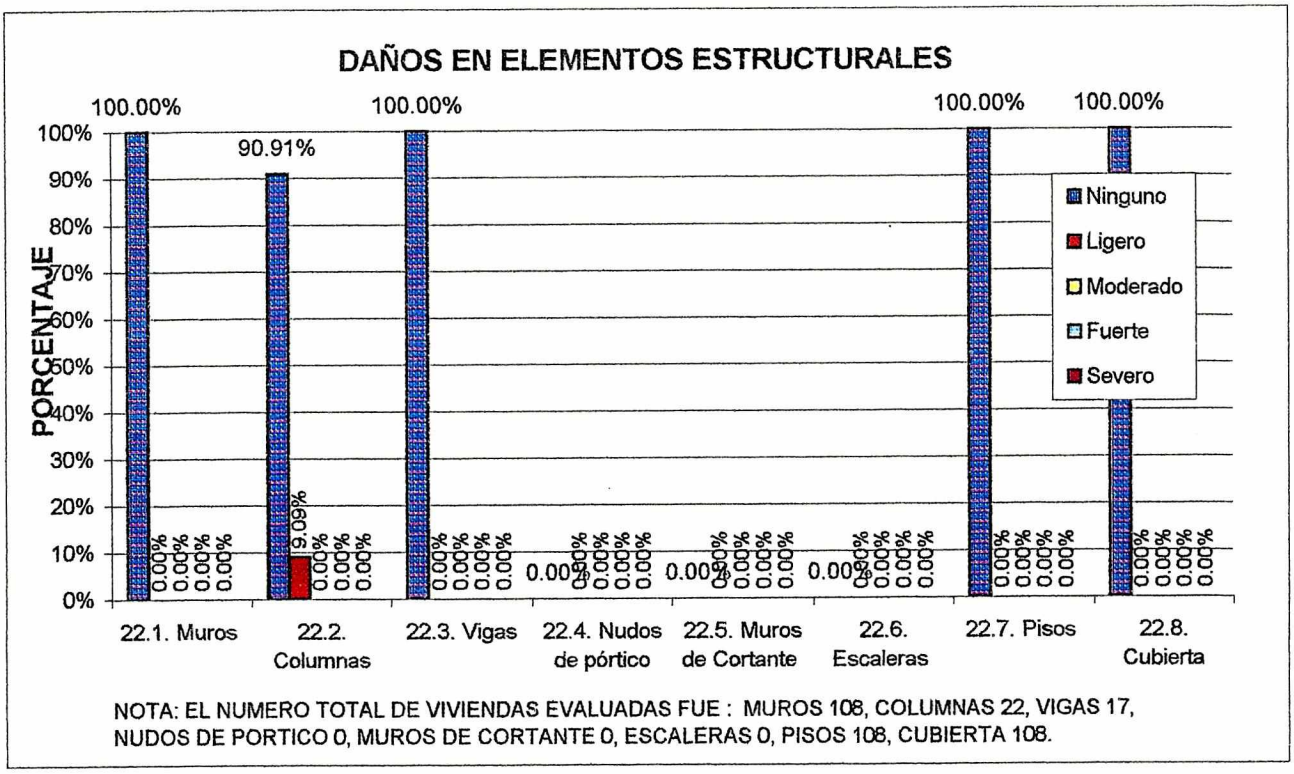
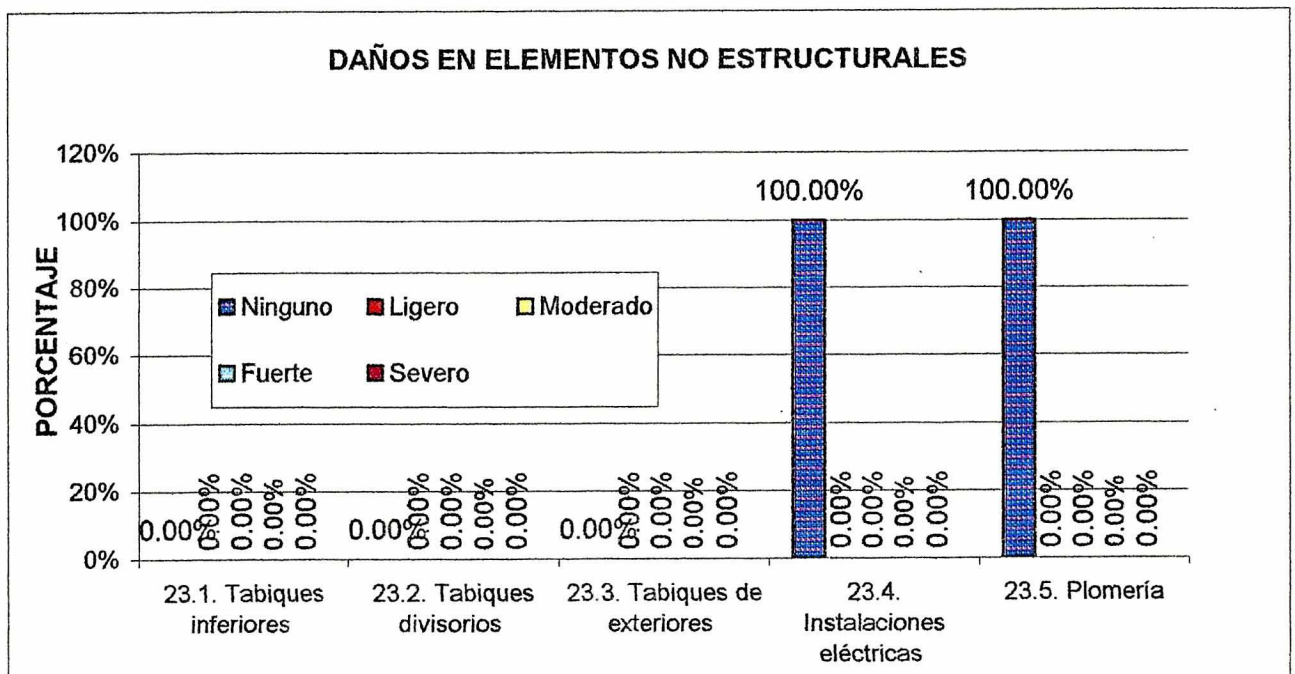

TIPO DE EDIFICACION
PORCENTAJE
50%
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
36.65%
19.90%
0.00%
0.00%
43.46%
1. B1
2. B2
3. B3
4. B4
5. Lote Vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 191 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-17

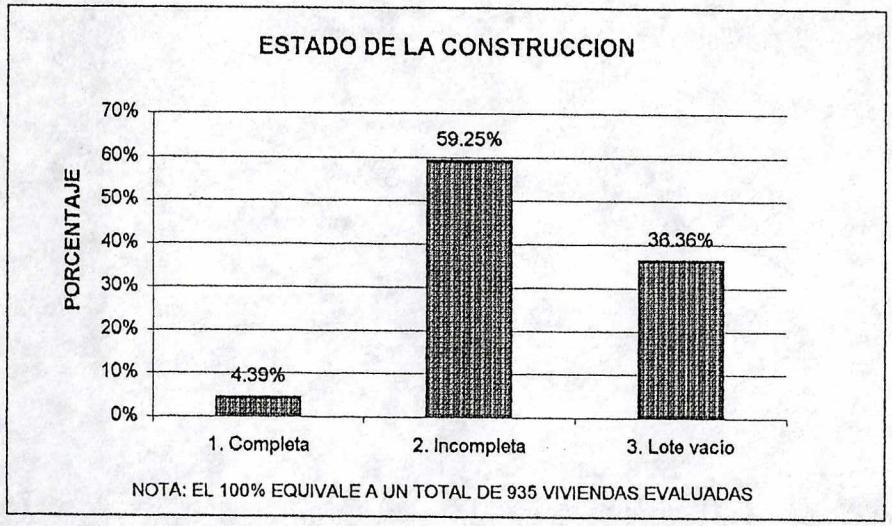


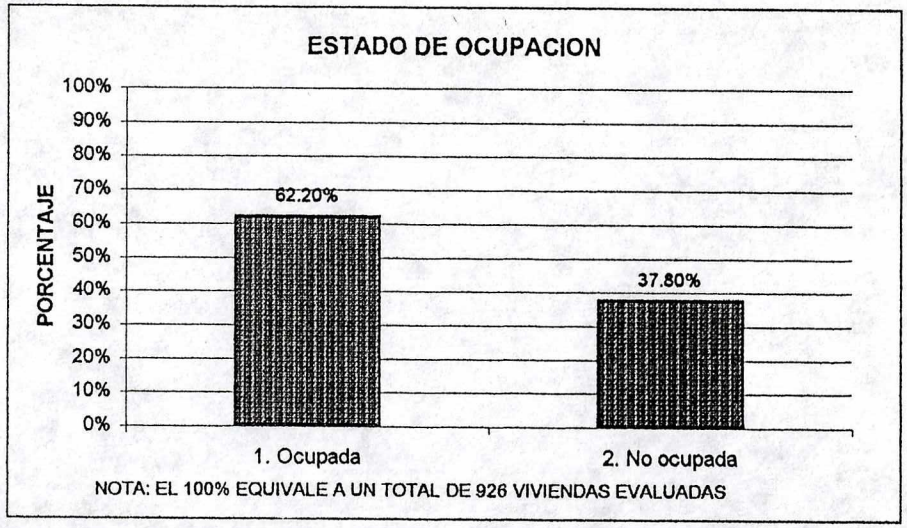
NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : MUROS 108, COLUMNAS 22, VIGAS 17, NUDOS DE PORTICO 0, MUROS DE CORTANTE 0, ESCALERAS 0, PISOS 108, CUBIERTA 108.

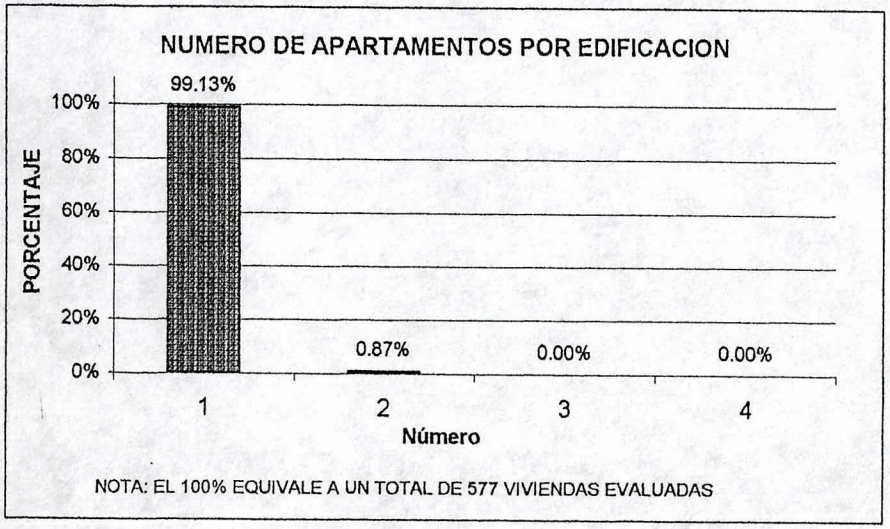


NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : TABIQUES INFERIORES 0, TABIQUES DIVISORIOS 0, TABIQUES EXTERIORES 0, INSTALACIONES ELECTRICAS 36, PLOMERIA 48.

FIGURA 8-18


ESTADO DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
4.39%
59.25%
36.36%
1. Completa
2. Incompleta
3. Lote vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 935 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTADO DE OCUPACION
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
62.20%
37.80%
1. Ocupada
2. No ocupada
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 926 VIVIENDAS EVALUADAS


NUMERO DE APARTAMENTOS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
99.13%
0.87%
0.00%
0.00%
1
2
3
4
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 577 VIVIENDAS EVALUADAS

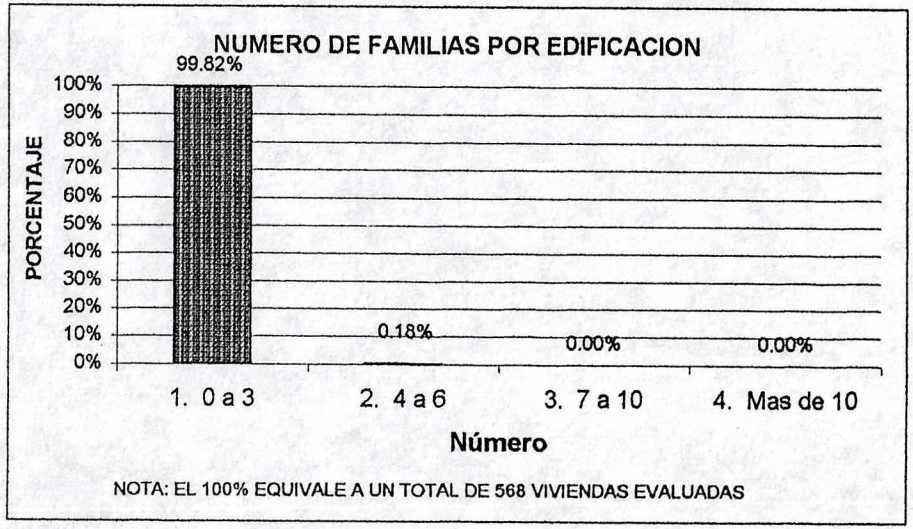
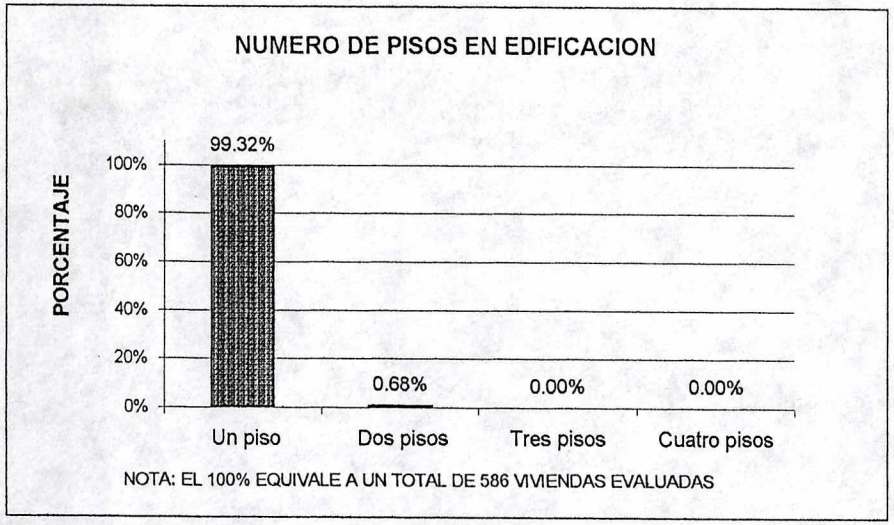
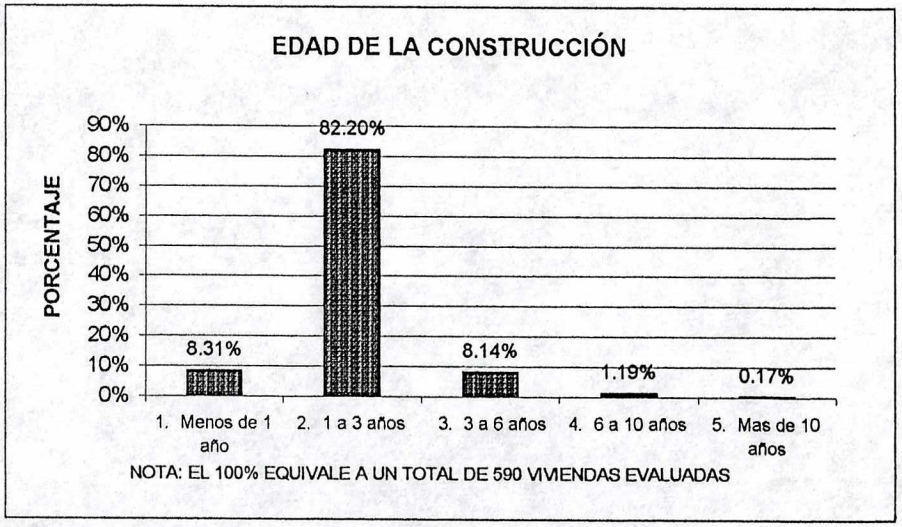
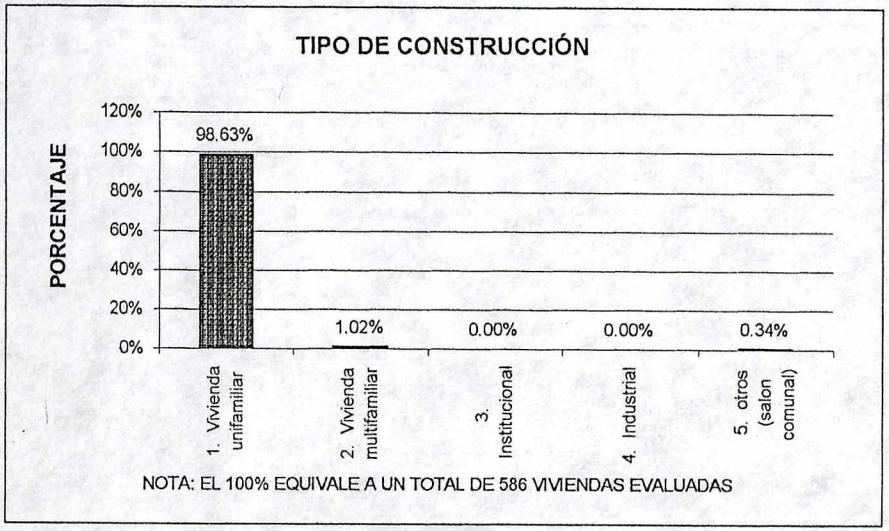

NUMERO DE FAMILIAS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
99.82%
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.18%
0.00%
0.00%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 568 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-19


NUMERO DE PISOS EN EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
99.32%
0.68%
0.00%
0.00%
Un piso
Dos pisos
Tres pisos
Cuatro pisos
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 586 VIVIENDAS EVALUADAS


EDAD DE LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
8.31%
82.20%
8.14%
1.19%
0.17%
1. Menos de 1 año
2. 1 a 3 años
3. 3 a 6 años
4. 6 a 10 años
5. Mas de 10 años
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 590 VIVIENDAS EVALUADAS


TIPO DE CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
98.63%
1.02%
0.00%
0.00%
0.34%
1. Vivienda unifamiliar
2. Vivienda multifamiliar
3. Institucional
4. Industrial
5. otros (salon comunal)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 586 VIVIENDAS EVALUADAS

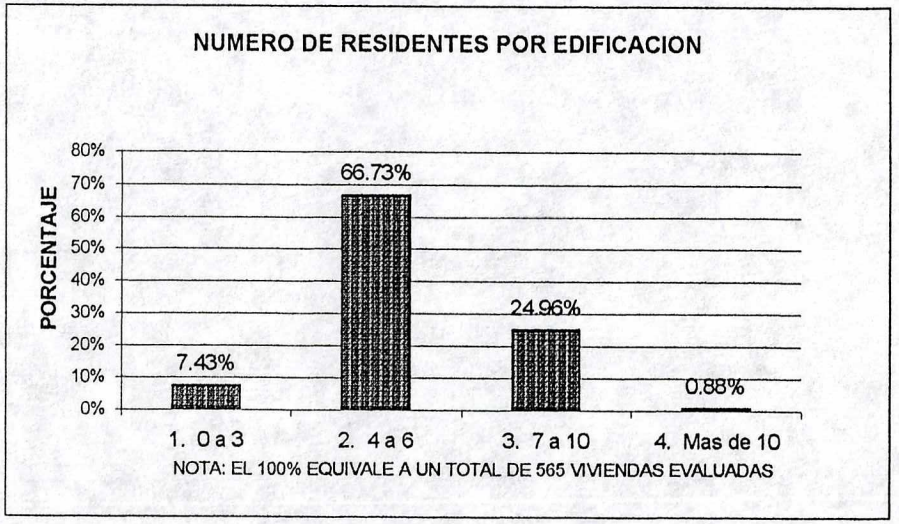
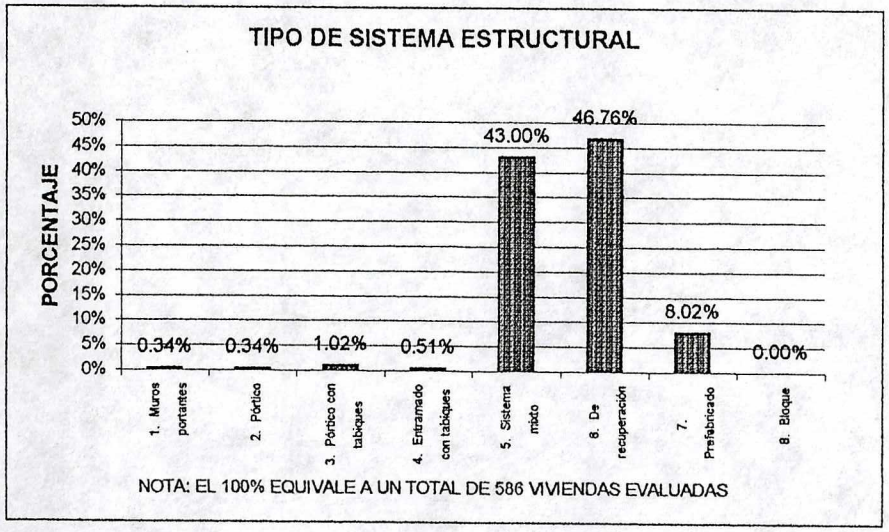
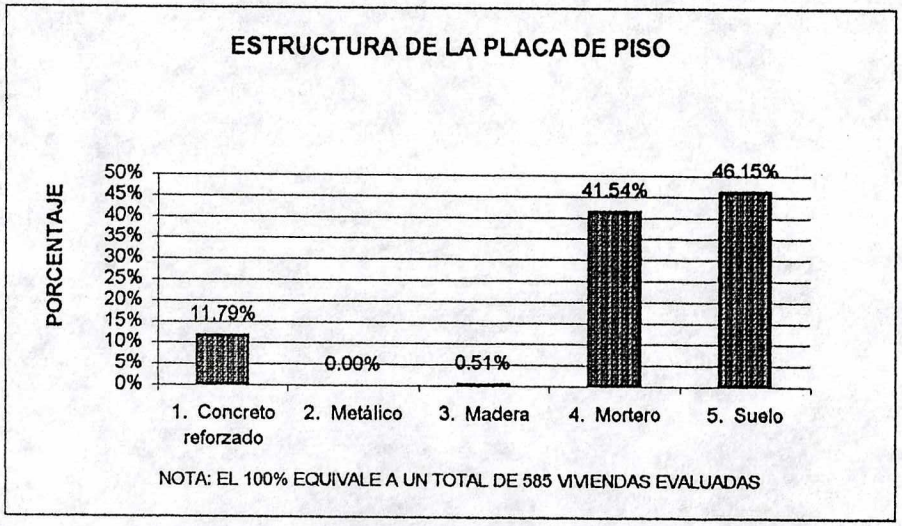
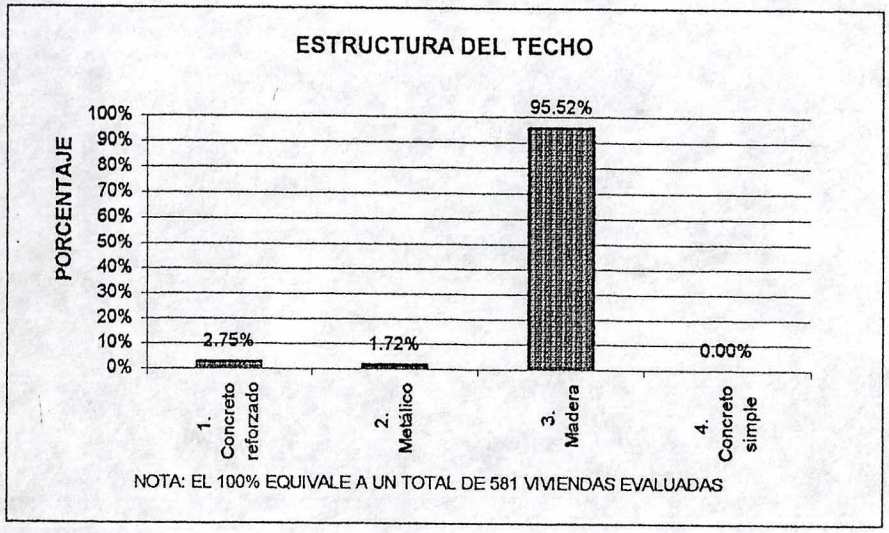

NUMERO DE RESIDENTES POR EDIFICACION
PORCENTAJE
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
7.43%
66.73%
24.96%
0.88%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 565 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-20


TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL
PORCENTAJE
50%
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
0.34%
0.34%
1.02%
0.51%
43.00%
46.76%
8.02%
0.00%
1. Muros portantes
2. Pórtico
3. Pórtico con tabiques
4. Entramado con tabiques
5. Sistema mixto
6. De recuperación
7. Prefabricado
8. Bloque
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 586 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DE LA PLACA DE PISO
PORCENTAJE
50%
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
11.79%
0.00%
0.51%
41.54%
46.15%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Mortero
5. Suelo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 585 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DEL TECHO
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
2.75%
1.72%
95.52%
0.00%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Concreto simple
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 581 VIVIENDAS EVALUADAS

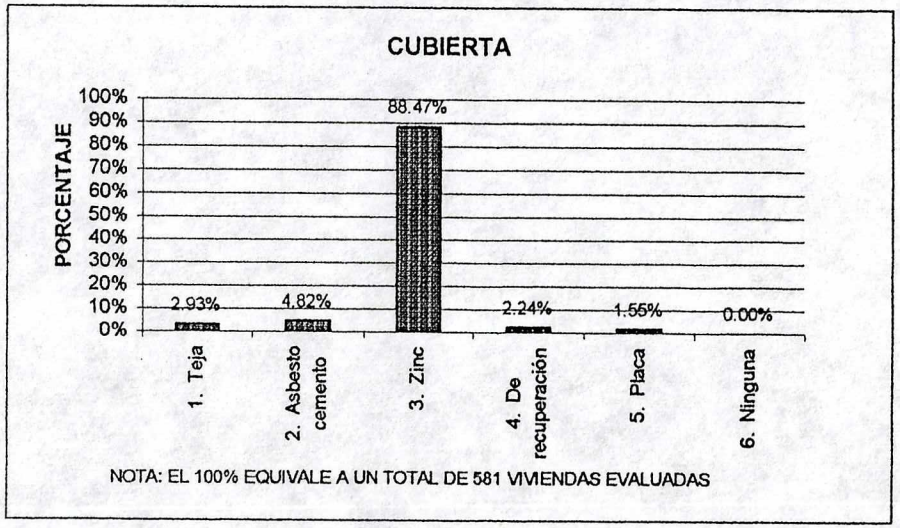
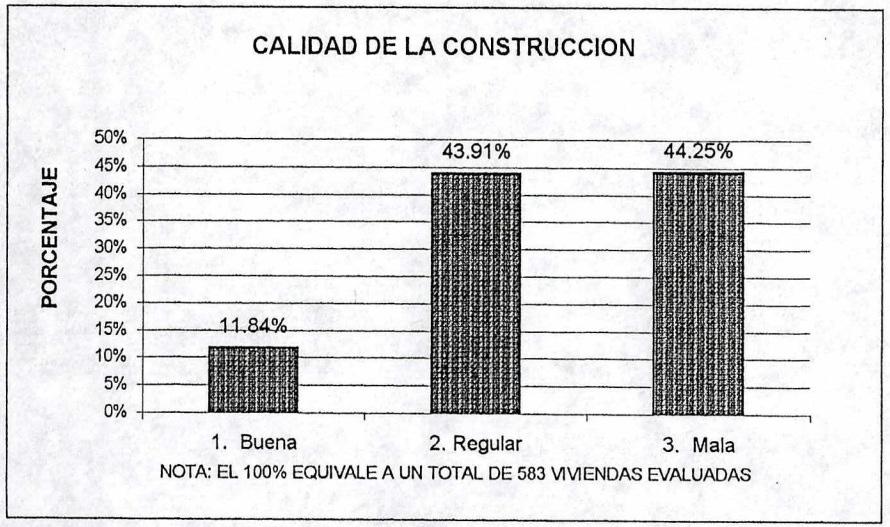
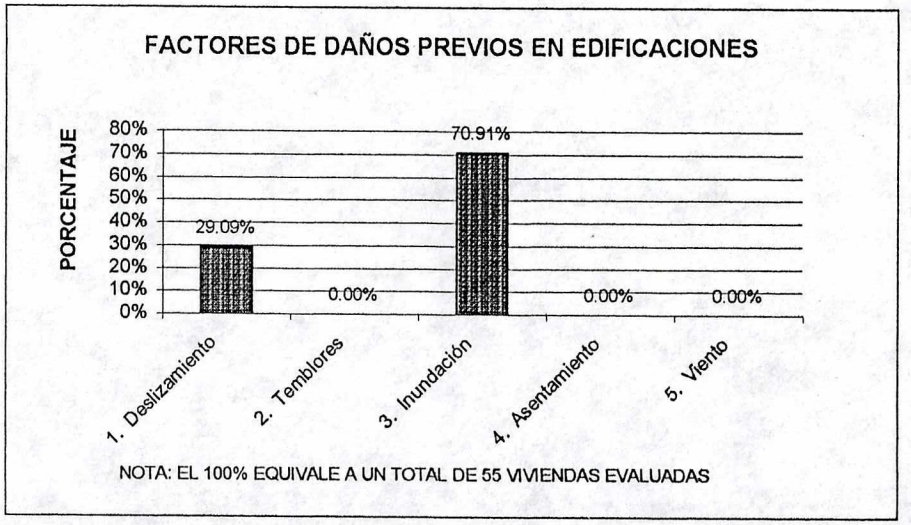
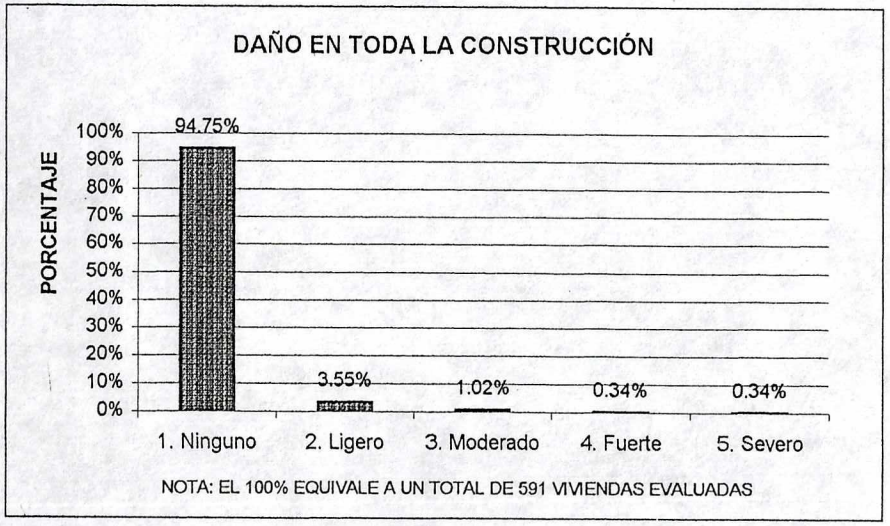

CUBIERTA
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
2.93%
4.82%
88.47%
2.24%
1.55%
0.00%
1. Teja
2. Asbesto cemento
3. Zinc
4. De recuperación
5. Placa
6. Ninguna
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 581 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-21


CALIDAD DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
50%
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
11.84%
43.91%
44.25%
1. Buena
2. Regular
3. Mala
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 583 VIVIENDAS EVALUADAS


FACTORES DE DAÑOS PREVIOS EN EDIFICACIONES
PORCENTAJE
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
29.09%
0.00%
70.91%
0.00%
0.00%
1. Desilizamiento
2. Temblores
3. Inundación
4. Asentamiento
5. Viento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 55 VIVIENDAS EVALUADAS


DAÑO EN TODA LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
94.75%
3.55%
1.02%
0.34%
0.34%
1. Ninguno
2. Ligero
3. Moderado
4. Fuerte
5. Severo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 591 VIVIENDAS EVALUADAS

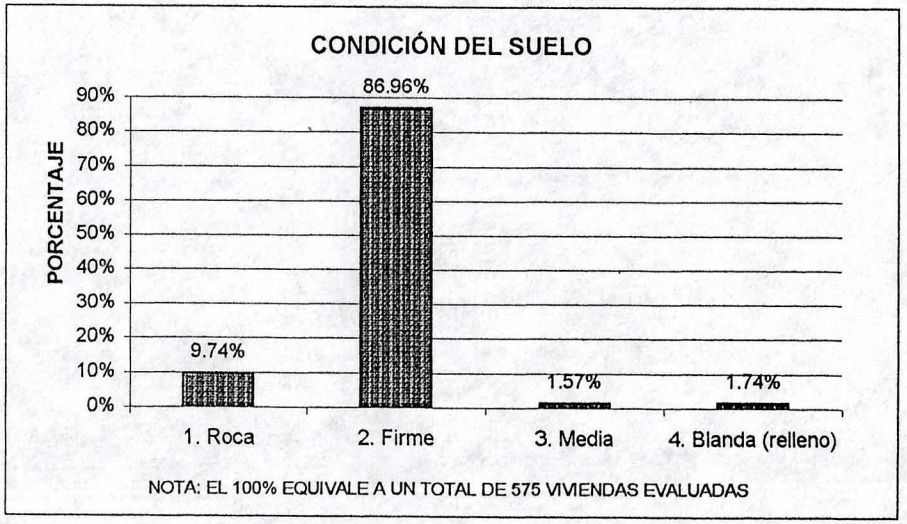
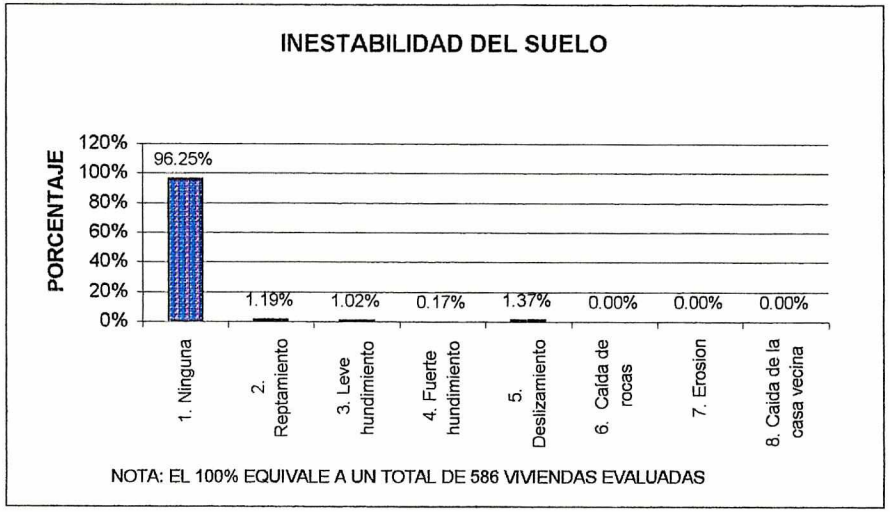
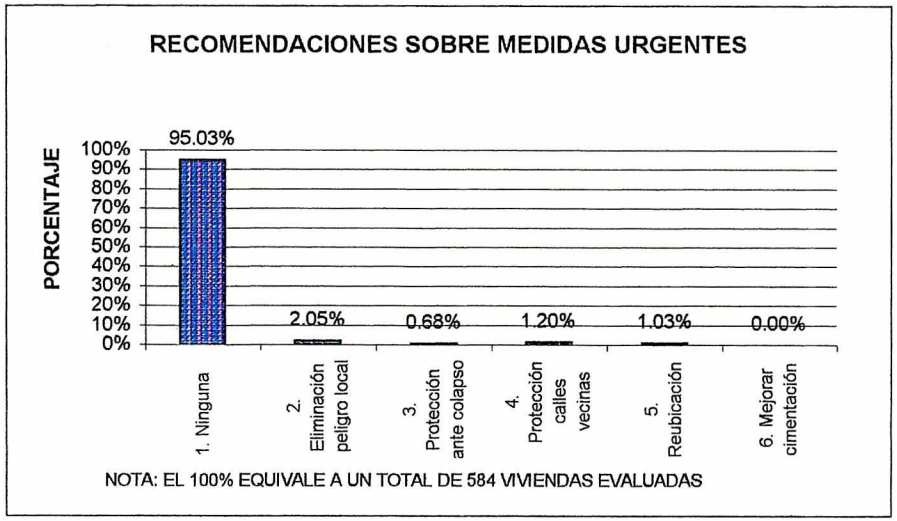
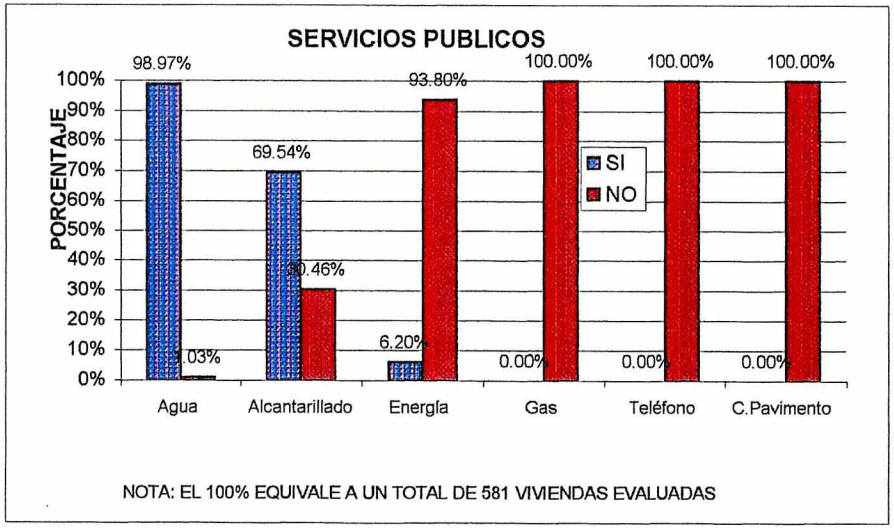

CONDICIÓN DEL SUELO
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
9.74%
86.96%
1.57%
1.74%
1. Roca
2. Firme
3. Media
4. Blanda (relleno)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 575 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-22


INESTABILIDAD DEL SUELO
PORCENTAJE
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
96.25%
1.19%
1.02%
0.17%
1.37%
0.00%
0.00%
0.00%
1. Ninguna
2. Reptamiento
3. Leve hundimiento
4. Fuerte hundimiento
5. Deslizamiento
6. Caida de rocas
7. Erosion
8. Caida de la casa vecina
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 586 VIVIENDAS EVALUADAS


RECOMENDACIONES SOBRE MEDIDAS URGENTES
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
95.03%
2.05%
0.68%
1.20%
1.03%
0.00%
1. Ninguna
2. Eliminación peligro local
3. Protección ante colapso
4. Protección calles vecinas
5. Reubicación
6. Mejorar cimentación
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 584 VIVIENDAS EVALUADAS


SERVICIOS PUBLICOS
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
98.97%
1.03%
69.54%
30.46%
6.20%
93.80%
0.00%
100.00%
0.00%
100.00%
0.00%
100.00%
SI
NO
Agua
Alcantarillado
Energía
Gas
Teléfono
C.Pavimento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 581 VIVIENDAS EVALUADAS

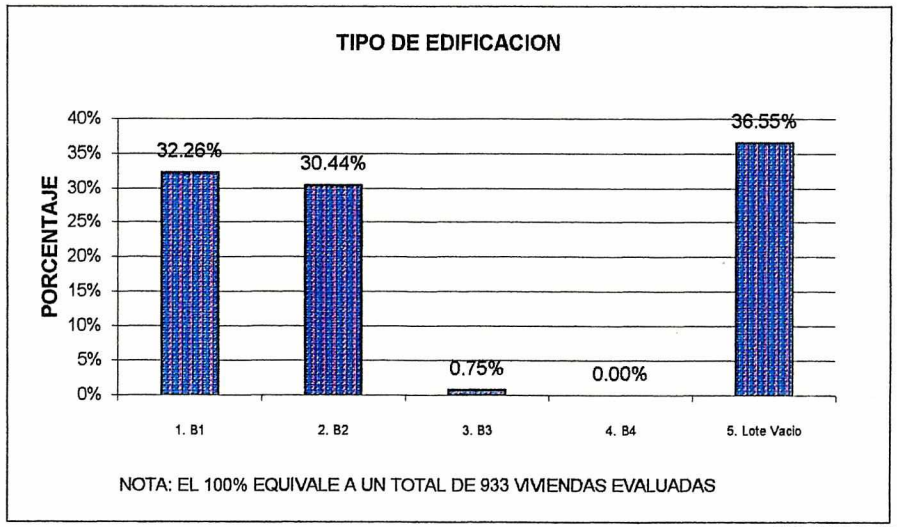
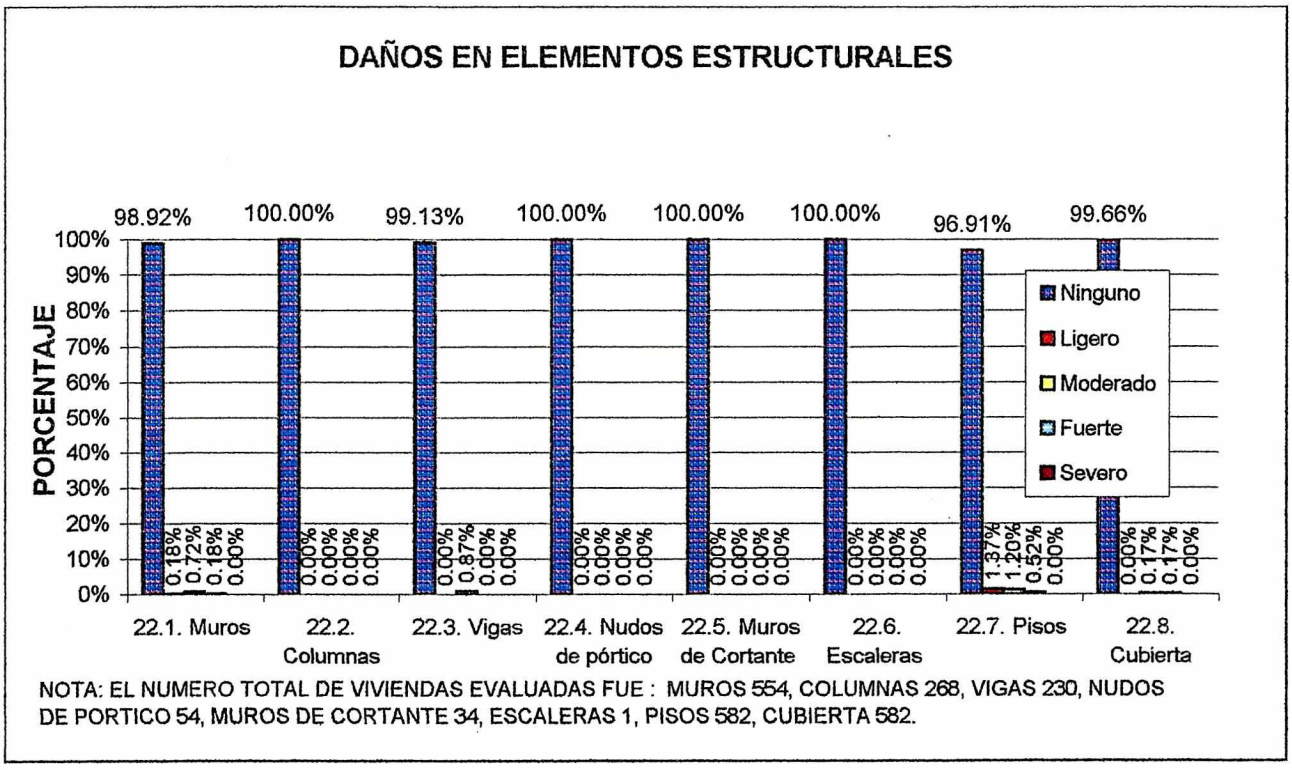
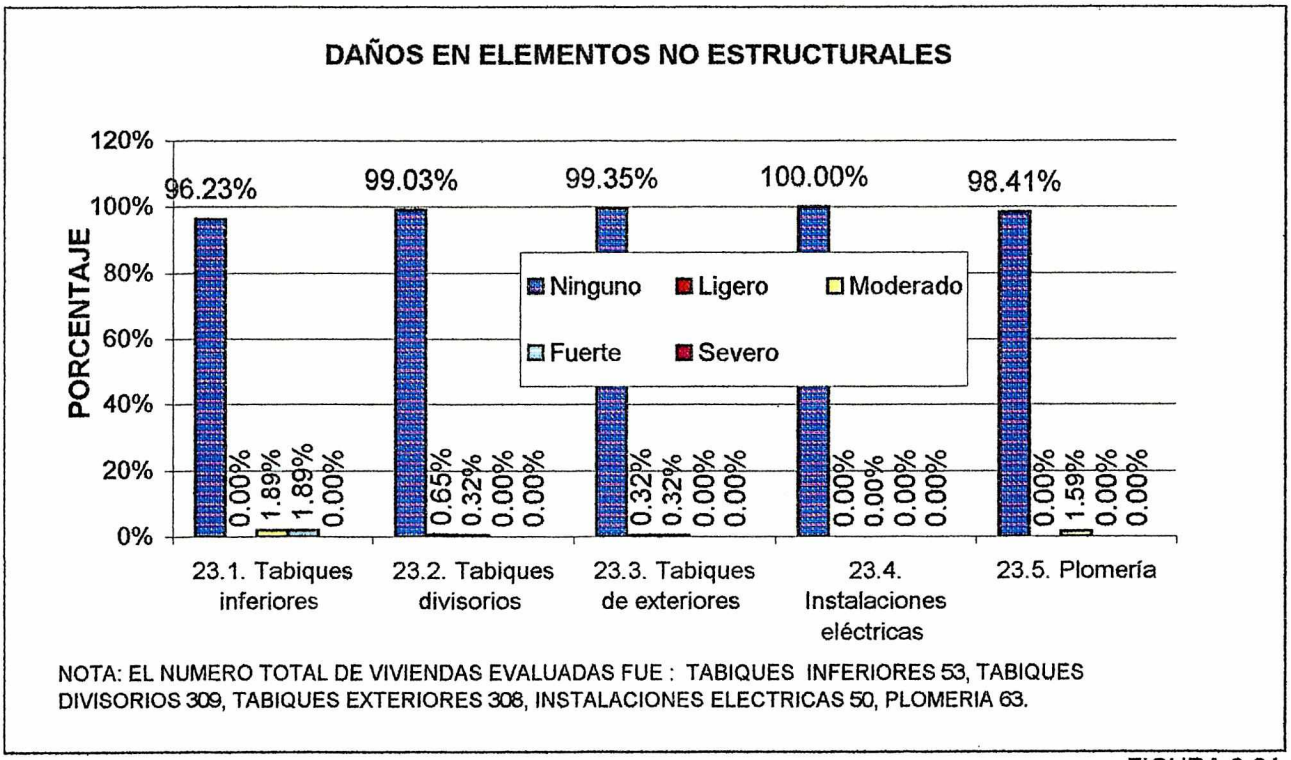

TIPO DE EDIFICACION
PORCENTAJE
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
32.26%
30.44%
0.75%
0.00%
36.55%
1. B1
2. B2
3. B3
4. B4
5. Lote Vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 933 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-23

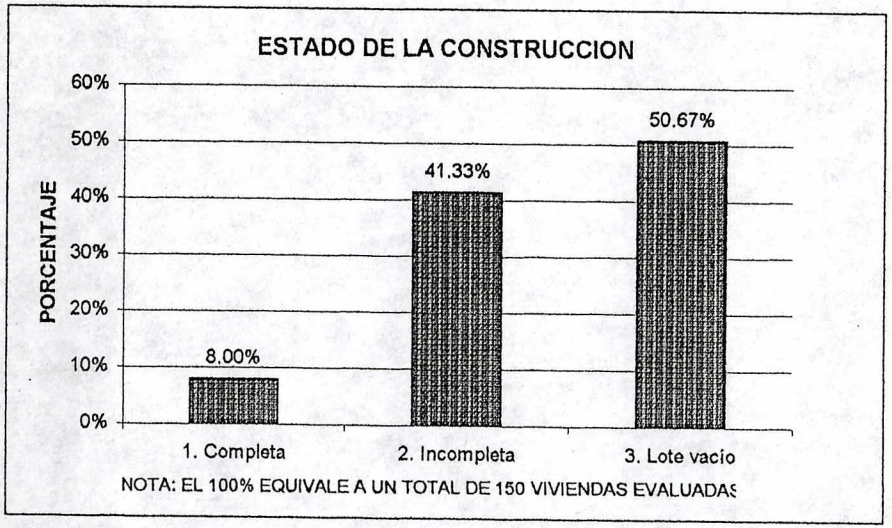


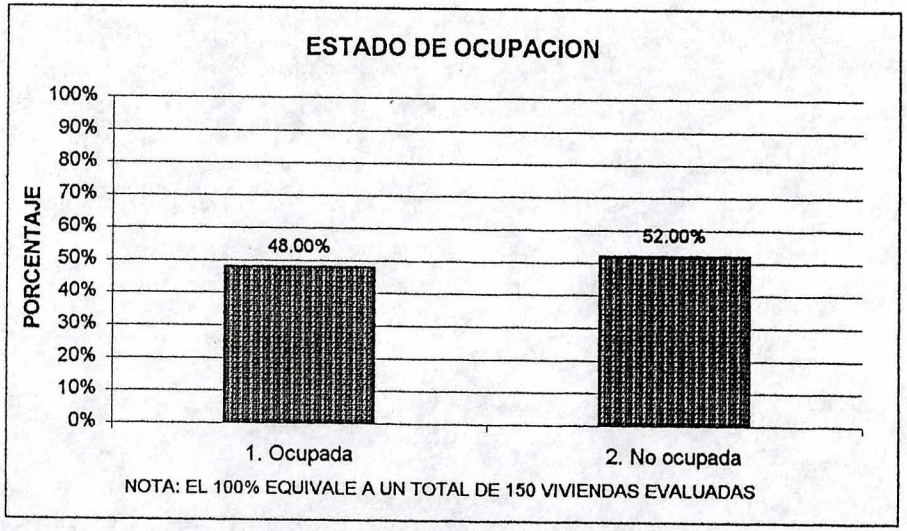
NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : MUROS 554, COLUMNAS 268, VIGAS 230, NUDOS DE PORTICO 54, MUROS DE CORTANTE 34, ESCALERAS 1, PISOS 582, CUBIERTA 582.

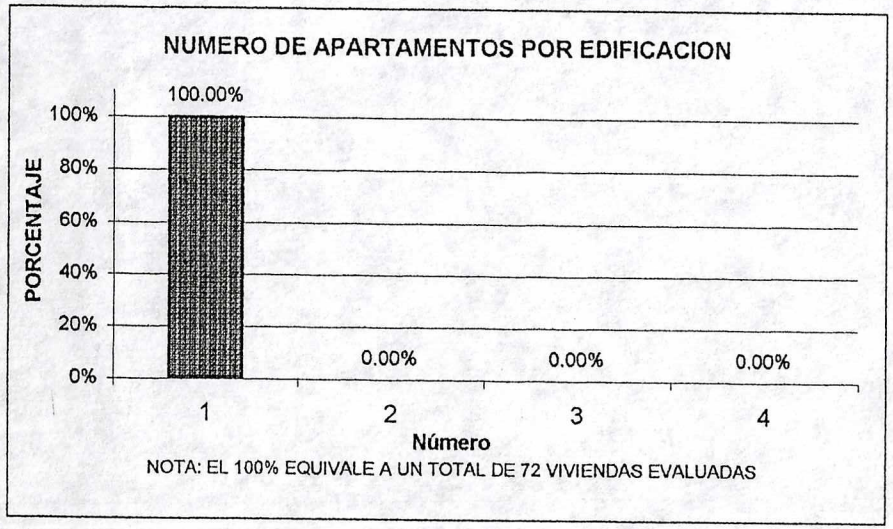


NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : TABIQUES INFERIORES 53, TABIQUES DIVISORIOS 309, TABIQUES EXTERIORES 308, INSTALACIONES ELECTRICAS 50, PLOMERIA 63.

FIGURA 8-24


ESTADO DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
8.00%
41.33%
50.67%
1. Completa
2. Incompleta
3. Lote vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 150 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTADO DE OCUPACION
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
48.00%
52.00%
1. Ocupada
2. No ocupada
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 150 VIVIENDAS EVALUADAS


NUMERO DE APARTAMENTOS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
100.00%
0.00%
0.00%
0.00%
1
2
3
4
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 72 VIVIENDAS EVALUADAS

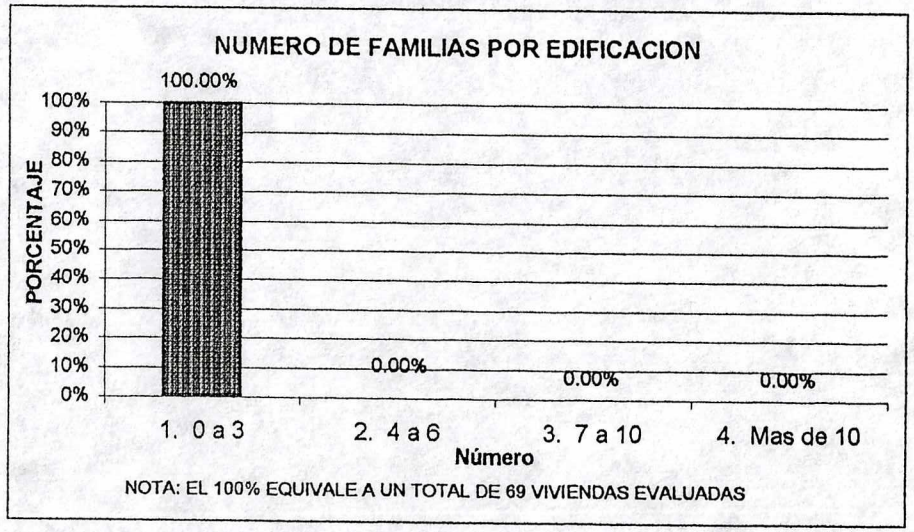
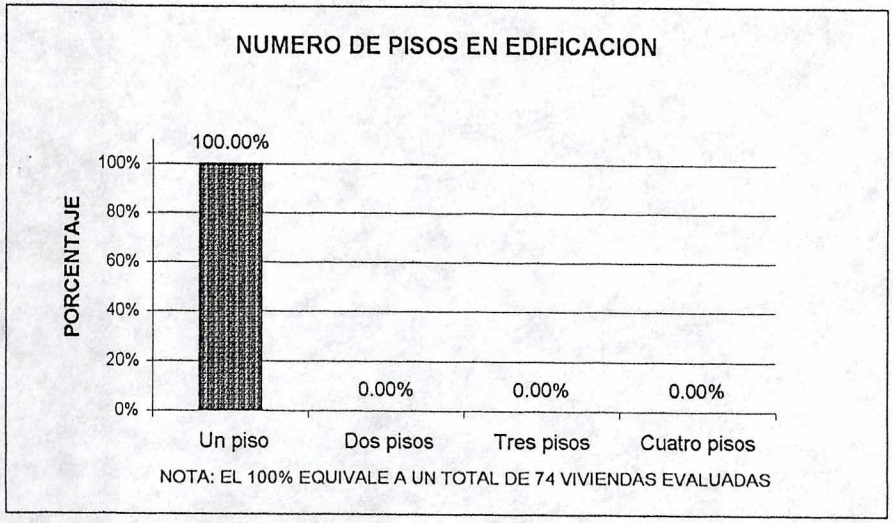
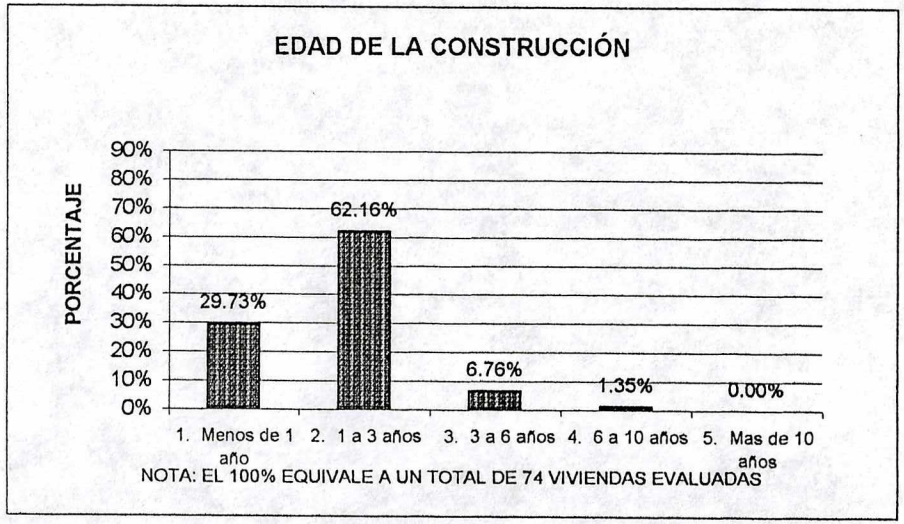
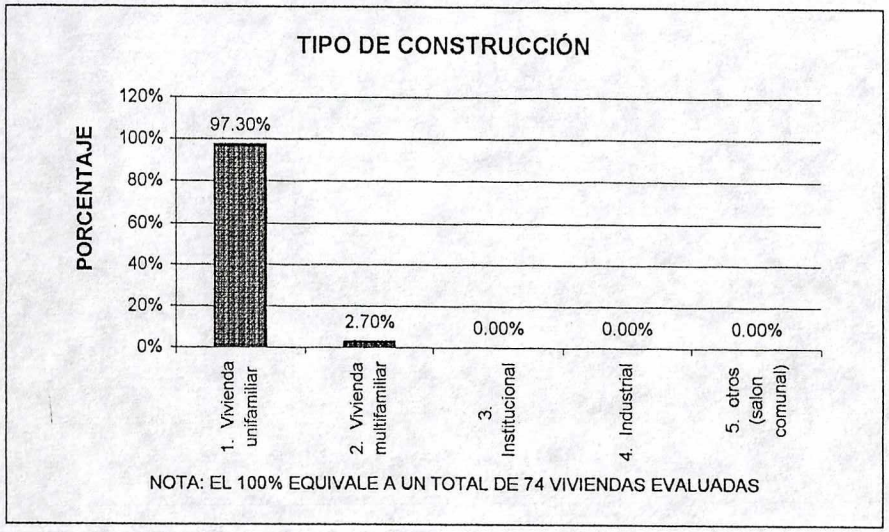

NUMERO DE FAMILIAS POR EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
100.00%
0.00%
0.00%
0.00%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
Número
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 69 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-25


NUMERO DE PISOS EN EDIFICACION
PORCENTAJE
100%
80%
60%
40%
20%
0%
100.00%
0.00%
0.00%
0.00%
Un piso
Dos pisos
Tres pisos
Cuatro pisos
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS


EDAD DE LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
29.73%
62.16%
6.76%
1.35%
0.00%
1. Menos de 1 año
2. 1 a 3 años
3. 3 a 6 años
4. 6 a 10 años
5. Mas de 10 años
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS


TIPO DE CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
97.30%
2.70%
0.00%
0.00%
0.00%
1. Vivienda unifamiliar
2. Vivienda multifamiliar
3. Institucional
4. Industrial
5. otros (salon comunal)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS

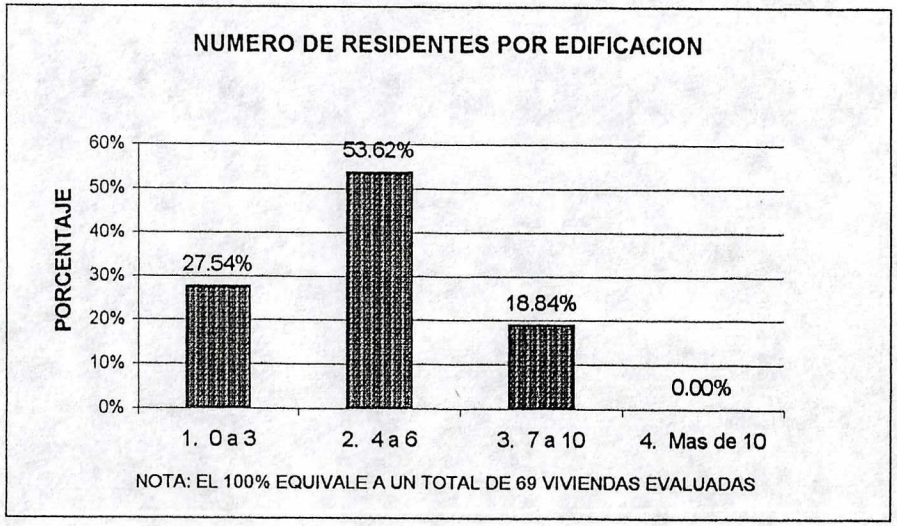
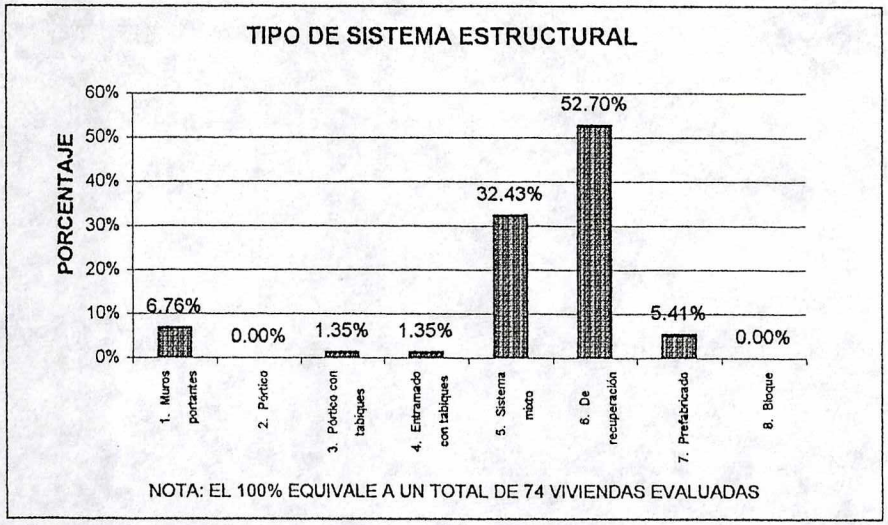
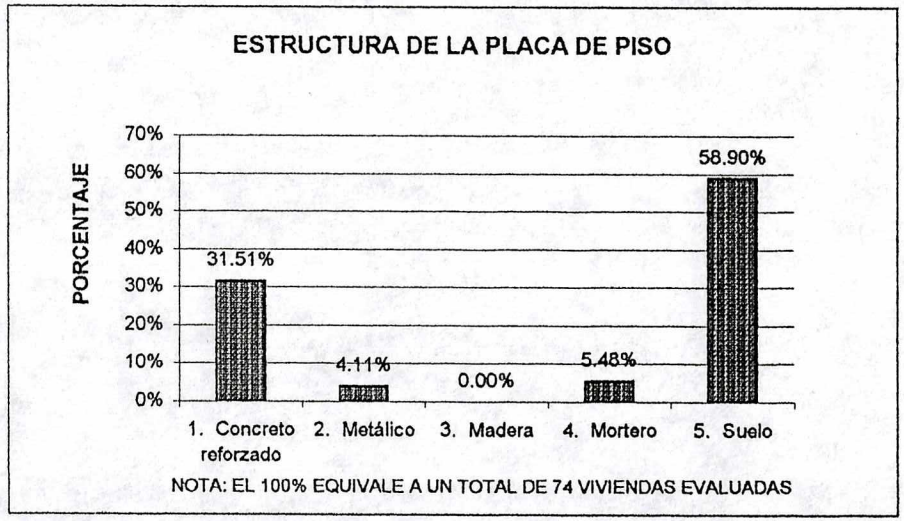
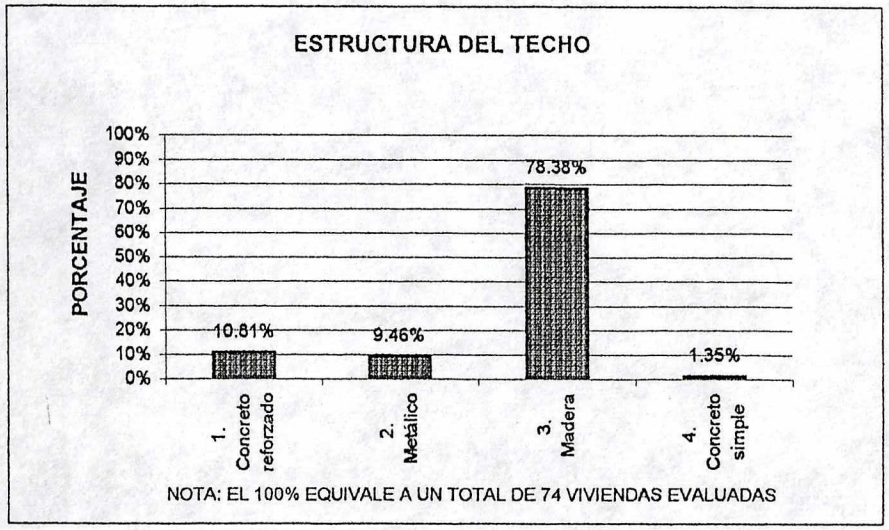

NUMERO DE RESIDENTES POR EDIFICACION
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
27.54%
53.62%
18.84%
0.00%
1. 0 a 3
2. 4 a 6
3. 7 a 10
4. Mas de 10
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 69 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-26


TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
6.76%
0.00%
1.35%
1.35%
32.43%
52.70%
5.41%
0.00%
1. Muros portantes
2. Pórtico
3. Pórtico con tabiques
4. Entramado con tabiques
5. Sistema mixto
6. De recuperación
7. Prefabricado
8. Bloque
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DE LA PLACA DE PISO
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
31.51%
4.11%
0.00%
5.48%
58.90%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Mortero
5. Suelo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS


ESTRUCTURA DEL TECHO
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
10.81%
9.46%
78.38%
1.35%
1. Concreto reforzado
2. Metálico
3. Madera
4. Concreto simple
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS

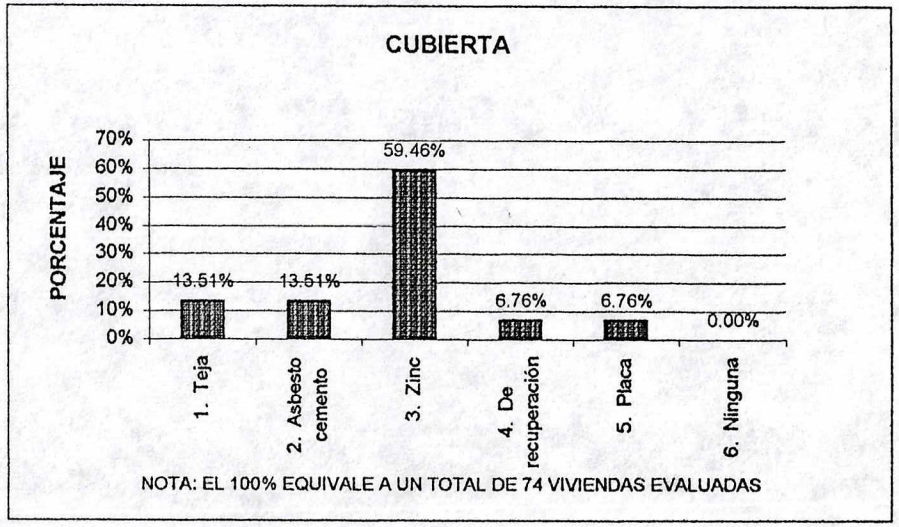
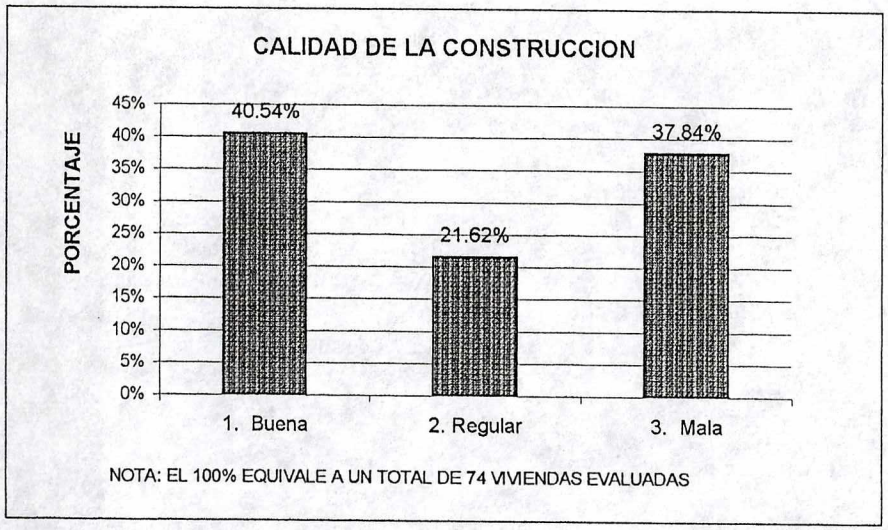
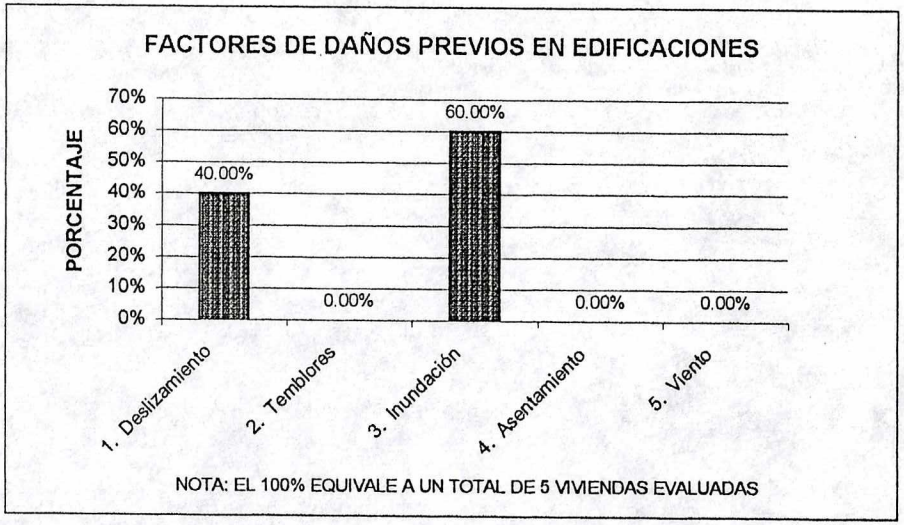
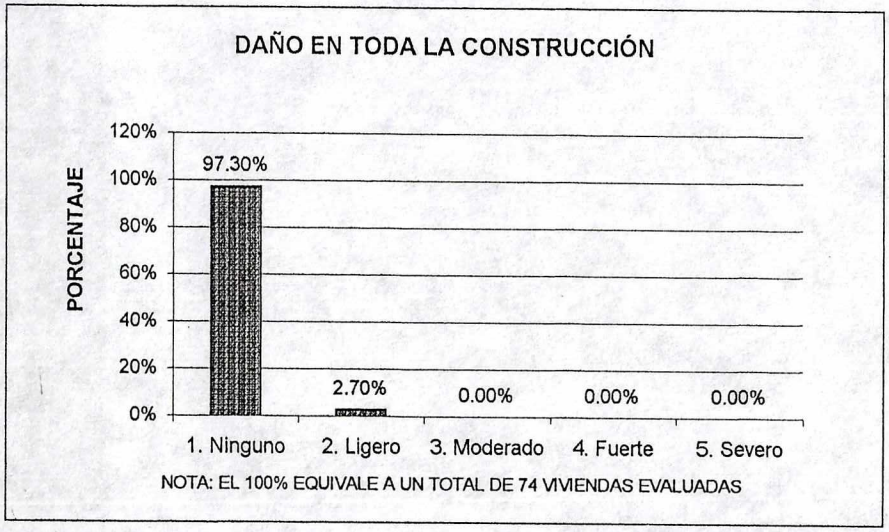

CUBIERTA
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
13.51%
13.51%
59.46%
6.76%
6.76%
0.00%
1. Teja
2. Asbesto cemento
3. Zinc
4. De recuperación
5. Placa
6. Ninguna
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-27


CALIDAD DE LA CONSTRUCCION
PORCENTAJE
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
40.54%
21.62%
37.84%
1. Buena
2. Regular
3. Mala
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS


FACTORES DE DAÑOS PREVIOS EN EDIFICACIONES
PORCENTAJE
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
40.00%
0.00%
60.00%
0.00%
0.00%
1. Deslizamiento
2. Temblores
3. Inundación
4. Asentamiento
5. Viento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 5 VIVIENDAS EVALUADAS


DAÑO EN TODA LA CONSTRUCCIÓN
PORCENTAJE
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
97.30%
2.70%
0.00%
0.00%
0.00%
1. Ninguno
2. Ligero
3. Moderado
4. Fuerte
5. Severo
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS

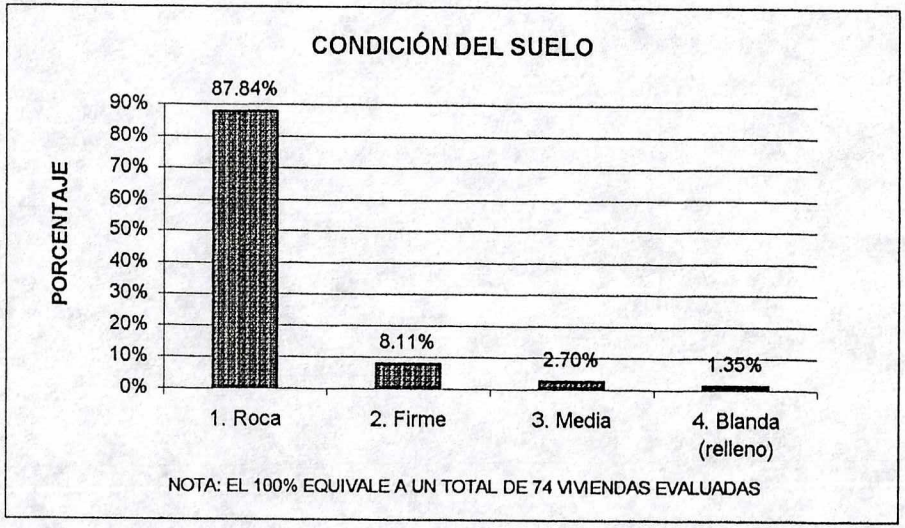
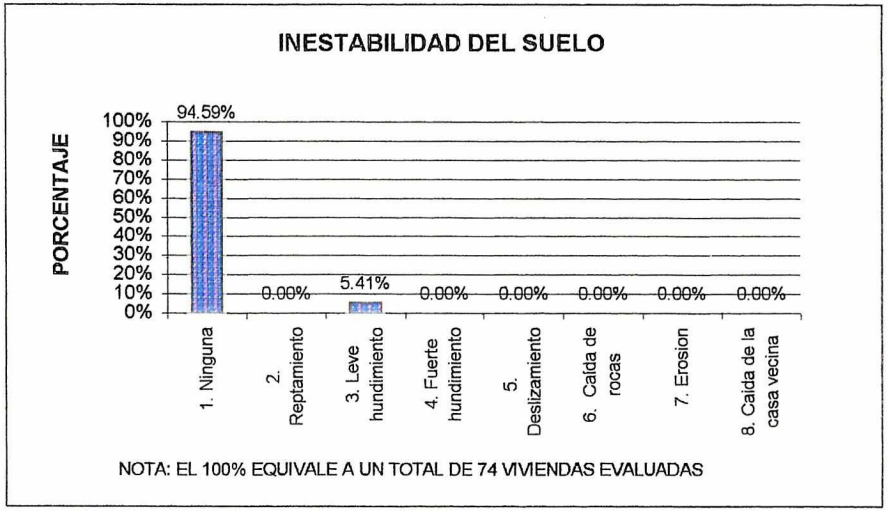
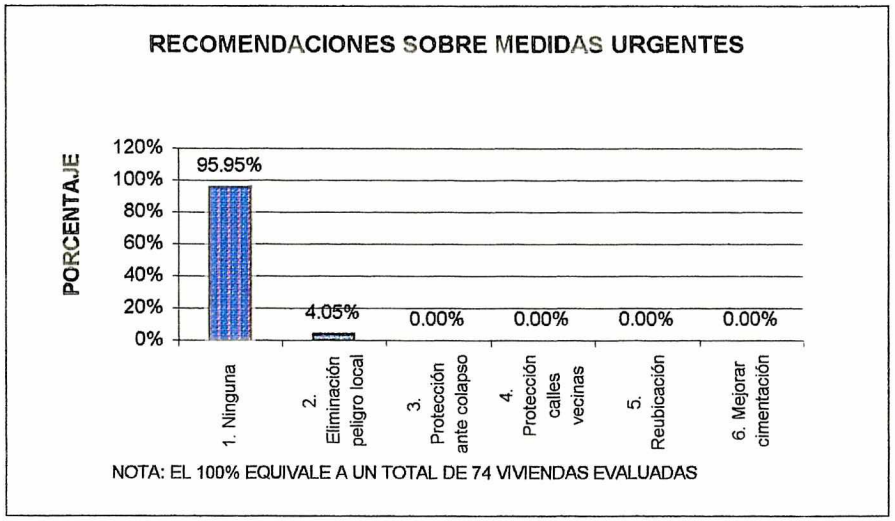
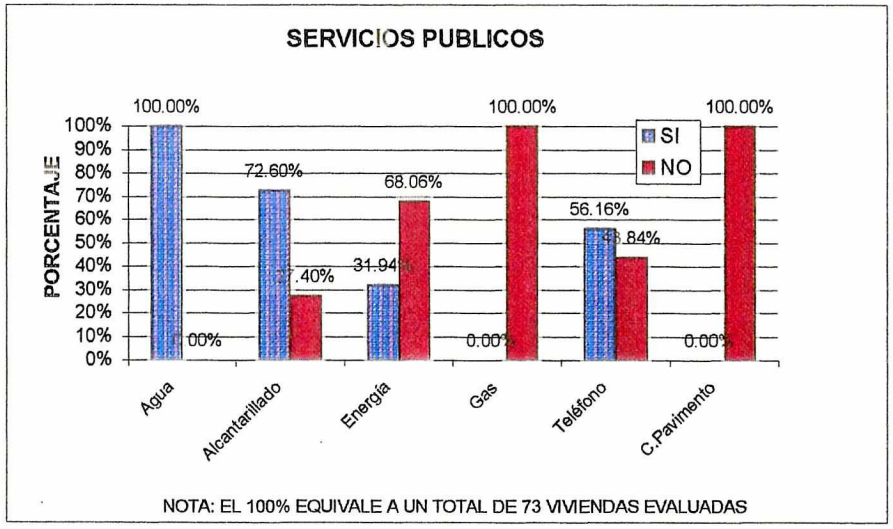

CONDICIÓN DEL SUELO
PORCENTAJE
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
87.84%
8.11%
2.70%
1.35%
1. Roca
2. Firme
3. Media
4. Blanda (relleno)
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-28


INESTABILIDAD DEL SUELO
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
94.59%
0.00%
5.41%
0.00%
0.00%
0.00%
0.00%
0.00%
1. Ninguna
2. Reptamiento
3. Leve hundimiento
4. Fuerte hundimiento
5. Deslizamiento
6. Caida de rocas
7. Erosion
8. Caida de la casa vecina
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS


RECOMENDACIONES SOBRE MEDIDAS URGENTES
PORCENTAJE
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
95.95%
4.05%
0.00%
0.00%
0.00%
0.00%
1. Ninguna
2. Eliminación peligro local
3. Protección ante colapso
4. Protección calles vecinas
5. Reubicación
6. Mejorar cimentación
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 74 VIVIENDAS EVALUADAS


SERVICIOS PUBLICOS
PORCENTAJE
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
SI
NO
100.00%
0.00%
72.60%
27.40%
31.94%
68.06%
100.00%
0.00%
56.16%
43.84%
100.00%
0.00%
Agua
Alcantarillado
Energía
Gas
Teléfono
C.Pavimento
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 73 VIVIENDAS EVALUADAS

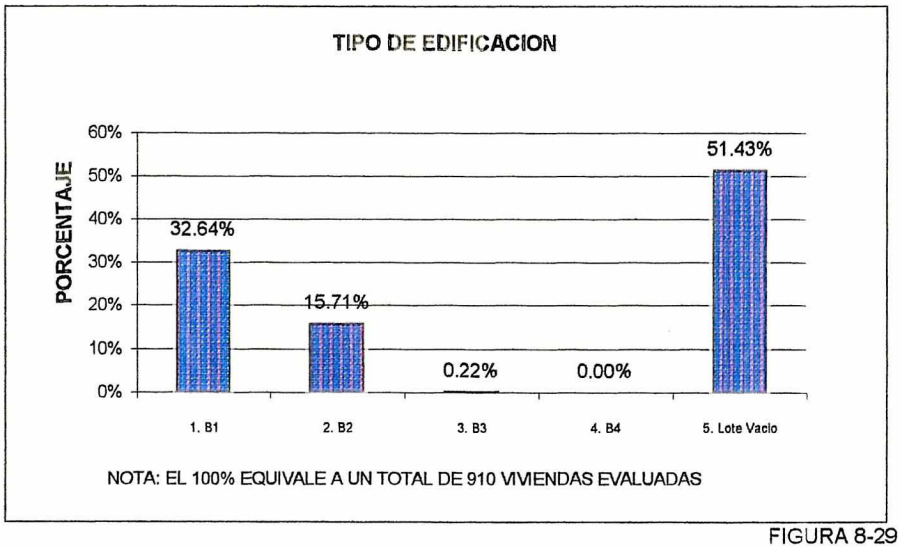
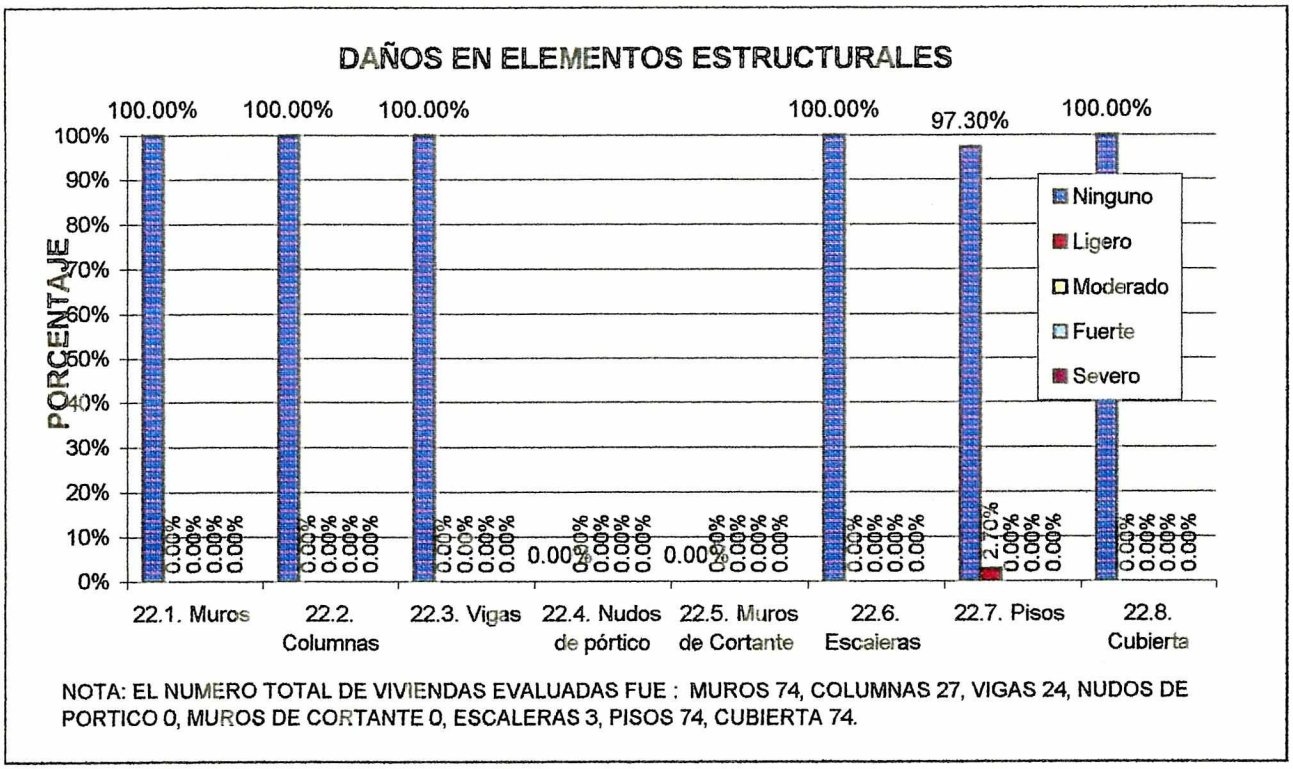
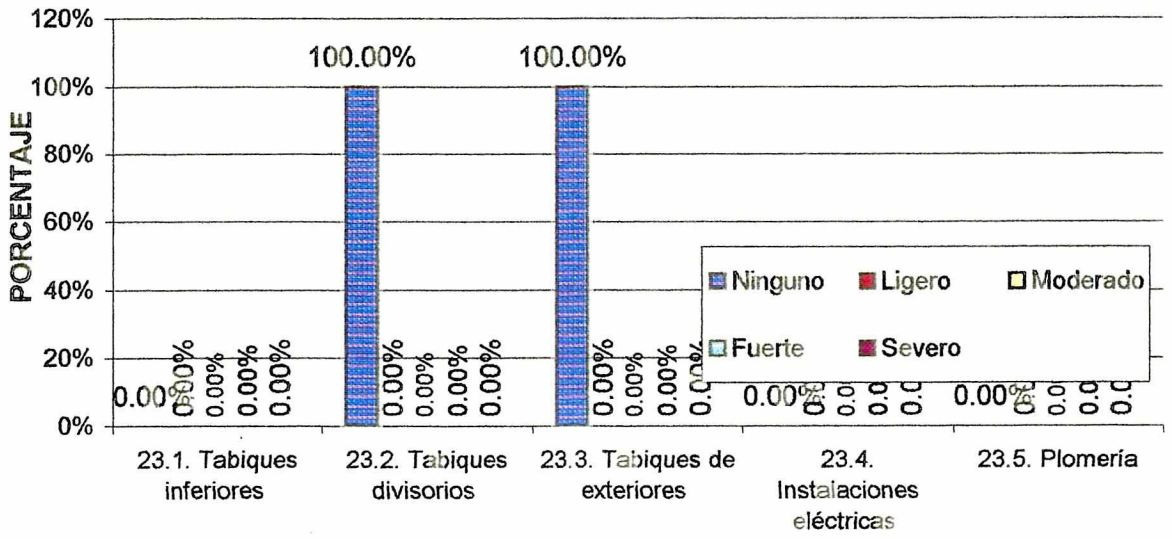

TIPO DE EDIFICACION
PORCENTAJE
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
32.64%
15.71%
0.22%
0.00%
51.43%
1. B1
2. B2
3. B3
4. B4
5. Lote Vacio
NOTA: EL 100% EQUIVALE A UN TOTAL DE 910 VIVIENDAS EVALUADAS

FIGURA 8-29

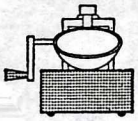


NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : MUROS 74, COLUMNAS 27, VIGAS 24, NUDOS DE PORTICO 0, MUROS DE CORTANTE 0, ESCALERAS 3, PISOS 74, CUBIERTA 74.



NOTA: EL NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS EVALUADAS FUE : TABIQUES INFERIORES 0, TABIQUES DIVISORIOS 60, TABIQUES EXTERIORES 60, INSTALACIONES ELECTRICAS 0, PLOMERIA 0.

FIGURA 8-30



IX – EVALUACIÓN DEL RIESGO

1. METODOLOGÍA GENERAL

Para la evaluación del riesgo se tomaron como base los mapas de amenaza y vulnerabilidad (planos 12 y 16). Dichos mapas se multiplicaron con la herramienta SIG SPANS, definiendo la siguiente matriz para el riesgo:

VULNERABILIDAD	AMENAZA		
	Alta	**Media**	**Baja**
Alta	Alto	Alto	Medio
Media	Alto	Medio	Medio
Baja	Medio	Medio	Bajo

La evaluación de riesgo se efectuó tanto en forma matricial (con la tabla anterior) como estableciendo tres categorías en cada uno de los mapas fuente, haciendo una ponderación y mirando la curva de distribución de los resultados finales para hacer la agrupación final. En el plano No. 17 se presenta el mapa de riesgo resultante.

2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO

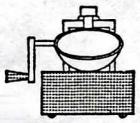
Se han definido tres niveles de riesgo para la zona de La Carbonera:

- **Zona de Riesgo Alto**: Incluye en términos prácticos toda el área de estudio ocupada por construcciones. Es un resultado muy crítico pero que recoge todas las observaciones sobre la gravedad del problema dada en todos los capítulos anteriores. Es una zona que se levantó sobre múltiples procesos de inestabilidad y que por diversos factores se encuentra en una condición de estabilidad marginal, lo cual merece la mayor atención por parte de las autoridades distritales.

  En el Cuadro 11-1 del Capítulo 11 se presenta la relación de los predios que tienen mayor prioridad en el proceso de reubicación de familias.

- **Zona de Riesgo Medio**: Abarca las zonas de vías, laderas donde no ha ocurrido intervención humana y las manzanas con menor densidad de ocupación como las de la parte baja del área de estudio.

- **Zona de Riesgo Bajo**: Corresponde a toda la franja exterior que fue contemplada en la restitución y que en realidad no se encuentra dentro del alcance del estudio, una pequeña zona cerca de la escuela de Santo Domingo y una zona sobre la margen izquierda de la quebrada La Carbonera, unos 200 m antes de su confluencia con la quebrada Rosales.



X – PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

1. CONSIDERACIONES GENERALES

En las condiciones de inestabilidad en que se halla el área de la Carbonera y con alta densidad de vivienda construida sobre terreno inestable, es imposible garantizar la estabilización total y definitiva del área estudiada. Lo presentado en este capítulo pretende únicamente proporcionar un cierto grado de mitigación de riesgos por fenómenos de remoción en masa de común ocurrencia, pero no reduce los riesgos por eventos sísmicos.

Se ha llegado a una serie de medidas correctivas (Cuadro 10-1) estudiando minuciosamente las características de las zonas inestables definidas en el estudio, con el criterio de construir lo estrictamente necesario y que ofrezca buenas probabilidades de éxito en lograr estabilización aceptable. En esta forma se ha procurado plantear un programa económico dentro de las alternativas técnicas disponibles. Por este motivo se ha acudido a medidas que incluyan un porcentaje apreciable de mano de obra no calificada o que no requieran equipos sofisticados (que por otra parte encontrarían serias dificultades de acceso), o se han ampliado criterios técnicos de separación de elementos (por ejemplo los pilotes); no se han incluido anclajes, pantallas ancladas u otras obras que pueden resultar demasiado costosas.

Resulta claro que es más grave la inestabilidad común y frecuente debida a la acción del agua, por lo cual las medidas propuestas se centran en remediar en el mayor grado posible este aspecto. Sin embargo, la corrección de deslizamientos o la prevención por medio de obras como las propuestas en el cuadro 10-1, introduce un mejoramiento de la respuesta a sismo, siempre y cuando haya énfasis en elementos que además de dar oportunidad y facilidad de drenaje, ofrezcan algo de incremento de la resistencia al deslizamiento. Con base en esto se dió gran atención y preferencia a las trincheras drenantes. Los filtros también sirven en el sentido anterior aunque restringidos por su profundidad.

El planteamiento general descrito antes tiene un carácter correctivo y preventivo; este ultimo al buscar que los movimientos lentos no se aceleren ni pasen a deslizamiento definitivo, o al evitar que algunos procesos se extiendan a otros sectores.

2. DEFINICION DEL TRATAMIENTO DE ZONAS INESTABLES ACTIVAS Y POTENCIALES

En el cuadro 10-1 se presenta una lista de las obras correctivas que se consideran aplicables en cada zona del área estudiada, para mitigar la amenaza por fenómenos de remoción en masa, principalmente los inducidos por lluvias y acción antrópica. Esta parte del estudio se enfocó bajo dos perspectivas:

1- Estabilizar hasta donde sea posible los fenómenos existentes hoy en día, de acuerdo con su gravedad y con el grado de cobertura por vivienda en cada zona.

2- Incluir medidas preventivas que tiendan a evitar que los fenómenos del pasado (que hemos denominado "amenaza subyacente") puedan reactivarse, repetirse o

intensificarse, en especial los deslizamientos traslacionales de estratos rocosos denominados *Dr* en el estudio de 1988. (Ver el Plano No. 4).

En cuanto a los problemas de remoción en masa que puedan ser inducidos por sismos el grado de mitigación alcanzable puede ser menor pero de todas maneras algo se logra. Se estima que los sismos pueden causar: deslizamientos traslacionales como los de reactivación del movimiento de losas de la zona J (Plano No. 5), sector geomorfológico Dr (Plano No. 4), la intensificación o activación de zonas de suelos predominantemente granulares, la caída de rocas o bloques de suelo de escarpes y la eventual licuación de antiguos depósitos de origen glacial y desechos de la explotación de canteras.

En literatura reciente se reporta que durante el sismo de Kobe en el Japón sufrió licuación un relleno compactado formado por bloques y cantos de roca meteorizada (granito) embebidos en un limo arenoso o una arena limo arcillosa que formaba capa delgada entre bloques; ésta capa se licuó y dio lugar a que todo el terreno fluyera. Al pensar en coluviones o en rellenos de desechos de canteras, como los presentes en el área de La Carbonera se concluye que el fenómeno de licuación también podría disparar fenomenos de remoción en masa generalizados.

El riesgo sísmico por efecto directo de las ondas sísmicas con las amplificaciones que se originen en las irregularidades topográficas o al paso de un medio rígido (los estratos rocosos) a un depósito blando o suelto, persistirá con ligeras modificaciones.

A continuación se describen las obras de mitigación propuestas según el orden en que aparecen en el Cuadro 10-1.

2.1 Evacuación y prohibición de la reutilización del terreno: Aplicable a la Zona L o deslizamiento de Santa Viviana II. Lo pertinente a esta zona se detalla en la sección 3 del presente capítulo.

2.2 Sellado de grietas y rebanado de escarpes: Son medidas de uso corriente que pueden llevarse a cabo con mano de obra local no calificada y utilizando para relleno de las grietas los materiales comunes del área. Para el sellado de grietas se deberá utilizar el procedimiento descrito en la Figura 10-1, que consiste en echar en lo profundo de la grieta una mezcla suelo-cal hidratada en proporción 5 partes de suelo a una de cal (estas "partes" consistirán en garlanchadas o carretilladas para no complicar el trabajo de campo), apisonando con listón de madera. Luego se hará una caja en los 0.20 m superiores de la grieta, de 0.20 m de ancho, en la cual se colocará dicha mezcla compactándola en dos capas de 0.10 m.

En los escarpes se pretende eliminar los verticales o negativos "peinándolos" o rebajándolos hasta una pendiente promedio 1.0H:1.5V, según se muestra en la Figura 10-2. Para escarpes de altura superior a 1.00 m se hará el peinado en el metro superior y en el resto de la superficie del escarpe se definirá la colocación de algun tipo de revestimiento que puede ser o una empradización común y corriente en suelo, con talud peinado 1:1, o la empradización fijada con tela de fique y estacas (o con un geotextil y estacas) en roca parcialmente meteorizada (talud peinado 1H:2V), o malla metálica y mortero en escarpes rocosos. En escarpes de varios metros de altura y con viviendas construidas tanto en la base (sobre la

cabeza de deslizamiento) como en la crestas del mismo será necesario retirar o demoler viviendas que se encuentren dentro de una faja de ancho igual a 1.5 veces la altura del talud. Los materiales resultantes de esta operación pueden servir para el sellado de grietas.

2.3 Reconformación: Se refiere al proceso de movimiento de tierras con el fin de dar una pendiente regular y continua, o escalonada, al terreno afectado por flujos de tierra activos o por deslizamientos. La reconformación debe hacerse con retroexcavadora o buldócer, de arriba hacia abajo del talud, y permite eliminar grietas, escarpes y prominencias o turupes, rellenar depresiones y grietas, y en cierto grado descargar la parte alta de taludes inestables y sobrecargar la parte baja, aunque este efecto no es muy eficiente en el caso presente por tratarse de movimientos esencialmente traslacionales. La reconformación así entendida solo será posible donde haya sectores sin construcciones (ver la Figura 10-3). Puede llevarse a cabo en sitios locales a mano.

2.4 Terraceo: Puede ser parte de la reconformación si así se dispone, y tiene por objeto descargar zonas y a la vez facilitar el drenaje superficial por medio de cunetas y zanjas, disminuir erosión al acortar longitud de taludes y proporcionar sitios de trabajo para la perforación de drenes o la instalación de anclajes. En la Figura 10-3 se indican los detalles del terraceo que se ha contemplado para el área de La Carbonera, con "pasos" que tengan pendiente suave, entre 2H:1V y 3H:1V, y contrapasos cuya pendiente puede ser 1:1 en suelos firmes o roca parcialmente meteorizada, o 1.5H:1V en suelos blando y húmedos. El ancho mínimo de los pasos se fija en 3.0 m, aunque puede aceptarse un ancho mínimo correpondiente al de la cuchilla del buldocer D-6, alrededor de 2.65 m.

Debe comentarse que por regla general en los terraceos se dispone que los pasos tengan inclinación a contrapendiente con el fin de drenarlos hacia el interior del talud, donde se acostumbra construir una zanja o cuneta para desague. En el caso presente se prefirió darles inlcinación en el mismo sentido de la pendiente topográfica, considerando que así se facilita y agiliza el terraceo y se desestimula un poco la reutilización del terreno para vivienda, pero al mismo tiempo tener una pendiente longitudinal a manera de rampas, para desaguar hacia la quebrada La Carbonera; en el deslizamietno de la zona L dicha pendiente longitudinal irá hacia el oriente y el noreste.

2.5 Empradización de taludes y áreas destapadas: Es otra medida corriente pero importante. Requiere el sembrado de especies nativas de buena cobertura y rápido desarrollo sobre los materiales que se encuentran en el área estudiada. En la sección 5 del Capítulo XI – Conclusiones y Recomendaciones, numeral 5.1 se consignan las especies recomendadas. En el cuadro 10-2 y la Figura 10-4 se detallan aspectos de la revegetalización para algunasn especies que han resultado adecuadas en el tratamiento de taludes en zonas de la Urbanización Zarazota y Soacha, es decir en condiciones climáticas y de suelos similares a las de La Carbonera. Además en las Figuras 10-4 y 10-5 se describen procedimientos prácticos para la revegetalización que pueden segurse o modificarse para el caso presente.

2.6 Pavimentación de calles: Se pretende con esta recomendación mejorar el drenaje superficial y disminuir las posibilidades de infiltración. Como la mayoría de las calles se encuentran sobre terrenos con inestabilidad activa o potencial, existe alta probabilidad de que se dañe el pavimento en corto a mediano plazo. Por este motivo se recomienda acudir a los tratamientos superficiales de uno y dos riegos y a los sellos de arena-asfalto. Auqnue sabemos que la UPES no adelanta por si misma labores de pavimentación, recomendamos que acuda ante el organismo correspondiente (IDU) y salvo que ese organismo tenga sus propias especificaciones de construcción se recomienda aplicar las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, 1998, Artículos 430-96, Tratamiento Superficial Simple, 431-96, Tratamiento Superficial Doble y 432-96, Sello de Arena-Asfalto, tomando esta última como sello de superficies recebadas o en afirmado granular que puede ser útil par el mejoramiento del drenaje de calles y el revestimiento de cunetas canales y zanjas de drenaje. En cuanto al uso de adoquines en calles, pisos, andenes o en zonas peatonales y recreacionales se recomienda adoptar la cartilla "Construcción de Pavimentos de Adoquines de Concreto" del Instituo Colombiano de Productores de Cemento ICPC, 1ª. Edición 1993, adquirible en oficinas de este Instituto. En algunos lugares públicos, patios y andenes podrá adoptarse también el adoquinado.

2.7 Cunetas y zanjas en tierra: Son obras prácticas, casi rutinarias que en el caso estudiado ayudarán a drenar calles y manzanas hacia las quebradas de ambos lados. Como en muchos tramos quedarán sobre terreno inestable pueden dislocarse o agrietarse con facilidad y rapidez, pero esto debe aceptarse de antemano y mas bien buscar la manera de contratar periódicamente cuadrillas de mantenimiento y recuperación de zanjas y cunetas (así como del sellado de grietas), mientras se logra alcanzar el grado de estabilidad que las haga duraderas y permita pasarlas a la categoría siguiente (revestidas). En la Figura 10-7 se dan las indicaciones para la construcción de estas obras de drenaje.

2.8 Cunetas y zanjas revestidas: El revestimiento puede hacerse con tela plástica, o con mezcla asfáltica, o con plaquetas de concreto prefabricadas o fundidas en sitio, etc. Exigen terreno estable o en caso contrario mantenimiento periódico para sellar grietas, echar asfalto en caliente, sellar juntas, reacomodar plaquetas o reponer la tela. Para el caso mas frecuente de revestimiento de concreto simple, de resistencia a la compresión 2000 lb/pulg^2 a 28 días, se presentan las condiciones técnias de construcción en la Figurq 10-7.

2.9 Canales revestidos: Igual al literal anterior, pero con sección transversal mayor, puesto que serán colectores de aguas de zanjas y cunetas y en general de la escorrentía de toda una zona o conjunto de zonas. En la Figura 10-8 se presentan los detalles recomendados para el revestimiento con concreto, adicionando aquí que se colocará concreto de 3000 lb/pulg^2 de resistencia a la compresión a 28 días; como es posible que estos canales conduzcan aguas negras puede ser conveniente hacer la mezcla del concreto con un aditivo adecuado (por ejemplo el Sika Aer para "concreto impermeable y resistente a ambietes agresivos") o utilizar cemento Prtland del Tipo IV:

2.10 Rectificación o mejoramiento de cauces: Se describió en el numeral 2 refiriéndonos a las dos quebradas principales. En el Plano 18 se indican 7 sitios

donde se requiere la construcción de obras de disipación de energía, 4 de ellos en la quebrada Rosales y 3 en La Carbonera. Por razones económicas se escogieron solo sitios críticos (contando con una orientación general dada por el asesor de IGL, Ing. Carlos Barragán) aguas debajo de ensanchamientos de cauce por socavación y de saltos de la corriente. Aunque se dispone de una buena gama de tipos de obra para este propósito, desde enrocados simples, hasta diques de concreto, se ha pensado en este estudio recomendar la construcción de trinchos de gaviones de acuerdo con las condiciones de diseño dadas en la Fifura 10-9; estas consideraciones de diseño provienene de la experiencia en recuperación geotécnica de cauces sometidos a socavación, en los cuales la altura máxima de vertedero (sobre el fondo del cauce) es inferior a 1.50 m.

Como se dijo al comienzo del capítulo, en el nuemral 3.2 se presentan recomendaciones específicas para el tratamento de ambas quebradas.

Por extensión se incluye aquí lo relativo a la recuperación de cárcavas, aunque se recomienda un tratamiento con enrocados barreras mixtas en el cuerpo de las cárcavas (Figura 10-10) y el trincho de gaviones solo en la pata de ellas, próximo a la desembocadura en la quebrada.

2.11 **Filtros franceses con geosintéticos:** Consisten en los filtros comunes, en zanjas de 1.0 a 1.5 m de profundidad y 0.5 a 0.8 m de ancho, con 1 a 5% de pendiente en el fondo, en las cuales se colocará un geotextil drenante adecuado (por ejemplo cualquiera de los tipos Pavco Propibac 1600, o SI451, o Typar 3341, o similar) y luego un relleno de piedra con tamaños entre 0.05 y 0.20 m. Se construirán en las calles y otros espacios vacíos, como patios y parques. En la Figura 10-11 se describe la sección típica de un filtro con geotextil y en las figuras 10-12 y 10-13 el procedimiento de construcción recomendado.

2.12 **Trincheras estabilizantes:** Similares a los filtros pero con mayor profundidad pues se buscará alcanzar 3.5 a 4.0 m, según el alcance del brazo de la retroexcavadora. Tendrán el ancho del balde de la retroexcavadora y se rellenarán con piedra de tamaños entre 0.05 y 0.20 m, sin colocar geotextil. Se busca dar un efecto de refuerzo del terreno, muy conveniente para ganar estabilidad a la vez que se proporciona un medio de alta permeabilidad para disipación de presiones de poros en el suelo vecino debidas a sobrecargas (rellenos) o a sismo. También estas trincheras pueden desempeñar una función drenante al menos durante los primeros años de vida, captando aguas infiltradas como las que se mencionan en el numeral 4.2 del Capítulo III. No hay forma de calcular caudales aferentes, pues depnden de un sinnúmero de variables entre ellas a cantidad de agua que puede aportarse desde las casas, la existencia de alcantarillado, la rotura o desacople de tuberías de agua potable. Sin embargo, y tal como se indica en la Figura 10-14 se adopta con base en la experiencia en estabilización de deslizamientos un diámetro de tubería de drenaje de trincheras de 10.0 cm. Se construirán en las calles. Será necesario drenarlas por medio de tubería perforada flexible que entregue a tubería plástica común, cuando las diferencias de nivel no permitan el drenaje directo por gravedad desde las trincheras mismas, es decir, cuando queden enterradas por completo; en este caso se requiere introducir pozos de inspección construidos de acuerdo con la Norma C.29 de la EAAB (ver la Figura 10-14), con separación máxima de 100.0 m

(en el esquema correctivo de La Carbonera se ha pensado en separaciones de 40 a 70 m).

Cuando se trate de trincheras que terminen en terreno inclinado y por lo tanto tengan poca profundidad en su extremo pueden desaguar a cajas de concreto y de éstas a cunetas, zanjas o cauces naturales como se indica en las Figuras 10-15 y 10-16. Las estructuras de descole finales, a las quebradas Rosales o Carbonera, pueden ser de los tipos mostrados en la Figura 10-17. Esta es una de las medidas de mayor importancia en el presente estudio.

2.13 **Drenes horizontales:** Permiten el drenaje profundo de taludes captando o intersectando las aguas a distancia conveniente antes de que lleguen a la zona crítica (Ver la Figura 10-18). Se insertará en ls perforaciones tubería plástica ranurada cubierta con geotextil; si al momento de efectuar las perforaciones se encuentra el terreno con actividad notoria (en deslizamiento o flujo de tierras) puede acudirse a colocar tubería PVC de 2.5 pulg de diámetro ranurada o perforada en sitio como se indica en la Figura 10-19. El desague de los drenes horizontales deberá hacerse en lo posible a cunetas, zanjas o canales revestidos con concreto como se representa en la Figura 10-20, recoreando que en los útlimos 2.0 m de tubo (los 2.0 más cercanos a la superfiice del talud que se quiere drenar) debe rellenarse alrededor del tubo con arcilla o con mortero cemento. Para el caso presente se recomienda colocarlos en las cabeceras de antiguos deslizamientos, donde existen concavidades o cubetas pronunciadas, y tanto arriba como entre las losas deslizadas (Dr) que forman presumiblemente el sustrato de la mitad superior de la Zona J.

Los drenes horizontales se han recomendado en especial en zonas donde puedan alcanzar profundidades de 6.0 a 10 m o mayores en el extremo interno.

Generalizando para todas las obras contempladas en los numerales 2.11, 2.12 y 2.13, es esencial hacer descoles de filtros, trincheras drenantes y drenes horizontales. Los drenes pueden hacerse desde pequeñas trincheras donde se ponga el equipo, por ejemplo en cunetas de calles, y desaguarlos a éstas. En lo posible, filtros y trincheras deben tener descoles (salidas) cada 40 m; no deben desaguar directamente a otros filtros o trincheras; si esto es inevitable, preferible que el de aguas arriba entregue a una conducción cerrada que vaya por el de aguas abajo sin adicionar o incorporar agua a éste, como se indicó en la Figura 10-14. En la Figura 10-17 se muestm estructuras de descole típicas.

2.14 **Columnas de piedra:** Aunque pueden constituir una medida bastante antigua por lo sencilla e intuitiva, su aplicación se ha difundido e intensificado en los últimos 10 años y hoy en día se ofrecen en la industria métodos o sistemas de hacerlas con determinada rapidez y eficacia dentro de esquemas de mejoramiento de suelos potencialmente licuables ante sismo. Se considera que refuerzan el suelo y que se acomodan a las deformaciones impuestas por medio de deformación cortante interna; cuando la relación altura/diámetro está entre 3 y 5 se habla de columnas cortas que pueden actuar como vigas de cortante. La dificultad de aplicarlas en el presente caso proviene del método de construcción que contempla la formación de las columnas hincando las piedras en el terreno suelto por el método conocido como de vibro-reemplazo, descrito en la Figura 10-21. Para el presente caso se sugiere un

método combinado y simple, que no requiere equipo especial, que consiste en hacer las columnas de piedra prebarrenando con hoyador manual o con equipo de percusión, rotación y lavado y luego introduciendo y golpeando las piedras para que llenen el hueco abierto y se desplacen hacia los lados de este para quedar empotradas y densificar en algún grado el suelo alrededor de ellas. El procedimiento recomendado se resume en la Figura 10-22. Se piensa que puede lograrse columnas con 0.30 a 0.60 m, de diámetro eventualmente 0.80 m, hasta profundidad entre 4.0 y 8.0 m (según el espesor local del depósito de baja densidad que se quiera mejorar). La separación entre columnas, centro a centro se ha estimado de 5.0 a 6.0 m, con miras a hacer un mínimo reducido de columnas y a minimizar el efecto de vibraciones a casas vecinas. Se pueden hacer series de columnas en algunas calles amplias y sectores sin construcciones; además puede dárseles un carácter experimental y hacer unas cuantas de prueba para comprobar el método de construcción y el funcionamiento de ellas.

2.15 **Columnas de grava:** Según investigaciones recientes en la Universidad de Tokyo y otras del Japón conocidas por el Director del presente estudio, y que tienen de fondo el comportamiento de materiales en el temblor de Kobe, muestran que ante eventos sísmicos han sido de gran utilidad las columnas de grava y arena (no de piedra como las descritas en el literal anterior), con gradación parecida a la de agregados de concreto, pues su función primordial es permitir el alivio de presiones de poros (no reforzar, ni densificar el relleno) y por lo tanto no deben taparse por migración de finos, sino que deben actuar como un filtro típico. El relleno de grava y arena no se compacta, sino que se llena el hueco con sólo unas aplicaciones de apisonado estático. Por lo general (en la práctica japonesa) se hacen huecos de 0.60 m de diámetro cada 2.0 m centro a centro y de la profundidad que se requiera, normalmente más de 8 ó 10 m. En el caso presente se modificarían estas condiciones para ajustarse a la tecnología simple ilustrada en la Figura 10-20 exceptuando en este caso la compactación a golpes que se dibujó como para intermedio en dicha figura.

2.16 **Compactación:** Consistirá en el retiro de grandes rocas de varios sitios, donde se encuentren en superficie y la compactación de los mismos utilizando equipos vibratorios y patecabras. Se busca densificar las capas superiores del terreno para disminuir la infiltración y en general aumentar la resistencia al deslizamiento; será más efectiva donde el espesor de depósitos o rellenos sea pequeño. Es de importancia como mejoramiento de las calles después de construidas las trincheras drenantes y los filtros, y antes de colocar los tratamientos superficiales asfálticos. Se recomienda usar un compactador liso vibratorio autopropulsado, mediano, con peso de 6 a 8 ton y potencia del motor entre 10 y 100 HP, que en condiciones favorables puede mejorar densidad hasta una profundidad de 1.0 m.

2.17 **Densificación dinámica:** Se considera posible mejorar las condiciones de varios sectores de depósitos sueltos mediante su compactación por el impacto repetido de grandes bloques de hierro o de concreto reforzado, que se dejan caer libremente desde alturas apreciables. Es frecuente utilizar bloques de 1.5 a 5.0 ton de peso con caída de 10 a 25 m (aunque se habla en la literatura de pesos de hasta 16 ton). En el caso presente dada la existencia de viviendas cercanas, se utilizarían cargas moderadas como las correspondientes a martillos simples de hinca de pilotes, en puntos sucesivos de una zona dada. Los martillos utilizados para hincar pilotes de madera en Bogotá pueden tener 750 kg de peso y caerían desde la altura normal de los trípodes, unos 7 a

10 m. Como se comprende es algo muy moderado pero que puede servir en sectores no construidos de depósitos sueltos, en las zonas mas críticas del área estudiada. Se recomienda esta medida en sectores de calles amplias o lotes no construidos o márgenes de las quebradas, donde se espera que los golpes no produzcan daños a viviendas vecinas. Como en el caso de las columnas de piedra, puede hacerse una prueba de calibración del método y determinación de su eficacia.

Es adecuado pensar en densificar al menos la parte superior de rellenos y coluviones. La densificación dinámica es costosa y poco eficiente si se lleva a cabo con elementos de peso reducido, por lo tanto se requieren elementos pesados pero éstos pueden causar daños como ya se explicó así que se ha reservado esta actividad a los martillos de hinca comunes y sólo para zonas que aparecen muy sueltas.

No se han considerado zonas de compactación dinámica en calles de barrios y se han dejado solo en lotes o áreas no construidas como las que hay cerca de la quebrada Rosales sobre la margen derecha.

2.18 **Inyecciones:** Se contempla la posibilidad de mejorar el suelo de zonas muy agrietadas o de escarpes muy cercanos y profundos, o de la pata de las grandes losas rocosas deslizadas, por medio de inyecciones de lechada de cemento a presión, en perforaciones practicadas al efecto.

Las inyecciones de lechada de cemento o de mortero muy fluido en zonas cizalladas son útiles. Llenan vacíos en superficies de falla en flancos y escarpes antiguos que hubieran sido rellenados con poca técnica, reestablecen dilatancia, ofrecen resistencia a nuevos movimientos (puntos duros o barreras). Por lo tanto, en el área estudiada se intensifica su aplicación en sitios de confluencia o cercanía de flancos de deslizamientos antiguos y actuales y donde existían escarpes. Se han planteado de 10 a 12 m de profundidad, inyectando al ascender hasta llegar a 1.0 m bajo la superficie actual del terreno para controlar levantamientos (y nuevas grietas) y evitar estorbos al arreglar vías o hacer alcantarillados o similares. En la figura 10-23 se representa este proceso de construcción.

2.19 **Muros de gaviones:** Se recomienda su construcción en la pata de zonas muy activas, en márgenes de las quebradas sometidas a procesos de socavación y en otros sitios donde se desea contener rellenos o disipar energía de corrientes de agua. En líneas generales se ha pensado en muros de 2.0 a 4.0 m de altura, cuyas secciones típicas y otros detalles de construcción se muestran en la Figura 10-24.

2.20 **Muros de concreto:** En el momento no se recomiendan para ninguna de las zonas inestables, pero debe dejarse abierta la posibilidad de utilizarlos en sitios convenientes o en etapas posteriores del tratamiento estabilizante del área estudiada.

2.21 **Pilotes:** Puede ser conveniente construir con pilotes, barreras y diques transversales o longitudinales en los cauces de las quebradas, o estructuras de contención en la pata de botaderos o de deslizamientos, o en la pata de escarpes para sostenerlos independizándolos del movimiento del resto del deslizamiento. Desde luego, se tiene en cuenta que los pilotes tienen muy baja capacidad a carga lateral y entonces pueden requerirse los caissons. Como el costo de estos últimos es muy elevado entre otros factores porque se debe colocar un refuerzo mucho mayor que el acostumbrado o

exigido para fundaciones, donde trabajan más que todo bajo carga vertical, se descartan de momento y se deja únicamente el mejoramiento que pueda lograrse con pilotes de madera.

En zonas restringidas por viviendas, etc., puede servir el hincado de pilotes de madera o de concreto o de tubo metálico con punta abajo, densificadores. Se han considerado en el planteamiento actual solo pilotes de madera hasta donde puedan bajar, recortando sus cabezas a unos 30 cm bajo rasantes de calles. El pilotaje debe hacerse antes de las columnas de piedra o de grava y arena preferiblemente.

3. TRATAMIENTO DE ZONAS CRITICAS

Esta sección se refiere al tratamiento de las dos zonas que se encontraron mas graves durante el estudio.

3.1 Evacuación y reconformación de la Zona L, o deslizamiento activo de Santa Viviana II y estabilización de éste.

Implica la reubicación de todas las viviendas en la zona del movimiento. Las actividades de ingeniería serían las siguientes (Ver Planos 18E y 18F):

a) Retiro de elementos prefabricados o portátiles de casas y demolición de elementos fijos o rígidos (muros y pisos de concreto, de ladrillo o de bloque) y acarreo de desechos a un botadero localizado fuera del área. Se incluirán en la evacuación y demolición las casas que se encuentren en y sobre los flancos del deslizamiento (en especial el derecho en su parte superior), las crestas de hundimientos sucesivos y en, sobre y atrás del escarpe principal en por lo menos una fila de casas o las que se encuentren dentro de una línea paralela a flancos y escarpe dibujada a una distancia horizontal desde éstos bordes igual a 1,5 veces la altura máxima de ellos. Esto quiere decir que deberá despejarse una faja de 10 a 15 m de ancho en el contorno de ambos flancos, sobretodo el derecho, y del escarpe principal.

b) Peinado o rebajado del talud del escarpe principal y los flancos para darles una pendiente máxima de 1H:1.5V, eliminando así taludes verticales con sectores en extraplomo o "negativos, rocas sobresalientes de los taludes y la faja con grietas de tracción mas cercana a los bordes actuales del deslizamiento.

c) Reconformación general del cuerpo del deslizamiento, de arriba hacia abajo, por medio de terraceo avanzando y uniformizando la pendiente general de las franjas correspondientes a los "pasos, dándoles pendiente 2.5H:1.0V, y dejando contrapasos con talud máximo 1H:1V. Estas pendientes irán todas en el sentido general de la pendiente topográfica, contrariando la costumbre de dar a los pasos pendiente contraria para drenarlos hacia el interior de ellos, o sea hacia la base del contrapaso o talud inmediatamente superior. Con esto se busca facilitar la reconformación y el drenaje rápido de las aguas de escorrentía y dejar terreno inclinado que no lo haga atractivo para construcción expedita de nuevas viviendas, como ocurriría con plataformas horizontales. Para compensar esa falta de control del drenaje en cada escalón, se recomienda darles pendiente

longitudinal hacia el oriente y noreste, para que desagüen hacia el cauce de la quebrada La Carbonera.

d) Retirar del tercio inferior del deslizamiento los materiales que vayan resultando de la reconformación hacia abajo del cuerpo deslizado y completar la reconstrucción en ese tercio mientras se demuelen las casas de la pata del deslizamiento que reciben los empujes de éste y ya se encuentran en condiciones muy precarias. Retiradas las casas puede alisarse la pata del deslizamiento y prepararlo para las siguientes operaciones.

e) Excavar en la pata del deslizamietno varias trincheras drenantes de 4 a 5 m de profundidad (lo que permita el brazo de la retroexcavadora que se utilice) 20.0 m de longitud y de 1.0 m de ancho promedio,entrando desde el pavimento hacia el interior de la masa deslizada, escalonando el fondo si es necesario dado el espesor de la pata del deslizamiento y la pendiente que tenga su superficie. Se excavarán con separación centro a centro de 10.0 m y orientadas en planta a la diagonal respecto del eje longitudinal del deslizamiento, es decir hacia el noreste, para que desagüen en la quebrada La Carbonera.

f) Bordeando la pata del deslizamiento construir un muro de gaviones de 4.0 m de altura con un relleno detrás de éste formado por grava y piedra de las mismas utilizadas para rellenar las trincheras. Este relleno servirá como desagüe continuo de las trincheras. El muro deberá quedar empotrado en el terreno bajo la superficie de falla por lo menos 1.5 m.

g) A medida que se vaya haciendo la reconformación deberán hacerse observaciones cuidadosas de la aparición o surgencia de agua o la formación de zonas húmedas y charcos para proceder a construir otras trincheras drenantes transversales en los pasos, las cuales tendrán 3.0 a 4.0 m de profundidad, con su fondo escalonado y que tenga pendiente general hacia el noreste, para desagüe sobre la quebrada La Carbonera.

h) Empradizar toda la superficie del deslizamiento y sembrar arbustos nativos con prontitud y prohibir en forma estricta la reutilización del terreno para vivienda. La definición de las especies a utilizar puede verse la sección 4 del Capítulo XI (Conclusiones y Recomendaciones) aunque en el momento de ir a contratar esta actividad la UPES puede consultar al Jardín Botánico de modo que se cumpla con las recomendaciones del Manual de Arborización Urbana publicado por dicha entidad en 1999. Sin embargo se considera apropiado incluir el chusque y el retamo entre dichas especies.

3.2 Tratamiento y recuperación del cauce de las quebradas La Carbonera y Rosales

El estudio detallado de las manifestaciones de falla del terreno basado en la delimitación de las zonas inestables (A a M, Plano 5), llevó a concluir que es de suma importancia mantener en existencia los cauces de las dos quebradas, canalizarlas o rectificarlas, dotándolas de elementos de protección y disipación de energía, contra socavación o derrumbe de las márgenes.

En un esquema inicial examinado con la colaboración del experto en hidráulica Ing. Carlos Barragán, se contempló la posibilidad de captar la quebrada La Carbonera a mitad de su recorrido descendente por el flanco derecho del área estudiada, y conducirla hacia la quebrada Rosales por medio de un canal adecuadamente diseñado y construido, cuyo alineamiento coincidiría en buena parte con el de un canal en tierra existente. El estado general de inestabilidad, con diversos procesos de deformación o falla del terreno a través del área estudiada y a lo largo del corredor del canal, y la necesidad de contar con cauces que reciban las aguas de escorrentía y las subterráneas que capten las obras aquí recomendadas, llevaron a concluir que debe eliminarse el proyecto del canal y mas bien conservar y recuperar el cauce de la quebrada como ya se expresó. Esta recuperación, válida también para la quebrada Rosales, abarca las siguientes actividades:

a) Retiro de basuras y escombros a todo lo largo de ambos cauces.

b) Excavación de un cauce en los tramos donde ha sido destruido o cubierto o desplazado por derrumbes o por botaderos. Las dimensiones promedio de la zanja deben corresponder a las que tienen hoy en día los cauces, o sea:

- Quebrada La Carbonera: Darle sección transversal de forma trapezoidal con ancho en la base inferior de 2.0 m, altura de 1.5 m a 2.0 m, ancho en la base superior que resulte de dar a los taludes de los lados de la zanja una pendiente 1H:2V (en general ese ancho será de 4.0 m).
- Quebrada Rosales: Sección trapezoidal pero con ancho en la base inferior de 1.50 a 2.00 m, altura mayor de 2.0 m, y lados (márgenes) con pendiente entre 1H:2V y la vertical (donde esté encañonada entre areniscas y arcillolitas).

c) Peinado de los taludes de las márgenes de ambas quebradas en los cauces establecidos actualmente, para dar a las márgenes de la Carbonera una pendiente máxima 1H:2V y a los Rosales entre 1H:2V en terreno blando (suelo, coluviones, roca arcillosa muy meteorizada) y la vertical en los tramos de cauce en areniscas. Se refiere esta actividad a la eliminacion de bloques o estratos sobresalientes o de concavidades que propicien la generación de grietas de tracción que a su vez colaboran a creas procesos retrogresivos.

d) Construcción de diques transversales de gaviones, y de muros laterales (o marginales) de poca altura, también de gaviones o de filas de pilotes de madera o de tubo metálico en sitios donde existan deslizamientos de las márgenes. Cuando se utilicen muros de gaviones en protección de orillas deberá darse al cauce el sobreancho correspondiente para que quepan sin reducir la sección hidráulica. Por extensión, se aplicarán medidas similares en la recuperación de cárcavas como las indicadas con en algunas zonas en el Plano 18.

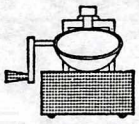
e) Construcción de alcantarillas de paso de las quebradas Rosales y La Carbonera para algunas calles que comunican con barrios vecinos. Los detalles tícpicos de estas alcantarillas se presentan en la Figura 10-25.

ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA - LOCALIDAD CIUDAD BOLIVAR

CUADRO 10-1 : OBRAS RECOMENDADAS

TIPO DE OBRA		ZONAS O PROCESOS DE INESTABILIDAD												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
EV	Evacuación y prohibición de uso terreno													
SG, RE	Sellado de grietas y rebanado de escarpes													
Rf	Reconformación													
Tc	Terraceo													
Et	Empradización de taludes y áreas destapadas													
Ri	Revestimiento impermeable de taludes													
Pav	Pavimentación de calles													
Cz	Cunetas y zanjas de tierra													
Czr	Cunetas y zanjas revestidas													
Cr	Canales revestidos													
Rc	Rectificación de cauces													
FG	Filtros con geosintéticos													
Td	Trincheras drenantes													
Dh	Drenes horizontales													
CP	Columnas de grava													
Cm	Compactación													
Dd	Densificación dinámica													
Iy	Inyecciones													
Mg	Muros de gaviones													
PC	Pilotes y Caissons													

CARB10CUADRO10-1OBRAS.XLS



CUADRO 10-2A

REVEGETALIZACION DE ESCARPES, TERRACEOS Y OTRAS ZONAS INESTABLES EN EL AREA DE LA CARBONERA

NOTAS COMPLEMENTARIAS

El talud que se va a revegetalizar se encuentra dentro de un ambiente con un déficit hídrico de 467 mm al año, proveniente de una precipitación total anual de 600 mm y una evapotranspiración potencial de 1067 mm. Este ha sido reconstruido sobre suelos arcillosos y superficiales, desprovistos de vegetación natural.

Las condiciones naturales de déficit hídrico durante todo el año y la ausencia de suelo orgánico son limitantes serios para la recuperación del sector. Por tanto, para lograr una revegetalización es necesario hacer terrazas en el talud, contrarrestar las dos limitantes mencionadas y seleccionar plantas que en la primera etapa de la recuperación sean capaces de fertilizar el suelo (especies fijadoras de nitrógeno), para que en una segunda etapa puedan sembrarse plantas que sirvan como barreras contra vientos, para controlar la erosión y para atracción de la avifauna de la sabana.

En primer lugar es necesario tener acceso a un lugar aireado, fresco y con buena iluminación que sirva como vivero, en el que se hará la germinación de las plantas que aparecen en el Cuadro 10-2B. Estas plantas deben crecer hasta una altura de 20 a 30 cm antes de ser transplantadas.

PRIMERA ETAPA

1. Hacer terraceo del talud

2. Sobre las terrazas, hacer huecos de 50 cm de diámetro y 50 cm de profundidad, separados entre ellos 1.5 m.

3. Rellenar los huecos con suelo orgánico, proveniente de alguna excavación de la Sabana.

4. Transplantar al iniciar una época de lluvias (principios de abril o principios de octubre) los arbolitos de alguna de las especies de acacia u otros, seleccionados para la Primera Etapa (ver la Tabla 10.1). Estos deben tener entre 20 y 30 cm de altura.

SEGUNDA ETAPA

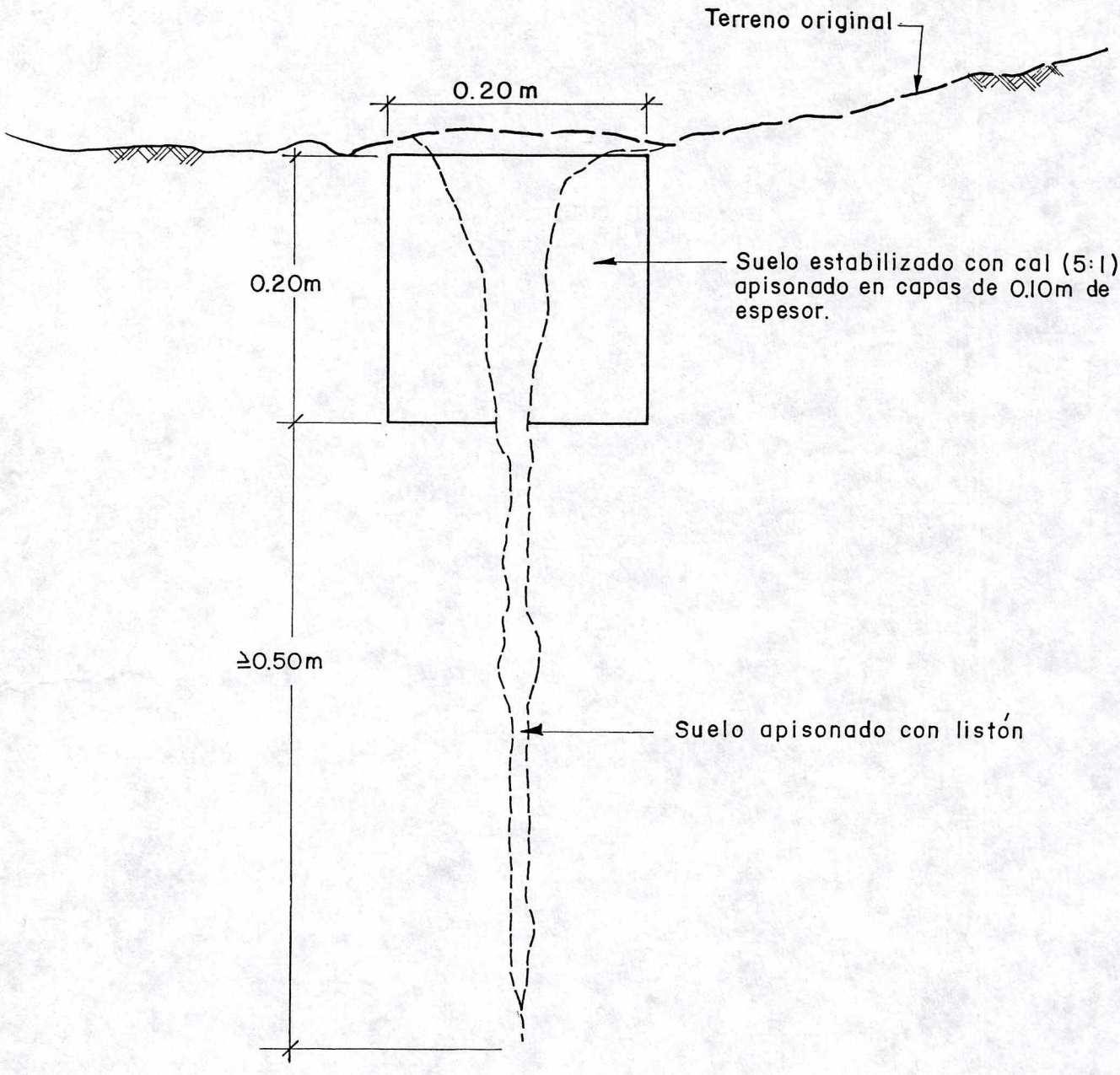
1. Una vez estén prendidos los arbolitos de la Primera Etapa (seis meses aproximadamente), y alternando con éstos, sembrar plantas que aporten hojarasca (como el Urapán) y algunas plantas melífera, que puedan atraer insectos y avifauna (ver la Tabla 10.1). Estas también deben ser transplantadas cuando tengan una altura entre 20 y 30 cm, y al principio de la época de lluvias.

En las dos etapas es importante un riego suplementario en los períodos de sequía.

CUADRO 10-2B

REVEGETALIZACION DE ESCARPES, TERRACEOS Y OTRAS ZONAS INESTABLES EN EL AREA DE LA CARBONERA

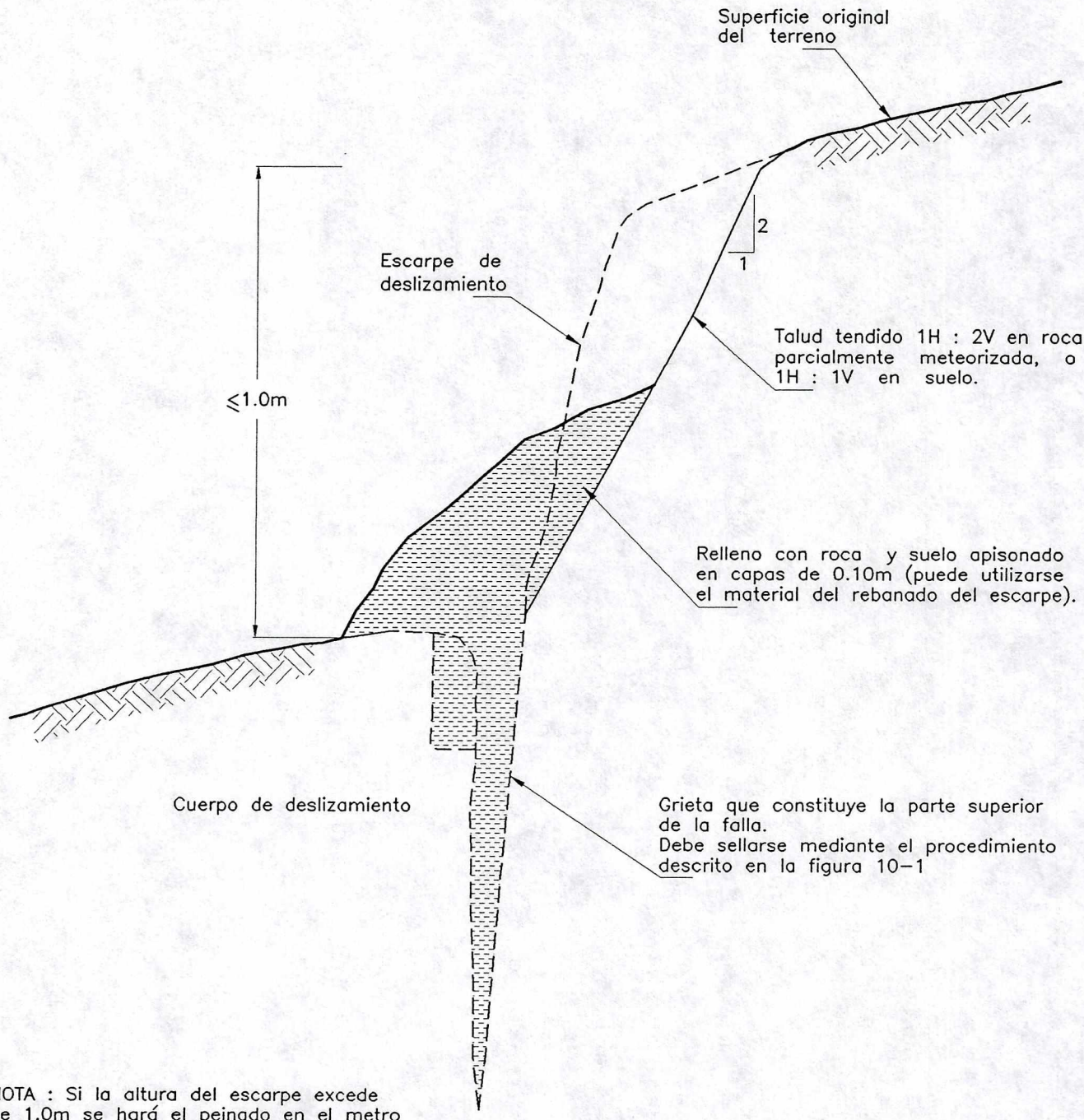
ETAPA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	PROPAGACION Y CRECIMIENTO	USOS Y PARTICULARIDADES
1	Acacia decurrens Acacia meamsii	Acacia negra	La propagación es por semilla, Los frutos se secan al sol durante 12 horas y luego se les extraen las semillas. Estas se dejan en agua 48 horas y posteriormente se siembran en el sitio definitivo o en semillero a 1 cm de profundidad, a 2 cm entre sí, en líneas separadas 10 cm.	Especie apta para recuperación de suelos, pues es fijadora de nitrógeno, y sus raíces producen retoños. Es útil como barrera contravientos, cerca viva y control de erosión, Soporta suelos pobres y áridos.
1	Acacia melanoxilon	Acacia japónica	La propagación es por semilla. Los frutos se colectan cuando se tornan amarillos, se secan al sol durante un día y luego se extraen las semillas; éstas se colocan en un recipiente con agua hirviendo, retirándolo inmediatamente del calor, y dejándolas allí 24 horas. Posteriormente se siembran en el sitio definitivo o en un semillero a 1 cm de profundidad y 1 cm separadas entre sí, en líneas separadas 10 cm.	Igual a la anterior. Soporta suelos pobres y arcillosos.
1	Albizzia lophanta	Acacia bracatinga	La propagación es por semilla. Los frutos (colectados cuando están carmelitos) se dejan en agua durante 5 días y luego se secan al sol; se extraen las semillas y se siembran en semillero a 2 cm de profundidad y a 3 cm entre sí, en líneas separadas 10 cm. Es de rápido crecimiento.	Igual a la anterior. Se siembra en líneas. Soporta suelos pobres y sequías.
2	Arundo donax	Cañabrava carrizo, lata	La propagación es por secciones de tallo y raíz. Se cortan pedazos de caña de 50 cm y se siembran horizontalmente en el sitio definitivo, dejando los nudos descubiertos.	Es útil para control de erosión. Soporta sequía y suelos pobres y arcillosos.
2	Baccharis bogotensis	Ciro	La propagación es por semilla. Los frutos, (colectados cuando están carmelitos), se secan al sol. Las semillas se siembran en semillero, a 5 mm de profundidad, a 2 cm de separación entre sí y en líneas separadas 10 cm. Presenta abundante regeneración natural.	Es una especie melífera, útil como cerca viva. Se puede emplear para control de erosión. Soporta sequía y suelos pobres.
2	Baccharis latifolia Baccharis microphyla	Chilco (a)	La propagación es por semilla. Los frutos o las escobillas (colectados cuando las flores están carmelitas), se recogen y se dejan secar al sol. Las semillas se siembran en semillero a 5 mm de profundidad, a 1 cm entre sí y en líneas separadas 10 cm. Posteriormente se cubren con una capa muy delgada de paja y se riegan dos veces al día.	Es apropiada para control de erosión. Soporta sequía y suelos pobres.



SELLADO DE GRIETAS.

FIGURA 10-1

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

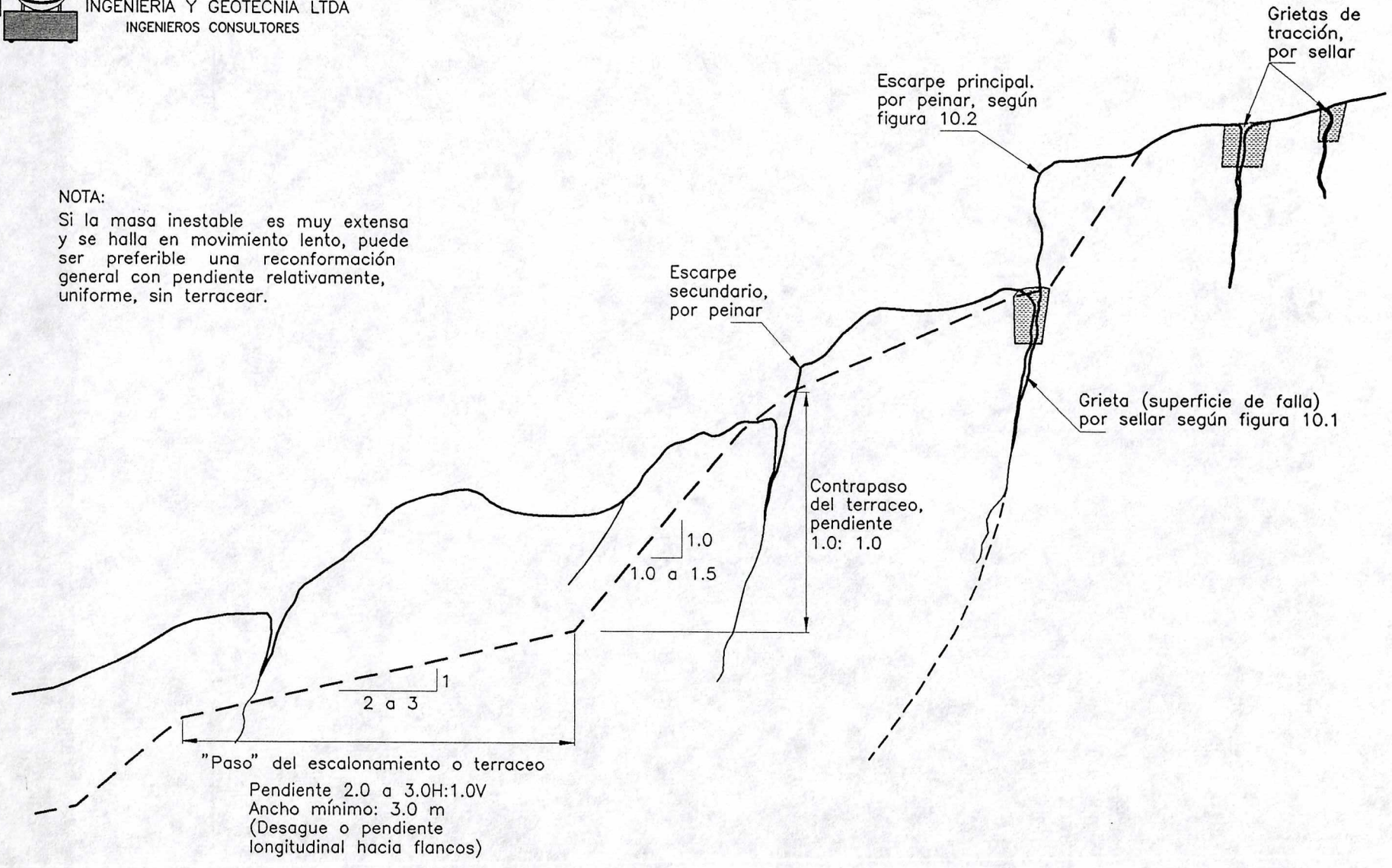


NOTA : Si la altura del escarpe excede de 1.0m se hará el peinado en el metro superior y se dispondrá un revestimiento para el resto del escarpe.

PEINADO DE ESCARPES

FIGURA 10.2

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES



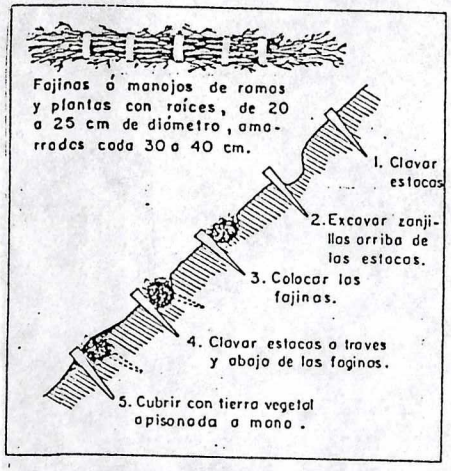
NOTA:
Si la masa inestable es muy extensa y se halla en movimiento lento, puede ser preferible una reconformación general con pendiente relativamente, uniforme, sin terracear.

RECONFORMACION Y TERRACEO DEL CUERPO DE DESLIZAMIENTOS

FIGURA 10.3

000146

ARCHIVO: C:\TRABAJOS\1787\FIGURAS\FIG10-3.DWG



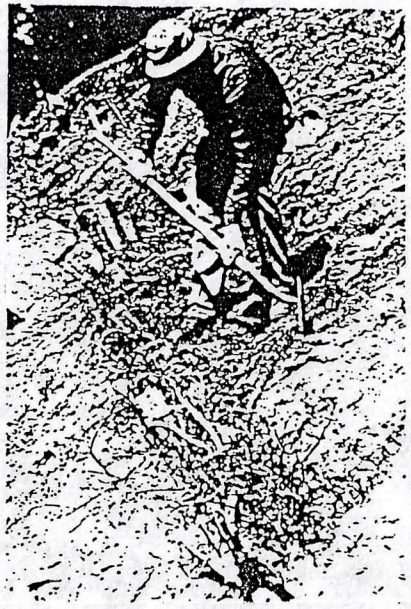
NOTA: Los trabajos se deben realizar comenzando en la pata del talud siguiendo los pasos 1 a 5.

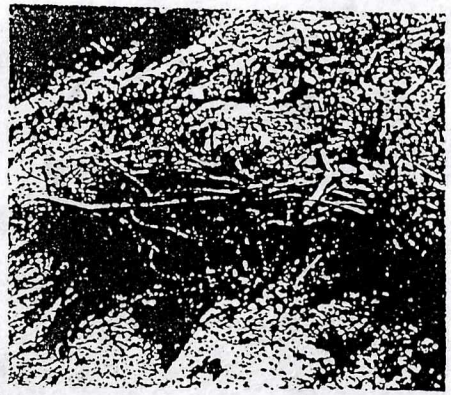


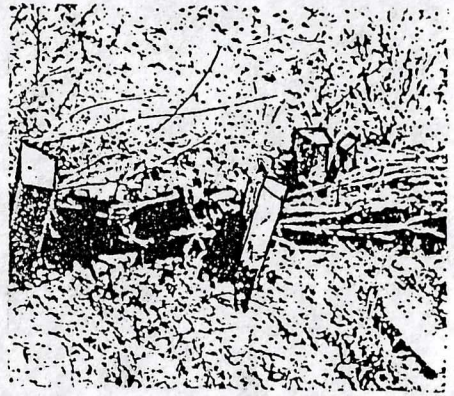


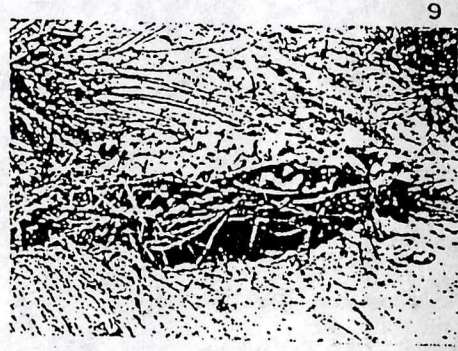












1 - Esquema general.

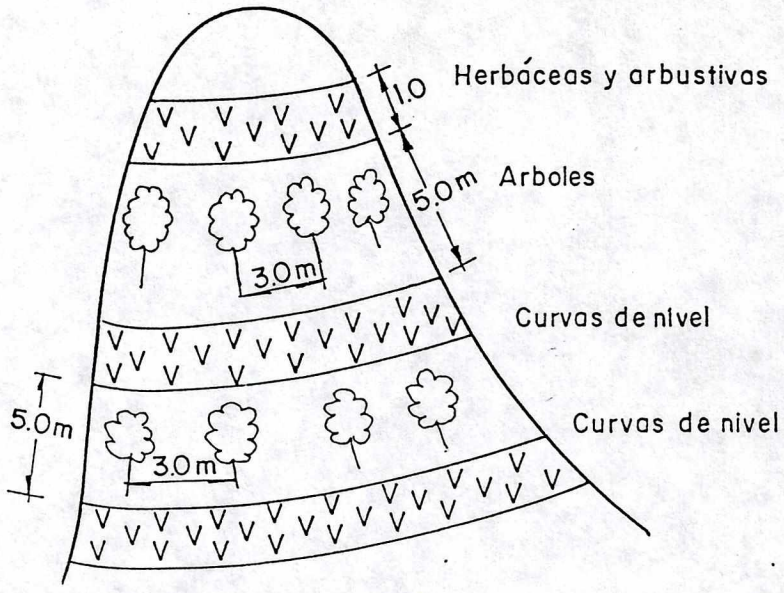
2 - Ladera tratada.

3 a 6: Secuencia de trabajo en zanjas.

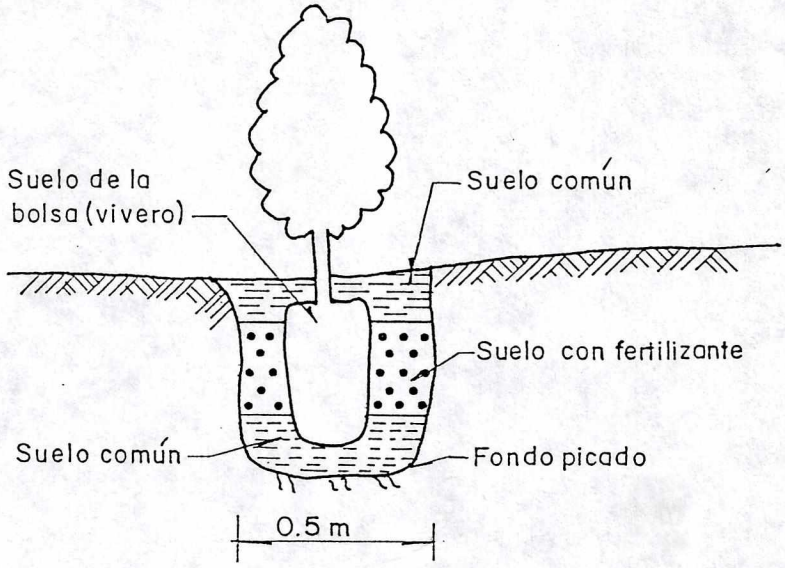
7 a 9: Barreras superficiales.

FIGURA 10-4– SISTEMA PARA ESTABLECER BARRERAS VIVAS CON FAJINAS. (Tomado de Gray y Leiser 1982).

0001147



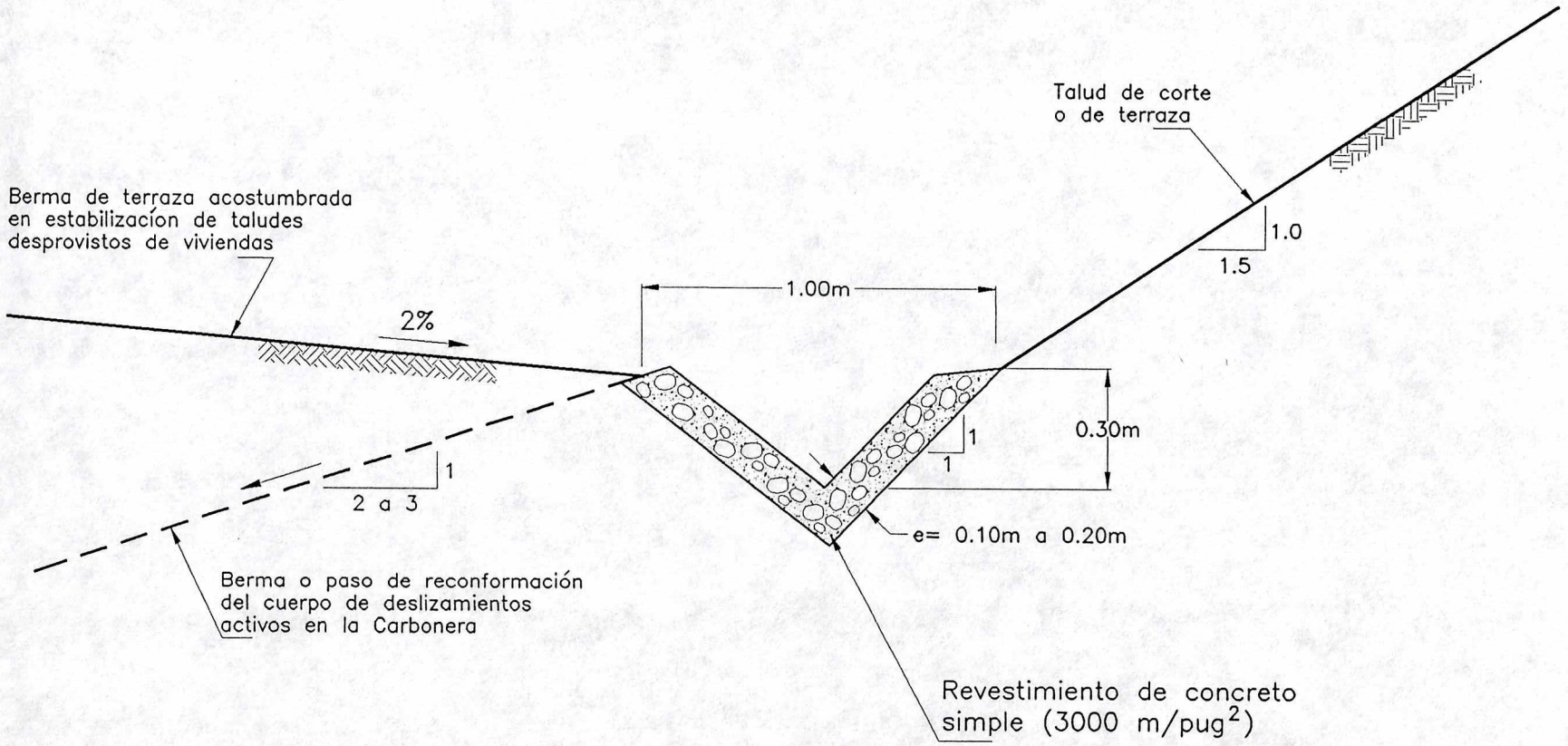
a) ESQUEMA DE LA SIEMBRA



b) ESQUEMA DE FERTILIZACION DE ARBOLES

FIGURA 10-5

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES



ZANJA DE TIERRA

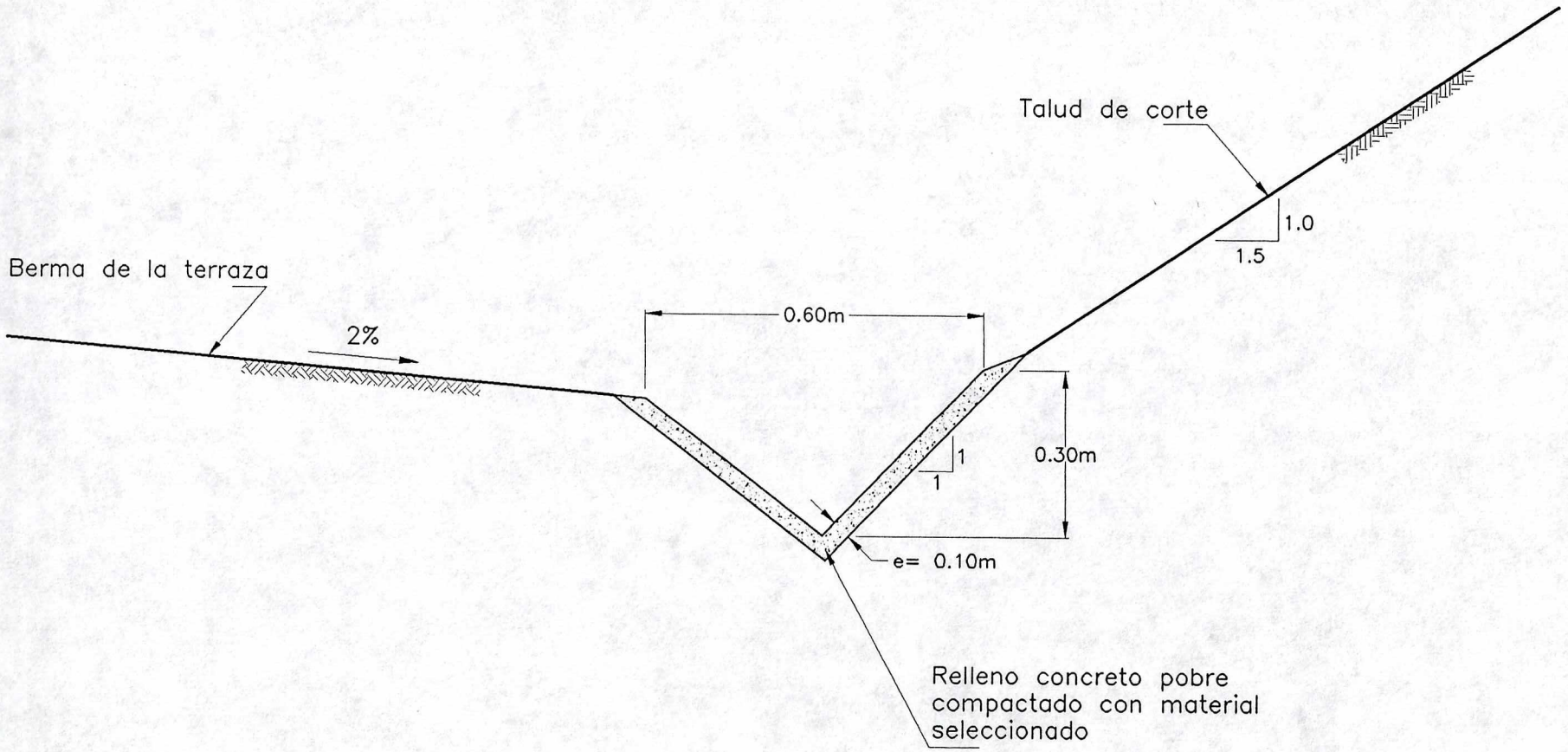
ESCALA 1:25
(Aproximadamente)

FIGURA 10.6

000149

ARCHIVO: C:\TRABAJOS\1787\FIGURAS\FIG10-6.DWG

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES



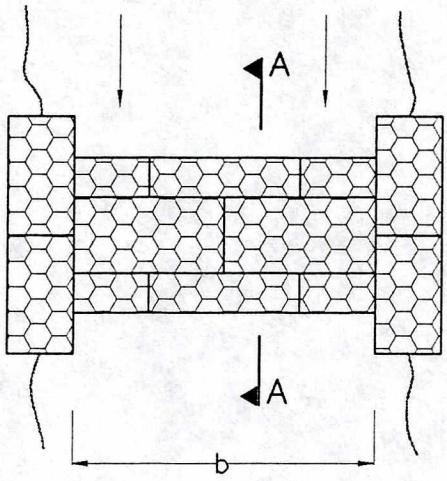
ZANJA DE TIERRA

ESCALA 1:1000

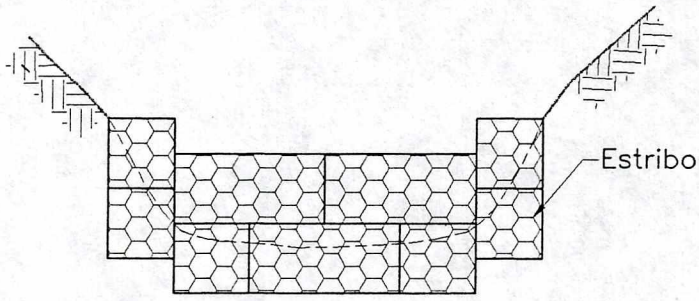
FIGURA 10.7

001150

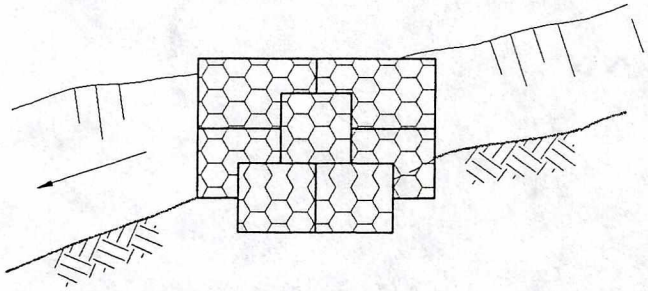
ARCHIVO: C:\TRABAJOS\1787\FIGURAS\FIG10-7.DWG



PLANTA



VISTA FRONTAL



SECCION A–A

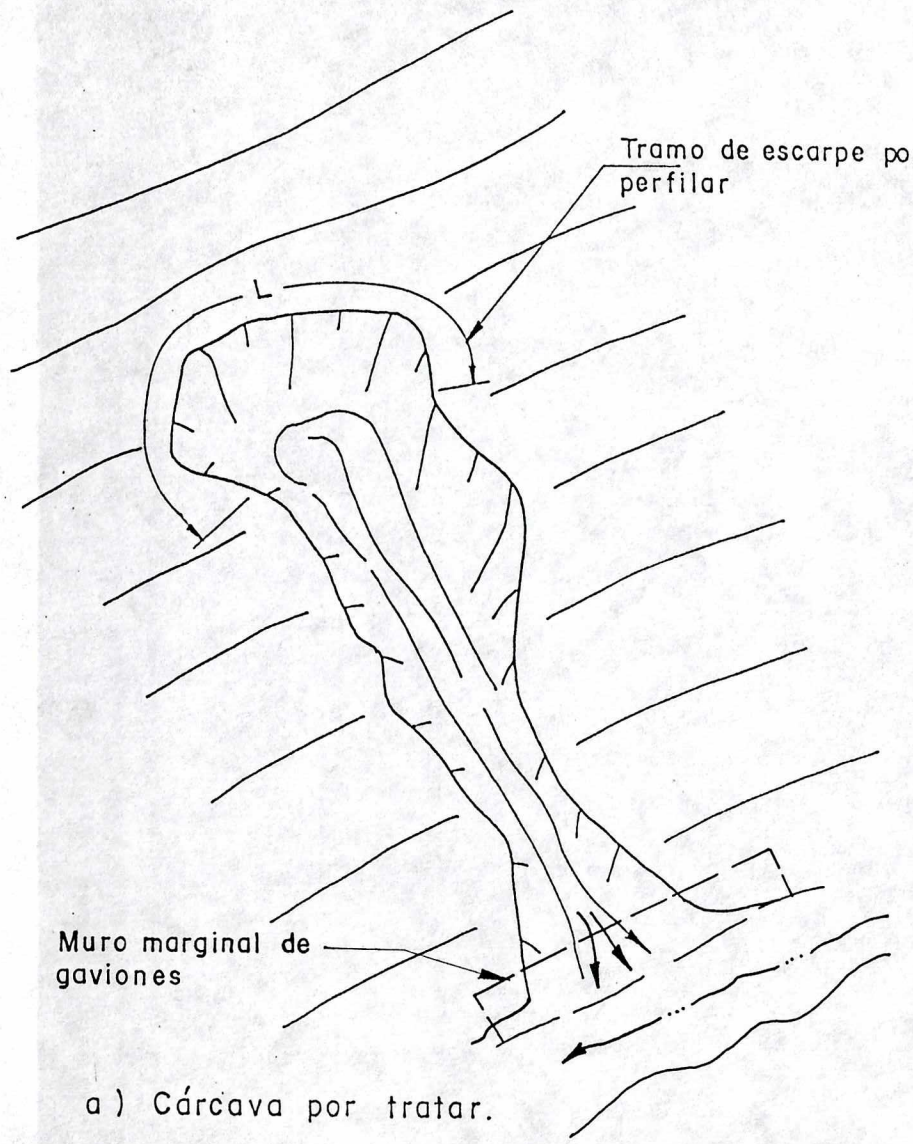
NOTAS:

1: Gaviones de 2x1x1 m

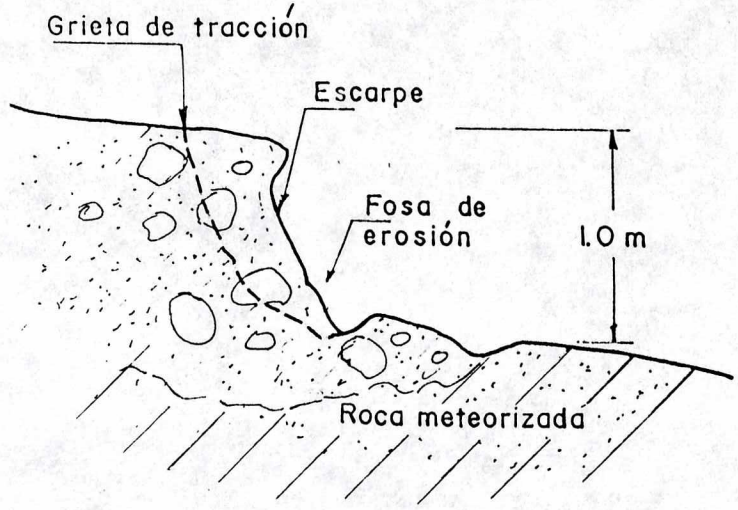
2: El ancho b depende de las dimensiones del cauce

TRINCHO DE GAVIONES PARA MEJORAMIENTO DE CAUCES

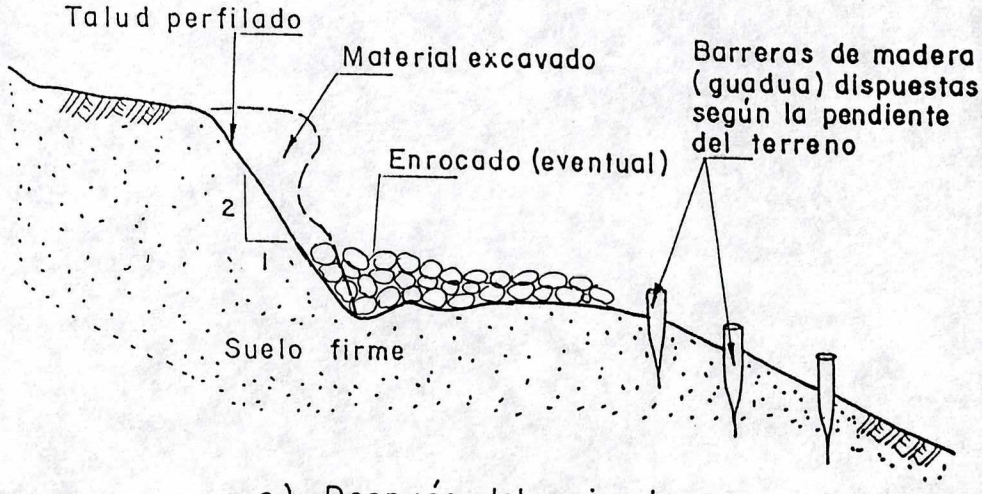
FIGURA 10–9



a) Cárcava por tratar.



b) Condición actual.

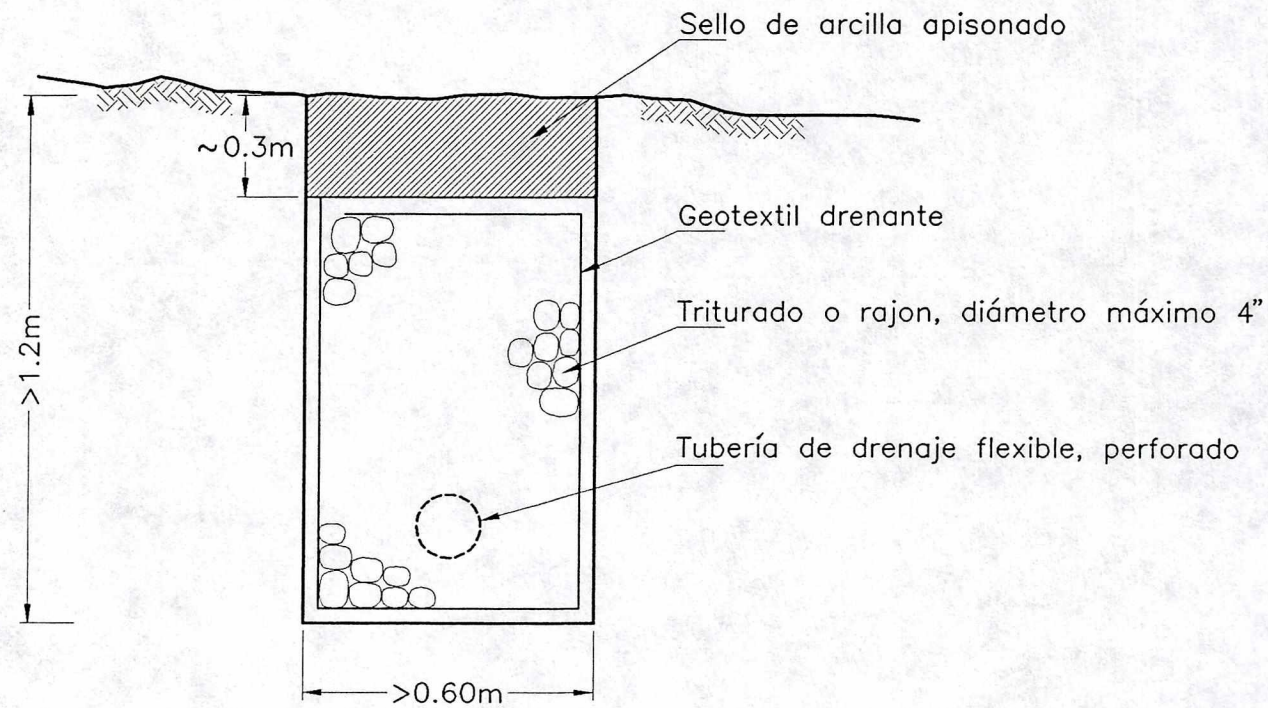


c) Después del peinado.

PEINADO DE ESCARPES. TRATAMIENTO DE CARCAVAS – ESQUEMA.

000152

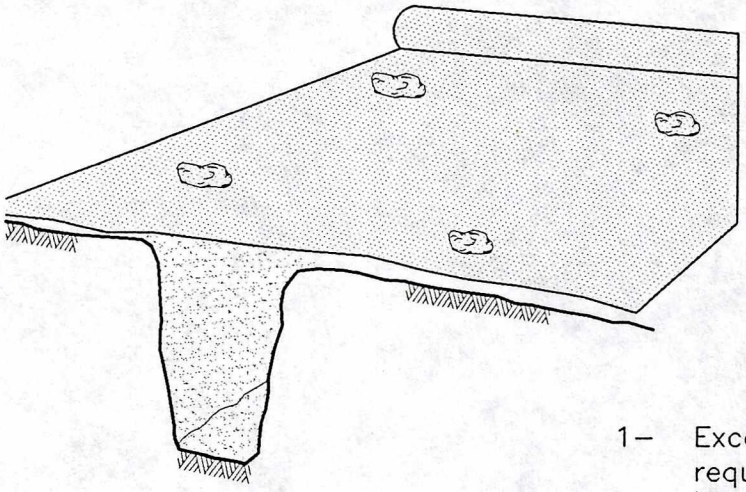
FIGURA 10-10



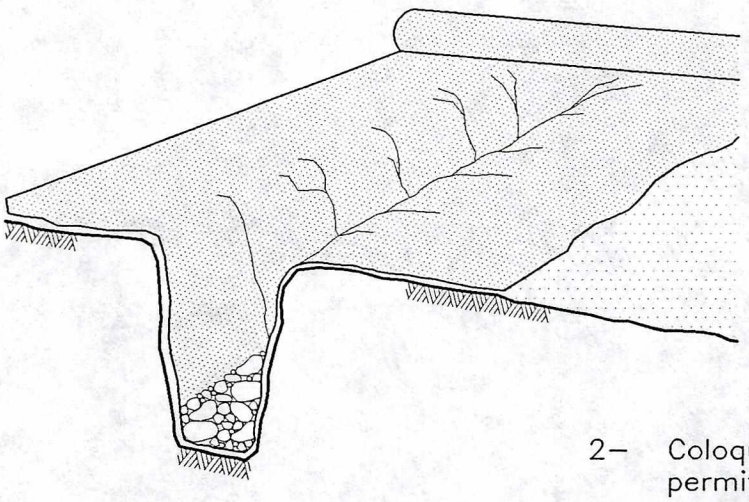
FILTRO FRANCES

FIGURA 10.11

ARCHIVO:



1– Excave la zanja hasta la profundidad requerida. Desenrollar la tela sobre la zanja en una longitud inicial de 10 a 15 metros; debe fijarse la tela en un sitio con piedras.

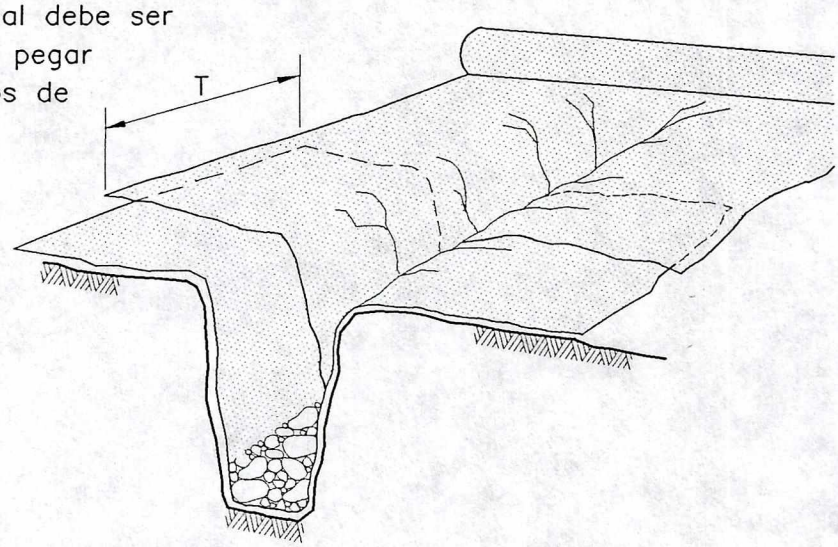


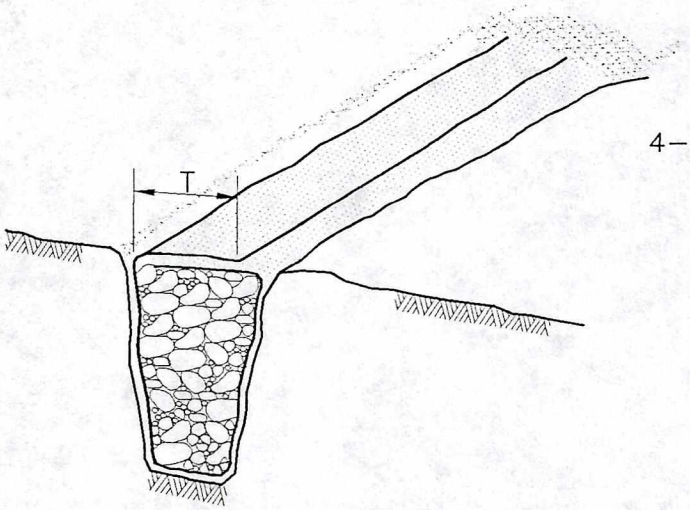
2– Coloque una primera capa de relleno, permitiendo que el peso del agregado acomode la tela contra las paredes de la zanja. El resto del relleno debe colocarse en forma gradual y cuidadosa para evitar roturas.

CONSTRUCCION DE FILTRO (1)

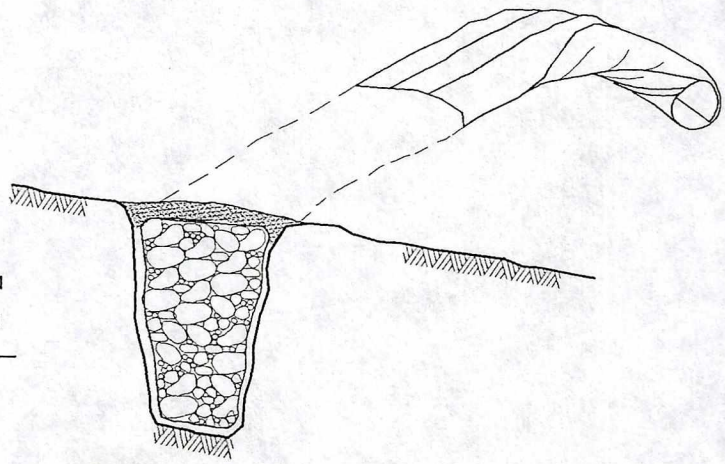
FIGURA 10.12

3– El traslapo longitudinal debe ser T=1m. No se deben pegar ni coser los extremos de de las fajas.





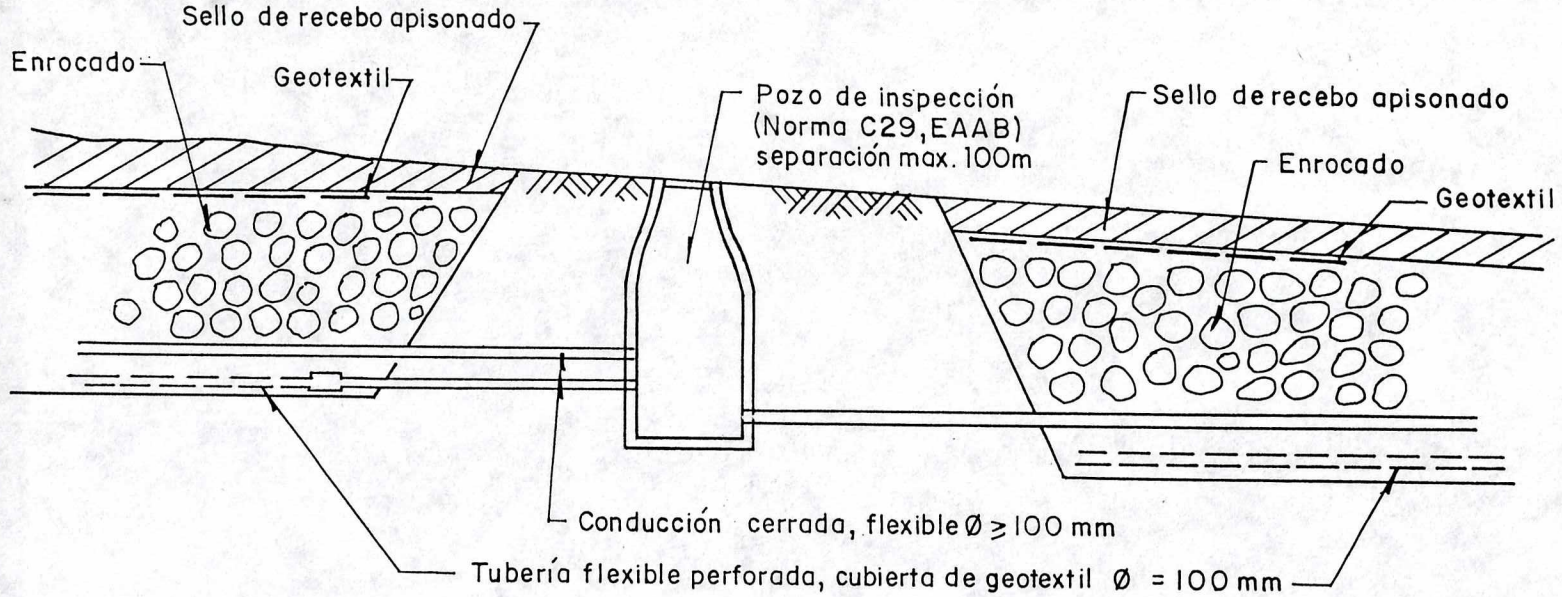
4– Complete el relleno del dren y doble la tela hasta envolverlo, para evitar su contaminación. Los bordes de la tela deben traslaparse como mínimo T=0.35 m. en las secciones de 1.0 m^2 y t= 0.25 m. en las de 0.5 m^2 cubrir dren con una capa de material del sitio.

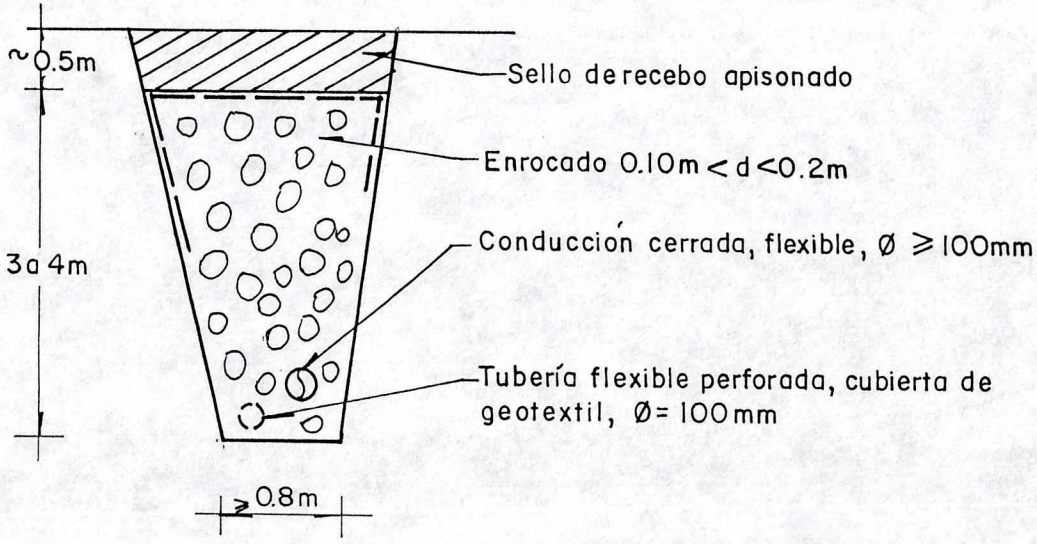


5– Al terminar la jornada diaria de trabajo, el extremo de la tela debe dejarse afuera de la zanja y enrollado para evitar la contaminación del relleno.

CONSTRUCCION DE FILTROS ②

FIGURA 10–13



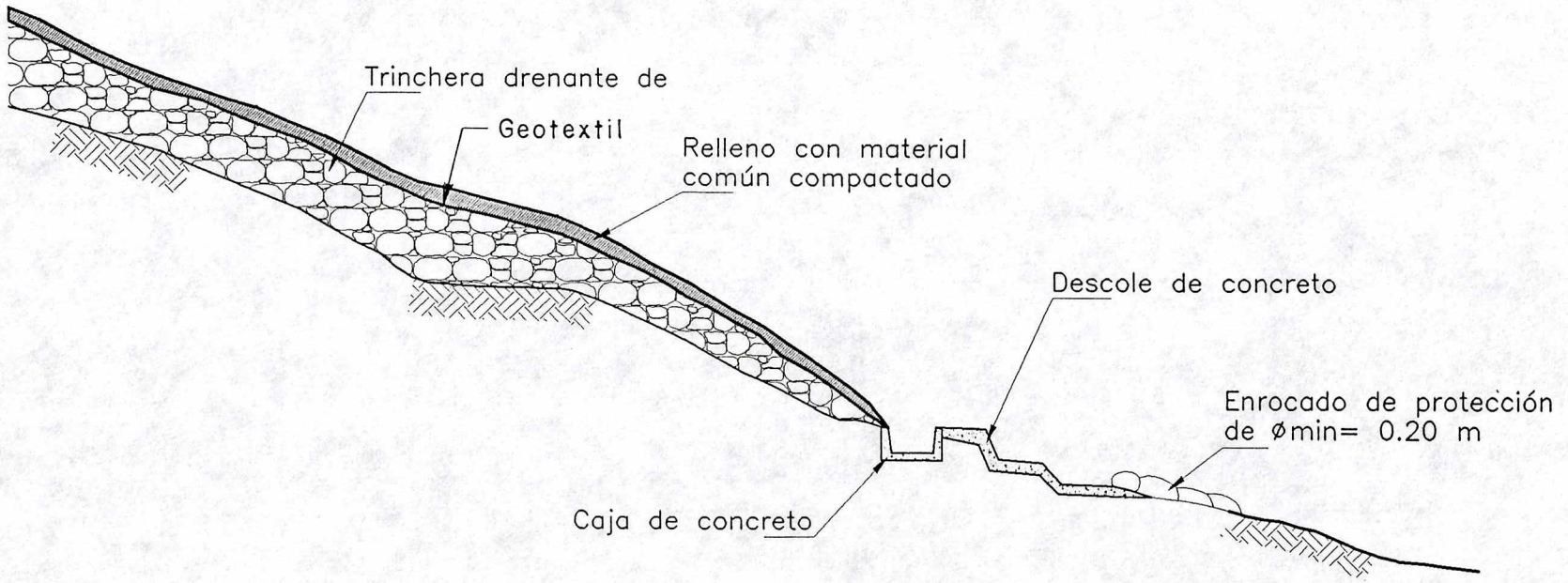


DESAGÜE DE TRINCHERAS ESTABILIZANTES

FIGURA 10.14

0001156

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES



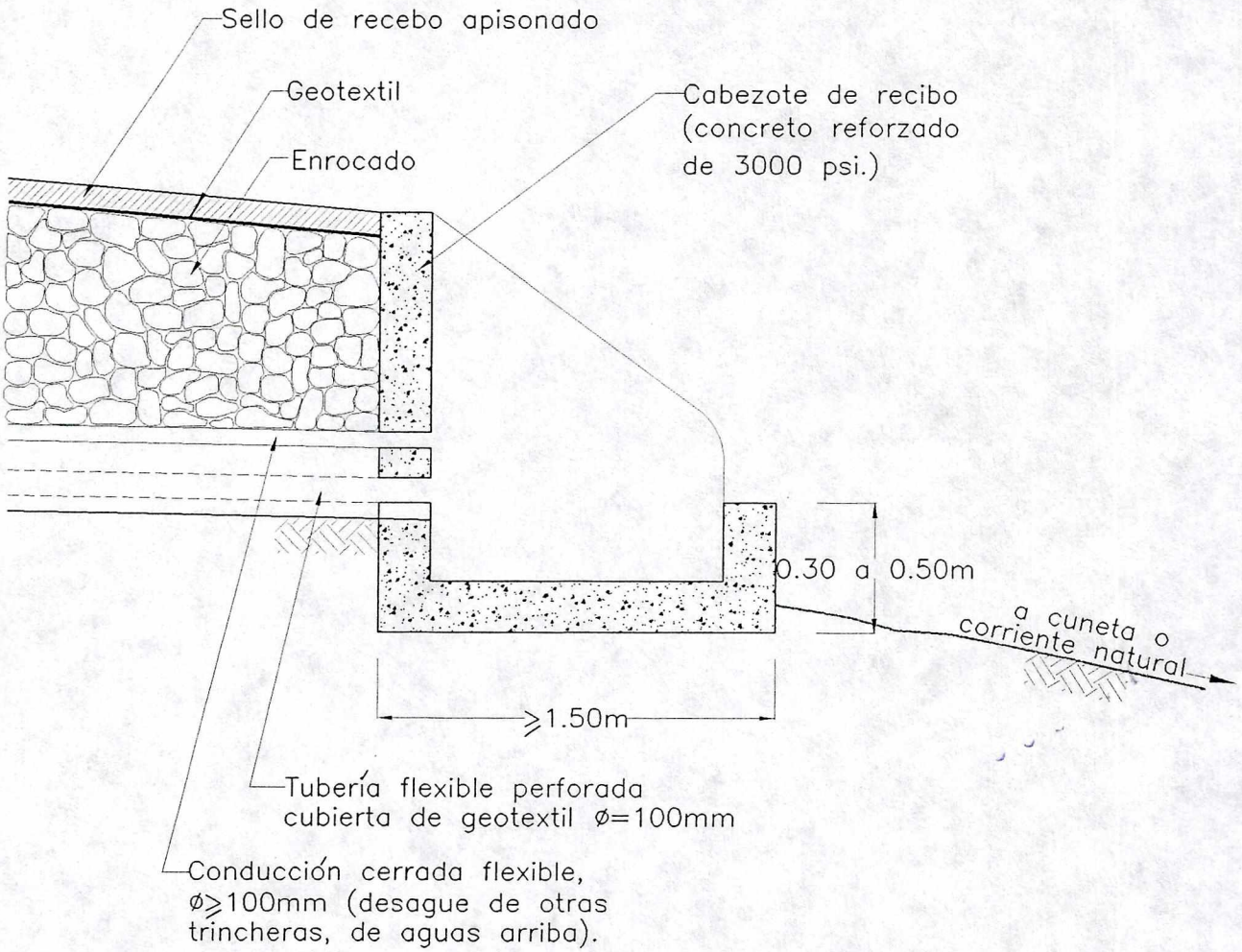
DETALLE DE LA ENTREGA DE LAS TRINCHERAS DRENANTES

ESCALA

FIGURA 10-15

000157

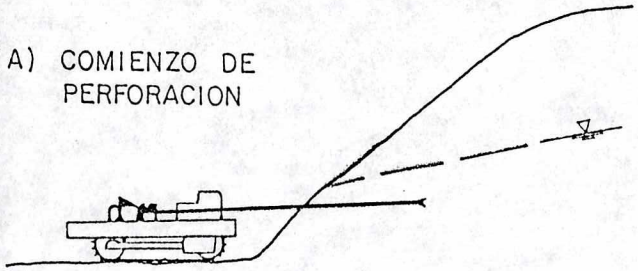
ARCHIVO: C:\TRABAJOS\1787\FIGURAS\TRICHERA.DWG



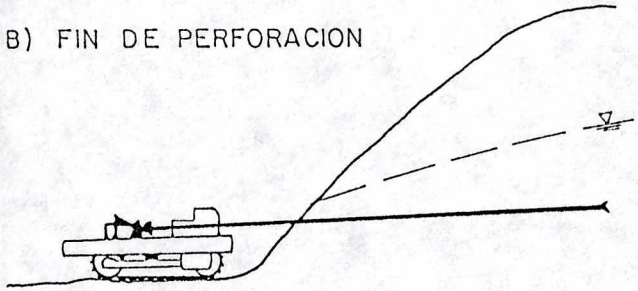
DESAGUE FINAL
DE TRINCHERAS ESTABILIZANTES

FIGURA 10–16

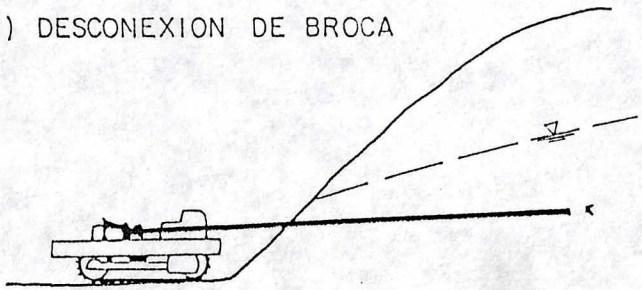
(A) COMIENZO DE PERFORACION



(B) FIN DE PERFORACION



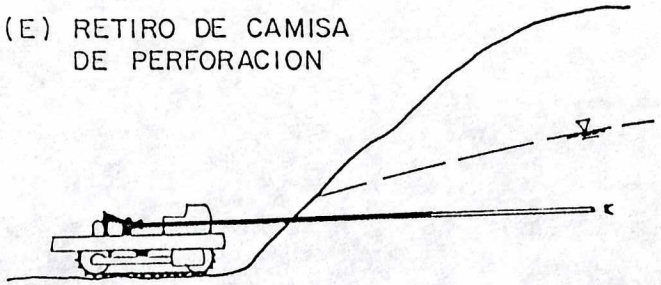
(C) DESCONEXION DE BROCA



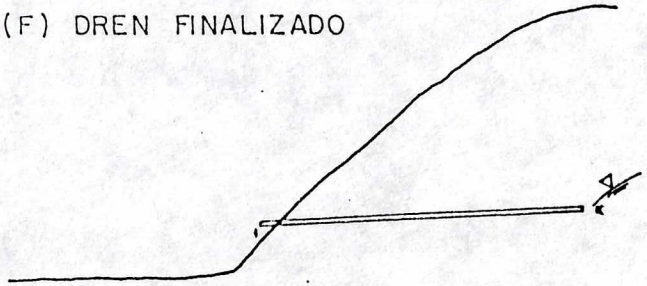
(D) INSERCION DE TUBERIA PERFORADA



(E) RETIRO DE CAMISA DE PERFORACION



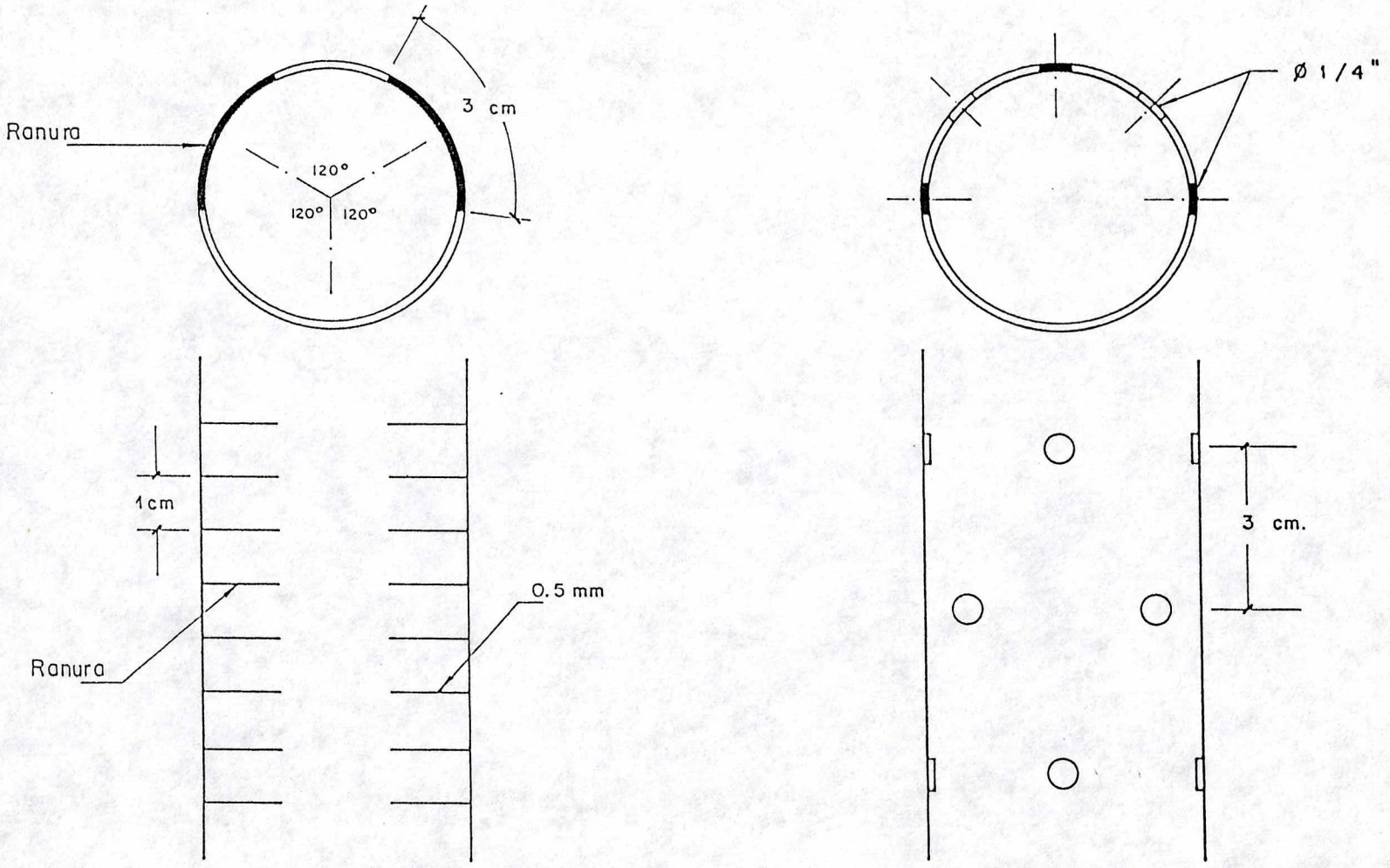
(F) DREN FINALIZADO



ETAPAS EN LA CONSTRUCCION DE UN DREN HORIZONTAL.
(Royster , I 977).

FIGURA 10-18

0001559



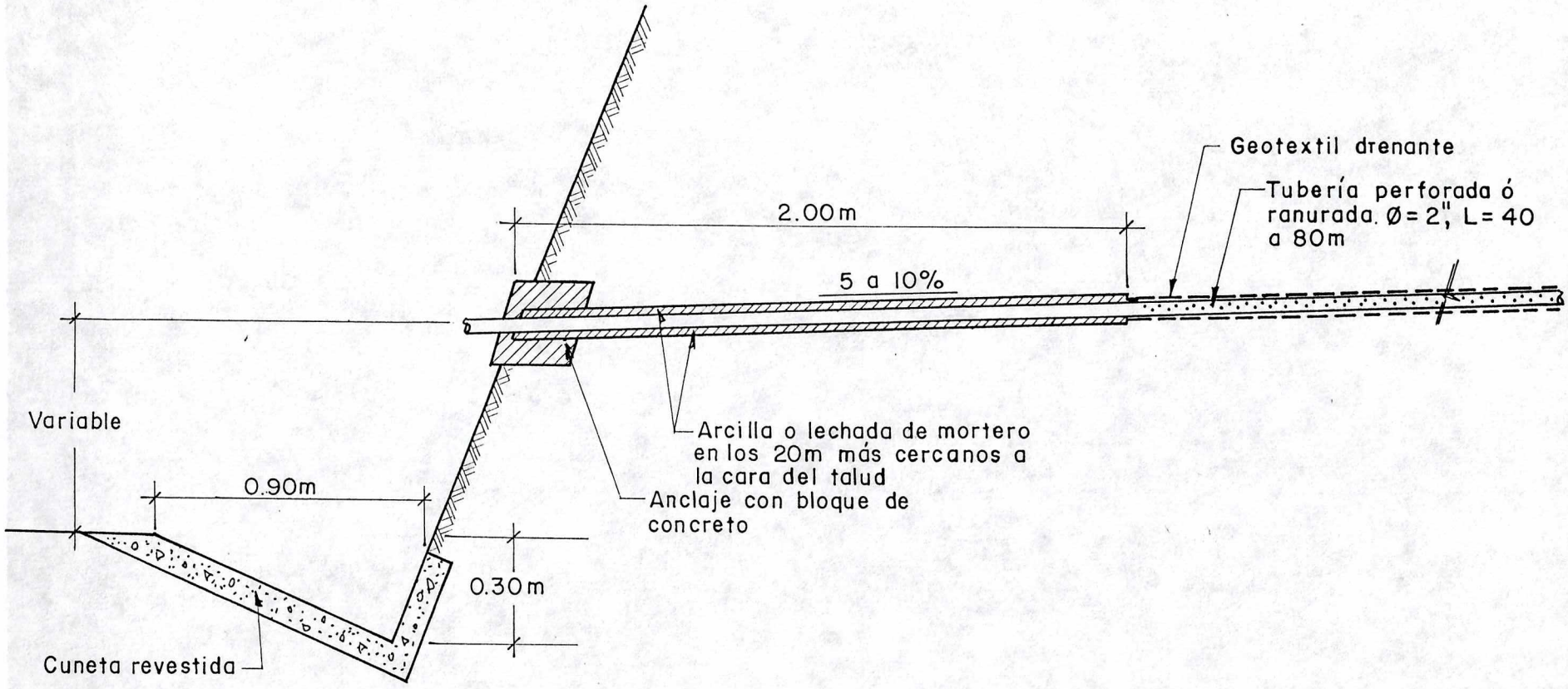
A- RANURADA

B - PERFORADA

DISEÑO DE LA TUBERIA PARA DRENES

FIGURA 10-19

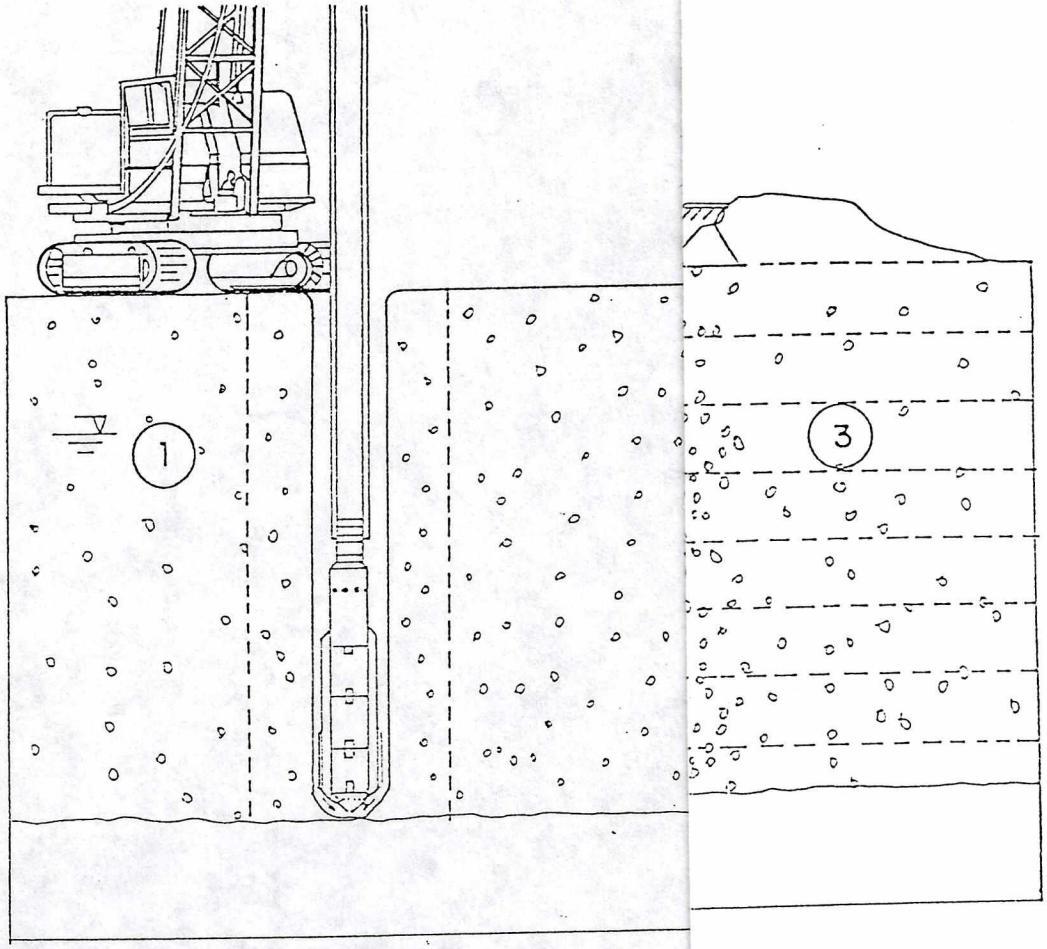
000169



ESQUEMA DE UN DREN HORIZONTAL.
Escala 1:20

FIGURA 10-20

0001611



enetración

eemplazo

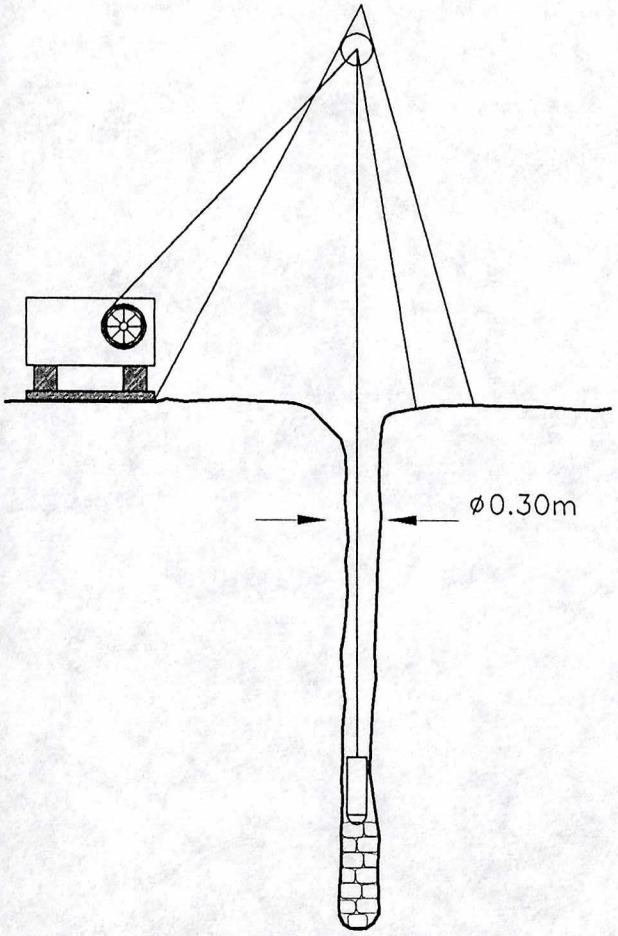
erminación

CONSTRUCC

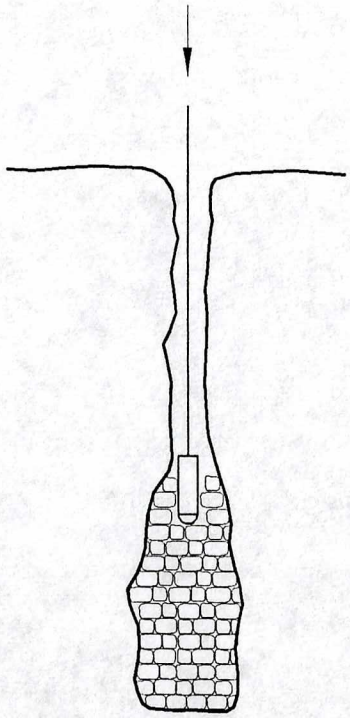
SECUENCIA DE

FIGURA 10-21

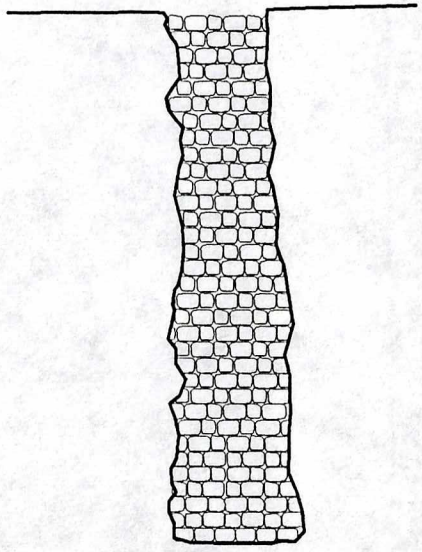
INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES



1– Prebarrenado con equipo de percusión y lavado que utilice trépano para bloques rocosos y broca helicoidal ø0.30 m para suelos areno–arcillosos con grava.



2– Golpeado del relleno de piedra con el trépano o con pison de tubería metálica accionado con el equipo de percusión.



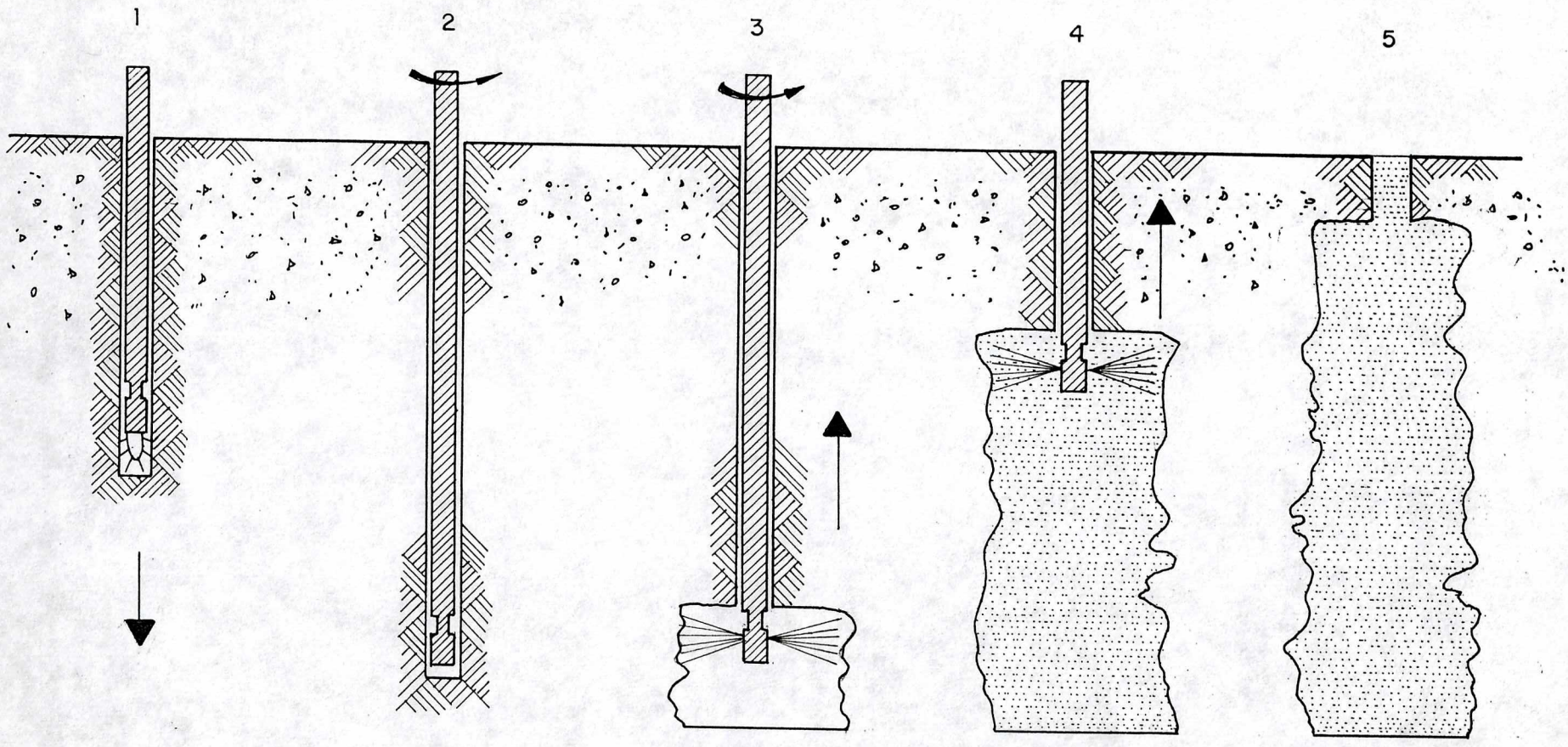
3– Columna de piedra termidada.

CONSTRUCCION SIMPLIFICADA DE COLUMNAS DE PIEDRA

FIGURA 10–22

000163

ARCHIVO: C:\TRABAJOS\1787\FIGURAS\FIG10–22.DWG



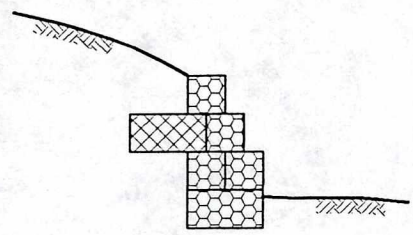
1– INICIO DE LA PERFORACION
2– FIN DE LA PERFORACION
3- INICIO DE LA INYECCION LATERAL
4- INYECCION ASCENDENTE
5- FINAL DEL PROCESO

SECUENCIA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE INYECCIONES

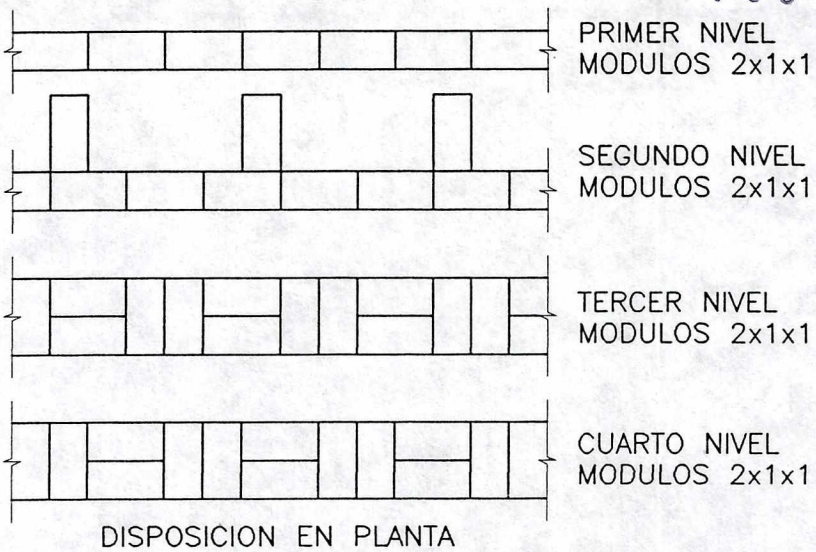
0001610

FIGURA 10.23

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

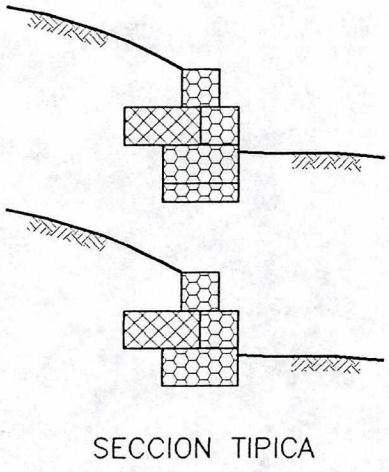


SECCION TIPICA

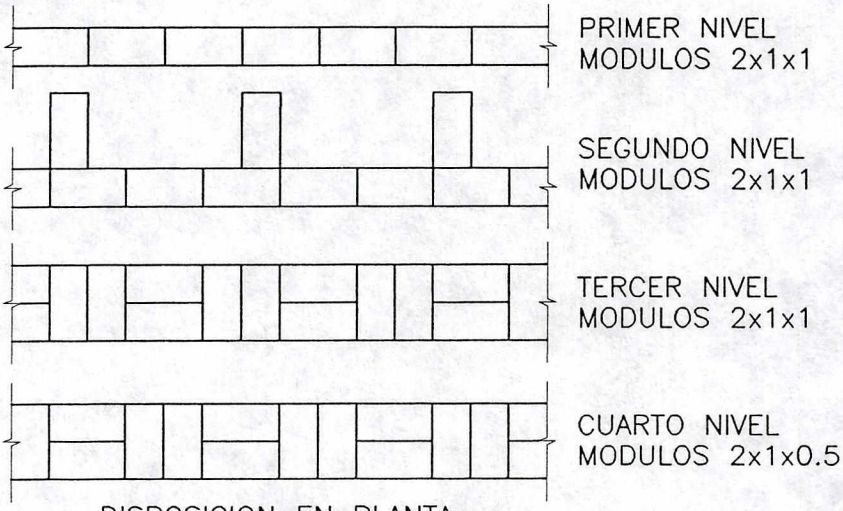


DISPOSICION EN PLANTA

A– ALTURA TOTAL 4m

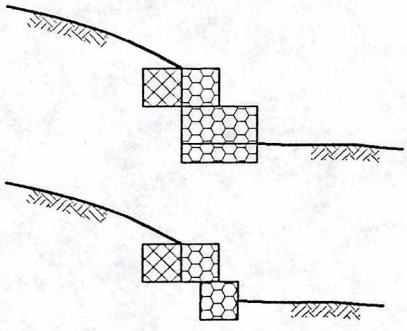


SECCION TIPICA

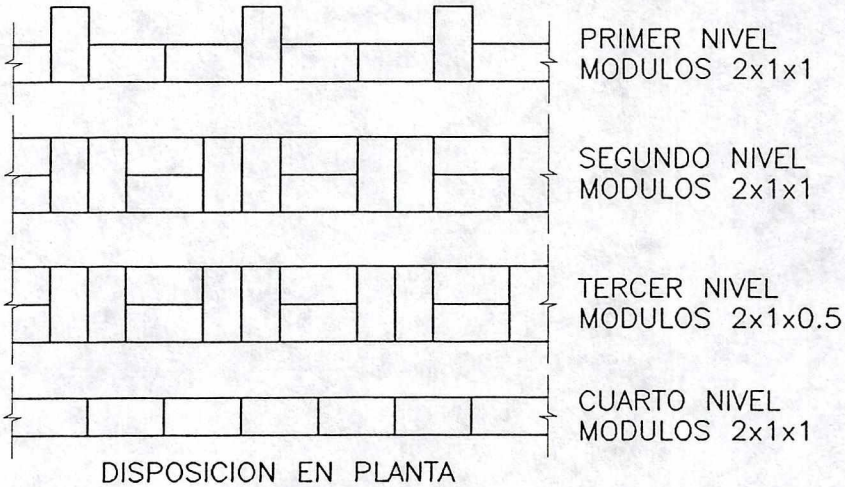


DISPOSICION EN PLANTA

B– ALTURA TOTAL 3 Y 3.5m



SECCION TIPICA

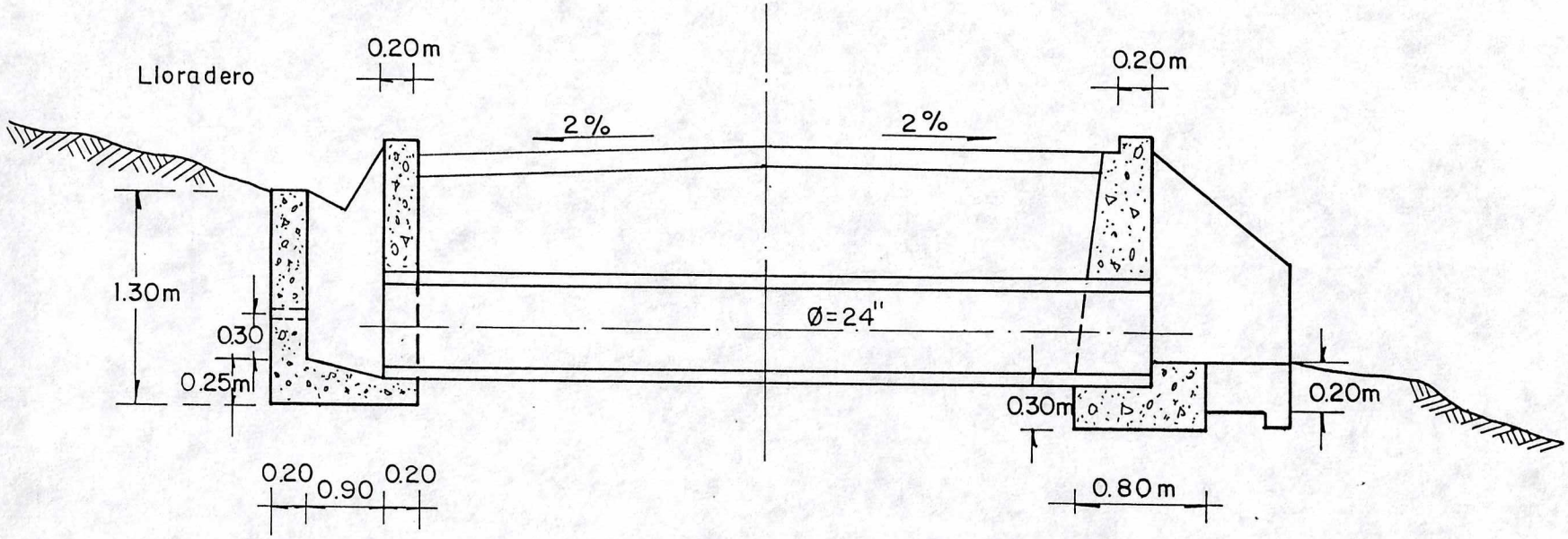


DISPOSICION EN PLANTA

C– ALTURA TOTAL 2 Y 2.5m

DISEÑO TIPICO DE MUROS DE GAVIONES

FIGURA 10.24



DETALLE DE LA ALCANTARILLA DE PASO

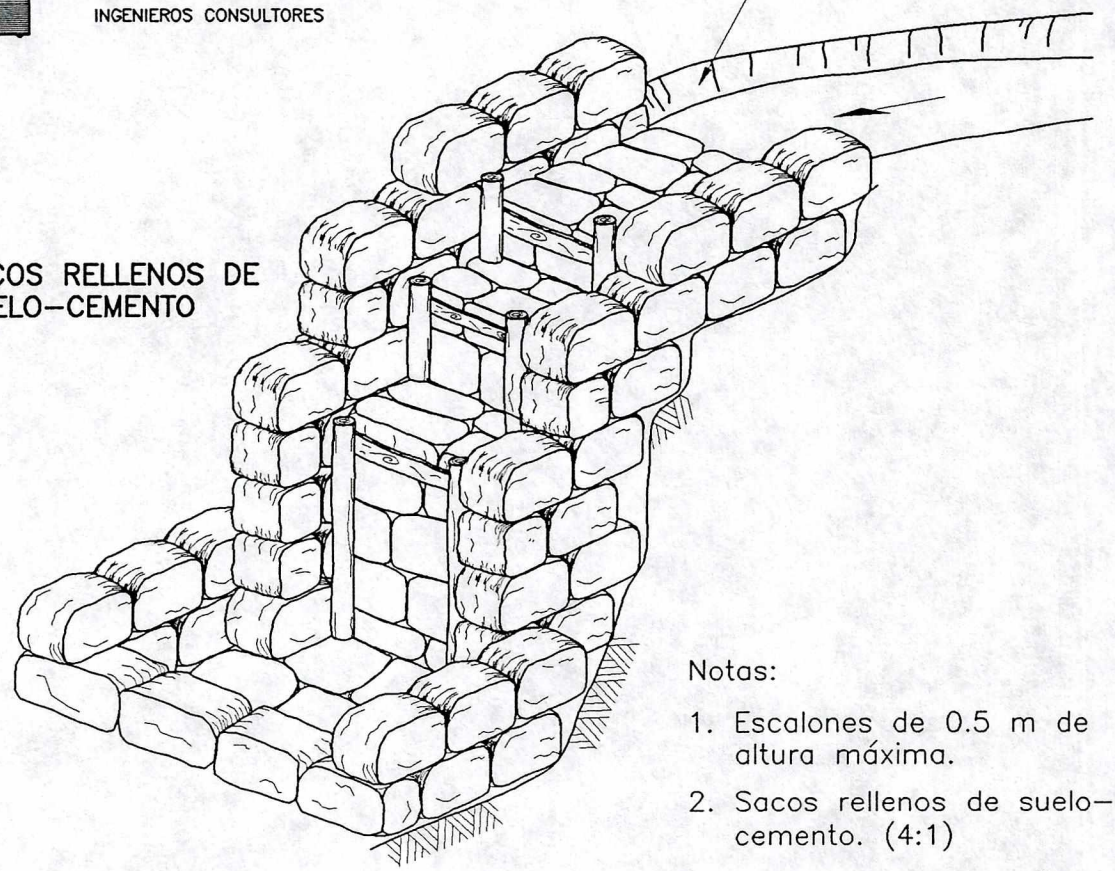
ESCALA 1: 50

000166

FIGURA 10-25

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

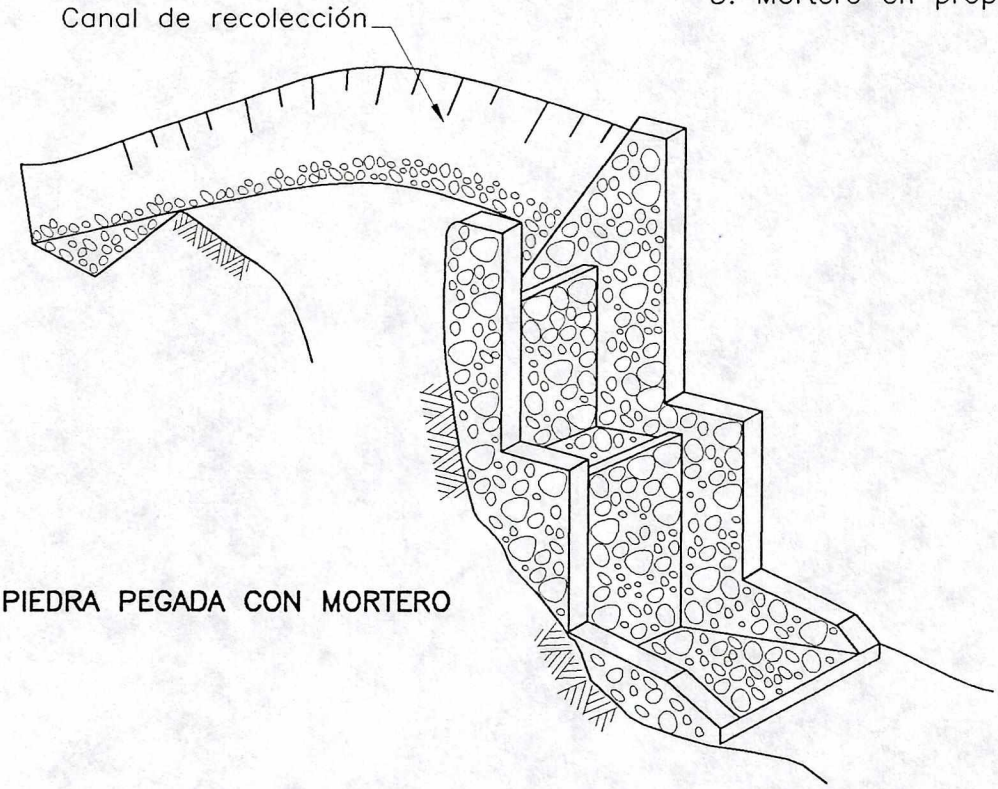
000167



SACOS RELLENOS DE SUELO–CEMENTO

Notas:

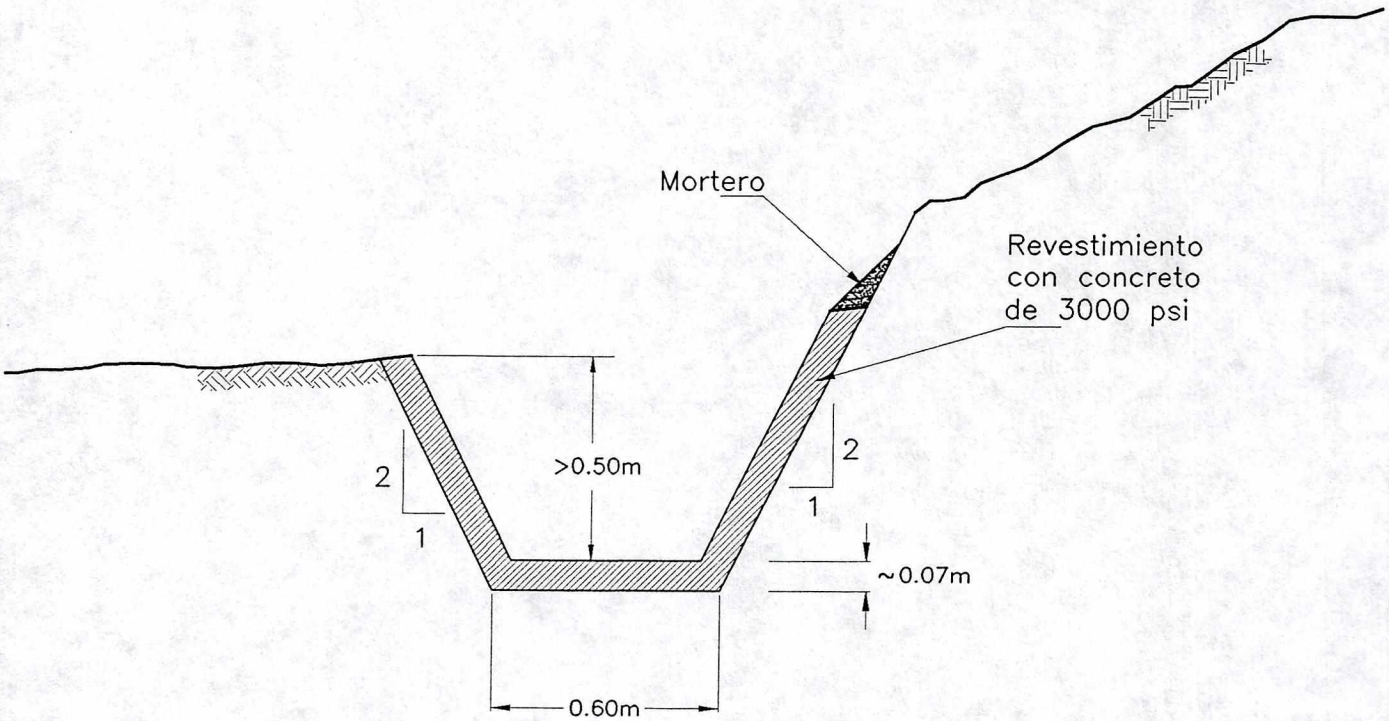
1. Escalones de 0.5 m de altura máxima.
2. Sacos rellenos de suelo–cemento. (4:1)
3. Mortero en proporción 1:3



PIEDRA PEGADA CON MORTERO

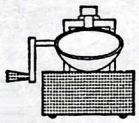
MODULO TIPICO DE UN DESCOLE

FIGURA 10-17



CANAL COLECTOR REVESTIDO CON CONCRETO

FIGURA 10.8



XI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. ASPECTOS SOCIALES Y AMBIENTALES

1.1 Crecimiento urbano incontrolado:

El crecimiento desmesurado de una ciudad como Santafé de Bogotá, en las últimas seis décadas, ha hecho que ésta se haya desbordado en cuanto a la posibilidad de respuesta que debieran tener las administraciones distritales, viendo surgir barrios aferrados a las montañas sobre zonas con serias amenazas por fenómenos de remoción en masa, o localizados en terrenos inundables, en donde sus habitantes carecen de todo aquello que caracteriza la razón de ser de una ciudad.

El proceso de desarrollo urbano incipiente se aceleró a finales de los años sesenta con la proliferación de urbanizadores piratas que lograron captar la migración campesina, sobre los terrenos montañosos, no aptos para la agricultura. Estos desarrollos clandestinos de invasión han ocupado las partes más altas del sur de la ciudad, conformando un cordón tugurial alrededor de sectores en largo proceso de consolidación.

1.2 Consideraciones socioeconómicas y ambientales:

La ocupación clandestina por su situación de ilegalidad ha generado un desarraigo de sus habitantes, de origen campesino afectados por procesos de violencia y acentuado por la habitualidad de la ausencia del estado en la solución conjunta de sus condiciones mínimas de subsistencia. Aunque la especulación de la tierra es generalizada, dada la limitación del potencial de las áreas suburbanas, este mercado sigue siendo el menos oneroso y por lo tanto el más atractivo para los grupos de escasos recursos económicos.

Esta ocupación desmesurada del espacio suburbano, sin ningún tipo de planeación urbanística, ni de solución de las necesidades básicas, genera una rápida transformación del paisaje natural, en detrimento del medio ambiente y la calidad de vida de sus habitantes.

El nivel de arraigo de la comunidad residente en los barrios estudiados no está ligado a lazos de solidaridad barrial ni de amistad sino que está directamente relacionado con la posibilidad de tener una vivienda propia. Para la gran mayoría de los propietarios es la primera vez que logran adquirir un terreno propio.

Aunque se tiene incidencia de dos factores de riesgo, los deslizamientos y las inundaciones, la población residente, en general, considera que el problema se soluciona realizando actividades de remoción de tierras, construyendo muros de contención y canalizando las corrientes de agua. Se agrega de nuestra parte que estas obras de mitigación a las cuales llegan integrantes de la comunidad de manera intuitiva, hacen parte del conjunto de obras preventivas y correctivas resultante del estudio y descrito en el capitulo IX.

No se contempla por los habitantes la posibilidad de reubicación como factible, por cuanto carecen de los medios y el respaldo económico para asumir una deuda de

vivienda. De otra parte esta dicha posibilidad está asociada con la arraigada tradición del estado paternalista, que en contraprestación debe ofrecer condiciones superiores sin remuneración monetaria adicional.

Se observó como constante en la mayoría de los entrevistados la falta de confianza en las acciones institucionales, pues consideran que todas las propuestas de solución son falsas promesas,

Como factor que favorece una posible negociación, se debe tener en cuenta el hecho de que la mayoría de las viviendas están ocupadas por sus propietarios que en este momento son los directamente involucrados en el problema. Sería mucho más complicado entrar a tratar con la cadena de arrendatarios, subarrendatarios, inquilinos, invasores y finalmente con los propietarios.

Se deben involucrar para cualquier acuerdo a los representantes de Juntas de Acción Comunal ya que la población tiene confianza en ellos y cree en sus acciones al nivel de barrios.

1.3 Principio de respuesta institucional:

Las autoridades de la ciudad de Bogotá, hoy día como Distrito Capital, a través de diversos organismos han planteado y desarrollado con logros de magnitud variable, diversos programas de ordenamiento, control y mejoramiento de la situación descrita. En la actualidad las políticas y programas con estos propósitos se centran en el Plan de Desarrollo Económico, Social y de Obras Públicas 1998 - 2001, "Por la Bogotá que queremos", aprobado mediante Acuerdo No. 06 de 1998, en el cual se define como una de sus prioridades la "Ciudad a escala humana" para "recuperar el espacio público en donde se comparte socialmente la ciudad y devolver un elemento primario al hombre para que pueda iniciar un proceso de resocialización con el entorno y con sus conciudadanos. Se trata de reubicar el centro conceptual de la ciudad en el ser humano y fundar parte de las bases para recomponer la vida en común en Bogotá. De esta manera se volverá a tener una ciudad que invite a niños, jóvenes, ancianos y adultos a disfrutar y a vivir en ella. Una ciudad con parques y áreas verdes que posibilite y optimice el uso del tiempo libre de los ciudadanos, estimule la convivencia civilizada, fortalezca la amistad entre vecinos, mejore la seguridad ciudadana, promueva y fomente la cultura del cuidado y mantenimiento del espacio público por parte de los ciudadanos y ofrezca una mejor calidad de vida a todos sus habitantes" (Artículo 13).

El diagnóstico general de la situación de los parques en la ciudad de Santafé de Bogotá, indica un claro déficit cuantitativo en área de parque por habitante (6.00 m²), en relación con lo aprobado en el Artículo 14, del Decreto 1504 de 1998, que reglamenta el manejo del espacio público en los Planes de ordenamiento territorial, que "considera como índice mínimo de espacio público efectivo, para ser obtenido por las áreas urbanas de los municipios y distritos dentro de las metas y programas de largo plazo establecidos por el Plan de ordenamiento territorial, un mínimo de 15 m² por habitante, para ser alcanzados durante la vigencia del plan respectivo". Así mismo, el Artículo 6 del mencionado Decreto, ordena que "el espacio público debe planearse, diseñarse, construirse y adecuarse de tal manera que facilite la accesibilidad a las personas con movilidad reducida, sea ésta temporal o permanente, o cuya capacidad de orientación

se encuentre disminuida por la edad, analfabetismo, limitación o enfermedad, de conformidad con las normas establecidas en la Ley 361 de 1997".

Es importante mencionar que el éxito de estas acciones encaminadas a la apropiación social de espacio público por parte de los ciudadanos, deberá ser acompañado de un efectivo cambio en la estructura socioeconómica de la población que permita el desarrollo cultural y físico de sus habitantes, en un ambiente urbano que le garantice unas condiciones mínimas de bienestar humano.

Por otra parte, resultan de importancia fundamental para alcanzar los propósitos de un plan como éste las actividades de la UPES en la atención, manejo y mitigación de situaciones de amenaza por eventos naturales, con fuerte componente antrópica en las condiciones marginales de segmentos de la población como los aludidos en las secciones 1.1 y 1.2, a través de estudios de riesgos como el aquí desarrollado, y las actividades del DAMA en torno al mejoramiento del medio ambiente o las de la EAAB en la necesarísima dotación de infraestructura sanitaria y el suministro de agua de la calidad requerida para el consumo humano.

2. ASPECTOS GEOLOGICOS Y GEOMORFOLOGICOS

La mayor parte de los problemas observados en el área de La Carbonera son producidos por un manejo deficiente de agua potable y residual debido a los escapes y fugas que aportan agua junto con las lluvias que caen en la ladera. La falta de alcantarillado hace que los vecinos viertan las aguas negras en los antiguos cauces de la Carbonera y la quebrada Rosales y en zanjas ocasionales abiertas a lo largo de las calles.

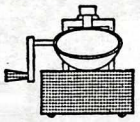
Como resultado de este manejo se está produciendo erosión laminar y especialmente surcos de erosión algunos de los cuales ya han evolucionado a cárcavas y se propicia la infiltración. Tanto las aguas lluvias como las aguas negras llegan a las zonas inestables tendiendo a saturar la masa de estas zonas.

Por otra parte el desconfinamiento lateral producido al extraer material de la antigua cantera hizo que la masa de arenitas que se mostraba muy estable presente diaclasamiento abierto tendiendo a generar bloques sueltos y posteriormente caída de bloques como se observa en el barrio Los Pinos, y originó el deslizamiento traslacional de losas (rocosas) que según nuestro estudio incide en la inestabilidad de la zona J, afectando los barrios San Antonio y Carbonera II.

3. RESULTADOS DE EVALUACION DE AMENAZAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

En el capítulo VII se hizo el análisis de amenaza por fenómenos de remoción en masa cuyos resultados se plasmaron en el Plano 12. El análisis de vulnerabilidad se presentó en el capítulo VIII y en el plano 15. Finalmente el análisis de riesgo se condensa en el capítulo VIII y en el plano 17.

La comparación de los planos mencionados con la realidad del área estudiada, desde los puntos de vista de inestabilidad activa y potencial, y de mecanismos y factores de amenaza, lleva a la conclusión de que dichos análisis son acertados, o sea que los criterios de ponderación y evaluación de los diversos factores se consideran apropiados.



El resultado final indica que el área de estudio se encuentra en condiciones muy desfavorables, con varios sectores realmente críticos.

Una solución extrema pero muy simplista dentro de un estudio de riesgos, como el ejecutado, consistiría en la evacuación general de los habitantes de las zonas de riesgo alto y medio que abarca prácticamente la totalidad del área estudiada. En el otro extremo se tendría la estabilización definitiva y duradera de todas las zonas de amenaza alta y media, lo cual significar´pia implantar obras de gran magnitud y de un costo extraordinario, con el agravante de que en rigor no es posible garantizar la total eficiencia de esas obras, máxime que el área queda de todas maneras expuesta al riesgo sísmico. Teniendo esto en cuenta se planteó una solucion intermedia que se desarorolló en el capitulo X y el plano 18, la cual comprende 18 a 20 tipos de obras localizados y distribuidos convenientemente en las diversas zonas, y que pretenden mitigar en algún grado la amenaza por fenómenos de remoción en masa.

Las obras planteadas que inlcuyen la evacuación de habitantes de las zonas más críticas (ver el Cuadro 11-1) y la demolición de las viviendas allí construidas alcanzan un costo de unos 5730 millones de pesos (ver el Cuadro 11-2).

La UPES podrá analizar si emprende un programa general de estabilización como el propuesto en el capítulo X y en el plano 18, o si combina la evacuación de los sectores más críticos con un programa intermedio de obras en varios sectores, esto último con la colaboración de otras entidades distritales. Como colaboración en este sentido, se incluye en el numeral siguiente una propuesta simplificada de acción.

4. PROCEDIMIENTO MÍNIMO RECOMENDADO PARA MITIGACION DE AMENAZA EN ZONAS MAS CRITICAS

Entre las acciones que se pueden ejecutar con mayor prontitud se tienen las siguientes:

- Reparación y manejo eficiente de las líneas de agua potable evitando fugas y pérdidas de caudal.

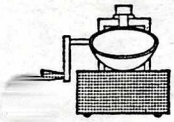
- Manejo de aguas negras por medio de ductos de PVC en tal forma que se puedan prevenir fugas y escapes al suelo y a la masa rocosa.

- Manejo de aguas de escorrentía por medio de canales revestidos para evitar fugas y saturación de zonas inestables.

- Drenaje de las masas en deslizamiento que se presentan en el área. Previamente debe efectuarse el sellado de grietas de tracción.

- Revegetalización de zonas inestables mediante el uso de especies que favorecen una alta evapotranspiración desarrollando un gran sistema radicular.

- Mantenimiento del sistema de alcantarillado del barrio La Carbonera el cual presenta fisuras y en algunos sitios vertimiento superficial.



- Ejecución de programas de divulgación de desastres naturales y promoción del civismo con el objeto de preparar a las comunidades ante una posible emergencia por fenómenos de inestabilidad.

En el Cuadro 11-3 se presenta el costo de las obras de mitigación recomendadas para el deslizamiento de Santa Viviana II, o zona L de la evaluación geomorfológica (Plano 5), asciende a la suma de 830 millones de pesos que sumada al costo de estas obras mínimas en el resto del área bien pueden llevar a un costo de 1500 millones de pesos.

Para el deslizamiento de Santa Viviana II se obtiene un factor de seguridad de 1.23 al ejecutar las obras recomendadas, el cual se considera aceptable considerando las características del área. (Ver las Figuras 11-2 y 11-3)

5. PROPUESTA DE PAISAJISMO Y MEJORAMIENTO URBANO

El área de intervención de la propuesta, en la localidad de Ciudad Bolívar está limitado físicamente por las quebradas de Rosales y la Carbonera, que forman parte del sistema hídrico natural de la ciudad, cuyas características, hoy alteradas, requieren ser recuperadas a través de un adecuado tratamiento de la ronda hidráulica, de 30 metros de ancho a cada lado del cauce y de sus zonas de manejo y preservación ambiental, de 15 metros de ancho (Acuerdo 6 de 1990). Generando la posibilidad de plantear un sistema lineal de espacio público verde continuo, de características propias, relativas a la consolidación de áreas destinadas a la recreación activa y pasiva, que tanta falta le hacen a este sector de la ciudad. Este sistema, dado su valor ecológico y ambiental es fundamental para la estructuración del espacio público de la ciudad, como elemento conector de los cerros urbanizados del sur, con el resto de la ciudad. La ausencia de parques recreativos al sur de la ciudad, coincidente con los asentamientos subnormales que concentran una alta demanda recreativa, plantea como prioridad el desarrollo de este tipo de parques.

El Acuerdo 6 de 1990, en su Artículo 89, define las rondas como bienes de uso público destinadas a la recreación pasiva. "El uso de estas áreas es el de atender el bien colectivo, estar destinadas al beneficio común y su fin principal es el de garantizar la permanencia de las fuentes hídricas naturales, debidamente integradas a la estructura urbana como elementos paisajisticos y recreativos de uso público, como parte del Plan verde inscrito en el Plan general del espacio público".

Estos elementos del sistema hídrico se han convertido con el tiempo en los desagües de la ciudad, tanto de aguas lluvias como de aguas residuales domésticas e industriales, situación que impacta de manera negativa la actitud que asumen sus habitantes hacia ellos, convirtiéndolos en áreas urbanas desaprovechadas para las actividades recreativas.

A partir del diagnóstico de la situación de riesgo que muestra la ocupación de esta extensa área y las recomendaciones geotécnicas con sus respectivas obras y adecuaciones, se desarrolló la propuesta de esquema de tratamiento paisajístico y mejoramiento urbanístico del **Parque Lineal de la Carbonera**, (ver Plano No. 19), que facilitará posteriormente, el diseño del proyecto arquitectónico y paisajístico detallado y su apropiación real por parte de las vecinos.

La idea central del proyecto de recuperación paisajística de las rondas de las quebradas de Rosales y la Carbonera es de **APROPIACIÓN SOCIAL.** La propuesta de diseño urbano intenta motivar a sus habitantes a cambiar la actitud actual de, dar físicamente la espalda a las quebradas, situación que es notoria hoy, convirtiéndola en una zona subutilizada y no tenida en cuenta para su uso permanente.

Por lo tanto, se busca acentuar un recorrido principal cotidiano a lo largo de este Parque Lineal, articulando actividades de recreación pasiva a lo largo de la ronda y actividades de recreación activa en las áreas aledañas a ésta. Como parte fundamental del éxito de la propuesta, es indispensable buscar la descontaminación de las aguas de las quebradas, que hagan el lugar más amable y propicio para los habitantes que busquen mejorar su calidad de vida y desarrollar allí actividades de esparcimiento o simplemente disponer de un paisaje más agradable en su propio barrio, a lo largo de su recorrido diario.

Se proponen los componentes de diseño de espacio público urbano y amoblamiento, dentro de un planteamiento integral de desarrollo sostenible que permite la utilización de la obras de estabilización geotécnica como áreas peatonales y verdes recreativas, tendientes a su recuperación ambiental y paisajística, como parte de la estructura verde del espacio público de la ciudad. La propuesta de diseño plantea como elemento constitutivo la recuperación de la ronda de las quebradas, a través de un tratamiento paisajístico de ésta y el área de manejo ambiental, complementada con un sendero peatonal, el cual a lo largo de su recorrido determina la unión tangencial de la plaza principal, las pequeñas plazoletas en el remate de las vías existentes como elemento articulador con la trama urbana, los miradores y el parque infantil, como componentes espaciales generales del parque lineal, involucrando las áreas disponibles. Se propone para el mejoramiento urbanístico del sector, el tratamiento en piso duro con adoquín de arcilla, de algunas de las vías que el proyecto considera de vital importancia para la consolidación e identificación urbana de esta nueva área recreativa, ver plano. El parque contará con un equipamiento mínimo, conformado por elementos complementarios de ambientación : postes de iluminación, luminarias peatonales, protectores y rejillas de árboles ; de aseo : canecas para reciclar basuras; de servicio : casetas de ventas y teléfonos públicos ; de información : señalización, carteles de información y mensajes educativos ; de recreación : rutas de ejercicios físicos, juegos para adultos y juegos infantiles ; de seguridad : barandas, pasamanos e hidrantes ; y de amoblamiento : bancas, reloj, murales y esculturas.

Es fundamental para el logro del objetivo, involucrar a la comunidad en todas las etapas del diseño posteriores a este primer esquema incluido en el estudio. Dicho esquema deberá ser presentado a la comunidad directamente beneficiada y se deberán buscar los mecanismos de participación que permitan involucrar a todos los sectores de la población, en un efectivo proceso de apropiación social del espacio público.

Se debe desarrollar un trabajo previo en la comunidad que les haga comprender el valor del espacio público, como un patrimonio de todos. La delimitación del área de influencia directa del proyecto, será fundamental para discriminar las áreas del proyecto de acuerdo con la composición familiar por edades, respondiendo en el diseño definitivo a cada una de ellas, bajo el concepto de arraigo a la localidad, dentro de un parque de barrio.

Como recomendación final, es muy importante dar una solución que permita garantizar el mantenimiento del parque en el futuro, posterior a la terminación de la obra que impida su deterioro en el tiempo, para lo cual es indispensable lograr que se involucre a la comunidad beneficiada, desde la etapa de diseño del proyecto.

6. ASPECTOS ESTRUCTURALES – REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD FISICA DE EDIFICACIONES

Luego de evaluar los resultados de las encuestas hechas en el barrio y con base en las visitas realizadas, así como en la evaluación de vulnerabilidad física, se pretende mejorar el comportamiento y funcionamiento de los diferentes tipos de viviendas, ante los requerimientos de cargas gravitacionales y, en alguna medida, ante un sismo.

Se tiene como premisa que el suelo que recibe las cargas es competente para dicho fin, es decir, construir estas mejoras en zonas de deslizamiento activo sería infructuoso, ya que el movimiento del suelo impediría el funcionamiento de cualquiera de los sistemas estructurales.

Dadas las características de las viviendas, debe evitarse acudir a obras técnicamente complicadas, ya que sus precios de ejecución desvirtuarían el objetivo de las mismas.

Desde el punto de vista estructural se han definido dos grandes grupos de viviendas que abarcan los distintos tipos de construcciones: en caso de que una alternativa de construcción no se ajuste en su totalidad a uno de estos grupos, se procurará construir las obras faltantes para lograr el objetivo de la mejora estructural.

1. Casas de estructura rígida: son aquellas de uno o dos pisos que cuentan con cimiento corrido de concreto reforzado por debajo de los muros del primer piso y que reciben las cargas verticales de los muros y de la placa del segundo piso y/o la cubierta. Tienen machones de concreto reforzado o columnas de confinamiento de concreto reforzado continuas desde las vigas de cimentación hasta la cubierta de la casa (liviana o placa) y vigas de concreto reforzado en cada nivel estructural y en las dos dimensiones ancho y largo y, además, en el segundo piso y/o cubierta.

2. Casas de estructura flexible: son aquellas de un piso que cuentan con marcos de madera conformados por columnas y vigas a nivel de cubierta, que es liviana, con entramado de madera y tejas livianas.

Para las casas de estructura rígida en la Figura 11-1 se presenta un esquema general de una estructura con propiedades aceptables para comportarse adecuadamente ante un sismo.

Para las casas con estructura flexible, recomendamos como medida urgente y primaria, asegurar muy bien la cubierta con puntillas, pequeños ángulos metálicos en "L" o sistemas equivalentes. Es claro que en algunas viviendas éste vínculo marco-cubierta es débil y precario. En un futuro estas estructuras deberían cambiarse por otras (rígidas o flexibles) pero que respondan a unos principios elementales de construcción.

Se llama la atención en el sentido de que con estas recomendaciones no se cumplen a cabalidad las normas de construcciones sismoresistentes NSR-98 ya que demandarían

obras costosas, pero si se están señalando intervenciones en las viviendas para mejorar sustancialmente su funcionamiento, siempre de acuerdo con principios válidos de ingeniería estructural.

7. RECUPERACIÓN VEGETAL

En el proceso de recuperación vegetal cuando se ha perdido la capa orgánica del suelo se hace necesario la utilización de especies de tipo herbáceo, de ciclo de vida corto, de rápido crecimiento, buenas competidoras y que alcancen un buen cubrimiento del suelo en poco tiempo, con lo que se logra una protección superficial del suelo al efecto del agua lluvia.

Adicionalmente, se hace indispensable la siembra de especies arbóreas y arbustivas, cuyo ciclo de vida es mas largo, con crecimiento mas lento pero que le confieren al sistema mayor estabilidad. Con ellas se logra la interceptación del agua lluvia con su copa y el mejoramiento de la infiltración del suelo por el crecimiento radicular, que a la vez actúa como "amarre" de los agregados del suelo a mayor profundidad que en el caso de las herbáceas.

7.1 Especies recomendadas

Cuando se inicia un proceso de revegetalización es conveniente utilizar especies adaptadas a las condiciones ambientales imperantes en el sitio a recuperar, por lo que se recomienda el uso de especies relacionadas en la siguiente lista.

Estrato herbáceo:

Nombre científico	Nombre común	Forma de propagación
Pennisetum clandestinum	kikuyo	Semilla, estolón
Holcus lanatus	falsa poa	semilla
Agrostis alba	agrostis cundidora	semilla
Avena sativa	avena forrajera	semilla
Bromus catharticus	pasto rescate	semilla,
Trifolium pratense	trébol rojo	semilla, estolón
Trifolium repens	trébol blanco	semilla, estolón.

Estrato arbustivo:

Nombre científico	Nombre común	Forma de propagación
Dodonea viscosa	hayuelo, chanamo	semilla
Cytissus monspessulanus	retamo liso	semilla
Ulex europaeus	retamo espinoso	semilla
Bacharis bogotensis	ciro	semilla,
Bacharis microphyla	chilco	semilla
Arundo donax	cañabrava carrizo, lata	tallo y raíz

Estrato arbóreo:

Nombre científico	Nombre común	Forma de propagación
Acacia meamsii	acacia negra	semilla, planta de vivero
Acacia melanoxylon	acacia japónica	semilla, planta de vivero
Albizia lophanta	acacia bracatinga	semilla, planta de vivero.

Este material es de fácil acceso en el mercado de semillas o en viveros comerciales.

7.2 Siembra

Es preferible que las semillas de herbáceas y arbustivas sean mezcladas y se deben tratar con un fungicida protector de nombre comercial Vitavax, formulado en polvo, que previene la pérdida de material por ataque de hongos.

La siembra se debe realizar preferiblemente en fajas de 1,0 m de ancho, distanciadas a 5 m siguiendo las curvas de nivel, cortando la pendiente, al voleo o en surcos dentro de la faja.

La densidad de siembra recomendada es de 4,0 kg/ha, lo cual corresponde a menos de 1,0 g/m² (son muy livianas). Para mejorar el manejo y distribución de la semilla se puede mezclar con material inerte como la cascarilla de arroz o aserrín grueso.

Los árboles deben tener mínimo 0,5 m al momento de la siembra, la que se realizará formando barreras, siguiendo las curvas de nivel, entre las fajas de herbáceas, con distancias de 3.0 m entre plantas y teniendo en cuenta que los árboles no hagan fila en el sentido de la pendiente, sino que asemeje al método de siembra tresbolillo.

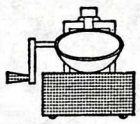
Para manejo de las plantas, los árboles deben ser propagados preferiblemente en viveros, en bolsas plásticas negras, que serán desechadas al momento de la siembra y plantados en hoyos con una profundidad de 50 cm, y diámetro de 50 cm, picando el fondo para "aflojar" el suelo y evitar desviación de raíces.

La estabilidad del sistema es mayor cuando aumenta la diversidad, por lo que se recomienda hacer una mezcla de semillas de más de seis especies de las recomendadas en los estratos herbáceo y arbustivo y siembra de árboles de las tres especies mencionadas, logrando una composición florística variada:

7.3 Adecuación de suelos

Por las características físico-químicas de los suelos se hace necesario un plan de adecuación de suelos con preparación (arado manual) y fertilización, al momento de la siembra que corrija la mala estructura y el bajo contenido de nutrientes, por lo menos en la etapa inicial, de establecimiento vegetal.

La preparación del suelo consiste en aflojar los terrones por medio de arado manual con herramientas de jardín (azadón, picas, rastrillos). Además, los niveles de fertilización requeridos para el establecimiento exitoso de la vegetación en las condiciones químicas de



los suelos del sitio, se logran con aplicaciones de 50 kg de fósforo/ha, 30 kg/ha de potasio, 20 kg/ha de magnesio y 200 kg/ha de nitrógeno.

Lo anterior se cumple incorporando, en el momento de la preparación del suelo, cal dolomítica 100 kg/ha y 200 kg/ha de fertilizante compuesto 10-30-10; en términos generales tendríamos:

Fertilizante	Dosis/ha	Dosis/m²
Cal dolomítica	100 kg	10 gramos
Compuesto 10.30-10	200 kg	20 gramos

En el caso de los árboles, la dosis de fertilizante por árbol es de 20 gr de cal dolomítica y 40 gr de fertilizante compuesto, realizando una mezcla con el suelo y llenando el hoyo alrededor de la raíz, primero con una capa de suelo, luego con una capa de mezcla con fertilizante y rematar con otra capa de suelo.

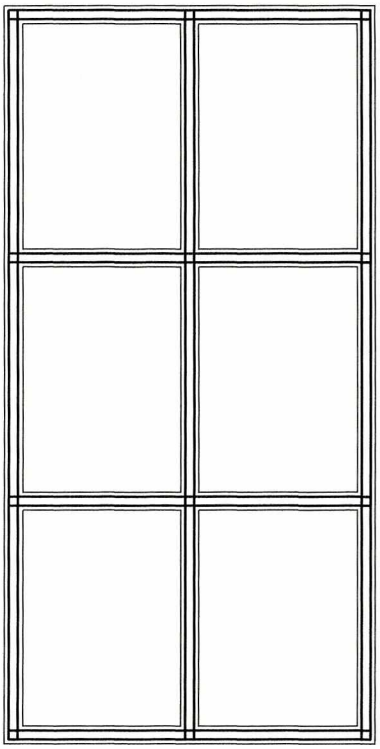
Dado que en varias trincheras se aprovechó la existencia de afloramientos y escarpes en el área, se considera que la mayoría de éstas ofrecen una buena oportunidad de convertirlas en puntos de observación para seguimiento futuro de los procesos de inestabilidad, mediante instrumentación sencilla y poco costosa.

Santafé de Bogotá, Septiembre 9 de 1999.

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.

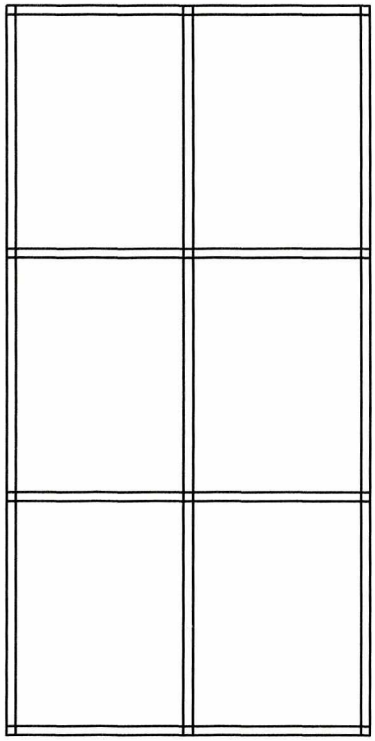
Ing. MANUEL GARCIA LOPEZ
Director del Estudio.

CARB11CONCLUSIONES.DOC
Revisado: HEA, Septiembre 9/99.



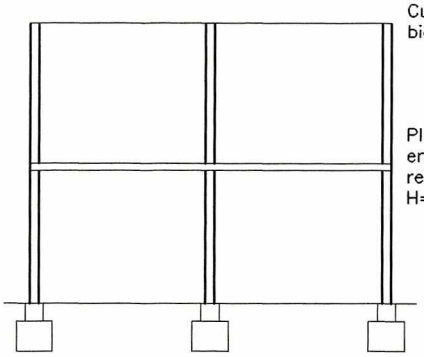
Machones de confinamiento de 15x15
Muros de carga de 15 cm
Vigas de cimentación de 30x30
Concreto ciclópeo

PLANTA DE CIMENTACION

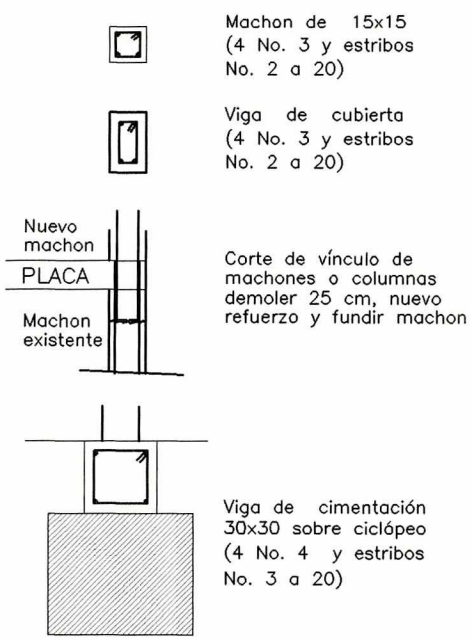


Machones de confinamiento de 15x15
Muros de carga de 15 cm
Vigas de cubierta de 15x15

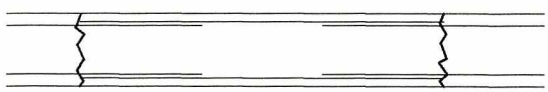
PLANTA DE CUBIERTA



FACHADA PRINCIPAL



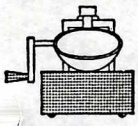
Vínculo horizontal de vigas
aereas o cimentación.
Trincheras de 1.50 m
y traslapos de 0.50 m



DETALLES CONSTRUCTIVOS

MEJORAMIENTO DE CONDICIONES ESTRUCTURALES

FIGURA 11–1



CONTENIDO DE ESPECIFICACIONES

	PÁGINA
CAPITULO 1 TRABAJOS PRELIMINARES	D- 1
CAPITULO 2 EXCAVACIONES	D-2
CAPITULO 3 CONCRETOS	D-6
CAPITULO 4 CANALES DE RECOLECCION	D-12
CAPITULO 5 MURO DE GAVIONES	D-12
CAPITULO 6 EMPRADIZACION Y ARBORIZACION	D-15
CAPITULO 7 SELLADO DE GRIETAS	D-16
CAPITULO 8 RECONFORMACION DEL TERRENO	D-16
CAPITULO 9 FILTROS	D-18
CAPITULO 10 TRINCHERAS DRENANTES	D-20
CAPITULO 11 DRENES HORIZONTALES	D-22
CAPITULO 12 COLUMNAS DE GRAVA	D-24
CAPITULO 13 INYECCIONES A PRESION	D-26
CAPITULO 14 COMPACTACION DINAMICA	D-27
CAPITULO 15 PILOTES DE MADERA	D-29

UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS DEL DISTRITO - UPES

ESTUDIO GEOTECNICO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CONSTRUCCION

CAPITULO 1

TRABAJOS PRELIMINARES

1.1. Alcance del Trabajo

De acuerdo con las especificaciones contenidas en este capítulo, el CONTRATISTA debe realizar por su cuenta las siguientes actividades, y el costo de ellas debe estar incluido en los precios unitarios.

a) Hacer por su cuenta y riesgo el suministro y la movilización permanente a los sitios de las obras, de todo el personal que se requiera para la correcta ejecución de ellas, así como el suministro de todos los equipos, herramientas, transportes y demás recursos que sean necesarios para realizar los trabajos.

b) Planear, construir y mantener en buen estado las instalaciones temporales que se requieran para alojamientos, depósitos, oficinas, así como las respectivas demoliciones de estas obras que deban realizar al finalizar los trabajos y la limpieza y organización de las áreas que hubiere ocupado.

c) Efectuar el pago de Impuestos, Pólizas de Seguros y demás gastos que sean por cuenta del CONTRATISTA para la legalización del contrato.

d) Negociar a su nombre y pagar los derechos de paso a los propietarios de los predios que deba cruzar para llegar a los sitios de las obras, así como los daños que llegare a causar durante la construcción de los trabajos. Igualmente quedan incluidos dentro de este literal los costos de todos los permisos, para la utilización de fajas o áreas que, para la realización de estos trabajos, tenga que ocupar el CONTRATISTA. Al finalizar los trabajos debe el CONTRATISTA presentar los Paz y Salvos correspondientes.

   Antes de iniciar los trabajos debe hacer un registro fotográfico del terreno y se determinará el uso del suelo, de lo cual se suscribirá un acta con el propietario del predio.

e) Ejecutar todos los montajes que se requieran para la correcta construcción de las obras y luego, al finalizar el trabajo, retirarlos dejando las áreas ocupadas limpias y ordenadas.

f) Los trabajos se deben realizar conforme a los diseños de construcción dados por la Interventoría, los cuales solo podrán ser modificados por ésta.

g) Equipos y métodos de construcción: tanto los equipos como los programas y métodos de construcción deben ser previamente aprobados por el Interventor.

h) La desmovilización debe efectuarse inmediatamente se terminen los trabajos tomando todas las precauciones necesarias para evitar daños tanto a las obras como a los terrenos por donde se pase. Cualquier daño causado debe ser reparado por el CONTRATISTA, o su valor se descuenta de las sumas que se le adeuden o con cargo a la póliza de cumplimiento.

i) Las basuras provenientes de los campamentos, así como los desperdicios de los refrigerios y comidas del personal en el frente de trabajo u otros residuos sólidos, se deben disponer en rellenos sanitarios.

Si durante el transcurso del trabajo, se observan deficiencias o mal funcionamiento del equipo utilizado por el CONTRATISTA, el Interventor podrá ordenar que sean retirados o reemplazados los elementos deficientes.

CAPITULO 2

EXCAVACIONES

2.1. Generalidades

Esta parte comprende el suministro de toda la mano de obra, plantas, equipos, materiales y la ejecución de todos los trabajos necesarios para llevar a cabo las excavaciones en corte abierto o la remoción de rellenos requeridos por la obra y el transporte de los materiales excavados, incluyendo la distancia de acarreo libre.

Dentro de los trabajos para la ejecución de las excavaciones se incluyen los siguientes conceptos:

- Manejo del agua superficial y subterránea durante todo el proceso de construcción.
- Remoción de derrumbes y suministro de la mano de obra, herramientas y materiales para la reconstrucción de cualquier soporte lateral para garantizar la estabilidad de los taludes de las excavaciones.
- Remoción y retiro de rellenos.
- Disposición de materiales en botaderos.

Las excavaciones se debe ejecutar de acuerdo con los lineamientos y dimensiones indicadas en los diseños u ordenados por el interventor. El CONTRATISTA no debe excavar más allá de las líneas y pendientes indicadas por la interventoría. Cualquier excavación (sobreexcavación)

hecha por fuera de las líneas y pendientes ordenadas y que el CONTRATISTA lleve a cabo por cualquier propósito o razón u ocurra por cualquier otra causa, es por cuenta del CONTRATISTA, aunque haya sido aprobada por la INTERVENTORIA.

Si en opinión de la INTERVENTORIA dicha excavación debe rellenarse a fin de completar la obra, el relleno correspondiente previamente aprobado por la INTERVENTORIA, debe ser realizado por cuenta del CONTRATISTA y a satisfacción de la INTERVENTORIA.

El CONTRATISTA debe adoptar los métodos de excavación y las precauciones que sean necesarios para obtener superficies excavadas que sean regulares y estables y que se ajusten a las dimensiones requeridas.

Cuando la excavación se realice en las inmediaciones de estructuras u obras existentes o de futuras excavaciones, el CONTRATISTA debe emplear métodos de excavación apropiados y tomar las precauciones que sean necesarias para evitar que las estructuras u obras sufran daños o que se alteren las condiciones naturales del terreno donde se realicen las excavaciones futuras; cualquier daño en este sentido debe ser reparado por cuenta del CONTRATISTA a satisfacción de la INTERVENTORIA.

Si en opinión de la INTERVENTORIA los métodos de excavación adoptados por el CONTRATISTA no son satisfactorios porque ocasionan una sobre-excavación excesiva ó porque causan daños a las estructuras u obras existentes, a las excavaciones continuas, o porque no producen una superficie de excavación regular y estable aunque la INTERVENTORIA haya aprobado previamente dichos métodos, el CONTRATISTA debe adoptar las técnicas revisadas y los procedimientos que se indiquen para obtener los resultados que se requieran y, a menos que se especifique algo diferente, todos los costos en que incurra el CONTRATISTA para adoptar esas nuevas técnicas y procedimientos corren por su cuenta.

Cuando las excavaciones se ejecuten mediante el empleo de equipo mecánico se debe dejar el margen suficiente para pulir y perfilar manualmente las superficies de acuerdo con los lineamientos y dimensiones especificadas.

El CONTRATISTA debe emplear el sistema de excavación que considere conveniente previa autorización de la INTERVENTORIA, sin que de ello dependa la clasificación para efectos de pago.

El CONTRATISTA es responsable de la estabilidad de todos los taludes temporales y permanentes y debe soportar y proteger, a satisfacción de la Interventoría, todas las superficies expuestas por las excavaciones hasta la terminación de la obra; así mismo, debe evitar la contaminación del material de fundación antes de la colocación de los respectivos rellenos. Por consiguiente, asume todos los costos y riesgos por estos conceptos.

El soporte y protección incluye el suministro y remoción de todos los soportes temporales, incluyendo los entibados y acodalamientos que sean necesarios, la desviación de aguas superficiales y la remoción de aguas subterráneas de las excavaciones, y el suministro y

mantenimiento de los sistemas de drenaje y bombeo que se requieran para estabilizar los taludes y evitar que el agua penetre en las excavaciones.

Los taludes permanentes deben terminarse cuidadosamente hasta obtener superficies estables y a satisfacción de la INTERVENTORIA y las bermas se mantendrán drenadas y libres de material suelto.

El CONTRATISTA es responsable por el control, durante el período de construcción, de todos los cauces naturales y de aguas que existan en la zona de trabajo, y debe construir todos los sistemas temporales de drenaje superficial y suministrar, instalar, mantener y operar todo el equipo de bombeo así como cualesquiera otros elementos necesarios para desaguar las distintas partes de las obras, para propósitos de inspección, seguridad y cualesquiera otros motivos que la INTERVENTORIA considere justificables.

La INTERVENTORIA no aprueba la iniciación de las diferentes excavaciones si el CONTRATISTA no dispone en el sitio de tales equipos de bombeo ó si no ha controlado con la debida anticipación, a satisfacción de la INTERVENTORIA todas las fuentes de agua existente.

El CONTRATISTA debe construir y mantener todas las obras de drenaje necesarias a juicio del Interventor para protección de los taludes en las excavaciones en corte abierto. No hay pago por separado para el manejo del agua; su costo debe estar incluido dentro de los precios unitarios de los ítems que lo requieran.

2.2. Excavación en Tierra

Se entiende como tierra todos los materiales para cuya remoción sólo sea necesario utilizar equipo manual (picas y garlancha), tales como arenas, limos, arcillas, capa vegetal ó cualquiera de sus mezclas formadas por agregación natural, con piedras sueltas de diámetro hasta 15 cm. También se considera dentro de esta clasificación cualquier material que no pueda clasificarse como conglomerado o roca.

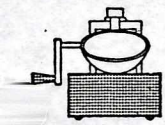
2.3. Excavaciones a cielo abierto

Incluyen:

a) Excavaciones en Zanja

Son las excavaciones ejecutadas para la construcción de trincheras, filtros, tuberías de drenaje, subdrenes, muros de contención u otras excavaciones que deban quedar bajo la superficie del terreno y que por lo tanto han de rellenarse con materiales provenientes de la misma, de otras excavaciones o con materiales seleccionados.

El CONTRATISTA debe llevar a cabo estas excavaciones en etapas, de forma que la profundidad de cada etapa no sea mayor de dos (2) m. El CONTRATISTA no puede iniciar una nueva etapa, hasta que no haya terminado la excavación total de la etapa anterior y realizado la protección primaria o definitiva e instalado los soportes tanto de los taludes temporales, como de



los permanentes. En ningún momento se permitirá que haya superficies excavadas sin protección en extensiones mayores de 20 m^2.

El CONTRATISTA debe mantener en todo momento drenada la excavación, para lo cual debe disponer en el sitio de los equipos de bombeo que sean necesarios a juicio de la INTERVENTORIA. No se permite la iniciación de la excavación si no se encuentran en el sitio los equipos de protección y de bombeo.

Si por cualquier circunstancia el CONTRATISTA suspende la excavación, el piso de dicha excavación debe protegerse por cuenta del CONTRATISTA, por los sistemas que determine la U.P.E.S.

La excavación de la zanja para tuberías de drenaje y subdrenaje debe conformarse de modo que cumpla con los lineamientos y pendientes mostrados en los planos. La zanja, ya sea en terreno natural o en terraplén, tendrá las dimensiones indicadas en los planos y sus paredes deberán ser verticales. Las excavaciones para los subdrenes deberán programarse de tal manera que al final de cada día no queden partes en la zanja sin rellenar o revestir.

Debe excavarse cualquier material blando o inestable que se encuentre debajo de la línea de rasante del fondo, y debe rellenarse con los materiales que indique la U.P.E.S y conforme a lo estipulado en la especificación de RELLENOS. El costo de la excavación adicional, aprobada por la INTERVENTORIA, se pasa en este ítem.

b) Excavaciones para conformación de taludes

Son las excavaciones ejecutadas para modificar las pendientes y accidentes topográficos de un área determinada.

c) Excavaciones para corrección de Cauces

Son las excavaciones que se ejecutan en cauces permanentes o intermitentes, para su canalización, rectificación, o para la construcción de cualquier tipo de estructura de corrección.

2.4. Disposición de los Materiales

Los materiales provenientes de las excavaciones cuyo retiro no se haga de inmediato, se almacenan lateralmente a las excavaciones, a una distancia mínima de 1 m. del borde de la excavación, que puede ser mayor a juicio de la INTERVENTORIA y de acuerdo con la profundidad y estabilidad del talud; es de responsabilidad del CONTRATISTA la disposición de materiales para que su acumulación no ocasione derrumbes y daños a las obras ejecutadas o a terceros.

Cuando el ritmo de la excavación, haga que éstas permanezcan sin cumplir su propósito, por un lapso de tiempo de 24 horas o aquel que a juicio de la INTERVENTORIA ponga en peligro su estabilidad, o perjudique obras construidas o a terceros, el Interventor puede suspenderlas

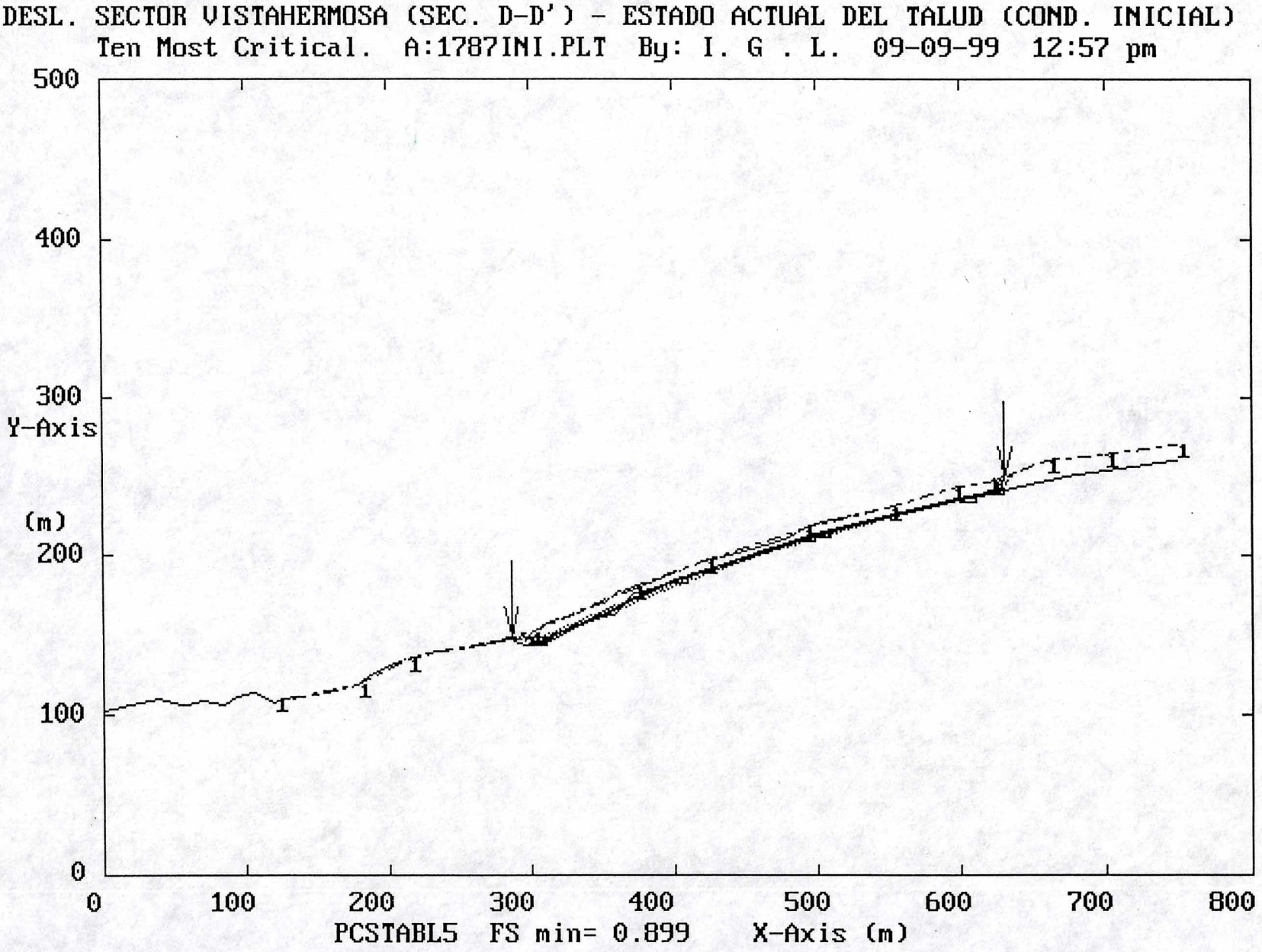


FIGURA II-2

981000186

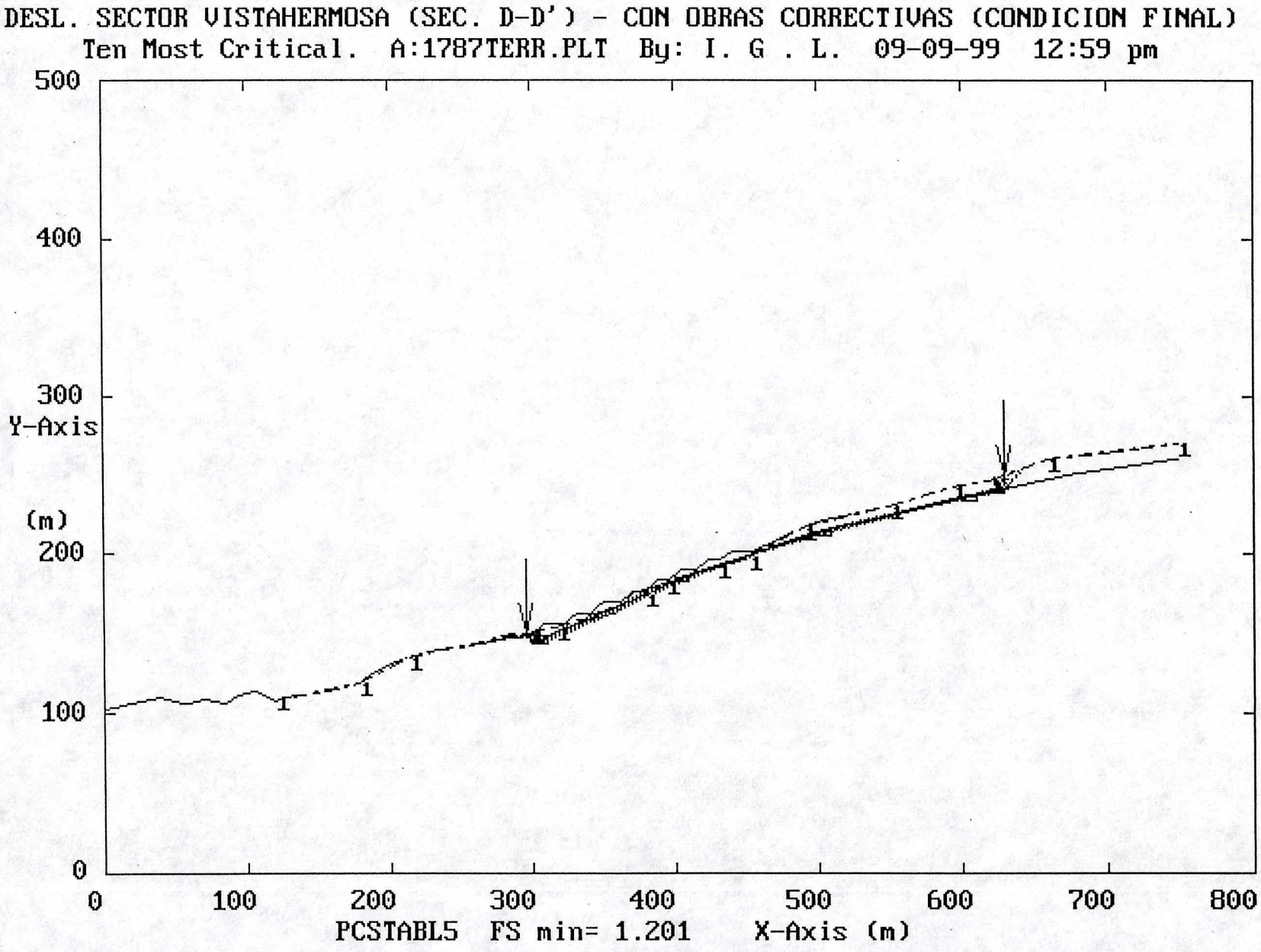


FIGURA II-3

000187

UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
ESTUDIO GEOTECNICO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE MITIGACION Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

CUADRO 11-1: LISTADO DE VIVIENDAS RECOMENDADAS PARA REUBICACIÓN

BARRIO VISTA HERMOSA

BARRIO	MANZANA	LOTE	OBSERV.
VISTAHERMOSA	3	1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
	4	1	
		2	
		4	
		8	
		12	
		14	
	7	3	**
		4	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		12	
		13	
		14	
		20	
		21	

BARRIO	MANZANA	LOTE	OBSERV.
VISTAHERMOSA	12	17	**
		21	
		28	
		30	
	13	2	
		3	
		5	
		8	
		11	
		13A	
		13B	
		13C	
		13E	
		14	
		15	
		16	
		17	
		19	
	14	2	
		5	
	15	9	
		10	
	16	1	
		1A	
		1C	
		1D	
		1E	
		1F	
		3	
		5	
		7	
		9	
		11	
		13	

* Adicionalmente se incluirían viviendas construidas recientemente en esta manzana.
** Se incluirían viviendas construidas recientemente por el costado sur de esta manzana.

BARRIO SAN ANTONIO

BARRIO	MANZANA	LOTE	OBSERV.
SAN ANTONIO	3	15	*
		16	
		17	
	6	2	*
		6	
	9		*
	12		*
	15	3	*
		17	
		18	
		20	
	19	1	*
		2	
		16	
		17	
		19	
		21	
		22	
		23	
		30	
	23	2	*
		9	
		18	
		21	
		23	
		24	
		25	
	27	2	*
		12	
		13	
		17	

BARRIO SANTA VIVIANA

BARRIO	MANZANA	LOTE	OBSERV.
SANTA VIVIANA	74	23	
		24	
		27	
		28	
		29	
		30	
		31	
		32	
	76	1	
		2	
		3	
		5	
		12	
		16	
		18	
		19	
		21	
		22	
		23	
		25	
		26	
	81 A	1	
		3	
		4	
		5	

* Adicionalmente se incluirían viviendas construidas recientemente en esta manzana.

** Se incluirían viviendas construidas recientemente por el costado sur de esta manzana.

UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
UPES
ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

OBRAS DE MITIGACION

MEJORAMIENTO DE TODO EL SECTOR DE LA CARBONERA				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VLR. UNITARIO	VLR. TOTAL
1. Demolición de casas (con retiro de escombros)	un	121	$2,487,112	$300,940,552
2. Canal revestido para cauce menor	m	920	$186,535	$171,612,200
3. Cuneta y zanja en tierra	m	550	$15,968	$8,782,400
4. Cuneta y zanja revestida	m	1170	$128,040	$149,806,800
5. Muro de gaviones	m^3	2008	$123,754	$248,498,032
6. Empradización	m^2	16198	$11,246	$182,162,708
7. Sellado de grietas	m	1580	$3,200	$5,056,000
8. Reconformación del terreno	m^3	31600	$12,000	$379,200,000
9. Filtro con cuneta revestida	m	2490	$202,353	$503,858,970
10. Filtro con geotextil	m	715	$74,313	$53,133,795
11. Reconformación del cauce de quebradas	m^3	9161.1	$8,375	$76,724,213
12. Descole revestido	m	235	$189,805	$44,604,175
13. Trinchera estabilizante	m	4055	$752,687	$3,052,145,785
14. Drenes horizontales	m	980	$100,046	$98,045,080
15. Columnas de piedra	m	35	$146,028	$5,110,980
16. Columnas de grava	m	1890	$92,278	$174,405,420
17. Inyecciones de concreto	m	2150	$82,812	$178,045,800
18. Alcantarillas	un	7	$2,418,880	$16,932,160
19. Pilotes de madera para compactación y contención parcial	m	1320	$60,143	$79,388,760
			VALOR TOTAL	$5,728,453,830

CUADRO 11-2

000190

UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
UPES
ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

OBRAS DE MITIGACION

MEJORAMIENTO DEL SECTOR DE VISTAHERMOSA				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VLR. UNITARIO	VLR. TOTAL
1. Demolición de casas (con retiro de escombros)	un	67	$2,487,112	$166,636,504
2. Canal revestido para cauce menor	m	90	$186,535	$16,788,150
3. Cuneta y zanja en tierra	m	0	$15,968	$0
4. Cuneta y zanja revestida	m	197	$128,040	$25,223,880
5. Muro de gaviones	m^3	779	$123,754	$96,404,366
6. Empradización	m^2	10562	$11,246	$118,780,252
7. Sellado de grietas	m	410	$3,200	$1,312,000
8. Reconformación del terreno	m^3	13652	$12,000	$163,824,000
9. Filtro con cuneta revestida	m	0	$202,353	$0
10. Filtro con geotextil	m	387	$74,313	$28,759,131
11. Reconformación del cauce de quebradas	m^3	1300	$8,375	$10,887,500
12. Descole revestido	m	20	$189,805	$3,796,100
13. Trinchera estabilizante	m	196	$752,687	$147,526,652
14. Drenes horizontales	m	100	$100,046	$10,004,600
15. Columnas de piedra	m	0	$146,028	$0
16. Columnas de grava	m	48	$92,278	$4,429,344
17. Inyecciones de concreto	m	324	$82,812	$26,831,088
18. Alcantarillas	un	2	$2,418,880	$4,837,760
19. Pilotes de madera para compactación y contención parcial	m	50	$60,143	$3,007,150
			VALOR TOTAL	$829,048,477

CUADRO 11-3

000191

UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
UPES
ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

OBRAS DE MITIGACION

MEJORAMIENTO DEL SECTOR BARRIO CARBONERA (PROCESO DE INESTABILIDAD "K")				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VLR. UNITARIO	VLR. TOTAL
1. Demolición de casas (con retiro de escombros)	un	0	$2,487,112	$0
2. Canal revestido para cauce menor	m	0	$186,535	$0
3. Cuneta y zanja en tierra	m	0	$15,968	$0
4. Cuneta y zanja revestida	m	0	$128,040	$0
5. Muro de gaviones	m^3	192	$123,754	$23,760,768
6. Empradización	m^2	5112	$11,246	$57,489,552
7. Sellado de grietas	m	205	$3,200	$656,000
8. Reconformación del terreno	m^3	17613	$12,000	$211,356,000
9. Filtro con cuneta revestida	m	180	$202,353	$36,423,540
10. Filtro con geotextil	m	0	$74,313	$0
11. Reconformación del cauce de quebradas	m^3	170	$8,375	$1,423,750
12. Descole revestido	m	30	$189,805	$5,694,150
13. Trinchera estabilizante	m	105	$752,687	$79,032,135
14. Drenes horizontales	m	0	$100,046	$0
15. Columnas de piedra	m	0	$146,028	$0
16. Columnas de grava	m	0	$92,278	$0
17. Inyecciones de concreto	m	0	$82,812	$0
18. Alcantarillas	un	0	$2,418,880	$0
19. Pilotes de madera para compactación y contención parcial	m	0	$60,143	$0
			VALOR TOTAL	$415,835,895

CUADRO 11-4

000192

UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
UPES
ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA
LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

OBRAS DE MITIGACION

MEJORAMIENTO DEL SECTOR BARRIO SAN ANTONIO (PROCESO DE INESTABILIDAD "J")				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VLR. UNITARIO	VLR. TOTAL
1. Demolición de casas (con retiro de escombros)	un	29	$2,487,112	$72,126,248
2. Canal revestido para cauce menor	m	265	$186,535	$49,431,775
3. Cuneta y zanja en tierra	m	180	$15,968	$2,874,240
4. Cuneta y zanja revestida	m	100	$128,040	$12,804,000
5. Muro de gaviones	m^3	45	$123,754	$5,568,930
6. Empradización	m^2	0	$11,246	$0
7. Sellado de grietas	m	295	$3,200	$944,000
8. Reconformación del terreno	m^3	0	$12,000	$0
9. Filtro con cuneta revestida	m	0	$202,353	$0
10. Filtro con geotextil	m	0	$74,313	$0
11. Reconformación del cauce de quebradas	m^3	500	$8,375	$4,187,500
12. Descole revestido	m	48	$189,805	$9,110,640
13. Trinchera estabilizante	m	795	$752,687	$598,386,165
14. Drenes horizontales	m	265	$100,046	$26,512,190
15. Columnas de piedra	m	0	$146,028	$0
16. Columnas de grava	m	33	$92,278	$3,045,174
17. Inyecciones de concreto	m	57	$82,812	$4,720,284
18. Alcantarillas	un	2	$2,418,880	$4,837,760
19. Pilotes de madera para compactación y contención parcial	m	66	$60,143	$3,969,438
			VALOR TOTAL	$798,518,344

CUADRO 11-5

000193

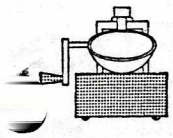
CUADRO 11- 6

RANGO CONSIDERADO DE PROPIEDADES GEOTECNICAS PARA LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD

MATERIAL	PESO UNITARIO (Ton/m3)	COHESION (Ton/m2)	ANGULO DE FRICCION, (°)
Depósito	1.95	0.12 - 0.24	22.1 - 25.4
Roca subyacente	2.10	0.00	35.3 - 42.9
Muro de gaviones	1.80	10.00	37.5

RESULTADOS DEL ANALISIS DE ESTABILIDAD

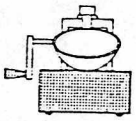
CASO ANALIZADO	FACTOR DE SEGURIDAD			
	ESTATICO	DINAMICO		
		0.05	0.10	0.20
Estado actual del talud (Sección D-D')	0.90	0.75	0.64	0.49
(Con obras correctivas) (Sección D-D')	1.20	1.00	0.86	0.66



ANEXO A

ESTUDIOS PREVIOS EN EL ÁREA

000198



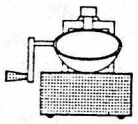
CAJA DE LA VIVIENDA POPULAR

PROYECTO CIUDAD BOLIVAR
ESTUDIOS GEOTECNICOS PUNTUALES

LOTE SIERRA MORENA

Informe No. 593-2
INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

Bogotá, Junio de 1987



7. DESLIZAMIENTO EN EL BARRIO PERDOMO

7.1 Descripción

La zona nor-occidental de Sierra Morena está afectada por la cabecera de un deslizamiento de grandes proporciones que se desarrolla en dirección NE sobre los terrenos aledaños y cuya pata se encuentra en un área de explotación de canteras (Fotografías Nos.12 a 16). Se trata de un deslizamiento complejo que comprende varios tipos de movimiento entre ellos el de hundimiento y translación; es de carácter retrogresivo profundo, generando una amplia zona de inestabilidad potencial en la parte posterior a la corona. En la mitad superior del cuerpo deslizado se aprecian el movimiento de varios bloques, de gran tamaño, muy fracturados, con volcamiento de algunas cuñas en sus bordes y formación de fosas, indicio éstas últimas del predominio de una componente traslacional, después del hundimiento en la cabeza del conjunto. El escarpe principal y algunos escarpes secundarios presentan altura de 2 a 6 m, mientras que en los flancos pueden superarse los 10 m.

Este deslizamiento está afectando a rocas de la Formación Guaduas, pero en la corona se alcanza a involucrar la Formación Arenisca de Labor. En la parte más alta de la corona existen varias zonas de brecha que muestran la presencia de la falla principal que cruza en dirección NW - SE a lo ancho de Sierra Morena.

En el escarpe de una cantera en la pata del deslizamiento y sobre su margen derecha, un poco al norte del límite de los predios de Sierra Morena, se hizo el levantamiento de la columna (Figura No.21) determinando así algunos de los materiales que son abarcados por el deslizamiento. Se encontró una sucesión continua de arcillolitas grises y amarillas con dos delgados mantos de carbón en la parte media; hacia la base se observa una intercalación de arcillolitas, areniscas y limolitas altamente replegadas y en la parte superior se hallan en contacto discordante, depósitos coluviales formados por bloques de arenisca en matriz arenosa sobre los cuales se observan algunos depósitos de arcillas-arenosas de la Formación Tilatá. En la Fotografía No.15 se puede apreciar el escarpe de la cantera donde se marca la inclinación promedio de los estratos, en general al E , en la misma dirección del movimiento, lo cual desfavorece aún más la estabilidad en toda la zona.

De acuerdo con la interpretación de fotografías aéreas se aprecia que el deslizamiento se desarrolló sobre una zona de antigua inestabilidad reactivada con la explotación de las canteras en el Barrio Perdomo, entre 1973 y 1976. El movimiento fue brusco en este último año y luego ha seguido de manera lenta pero continua hasta alcanzar hoy en día un total de 50 m de desplazamiento máximo. La permanente extracción de

materiales en la base de los bloques de la mitad superior y en la punta del deslizamiento introduce un factor inestabilizante difícil de eliminar.

7.2 Medidas correctivas

Intentar la solución de movimientos de esta magnitud, que alcanza aproximadamente 500 m de longitud, 400 m de ancho y por lo menos 25 m de espesor, no es tarea fácil y, desde luego, no puede aspirarse a detener el movimiento sin conocerlo con bastante detalle y sin pensar en la ejecución de obras de gran magnitud y altísimo costo.

Dentro de los objetivos del presente trabajo se hizo un recorrido detallado del deslizamiento, se pudo estimar la dirección y la tasa del movimiento y se establecieron los posibles mecanismos de falla; entre éstos últimos cabe mencionar la falla geológica descrita en el Capítulo 3, el buzamiento desfavorable a la estabilidad, el existir un conjunto de materiales débiles constituido por el depósito y las rocas subyacentes (rocas blandas), el agua subterránea y, desde luego, la explotación de las canteras. Se tiene la limitante de que sólo aproximadamente un 10% del área movida pertenece al lote Sierra Morena y además no corresponde a la Caja llevar a cabo trabajos por fuera de sus predios.

Por el carácter traslacional y retrogresivo del deslizamiento se diseñaron una serie de medidas tendientes a disminuir los riesgos de falla dentro de Sierra Morena al mínimo; las medidas comprenden (Figura No.22):

a. Terraceo y conformación del área perteneciente a la Caja, con el fin de rebajar los escarpes, rellenar depresiones, sellar grietas, descargar en peso el escarpe superior y mejorar el drenaje superficial. Esta labor podrá hacerse con buldozer en verano y después de desecar con zanjas las zonas muy húmedas y blandas que se encuentran en la base del escarpe principal y el flanco derecho.

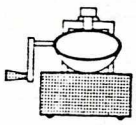
b. Control de aguas superficiales mediante una zanja de coronación y algunas zanjas con cunetas revestidas que atraviecen las bermas diseñadas. Deberá captarse y conducirse una quebrada que llega desde el lote estudiado hacia el flanco derecho.

c. Empradización total del talud una vez reconformado.

d. Fijar una zona de seguridad arriba de la zona del escarpe principal y al lado del flanco derecho del deslizamiento dentro de los terrenos de Sierra Morena.

7.3 Recomendaciones adicionales

Arriba y al sur del deslizamiento se presenta una zona potencialmente



inestable que no debe utilizarse dentro del desarrollo urbanístico, sino que debe habilitarse como zona verde, pero sin realizar movimientos de tierras en ese sector; se debe evitar la descarga incontrolada de cunetas y similares hacia este talud.

Como se señaló anteriormente las medidas correctivas no pretenden la total estabilización del talud, pero sí la mitigación del peligro para el desarrollo urbanístico de Sierra Morena. Las medidas definitivas de estabilización del deslizamiento del Barrio Perdomo implican un estudio detallado y que se permita la realización de trabajos en el cuerpo y la pata del talud, dentro del Barrio Perdomo. Seguramente estos trabajos implicarán la clausura de pequeñas canteras en el sector. El estudio detallado debe comprender:

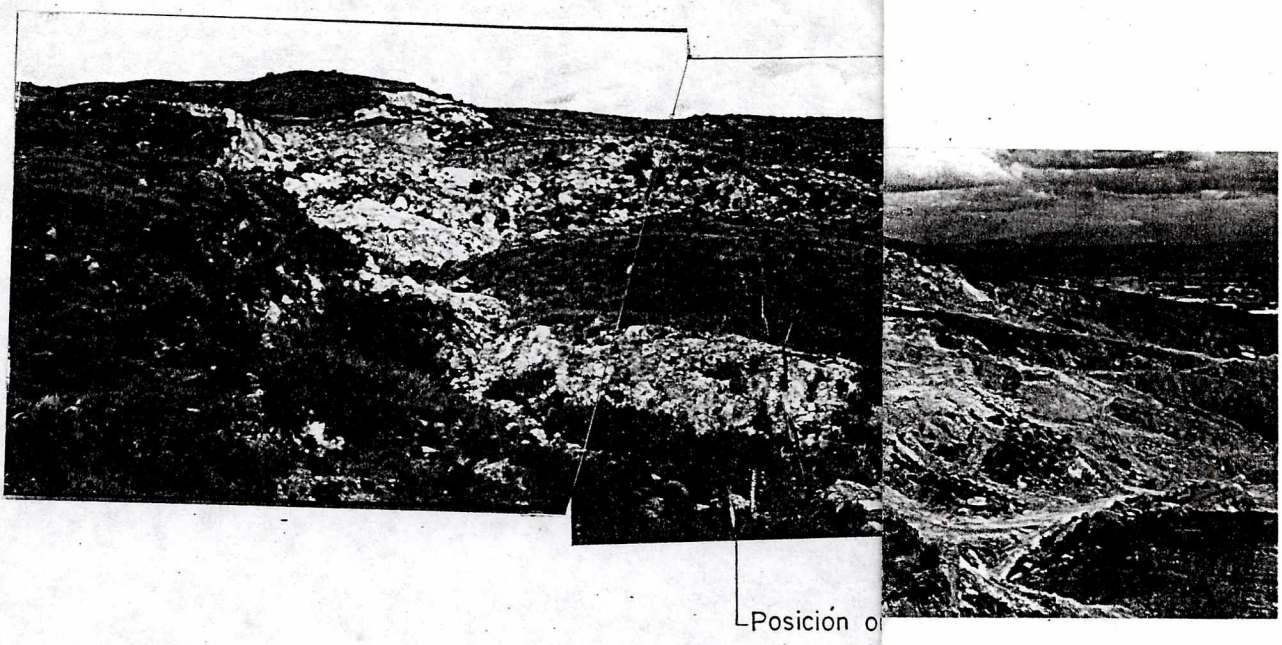
a. El levantamiento topográfico detallado de la masa en movimiento.

b. Un control topográfico mediante estacas en puntos previamente seleccionados, para conocer la dirección y la magnitud actual de los desplazamientos superficiales.

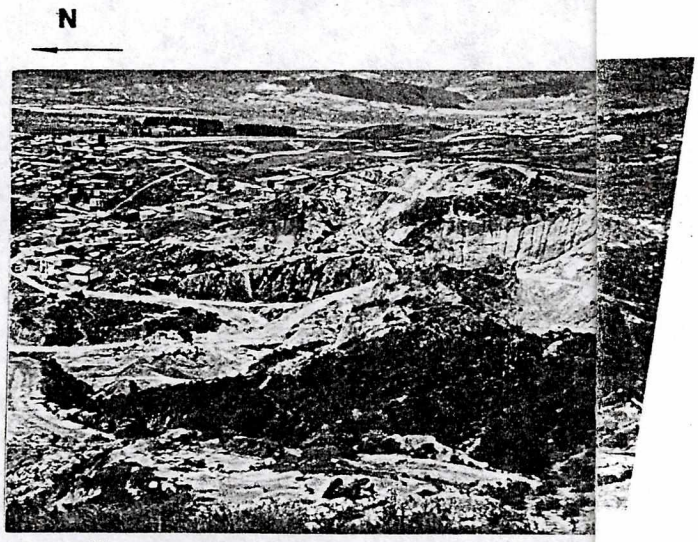
c. La realización de por lo menos 4 perforaciones profundas, con equipo de rotación y lavado, que permitan conocer la forma y profundidad de la superficie de deslizamiento.

d. Establecer las condiciones hidráulicas del terreno; seguramente las perforaciones se podrán utilizar para tal fin.

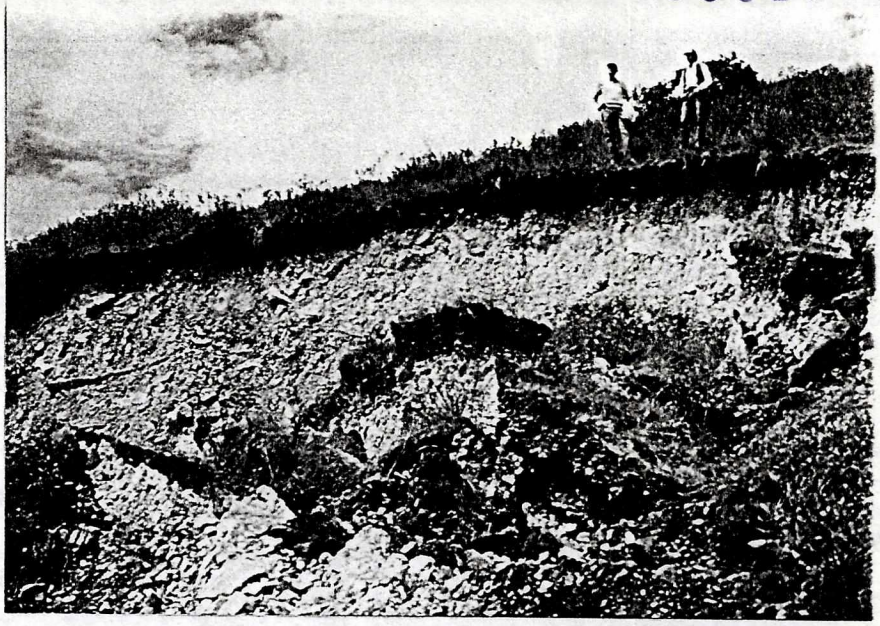
Los anteriores trabajos unidos al conocimiento geológico del área y teniendo en cuenta las medidas correctivas que seguramente la Caja ya habrá desarrollado en Sierra Morena, permitirán un diseño completo para estabilizar de manera definitiva el talud.



Fotografía No. 12. - Vista general del deslizam aproximadamente) y la explotación

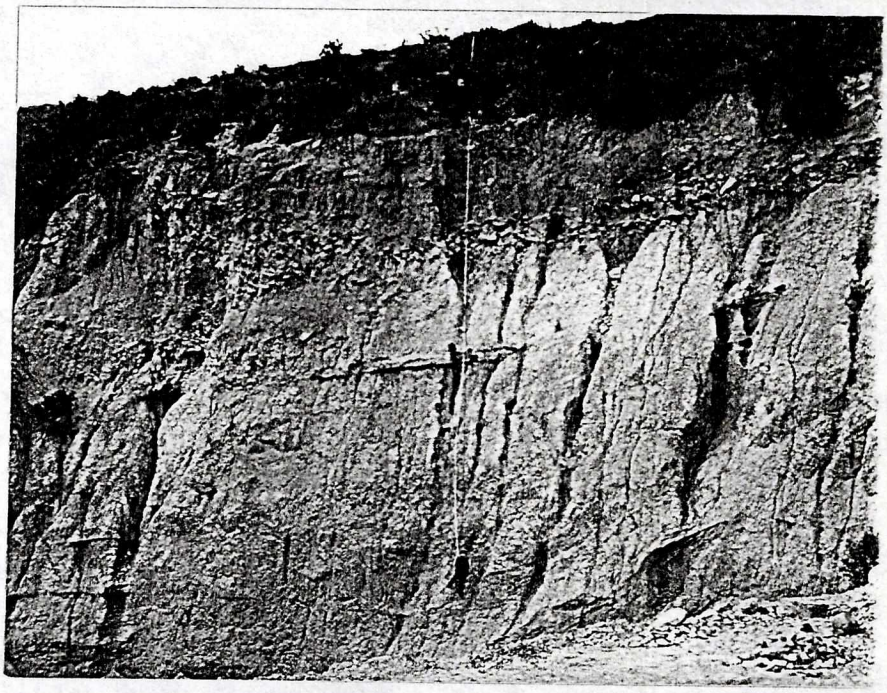


Fotografía No. 13. - Vista general deho.



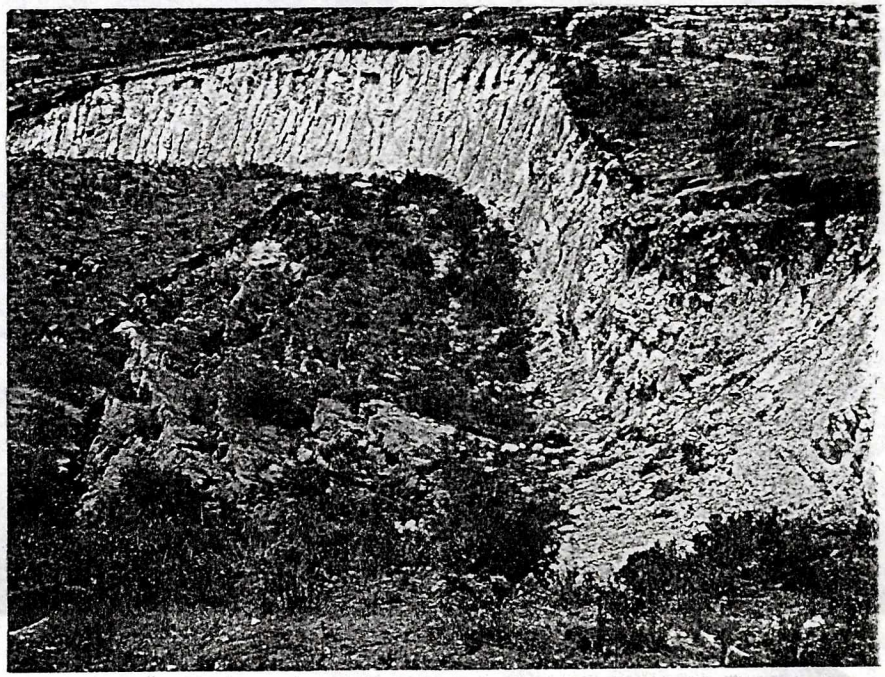
Fotografía No. 14.

Escarpe del deslizamiento del Barrio Perdomo. Nótese el material movido.



Fotografía No. 15.

Levantamiento geológico en el flanco derecho del deslizamiento.



Fotografía No. 16.

Escarpe en el flanco izquierdo del deslizamiento.

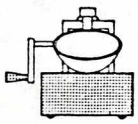
000202

CAJA DE LA VIVIENDA POPULAR

ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS DEL DESLIZAMIENTO EN SIERRA MORENA EN LOS LIMITES CON EL BARRIO PERDOMO

Informe No. 753-2
INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

Bogotá, Diciembre de 1988



4. GEOLOGIA GENERAL

A continuación se incluye la descripción geológica del deslizamiento. Se hacen anotaciones en cuanto a geomorfología, estratigrafía, geología estructural, meteorización, drenajes y fracturamiento.

4.1 Geomorfología

La forma del terreno dentro del cual se localiza el deslizamiento no presenta mayores contrastes con la morfología regional, pero localmente se pueden diferenciar varios sectores geomorfológicos, que se indican en el mapa que constituye la Figura No. 3:

- Deslizamientos en masas de roca conservando su posición estructural. Las rocas han sido removidas o trasladadas de un lugar a otro sin que se altere su rumbo y buzamiento; el desprendimiento permite que afloren unidades litológicas que se encuentran inmediatamente debajo (Dr).

- Masas rocosas en situación caótica. Acumulaciones de bloques sueltos ó de bloques muy fracturados, mezclados y dispuestos al azar en montículos, originados por remoción natural o artificial (Rc).

- Deslizamientos activos en materiales blandos. Suceden dentro del cuerpo del deslizamiento formando escarpes curvos en las arcillolitas grises mezcladas con material limo-arenoso (Db).

- Zona de deslizamientos antiguos. Escarpes de movimientos anteriores en materiales cuaternarios (Formaciones Tilatá, Sabana) (Da).

- Erosión en cárcavas profundas. Generalmente se presentan sobre la corona del deslizamiento, originados por la lixiviación de materiales arenosos de la Formación Sabana y Tilatá. Alcanzan profundidades de 1.50 m (Ec).

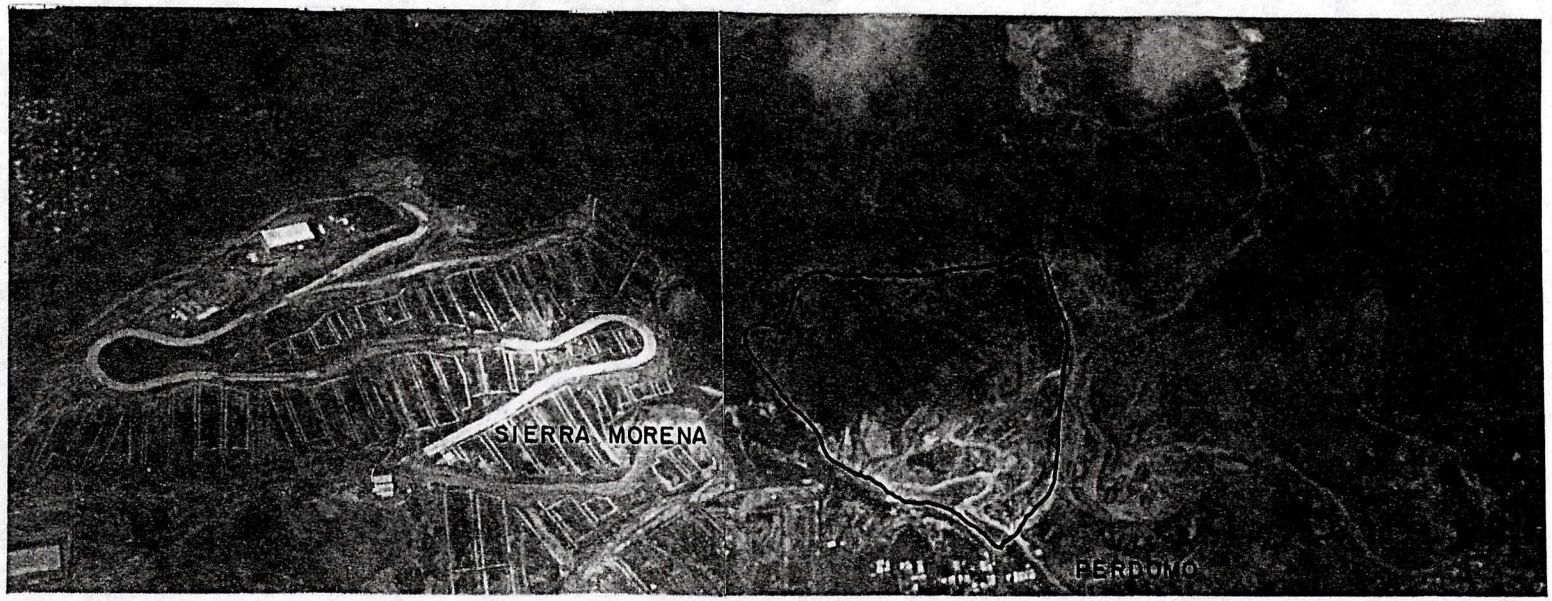
- Flujos glaciales. Depósitos de material glacial formando pequeños montículos alargados en la dirección del flujo, susceptibles de removerse (Fg).

- Zonas onduladas. Conformadas por montículos y depresiones pequeñas de material glacial y relleno arcillo-arenoso de las Formaciones Tilatá, Sabana y de depósitos Fluvioglaciales (Zo).

- Zona de superficie regular. Su característica principal es la topografía suave, subhorizontal ó ligeramente inclinada, originada por acumulación y relleno de material arcillo-arenoso de la Formación Sabana (Zr).

- Plataformas de explotación. Corresponden a superficies subhorizontales, formadas como patio de explotación de las canteras del área (Pe).

- Roca in-situ. Afloramientos de unidades litológicas de las Formaciones Guaduas y Guadalupe, observables en escarpes del deslizamiento o por afloramiento directo (Ri).

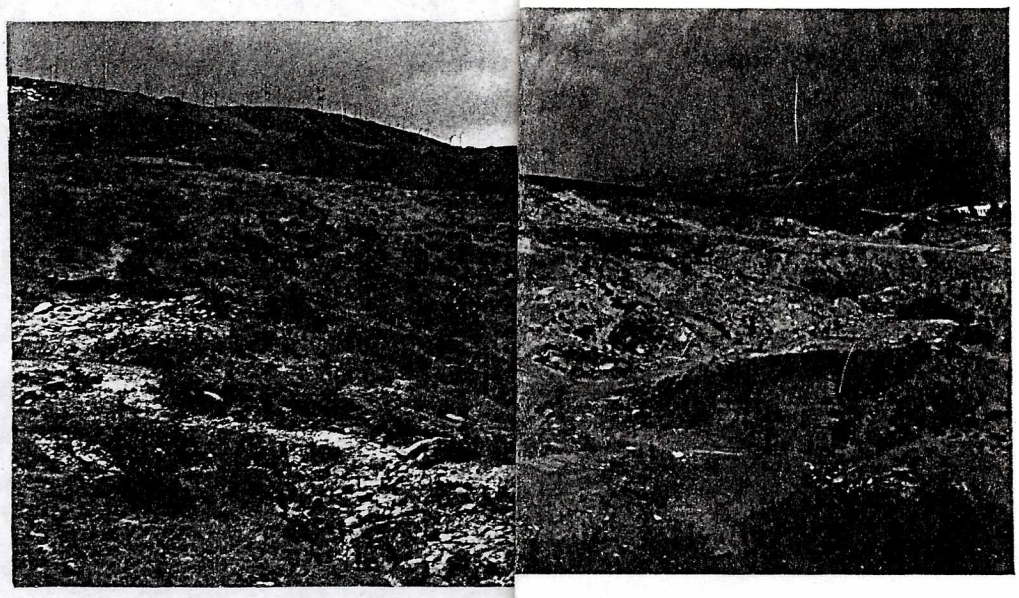


Fotografía No. 1. Vista aérea de la zona inestable de Sierra Morena en los límites con el Barrio Perdomo (Noviembre de 1988).

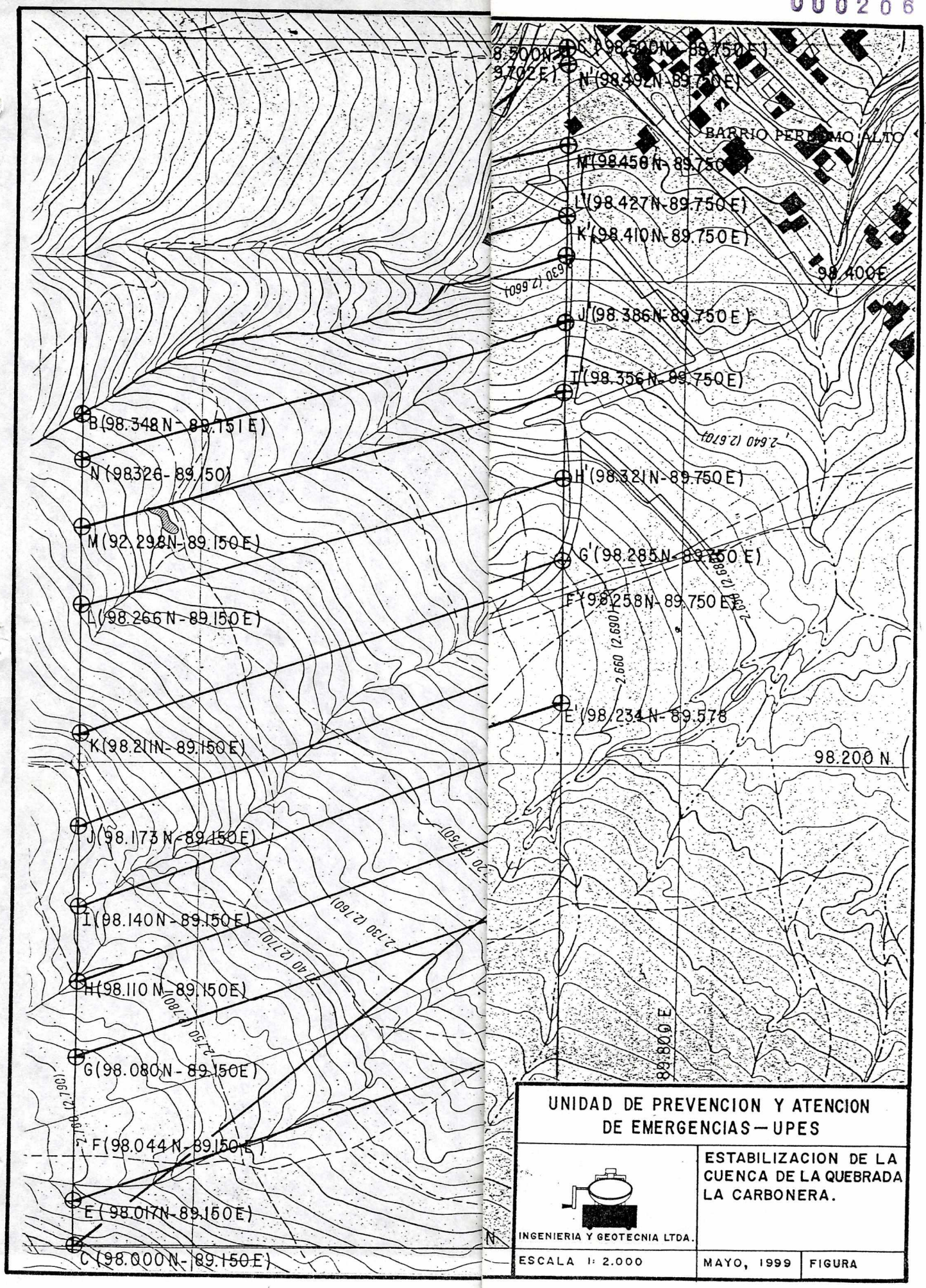
A 002000



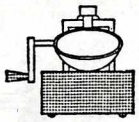
Fotografía No. pe-



Fotografía No. ér-



UNIDAD DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS — UPES		
INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.	ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA.	
ESCALA 1: 2.000	MAYO, 1999	FIGURA



ANEXO C

CARACTERISTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUBSUELO

IERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES
INVESTIGACION DEL SUBSUELO

TRABAJO N° 1787 NOMBRE ESTU[illegible]O GEOTECNICO ESTABILIZACION QDA. LA CARBONERA LOCALIZACION CIUDAD SIMON BO[illegible]AR (BOGOTA)

COORDENADAS _____ COTA _____ FECHA Abril, 1999

PERFORACION N°

NUMERO DE GOLPES POR PIE (▲) 0 10 20 30 40 50 60 70

MTS	USC	DESCRIPCION	MUESTRA	LIMITES Y HUMEDAD NATURAL 0 40 80 120 160 200 240 280	PESO UNITARIO T/M³ 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8	1/2 ($\sigma_1 - \sigma_3$) MAX. T/M² 0 2 4 6 8 10 12 14
1	SIMBOLO Y CLASIFICACION	LITOLOGIA				
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11		Posición del agua dentro de la perforación.		LP Wn LL	• Ensayo de penetración estandar (S P T)	⊙ Compresión inconfinada
12						
13		Muestra alterada.		LP Límite plástico	△ Peso unitario total	$⊙_{10}$ Triaxial UU
14				LL Límite líquido		× Veleta de Laboratorio
15		Muestra tubo partido.		Wn Humedad natural		o Penetrómetro manual sobre material inalterado
16		Muestra inalterada.		▲ Límite de contracción		• Penetrómetro manual sobre material remoldeado
17						⊹ Veleta de campo sobre material inalterado
18		Núcleo de roca.				✦ Veleta de campo sobre material remoldeado
19						
20						

FIGURA N° C-1

002000

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES
INVESTIGACION DEL SUBSUELO

TRABAJO N° 1787 NOMBRE DESLIZAMIENTO QDA. LA CARBONERA LOCALIZACION SANTA VIVIANA (BOGOTA)

COORDENADAS COTA 2694.40 FECHA FEBRERO, 1999

PERFORACION N° 1

MTS	USC	DESCRIPCION	MUESTRA
2		ARENA arcillosa amarilla	1 2 3 4 5 6 7 8 9
6		ARCILLA arenosa gris claro con gravas de arenita.	10 11 12
8		ARCILLA gris clara de consistencia muy firme con fragmentos de arenita friable.	13 14 15 16 17
12		ARENITA muy friable deleznable de color amarillo claro.	18 19
		FIN A 12.20m	

NUMERO DE GOLPES POR PIE (●)

LIMITES Y HUMEDAD NATURAL: 0 10 20 30 40 50 60 70

PESO UNITARIO T/M³: 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2

% Pasa T-200: 27 25 29 11 >75 >75 >75

1/2 ($\sigma_1 - \sigma_3$) MAX. T/M²: 4 8 12 16 20 24

FIGURA N° C- 2

000209

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES
INVESTIGACION DEL SUBSUELO

TRABAJO N° 1787 NOMBRE DESLAMIENTO QDA. LA CARBONERA LOCALIZACION SANTA VIVIANA (BOGOTA)

COORDENADAS COTA 2703.60 FECHA FEBRERO, 1999

PERFORACION N° 2

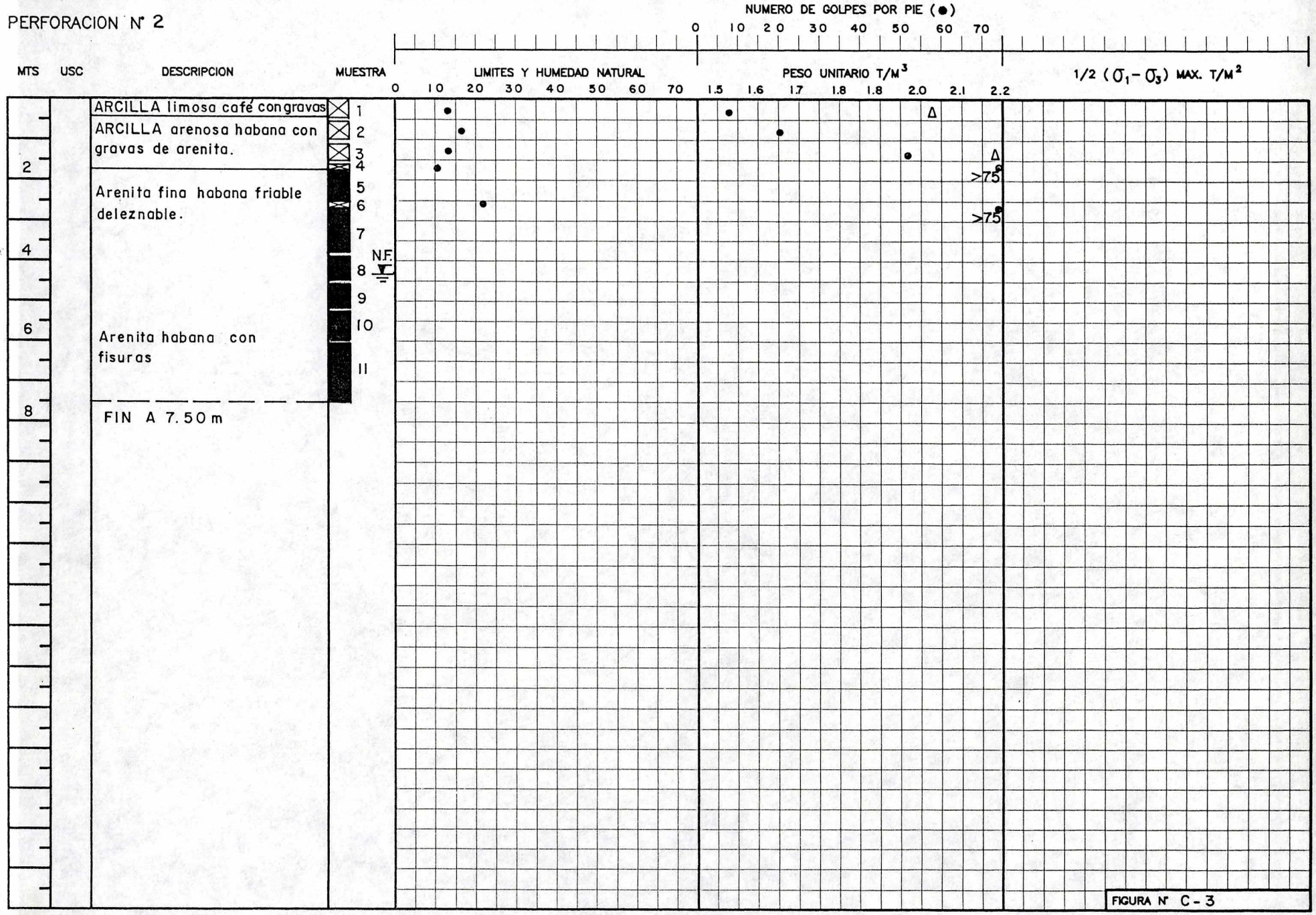


FIGURA N° C - 3

000210

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES
INVESTIGACION DEL SUBSUELO

TRABAJO N° 1787 NOMBRE DESLIZAMIENTO QDA. LA CARBONERA LOCALIZACION SANTA VIVIANA (BOGOTA)

COORDENADAS COTA 2726.23 FECHA FEBRERO, 1999

PERFORACION N° 3

MTS	USC	DESCRIPCION	MUESTRA
2		LIMO arenoso café oscuro	1
		ARCILLA arenosa amarilla con gravas.	2, 3, 4, 5, 6
4		ARCILLOLITA gris claro de consistencia firme.	7, 8, 9
6		ARENITA amarilla friable deleznable	10, 11, 13, 14
8		FIN A 7.0 m	
10			
12			
14			
16			
18			
20			

NUMERO DE GOLPES POR PIE (●)
0 10 20 30 40 50 60 70

LIMITES Y HUMEDAD NATURAL
0 10 20 30 40 50 60 70

PESO UNITARIO T/M³
1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2

1/2 ($\sigma_1 - \sigma_3$) MAX. T/M²
4 8 12 16 20 24 28

> 75

> 25

FIGURA N° C - 4

000211

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES
INVESTIGACION DEL SUBSUELO

TRABAJO N° 1787 NOMBRE DESLIZAMIENTO QDA. LA CARBONERA LOCALIZACION SANTA VIVIANA - BOGOTA

COORDENADAS _____ COTA 2721.50 FECHA FEBRERO, 1999

PERFORACION N° 4

MTS	USC	DESCRIPCION	MUESTRA
2		MATERIAL de relleno limoso	1
		ARCILLA arenosa amarilla clara con gravas de arenita.	2, 3, 4, 5
4		ARENITA amarilla clara friable	6, 7, 8, 9, 10
6		FIN A 5.40 m	

NUMERO DE GOLPES POR PIE (●)
0 10 20 30 40 50 60 70

LIMITES Y HUMEDAD NATURAL
0 10 20 30 40 50 60 70

PESO UNITARIO T/M³
1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2

1/2 ($\sigma_1 - \sigma_3$) MAX. T/M²

>75
Rechazo
Rechazo

FIGURA N° C-5

0002112

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES
INVESTIGACION DEL SUBSUELO

TRABAJO N° 1787 NOMBRE ES[illegible]LIZACION CUENCA QDA. LA [illegible]RBONERA LOCALIZACION Santa Viviana ([illegible]otá)

COORDENADAS COTA 2745.10 FECHA Abril, 1999

PERFORACION N° 5

MTS	USC	DESCRIPCION	MUESTRA
1		ARCILLA limosa café oscura con raíces de consistencia firme.	1, 2
2		ARENA limosa café.	3
3		ARENITA amarilla muy friable	4, 6, 7
4		FIN A 3.50m	

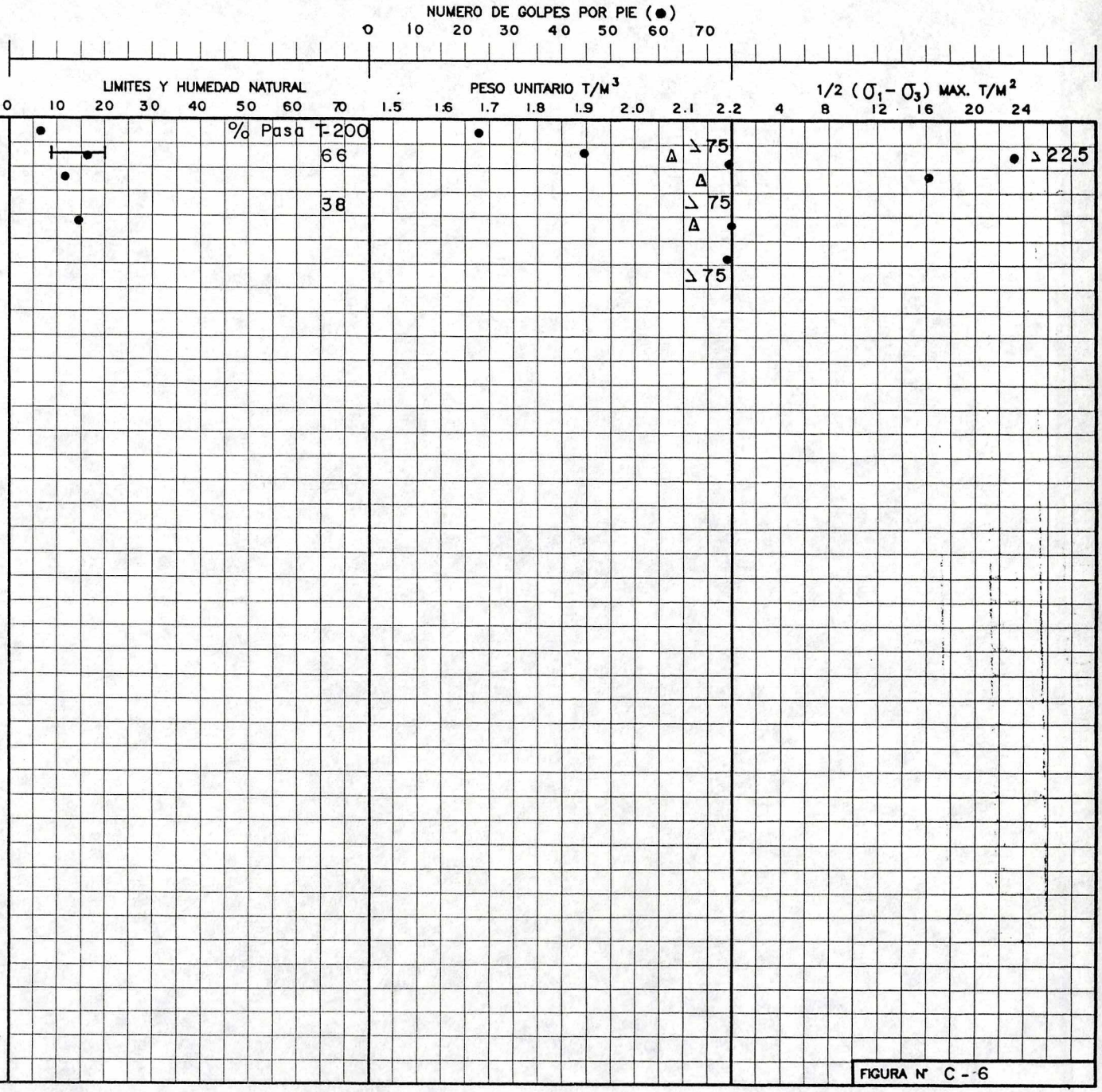


FIGURA N° C - 6

000213

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES
INVESTIGACION DEL SUBSUELO

ESTABILIZACION CUENCA QDA.

TRABAJO N° 1787 NOMBRE LA CARBONERA LOCALIZACION San Antonio del Mirador (Bogotá)

COORDENADAS COTA 2691.80 FECHA Abril, 1999

PERFORACION N° 6

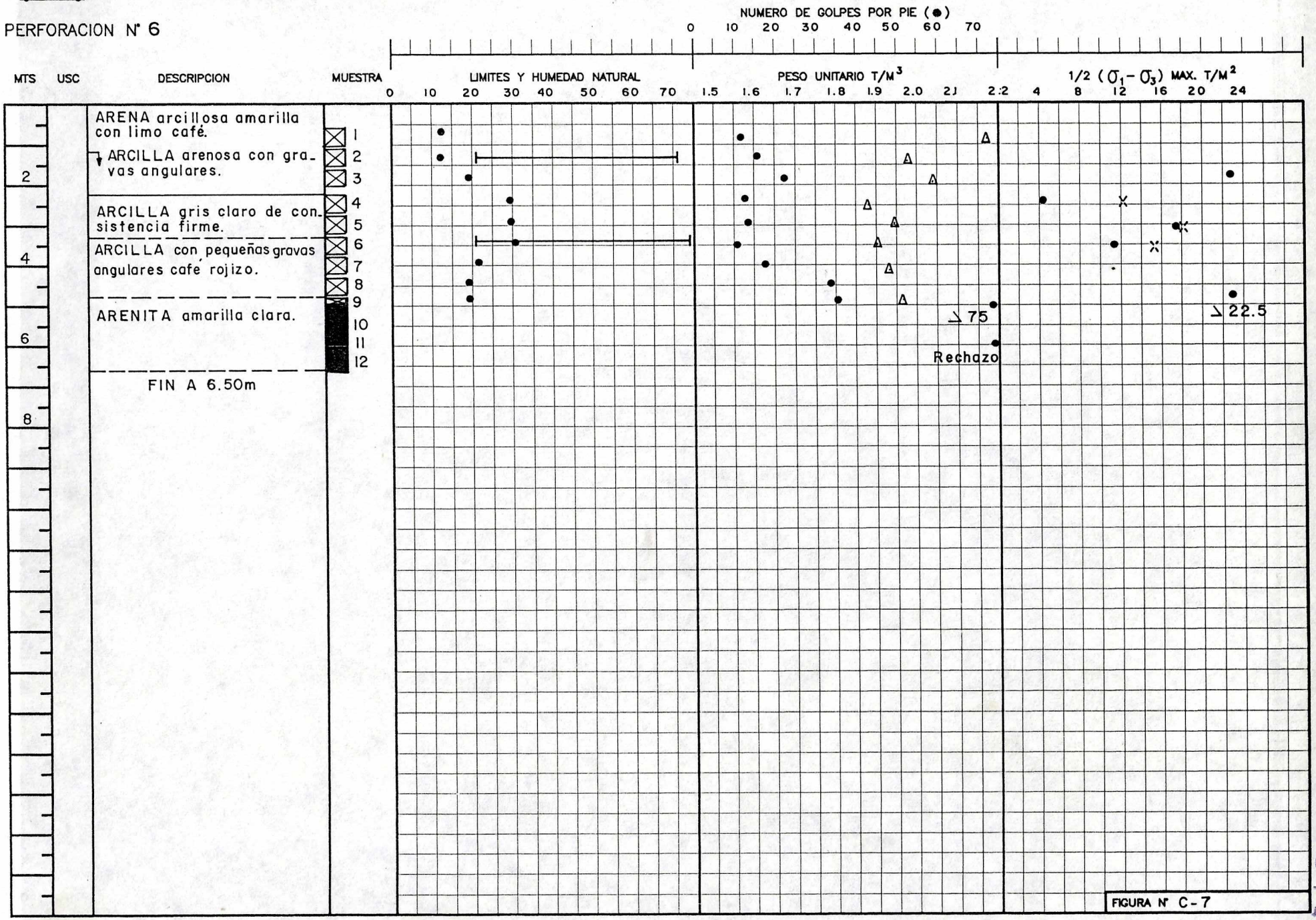


FIGURA N° C-7

000214

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES
INVESTIGACION DEL SUBSUELO

TRABAJO N° 1787 NOMBRE ES[illegible]LIZACION CUENCA QDA. LA CARBONERA LOCALIZACION San Antonio del Mirador (Bogotá)

COORDENADAS _____ COTA 2688.50 FECHA Abril, 1999

PERFORACION N° 7

MTS	USC	DESCRIPCION	MUESTRA
2		ARCILLA arenosa amarilla con gravas.	1, 2, 3, 4, 5
4		LIMO arenoso café con arena amarilla y gravas angulares.	6, 7
6		ARCILLOLITA amarilla con trazas grises.	8, 9
		Arcillolita gris claro.	10
8		FIN A 6.95 m	

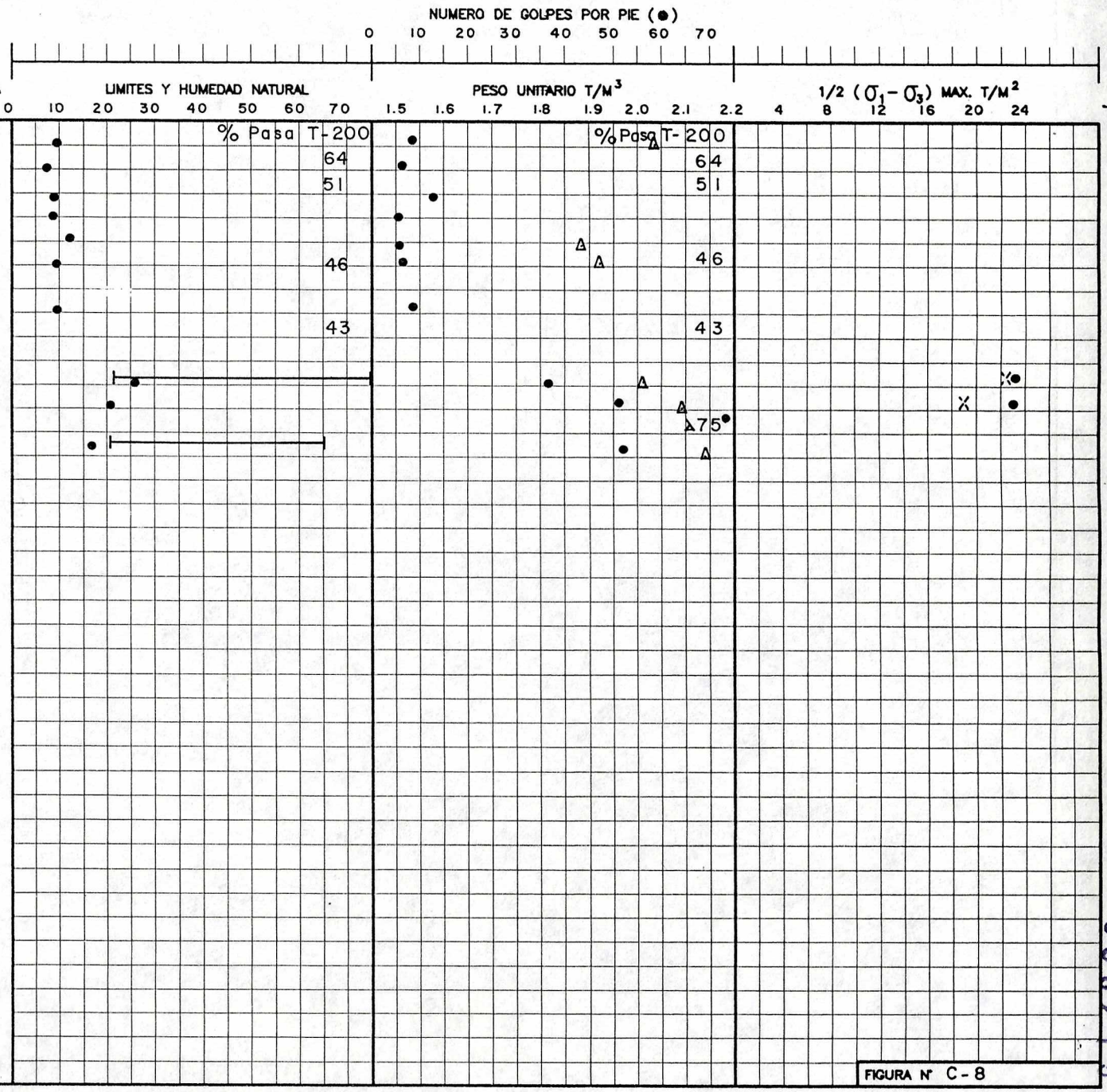
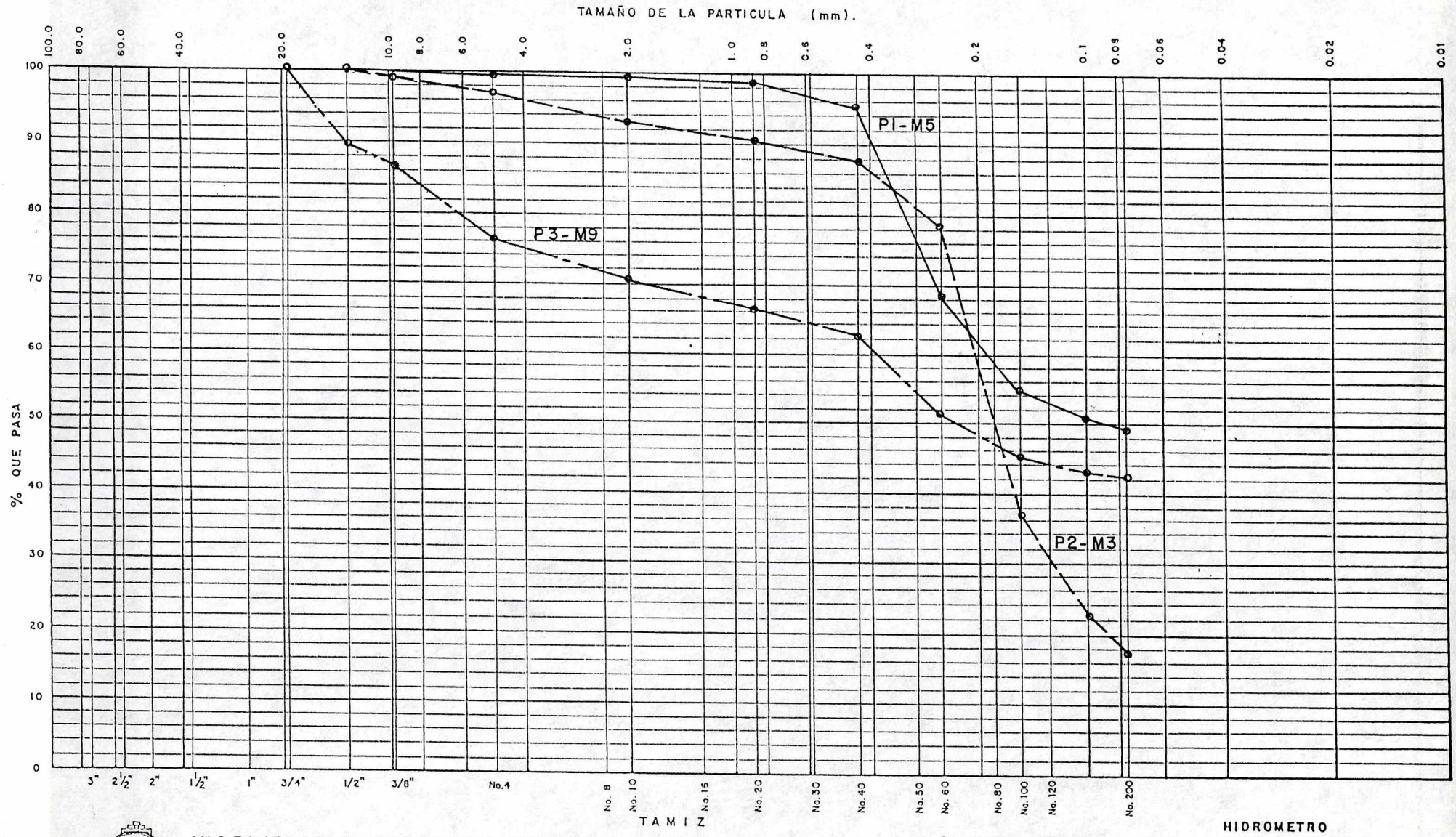


FIGURA N° C-8

000215



INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

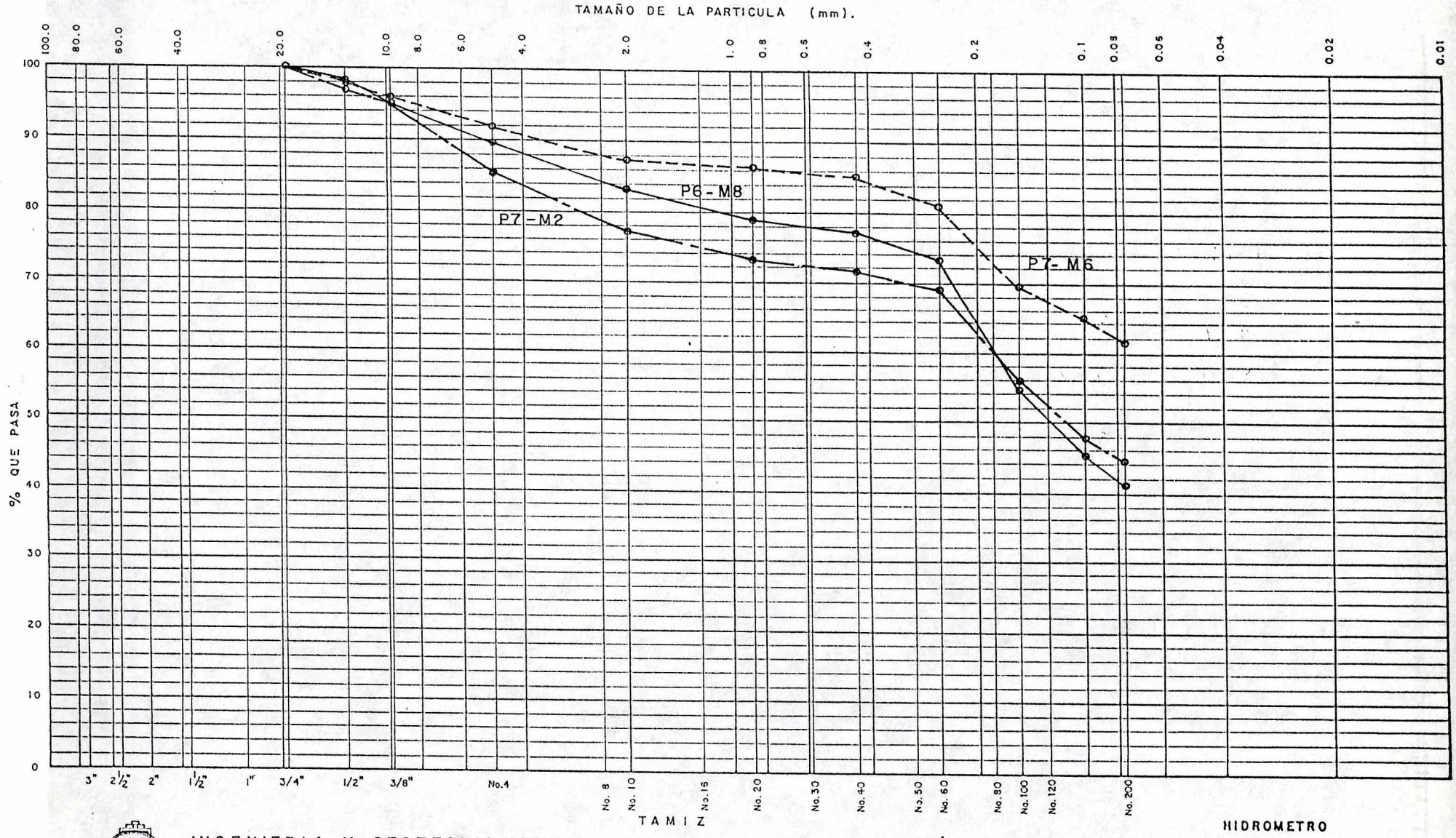
CURVA DE GRADACION

PROYECTO ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA

FIG. No. C-40 FECHA MAYO, 1999

MUESTRA No.	DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	PESO ESPECIF.	Cu	Cg	CLASIFICACION.
P1-M5	Arena arcillosa fina a media amarilla							
P2-M3	Arena arcillosa gris con pequeñas gravas.							
P3-M9	Arena arcillosa habana con arcillolita oxidada.							

000216



INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CURVA DE GRADACION

PROYECTO ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA

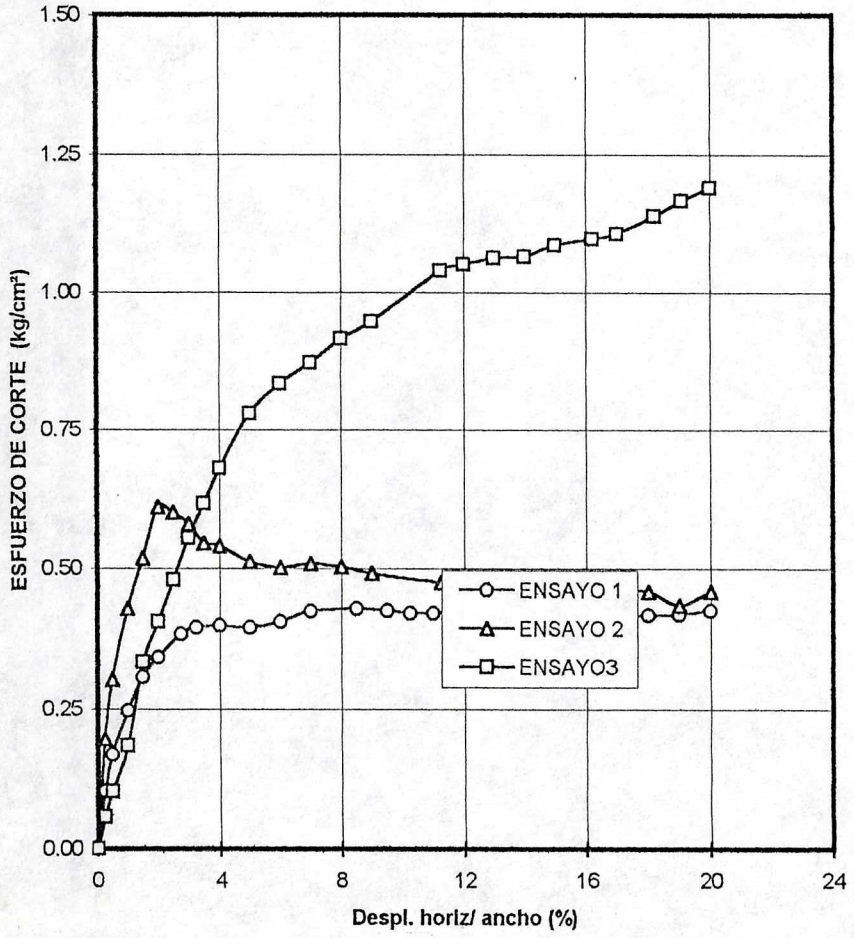
FIG. No. C-41 FECHA MAYO, 1999

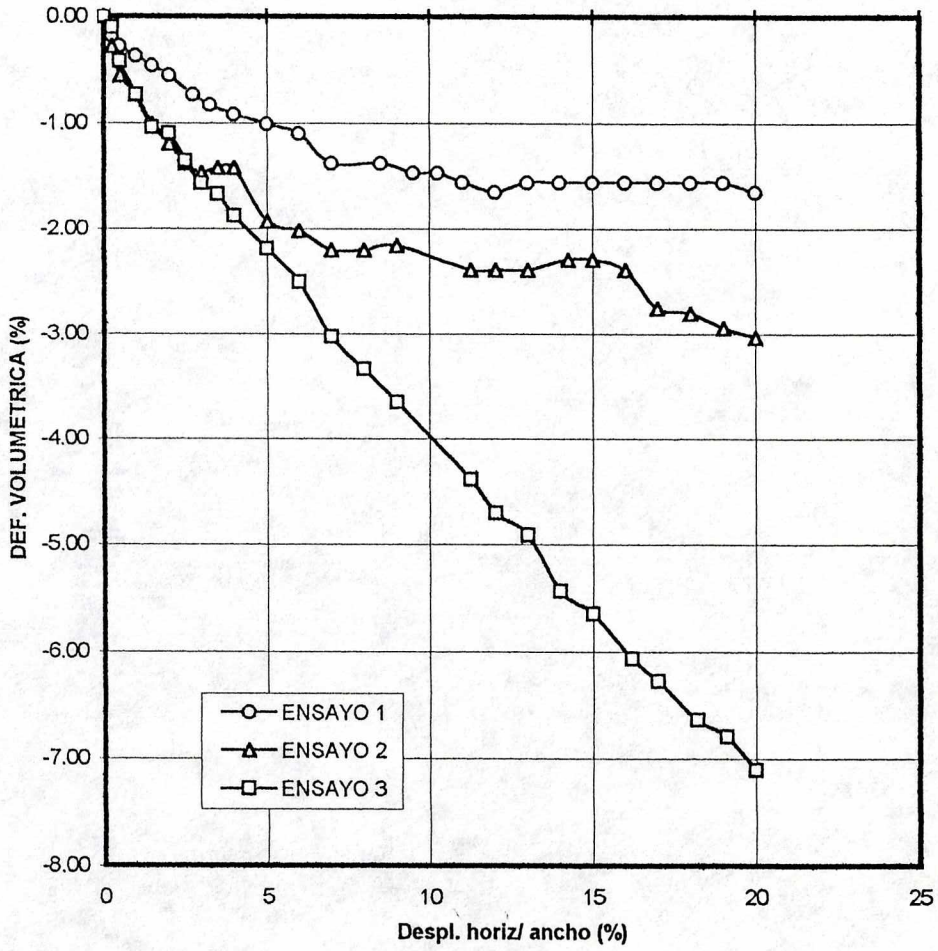
MUESTRA No.	DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	PESO ESPECIF.	Cu	Cg	CLASIFICACION.
P6-M8	Arena arcillo limosa oxidada.							
P7-M2	Arena arcillosa amarilla con pequeñas gravas.							
P7-M6	Arcillolita habana con vetas grises y arena fina.							

000217

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

CURVAS ESFUERZO - DEFORMACION



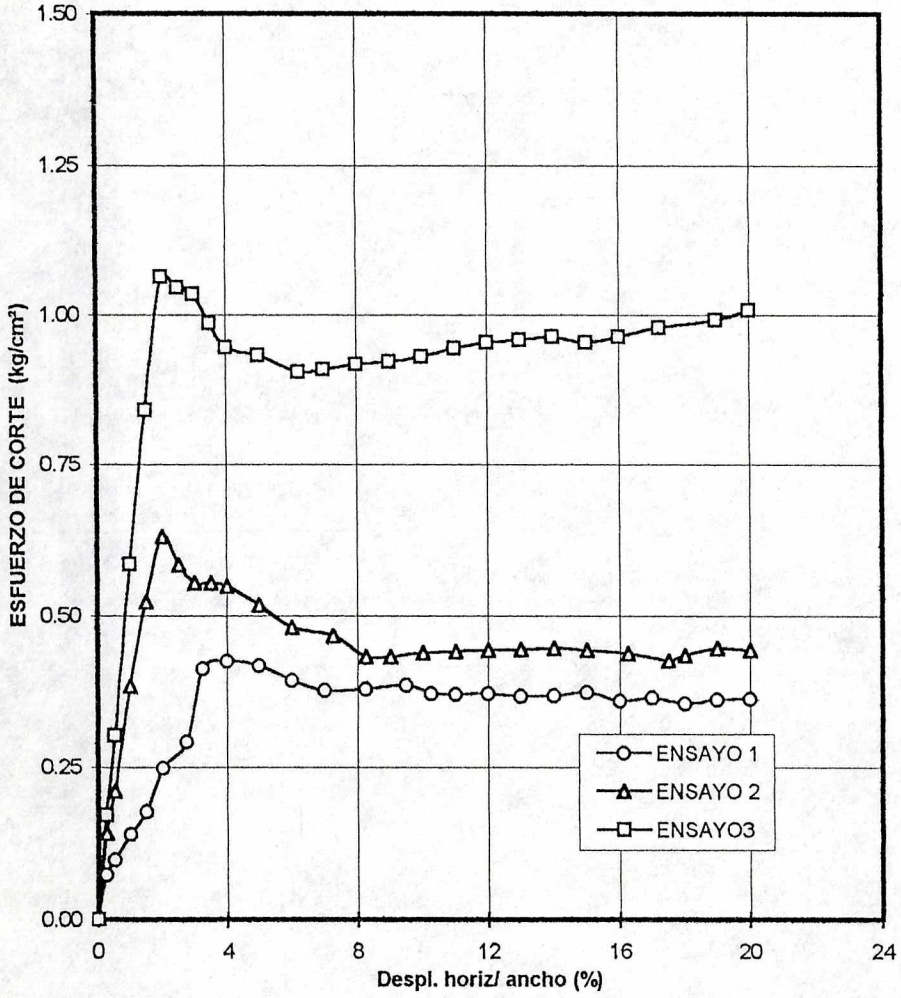


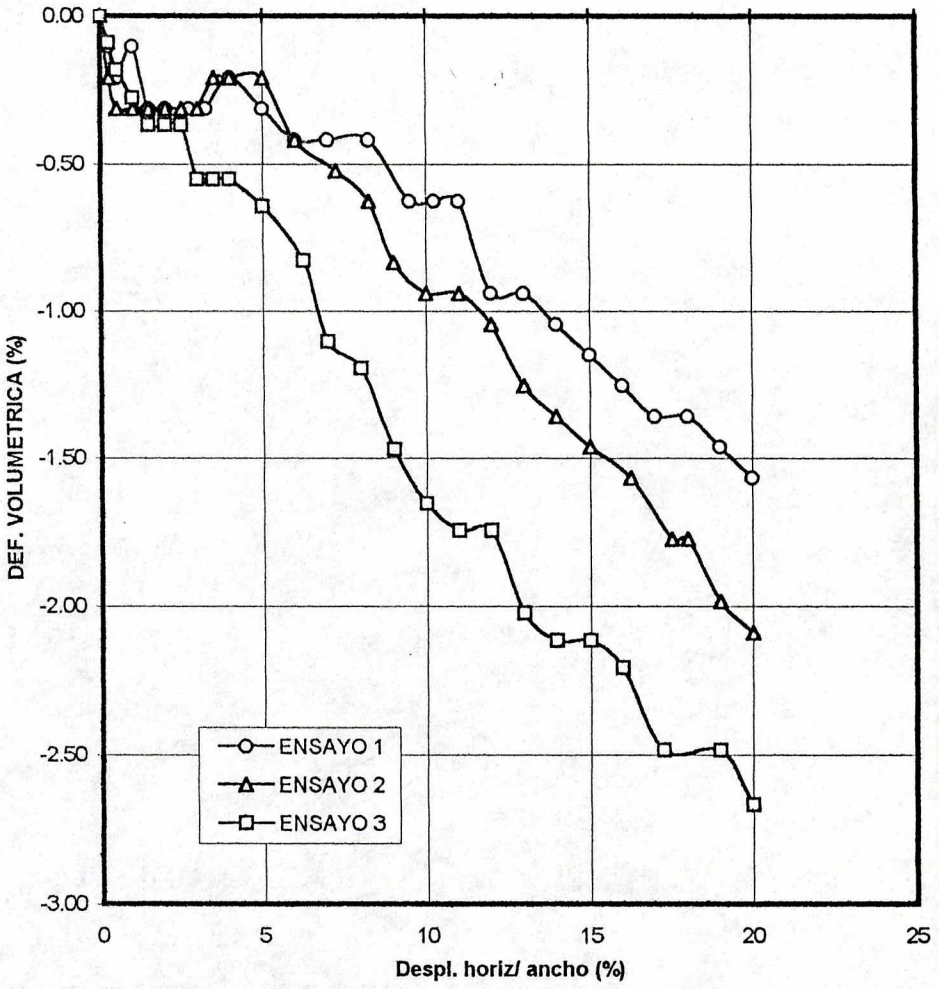
PERFORACION	P - 1
MUESTRA	M - 14
PROFUNDIDAD	7.30 - 8.00 m
DESCRIPCION	Arcilla habana con gravilla

Humedad natural inicial (%)	27.6
P. unit. total (ton/m3)	2.04
P. unit. seco (ton/m3)	1.62

FIGURA C-42

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACION

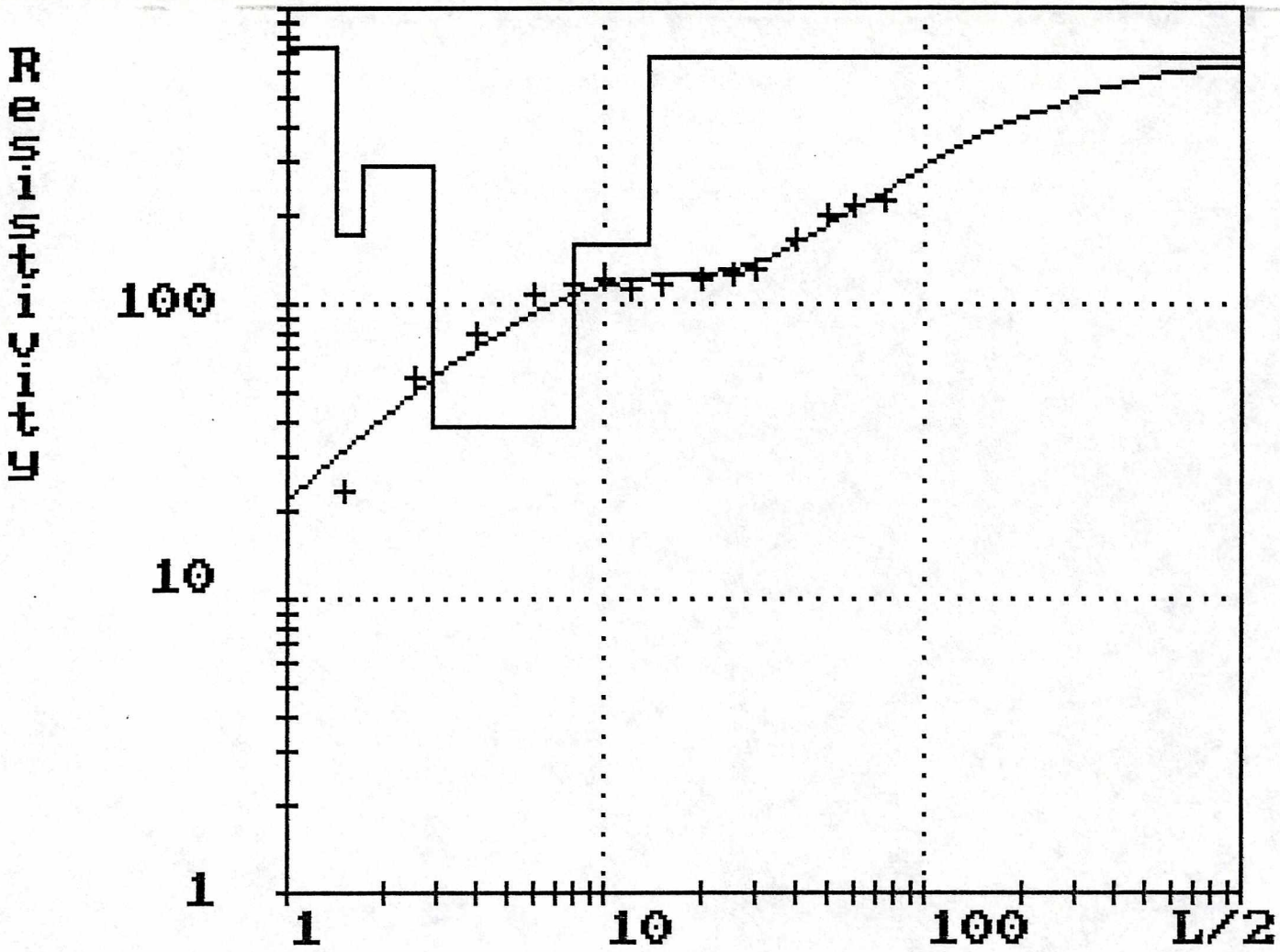




PERFORACION	P - 3
MUESTRA	M - 5
PROFUNDIDAD	2.05 - 2.50 m
DESCRIPCION	Arcilla algo arenosa habana

Humedad natural inicial (%)	29.0
P. unit. total (ton/m3)	1.91
P. unit. seco (ton/m3)	1.41

FIGURA C-43

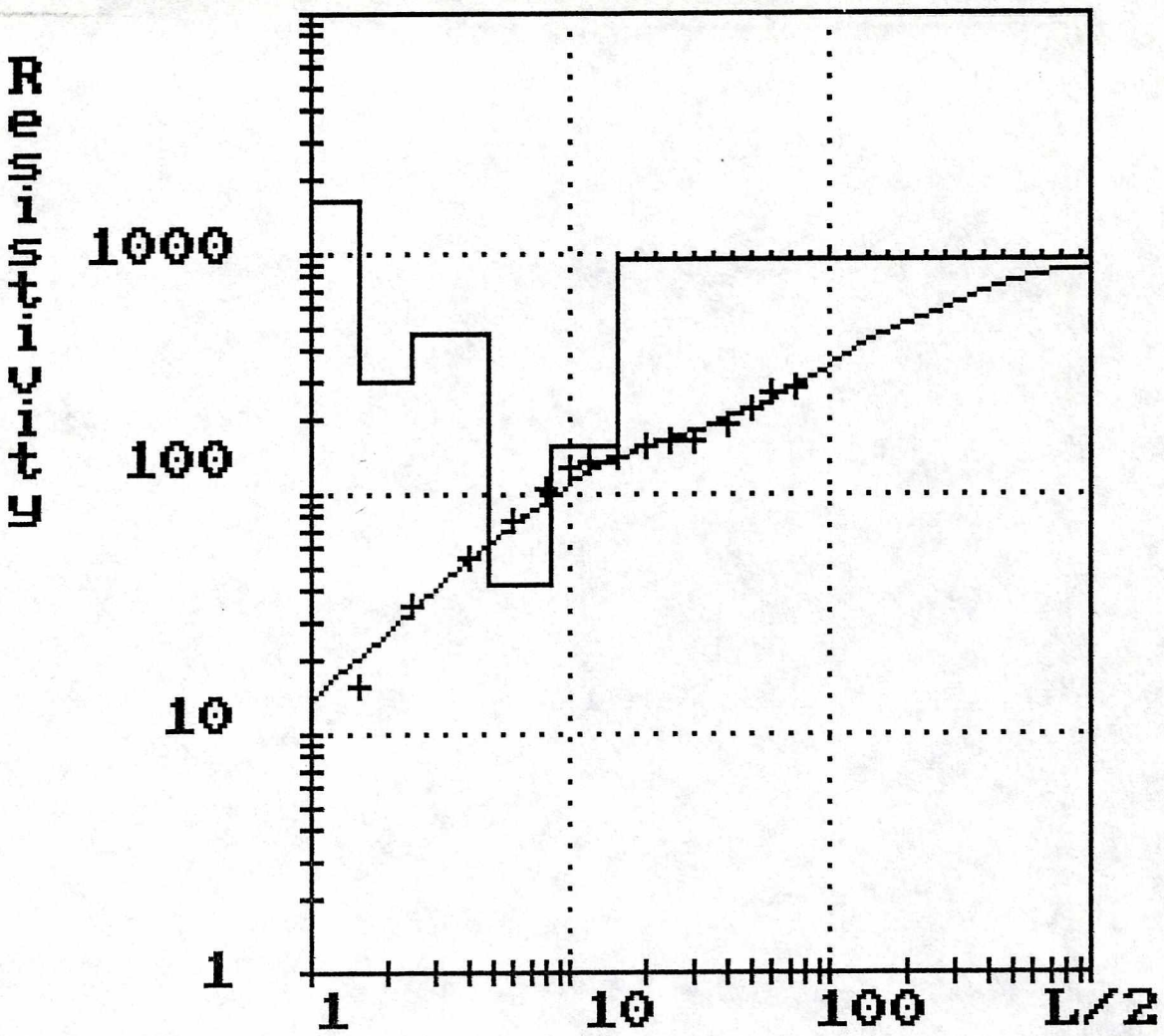


Data (File) name	111vi	Date	ABRIL DE 1999
Project name	DESLIZAMIENTOS	Direction lay out	IGL
Code name	SONDEO No.1	Remarks	-
Coordinates	SANTA VIVIANA	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	22.8	10.0	120.2	30.0	132.0
2.5	56.3	12.0	110.6	40.0	161.2
4.0	79.7	15.0	114.3	50.0	198.9
6.0	108.8	20.0	119.0	60.0	211.0
8.0	118.0	25.0	123.4	75.0	221.0

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
9.9	0.4
747.0	1.4
174.0	1.7
295.0	2.9
38.1	7.9
160.0	13.9
677.0	

FIGURA C-44

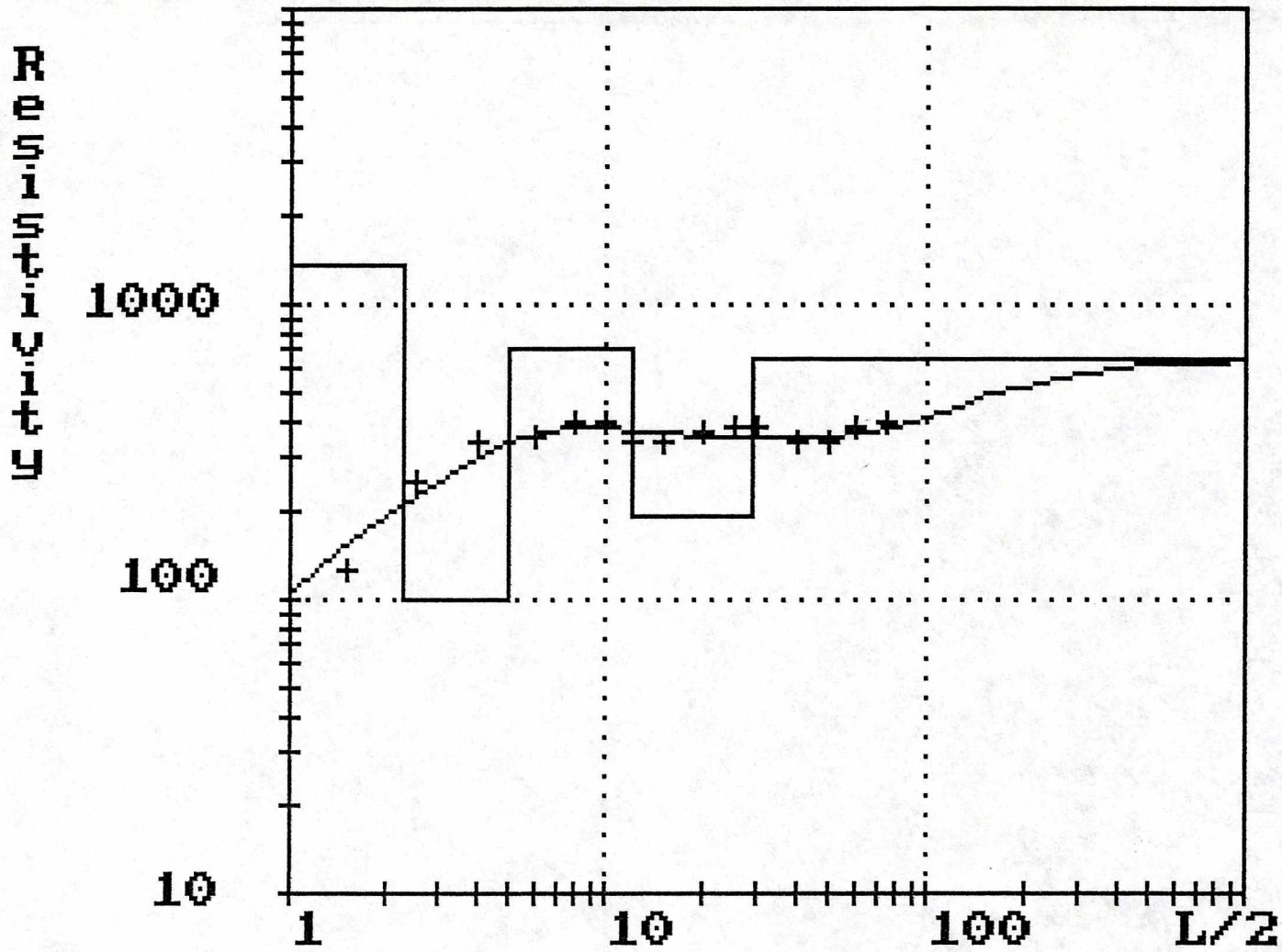


Data (File) name	222vi	Date	ABRIL DE 1999
Project name	DESLIZAMIENTOS	Direction lay out	IGL
Code name	SONDEO No.2	Remarks	-
Coordinates	SANTA VIVIANA	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	15.9	10.0	126.1	30.0	163.5
2.5	33.6	12.0	131.8	40.0	198.3
4.0	54.5	15.0	142.4	50.0	228.4
6.0	76.6	20.0	159.0	60.0	258.2
8.0	102.9	25.0	162.8	75.0	281.0

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
6.3	0.5
1670.0	1.5
289.0	2.4
470.0	4.8
42.6	8.6
159.0	15.4
960.0	

FIGURA C - 45



Data (File) name	33viv	Date	ABRIL DE 1999
Project name	DESLIZAMIENTOS	Direction lay out	IGL
Code name	SONDEO No.3	Remarks	-
Coordinates	SANTA VIVIANA	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	123.3	10.0	392.5	30.0	373.8
2.5	253.8	12.0	336.1	40.0	334.7
4.0	339.5	15.0	341.5	50.0	343.2
6.0	358.7	20.0	371.0	60.0	380.2
8.0	388.8	25.0	378.0	75.0	388.7

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
44.8	0.4
770.0	0.8
1350.0	2.3
100.0	4.9
721.0	12.1
194.0	28.5
659.0	

FIGURA C-46

INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

TABLA DE RESULTADOS
ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QDA. LA CARBONERA | **TRABAJO:** 1787 | **FECHA:** Mayo, 1999

PERFORACIÓN P 1

	MUESTRA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profundidad (m)	0.0 - 0.5	0.55 - 1.0	1.10 -1.55	1.7 - 2.25	2.3 - 2.75	2.75 - 3.0	3.0 - 3.45	3.45 - 3.90	3.90 - 4.35	4.4 - 4.85
Descripción	Arena arcillosa amarilla con gravas deleznables de arenita	Arena algo arcillosa amarilla con gravas de arenita friable.	Arena arcillosa habana con oxidaciones.	Arena fina amarilla con pequeños fragmentos de arcilla.	Arena arcillosa fina a media amarilla.	Bloque de arenita friable en arcilla gris,	Pequeños fragmentos de arenita friable.	Arena fina amarilla con arcilla.	Arcilla habana con oxidaciones, con arena.	Arcilla habana oxidada algo limosa con arena fina.
Humedad Natural (%)	8.6		9.9	11.7	20.4	13.3		12.4	18.5	20.2
Límite Líquido (%)									40	
Límite Plástico (%)									18	
Indice de Plasticidad									22	
Peso Unitario γ (ton/m3)			2.04			2.06			1.97	
Resistencia a la Compresión Inconfinada qu (kg/cm2)										
Penetrómetro de bolsillo Cu (ton/m2)									6.25	> 22.5
Veleta Cu (ton/m2)									10.62	18
% Pasa Tamiz # 200	27.16		24.55	23.9	49.4			10.86		
Resistencia a la penetración estándar N (golpes/pie)	2	16	12	4	5		15	21	27	21
Clasificación USC									CL	

CUADRO C-I

000223

INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

TABLA DE RESULTADOS
ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QDA. LA CARBONERA | **TRABAJO:** 1787 | **FECHA:** Mayo, 1999

PERFORACIÓN P 1

	MUESTRA									
	11	12	13	14	15	16				
Profundidad (m)	4.9 - 5.35	5.35 - 5.8	6.9 - 7.3	7.3 - 8.0	8.0 - 8.4	9.0 -9.4				
Descripción	Arcilla arenosa gris claro con gravas de arenita.	Arcilla gris claro.	Arcilla gris claro de consistencia firme.	Arcilla gris con fragmentos de arenita.	Arcilla gris oxidada de consistencia firme.	Arcilla gris con gravas de arenita friable.				
Humedad Natural (%)	16.3	24.7		19.2	28.4	20.2				
Límite Líquido (%)		86		79		50				
Límite Plástico (%)		24		22		17				
Indice de Plasticidad		62		57		33				
Peso Unitario γ (ton/m3)	2.06	2.02				2.04				
Resistencia a la Compresión Inconfinada qu (kg/cm2)										
Penetrómetro de bolsillo Cu (Ton/m2)		>22.5		.22.5	3.75	20.62				
Veleta Cu (ton/m2)	12.12	23.5			9.87	19.5				
% Pasa Tamiz # 200					74.3					
Resistencia a la penetración estándar N (golpes/pie)	19	32	56		65	>75				
Clasificación USC		CH		CH		CL				

CUADRO C-2

000224

INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

TABLA DE RESULTADOS
ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QDA LA CARBONERA | **TRABAJO:** 1787 | **FECHA:** Mayo, 1999

PERFORACIÓN P 2

	MUESTRA									
	1	2	3	4	6					
Profundidad (m)	0.0 - 0.5	0.55 - 1.0	1.05 - 1.50	1.55 - 1.7	2.5 - 2.65					
Descripción	Arcilla limosa café con gravas de arenita,	Arena arcillosa gris con pequeñas gravas.	Arcilla habana claro con gravas de arenita.	Gravas de arenita friable con arcilla gris claro.	Arcilla habana con vetas de oxidación y arena amarilla.					
Humedad Natural (%)	13.7	16.6	13.4	10.5	22.0					
Límite Líquido (%)	22.0				36.0					
Límite Plástico (%)	9.0				14.0					
Indice de Plasticidad	13				22					
Peso Unitario γ (ton/m3)		2.03	2.19							
Resistencia a la Compresión Inconfinada qu (kg/cm2)										
Penetrómetro de bolsillo Cu (ton/m2)		> 22.5	> 22.5	> 22.5	7.5					
Veleta Cu (ton/m2)					9.62					
% Pasa Tamiz # 200	50.2	17.28			44.5					
Resistencia a la penetración estándar N (golpes/pie)	8	20	52	> 75	> 75					
Clasificación USC	CL				CL					

CUADRO C-3

000225

INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

TABLA DE RESULTADOS
ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QDA LA CARBONERA | **TRABAJO:** 1787 | **FECHA:** Mayo, 1999

PERFORACIÓN P 3

	MUESTRA									
	1	2	3	4	6	7	8	9	10	12
Profundidad (m)	0.0 - 0.5	0.55 - 1.00	1.05 - 1.5	1.55 - 2.0	2.55 - 3.0	3.05 - 3.5	3.55 - 4.0	4.05 - 4.5	5.0 - 5.2	5.45
Descripción	Limo arenoso café oscuro con gravas.	Arcilla arenosa café con gravas.	Arcilla arenosa amarilla con gravas.	Arcilla amarilla oxidada con lentes de arena.	Arcilla gris claro oxidada.	Arcillolita gris con vetas de oxidación.	Arcillolita gris claro con vetas de oxidación.	Arena arcillosa habana con arcillolita oxidada.	Gravas de arenita friable amarilla con arcilla gris.	Pequeños fragmentos de arenita friable.
Humedad Natural (%)	8.3	23.1	24.8	26.3	21.2	18.4	21.4	36.7	28.1	14.2
Límite Líquido (%)			73	70					64	
Límite Plástico (%)			22	21					19	
Indice de Plasticidad			51	49					45	
Peso Unitario γ (ton/m3)		1.93	1.95	192		2.09			2.04	
Resistencia a la Compresión Inconfinada qu (kg/cm2)										
Penetrómetro de bolsillo Cu (ton/m2)		> 22.5	> 22.5	> 22.5	> 22.5	> 22.5	22.5		22.5	
Veleta Cu (ton/m2)							22.87		22.12	
% Pasa Tamiz # 200								42.16		
Resistencia a la penetración estándar N (golpes/pie)	7	9	14	12	14	35	63	60	> 75	> 75
Clasificación USC			CH	CH					CH	

CUADRO C-4

000226

INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

TABLA DE RESULTADOS
ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QDA. LA CARBONERA | **TRABAJO:** 1787 | **FECHA:** Mayo, 1999

PERFORACIÓN P 4

	MUESTRA									
	1	4	5							
Profundidad (m)	0.0 - 0.5	1.95 - 2.40	2.45 - 2.90							
Descripción	Arena fina amarilla con limo café oscuro.	Arcilla amarilla oxidada con arena fina.	Arcilla arenosa amarilla con vetas grises.							
Humedad Natural (%)	7.6	32.1	19.0							
Límite Líquido (%)										
Límite Plástico (%)										
Indice de Plasticidad										
Peso Unitario γ (ton/m3)			1.92							
Resistencia a la Compresión Inconfinada qu (kg/cm2)										
Penetrómetro de bolsillo Cu (ton/m2)		17.5								
Veleta Cu (ton/m2)		16.87								
% Pasa Tamiz # 200	39.0		59.7							
Resistencia a la penetración estándar N (golpes/pie)	2	10	18							
Clasificación USC										

CUADRO C-5

000227

INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

TABLA DE RESULTADOS
ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QDA LA CARBONERA | **TRABAJO:** 1787 | **FECHA:** Mayo, 1999

PERFORACIÓN P 5

	MUESTRA									
	1	2	3	4						
Profundidad (m)	0.05 - 0.5	0.55 - 0.97	1.0 - 1.25	2.05 - 2.15						
Descripción	Arcilla limosa café oscuro con raíces.	Arcilla limosa café oscuro.	Arena limosa café oscuro.	Arenita amarilla muy friable.						
Humedad Natural (%)	6.0	16.2	11.4	14.0						
Límite Líquido (%)		22.5								
Límite Plástico (%)		9.7								
Indice de Plasticidad		12.8								
Peso Unitario γ (ton/m3)		2.08	2.14	2.12						
Resistencia a la Compresión Inconfinada qu (kg/cm2)										
Penetrómetro de bolsillo Cu (ton/m2)		> 22.5	16.25							
Veleta Cu (ton/m2)										
% Pasa Tamiz # 200			65.7	37.8						
Resistencia a la penetración estándar N (golpes/pie)	21	44	> 75	> 75						
Clasificación USC		CL								

CUADRO C-6

000228

INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

TABLA DE RESULTADOS
ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QDA LA CARBONERA | **TRABAJO:** 1787 | **FECHA:** Mayo, 1999

PERFORACIÓN P 6

	MUESTRA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Profundidad (m)	0.50 - 0.95	1.0 - 1.45	1.5 - 1.95	2.15 - 2.60	2.65 - 3.10	3.15 - 3.60	3.65 - 4.10	4.15 - 4.60	4.65 - 4.85	
Descripción	Arena arcillosa con limo café.	Arcilla arenosa gris claro con pequeñas gravas.	Arcilla gris claro con gravas angulares de arenita.	Arcilla gris claro con vetas de oxidación.	Arcilla gris con pequeñas gravas angulares rojizas.	Arcilla gris con gravas angulares café rojizo.	Similar a la Muestra No.6.	Arena arcillo-limosa oxidada.	Arcilla gris claro con vetas de oxidación y arena fina.	
Humedad Natural (%)	12.7	11.7	19.5	29.2	29.6	30	21.1	19.3	19.4	
Límite Líquido (%)		72.5				74.5				
Límite Plástico (%)		22.7				21.0				
Indice de Plasticidad		49.8				53.5				
Peso Unitario γ (ton/m3)	2.17	1.98	2.04	1.88	1.94	1.90	1.93	2.08	1.96	
Resistencia a la Compresión Inconfinada qu (kg/cm2)										
Penetrómetro de bolsillo Cu (ton/m2)				4.0	17.5	11.2			> 22.5	
Veleta Cu (ton/m2)				12.2	18.0	15.7				
% Pasa Tamiz # 200								41.38		
Resistencia a la penetración estándar N (golpes/pie)	11	15	22	12	13	10	17	34	> 75	
Clasificación USC		CH				CH				

CUADRO C - 7

000229

INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA.
Ingenieros Consultores

TABLA DE RESULTADOS
ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: ESTABILIZACION DE LA CUENCA DE LA QDA LA CARBONERA | **TRABAJO:** 1787 | **FECHA:** Mayo, 1999

PERFORACIÓN P 7

	MUESTRA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profundidad (m)	0.20 - 0.65	0.70 - 1.15	1.20- 1.65	1.70 - 2.15	2.20 - 2.65	2.70 - 3.15	3.20 - 3.65	5.20 - 5.65	5.70 - 6.10	6.50 - 6.95
Descripción	Arcilla arenosa gris amarilla con gravas.	Arena arcillosa amarilla con pequeñas gravas.	Arcilla arenosa habana con gravas angulares.	Material similar a la Muestra anterior.	Material similar a la Muestra anterior.	Arcillolita habana con vetas grises y arena fina.	Arena limosa café y amarilla con gravas.	Arcillolita amarilla con trazas grises.	Arcilla gris oxidada de consistencia firme.	Arcillolita gris claro.
Humedad Natural (%)	9.6.	7.1	8.9	8.5	11.9	9.1	9.7	25.6	20.6	15.2
Límite Líquido (%)								76.0		65.4
Límite Plástico (%)								20.9		20.1
Indice de Plasticidad								55.1		45.3
Peso Unitario γ (ton/m3)	2.04				1.88	1.92		2.00	2.09	2.13
Resistencia a la Compresión Inconfinada qu (kg/cm2)										
Penetrómetro de bolsillo Cu (ton/m2)										
Veleta Cu (ton/m2)										
% Pasa Tamiz # 200	63.6	44.33	51.4	47.4		60.77	43.5			
Resistencia a la penetración estándar N (golpes/pie)	8	6	12	5	5	6	8	36	> 75	51
Clasificación USC								CH		CH

CUADRO C - 8

000230

TRINCHERA No. 1
QUEBRADA LA CARBONERA



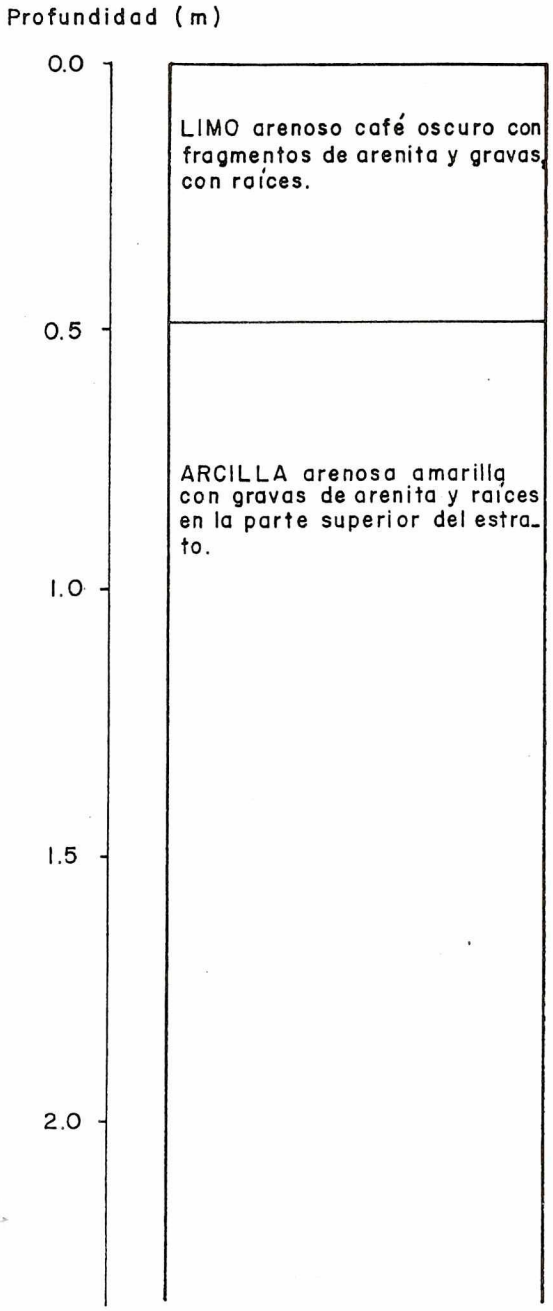


FIGURA C-9



Profundidad (m)

TRINCHERA No. 2

0.0

ARCILLA arenosa amarilla.

ARCILLA limosa café clara con fragmentos de arenita.

1.0

BLOQUES de arenita friable habana, conformando un depósito coluvial (Qcl).

2.0

FORMACION GUADUAS conjunto medio (KTgm)
LIMO arenoso café oscuro.

ARCILLA arenosa amarilla y habana con fragmentos de arenita

3.0

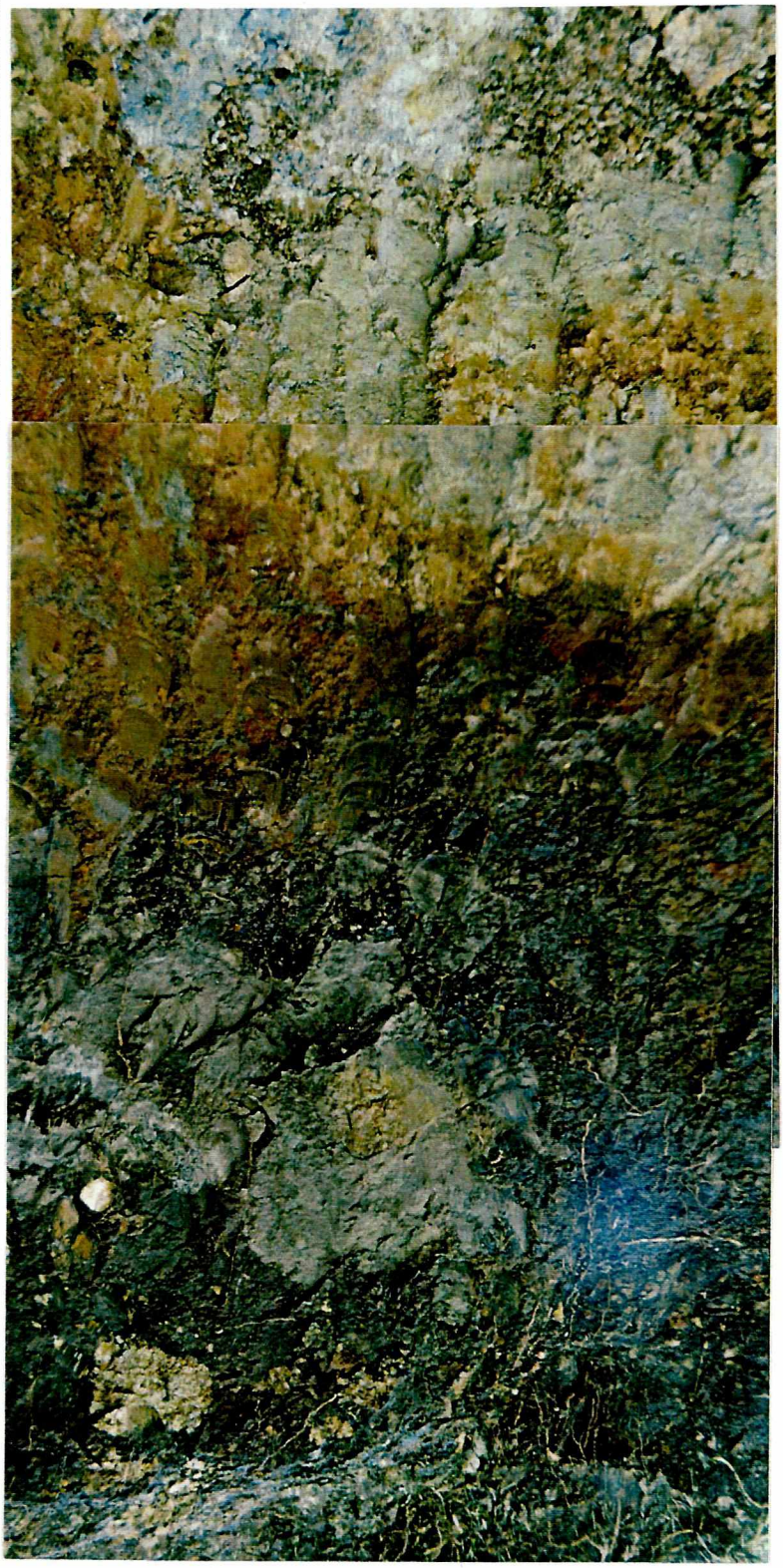
4.0

BARRIO LOS PINOS

FIGURA C-10

TRINCHERA No. 3

M12 LOTE 5 (SANTA VIVIANA 2º SECTOR)



Profundidad (m)

0.0	RELLENO de escombros (Rae), con limo arcilloso café oscuro con raíces.
	COLUVION conformado por limo arcilloso con bloques de arenita friable. Depósito en alto grado de meteorización
1.0	
2.0	ARCILLA gris oxidada con gravas.
3.0	ARCILLOLITA gris de consistencia muy firme. (Formación Guaduas).

FIGURA C-11

TRINCHERA No. 4

MANZANA I. LOTE I. SAN ANTONIO



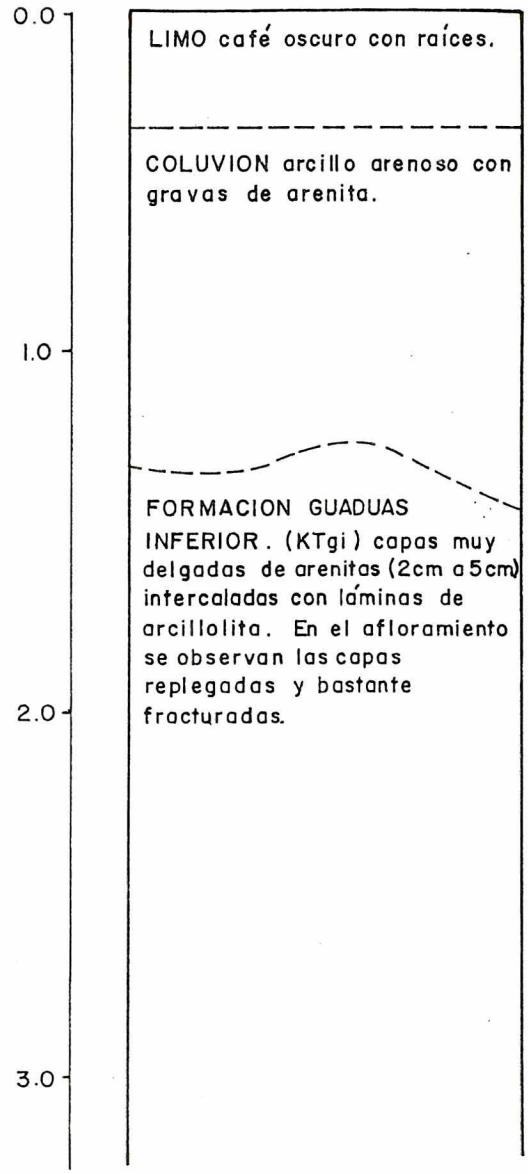


FIGURA C-12

TRINCHERA No. 5

MANZANA 8. LOTE 30. SAN ANTONIO



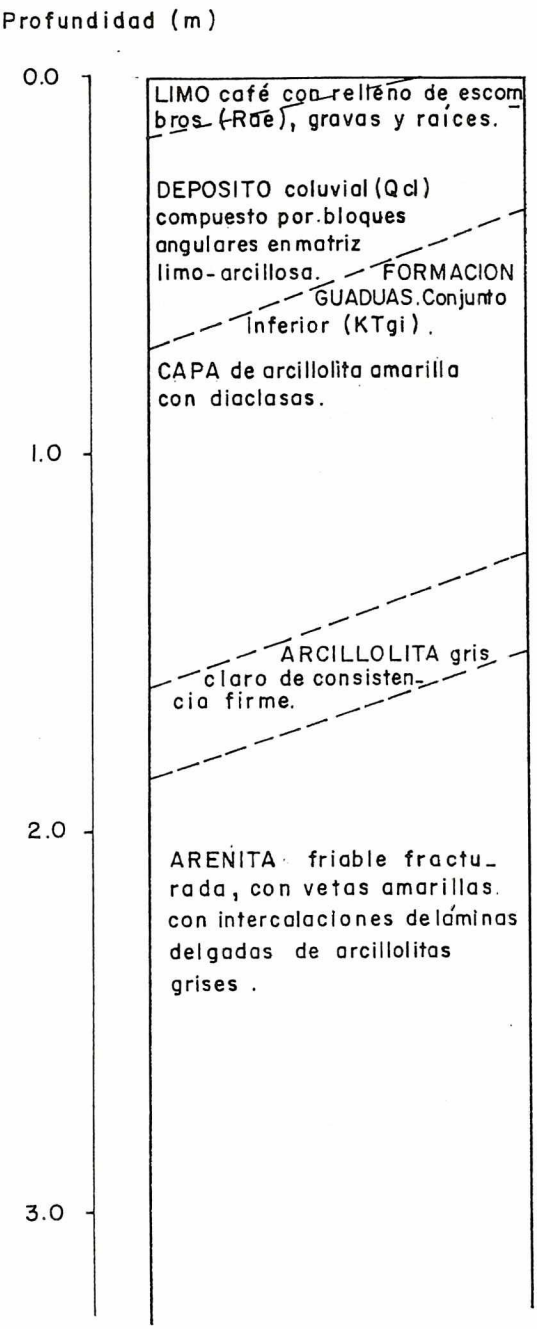


FIGURA C-13

TRINCHERA No. 6

ACCESO AL BARRIO SAN ANTONIO
(a las Manzanas 17 y 21).



Profundidad (m)

0.0

FORMACION Guaduas Conjunto Inferior (KTgi). Afloramiento de un estrato de arenita de grano fino muy compacta, fracturada.

1.0

ARCILLOLITA gris claro muy meteorizada y oxidada.

2.0

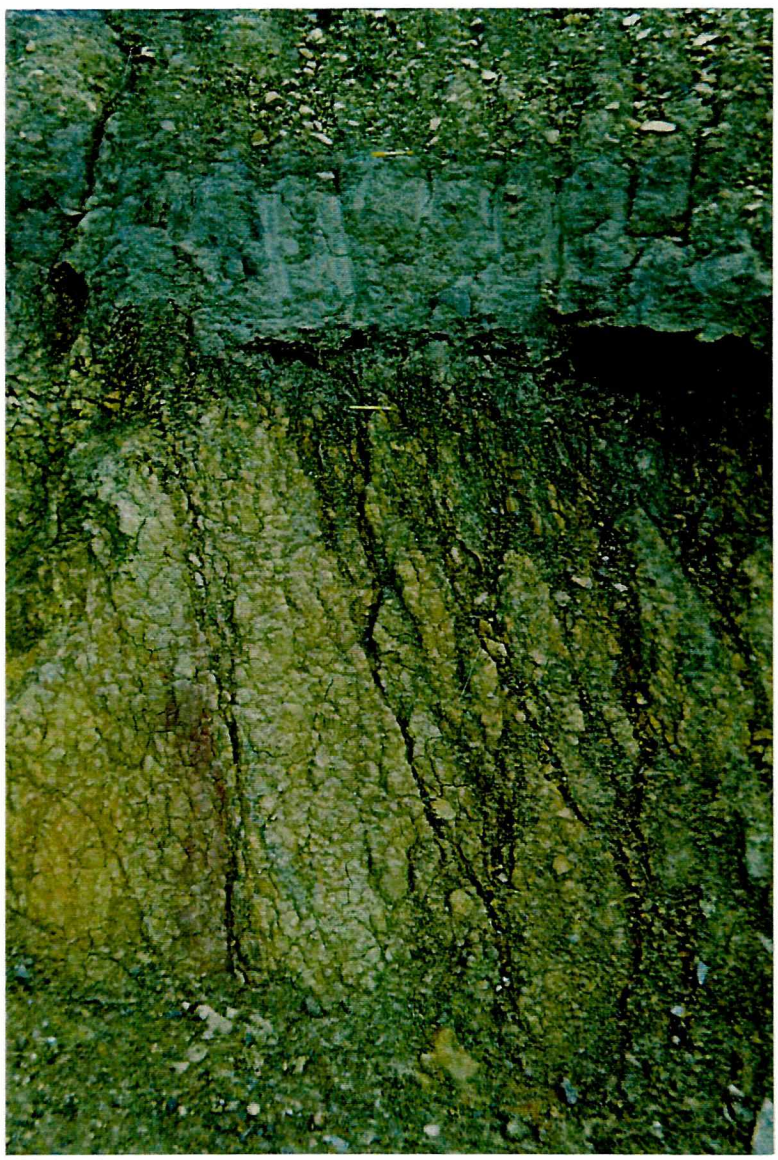
LUTITA carbonosa gris oscuro, meteorizada.

3.0

FIGURA C-14

TRINCHERA No. 7

ACCESO AL BARRIO SAN ANTONIO (a las Manzanas 13 y 17).



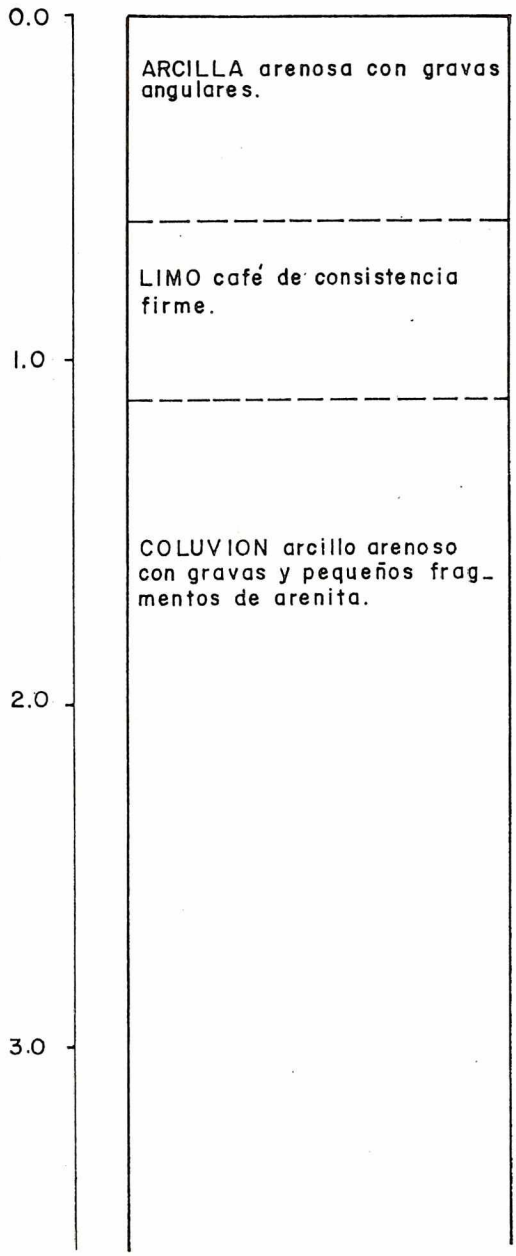


FIGURA C-15

TRINCHERA No. 8

MARGEN DERECHA DE LA QDA. LA CARBONERA
(Barrio Perdomo Alto)



Profundidad (m)

0.0

LIMO arenoso con gravas angulares.

FORMACION Guaduas. Conjunto Medio (KTgm). Intercalación de capas medias (30cm) de arenitas de grano fino, con capas de arcillolitas de color amarillo por oxidación

1.0

CAPA de arenita de grano fino compacta fracturada.

RELLENO de escombros (Ra e), depositado contra el escarpe y erosionado por acción de la quebrada.

2.0

LIMO arenoso con gravas angulares y bloques, material muy erodable.

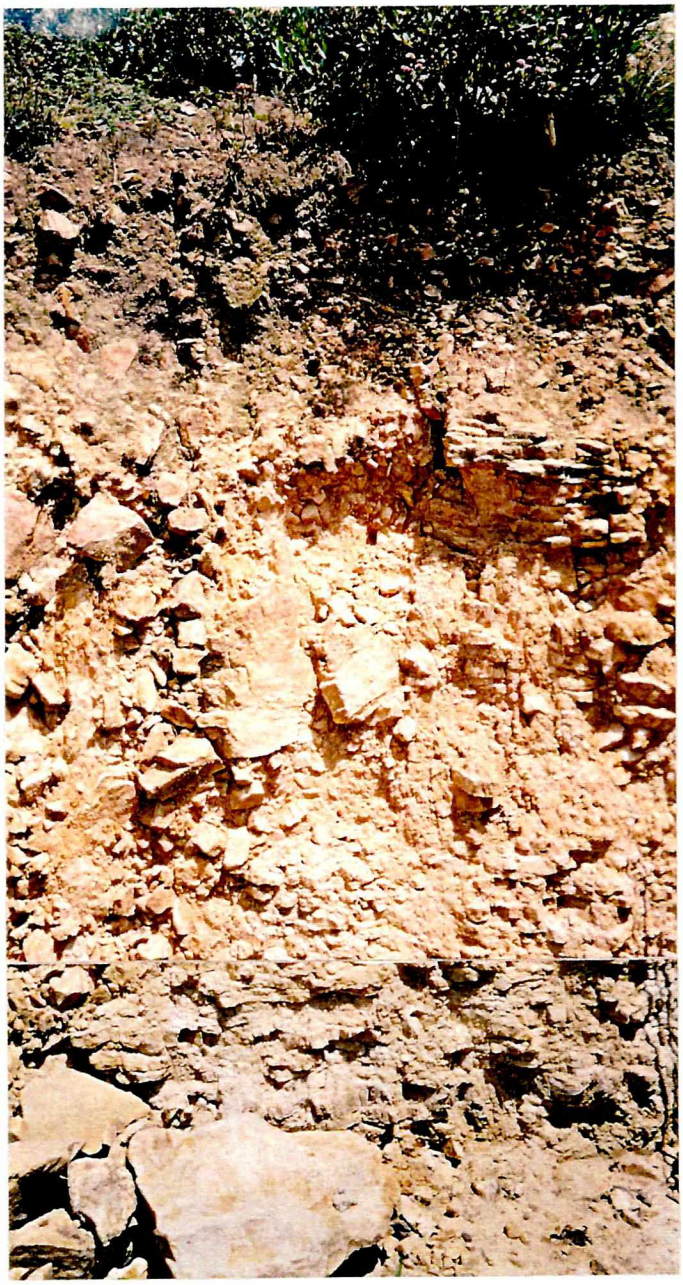
3.0

4.0

FIGURA C-16

TRINCHERA No. 9

(LOTE 12 - Mz 76 - SANTA VIVIANA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO arenoso fisurado con raíces y gravas angulares. Suelo residual, de la Formación Guaduas Conjunto Inferior (KTgi).
0.5	Capas delgadas de arenitas friables correspondiente a la Formación Guaduas Conjunto Inferior (KTgi) acompañadas de algunos bloques angulares caidos de arenitas.
1.0	
1.5	
2.0	
2.5	

FIGURA C-17

TRINCHERA No. 10

LOTE 18- Mz 76 -SANTA VIVIANA



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	Material de relleno conformado por arcilla arenosa y gravas angulares, corresponde a relleno de escombros (Rae).
0.5	LIMO arenoso café oscuro con gravas.
1.0	Material de coluvión conformado por arcilla arenosa amarilla con gravas y bloques semiangulares de arenita.
1.5	CAPA de arenita limosa fina a media. Intercalación que corresponde a la Formación Guaduas. (KTg).
2.0	LUTITA carbonosa muy meteorizada con intercalaciones verticales de arena fina café, de la Formación Guaduas (KTg).

FIGURA C-18

TRINCHERA No. II

(LOTE II – Mz 69 - SANTA VIVIANA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO arenoso café con gravas, fisurado con raíces.
0.5	Bloques de arenita friable subangulares en una matriz areno-arcillosa amarilla clara.
1.0	ARENITA meteorizada de la Formación Arenisca Tierra (Ksgt) del Grupo Guadalupe.
1.5	
2.0	
2.5	
3.0	

FIGURA C-19

TRINCHERA No. 12

(LOTE 9 - Mz 69 - SANTA VIVIANA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO arenoso café con trazas amarillas oscuras, fisurado con raíces y gravas de arenita. Suelo residual de la Formación Arenisca Tierna (Ksgt) en una intercalación o capa de arcillolita de la misma Formación (Ksgt).
0.5	
	ARCILLA algo arenosa habana y amarilla con gravas.
1.0	
1.5	

FIGURA C-20

TRINCHERA No.13

(LOTE 7 Mz 67– SANTA VIVIANA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO café oscuro algo arenoso con raíces.
0.5	INTERCALACION de una capa de arenita de grano fino, con alto grado de diaclasamiento, correspondiente a la Formación Guaduas (KTg).
1.0	
1.5	
2.0	

FIGURA C-21

TRINCHERA No. 14

(LOTE 18 - Mz 56 - SANTA VIVIANA)



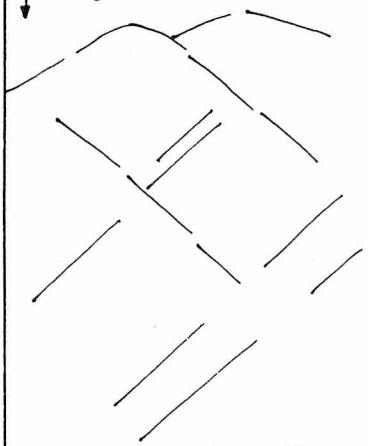
Prof (m)

ESTRATIGRAFIA

0.0

LIMO café oscuro fisurado con raíces.

con gravas de arenita.



1.0

CAPAS gruesas de arenitas de grano medio a grueso muy fracturados con alto grado de meteorización correspondiente a capas de la Formación

2.0

3.0

ARENISCA tierna (Ksgt) del Grupo Guadalupe.

FIGURA C-22

TRINCHERA No. 15

(LOTE 16 - Mz-55 - SANTA VIVIANA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO café oscuro algo arenoso con raíces
0.5	con pequeñas gravas angulares.
1.0	ARENITA friable de grano grueso, correspondiente a la Formación Arenisca Tierna (Ksgt) del Grupo Guadalupe.
1.5	
2.0	

FIGURA C-23

TRINCHERA No.16

(LOTE 17- Mz 54-SANTA VIVIANA)



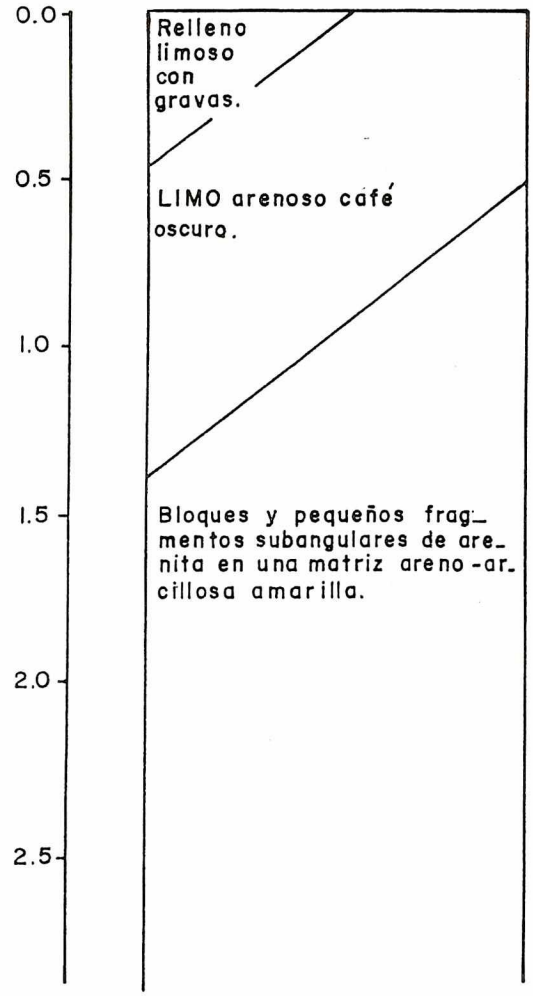


FIGURA C-24

TRINCHERA No.17

(LOTE 22 - Mz 32 - SANTA VIVIANA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
	Muro de concreto ciclópeo.
0.0	LIMO café oscuro de consistencia firme.
0.5	
1.0	Bloques de arenita de grano grueso muy fracturados, capas gruesas con estratificación cruzada, correspondiente a la Formación Arenisca Tierna (Ksgt).
1.5	
2.0	

FIGURA C-25

TRINCHERA No. 18
(LOTE 12 - Mz 51 - SANTA VIVIANA)



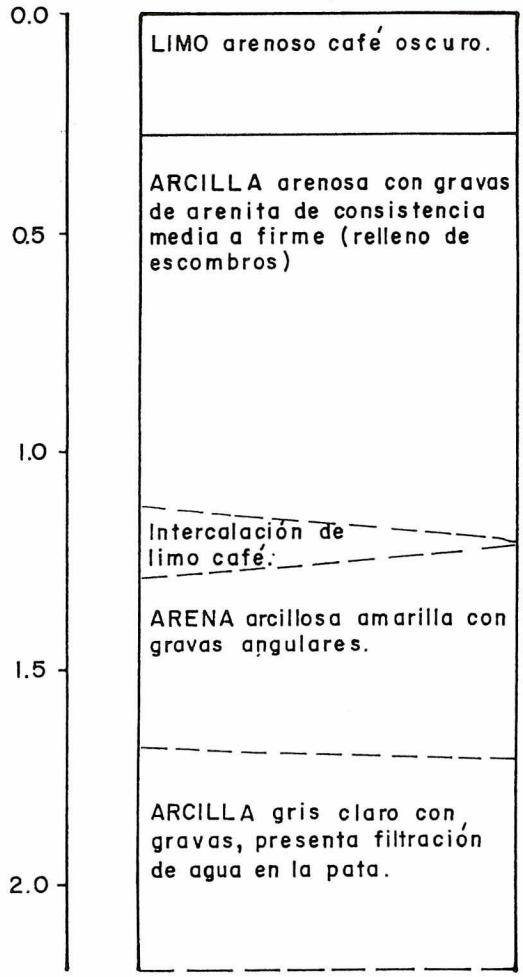


FIGURA C-26

TRINCHERA No. 19
(LOTE 8 - Mz 61- SANTA VIVIANA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO café oscuro fisurado con raíces, algo arenoso.
0.5	Depósito Fluvio Glacial (Qfg). Bloques subangulares de arenita compacta en una matriz limo arenosa café oscura de consistencia media.
1.0	
1.5	En la parte inferior presenta una pequeña corriente de agua procedente del interior del estrato originada por filtraciones de los canales de aguas servidas cercanos a la trinchera.
2.0	

FIGURA C-27

TRINCHERA No. 20
(LOTE 15 – Mz 50 – SANTA VIVIANA)



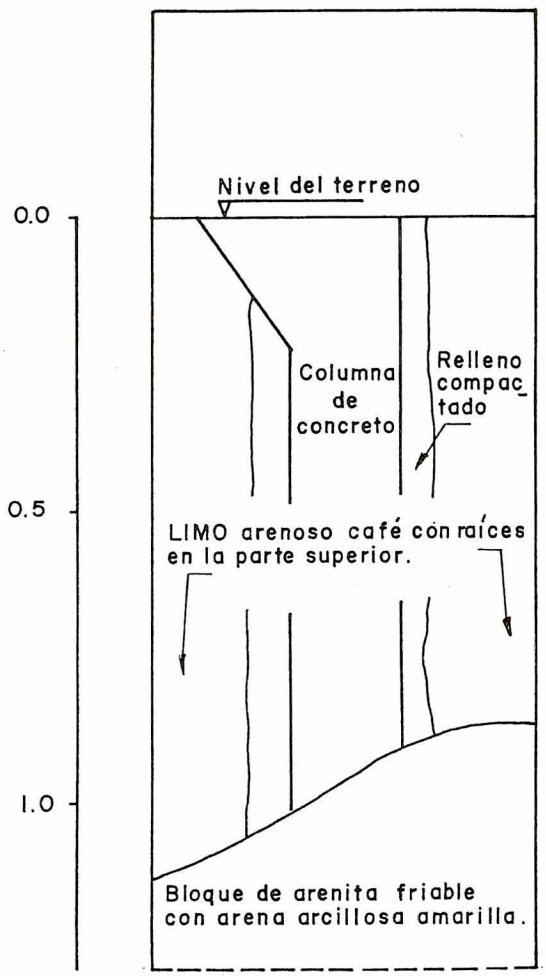
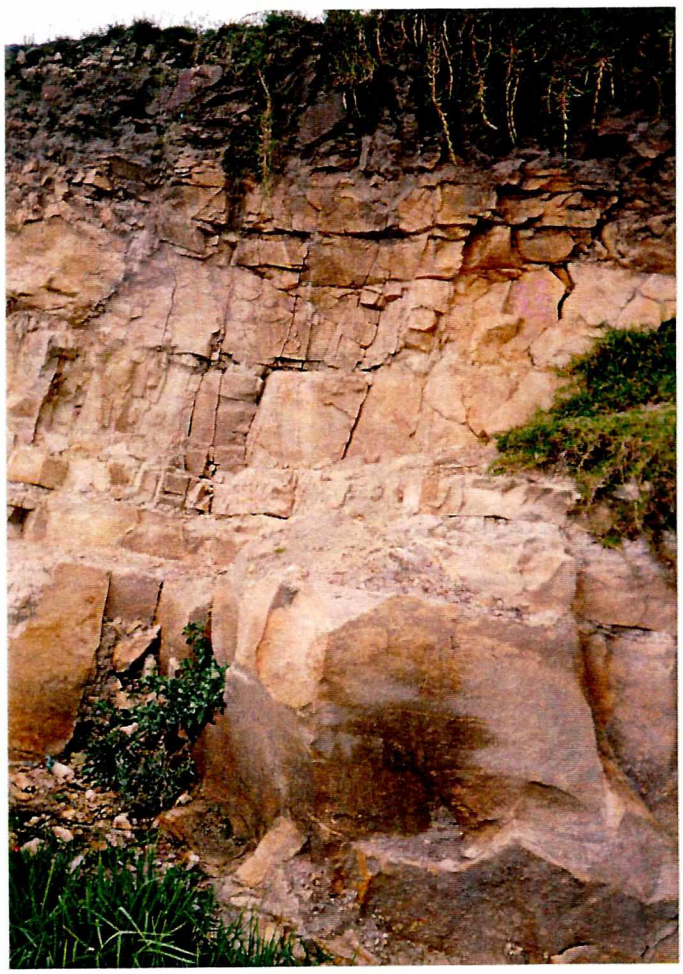


FIGURA C-28

TRINCHERA No. 21

(LOTE 34 - Mz 49 - SANTO DOMINGO)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO arenoso café oscuro con gravas.
1.0	Fm. Arenisca Tierna (Ksgt). Capas de arenita de grano medio a grueso, muy fracturadas. Presentan buzamiento de 18° hacia el Noreste y rumbo N35° W. Presentan estratificación cruzada, con ondulitas asimétricas en las superficies de estratificación hacia los topes de las capas.
2.0	
3.0	
4.0	

FIGURA C-29

TRINCHERA No. 22

(LOTE 15 - Mz 51 - SANTO DOMINGO)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO arenoso café oscuro de consistencia media a firme, fisurado.
0.5	Formación Guaduas Conjunto Inferior (KTgi). Capas de arcillolitas alteradas, intercaladas con láminas de arenitas de grano fino. Horizonte de meteorización.
1.0	
1.5	
2.0	
2.5	

FIGURA C-30

TRINCHERA No. 23

(LOTE 12 - Mz 51 – SANTO DOMINGO)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO café oscuro fisurado, con raíces, de consistencia media a firme.
0.5	Bloques subangulares de arenita media a gruesa en matriz arcillo arenosa densa de consistencia firme, remanente, de poca extensión de un depósito Fluvio Glacial antiguo.
1.0	
1.5	

FIGURA C-31

TRINCHERA No. 26
(LOTE 4 - Mz B - SANTA HELENA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO arenoso café con bloques de arenita muy cementada, algo redondeados.
	Depósito Coluvial (Qc). Bloques de arenita friable en matriz areno-arcillosa amarilla densa.
1.0	
2.0	
	GRAVAS angulares de arenita en matriz areno-arcillosa amarilla oscura oxidada, densa
3.0	

FIGURA C-34

TRINCHERA No. 27
(LOTE 3 - Mz G - SANTA HELENA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO arenoso café fisurado con raíces.
1.0	Horizonte de meteorización de la Formación Guaduas (KTgi). ARENA arcillosa amarilla oxidada con gravas angulares de arenita.
2.0	Formación Guaduas Conjunto Inferior (KTgi). Capas delgadas de arenita, intercaladas con láminas de arcillolita.

FIGURA C-35

TRINCHERA No. 29
(Barrio El Espino)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO café oscuro fisurado con raíces, de consistencia media.
0.5	LIMO arcillo-arenoso café claro grisáceo.
1.0	Bloques de arenita de grano fino friable en matriz arcillo-arenosa amarilla, horizonte de meteorización de la Formación Guaduas Conjunto medio (KTgm).
1.5	

FIGURA C-37

TRINCHERA No. 30
(LOTE 9 - Mz 56 - SANTO DOMINGO)

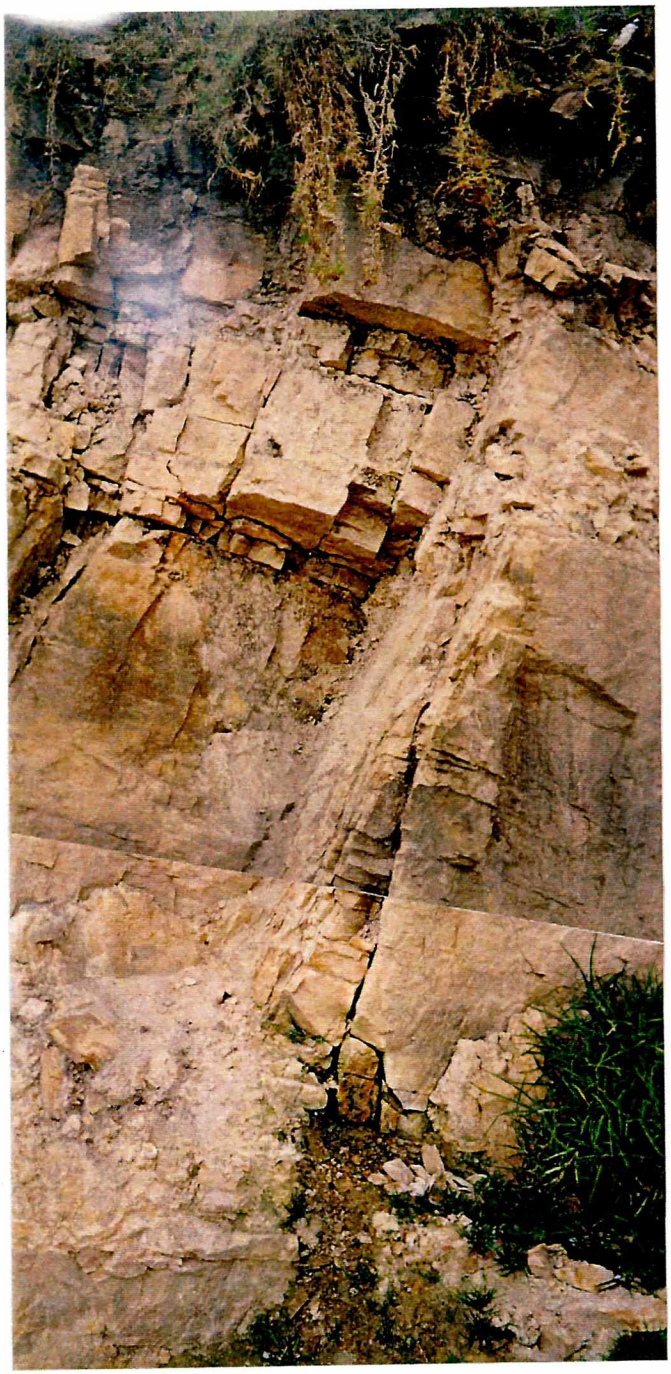


Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO café oscuro algo arenoso, fisurado con raíces, de consistencia media a firme.
0.5	Bloques de arenita friable en matriz arcillo arenosa amarilla de consistencia firme.
1.0	
1.5	

FIGURA C-38

TRINCHERA No. 24

(ESCUELA DE SANTA HELENA)



Prof (m)

ESTRATIGRAFIA

0.0

LIMO café oscuro fisurado con raíces (seco) firme

1.0

Formación Guaduas Conjunto Inferior (KTgi).

Arenitas de grano fino, en capas delgadas (10cm) hasta gruesas de (1m) con diaclasamiento intenso perpendicular a la estratificación de las capas.

2.0

Estas diaclasas se encuentran abiertas (3cm aprox.).

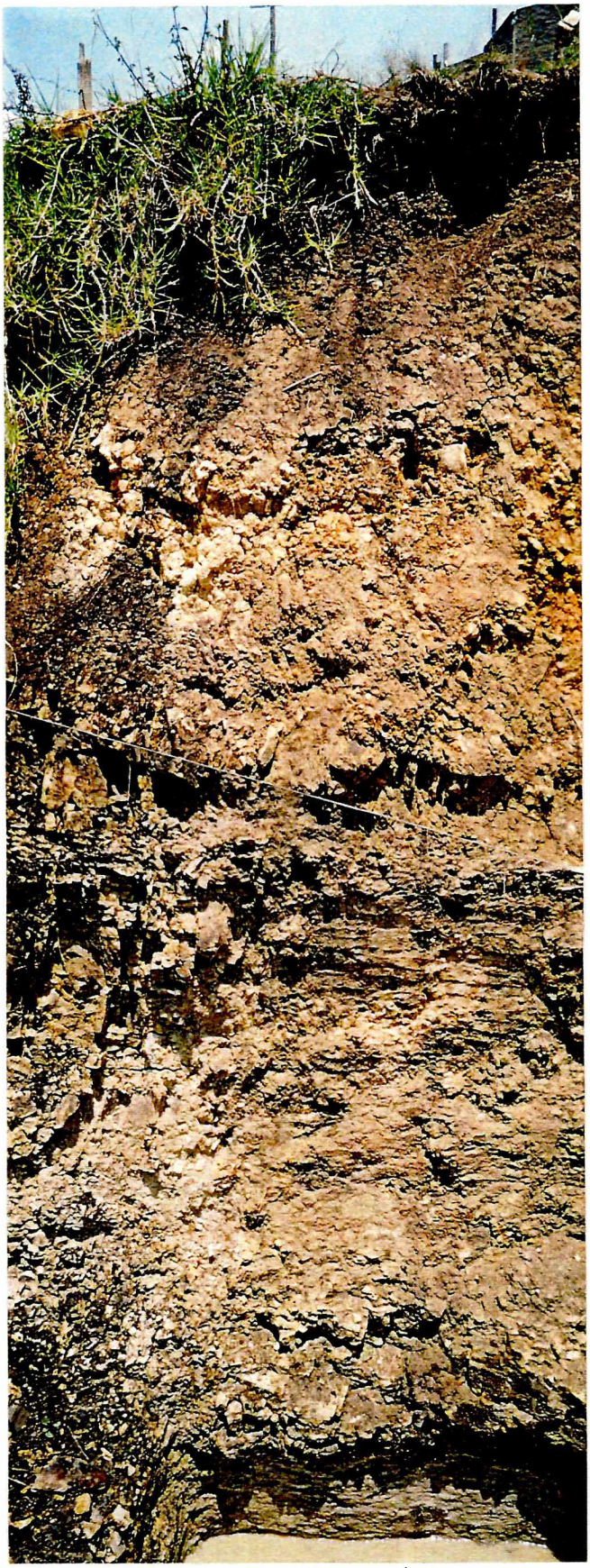
3.0

4.0

5.0

FIGURA C-32

TRINCHERA No. 28
(LOTE I-Mz I - SANTA HELENA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	LIMO café oscuro fisurado con raíces.
	Horizonte de meteorización. ARCILLA arenosa habana y amarilla con gravas y bloques de arenita. Matriz de consistencia media a firme.
1.0	
2.0	Formación Guaduas Conjunto Inferior (KTgi). Capas delgadas de arenitas de grano muy fino intercaladas con láminas delgadas de arcillolita gris.
3.0	ARCILLOLITA gris claro muy firme.

FIGURA C-36

TRINCHERA No. 25

(LOTE 3 - Mz A – SANTA HELENA)



Prof (m)	ESTRATIGRAFIA
0.0	Muro en piedra pegada que conforma un relleno antrópico.
	LIMO arenoso café oscuro.
0.5	Depósito Coluvial (Qc). Bloques subangulares de arenita algo cementada en una matriz arcillo - arenosa amarilla media.
1.0	
1.5	
2.0	

FIGURA C-33