UNIDAD DE PREVENCION Y
ATENCION DE EMERGENCIAS
UPES

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTA D.C.

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, EVALUACION DE LA MEDIDAS DE MITIGACION Y DISEÑO DETALLADO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LOS ESCARPES DE LA EXPLOTACION EN EL BARRIO LA FISCALA



CONTRATO No. G-768-90/98

INFORME FINAL PRELIMINAR

CONSORCIO

GEOTECNIA & CIMENTACIONES

PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A. - INGENIEROS CONSULTORES

Mayo de 1.999

TABLA DE CONTENIDO

Página

1. 0 GENERALIDADES **1-1**

2. 0 OBJETIVOS Y ALCANCES **2-1**

3. 0 ANTECEDENTES E INFORMACIÓN DE REFERENCIA **3-1**

3.1 LOCALIZACIÓN **3-1**

3.2 RESEÑA HISTÓRICA **3-2**

3.3 INFORMACIÓN DE REFERENCIA **3-3**
3.3.1 Bases topográficas 3-3
3.3.2 Planos geológicos 3-3
3.3.3 Informes técnicos y otras publicaciones 3-3

4. 0 METODOLOGÍA **4-1**

4.1 GEOTECNIA **4-1**

4.2 AMENAZA **4-2**

4.3 VULNERABILIDAD **4-2**

4.4 RIESGO **4-2**

4.5 ACTIVIDADES REALIZADAS **4-3**

5. 0 TOPOGRAFÍA **5-1**

5.1 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA **5-1**

5.2 PROCESAMIENTO DE LA TOPOGRAFÍA **5-1**

5.3 REFERENCIAS **5-2**

6. 0 GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA **6-1**

6.1 GENERALIDADES **6-1**
6.1.1 Trabajo de oficina (primera fase) 6-1
6.1.1.1 Recopilación y evaluación de información básica de referencia 6-1
6.1.1.2 Análisis de fotografías aéreas 6-2
6.1.2 Trabajo de campo 6-2
6.1.3 Trabajo de oficina (segunda fase) 6-2

6.2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL **6-4**
6.2.1 Estratigrafía 6-4
6.2.1.1 Cuaternario 6-4
6.2.1.2 Terciario 6-4
6.2.2 Geología Estructural regional 6-5

6.2.2.1 Estructuras 6-5
6.2.2.2 Fallas 6-6

6.3 MORFOLOGÍA 6-6

6.4 GEOLOGÍA DETALLADA DEL ÁREA DE ESTUDIO 6-7
6.4.1 Estratigrafía del sector 6-8
6.4.1.1 Cuaternario 6-8
6.4.1.2 Terciario 6-8
6.4.2 Elementos estructurales identificados 6-10
6.4.2.1 Estratificación 6-10
6.4.2.2 Diaclasamiento 6-10
6.4.2.3 Plegamiento 6-11
6.4.2.4 Fallamiento 6-11

6.5 INVENTARIO DE PROCESOS 6-13
6.5.1 Área 1 6-13
6.5.2 Área 2 6-14
6.5.3 Área 3 6-14
6.5.4 Área 4 6-14
6.5.5 Área 5 6-15
6.5.6 Área 6 6-15

7. 0 ZONAS DE COMPORTAMIENTO HOMOGÉNEO 7-1

7.1 SECTORIZACIÓN DE LA MASA DE ROCA 7-1

7.2 OBSERVACIÓN DEL COMPORTAMIENTO 7-1

7.3 TALUDES INESTABLES 7-2
7.3.1 Flujo de detritos en el sector 1 7-2
7.3.2 Talud inestable en el sector 2 7-2
7.3.3 Talud inestable en el sector 3 7-3
7.3.4 Flujo de detritos en el sector 4 7-3
7.3.5 Alteración del material parental en el sector 5 7-3
7.3.6 Talud inestable en el sector 6 7-3

8. 0 ANÁLISIS DE INGENIERÍA Y GEOTECNIA 8-1

8.1 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO 8-1

8.2 CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA REGIÓN 8-2

8.3 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 8-2

8.4 ESTABILIDAD DE TALUDES 8-2

8.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS 8-2
8.5.1 Análisis estereográfico 8-2
8.5.2 Bloque crítico 8-3
8.5.3 Modelación de cuñas 8-4

9. 0 DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO 9-1

9.1 CAUSAS PROBABLES **9-1**

9.2 ESTADO Y GRAVEDAD DEL PROBLEMA **9-2**

9.3 SITIOS CRÍTICOS **9-2**

10. 0 ANÁLISIS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO **10-1**

10.1 AMENAZA **10-1**

10.2 VULNERABILIDAD **10-4**
10.2.1 Tipificación de las Viviendas 10-6
10.2.2 Criterios de Solicitación de la Amenaza 10-7
10.2.3 Cualificación de las Solicitaciones 10-8
10.2.4 Índice de Vulnerabilidad Física 10-8
10.2.5 Análisis de la Vulnerabilidad 10-8

10.3 RIESGO **10-9**

11. 0 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS Y DISEÑOS **11-1**

11.1 CRITERIOS **11-1**

11.2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS **11-1**

11.3 DISEÑO GEOTÉCNICO **11-2**

11.4 CANTIDADES DE OBRAS Y COSTOS **11-4**

11.5 ESPECIFICACIONES **11-4**

12. 0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **12-1**

12.1 CONCLUSIONES **12-1**

12.2 RECOMENDACIONES **12-2**

LISTA DE TABLAS

TABLA 5-1 COORDENADAS DE LOS MOJONES 5-2
TABLA 6-1 RELACIÓN DE DIACLASAS MEDIDAS 6-11
TABLA 6-2 SISTEMAS DE DIACLASAS 6-11
TABLA 8-1 RESUMEN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS POR EL MÉTODO DEL BLOQUE CRÍTICO 8-4
TABLA 10-1 PROBABILIDAD DE FALLA 10-2
TABLA 10-2 TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS 10-6
TABLA 10-3 INTENSIDAD DE LAS SOLICITACIONES 10-7
TABLA 10-4 CUALIFICACIÓN DE LAS SOLICITACIONES DEPENDIENDO DEL TIPO DE VIVIENDA. 10-8
TABLA 10-5 CUANTIFICACIÓN DEL I.V.F. 10-8
TABLA 11-1 PRESUPUESTO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS 11-3

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3-1 LOCALIZACIÓN GENERAL 3-1
FIGURA 6-1 FOTOCALCO GEOLÓGICO Y FOTOGRAFÍAS AÉREAS 6-3
FIGURA 6-2 ESTEREOGRÁMA SECTOR 1 6-16
FIGURA 6-3 ESTEREOGRÁMA SECTOR 2 6-17
FIGURA 6-4 ESTEREOGRÁMA SECTOR 3 6-17
FIGURA 6-5 ESTEREOGRÁMA SECTOR 4 6-18
FIGURA 6-6 ESTEREOGRÁMA SECTOR 5 6-18
FIGURA 6-7 ESTEREOGRÁMA SECTOR 6 6-19
FIGURA 7-1 ZONIFICACIÓN POR SECTORES DE COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICAMENTE HOMOGÉNEO 7-4
FIGURA 7-2 SECTORIZACIÓN DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 1 - GSI 7-5
FIGURA 7-3 SECTORIZACIÓN DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 2 - GSI 7-6
FIGURA 7-4 SECTORIZACIÓN DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 3 - GSI 7-7
FIGURA 7-5 SECTORIZACIÓN DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 4 - GSI 7-8
FIGURA 7-6 SECTORIZACIÓN DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 5 - GSI 7-9
FIGURA 7-7 SECTORIZACIÓN DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 6 - GSI 7-10
FIGURA 10-1 DISTRIBUCIÓN DE AMENAZA A VIVIENDAS 10-3
FIGURA 10-2 PREDIOS CONSTRUIDOS Y POR DESARROLLAR 10-4
FIGURA 10-3 ESTRUCTURA DE PLACA DE PISO DE LA VIVIENDAS 10-5
FIGURA 10-4 ESTRUCTURA DE TECHO DE LAS VIVIENDAS 10-5
FIGURA 10-5 CUBIERTA DE VIVIENDAS 10-6
FIGURA 10-6 DISTRIBUCIÓN POR TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS EN LA ZONA DE ESTUDIO 10-7
FIGURA 10-7 DISTRIBUCIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA 10-9
FIGURA 10-8 RIESGO - PORCENTAJE DE DAÑO EN VIVIENDAS 10-10

LISTA DE PLANOS

PLANO 1 GEOLOGÍA REGIONAL

PLANO 2 PLANTA GEOLÓGICA Y CORTES

PLANO 3 MAPA DE PROCESOS

PLANO 4 PLANTA BASE Y LOCALIZACIÓN DE MOJONES

PLANO 5 AMENAZA POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA CAÍDA DE BLOQUES Y FLUJOS DE DETRITOS

PLANO 6 VULNERABILIDAD FÍSICA POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA, CAÍDA DE BLOQUES Y FLUJOS DE DETRITOS

PLANO 7 REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LOS ANÁLISIS DE RIESGOS

PLANO 8 LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE LAS OBRAS RECOMENDADAS, PLANTEAMIENTO PAISAJÍSTICO Y MEJORAMIENTO URBANO

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 REGISTRO FOTOGRÁFICO
ANEXO 2 CARTERAS DE CAMPO DE LEVANTAMIENTO DE DISCONTINUIDADES
ANEXO 3 CARTERAS DE CAMPO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
ANEXO 4 ANÁLISIS ESTEREOGRÁFICOS Y CUÑAS (UNWEDGE)
ANEXO 5 ANÁLISIS DE BLOQUE CRÍTICO
ANEXO 6 MODELACIÓN DE CAÍDA DE BLOQUES (TUMBLE)
ANEXO 7 CALCULO DE PROBABILIDAD DE FALLA
ANEXO 8 CALCULO DE RANGOS DE AMENAZA
ANEXO 9 INVENTARIO DE DAÑOS EN VIVIENDAS
ANEXO 10 MEMORIAS DE CALCULO DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y NIVEL DE RIESGO
ANEXO 11 CALCULO DE ANCLAJES
ANEXO 12 CANTIDADES DE OBRAS Y PRESUPUESTO
ANEXO 13 ESPECIFICACIONES
ANEXO 14 INVENTARIO DE PROCESOS
ANEXO 15 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS

LISTA DE NOTAS DE PIE DE PÁGINA

1 Se aclara que el presente estudio no tiene por alcance hacer estudios de riesgo por eventos sísmico, sino por fenómenos de remoción en masa que pueden estar afectados por eventos sísmicos
2 Sigla del Departamentos Técnico Administrativo del Medio Ambiente del Distrito Capital. DAMA
3 Referencia de un artículo, del cual se obtuvo la información de precipitaciones y periodo de retorno de lluvias promedio y críticas de diferentes estaciones del Distrito
4 Probabilidad de falla - caída de bloques - anual, pues, los análisis utilizan con insumo de entrada los periodos de retorno de eventos de sismo y lluvia en años.
5 Conversión de la probabilidad de falla anual, a falla en el horizonte del periodo de diseño establecido de 10 años.
6 Referencia bibliográfica de un artículo contenido en la Cuarta Conferencia Panamericana de Mecánica de Rocas. Es un artículo posterior al de Deere y Patton para clasificar el perfil de meteorización.
7 Referencia del tipo de ensayo de laboratorio y tipo de material. Extractado del estudio de La Regadera II, para la EAAB E.S.P.
8 Forma de expresar los datos del levantamiento de estructuras geológicas reportando en buzamiento y la dirección de buzamiento.
9 Intervalo en el que oscila la altura de los taludes o escarpes de la antigua explotación en e barrio La Fiscala.
10 Criterio para definir sitios en donde deban acometerse obras de mitigación de riesgo
11 Relación de predios construidos, que deberán ser adquiridos por la UPES para emplazar las obras de mitigación. Sigue la convención de manzana - predio.
12 Relación de predios no construidos, que deberán ser adquiridos por la UPES para emplazar las obras de mitigación. Sigue la convención de manzana - predio.

RESUMEN EJECUTIVO

En inmediaciones de los barrios La Fiscala y La Morena I, antiguas explotaciones de cantera dejaron escarpes de más de 30 m de altura sin una adecuada recuperación morfológica y de la condición de estabilidad de los taludes en roca. Tal situación ha conducido a una casuística de fenómenos de remoción en masa dada por la caída de bloques y flujos de detritos, así como la generación de áreas que por pérdida de la cobertura vegetal están sometidas a intensos procesos de erosión.

En el patio de las explotaciones (antiguas y actuales), se han levantado viviendas, que por los problemas antes descritos definen un panorama de riesgo potencial y la necesidad de tomar acciones inmediatas.

Los análisis realizados contrastaron la amenaza por los fenómenos de remoción en masa ya mencionados, con la vulnerabilidad de las viviendas dada por la calidad de la construcción de las mismas, en la mayoría de los casos mala o precaria.

En aras de convertir el riesgo alto y medio a un nivel bajo, se proyectaron obras de aislamiento en dos sitios donde la caída de bloques de tipo columnar fueron identificados, el refuerzo del talud en un sitio donde un gran bloque equidimensional amenaza y el tratamiento de protección de otros dos sitios, para disminuir el avance de los fenómenos de erosión y fuente de problemas de flujos de materiales.

Las obras definidas se recomendaron luego de analizar varias alternativas, que ofrecieran no sólo un menor costo, sino una perdurabilidad en el tiempo y la no generación de riesgos secundarios. Los costos de las alternativas seleccionadas se justifican sobre los resultados del cálculo de daños esperados.

1.0
GENERALIDADES

Atendiendo a la convocatoria invitación pública para la contratación directa UPES-FOPAE No. 1225-05-98, las firmas GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES LTDA. y PONCE DE LEÓN Y ASOCIADOS S.A. INGENIEROS CONSULTORES, conformaron un consorcio para desarrollar el ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑO DETALLADO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LOS ESCARPES DE LA EXPLOTACIÓN EN EL BARRIO LA FISCALA, en la localidad de USME.

Favorecido el Consorcio por la UPES y contratadas las labores de consultoría bajo el contrato FOPAE G-768-90-98, se asignó el personal, equipo y la tecnología apropiados para la ejecución de los trabajos.

Las actividades principales del proyecto, acordes con la metodología propuesta fueron las siguientes :

- Levantamiento topográfico
- Levantamiento geológico detallado de superficie
- Reconocimiento y clasificación de la tipología de procesos de remoción en masa
- Clasificación y descripción de los materiales involucrados en los movimientos en masa, medición de sus propiedades más relevantes, así como su caracterización geomecánica
- Análisis de estabilidad en términos del tipo de falla, real o prevista; modelación sin medidas de manejo y con la inclusión de ellas
- Correlación entre las observaciones de campo y los resultados de los cálculos de estabilidad.
- Diagnostico y recomendaciones, análisis y propuestas de solución
- Selección de alternativas y soluciones integrales de diseño de estabilización, mitigación y/o reubicación
- Elaboración de planos construcción y especificaciones técnicas.

2.0
OBJETIVOS Y ALCANCES

El objeto de los trabajos es estudiar la condición geológica, geotécnica y de riesgo de los escarpes de una antigua explotación de cantera ubicada en la Calle 62 B sur con carrera 3° este, barrio La Fiscala, localidad de Usme.

Particularmente, se estudió la interacción del entorno geológico - geotécnico, en lo referente al estado del macizo rocoso y la falta de medidas de restauración morfológica para el abandono de los taludes. Para ello se distinguieron los agentes facilitadores y disparadores de *eventos de remoción en masa*[1], además de considerar la variable antrópica, relacionada en términos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, a la luz de las condiciones técnicas, económicas, ambientales y de calidad de vida de los habitantes.

Los problemas de estabilidad del sitio están asociados principalmente a la pendiente negativa de los cortes de la antigua explotación, unido al fracturamiento e influencia del fallamiento local, condición errática y libre de las aguas de escorrentía, lluvias y susceptibilidad del material geológico a los fenómenos de erosión, facilitando el desprendimiento de bloques, formación de cárcavas, flujos y acumulación del material erodado. Tales fenómenos naturales se ven magnificados en la medida que afectan áreas pobladas, tanto a las comunidades como a la infraestructura física existente.

Los objetivos específicos son :

- Caracterizar el macizo rocoso global y localmente
- Identificar los posibles mecanismos de falla y agentes detonantes
- Zonificar el área por amenazas de remoción en masa
- Evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura y de la población de la zona
- Analizar la condición de riesgo por fenómenos de remoción en masa
- Determinar y evaluar las diferentes alternativas de mitigación
- Elaborar el diseño detallado, establecer cantidades de obra, presupuesto, especificaciones y recomendaciones de construcción.

[1] No es parte del alcance del estudio el riesgo de daño a viviendas por eventos sísmicos

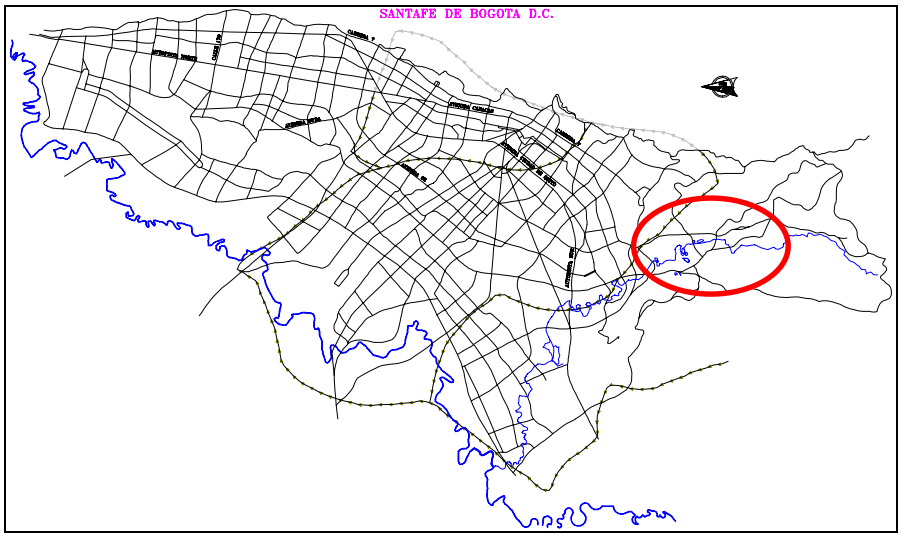
3.0
ANTECEDENTES E INFORMACIÓN DE REFERENCIA

El área de estudio comprende los patios de explotación de antiguas canteras, donde se extraían materiales de construcción (ver vista general en la Fotografía No. 1). Un aspecto fundamental en la labor de consultoría desarrollada, fueron las investigaciones geológicas realizadas debido al gran control litológico y estructural en la condición de estabilidad de los taludes.

3.1 LOCALIZACIÓN

El área general de estudio se ubica al sur oriente de la ciudad de Santa Fé de Bogotá, la localidad No. 5 del Distrito Capital llamada USME y limita con las localidades de Rafael Uribe Uribe, Ciudad Bolívar, San Juan de Sumapaz y San Cristóbal (véase FIGURA 3-1).

FIGURA 3-1 LOCALIZACIÓN GENERAL



Específicamente el barrio La Fiscala se encuentra ubicado al sur oriente de Santa Fe de Bogotá. D.C., al oriente de la Avenida Caracas, al norte de la confluencia de las quebradas La Olla del Ramo y la Seca.

3.2 RESEÑA HISTÓRICA

En la zona, hasta hace unos 10 años se adelantaba la actividad minera de extracción de Arcilla para la fabricación de ladrillos y en el mismo sitio se instalaron los hornos y demás infraestructura necesaria. La explotación fue intensiva, dejando frentes con cortes de más de 30 m de altura.

La disposición de los materiales geológicos, Areniscas y Arcillolitas en paquetes de espesor diferente, hizo que los niveles de Arcillolita de fácil extracción de la parte central del área se agotaran prontamente, y para continuar con el laboreo minero fuese necesario remover un volumen mayor de material "estéril" - en este caso la Arenisca -, haciendo poco rentable la actividad. Por lo anterior, se desplegaron las labores en el extremo sur y nor occidental, que aún hoy se explotan pese a los oficios del DAMA [2], que reiteradamente han ordenado el cese de la actividad por la incompatibilidad de la actividad minera y el uso del terreno para vivienda, por los riesgos potenciales que se pueden anticipar sobre la población.

Para aprovechar la zona, el dueño de la explotación procedió a hacer una adecuación de vías en la parte alta con fines de ampliar el loteo, mientras en la parte baja ya se asentaba la gente. Ante la situación, entes distritales conminaron al propietario del predio para suspender toda actividad extractiva y la venta de lotes.

En este tiempo la población ha aprendido a convivir con la situación de riesgo ante la posibilidad de fenómenos de remoción en masa por la caída de bloques y flujo de detritos. Así la comunidad se ha reunido para retirar bloques potencialmente inestables, pese a que no se ha presentado ningún evento que haya causado daños materiales o pérdidas de vidas humanas por esta causa. La construcción de un centro de Bienestar Familiar no fue puesto en servicio ante la posibilidad de ser afectada por caída de bloques.

El estudio detallado de los escarpes de la antigua explotación en el barrio La Fiscala (ver Fotografía No. 1) y el extremo nor oriental de la cantera en el barrio La Morena I (ver Fotografía No. 2), es el objeto del presente informe, implementando las obras, medidas y recomendaciones que corrijan, mitiguen y prevengan, respectivamente, los problemas de estabilidad presentes .

La zona de estudio, climáticamente tiene un carácter semi - árido, con precipitación anual[3] de 547.3 mm, para una lluvia crítica con un periódo de recurrencia de 1 en 36.5 años.

[2] Departamento Administrativo del Medio Ambiente
[3] Estación La Picota (2120156). Castellanos R. Evaluación de Lluvias Críticas

3.3 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

La siguiente es la información consultada :

3.3.1 Bases topográficas

Inicialmente se utilizaron las planchas topográficas del IGAC No. 246-II-B-4, a escala 1:10.000 de 1989 y la plancha L-68, a escala 1:2.000 de 1981, para los reconocimientos preliminares de campo. Posteriormente fue utilizado el levantamiento topográfico realizado durante el presente estudio.

3.3.2 Planos geológicos

Se consultó el mapa geológico de Bogotá, escala 1:50.000 de 1997, elaborado por INGEOMINAS y Uniandes, presentado por INGEOMINAS, UPES y la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (DNPAD) para el proyecto Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá.

3.3.3 Informes técnicos y otras publicaciones

A continuación se relacionan los informes consultados tanto en el INGEOMINAS como en la UPES.

- CASTELLANOS RAMIRO. Evaluación de Lluvias Críticas en la Sabana de Bogotá - 1999.
- EAAB - CONSORCIO LA REGADERA. Estudios definitivos de la Presa de la Regadera II.
- EAAB - PONCE DE LEÓN Y ASOCIADOS S.A. Elaboración de diseños de alcantarillado sanitario y pluvial para la localidad de Usme Sector 1 de Santa Fe de Bogotá D.C., marzo de 1999.
- HUBACH (1959) y JULIVERT (1965)
- INGEOMINAS, 1988 - Zonificación Geotécnica del Distrito.
- INGEOMINAS, UPES, y DNPAD, Proyecto de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá - Colombia, 1997.
- ROA, EDGAR, 1994. Diagnóstico de Riesgo por deslizamiento en Usme.
- SÁNCHEZ, DAVID, CÁRDENAS, ADOLFO y VARGAS CIRO A. 1997. Diagnóstico Preliminar de Zonas de Alto Riesgo - Localidad de Usme.
- SOLER F.F., GONZÁLEZ A.J. y VESGA L.F. (1999). Metodología para Análisis de Vulnerabilidad y Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafe de Bogotá
- UPES - INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS LTDA. Informe de diagnóstico y zonificación por riesgo para 101 barrios en la localidad de Usme, en noviembre de 1998.

4.0 METODOLOGÍA

La parte central de los estudio tiene su sustento en análisis de ingeniería geotécnica, que produce en términos de Factor de Seguridad, para diferentes condiciones, una aproximación a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno de remoción en masa, configurando con su ubicación espacial el entorno de amenaza, el cual será contrastado con la vulnerabilidad de la zona (sujetos y objetos), para producir una distinción temática de la condición de riesgo que oriente las medidas de diseño y recomendaciones que mitiguen tal afectación probable.

El trabajo interdisciplinario establece los criterios y conceptos de diseño, desde los insumos, su procesamiento en la etapa de diagnóstico y la formulación de propuestas de solución, optimizando tales esquemas como resultado de la evaluación técnico económica de las alternativas, equilibrando la seguridad y la economía, para finalmente acceder al diseño detallado.

4.1 GEOTECNIA

Las actividades de la ingeniería de consulta en el presente estudio geotécnico de los taludes en roca, aplican a la solución de los problemas de remoción en masa, comprendiendo aspectos desde geomorfología pura, hasta la evaluación de la estabilidad de taludes y diseño de las obras remediales y correctivas de acuerdo a los alcances particulares del sitio de investigación y en concordancia con los términos de referencia.

La metodología seguida para los análisis de los diferentes sitios de estudio considero los siguientes aspectos generales :

- La influencia a mediano [4] y largo plazo [5] en términos de la probabilidad de falla del evento de remoción en masa.
- La variabilidad de los factores que tienen mayor influencia en los parámetros geomecánicos y de resistencia de los materiales geológicos.
- La contribución del agua en fenómenos erosivos y meteorización.
- El efecto por solicitaciones externas - sismo -.

[4] Probabilidad de falla anual
[5] Probabilidad de falla en el horizonte de diseño - 10 años

La metodología para la ejecución de los trabajos se ajusta a la requerida para las investigaciones relacionadas con la condición de estabilidad de taludes, involucrando categorías de riesgo como la probabilidad de falla de caída de bloques en función de la distancia desde el talud. El proceso de modelación del problema involucró las condiciones naturales, propiedades de los materiales (parámetros geotécnicos), y los mecanismos potenciales de falla. Los resultados numéricos, se sustentaron con la teoría del bloque crítico, análisis estereográficos, métodos de equilibrio límite (UNWEDGE) y alcance de caída de los bloques (TUMBLE).

4.2 AMENAZA

Como resultado del inventario de procesos locales y puntuales de inestabilidad presentes y manifiestos en la caída de bloques y flujos de detritos, se determinó su magnitud (alcance de afectación), estado de actividad (probabilidad de falla) y tendencia de propagación, para realizar la delimitación de las áreas de susceptibilidad a tales fenómenos de remoción en masa, con una categorización en función del grado de amenaza.

4.3 VULNERABILIDAD

Por otra parte se adelantó la identificación y localización espacial de los elementos bajo amenaza (viviendas actuales), el grado de exposición frente a ella muy ligado a la amenaza, y la predisposición o resistencia de los elementos amenazados así como la susceptibilidad, siguiendo el criterio de ÁREA PROBABLEMENTE AFECTADA sí no se realizaran las obras de estabilización, y un ÁREA DE INFLUENCIA definida en las labores mismas de la construcción de las obras de estabilización.
Establecido el tipo de amenaza y su alcance se procedió al análisis de la vulnerabilidad de las viviendas del sector.

El método de análisis para la componente de vulnerabilidad fue el ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA (I.V.F.), basado en la metodología propuesta por Frédéric Leone (1996). Para ello se elaboró un inventario de viviendas estableciendo cualitativamente su estado ajustado a la tipología, acorde con la intensidad de solicitación dada por la Amenaza, cruzando estos criterios mediante el tipo de vivienda y posibles daños asociados .

4.4 RIESGO

La superposición de los conceptos de amenaza y vulnerabilidad, conducen a la definición de las áreas de riesgo; la conjunción de los sectores

amenazados y de la existencia de sujetos y objetos vulnerables a los fenómenos de remoción en masa estudiados, producen niveles de riesgo alto, medio y bajo para el momento actual, pero tales características pueden cambiar en poco tiempo más si se destaca el hecho de la rápida urbanización de la zona, que no es otra cosa que la inclusión de elementos seguramente vulnerables por la pobre calidad de las construcciones en una zona amenazada.

4.5 ACTIVIDADES REALIZADAS

Las actividades iniciales fueron el levantamiento topográfico y el de datos estructurales del macizo rocoso. La complementación de estas actividades permitió georeferenciar los datos de interés geológico (litológico, estructural y de procesos). También se realizó un inventario de procesos.

Para la configuración de la amenaza en la zona realizaron los análisis estereográficos con los datos del levantamiento estructural por sectores de comportamiento geotécnicamente homogéneo, determinando el tipo de falla posible en cada uno.

La modelación de las fuerzas unitarias que desestabilizan las cuñas con el método del BLOQUE CRÍTICO (Godman y Shi), permitieron establecer un rango de valores máximos y mínimos, con la variación de las propiedades de resistencia y en la combinación de condiciones de sismo y con agua (lluvias críticas, para obtener la probabilidad de falla anual.

El espectro de factores de seguridad en un rango de propiedades y eventos, consolidaron el insumo para los análisis de amenaza. a vulnerabilidad se definió mediante un inventario de daños probables en viviendas. La contrastación de amenaza y vulnerabilidad establece el riesgo de la zona ante los fenómenos de remoción en masa estudiados (caída de bloques y flujos de detritos).

5.0 TOPOGRAFÍA

A continuación se describen los aspectos más relevantes del levantamiento topográfico y de procesamiento de información geográfica.

5.1 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA

Los trabajos topográficos se ligaron en coordenadas y cota al sistema de Bogotá, partiendo de la placa CD-565A localizada sobre una zona verde próxima a la Escuela de Artillería.

Para la obtención de la topografía del sector de interés, se dividió el trabajo de campo en dos etapas; toma de información planimétrica a través del sistema convencional de Tránsito y Distanciómetro y toma de la información altimétrica con el sistema GPS Super C/A Sensor (trabaja en tiempo real).

Se prefirió tomar la información altimétrica con el GPS ante la necesidad de captar diferencias de nivel importantes sobre los taludes que representan riesgo, cuya caracterización era fundamental para el proyecto y debía presentarse en un bloque de datos totalmente consistente.

El PLANO 4 muestra la planta base en escala 1 : 1.000, además de los mojones materializados para amarre en la etapa de construcción del proyecto.

5.2 PROCESAMIENTO DE LA TOPOGRAFÍA

Una vez terminados los trabajos de campo se procesaron los datos a partir del programa de cálculo SWIFT, cuyos resultados fueron manejados con el programa EAGLE POINT para la modelación de las curvas de nivel.

Finalmente a partir del AUTOCAD se preparó el plano definitivo, base para la presentación de las diversas características del área del proyecto.

Las coordenadas calculadas a partir del GPS fueron obtenidas promediando los datos del satélite, primero en su versión de Geográficas Datum WGS/84, las cuales fueron pasadas al sistema Gauss Bogotá y por si fuere necesario,

pasadas a Cartesianas Bogotá, teniendo en cuenta que alguna de la cartografía de la ciudad aplica aún este sistema.

5.3 REFERENCIAS

En el sitio de estudio se materializaron tres mojones, en las coordenadas mostradas en la TABLA 5-1.

TABLA 5-1 COORDENADAS DE LOS MOJONES

	NORTE m	ESTE m	COTA msnm
M4	93.312.^{64}	96.526.^{68}	2.667.^{01}
M5	93.464.^{12}	96.574.^{90}	2.694.^{87}
M6	93.718.^{54}	96.627.^{25}	2.747.^{38}

6.0
GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

El objetivo de las investigaciones geológicas realizados para el presente estudio a demás de determinar las características geológicas generales del área del proyecto, incluyó los siguientes aspectos :

- Identificar el modelo estructural de la zona, así como rocas aflorantes y la formación geológica a la cual pertenecen
- Definir las características de los diferentes niveles de roca presentes, mediante un detallado control estructural
- Identificar los diferentes procesos de inestabilidad

6.1 GENERALIDADES

En el área de interés aparecen Areniscas y Arcillolitas pertenecientes a la Formación Regadera del Terciario Superior, parcialmente cubiertas por suelos, depósitos de conos de deyección y materiales residuales de cantera. Durante los reconocimientos de campo, se hicieron observaciones a nivel general y en forma detallada en los diferentes afloramientos, y por sectores a lo largo del talud principal dejado por la explotación. Con el fin de tener una mayor exactitud en la cartografía geológica y en la localización de las diferentes estaciones de control de campo, se coordinó con la comisión de topografía la ubicación de puntos de interés para el levantamiento geológico.

6.1.1 Trabajo de oficina (primera fase)

La metodología empleada para la realización del trabajo de geología consistió en una etapa inicial de oficina durante la cual se recopiló y analizó la información de referencia, una etapa de campo en la cual se colectó la información de interés y una segunda etapa de oficina en la cual se procesó tanto la información tomada en el campo como la elaboración de los respectivos planos, secciones geológicas e informe.

6.1.1.1 Recopilación y evaluación de información básica de referencia

Inicialmente se realizó la recopilación de la información geológica existente en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras (INGEOMINAS) y en la Unidad de Prevención de Emergencias del Distrito (UPES). Esta información consistió

en bases topográficas, aerofotografías, planos e informes geológicos generales y estudios de riesgos realizados para la localidad de Usme.

6.1.1.2 Análisis de fotografías aéreas

El análisis de las fotografías aéreas que cubren el área de estudio comprendió la identificación de las vías de acceso, drenaje, relieve, estructuras regionales y unidades litológicas presentes. En el análisis de las diferentes unidades de roca no fue posible hacer su delimitación en detalle por la escala desfavorable de las aerofotografías, al carácter repetitivo de las mismas y los sectores cubiertos por vegetación (véase el fotocalco en la FIGURA 6-1). La referencia del par de fotografías analizadas es : Vuelo R - 1183; Nos. 110 y 111; escala aprox. 1:14.600; de 1992.

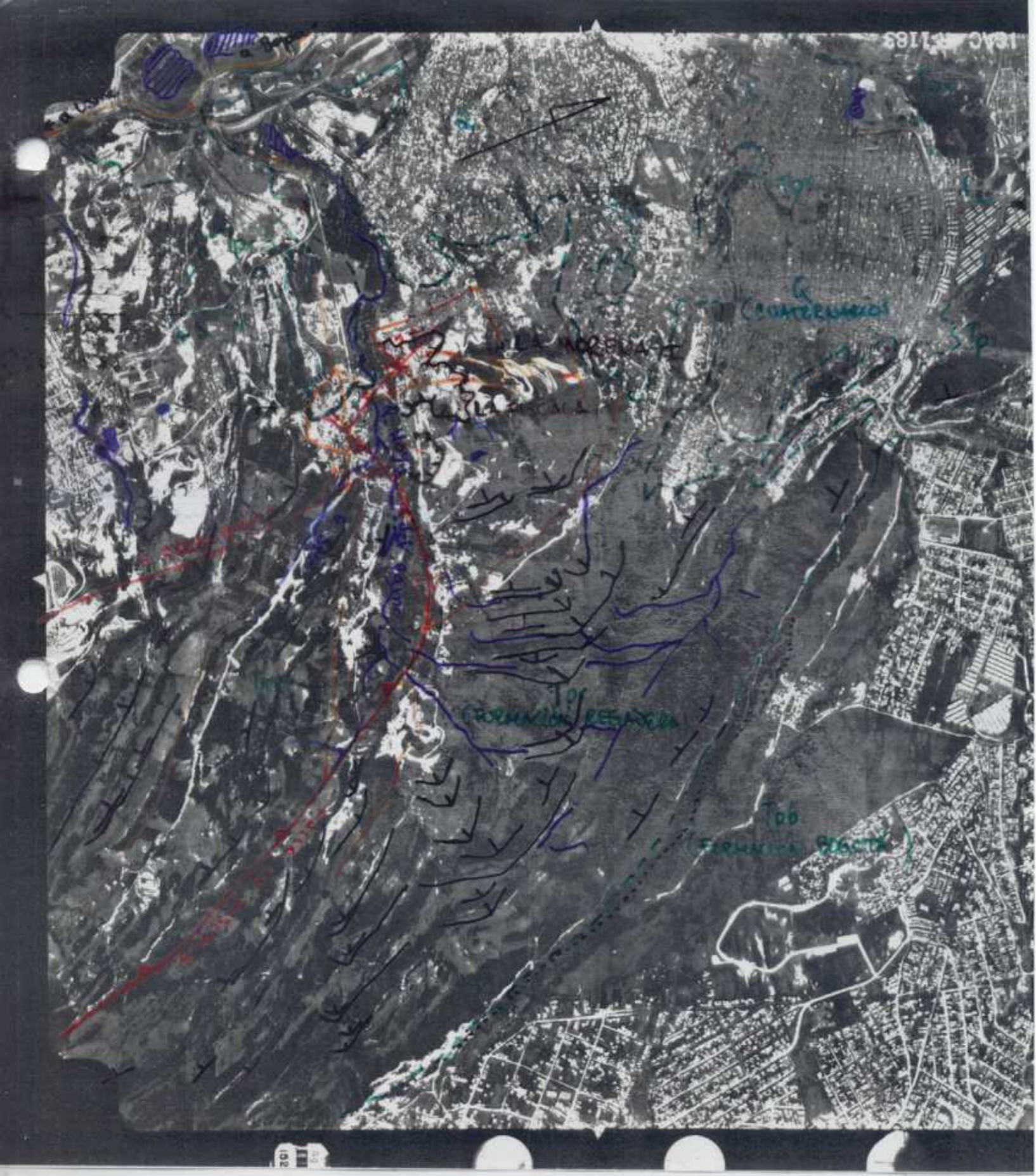
6.1.2 Trabajo de campo

Una vez analizada la información de referencia se inició la fase de campo (ver carteras de levantamiento de discontinuidades en el Anexo 2), con la verificación y levantamiento detallado de la geología de superficie. Durante el reconocimiento de campo se identificaron los tipos de roca y así como los depósitos cuaternarios presentes en el área de estudio. Los datos tanto estructurales como litológicos fueron tomados y consignados en formatos especiales referidos a las diferentes estaciones de campo para los análisis de estabilidad de taludes en roca.

Para tener una mayor exactitud en la localización de ciertos contactos geológicos y rasgos estructurales locales de interés, se indicaron y marcaron en el terreno algunos puntos que luego fueron tomados durante el levantamiento topográfico. Como complemento se tomó un registro fotográfico general y detallado de afloramientos y otras características geológicas y estructurales del área de estudio.

6.1.3 Trabajo de oficina (segunda fase)

En esta fase del trabajo de oficina se procesó la información recopilada durante las actividades de campo. En la base topográfica se localizaron las diferentes estaciones de control de campo con sus respectivos datos estructurales, mediante los cuales se trazaron los contactos geológicos entre las diferentes unidades de rocas y las estructuras locales presentes. Se elaboraron tres secciones geológicas (A-A, B-B y C-C, ver Plano No. 2) para mostrar la disposición general de los estratos y los datos de diaclasas fueron procesados en los formatos correspondientes para su estudio por parte de las diferentes disciplinas que intervinieron en el estudio.



R-1183 ≠ 111 Esc. 1:14.600 aprox.

6.2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

En el área de estudio y en sectores aledaños a la misma, se presentan rocas sedimentarias de edad terciaria pertenecientes a las formaciones Usme (Tsu), Arenisca de La Regadera (Tpr) y Bogotá (Tpb) las cuales aparecen cubiertas parcialmente por depósitos recientes como flujos de tierra y detritos. En el PLANO 1 se muestra la geología general y regional del área.
Estructuralmente el área del proyecto se localiza en el flanco oriental del sinclinal de Usme -Tunjuelito, donde los estratos presentan en general un rumbo N - W con buzamiento al SW. Localmente se encuentran inversiones de los estratos y estructuras menores como pequeños sinclinales.

6.2.1 Estratigrafía

A continuación se describen las unidades geológicas presentes

6.2.1.1 Cuaternario

El Cuaternario está representado principalmente por depósitos de suelo residual (Qsr), depósitos de Llanura de inundación (Qlla), depósitos Fluvio - Lacustres (Qtb), depósitos de coluvión (Qdp) y depósitos de complejo de conos (Qcc) del río Tunjuelito. En cercanía de la zona del proyecto solo aparecen los dos últimos depósitos nombrados.

Depósitos de Coluvión (Qdp)
Se presentan principalmente en las partes altas, al este y sur del área estudiada, y en sectores más bajos al norte de la misma. Estos depósitos están constituidos por bloques y guijos de arenisca embebidos en una matriz areno limosa que predomina sobre el material pétreo.

Depósitos de Complejo de Conos (Qcc)
Dentro de los diferentes conos que conforman este complejo se encuentra el cono fluvio - glaciar del río Tunjuelito. Está conformado por gravas, guijos y bloques de arenisca, cubiertos por una secuencia de sedimentos finos, principalmente limos rojos con esporádicos bloques embebidos de hasta 2 m de diámetro. En otros sectores suelen presentarse arenas de grano medio, arcillas y guijos tamaño medio, redondeados y de cuarzo.

6.2.1.2 Terciario

El Terciario está representado a nivel regional por las formaciones Usme, Areniscas de La Regadera y Bogotá, las cuales se describen a continuación:

Formación Usme (Tmu)

Conforma el núcleo del sinclinal de Usme -Tunjuelito, que aflora unos 2.0 Km. al sur del barrio La Fiscala, afuera del sector del proyecto. Esta unidad la conforman Arcillolitas de color gris oscuro en estado fresco y amarillas a rojizas en estado de meteorización, con intercalaciones de areniscas de color gris claro, cuarzosas, de grano muy fino a medio, con abundante matriz arcillosa. En la margen derecha del río Tunjuelito, la secuencia estratigráfica de la Formación Usme presenta un espesor de unos 350 m. de acuerdo con estudios anteriores realizados.

Formación Areniscas de La Regadera (Tpr)

Aflora en los flancos del sinclinal de Usme -Tunjuelito y está constituida, hacia la parte inferior, por capas gruesas de areniscas con intercalaciones de bancos de Arcillolita, y hacia el tope, por un predominio de niveles de Arcillolita. Las areniscas son de color gris claro, cuarzosas, de grano fino a conglomerático, forma subangular a subredondeado, pobre a moderadamente seleccionadas, con estratificación cruzada y muy friables.

Las Arcillolitas son de color gris oscuro en estado fresco y rojizas por alteración, blandas, altamente plásticas, en bancos con espesores de 5.0 a 30.0 m. Esta formación regionalmente suprayace a la Formación Bogotá, y subyace concordantemente a la Formación Usme. El espesor estimado para esta unidad varia entre 400 m y 600 m (Hubach E. 1959 y Julivert M. 1961).

Formación Bogotá (Tpb)

Regionalmente la Formación Bogotá aflora también en los flancos del sinclinal de Usme -Tunjuelito retirada a unos 2.0 Km. al este del área estudiada. Esta unidad la conforma un conjunto inferior, constituido por Areniscas grises cuarzo - feldesplásticas y Arcillolitas de color gris alternadas y un conjunto superior, constituido por Arcillolitas.

6.2.2 Geología Estructural regional

Como se indicó anteriormente, el área de estudio se encuentra ubicada en el flanco oriental del sinclinal de Usme -Tunjuelito. Esta estructura se encuentra limitada por la falla de Bogotá, en el sector de los Cerros Orientales, y la falla de Mochuelo, al occidente del río Tunjuelito. Ambas fallas se encuentran fuera del **PLANO 1**.

6.2.2.1 Estructuras

La estructura principal a nivel general es el sinclinal de Usme -Tunjuelito en cuyo flanco oriental se localiza el área de La Fiscala.

Sinclinal de Usme - Tunjuelito

Es una estructura amplia con orientación N - S, con cierre hacia el norte y frecuentes inversiones en sus flancos. En estudios anteriores, los flancos de esta estructura han sido divididos en zonas o sectores de acuerdo a las fallas que lo afectan. El flanco oriental se dividió en dos zonas:

La Zona Norte, en donde se ubica el área de estudio, la cual presenta una orientación N - S a N NW - S SE. Sus límites comprenden el cierre de la estructura al norte, y la falla de La Fiscala al sur. La parte superior y media de la secuencia estratigráfica está en posición normal (área de estudio) y la parte inferior de la Formación Bogotá se encuentra invertida, producto de los esfuerzos que dieron origen a la falla de Bogotá.

La zona sur del flanco oriental estaría limitada por la falla de La Fiscala, al norte, y por la falla de Bogotá hacia el oriente. En su parte más norte se presenta afectado por la falla de Yerbabuena. Presenta una orientación N - NW y S - SE y la secuencia estratigráfica en general está invertida.

El flanco occidental estaría afectado por las fallas de Yerbabuena, El Mochuelo, otras menores y transversales a ésta última.

6.2.2.2 Fallas

Las fallas más cercanas al área de estudio son La Fiscala y Yerbabuena, las cuales se describen a continuación:

Falla La Fiscala

Es una falla de tipo inverso que afecta niveles de la Formación Areniscas de La Regadera. En general tiene una dirección N15°W con variación a N70°W al sur de la estructura, ya en cercanías al área del presente estudio. Su plano de falla promedio es de 50° al SW, de acuerdo con las secciones geológicas mostradas en estudios consultados.

Falla Yerbabuena

Esta falla presenta una orientación N30°E y un plano de falla con buzamiento de 80° al SE. Su trazo termina en la falla de La Fiscala, al sur del área de estudio. Se han confirmado en trabajos anteriores, los efectos de eventos tectónicos recientes de esta falla por basculamiento y diaclasamiento de depósitos del cono del río Tunjuelito, en las excavaciones de la vía al Llano.

6.3 MORFOLOGÍA

Regionalmente, la alternancia en la Formación Regadera de bancos de Arenisca con niveles arcillosos ha dado origen a una morfología escalonada, con pendientes moderadas a localmente abruptas (ver Fotografía No. 3).

A nivel local, más concretamente en el sector del barrio la Fiscala, la explotación de areniscas para construcción ha dejado un escarpe fuerte con un semi valle confinado, de superficie inclinada hacia el oeste o patio de explotación en el cual se han construido las viviendas del barrio La Fiscala en los últimos. Este patio se encuentra limitado por taludes verticales que forman una especie de medialuna, con alturas de hasta 20 m (ver Fotografía No. 4).

En el barrio La Morena I, ubicado dentro de la zona de estudio, el relieve es plano a suavemente inclinado en el lado sur, y ondulado a quebrado hacia el lado norte del mismo. En el extremo este del mismo barrio, se presenta un escarpe vertical debido a la actividad extractiva (talud antrópico), conformado principalmente por areniscas con niveles arcillosos hacia la base (ver la Fotografía No. 5). En este escarpe han quedado algunos taludes negativos hacia la parte central del mismo, con voladizos de 1.0 a 2.0 m de longitud.

6.4 GEOLOGÍA DETALLADA DEL ÁREA DE ESTUDIO

En este capítulo se describen las características geológicas y rasgos estructurales en detalle identificados en los reconocimientos de campo en los barrios La Fiscala y La Morena I.Ver la planta y cortes en el PLANO 2.

En la descripción geológica se empleará una identificación de sectores para realizar asociaciones espaciales, pero tal diferenciación se realiza en el capítulo *6.5 Inventario de procesos*, que se relaciona estrechamente con el numeral *7.0 Zonas de Comportamiento homogéneo* y su correspondiente Figura 7-1. Se definen así seis (6) sectores, correspondientes a un número igual de estaciones de levantamiento estructural, así :

- Sector 1 - Estación 12
- Sector 2 - Estación 13
- Sector 3 - Estación 17
- Sector 4 - Estación 15
- Sector 5 - Estación 16
- Sector 6 - Estación 14

6.4.1 Estratigrafía del sector

En el sector de estudio, afloran en los escarpes antiguos de explotación rocas de la formación Arenisca de La Regadera, cubiertas en algunos sitios por depósitos como escombros de cantera, conos de deyección y botaderos.

6.4.1.1 Cuaternario

Dentro del Cuaternario han sido agrupados aquellos depósitos recientes originados tanto por procesos de erosión y meteorización de las rocas existentes, como por aquellos depósitos que han sido generados por la misma actividad antrópica en la explotación de canteras. Tales depósitos se presentan en el **PLANO 3**.

Escombros de cantera (Qrc)

Se localizan en el sector noroeste del barrio La Fiscala y al oriente del barrio La Morena I (ver Fotografía No. 6). Están conformados por materiales removidos, de composición arcillosa a arcillo - arenosa, con colores amarillos y tonos rojizos por alteración. En estos depósitos se presentan además bloques de arenisca de hasta unos 0.5 m de diámetro.

Depósitos de cono de deyección (Qcd)

Son pequeños abanicos formados por el arrastre desde las partes superiores, de material de composición areno - arcillosa, el cual se depositó en las partes bajas de los taludes de la explotación. Son frecuentes los fragmentos de arenisca de hasta unos 5 cm de diámetro, en promedio, y algunos bloques de arenisca desprendidos pueden estar involucrados con estos depósitos. Estos depósitos están ubicados en los sectores este (véase la Fotografía No. 7) y oeste (véase la Fotografía No. 8 y 9) del barrio La Fiscala.

Depósito de Botadero (Qb)

Los depósitos de botadero de escombros de la antigua explotación están ubicados al norte del barrio La Fiscala y cubren parcialmente las laderas que bordean la superficie descapotada (véase la Fotografía No. 10) y las márgenes externas de las vías de acceso al sitio del estudio en la parte alta. Están conformados por material fino de composición areno arcillosa y fragmentos de arenisca. Su espesor puede alcanzar los 2.0 m.

6.4.1.2 Terciario

Al Terciario pertenece la Formación Areniscas de La Regadera la cual aflora parcialmente unos 85 m en la zona de estudio.

Formación Areniscas de La Regadera (Tpr)

En el área de los barrios La Fiscala y La Morena I, se identificaron 7 niveles litológicos de los cuales cuatro corresponden a areniscas, y tres niveles de Arcillolita. Estos niveles aparecen de manera intercalada y se describen a continuación de techo a base:

NIVEL 1: Arenisca de color habano, cuarzosa, de grano fino a medio, friable. Se presenta al noroeste de La Fiscala, en los accesos de la parte alta (Ver fotografía No. 11).

NIVEL 2: Arcillolita abigarrada que subyace al NIVEL 1. Se presenta en la parte superior del escarpe del barrio La Morena I (véase la Fotografía No. 6) y en los accesos de la parte alta de La Fiscala. Su espesor es de 4.0 m.

NIVEL 3: Arenisca de color blanco con tonos rojizos por oxidación, cuarzosa, de grano fino a medio, de forma subangular a subredondeado, en algunos sectores es conglomerática hacia la base; presenta fragmentos de arcilla de hasta 7 cm de diámetro de color gris claro, y fragmentos de Chert gris oscuro de 0.3 cm de diámetro. La arenisca es arcillosa y friable a muy friable.

Este banco de arenisca se presenta en la parte alta, al noreste noroeste del barrio La Fiscala y se aprecia claramente en el frente de explotación del barrio La Morena I (ver la Fotografía No. 12). Su espesor es de 18.0 m.

NIVEL 4: Arcillolita abigarrada con variación a Limolita.

Su mayor espesor se aprecia en la parte alta, al noroeste de La Fiscala y en el escarpe del barrio La Morena I, alcanzando los 15 m de altura.(ver la Fotografía No. 13).

NIVEL 5: Arenisca de color gris claro a blanco, con tonos rojizos, amarillos y ocres por oxidación; cuarzosa, de grano medio a fino, en sectores grueso a muy grueso, subangular a subredondeado; arcillosa; presenta estratificación cruzada y en general es masiva. Presenta además concreciones duras de óxidos de color marrón, de hasta 1.5 m de diámetro, y lentes de Arcillolita de varios colores, de hasta unos 2 m de espesor por 15 m de longitud.

Este banco de arenisca conforma el escarpe vertical principal en forma de media luna del barrio La Fiscala. El espesor de este nivel es de unos 30 m.

NIVEL 6: Subyaciendo al banco anterior, se presenta un nivel de Arcillolita abigarrada con espesor de hasta 4 m .

Este nivel de Arcillolita se aprecia en el sector sur oeste del barrio La Fiscala, cerca a la vía de acceso a La Morena I.

NIVEL 7: Arenisca de color amarillo, cuarzosa, de grano fino a medio, subangular, algo arcillosa, con bandeamiento fino de tonos rojizos. Presenta algunas costras de óxidos de color marrón, muy duras, de hasta 5 cm de espesor.

Este banco de arenisca se está explotando actualmente para conformar terraplenes de una futura urbanización localizada sobre la margen derecha de la quebrada Olla del Ramo, aguas arriba del puente sobre la misma, en cercanías del área de interés para el presente estudio.

El espesor de este banco no se pudo establecer, debido a que aflora parcialmente al sur oeste del barrio La Fiscala.

6.4.2 Elementos estructurales identificados

Fueron identificados elementos estructurales tales como la estratificación, el diaclasamiento, un pliegue sinclinal y algunas fallas menores (ver Anexo 2). La representación estereográfica de las combinaciones de datos estructurales (estratificación, diaclasamiento y fallas) de cada uno de los seis sectores se presenta en la FIGURA 6-2 a la FIGURA 6-7. En las figuras, el primer dato corresponde a la estratificación y los siguientes a familias de diaclasas, excepto la tercera combinación en los sectores 1 y 6, donde sólo se incluyen valores de datos estructurales de diaclasas.

6.4.2.1 Estratificación

El control estructural permitió establecer que los estratos en general presentan rumbos que varían de N 5°- 80°W a N5°- 50°E y buzamientos de 4°-26° al SW y 5°-25° al NW, respectivamente. Estos valores corresponden a las mediciones realizadas en el flanco oriental del pliegue sinclinal presente en el área. Para el flanco occidental de esta misma estructura, las capas presentan rumbo que varían N 14° - 47°W y buzamientos de 10° - 50° al NE.

6.4.2.2 Diaclasamiento

La toma de los datos se realizó en tramos a lo largo de los taludes dejados por la explotación, donde se determinó que las rocas aflorantes aparecen afectadas por diaclasamiento, el cual en algunos sectores es más pronunciado que en otros. En el barrio La Fiscala el talud se dividió en cinco tramos, mientras que en el barrio La Morena I se manejó un solo tramo para el talud existente al este del barrio. Cada tramo está referido al número de la estación de control de campo (véase la Tabla 6-1).

TABLA 6-1 RELACIÓN DE DIACLASAS MEDIDAS

BARRIO	SECTOR	ESTACIÓN	DIACLASAS MEDIDAS	DATOS TOTALES
LA FISCALA	1	12	132	
	2	13	140	
	6	14	160	726
	4	15	91	
	5	16	203	
LA MORENA I	3	17	110	110
			TOTAL	**836**

En el Anexo 2 se presentan los registros de las diaclasas tomados en el terreno. De acuerdo con el procesamiento de esta información se encontraron cuatro sistemas de diaclasas con rumbos y buzamientos variables, que en general se resumen en la TABLA 6-2.

TABLA 6-2 SISTEMAS DE DIACLASAS

SISTEMA	RUMBO	BUZAMIENTO
1	N58°-76° W	58°-85° NE
2	N14°-78° W	61°-83 SW
3	N11°-78° E	37°-65° SE
4	N30°-77° E	80° NW

En general, las diaclasas presentan continuidad de moderada (1.0 - 3.0 m) a alta (3.0 - 10.0 m), en algunos casos muy alta (>10.0 m); su espaciamiento varía de 0.02 a 1.5 m, forma de plana a ondulada, con abertura de 0.40 m como máximo, con relleno de arena y óxido, y con paredes rugosas (R) a poco rugosas (L).

6.4.2.3 Plegamiento

El único pliegue que se presenta en el área de estudio es un sinclinal que se ha denominado aquí como sinclinal de La Fiscala, localizada en el flanco oriental del sinclinal de Usme -Tunjuelito. (Véase el PLANO 2).

Sinclinal de La Fiscala

Es un pliegue pequeño localizado al oeste del barrio La Fiscala. Su eje tiene, una dirección aproximada de N10°W con variaciones a N15°E, al norte de la laguna. Hacia el sur, el eje de la estructura cruza aproximadamente por el puente de la vía de acceso sobre la quebrada Olla del Ramo, hasta terminar en la falla de La Fiscala. En el flanco oriental los estratos presentan buzamientos de hasta 26° al SW y en flanco occidental las capas alcanzan inclinaciones de hasta 50° al NE.

6.4.2.4 Fallamiento

Se identificaron cinco fallas menores, cuatro de las cuales se encuentran localizadas en el barrio La Fiscala y una en el barrio La Morena I. Estas fallas

presentan rumbos que varían desde N30°W hasta E-W y buzamiento de 25° hasta verticales. Se estima que dichas fallas estén asociadas a los efectos de falla inversa de La Fiscala que pasa cerca del área de estudio y cuya dirección en cercanías al proyecto es de N70°W aproximadamente.

Falla La Fortuna

La falla de La Fortuna (ver la Fotografía No. 14) está localizada en el flanco occidental del sinclinal de La Fiscala, muy cerca al eje del mismo, donde presenta un rumbo N50°W y un plano de fallamiento con un buzamiento de 25° al SW, aproximadamente.

Esta estructura se puede apreciar en la parte alta del talud, al oeste del barrio La Fiscala. Allí desplaza el contacto entre el banco de arenisca (Nivel 5) que conforma el talud de explotación y la Arcillolita (Nivel 4) suprayacente en una longitud de un metro aproximadamente. De acuerdo al movimiento relativo, esta falla se clasifica como de tipo inverso.

Falla del Bloque

Localizada a unos 55 m al este del eje del sinclinal de La Fiscala. Se estima que el rumbo de ésta es aproximadamente de N30°W y su buzamiento de 30° al SW (ver detalle en las Fotografías Nos. 15 y 16). Al igual que la falla La Fortuna, se aprecia claramente el plano de falla en la cara del talud, el cual corta y desplaza el contacto entre el banco de arenisca (Nivel 5) que conforma el talud de explotación y el nivel de Arcillolita superior (Nivel 4). Este desplazamiento es de unos 3.0 m aproximadamente. Según el movimiento relativo de los dos bloques, la falla es tipo inversa.

Falla del Parque

Como su nombre lo indica, se localiza en el sector del parque de juegos infantiles, en el límite oriental del barrio La Fiscala (ver Fotografía No. 17). Es una estructura con rumbo N66°W y buzamiento del plano de falla de 65° al NE. A diferencia de las anteriores, esta falla es de tipo normal y presenta un desplazamiento de unos 0.30 m en el banco de arenisca del Nivel 5.

Falla El Cerrito

Está localizada en la parte alta, al norte del barrio La Fiscala, donde presenta un rumbo E-W y un buzamiento de 90°. En el corte dejado por la explotación, se aprecia el enfrentamiento de arenisca (Nivel 3) con arcillolita (Nivel 4) y cambios muy locales en rumbo y buzamiento de las capas.

Falla La Morena

Está localizada en el extremo sur del frente de explotación del barrio La Morena. Presenta un rumbo N75°W y un buzamiento de 90° en promedio. Su desplazamiento neto es de 50 cm, afectando el contacto entre el banco de arenisca (Nivel 3) y el nivel de arcillolita (Nivel 4 en explotación) .

6.5 INVENTARIO DE PROCESOS

Los criterios para definir los sectores por procesos superficiales fueron básicamente dados por el control litológico - estructural que da lugar al fenómeno de caída de bloques por relajación del macizo rocoso, de diverso tipo (equiangulares y columnares), la resistencia del material parental y la posibilidad de alteración originando fenómenos intensos de erosión hasta la caída de detritos y flujos.

A excepción de los flujos y erosión natural, los fenómenos tienen un carácter clástico y por tanto condicionan la forma de modelación en la determinación de su geometría y cinemática. Se identificaron seis (6) sectores en los cuales se presentan los procesos antes expuestos, se ubican espacialmente en el PLANO 3 y la Figura 7-1, de los cuales se resumen algunos ejemplos en los formatos incluidos en el Anexo 14. Los sectores de la figura 7-1, comprenden los procesos identificados en el PLANO 3.

6.5.1 Área 1

Está localizado en el extremo sur oeste del barrio La Fiscala, en el eje de la estructura sinclinal del mismo nombre. En la parte alta del talud de explotación se ha removido el material arcilloso de alteración para la elaboración de ladrillo, dejando expuesto a la intemperie este mismo material y el nivel de arcillolita (Nivel 4) que suprayace al banco de arenisca (Nivel 5). Se presenta erosión en surcos por agua de escorrentía sobre el nivel de arcillolita y con mayor concentración en el material removido en la margen sur oeste del sector, originando en ambos casos conos de deyección en la pata del talud. Estos conos también presentan surcos.

En la corona y pata del talud, se encuentran bloques de arenisca dispersos. Estos, al parecer, se han acumulado en este sitio más por las mismas labores de explotación que por fenómenos de caída.

En la parte central del sector existe una laguna formada por la acumulación de aguas lluvias en la depresión dejada por la explotación. Dado que se encuentra sobre un material arcilloso, no se apreciaron infiltraciones que puedan causar, por el carácter friable de la roca, tubificación o flujos a lo largo de planos de diaclasas.

6.5.2 Área 2

Se localiza en el talud occidental del barrio La Fiscala, al este del Sector 1. Allí se presenta erosión en surcos en niveles de arcillolita en la parte alta del talud, formando un importante cono de deyección en la pata del mismo. Este cono, a su vez, presenta surcos y cárcavas debido al arrastre de material fino por agua de escorrentía. Al parecer, la dimensión de este cono de deyección se debe en buena parte al material de botadero depositado durante la apertura de las vías en la parte alta de la cantera, dejando inclusive bloques de arenisca en el cono.

Otros bloques existentes, dentro de los cuales están los de mayor tamaño (hasta unos 8.0 m de arista), probablemente provienen del desprendimiento del talud principal. Esta caída de bloques puede verse incrementada por las excavaciones en el base del talud para construir viviendas.

6.5.3 Área 3

Este sector es especial por encontrarse dentro del Barrio La Morena I, pero que ubicado al oriente del sector 4 del barrio La Fiscala y separados por un “tabique” de roca. A diferencia del sector 4, en el sector 3 continua la explotación de cantera reduciendo el espesor del “tabique” , mediante la caída de cuñas columnares de arenisca debido a la pérdida de soporte por la extracción de la arcillolita ubicada en la base (ver Fotografía No. 23).

6.5.4 Área 4

Está localizado en la parte norte del barrio La Fiscala, donde se presentan fenómenos de erosión, algunos flujos de material muy sectorizados .

En las labores de descapote (ver Fotografía No. 22), se desarrolló una superficie con inclinación hacia el oeste, dejando los materiales removidos sobre las laderas que la bordean (véase la Fotografía No. 7). El agua de escorrentía es el agente principal de erosión, formando largos surcos paralelos a la dirección de la pendiente de la superficie descapotada, y surcos de menor longitud sobre el material de botadero. En este último y debido a la alta pendiente de la ladera sur a la incoherencia del material así como al efecto del agua lluvia y de escorrentía, se han producido pequeños flujos concentrados, que se desplazaron hasta la pata del talud .

En la parte central del talud en roca, se encuentra un derrumbe antiguo conformado por bloques y fragmentos de arenisca de hasta unos 2.5 m de diámetro embebidos en una matriz de composición areno - arcillosa. En la parte alta del cuerpo del derrumbe se encuentran pequeños conos de deyección, por arrastre del material de botadero de la superficie descapotada.

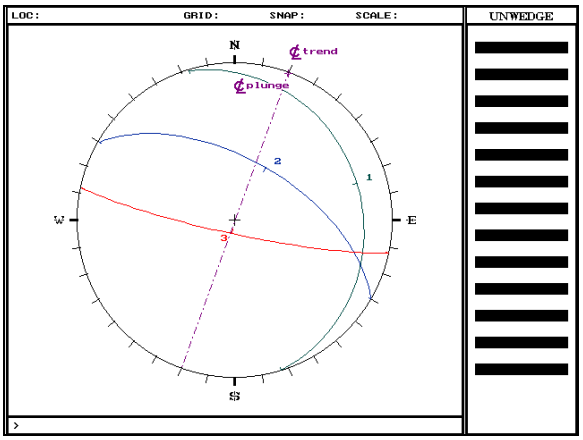
6.5.5 Área 5

Este sector está ubicado al noreste del barrio La Fiscala, cerca del Sector 4 y consiste de un talud en arenisca friable dejado por la explotación de la cantera (ver la Fotografía No. 18), afectado profundamente por el agua de escorrentía que fluye desde su corona, dejando surcos y cárcavas en la cara y conos de deyección en la pata del talud. No hay un marcado control estructural porque el grado de alteración y el enmascaramiento dado por el material producto de erosión.

6.5.6 Área 6

Localizado al norte de la Fiscala y a unos 80 m del parque infantil. En este sector se presentan las diaclasas con mayor abertura (0.40 m, ver Fotografía No. 19) y bloques relajados en el talud de la explotación (ver Fotografía No. 20), formadas por diaclasas de gran continuidad (ver Fotografía No. 21) que hacen que este sector se considere como potencialmente inestable. Adicionalmente, algunas labores como la construcción de un posible acceso en la parte superior del talud han removido la capa de arcillolitas (Nivel 4) permitiendo la infiltración de agua de escorrentía a lo largo de los planos de diaclasas, arrastrando y depositando materiales finos como relleno de las mismas ó lavando las paredes de las fracturas aumentando así su abertura.

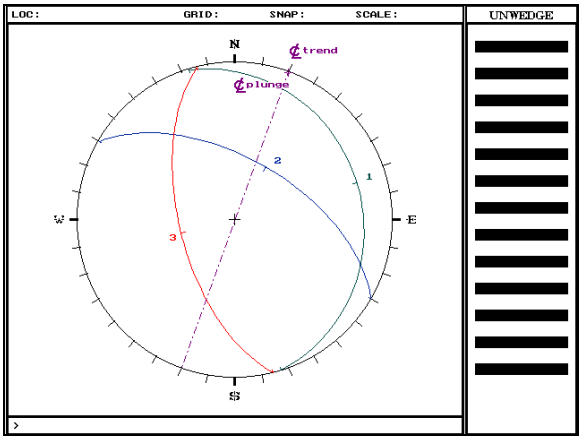
FIGURA 6-2 ESTEREOGRÁMA SECTOR 1



1

Buzamiento / Dirección de Buzamiento

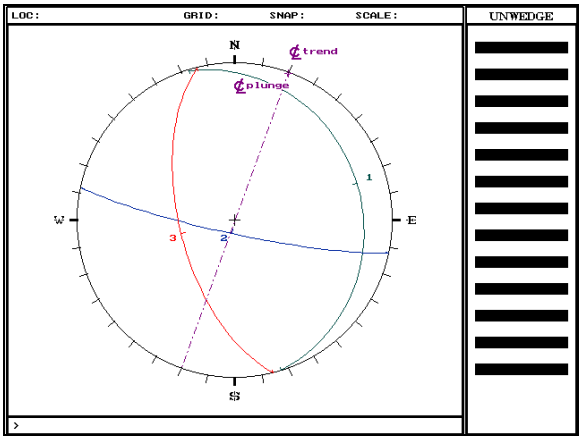
- 58 / 30
- 20 / 73
- 83 / 192



2

Buzamiento / Dirección de Buzamiento

- 58 / 30
- 61 / 256
- 20 / 73

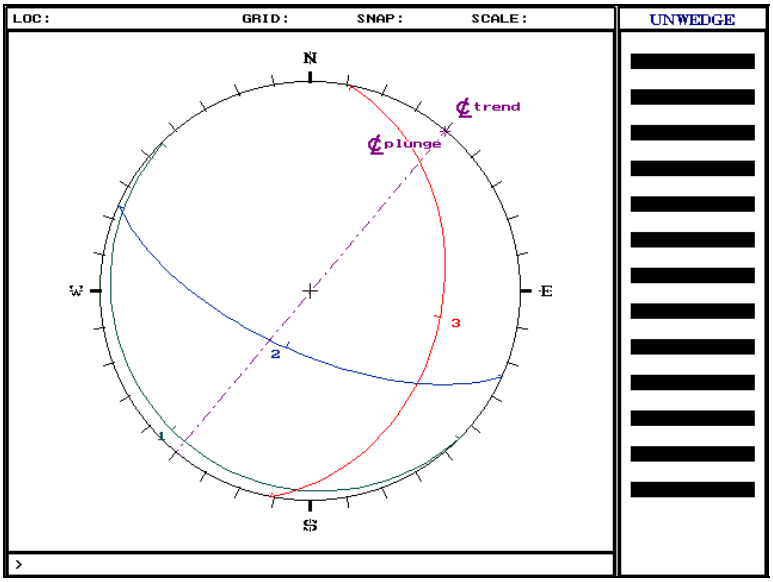


3

Buzamiento / Dirección de Buzamiento

- 83 / 192
- 61 / 256
- 20 / 73

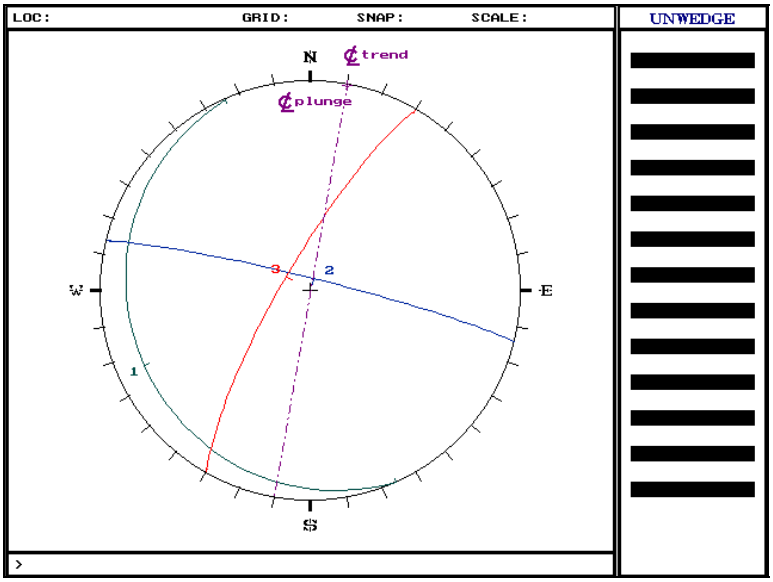
FIGURA 6-3 ESTEREOGRÁMA SECTOR 2



Buzamiento / Dirección de Buzamiento

- 66 / 204
- 07 / 225
- 37 / 101

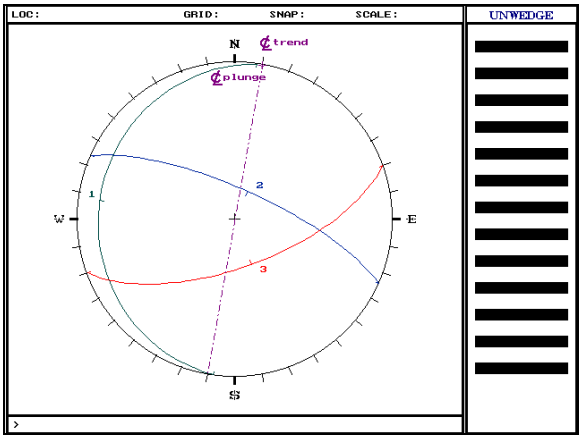
FIGURA 6-4 ESTEREOGRÁMA SECTOR 3



Buzamiento / Dirección de Buzamiento

- 85 / 014
- 79 / 300
- 14 / 246

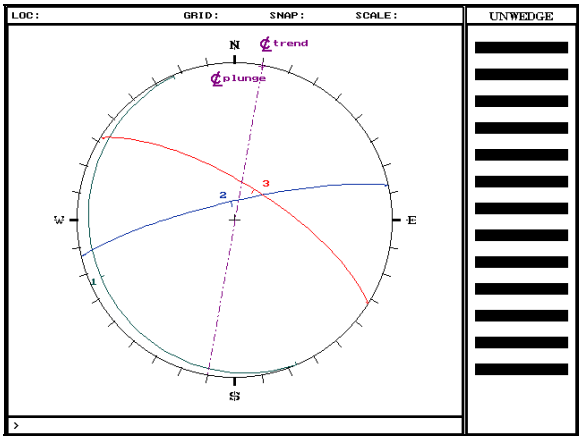
FIGURA 6-5 ESTEREOGRÁMA SECTOR 4



Buzamiento / Dirección de Buzamiento

- 65 / 160
- 14 / 278
- 74 / 024

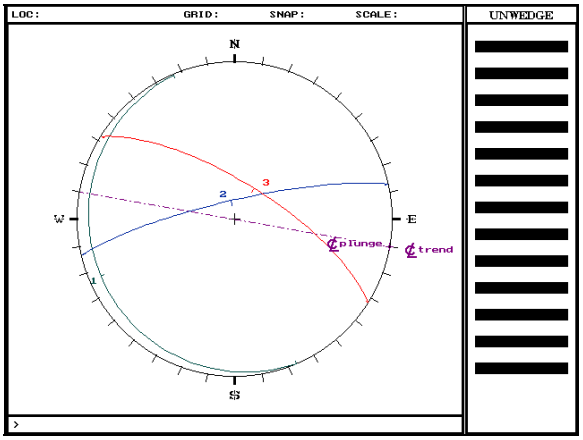
FIGURA 6-6 ESTEREOGRÁMA SECTOR 5



1

Buzamiento / Dirección de Buzamiento

- 80 / 347
- 08 / 247
- 71 / 032

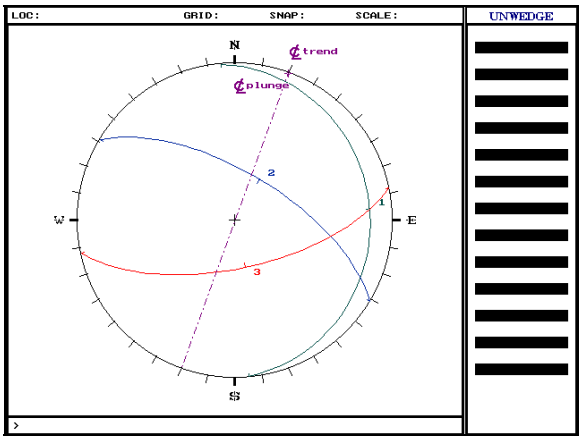


2

Buzamiento / Dirección de Buzamiento

- 80 / 347
- 71 / 032
- 08 / 247

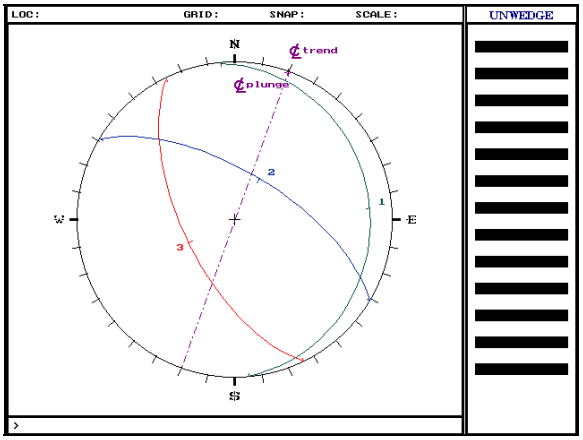
FIGURA 6-7 ESTEREOGRÁMA SECTOR 6



1

Buzamiento / Dirección de Buzamiento

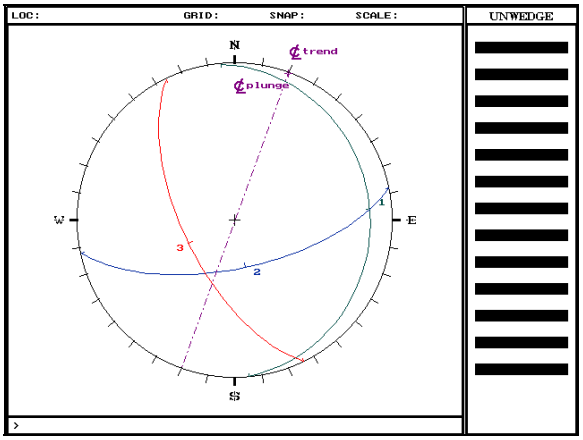
- 65 / 031
- 15 / 085
- 65 / 168



2

Buzamiento / Dirección de Buzamiento

- 65 / 031
- 15 / 085
- 63 / 244



3

Buzamiento / Dirección de Buzamiento

- 65 / 168
- 63 / 244
- 15 / 085

7.0
ZONAS DE COMPORTAMIENTO HOMOGÉNEO

Se realizo la definición de áreas ó fajas desde el punto de vista de estabilidad de taludes en ***Zonas de Comportamiento Geotécnicamente Homogéneo***, en función de las características de los materiales involucrados (geología), el carácter fisiogeográfico de los cortes (geomorfología), las condiciones estructurales y tectónicas particulares y la influencia de la condición de estabilidad de los taludes de corte.

La definición de las zonas o sectores de comportamiento geotécnicamente homogéneo es el resultado del ejercicio de dar funciones de peso al conjunto de variables que intervienen en la definición del estado actual y cualidades ingenieriles de los materiales, ante los requerimientos estabilización de la zona de estudio.

El entendimiento de los procesos históricos que han modelado el relieve, y su actuación en los diversos materiales, son el primer paso para aproximarse al conocimiento de los mecanismos que afectaran el proyecto.

7.1 SECTORIZACIÓN DE LA MASA DE ROCA

Para la sectorización de la masa de roca se realizó una primera aproximación por la calificación de la masa de roca por el método del GSI, y el producto se presenta en la FIGURA 7-1

7.2 OBSERVACIÓN DEL COMPORTAMIENTO

Existió coincidencia entre la sectorización de la masa de roca y los problemas de estabilidad evidenciados, entre flujos y potenciales caídas de bloques. Los criterios de sectorización fueron :

Geología

- Litología
- Condiciones estructurales
- Influencia tectónica

En la FIGURA 7-2 a la FIGURA 7-7 se presenta la clasificación del macizo de roca por el método del GSI.

Geomorfología

Delimitación de áreas con características similares, dadas por :

- Las geoformas y condiciones del relieve
- Pendientes
- Tipo, patrón y densidad de canales naturales de drenaje
- Accidentes geográficos de importancia

Tectonismo

- Fallas
- Zonas de diverso grado de fracturamiento y diaclasamiento

Respuesta geomecánica

- RQD
- Condición de las discontinuidades (grado de meteorización y tipo de relleno).

7.3 TALUDES INESTABLES

De acuerdo con la identificación de *sectores homogéneos* donde actúan los diversos procesos, se detectaron seis (6) sitios que ofrecen riesgo potencial para un sector de los habitantes de los barrios La Fiscala y Morena I - uno por cada sector homogéneo - ; tres (3) sitios presentan fenómenos de caída de bloques, dos (2) sitios con taludes con fenómenos de flujos de detritos y un (1) ultimo sitio presenta un talud altamente alterado y meteorizado.

Estos taludes inestables coinciden con los sectores antes mencionados, se presentan en el PLANO 3 y se describen a continuación:

7.3.1 Flujo de detritos en el sector 1

Debido al descapote de los niveles de arenisca por la explotación de cantera vigente, los niveles de arcillolita expuestos en pendientes medias a altas, se alteran por la acción de los agentes meteóricos, formando flujos que embeben los bloques pequeños y medianos de arenisca que logran algún redondeamiento por el transporte durante la caída.

7.3.2 Talud inestable en el sector 2

Se ubica unos 80 m al sur este de la laguna y está conformado principalmente por el banco de arenisca (nivel 5) que se explotó en la antigua cantera, dejando una masa saliente en el talud.

En el lado oriental y en la parte alta del talud se presenta la falla del bloque que desplaza el contacto entre el banco de arenisca (nivel 5) y la arcillolita suprayeciente (nivel 4). Su rumbo es aproximadamente N30^{o}W y su buzamiento de 30° al SW .El plano de falla, la estratificación y los sistemas de diaclasas han formado una cuña de dimensiones importantes.

7.3.3 Talud inestable en el sector 3

Este talud vertical con una altura aproximada de 25 m, conforma el límite occidental del barrio La Morena I y está conformado por un banco de arenisca (nivel 3) que suprayace nivel de arcillolita abigarrada (nivel 4). Este último forma la pata del talud y es explotado para la fabricación de ladrillos.
Los sistema de diaclasas que se encuentran en el talud son principalmente verticales con aberturas de hasta 0.15 m, que conjuntamente con la estratificación forman cuñas columnares. La caída de estas cuñas han dado lugar a la formación de taludes negativos en arenisca, con voladizos de hasta 2.0 m como los que se presentan en la parte central del talud.
El problema mayor se presenta en el frente de explotación de arcillolita, encontrando algunos bloques de arenisca formados por grietas de relajación del macizo, debido a la pérdida progresiva de soporte por acción antrópica.

7.3.4 Flujo de detritos en el sector 4

La pérdida de vegetación en la corona del talud permite la alteración de los niveles superiores de Arenisca friable, que transportados por el agua de escorrentía sobre las paredes verticales produce mayor erosión. En el área, los taludes negativos formados por meteorización penetrante a lo largo de las discontinuidades, facilita la caída de bloques medianos y grandes.

7.3.5 Alteración del material parental en el sector 5

Las areniscas más friables del área de estudio se encuentran en este sector, presentando un comportamiento más característico de suelos granulares. Este proceso no ha avanzado más por la conservación de cobertura vegetal.

7.3.6 Talud inestable en el sector 6

Es el sitio denominado, localizado a unos 80 m al norte del parque infantil del barrio La Fiscala, y está conformado por el banco de arenisca friable (nivel 5), explotado en la antigua cantera. Las diaclasas se presentan con las mayores aberturas registradas, alcanzando 0.40 m. Ellas tienen inclinaciones cercanas a la vertical que conjugadas con la estratificación han originado cuñas columnares que establecen una condición potencial de inestabilidad y de alto riesgo. La remoción de la capa arcillosa (nivel 4) que cubría el banco de arenisca (nivel 5), permite la infiltración del agua lluvia y de escorrentía, incrementando la erosión de las paredes de las fracturas, las aberturas de las discontinuidades y en general la inestabilidad .

E 96100 E 96200 E 96300 E 96400 E 96500 E 96600 E 96700 E 96800

N 93600 N 93500 N 93400 N 93300 N 93200

BARRIO LA FISCALA– SECTOR LA MORENA 1

SECTOR 1

SECTOR 2

SECTOR 2A

SECTOR 3

SECTOR 4

SECTOR 5

SECTOR 6

LAGUNA

CANTERA

GUSTAVO LARA

EOTECNIA & IMENTACIONES

PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A.
INGENIEROS CONSULTORES

PROYECTO LA FISCALA
ZONIFICACION EN AREAS DE COMPORTAMIENTO GEOTECNICAMENTE HOMOGENEO

0 10 20 40 60 80 100m.
ESCALA
1:1000

FIGURA 7–1

FECHA:
03–04–99

ARCHIVO:
GEOTEC.DWG

FIGURA 7–2 CLASIFICACION DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 1–6SI

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, EVALUACION DE MEDIDAS DE MITIGACION Y DISENO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LOS ESCARPES DE LA EXPLOTACION EN EL BARRIO LA FISCALA

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)
BASADO EN AL DESCRIPCION GEOLOGICA PROPUESTA POR E. HOEK

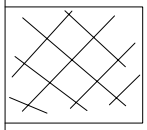
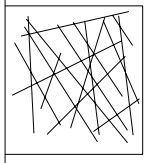
ESTRUCTURA	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE				
	MUY BUENA (MB)	BUENA (B)	REGULAR (R)	POBRE (P)	MUY POBRE (MP)
	MUY RUGOSA INALTERADA	RUGOSA, LIGERAMENTE ALTERADA OXIDOS	LISA, MODERADAMENTE ALTERADA O METEORIZADA	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS COMPACTOS CON BLOQUES ANGULARES	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS ARCILLOSOS BLANDOS
 FRACTURADA (F) MASA DE ROCA NO DISTURBADA MUY BIEN INTERPUESTA, CONSISTENTE EN BLOQUES FORMADOS POR TRES SERIES DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES SIN FINOS.	80 / 70				
 MUY FRACTURADA (MF) MASA DE ROCA PARCIALMENTE DISTURBADA INTERPUESTA, CON MULTICARAS DE BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON POCA PROPORCION DE FINOS.		60	50		
 FRACTURADA Y PLEGADA (FP) MASA DE ROCA FOLIADA Y FALLADA CON MUCHAS INTERSECCIONES DE DISCONTINUIDADES FORMANDO BLOQUES ANGULARES CON UNA BAJA PROPORCION DE FINOS.			40	30	
 TRITURADA (T) MASA POBREMENTE INTERPUESTA, ALTAMENTE FRACTURADA CON UNA MEZCLA DE BLOQUES ANGULARES Y REDONDEADOS CON UN INCREMENTO DE PROPORCION DE FINOS.				20	10

FIG7–2.DWG

FIGURA 7–3 CLASIFICACION DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 2–6SI

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, EVALUACION DE MEDIDAS DE MITIGACION Y DISENO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LOS ESCARPES DE LA EXPLOTACION EN EL BARRIO LA FISCALA

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)
BASADO EN AL DESCRIPCION GEOLOGICA PROPUESTA POR E. HOEK

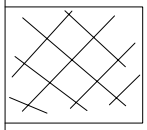
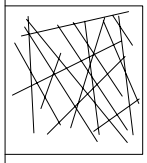
ESTRUCTURA	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE				
	MUY BUENA (MB)	BUENA (B)	REGULAR (R)	POBRE (P)	MUY POBRE (MP)
	MUY RUGOSA INALTERADA	RUGOSA, LIGERAMENTE ALTERADA OXIDOS	LISA, MODERADAMENTE ALTERADA O METEORIZADA	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS COMPACTOS CON BLOQUES ANGULARES	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS ARCILLOSOS BLANDOS
 FRACTURADA (F) MASA DE ROCA NO DISTURBADA MUY BIEN INTERPUESTA, CONSISTENTE EN BLOQUES FORMADOS POR TRES SERIES DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES SIN FINOS.	80 / 70				
 MUY FRACTURADA (MF) MASA DE ROCA PARCIALMENTE DISTURBADA INTERPUESTA, CON MULTICARAS DE BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON POCA PROPORCION DE FINOS.		60	50		
 FRACTURADA Y PLEGADA (FP) MASA DE ROCA FOLIADA Y FALLADA CON MUCHAS INTERSECCIONES DE DISCONTINUIDADES FORMANDO BLOQUES ANGULARES CON UNA BAJA PROPORCION DE FINOS.			40	30	
 TRITURADA (T) MASA POBREMENTE INTERPUESTA, ALTAMENTE FRACTURADA CON UNA MEZCLA DE BLOQUES ANGULARES Y REDONDEADOS CON UN INCREMENTO DE PROPORCION DE FINOS.				20	10

FIG7–3.DWG

FIGURA 7–4 CLASIFICACION DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 3–6SI

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, EVALUACION DE MEDIDAS DE MITIGACION Y DISENO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LOS ESCARPES DE LA EXPLOTACION EN EL BARRIO LA FISCALA

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)
BASADO EN AL DESCRIPCION GEOLOGICA PROPUESTA POR E. HOEK

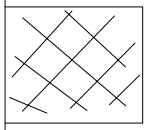
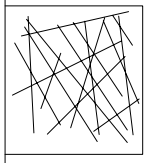
ESTRUCTURA	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE				
	MUY BUENA (MB)	BUENA (B)	REGULAR (R)	POBRE (P)	MUY POBRE (MP)
	MUY RUGOSA INALTERADA	RUGOSA, LIGERAMENTE ALTERADA OXIDOS	LISA, MODERADAMENTE ALTERADA O METEORIZADA	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS COMPACTOS CON BLOQUES ANGULARES	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS ARCILLOSOS BLANDOS
 FRACTURADA (F) MASA DE ROCA NO DISTURBADA MUY BIEN INTERPUESTA, CONSISTENTE EN BLOQUES FORMADOS POR TRES SERIES DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES SIN FINOS.	80 70	3–2			
 MUY FRACTURADA (MF) MASA DE ROCA PARCIALMENTE DISTURBADA INTERPUESTA, CON MULTICARAS DE BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON POCA PROPORCION DE FINOS.		60 3–1	50		
 FRACTURADA Y PLEGADA (FP) MASA DE ROCA FOLIADA Y FALLADA CON MUCHAS INTERSECCIONES DE DISCONTINUIDADES FORMANDO BLOQUES ANGULARES CON UNA BAJA PROPORCION DE FINOS.			40	30	
 TRITURADA (T) MASA POBREMENTE INTERPUESTA, ALTAMENTE FRACTURADA CON UNA MEZCLA DE BLOQUES ANGULARES Y REDONDEADOS CON UN INCREMENTO DE PROPORCION DE FINOS.				20	10

FIG7–4.DWG

FIGURA 7–5 CLASIFICACION DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 4–6SI

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, EVALUACION DE MEDIDAS DE MITIGACION Y DISENO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LOS ESCARPES DE LA EXPLOTACION EN EL BARRIO LA FISCALA

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)
BASADO EN AL DESCRIPCION GEOLOGICA PROPUESTA POR E. HOEK

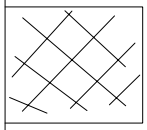
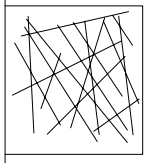
ESTRUCTURA	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE				
	MUY BUENA (MB)	BUENA (B)	REGULAR (R)	POBRE (P)	MUY POBRE (MP)
	MUY RUGOSA INALTERADA	RUGOSA, LIGERAMENTE ALTERADA OXIDOS	LISA, MODERADAMENTE ALTERADA O METEORIZADA	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS COMPACTOS CON BLOQUES ANGULARES	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS ARCILLOSOS BLANDOS
 FRACTURADA (F) MASA DE ROCA NO DISTURBADA MUY BIEN INTERPUESTA, CONSISTENTE EN BLOQUES FORMADOS POR TRES SERIES DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES SIN FINOS.	80 70	4–3			
 MUY FRACTURADA (MF) MASA DE ROCA PARCIALMENTE DISTURBADA INTERPUESTA, CON MULTICARAS DE BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON POCA PROPORCION DE FINOS.		60 4–2	50 4–1		
 FRACTURADA Y PLEGADA (FP) MASA DE ROCA FOLIADA Y FALLADA CON MUCHAS INTERSECCIONES DE DISCONTINUIDADES FORMANDO BLOQUES ANGULARES CON UNA BAJA PROPORCION DE FINOS.			40	30	
 TRITURADA (T) MASA POBREMENTE INTERPUESTA, ALTAMENTE FRACTURADA CON UNA MEZCLA DE BLOQUES ANGULARES Y REDONDEADOS CON UN INCREMENTO DE PROPORCION DE FINOS.				20	10

FIG7–5.DWG

FIGURA 7–6 CLASIFICACION DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 5–6SI

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, EVALUACION DE MEDIDAS DE MITIGACION Y DISENO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LOS ESCARPES DE LA EXPLOTACION EN EL BARRIO LA FISCALA

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)
BASADO EN AL DESCRIPCION GEOLOGICA PROPUESTA POR E. HOEK

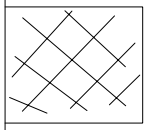
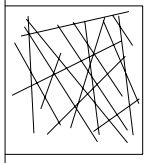
ESTRUCTURA	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE				
	MUY BUENA (MB)	BUENA (B)	REGULAR (R)	POBRE (P)	MUY POBRE (MP)
	MUY RUGOSA INALTERADA	RUGOSA, LIGERAMENTE ALTERADA OXIDOS	LISA, MODERADAMENTE ALTERADA O METEORIZADA	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS COMPACTOS CON BLOQUES ANGULARES	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS ARCILLOSOS BLANDOS
 FRACTURADA (F) MASA DE ROCA NO DISTURBADA MUY BIEN INTERPUESTA, CONSISTENTE EN BLOQUES FORMADOS POR TRES SERIES DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES SIN FINOS.	80 / 70		5–3		
 MUY FRACTURADA (MF) MASA DE ROCA PARCIALMENTE DISTURBADA INTERPUESTA, CON MULTICARAS DE BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON POCA PROPORCION DE FINOS.		60	50 / 5–1	5–2	
 FRACTURADA Y PLEGADA (FP) MASA DE ROCA FOLIADA Y FALLADA CON MUCHAS INTERSECCIONES DE DISCONTINUIDADES FORMANDO BLOQUES ANGULARES CON UNA BAJA PROPORCION DE FINOS.			40	30	
 TRITURADA (T) MASA POBREMENTE INTERPUESTA, ALTAMENTE FRACTURADA CON UNA MEZCLA DE BLOQUES ANGULARES Y REDONDEADOS CON UN INCREMENTO DE PROPORCION DE FINOS.				20	10

FIG7–6.DWG

FIGURA 7–7 CLASIFICACION DEL MACIZO DE ROCA SECTOR 6–6SI

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO, EVALUACION DE MEDIDAS DE MITIGACION Y DISENO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LOS ESCARPES DE LA EXPLOTACION EN EL BARRIO LA FISCALA

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)
BASADO EN AL DESCRIPCION GEOLOGICA PROPUESTA POR E. HOEK

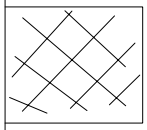
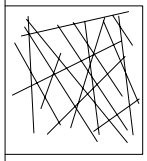
ESTRUCTURA	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE				
	MUY BUENA (MB)	BUENA (B)	REGULAR (R)	POBRE (P)	MUY POBRE (MP)
	MUY RUGOSA INALTERADA	RUGOSA, LIGERAMENTE ALTERADA OXIDOS	LISA, MODERADAMENTE ALTERADA O METEORIZADA	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS COMPACTOS CON BLOQUES ANGULARES	SUPERFICIES DE FRICCION ALTA METEORIZACION CON RELLENOS ARCILLOSOS BLANDOS
 FRACTURADA (F) MASA DE ROCA NO DISTURBADA MUY BIEN INTERPUESTA, CONSISTENTE EN BLOQUES FORMADOS POR TRES SERIES DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES SIN FINOS.	80 70	6–1 6–3			
 MUY FRACTURADA (MF) MASA DE ROCA PARCIALMENTE DISTURBADA INTERPUESTA, CON MULTICARAS DE BLOQUES ANGULARES FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON POCA PROPORCION DE FINOS.		60 6–2	50		
 FRACTURADA Y PLEGADA (FP) MASA DE ROCA FOLIADA Y FALLADA CON MUCHAS INTERSECCIONES DE DISCONTINUIDADES FORMANDO BLOQUES ANGULARES CON UNA BAJA PROPORCION DE FINOS.			40	6–4 30	
 TRITURADA (T) MASA POBREMENTE INTERPUESTA, ALTAMENTE FRACTURADA CON UNA MEZCLA DE BLOQUES ANGULARES Y REDONDEADOS CON UN INCREMENTO DE PROPORCION DE FINOS.				20	10

FIG7–7.DWG

8.0
ANÁLISIS DE INGENIERÍA Y GEOTECNIA

Las rocas se presentan meteorizadas y estructuralmente están controladas por un sinclinal local, afectado posiblemente por un fallamiento geológico localizado en el extremo más occidental del área, el cual tendrá que comprobarse. Regionalmente hablando, la secuencia estratigráfica de este sector de la Sabana aparece invertida, esto es, la Formación Regadera está debajo de la Formación Bogotá. Localmente se aprecian intercaladas.

Los materiales están compuestos principalmente por roca masiva, cubierta por un delgado (0.80 - 1.20 m de espesor) nivel producto de alteración, compuesto por roca completamente meteorizada en Grado V[6] de meteorización (0.70 a 1.10 m de espesor) y suelo correspondiente al Grado VI de meteorización, con un espesor de 0.10 m.

Los niveles de Areniscas friables dan lugar a detritos y flujos de detritos, pero de importancia moderada. La generalidad del área se desarrolla en roca moderadamente meteorizada (Grado III), y con mayor proporción en roca débilmente meteorizada (Grado II) con discontinuidades abiertas y roca "fresca" (Grado I) con discontinuidades cerradas.

Con las condiciones antes descritas, la metodología de análisis expedita para los diseños fue la de ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD DE TALUDES, BLOQUE CRÍTICO y MODELACIÓN DE CAÍDA DE BLOQUES.

De esta forma se dimensionaron las cuñas máximas a deslizarse, a ser pernadas o ancladas y se establece la zona expuesta a la amenaza de caída de bloques y su dinámica para definir zonas de aislamiento.

8.1 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

No se realizó un programa de investigación directo en la zona de estudio, pues, los problemas de estabilidad están influenciados por la condición estructural, y los cortes permitían acceder a información del tipo de material.

[6] Little (1969), Fookes et al (1972), Dearman (1974)

Se cuenta con extensa información de referencia, obtenida de perforaciones y ensayos de laboratorio [7] en la investigación de las misma formación para el proyecto de la Regadera II, de la EAAB. Análisis de sensibilidad sobre esta base, permitió definir los parámetros a utilizar en el presente estudio.

8.2 CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA REGIÓN

De la información del proyecto de microzonificación sísmica para Santa Fe de Bogotá realizado por INGEOMINAS, el valor de aceleración para la zona de estudio es de 0.24 g en roca y considerando los efectos topográficos de amplificación de la señal sísmica.

8.3 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Los parámetros de resistencia adoptados, sobre los precedentes de otros proyectos en la misma formación fueron un valor de cohesión nulo (C = 0) y un ángulo de fricción de treinta grados ($\phi = 30^{O}$) para las Areniscas con un coeficiente de variación del 20 % para establecer los rangos máximo y mínimo del mismo y de diecinueve ($\phi = 19^{O}$) para las Arcillolitas, con un coeficiente de variación del 30 %.
Los parámetros de resistencia de referencia y adoptados, corresponden a discontinuidades del macizo para cada material rocoso definido.

8.4 ESTABILIDAD DE TALUDES

Los análisis de estabilidad de los taludes en roca se realizaron con análisis estereográficos para establecer el mecanismo de falla, bloque crítico para definir los factores de seguridad y la modelación con el programa UNWEDGE para definir la geometría de las cuñas potenciales de falla. Los resultados se presentan en los anexos nos. 4 y 5, respectivamente.

8.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se comentan los resultados obtenidos de los análisis estereográficos, bloque crítico y modelación de cuñas.

8.5.1 Análisis estereográfico

En el sector 1 se contaba con un dato de estratificación (E1 = 58/30 [8]) y tres de planos de diaclasas (D1 = 20/73, D2 = 83/192 y D3 = 61/256 [8]). Se estudiaron las tres combinaciones de planos de discontinuidad. La dirección

[7] Ensayos de corte directo en arcillolitas, arenisca y contactos entre ellas.
[8] Buzamiento / dirección de buzamiento

del talud es de N20E, con una inclinación próxima a la vertical. Los datos estudiados dan lugar a falla en cuña con la combinación de D1, D2 y D3, con movimiento se daría a lo largo de la intersección D1-D2, pero en el terreno la alteración predomina sobre la condición estructural antes descrita.

Del sector 1 se tenía un dato de estratificación (E1 = 7/225 [8]) y dos de planos de diaclasas (D1 = 66/204 y D2 = 37/101 [8]). La dirección del talud es de N10E, con una inclinación 1.0 H : 1.0 V. Los planos dan lugar a una gran falla en cuña, con movimiento en la intersección de los planos de diaclasa.

En el caso del sector 3 (La Morena I), se disponía un dato de estratificación (E1 = 14/246 [8]) y dos de planos de diaclasas (D1 = 85/14 y D2 = 79/300 [8]). La dirección del talud es de N10E, con una inclinación cercana a la vertical. Los planos dan lugar a falla en cuña de forma columnar, con movimiento a lo largo del plano D2.

El sector 4 mostró un dato de estratificación (E1 = 14/278 [8]) y dos de diaclasas (D1 = 74/24 y D2 = 65/160 [8]), mientras el talud tenía una dirección N10E, inclinación vertical y cara libre al este. En el terreno no se observa la falla en cuña analizada debido a la alteración de la roca.

La meteorización es el fenómeno que tiene mayor influencia en el comportamiento del macizo rocoso en el sector 5, pese a lograr algunos datos estructurales (E1 = 8/247, D1 = 80/347, D2 = 71/32 [8]) y la formación de cuñas de menores dimensiones.

El último sector, denominado No. 6 presenta un dato de estratificación (E1=15/85 [8]) y tres de planos de diaclasas (D1=65/31, D2=65/168 y D3=63/244 [8]), para las cuales se estudiaron las combinaciones de planos de discontinuidad. La dirección del talud es N20E, con inclinación vertical. Los datos estudiados dan lugar a falla en cuña columnar con la combinación de E1, D2 y D3, con movimiento se daría a lo largo del plano D3.

8.5.2 Bloque crítico

Las condiciones en las cuales se realizaron los análisis de bloque crítico incluyen; normal, sismo, agua y agua - sismo, dentro de unos rangos máximo y mínimo dados por los coeficientes de variación de las propiedades geomecánicas de los materiales (arenisca, arcillolita, contacto).

TABLA 8-1 RESUMEN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS POR EL MÉTODO DEL BLOQUE CRÍTICO

SECTOR 1

ϕ	FS 36	FS 24
normal	2.73	1.67
agua	2.55	1.57
sismo	1.97	1.21
agua+sismo	1.85	1.13

SECTOR 4

ϕ	FS 36	FS 24
normal	1.47	0.90
agua	1.45	0.89
sismo	1.30	0.80
agua+sismo	1.27	0.78

SECTOR 2

ϕ	FS 36	FS 24
normal	1.26	0.77
agua	1.16	0.71
sismo	1.08	0.66
agua+sismo	0.98	0.60

SECTOR 5

ϕ	FS 36	FS 24
normal	5.17	3.17
agua	4.83	2.96
sismo	3.41	2.09
agua+sismo	3.19	1.95

SECTOR 3

ϕ	FS 36	FS 24
normal	4.13	2.53
agua	3.88	2.38
sismo	3.11	1.91
agua+sismo	2.97	1.82

SECTOR 6

ϕ	FS 36	FS 24
normal	1.72	1.05
agua	1.23	0.75
sismo	1.38	0.85
agua+sismo	0.99	0.61

Los resultados obtenidos se resumen en la TABLA 8-1. Los sectores que presentan valores bajos de FS son los Nos. 3, 4 y 6, como lo reportan los resultados con el límite inferior (ϕ = 24 ^{O}), pero el sector 4 no obedece estrictamente a la tipología de caída de bloques. El sector 1 sigue en términos de FS ascendente, pero es un área altamente meteorizada donde no se definen bloques antes de que sean alterados; luego se encuentra el sector 3 y finalmente el sector 5 que también es muy alterado.

8.5.3 Modelación de cuñas

La combinación de los datos D1, D2 y D3 en el sector 1, dan lugar a una cuña equidimensional de peso aproximado de 1.561 ton y FS = 2.12 .
Los datos en el sector 2, dan lugar a una cuña de peso aproximado de 11.800 ton y FS=1.15 con la cara libre hacia el este, a diferencia del sector 3 (La Morena I), donde la falla de la cuña columnar presenta un peso de solo 178 ton y un FS= 0.23 con la cara libre hacia el oeste.
El sector 4 muestra una falla en cuña de 2.246 ton y FS=1.20, pero en el terreno, predominan los flujos de detritos producto de la alteración de la arenisca friable de los niveles superiores. El sector 5 no se modela por caída de bloques por su grado de alteración y el sector 6, reporta una cuña columnar de 51 ton, con un FS=0.28.

9.0
DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO

El problema en el barrio la Fiscala II Sector está relacionado a la urbanización en la zona de plataforma y bermas de una antigua explotación de cantera y cuyos límites están muy próximos a la base del escarpe. La cantera fue abandonada sin la adecuada reconformación geomorfológica y de las condiciones de estabilidad.

Los cortes[9] de la antigua explotación vistos en planta tienen forma similar a una herradura. En los extremos de esta silueta, actualmente persisten las explotaciones de arena y arcilla para la fabricación de ladrillos.

Hay en la zona evidencia del desprendimiento de bloques de tamaño variado, grietas de distensionamiento del macizo rocoso, flujo de tierras y detritos, erosión en surcos y cárcavas originados por la alteración de los niveles intercalados de roca de menor competencia.

9.1 CAUSAS PROBABLES

La causa principal de los problemas actuales es el inadecuado abandono de la antigua explotación de cantera, dejando taludes con pendiente negativa o en voladizo y que han facilitado la formación de cuñas y su caída por gravedad y deslizamiento. La acción de los agentes externos como la lluvia y fuerzas debidas a sismo, hacen que el rango de factores de seguridad se reduzca de manera ostensible, en promedio un 12% por las primeras, 30% por las segundas y en un 44% por la combinación de las dos.

En un segundo orden de importancia se encuentra como causa de los problemas de flujo de detritos, erosión en surcos y cárcavas, la ausencia de zanjas de coronación de los taludes y la pérdida de la protección superficial (deforestación), dejando desnudos los materiales más friables, por escorrentía pese a que el régimen de lluvias no es severo.

[9] Entre 20 y 25 m de altura

9.2 ESTADO Y GRAVEDAD DEL PROBLEMA

En forma preliminar se han identificado zonas que requerirían pronta acción[10], como las cuñas situadas el oriente del parque de juegos del barrio, pero en términos generales el problema ha presentado un buen comportamiento en el tiempo (referencia de cinco años desde que se urbanizó masivamente la zona) y la comunidad ha convivido con él.

9.3 SITIOS CRÍTICOS

Existen tres sitios de especial interés dada la probabilidad de falla mediante la caída de bloques (Sectores 2, 3 y 6), cuya característica es de generación de daños catastróficos por el fenómeno mismo de remoción en masa, mientras los otros tres sitios (Sectores 1, 4 y 5) presentan problemas relacionados con procesos de erosión interna y formación de flujos de tierra y detritos.

[10] Coincidencia de alta exposición de viviendas a amenaza y alto potencial de inestabilidad de laderas por caída de bloques

10.0
ANÁLISIS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

Como resultado del inventario de procesos locales y puntuales de inestabilidad presentes y manifiestos en la caída de bloques y flujos de detritos, se determinó su magnitud (alcance de afectación), estado de actividad (probabilidad de falla) y tendencia de propagación, para realizar la delimitación de las áreas de susceptibilidad a tales fenómenos de remoción en masa, con una categorización en función del grado de amenaza.

Por otra parte se adelantó la identificación y localización espacial de los elementos bajo amenaza (viviendas actuales), el grado de exposición frente a ella muy ligado a la amenaza, y la predisposición o resistencia de los elementos amenazados y la susceptibilidad, siguiendo el criterio de ÁREA PROBABLEMENTE AFECTADA sí no se realizaran las obras de estabilización, y un ÁREA DE INFLUENCIA definida en las labores mismas de la construcción de las obras de estabilización.

10.1 AMENAZA

Para la configuración de la amenaza en la zona se realizaron los análisis estereográficos con los datos del levantamiento estructural, para determinar el tipo de falla posible en cada una de las estaciones de trabajo; el resultado de esta modelación, reportó como más probable la falla planar en el ***Sector 2 (estación 13 - cuña)***, por un plano de falla y en el resto de los casos falla en cuña, de tipo columnar en los ***Sectores 6 y 3 (estaciones 14 - Herradura y 17 - La Morena I***). En los ***Sectores 1, 4 y 5 (estaciones 12 , 15 y 16)*** se forman cuñas menores con factores de seguridad altos, acompañados por el flujo de detritos.

Posteriormente se modeló con el BLOQUE CRÍTICO (Godman y Shi), las fuerzas unitarias que desestabilizan las cuñas con parámetros de resistencia en términos del ángulo de fricción (30° para las Areniscas y 20° para las Arcillolitas), con un coeficiente de variación (20% para las Areniscas y 30% para las Arcillolitas) que establezca valores máximos y mínimos .

TABLA 10-1 CALCULO DE PROBABILIDAD DE FALLA

DISTRIBUCION NORMAL

TD = 10 **Periodo de diseño**

	SIN SISMO SIN LLUVIA	CON SISMO	CON LLUVIA	CON SISMO CON LLUVIA	TOTAL
Periodo de retorno	-	475,0	35,6	-	
1 / Periodo de retorno	-	0,00211	0,02809	-	
Probabilidad de evento	0,96986	0,00205	0,02803	0,00006	**1,0**

SECTOR 1 (ESTACION 12)				
FS PHI	**FS**	**FS**	**FS**	**FS**
	SIN SISMO SIN LLUVIA	CON SISMO	CON LLUVIA	CON SISMO CON LLUVIA
FS++ (ϕ=36°)	2,73	1,97	2,55	1,85
FS-- (ϕ=24°)	1,67	1,21	1,57	1,13
E[FS] =	2,20	1,59	2,06	1,49
STD(FS)=	0,53	0,38	0,49	0,36
Z =	-2,26415	-1,55263	-2,16327	-1,36111
F(Z) =	0,01178	0,06026	0,01526	0,08674
Pf =	0,01178	0,06026	0,01526	0,08674
Pf/e =	0,01143	0,00012	0,00043	0,00001
Pf a 10 =	0,10799	0,00123	0,00427	0,00005

SECTOR 2 (ESTACION 13)				
FS PHI	**FS**	**FS**	**FS**	**FS**
	SIN SISMO SIN LLUVIA	CON SISMO	CON LLUVIA	CON SISMO CON LLUVIA
FS++ (ϕ=36°)	1,26	1,08	1,16	0,98
FS-- (ϕ=24°)	0,77	0,66	0,71	0,60
E[FS] =	1,02	0,87	0,94	0,79
STD(FS)=	0,25	0,21	0,23	0,19
Z =	-0,06122	0,61905	0,28889	1,10526
F(Z) =	0,47559	0,26794	0,38633	0,13452
Pf =	0,47559	0,73206	0,61367	0,86548
Pf/e =	0,46126	0,00150	0,01720	0,00005
Pf a 10 =	0,99007	0,01487	0,15803	0,00051

SECTOR 3 (ESTACION 17)				
FS PHI	**FS**	**FS**	**FS**	**FS**
	SIN SISMO SIN LLUVIA	CON SISMO	CON LLUVIA	CON SISMO CON LLUVIA
FS++	4,13	3,11	3,88	2,97
FS--	2,53	1,91	2,38	1,82
E[FS] =	3,33	2,51	3,13	2,40
STD(FS)=	0,80	0,60	0,75	0,58
Z =	-2,91250	-2,51667	-2,84000	-2,42609
F(Z) =	0,00179	0,00592	0,00226	0,00763
Pf =	0,00179	0,00592	0,00226	0,00763
Pf/e =	0,00174	0,00001	0,00006	0,00000
Pf a 10 =	0,01724	0,00012	0,00063	0,00000

10-2a

FS factor de seguridad
E esperanza
STD desviación estándar

Z v. normalizada
f(Z) distribución normal
Pf probabilidad de falla

Pf/e probabilidad de falla dado el evento
Pf a 10 probabilidad de falla por el evento en el periodo de diseño 10 años

TABLA 10-1 CALCULO DE PROBABILIDAD DE FALLA

DISTRIBUCION NORMAL

TD = 10 **Periodo de diseño**

	SIN SISMO SIN LLUVIA	CON SISMO	CON LLUVIA	CON SISMO CON LLUVIA	TOTAL
Periodo de retorno	-	475,0	35,6	-	
1 / Periodo de retorno	-	0,00211	0,02809	-	
Probabilidad de evento	0,96986	0,00205	0,02803	0,00006	**1,0**

SECTOR 4 (ESTACION 15)				
FS PHI	**FS**	**FS**	**FS**	**FS**
	SIN SISMO SIN LLUVIA	CON SISMO	CON LLUVIA	CON SISMO CON LLUVIA
FS++	1,47	1,30	1,45	1,27
FS--	0,90	0,80	0,89	0,78
E[FS] =	1,19	1,05	1,17	1,03
STD(FS)=	0,29	0,25	0,28	0,25
Z =	-0,64912	-0,20000	-0,60714	-0,10204
F(Z) =	0,25813	0,42074	0,27188	0,45936
Pf =	0,25813	0,42074	0,27188	0,45936
Pf/e =	0,25035	0,00086	0,00762	0,00003
Pf a 10 =	0,91820	0,00857	0,07338	0,00027

SECTOR 5 (ESTACION 16)				
FS PHI	**FS**	**FS**	**FS**	**FS**
	SIN SISMO SIN LLUVIA	CON SISMO	CON LLUVIA	CON SISMO CON LLUVIA
FS++	5,17	3,41	4,83	3,19
FS--	3,17	2,09	2,96	1,95
E[FS] =	4,17	2,75	3,90	2,57
STD(FS)=	1,00	0,66	0,94	0,62
Z =	-3,17000	-2,65152	-3,09626	-2,53226
F(Z) =	0,00076	0,00401	0,00098	0,00567
Pf =	0,00076	0,00401	0,00098	0,00567
Pf/e =	0,00074	0,00001	0,00003	0,00000
Pf a 10 =	0,00736	0,00008	0,00027	0,00000

SECTOR 6 (ESTACION 14)				
FS PHI	**FS**	**FS**	**FS**	**FS**
	SIN SISMO SIN LLUVIA	CON SISMO	CON LLUVIA	CON SISMO CON LLUVIA
FS++	1,72	1,38	1,23	0,99
FS--	1,05	0,85	0,75	0,61
E[FS] =	1,39	1,12	0,99	0,80
STD(FS)=	0,34	0,27	0,24	0,19
Z =	-1,14925	-0,43396	0,04167	1,05263
F(Z) =	0,12523	0,33216	0,48338	0,14625
Pf =	0,12523	0,33216	0,51662	0,85375
Pf/e =	0,12145	0,00068	0,01448	0,00005
Pf a 10 =	0,70315	0,00677	0,13481	0,00050

10-2b

FS factor de seguridad
E esperanza
STD desviación estándar

Z v. normalizada
f(Z) distribución normal
Pf probabilidad de falla

Pf/e probabilidad de falla dado el evento
Pf a 10 probabilidad de falla por el evento en el periodo de diseño 10 años

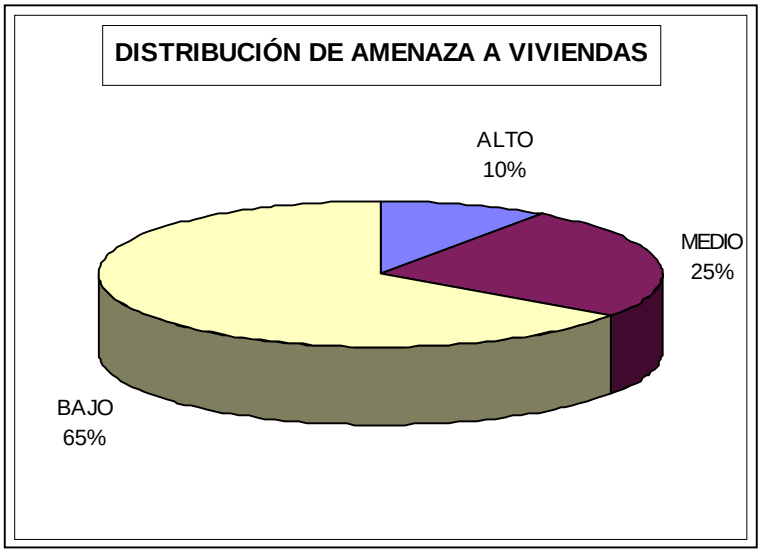
Así, los factores de seguridad encontrados se emplearon junto con la probabilidad de los eventos de sismo (1/475 años) y de lluvias críticas (1/36.5 años), así como sus combinaciones para obtener la probabilidad de falla anual, la probabilidad de falla dado el evento y para el periodo de análisis que se tomo de 10 años.

Los resultados se presentan en la TABLA 10-1. Posteriormente se modela la caída de los bloques en cada una de las estaciones, obteniéndose la distancia de alcance asociadas a cada probabilidad correspondientes a los factores de seguridad obtenidos sin sismo ni lluvia, con sismo, con lluvia y con los dos eventos.

Finalmente se graficó la distancia para el rango de amenaza con probabilidad menor de 15 % calificada como baja, entre 15 y 40 % calificada como media y mayor de 40 % calificada como alta, para los cuales se realizó el Plano 5 dando los colores con la convención del semáforo, verde para probabilidad baja, amarillo para media y roja para probabilidad alta.

En la FIGURA 10-1 se presenta la distribución de grado de amenaza a las viviendas de la zona de estudio, lo cual indica que el 65 % tiene una amenaza baja, un 25 % media y un 10 % alta.

FIGURA 10-1 DISTRIBUCIÓN DE AMENAZA A VIVIENDAS



10.2 VULNERABILIDAD

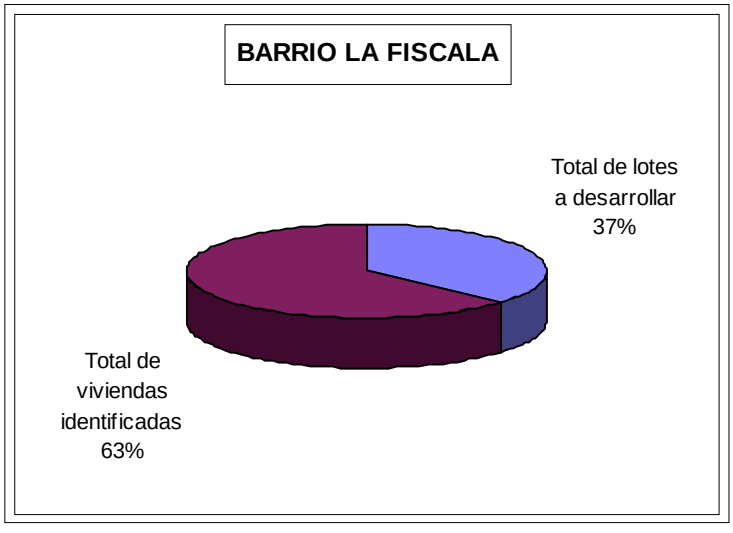
Establecido el tipo de amenaza y su alcance se procedió al análisis de la vulnerabilidad de las viviendas del sector.

Para el análisis de la vulnerabilidad se calculó el Índice de Vulnerabilidad Física (I.V.F.) basado en la Metodología para Análisis de Vulnerabilidad y Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafe de Bogotá elaborado por F.F. Soler, A.J. González y L.F. Vesga (1999), documento basado en la metodología propuesta por Frédéric Leone (1996).

Se elaboró un inventario de viviendas (ver las Fotografías Nos. 4 y 2 / 24 en los barrios La Fiscala y La Morena I, respectivamente) estableciendo cualitativamente su estado ajustado a la tipología presentada en la TABLA 10-2. Dicho inventario identificó un total de 253 predios (100 %), de los cuales 93 correspondían a zonas por desarrollar pero aprobadas por Catastro, y 160 (100% para la tipificación de aspectos de la construcción) lotes construidos.

Así, el 63 % de las viviendas se hallaban construidas y el 37 % resta por desarrollar (véase FIGURA 10-2).

FIGURA 10-2 PREDIOS CONSTRUIDOS Y POR DESARROLLAR



De los predios construidos se estudiaron algunas características como la conformación de la placa de piso (donde predominó el concreto reforzado con un 97 %, ver FIGURA 10-3), la estructura de techo (en su orden se encontraron la madera, el concreto reforzado, cubiertas metálicas y otros, ver FIGURA 10-4), cubiertas (en su mayoría en teja de zinc y de asbesto cemento, ver FIGURA 10-5).

FIGURA 10-3 ESTRUCTURA DE PLACA DE PISO DE LA VIVIENDAS

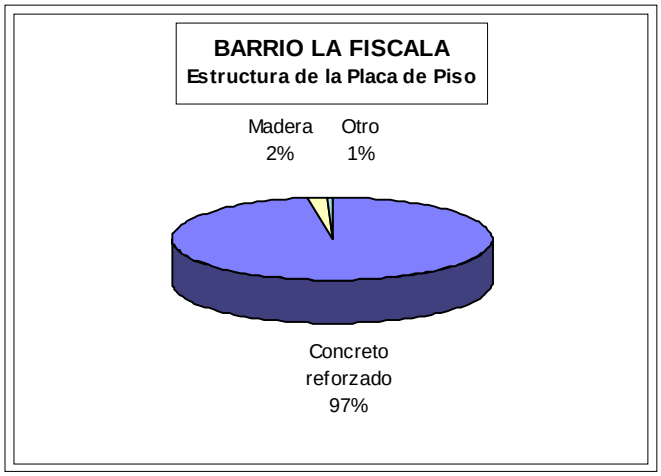


FIGURA 10-4 ESTRUCTURA DE TECHO DE LAS VIVIENDAS

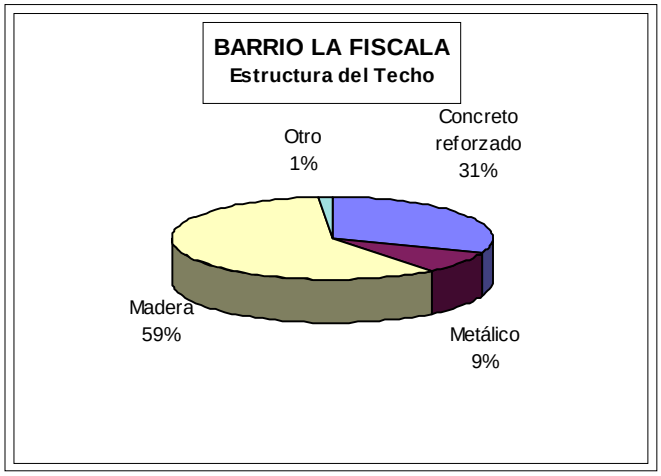
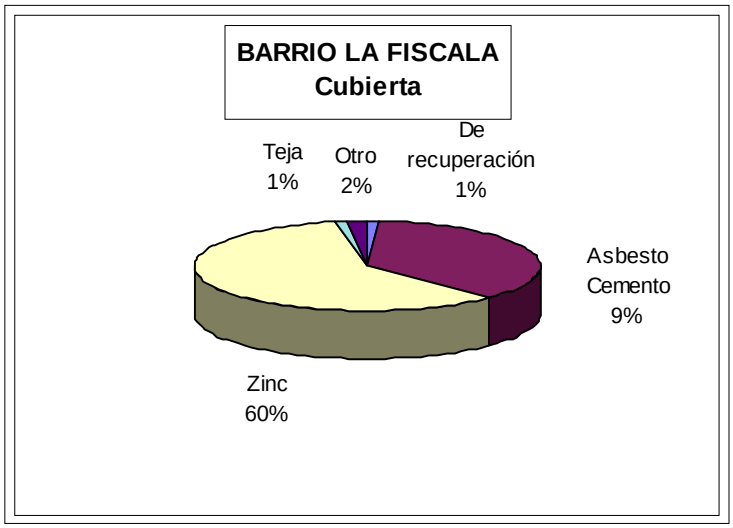


FIGURA 10-5 CUBIERTA DE VIVIENDAS



10.2.1 Tipificación de las Viviendas

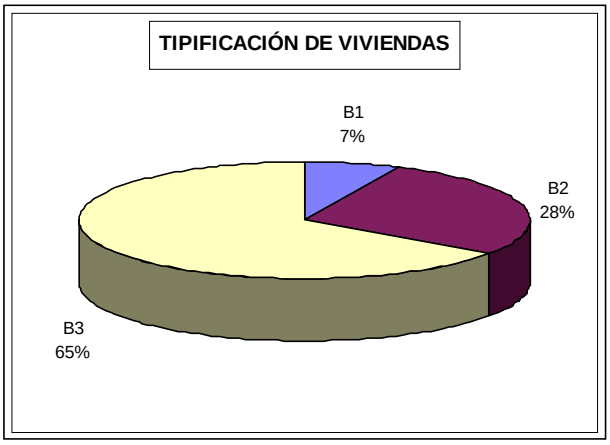
Para la tipificación de las viviendas, inicialmente se procedió a realizar un inventario de viviendas y asignarles un Tipo de acuerdo con la clasificación propuesta por Leone (1996), tipología presentada en la TABLA 10-2.

TABLA 10-2 TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS

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

En la zona de estudio, los resultados del inventario de viviendas, establecieron un distribución con la tipología como la mostrada en la FIGURA 10-6. En la zona de estudio prevalece la viviendas tipo B3, seguidas de las B2 y B3. No existen viviendas tipo B4.

FIGURA 10-6 DISTRIBUCIÓN POR TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS EN LA ZONA DE ESTUDIO



10.2.2 Criterios de Solicitación de la Amenaza

Establecidas las solicitaciones de la Amenaza se procedió a establecer la intensidad de dichas solicitaciones de acuerdo con el criterio establecido en la TABLA 10-3.

TABLA 10-3 INTENSIDAD DE LAS SOLICITACIONES

EVENTO	SOLICITACION		CRITERIO DE INTENSIDAD
Deslizamiento o Flujo	Rapidez del Movimiento	Lento	Vm‹ 1.0 m/año
		Rápido	Vm>1.0 m/año
	Presiones Laterales	Baja	SC‹ 1/3 SE
		Media	1/3 SE< SC < 2/3 SE
		Alta	SC>2/3 SE
Caida de Bloques	Desplazamientos Verticales	Bajo	DV‹ 1.0 cm
		Alto	DV>1.0 cm
	Impactos	Bajo	Vb‹ 1 dm3
		Medio	1 dm3 < Vb < 0.5 m3
		Alto	Vb>0.5 m3

Donde:
Vm: Velocidad del movimiento
SC: Superficie de contacto (altura de la acumulación de material)
SE: Superficie expuesta (altura de la edificación)
DV: Desplazamientos verticales instantáneos
Vb: Volumen del bloque

10.2.3 Cualificación de las Solicitaciones

En la TABLA 10-4 se presenta la cualificación de las solicitaciones dependiendo del tipo de vivienda de acuerdo a los posibles daños asociados por el evento estudiado.

TABLA 10-4 CUALIFICACIÓN DE LAS SOLICITACIONES DEPENDIENDO DEL TIPO DE VIVIENDA.

			TIPO DE VIVIENDA			
EVENTO	**SOLICITACION**		**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
Deslizamiento o Flujo	Rapidez del Movimiento	Lento	ALTO	MEDIO	MEDIO	BAJO
		Rápido	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO
	Presiones Laterales	Baja	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BAJO
		Media	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO
		Alta	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO
Caida de Bloques	Desplazamientos Verticales	Bajo	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BAJO
		Alto	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
	Impactos	Bajo	MEDIO	MEDIO	BAJO	BAJO
		Medio	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO
		Alto	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO

10.2.4 Índice de Vulnerabilidad Física

Una vez establecida la cualificación de las solicitaciones teniendo en cuenta los niveles de daño y asociados a los posibles daños, de acuerdo al tipo de solicitación y tipología de la vivienda, se califica el I.V.F.

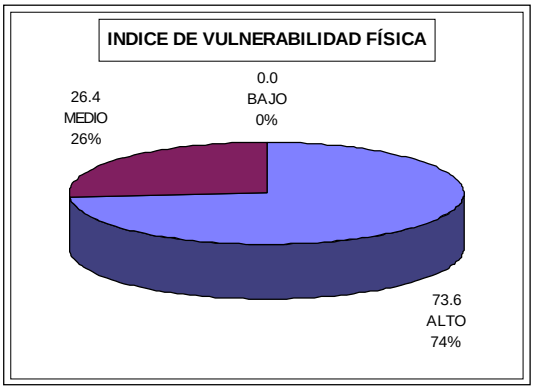
TABLA 10-5 CUANTIFICACIÓN DEL I.V.F.

INDICE DE VULNERABILIDAD FISICA I.V.F.
0.05< BAJO < 0.35
0.35< MEDIO < 0.65
0.65< ALTO < 1.00

10.2.5 Análisis de la Vulnerabilidad

Aplicando la metodología descrita se procedió a superponer el mapa de zonas de amenaza sobre el mapa de la zona estudiada; se seleccionaron las viviendas expuestas y se clasificaron como se muestra en las memorias de calculo incluidas en el anexo 10.

FIGURA 10-7 DISTRIBUCIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA



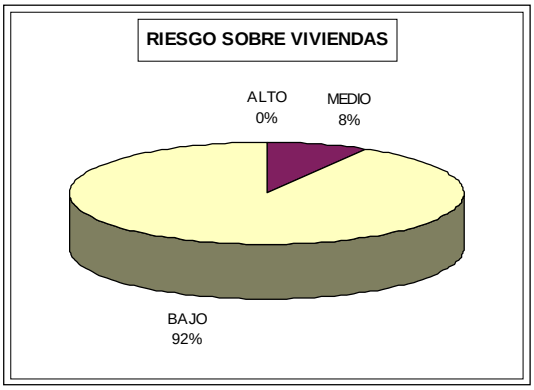
Con los rangos definidos para la distribución de índice de vulnerabilidad física está en el valor medio en el 26% de la viviendas y en el 74% en el intervalo alto. Establecida la amenaza se utilizó el criterio de intensidad de acuerdo con la Tabla 10-3 y se procedió a la cualificación de la solicitación de acuerdo con la Tabla 10-4 y se determinó el I.V.F. con la Tabla 10-5.

El resultado del análisis se presenta en las memorias de cálculo y en forma gráfica en el Plano No. 06, cualificando la vulnerabilidad alta de color rojo, el grado medio en color amarillo y el bajo en color verde.

10.3 RIESGO

La condición de riesgo se estudio con la contrastación de mapas de amenaza y vulnerabilidad, trabajando los intervalos de riesgo alto para una porcentaje de daño mayor del 65 %, medio entre 65 y 35 % y bajo si es menor que el 35%. Los rangos aparecen del producto de los valores medios de los rangos de amenaza y vulnerabilidad. El 8% de las viviendas está en riesgo medio, el 92% en riesgo bajo. Las áreas de riesgo alto corresponden a los escarpes.

FIGURA 10-8 RIESGO - PORCENTAJE DE DAÑO EN VIVIENDAS



En el Plano No. 07 se presenta la distribución del riesgo dado por la convención en colores tipo semáforo; rojo para el riesgo alto, amarillo para el riesgo medio y verde para el riesgo bajo.

El riesgo sobre las viviendas se distribuye entre medio y bajo, mientras el intervalo de riesgo alto ocurre en zonas no habitadas y en los escarpes de explotación propiamente dichos.

11.0 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS Y DISEÑOS

A continuación se describe el proceso de toma de decisiones para acceder a los diseños definitivos para la estabilización y/o aislamiento de los escarpes de la antigua explotación.

11.1 CRITERIOS

Luego de establecer la condición de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de la zona de estudio, se propusieron alternativas de solución para cada unos de los sitios críticos determinados. Las obras como tal se diseñaron donde el riesgo alcanzó el nivel de alto y medio, y las recomendaciones atienden principalmente las áreas de riesgo bajo.

11.2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Básicamente los problemas identificados (véase FIGURA 7-1) fueron de caída de bloques y de flujos de detritos y áreas altamente susceptibles a fenómenos de erosión y flujos. Los costos mencionados en las distintas alternativas se presentan en el ANEXO No. 15.

En el sector 1 (estación 12), no se plantean obras, pues, a pesar de tener una amenaza alta no hay elementos vulnerables, que configuren un panorama de riesgo en la actualidad. Pero la recomendación para mantener tales condiciones, es prohibir la urbanización de la zona donde actualmente se realiza la explotación de materiales. La alternativa escogida no involucra adquisición de predios.

En el sector 2 (estación 13) se contemplaron las opciones de retiro de la cuña con métodos artesanales, porque el empleo de explosivos con una cuña tan grande resultaba inconveniente, aislamiento y anclaje. El tiempo para retirar la cuña resultaba muy grande, aún con la inclusión de tres comisiones de cinco hombres. La opción de aislamiento resultó muy onerosa por la adquisición de predios, y es así como se optó por el anclaje. La alternativa escogida no involucra adquisición de predios.

La proporción de costos de la opción de retiro de cuña ascendió a $38.4 millones, el aislamiento a $297 y el anclaje $214.5. La decisión del anclaje obedece a los inconvenientes de las otras alternativas, como la necesidad de

adquirir predios para la opción de retirarla, el tiempo en extremo largo en tal labor y el número de predios a comprar en el caso del aislamiento.

En el sector 6 (estación 14 - Herradura), se contemplaron las soluciones de aislamiento, retiro de la cuña y una tercera compuesta por la retención mediante malla, mortero y cable, para las cuales los precios fueron respectivamente $185.4, $101.6 y $63.7 millones de pesos. Esta última generaba un atractivo a los niños para escalar por la malla, y se consolidaba en una solución para una sola vez cuando se presente el evento. El retiro de la cuña se pensó con el empleo de cemento expansivo, pero el tipo de cuña columnar involucraba la adquisición de predios de toda maneras. Por lo anterior, la alternativa de aislamiento, resultó controlando la distancia de caída mediante el relleno sin compactar el respaldo del muro de retención. La alternativa escogida involucra la adquisición de cuatro (4) predios con construcción[11] y de tres (3) sin construcción[12].

En el sector 3 (estación 17 - La Morena), los problemas asociados son debidos a la explotación y por ello son responsabilidad del dueño de la misma. La recomendación de diseño es un sistema de aislamiento como el presentado en la estación 14, con un costo de $46.8 millones de pesos. La alternativa escogida no involucra adquisición de predios.

En los sectores 4 y 5 (estaciones 15 - zona de la bodega - y 16 - zona de la terraza -), se presentan problemas de flujo de detritos y erosión. Para enfrentar el problema se atacó la fuente, que es la parte alta de estos sectores donde los fenómenos de erosión son intensos. Para ello se recomendó la protección superficial con geomanto, con costos que ascendieron a $7.9 y $13.2 millones de pesos. No se indicó el retiro de los flujos en la pata de los taludes, pues, el material suelto sirve de colchón de amortiguamiento ante caída de pequeños bloques. La alternativa escogida no involucra adquisición de predios.

11.3 DISEÑO GEOTÉCNICO

El diseño geotécnico se concentró en el sector de la Cuña (estación 13), en la Herradura (estación 14) y en La Morena I (estación 17). En los dos últimos se calculó la distancia a la cual debía colocarse el obstáculo y la altura del mismo (muro de retención en gaviones, con respaldo en material no compactado), para aislar la zona habitada de la caída de bloques y dejar una zona de seguridad.

[11] Construcciones identificadas en los planos de loteo como H16, H29, H30 y G30
[12] Predios sin construcción identificados en los planos de loteo como H15, H17 y H18

TABLA 11 - 1 PRESUPUESTO DE LAS OBRAS RECOMENDADAS

I SECTOR 1 - ESTACIÓN 12

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN	#	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Aislamiento		-	Restringir urbanización o cualquier tipo de us	GL	1,0	$0	$0	
									$0

II SECTOR 2 - LA CUÑA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN	#	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Anclaje		4	Desabombe (incluye transporte)	m3	20,0	$35.000	$700.000	
			2	Tendones de anclaje - perforación con recobrc	ml	50,0	$263.578	$13.178.885	
			2	Tendones de anclaje - perforación sin recobrc	ml	875,0	$171.899	$150.411.188	
			2	Tendones de anclaje - Suministro e instalaci	ml	868,0	$27.504	$23.873.264	
			2	Tendones de anclaje - inyección a presión	sacos	1240,0	$16.044	$19.894.386	
			2	Tendones de anclaje - inyección de llenado d	sacos	455,7	$11.460	$5.222.276	
			6	Barrera viva - siembra de árboles	UN	16,0	$75.000	$1.200.000	
			6	Barrera viva - Excavación para siembra de árbc	m3	16,0	$4.100	$65.600	
									$214.545.600

III SECTOR 3 - LA MORENA (*)

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN	#	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Aislamiento		1	Muro en gaviones de H =4,5 m	m3	385,0	$52.000	$20.020.000	
			1	Excavación para base de gaviones	m3	35,0	$4.100	$143.500	
			6	Barrera viva - siembra de árboles	UN	15,0	$75.000	$1.125.000	
			6	Barrera viva - Excavación para siembra de árbc	m3	16,5	$4.100	$67.650	
			5	Relleno sin compactar	m3	760,0	$15.000	$11.400.000	
			3	Barras de anclaje	m	560,0	$4.267	$2.389.489	
				Geotextil no tejido	m2	280,0	$4.653	$1.302.869	
				Concreto clase B (2.500PSi)=0,10m	m3	34,7	$298.166	$10.331.458	
									$46.779.966

IV SECTOR 4 - EROSIÓN Y FLUJOS ZONA DE LA BODEGA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN	#	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Protección sup. con bio-textil		4	Desabombe	m3	110,0	$35.000	$3.850.000	
			7	Protección superficial con biomanto	m2	1104,5	$3.350	$3.699.985	
			7	Gancho	UN	160,0	$2.500	$400.000	
									$7.949.985

V SECTOR 5 - EROSIÓN Y FLUJOS ZONA DE LA TERRAZA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN	#	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Protección sup. con bio-textil		4	Desabombe	m3	192,5	$35.000	$6.737.500	
			7	Protección superficial con biomanto	m2	1789,7	$3.350	$5.995.385	
			7	Gancho	UN	201,0	$2.500	$502.500	
									$13.235.385

VI SECTOR 6 - LA HERRADURA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN	#	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Aislamiento		-	Adquisición de predios (3) - H15, H17 Y H18	m2	216,0	$97.222	$21.000.000	
			-	Adquisición de construcciones (4) - H16, H29,	m2	288,0	$277.778	$80.000.000	
			1	Muro en gaviones de H + 6.0 m sección 2.0*2.0*	m3	682,0	$52.000	$35.464.000	
			1	Excavación para base de gaviones	m3	82,0	$4.100	$336.200	
			6	Barrera viva - siembra de árboles	UN	19,0	$75.000	$1.425.000	
			6	Barrera viva - Excavación para siembra de árbc	m3	20,9	$4.100	$85.690	
			5	Relleno sin compactar	m3	1450,0	$15.000	$21.750.000	
			3	Barras de anclaje	ml	1098,0	$4.267	$4.685.105	
				Geotextil no tejido	m2	496,0	$4.653	$2.307.921	
				Concreto clase B (2.500PSi)=0,10m	m3	61,4	$298.166	$18.301.440	
									$185.355.356

COSTO TOTAL DE LAS OBRAS	$421.086.326

(*) A resolver por el dueño del predio
Especificación No. 01 Gaviones
Especificación No. 02 Tendones de anclaje
Especificación No. 03 Barras de anclaje
Especificación No. 04 Desabombe
Especificación No. 05 Relleno sin compactar
Especificación No. 06 Barreras vivas
Especificación No. 07 Protección Superficial

Se destaca que los costos de las obras de aislamiento en la Morena I, son a costa del dueño de la explotación si quiere desarrollar el área para vivienda. El concepto técnico recomienda y apoya la suspensión dada por la CAR, de la explotación por considerarse anti - técnica y a largo plazo, negativa para la estabilidad general del sector.

En la zona de la cuña, se calcularon los anclajes para asegurar el importante bloque potencialmente inestable.

Los costos de las alternativas seleccionadas se justifican sobre la base de los resultados del cálculo de daños esperados tan solo en las 72 viviendas, alcanzan un total de $214.2 millones de pesos. Si se tuviera en cuenta las pérdidas en vidas humanas de las cercas de 360 personas expuestas, en su mayoría población infantil excederían los $464.7 miilones de pesos que cuestan las obras de mitigación de riesgo.

11.4 CANTIDADES DE OBRAS Y COSTOS

En la TABLA 11-1 se presentan las cantidades de obras y costos estimados para la estabilización de los diferentes sectores del área de estudio.

11.5 ESPECIFICACIONES

Las especificaciones de las obras recomendadas se presentan en el anexo 13, y hacen referencia a los capítulos de gaviones, pernos, tendones de anclaje, desabombe, barreras vivas, protecciones superficiales con biotextil y relleno sin compactar.

12.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación de desarrollan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del presente estudio.

12.1 CONCLUSIONES

- En el área del barrio Fiscala afloran rocas sedimentarias compuestas por intercalaciones de arenisca y arcillolita de la formación Regadera del Terciario. Estas rocas se presentan fracturadas.

- En el área de estudio se presenta una estructura importante denominada sinclinal de la Fiscala. Se presentan en el área de estudio cinco fallas menores con desplazamientos menores. Estas fallas parecen estar asociadas con la falla regional inversa La Fiscala identificada en estudios regionales anteriores.

- La estabilidad de los taludes de explotación abandonados está controlada por diaclasas y eventualmente por fallas menores; la estratificación por ser sub horizontal no es factor que controla la estabilidad.

- El área del barrio Fiscala está limitada por los escarpes o taludes que formaron parte de una explotación o cantera de arenisca.

En el área de estudio se determinaron sectores que presentan formación de bloques o cuñas que actualmente presenten diferentes factores de seguridad al deslizamiento y posterior caída. Entre los sectores más críticos se identificaron tres en especial denominados La Morena, La Herradura y La Cuña.

En el barrio La Morena, la arcillolita es explotada manualmente para la fabricación de ladrillos. Al remover el material de arcilla la roca superior, arenisca, queda sin pata y se presentan bloques columnares inestables.

La Herradura es un talud casi vertical conformado por areniscas donde las diaclasas forman bloques columnares que ante un sismo reduce su factor de seguridad al deslizamiento produciendo así el desprendimiento. Estos bloques se presentan en el talud oriental de La Herradura.

La Cuña es un bloque limitado por dos taludes casi verticales de explotación de la antigua cantera y por una falla que buza 30º hacia el sureste. Este bloque es potencialmente inestable ante el sismo.

Con base en los bloques potencialmente y en los análisis geotécnicos ante eventos naturales como sismos y lluvias se definieron áreas de amenaza de viviendas. Con esta amenaza y vulnerabilidad de las edificaciones en el área de la amenaza se encontró el riesgo a que están sometidas las viviendas actuales en el barrio La Fiscala. Especialmente los denominados La Cuña y La Herradura.

La Morena presenta una amenaza alta pero un riesgo a viviendas bajo pues en el área donde podrían llegar potencialmente los bloques no hay viviendas.

12.2 RECOMENDACIONES

Con base en los riesgos se estudiaron alternativas para mitigar la amenaza. Entre las alternativas estudiadas se escogieron:

La Morena : Cerrar la operación de la cantera y construir una zona de aislamiento

La Cuña : Soportar La Cuña mediante la instalación de tendones de 40 Ton de capacidad.

La Herradura : Permitir la caída de los bloques creando una zona de aislamiento para que éstos no afecten las viviendas. Se debe relocalizar viviendas que quedarían entre la zona de aislamiento.

- Para el sector denominado sector 1 (estación No. 12) se recomienda suspender la explotación de la cantera y fábrica de ladrillos. Esta explotación mueve los escombros hacia la corona y por lluvia y mala conformación de los desechos éstos pueden presentar flujos de detritos hacia el barrio La Fiscala.
- En los sectores 2 y 4 (estaciones 13 y 15) se recomienda no efectuar ninguna limpieza pues el material depositado allí forma un colchón ante posibles desprendimientos de pequeños bloques.
- Se recomienda realizar trabajos de siembra de geomanto al sector comprendido entre sectores 14 y 15 para minimizar la meteorización del talud.
- Los costos de las obras son cerca de dos veces los daños esperados en las viviendas, un costo relativamente bajo, pues, no considera los demás elementos y personas en riesgo.

OTRAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTORES VARIOS. "I Congreso Suramericano de mecánica de rocas". Memorias, Tomo I. Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas - Sociedad Colombiana de Geotécnia. Bogotá, 1982.
- AUTORES VARIOS. "4o Congreso panamericano sobre mecánica de suelos e ingeniería de fundaciones". Memorias, Volumen I "Escritos sobre el estado del arte". San Juan, Puerto Rico, 1971.
- BRAND E.W. y PHILLIPSON H.B. "Review of international practice for the sampling and testing of residual soils". Geotechnical Control Office, Engineering development department. Hong Kong, 1985.
- BELL F.G. "Engineering geology". U.K., 1993.
- BOWLES J. E. "Foundation analysis and design". U.S., 1996.
- CASTELLANOS RAMIRO. Evaluación de Lluvias Críticas en la Sabana de Bogotá - 1999.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS. "Manual para el control de la erosión". Manizales, 1996.
- DEARMAN W. R. "Engineering geological mapping". U.K., 1991.
- EAAB - CONSORCIO LA REGADERA. Estudios definitivos de la Presa de la Regadera II.
- EAAB - PONCE DE LEÓN Y ASOCIADOS S.A. Elaboración de diseños de alcantarillado sanitario y pluvial para la localidad de Usme Sector 1 de Santa Fe de Bogotá D.C., marzo de 1999.
- GOODMAN y SHI Teoría del Bloque Crítico
- HUBACH (1959) y JULIVERT (1965)
- INGEOMINAS, 1988 - Zonificación Geotécnica del Distrito.
- INGEOMINAS, UPES, y DNPAD, Proyecto de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá - Colombia, 1997.
- ROA, EDGAR, 1994. Diagnóstico de Riesgo por deslizamiento en Usme.
- SÁNCHEZ, DAVID, CÁRDENAS, ADOLFO y VARGAS CIRO A. 1997. Diagnóstico Preliminar de Zonas de Alto Riesgo - Localidad de Usme.
- SOLER F.F., GONZÁLEZ A.J. y VESGA L.F. (1999). Metodología para Análisis de Vulnerabilidad y Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafe de Bogotá
- UPES - INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS LTDA. Informe de diagnóstico y zonificación por riesgo para 101 barrios en la localidad de Usme, en noviembre de 1998.

ANEXO 1
REGISTRO FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFIA No. 1



VISTA GENERAL DEL BARRIO LA FISCALA.
EN EL LADO IZQUIERDO DE LA FOTOGRAFÍA SE APRECIA EL SINCLINAL DE LA FISCALA

FOTOGRAFIA No. 2



VISTA GENERAL DEL BARRIO LA MORENA.
FOTOGRAFIA TOMADA DESDE L A PARTE ALTA DEL TALUD LOCALIZADO AL ORIENTE DEL BARRIO

FOTOGRAFÍA No. 3



PARTE CENTRAL Y FLANCO ORIENTAL DEL SINCLINAL DE LA FISCALA.
SE APRECIAN LOS CONOS DE DEYECCIÓN (SECTOR I).

FOTOGRAFIA No. 4



VISTA DEL SECTOR NOR-ORIENTAL DEL BARRIO LA FISCALA.
EN EL EXTREMO IZQUIERDO DE LA FOTOGRAFÍA SE VEN LOS SECTORES III, IV Y V DEL INVENTARIO DE PROCESOS.

FOTOGRAFIA No. 5



VISTA DEL TALUD ORIENTAL Y DEL SECTOR DE EXPLOTACIÓN DE ARCILLOLITA (NIVEL 5)

FOTOGRAFIA No. 6



VISTA DEL TALUD Y DEL SECTOR DE EXPLOTACIÓN AL ORIENTE DEL BARRIO
EN EL EXTREMO IZQUIERDO DEL TALUD SE PRESENTAN DIACLASAS VERTICALES
ABIERTAS Y BLOQUES RELAJADOS EN EL LADO DERECHO DE LA FOTOGRAFIA SE
VEN LOS NEGATIVOS EN EL TALUD

FOTOGRAFIA No. 7



SECTOR II DEL INVENTARIO DE PROCESOS.
SE PRESENTA COMO DEYECCIÓN (Qcd), BLOQUES Y SURCOS Y CÁRCAVAS EN EL MATERIAL FINO DEPOSITADO.

FOTOGRAFIA No. 8



FLANCO OCCIDENTAL DEL SINCLINAL DE LA FISCALA.
SE APRECIAN LOS CONOS DE DEYECCIÓN (Qcd) EN LA PARTE BAJA DEL TALUD

FOTOGRAFIA No. 9



VISTA GENERAL DEL TALUD OCCIDENTAL.
EN LA PARTE ALTA DEL TALUD SE APRECIAN LOS ACCESOS CONSTRUIDOS.

FOTOGRAFIA No. 10



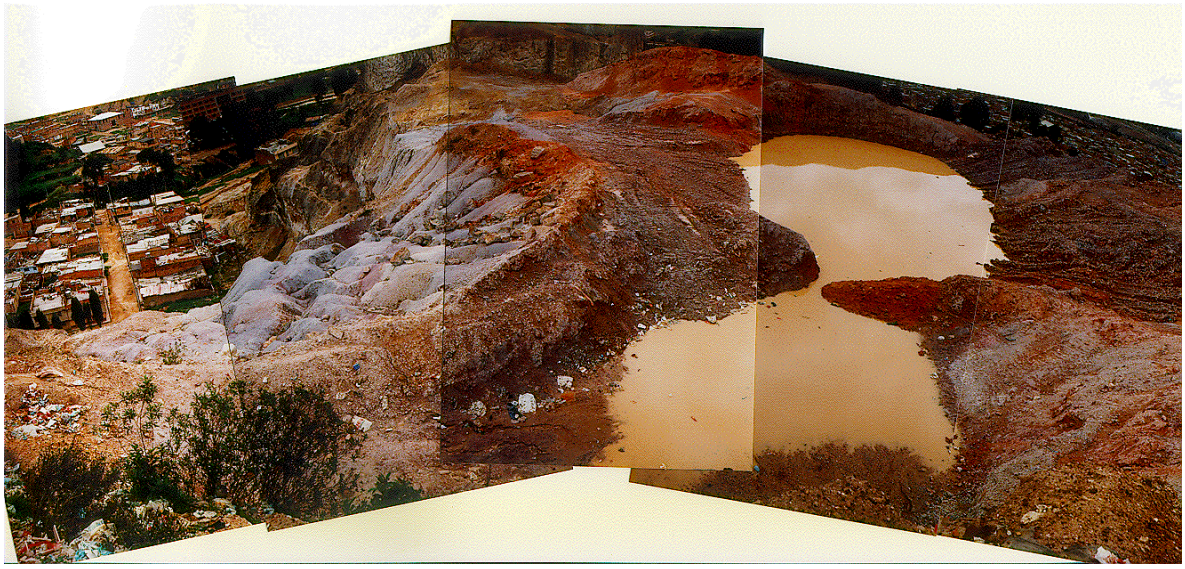
VISTA DE LA SUPERFICIE DESCAPOTADA Y DEPÓSITOS DE BOTADEROS SOBRE SUS LADERAS (SECTOR III)

FOTOGRAFIA No. 11



FALLA EN LA PARTE ALTA DE LA VIA. NOTESE LA ZONA DE ACUMULACION.

FOTOGRAFIA No. 13



SECTOR I, EN DONDE SE PRESENTAN SURCOS Y CÁRCAVAS EN EL NIVEL DE ARCILLOLITA (NIVEL 4) Y EN EL MATERIAL ARCILLOSO REMOVIDO (Qrc)

FOTOGRAFIA No. 14



FALLA DE LA FORTUNA, EN EL FLANCO OCCIDENTAL DEL SINCLINAL DE LA FISCALA

FOTOGRAFIA No. 15



DETALLE DE LA FALLA DE EL BLOQUE

FOTOGRAFIA No. 16



VISTA GENERAL DE LOS TALUDES DEJADOS POR LA EXPLOTACIÓN DE LOS NIVELES DE ARENISCA (NIVEL 5) Y ARCILLOLITA (NIVEL 4) DE LA FORMACIÓN LA REGADERA. EN EL EXTREMO IZQUIERDO DEL TALUD SE APRECIA EL SINCLINAL DE LA FISCALA Y LA FALLA DEL BLOQUE.

FOTOGRAFIA No. 17



FALLA DEL PARQUE

FOTOGRAFIA No. 18



FLUJOS DEL MATERIAL DE BOTADERO DEL SECTOR III (LADO IZQUIERDO DE LA FOTO) Y UNA MARCADA EROSIÓN DEL TALUD Y FORMACIÓN DE CONOS DE DEYECCIÓN (Qcd) EN EL SECTOR IV (LADO DERECHO DE LA FOTO).

FOTOGRAFIA No. 19



TALUD ORIENTAL DEL BARRIO LA FISCALA, EN DONDE SE PRESENTAN DIACLASAS CON APERTURAS DE HASTA UNOS 40 CM. LOS BLOQUES SE ENCUENTRAN RELAJADOS.

FOTOGRAFIA No. 20



DETALLE DE LA DIACLASA

FOTOGRAFIA No. 21



CONTINUIDAD DE LAS DIACLASAS EN EL TALUD ORIENTAL

FOTOGRAFIA No. 22



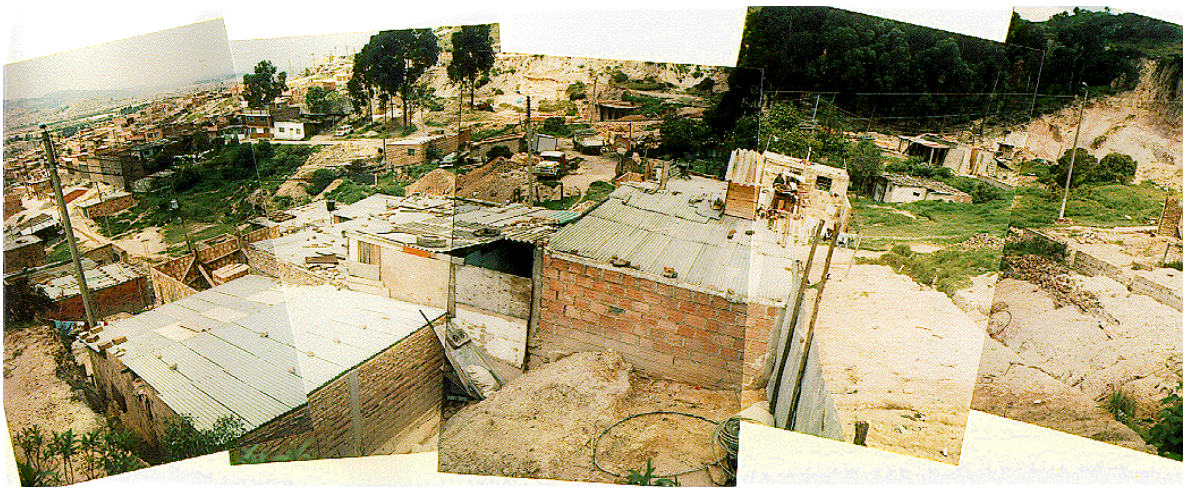
SURCOS Y CÁRCAVAS EN LA SUPERFICIE DESCAPOTADA (SECTOR III)

FOTOGRAFIA No. 23



FALLA LA MORENA AFECTANDO EL NIVEL DE ARENISCA (NIVEL 3)
Y EL DE ARCILLOLITA (NIVEL 4).

FOTOGRAFIA No. 24

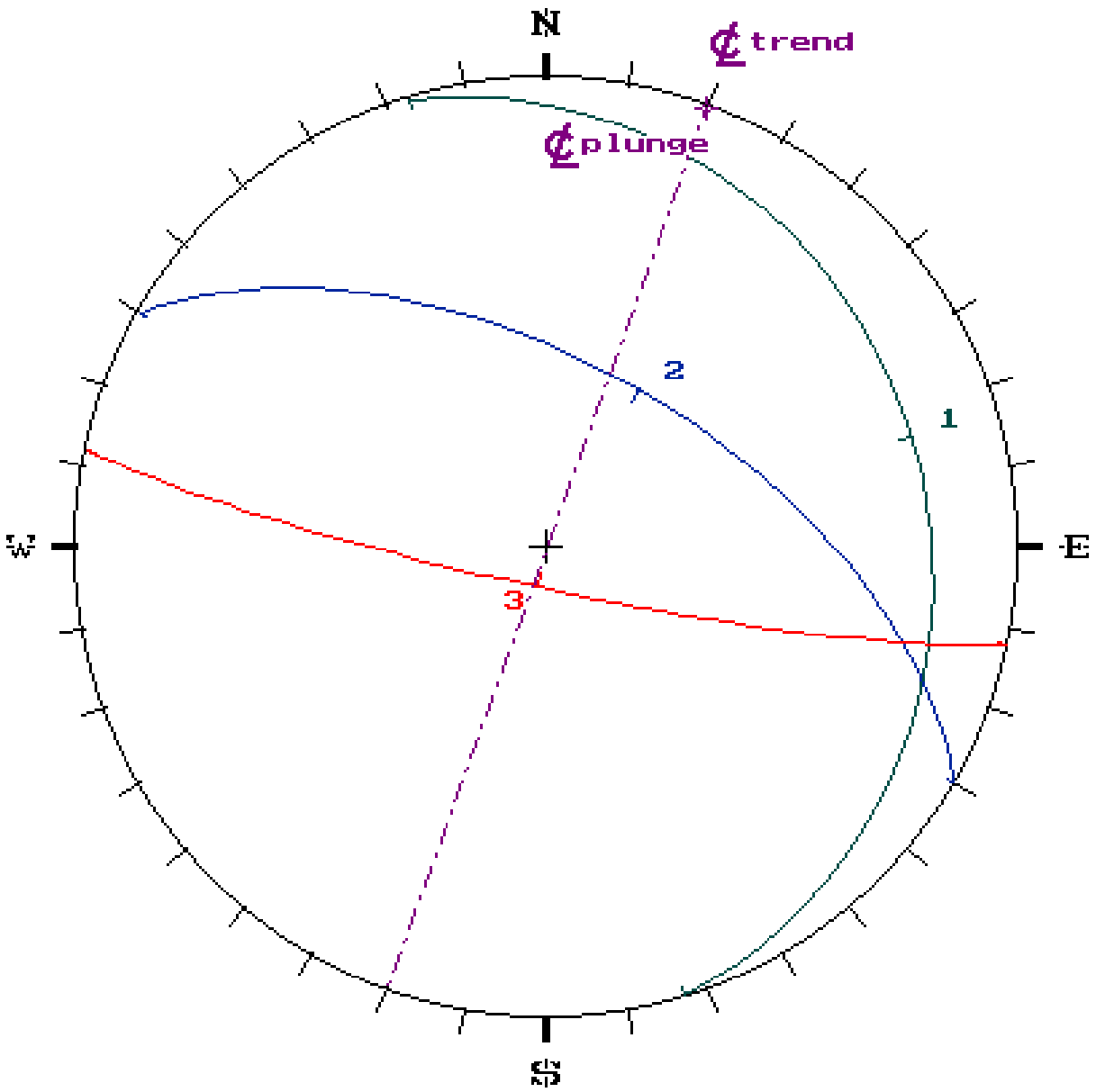


VISTA GENERAL DEL BARRIO LA MORENA

ANEXO 4
ANÁLISIS ESTEREOGRÁFICOS Y CUÑAS (UNWEDGE)

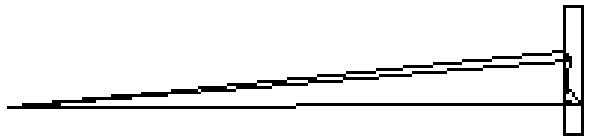
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 12 -1

UNWEDGE

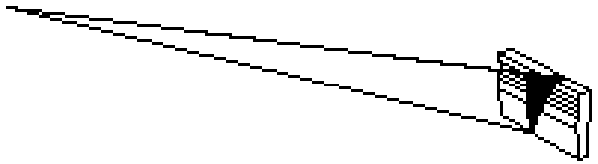


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 12 -1

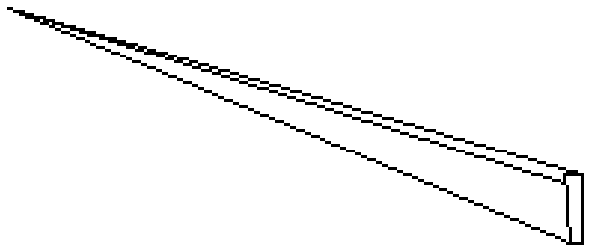
Top View



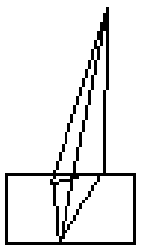
Perspective View



Front View



L . Side View

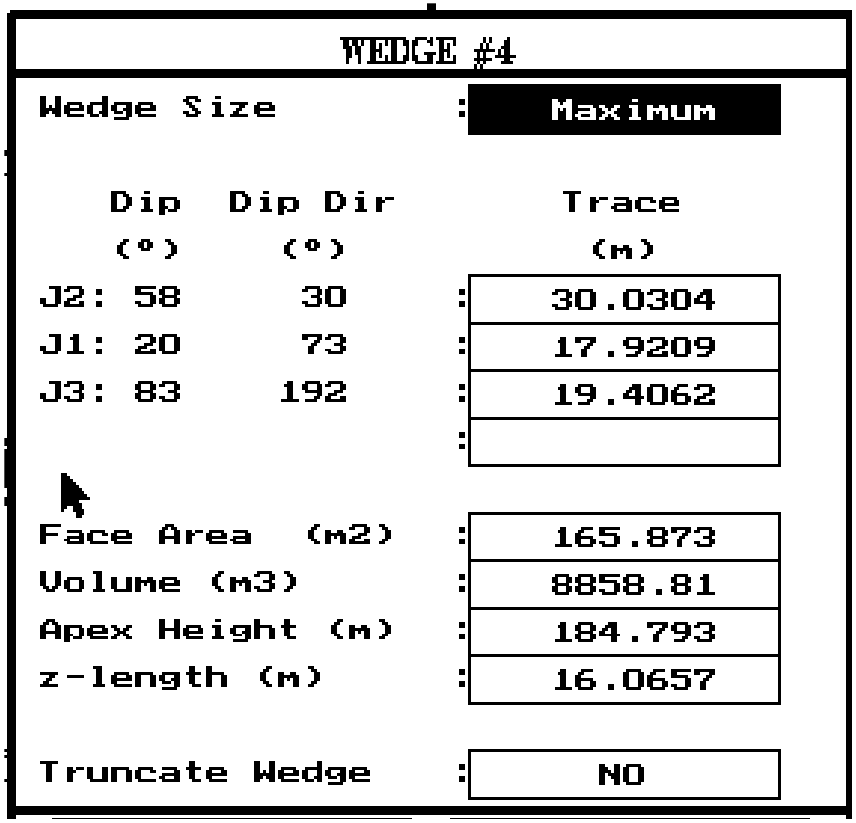


RESULTS

Wedge # 4
23476 Tonnes
May slide on
J2 J3
58/030 83/192
S.F.=4.13

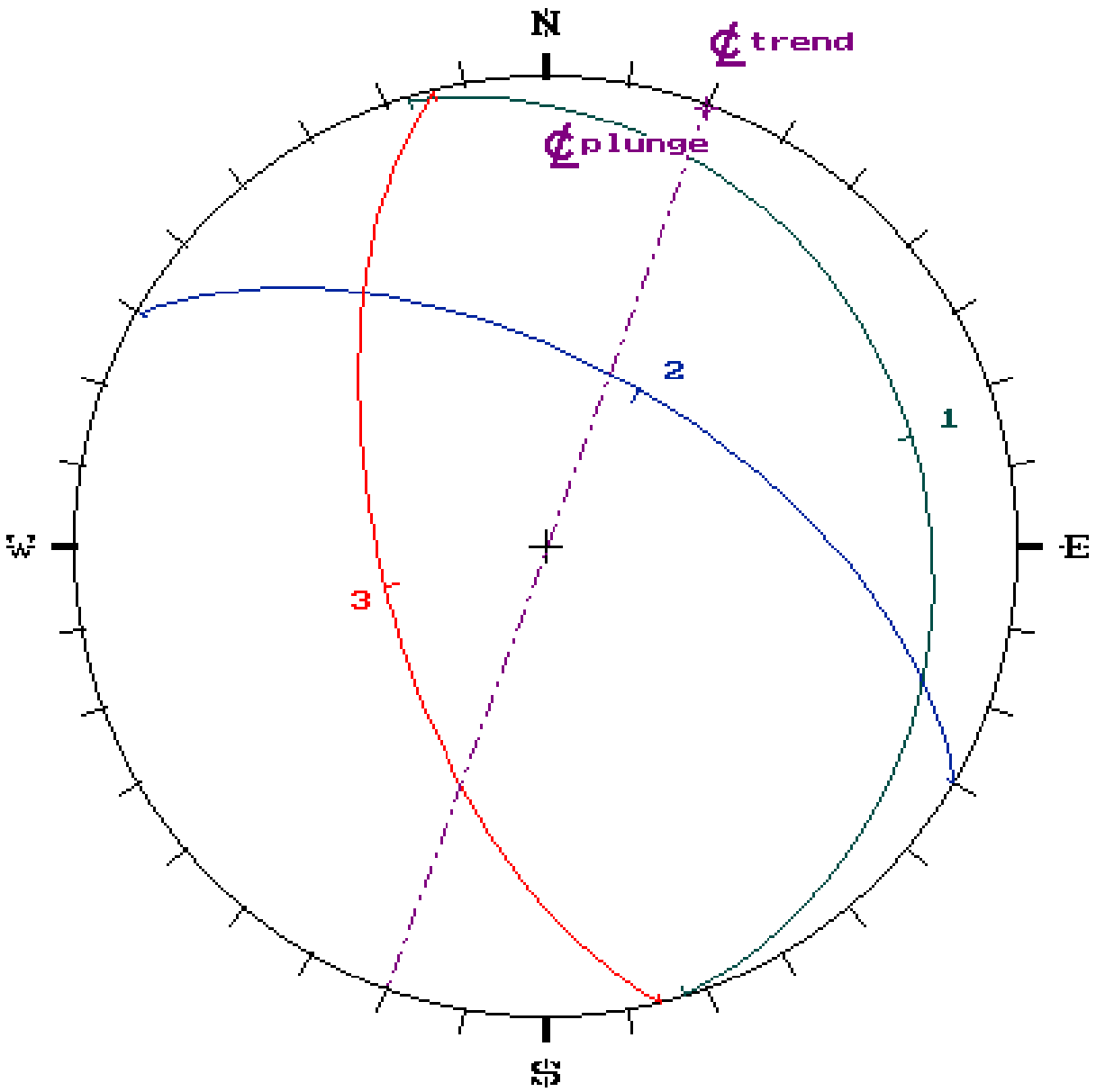
SCALE
20 m

PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 12 -1



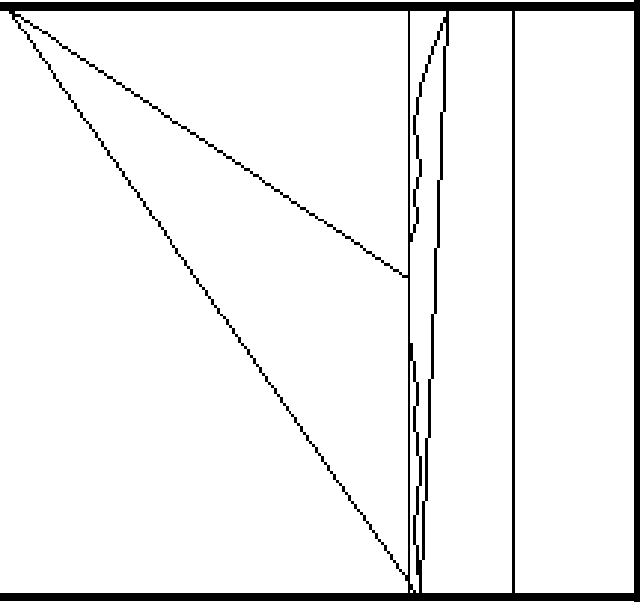
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 12 -2

UNWEDGE

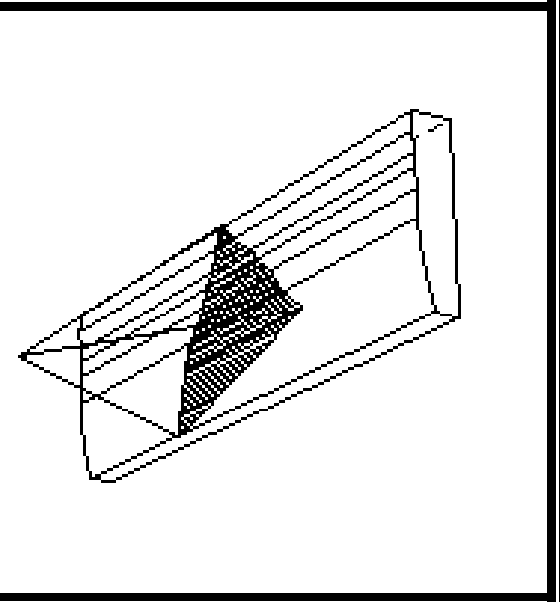


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 12 -2

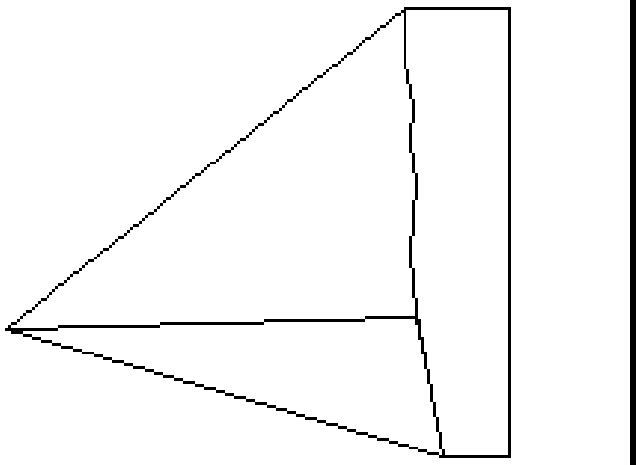
Top View



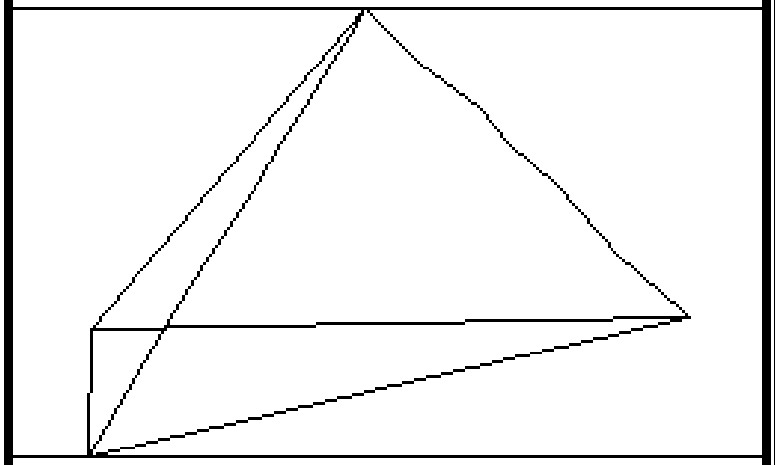
Perspective View



Front View



L . Side View

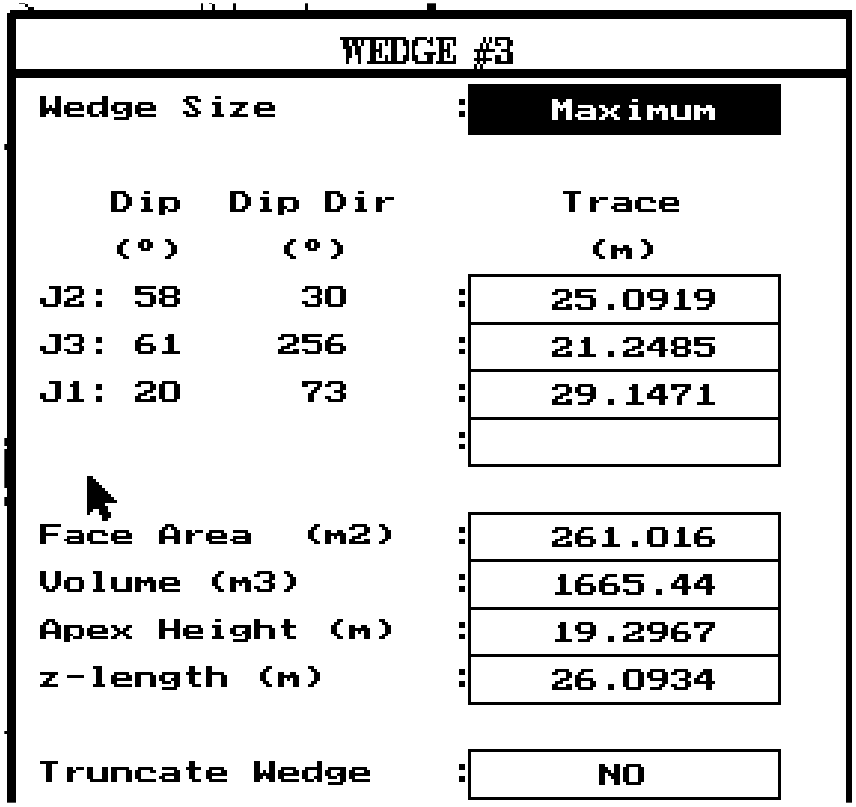


RESULTS

Wedge # 3
4413 Tonnes
May slide on
J2 J1
58/030 20/073
S.F.=2.72

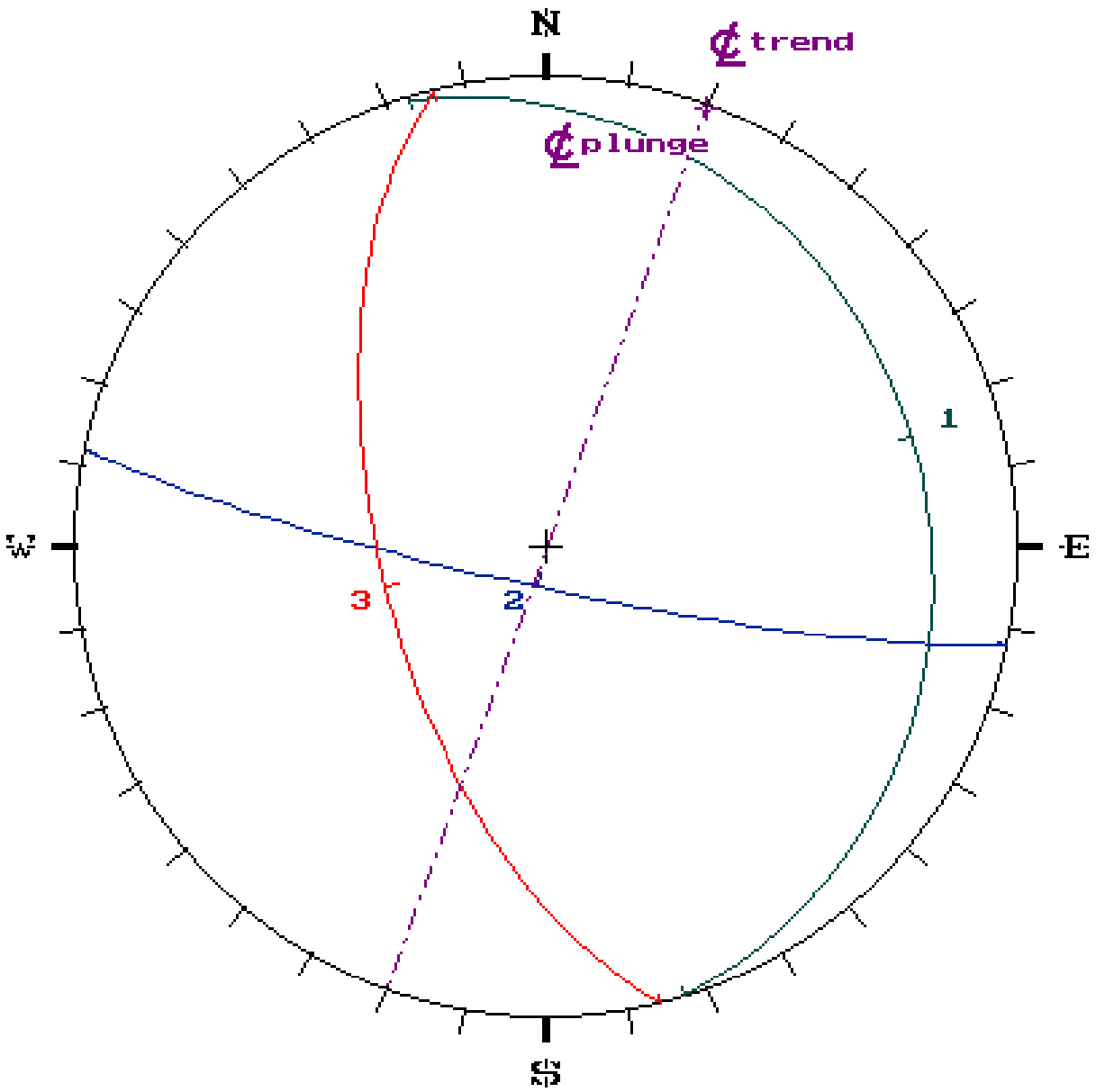
SCALE
4 m

PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 12 -2



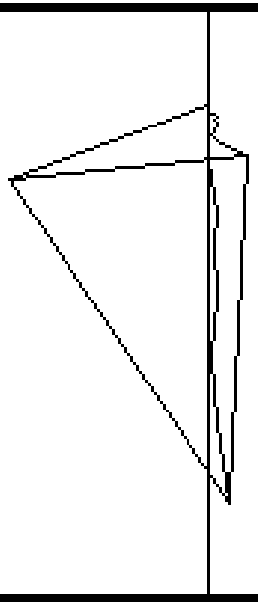
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 12 -3

UNWEDGE

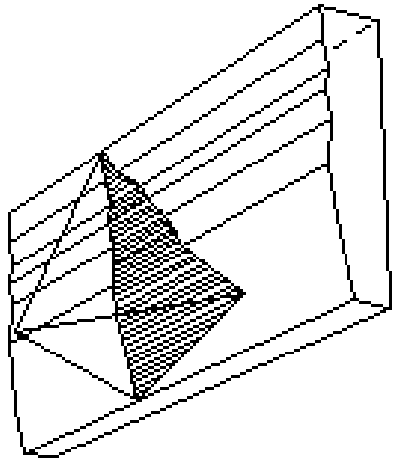


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 12 -3

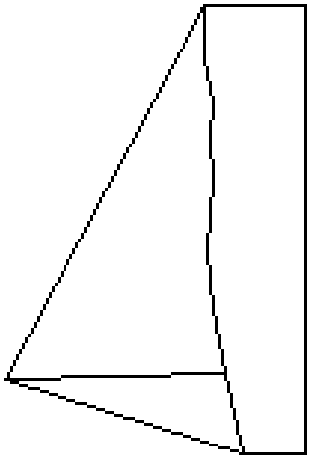
Top View



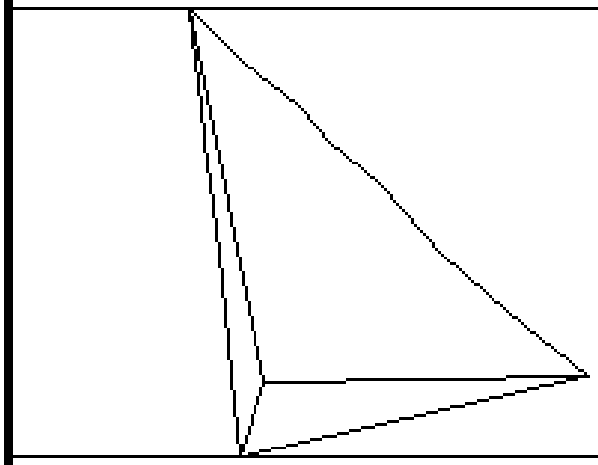
Perspective View



Front View



L . Side View

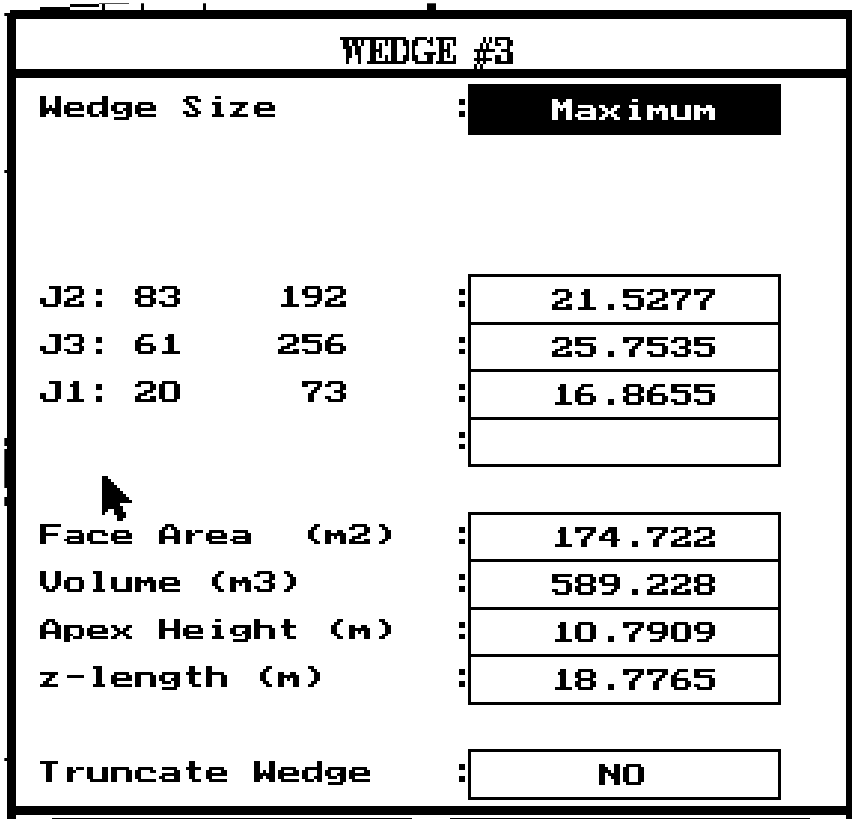


RESULTS

Wedge # 3
1561 Tonnes
May slide on
J2 J1
83/192 20/073
S.F.=2.12

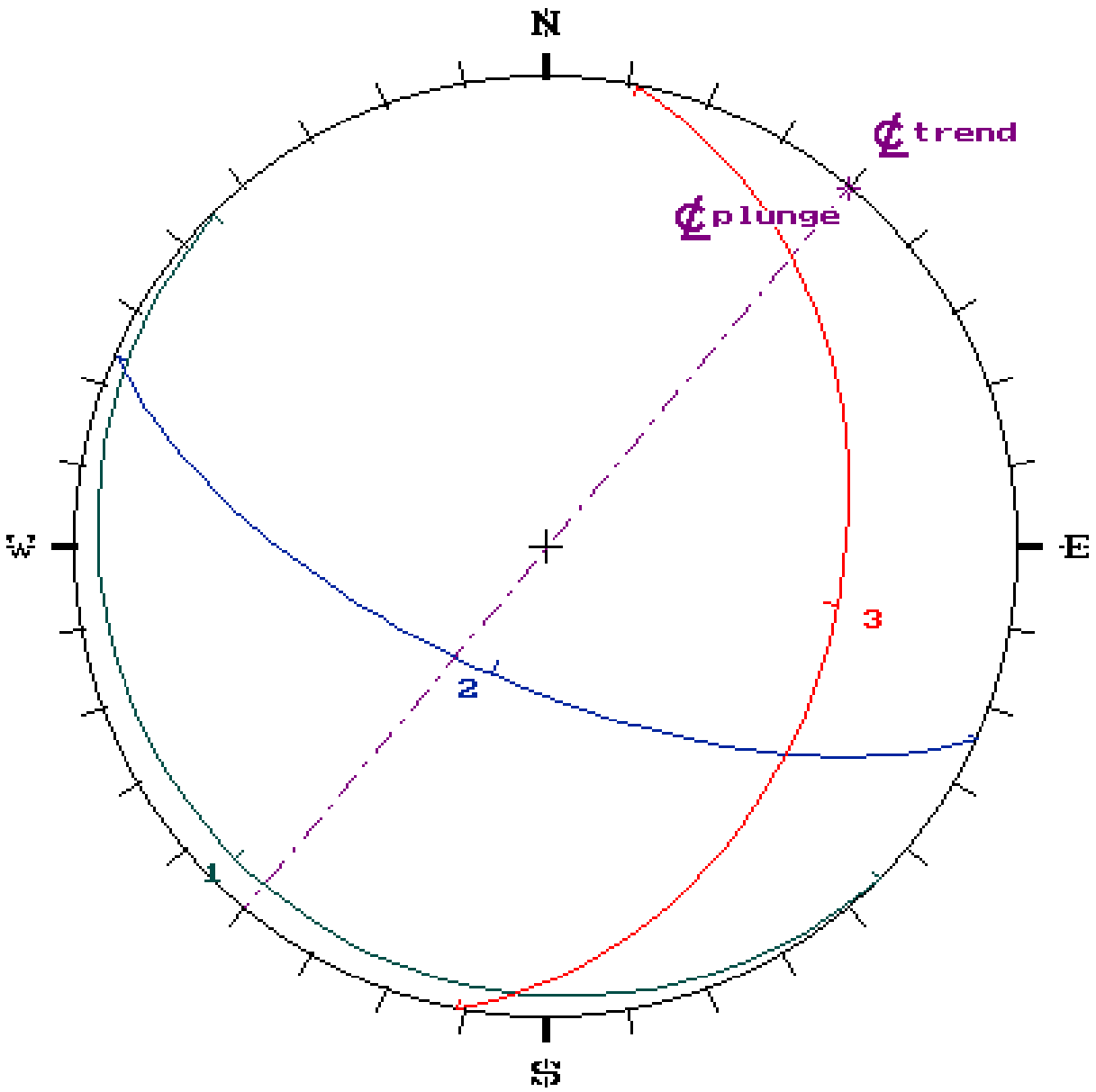
SCALE
4 m

PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 12 -3



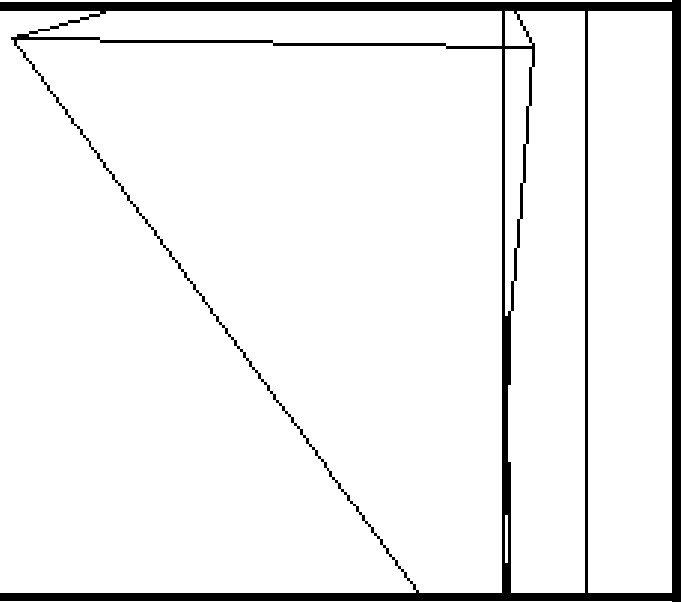
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 13

UNWEDGE

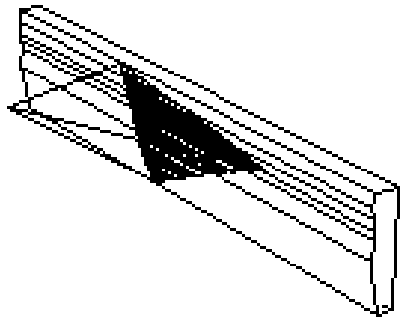


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 13

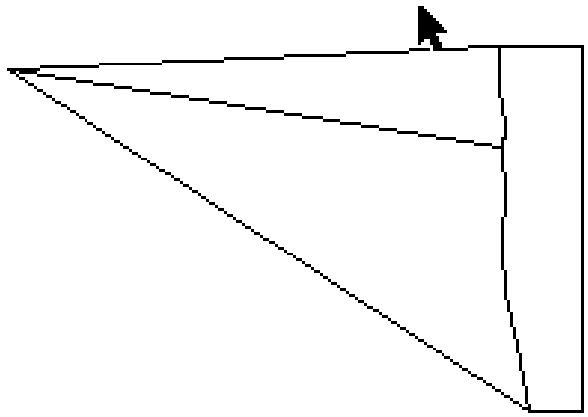
Top View



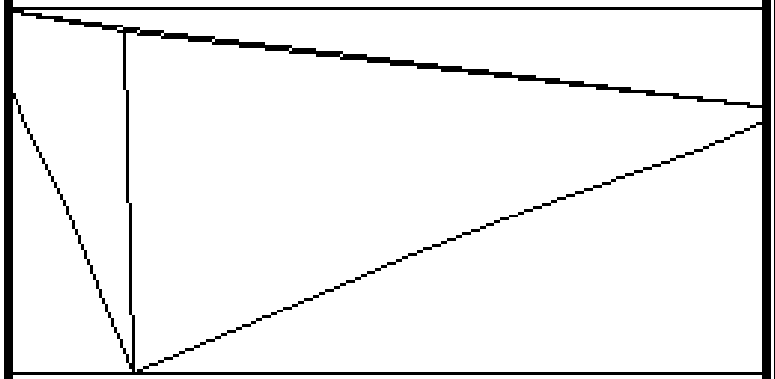
Perspective View



Front View



L . Side View

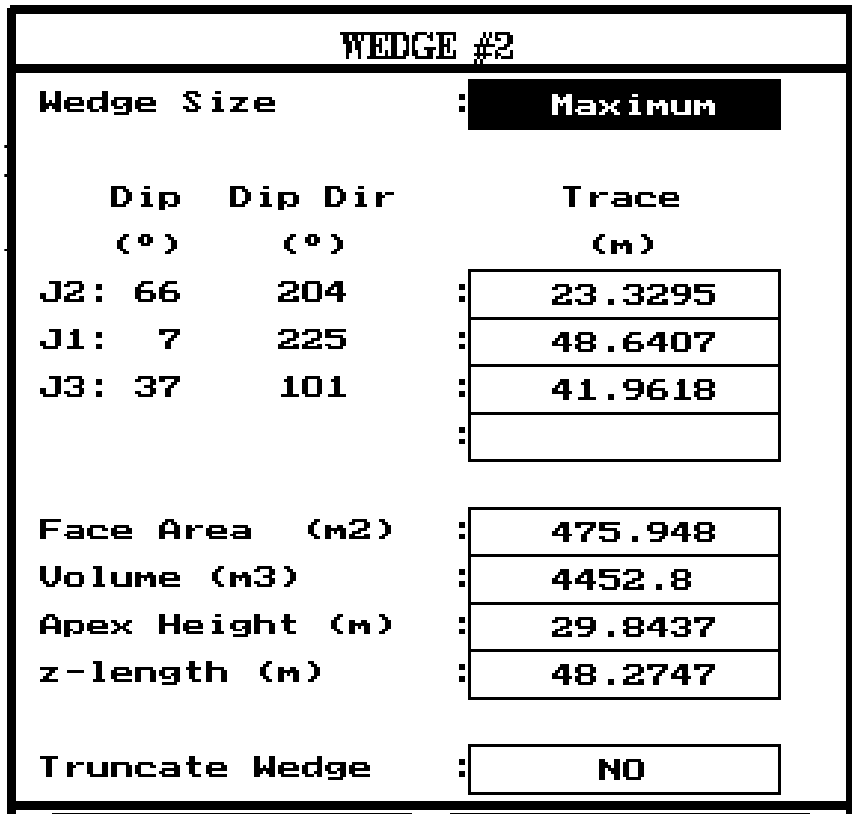


RESULTS

Wedge # 2
11800 Tonnes
May slide on
J2 J3
66/204 37/101
S.F.=1.15

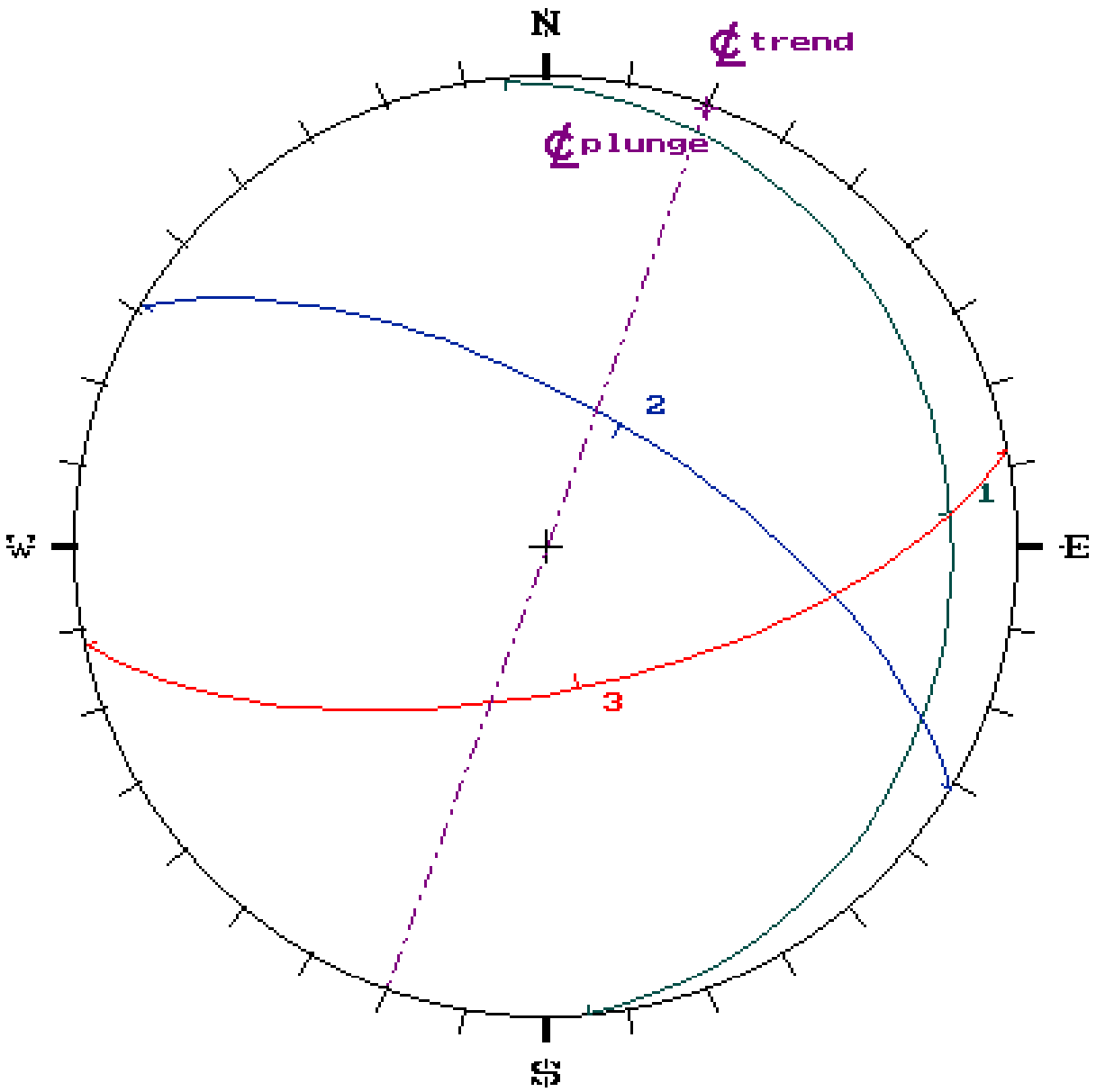
SCALE
5 m

PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 13



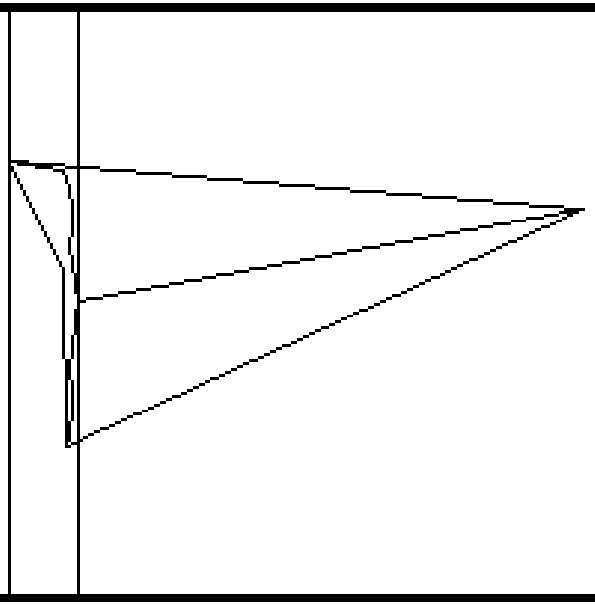
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 14 - 1

UNWEDGE

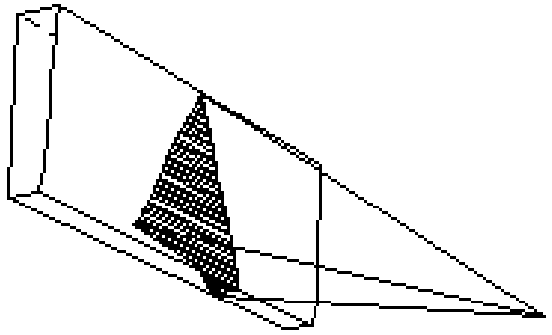


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 14 - 1

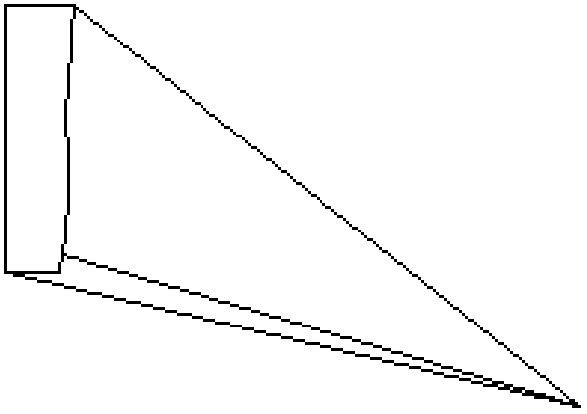
Top View



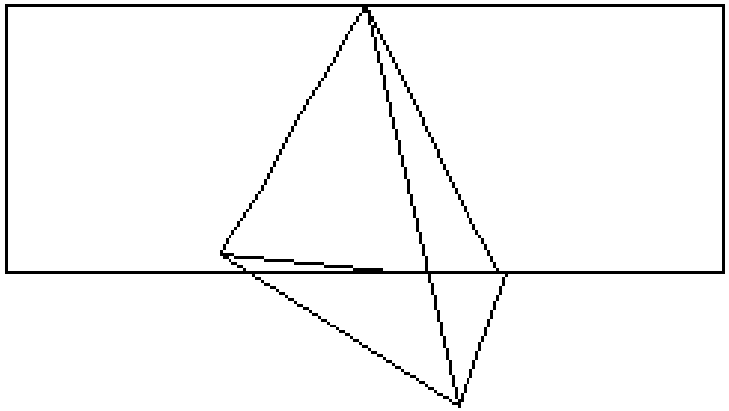
Perspective View



Front View



R . Side View

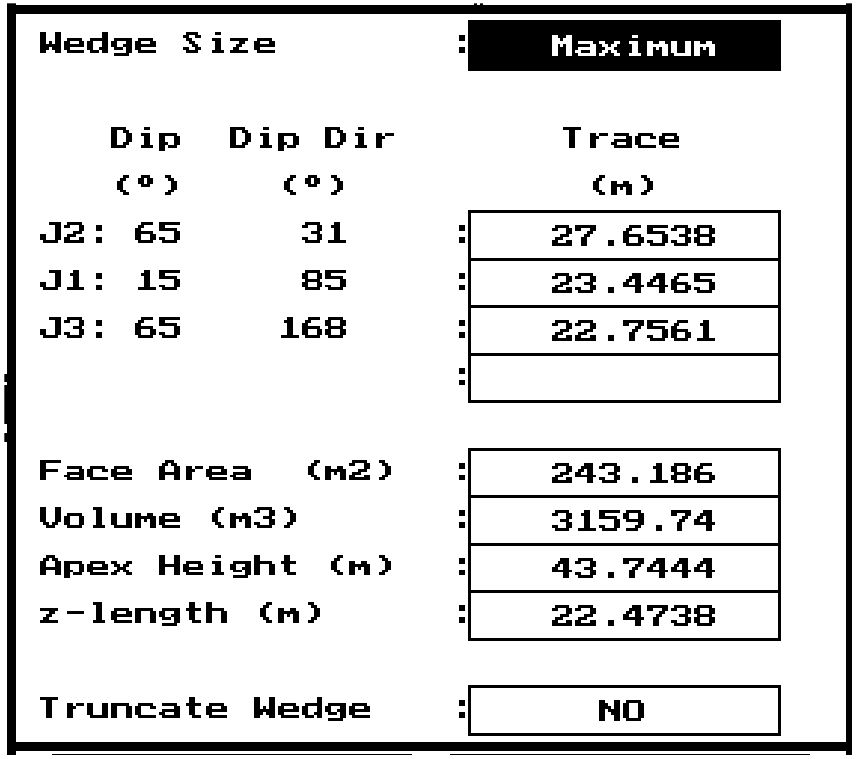


RESULTS

Wedge # 1
8373 Tonnes
Wedge stable
S.F.= +INF

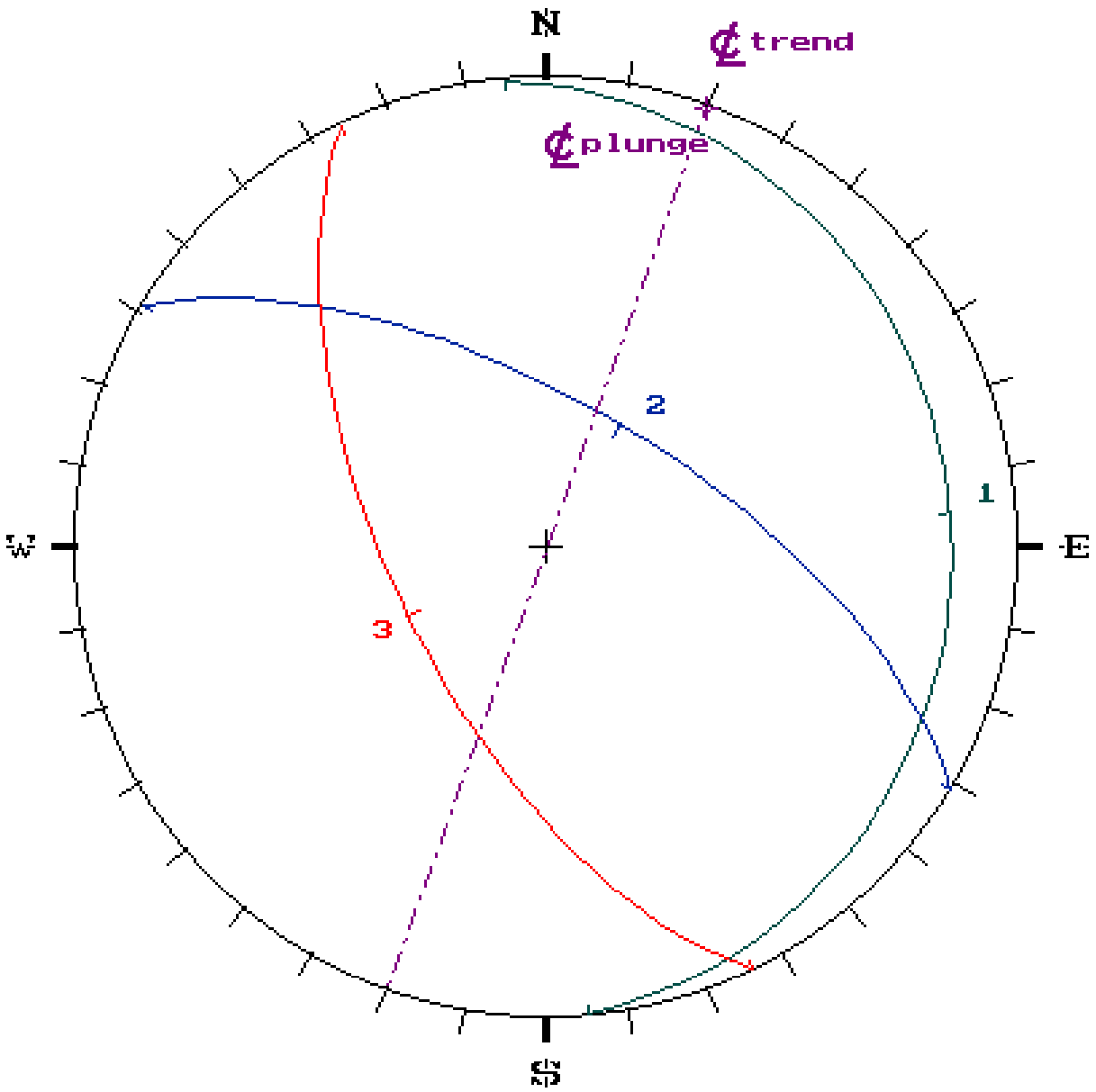
SCALE
7 m

PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 14 - 1



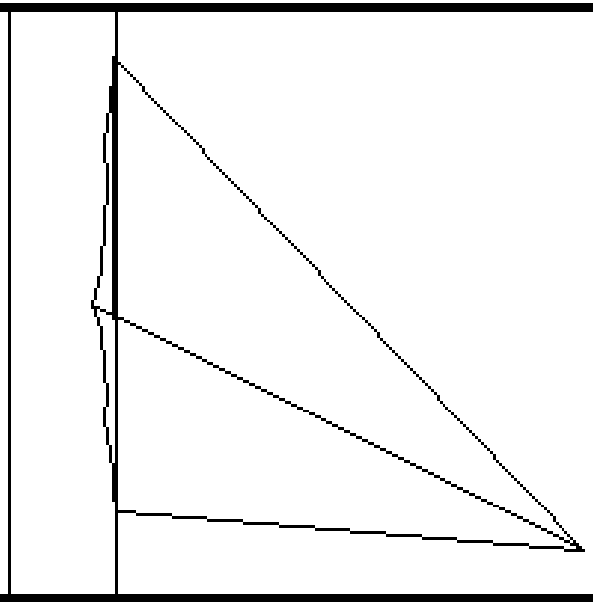
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 14 - 2

UNWEDGE

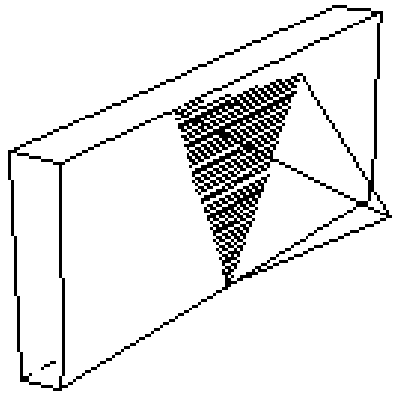


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 14 - 2

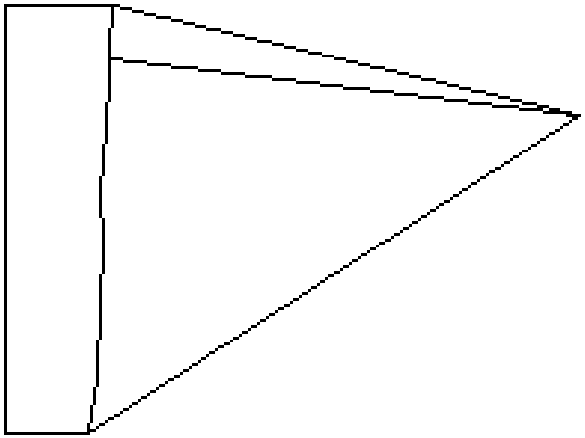
Top View



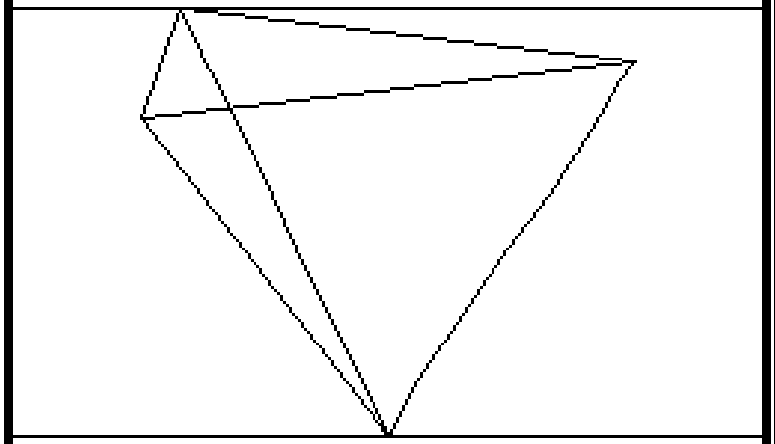
Perspective View



Front View



R . Side View

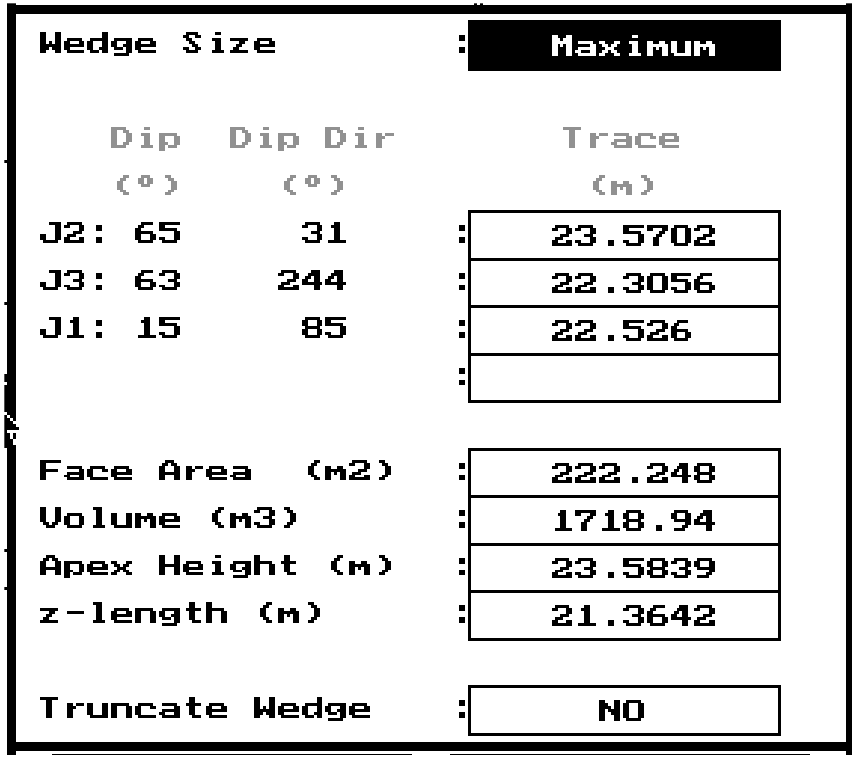


RESULTS

Wedge # 5
4555 Tonnes
May slide on
J2 J3
65/031 63/244
S.F.=2.02

SCALE
4 m

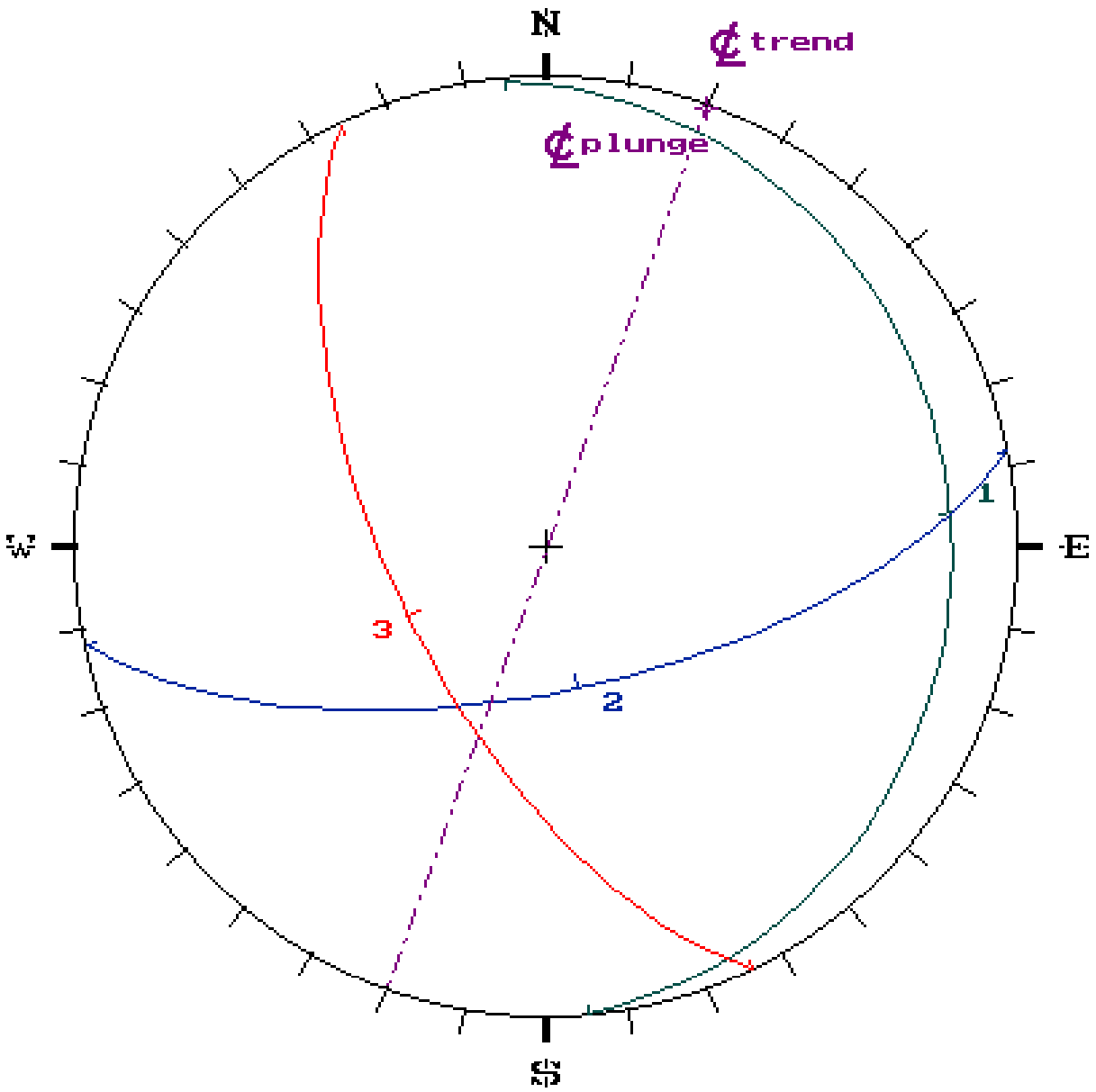
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 14 - 2



Wedge Size	:	Maximum
Dip (°) / Dip Dir (°)		Trace (m)
J2: 65 / 31	:	23.5702
J3: 63 / 244	:	22.3056
J1: 15 / 85	:	22.526
	:	
Face Area (m2)	:	222.248
Volume (m3)	:	1718.94
Apex Height (m)	:	23.5839
z-length (m)	:	21.3642
Truncate Wedge	:	NO

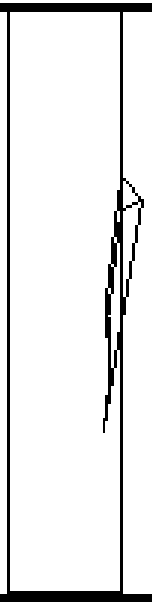
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 14 - 3

UNWEDGE

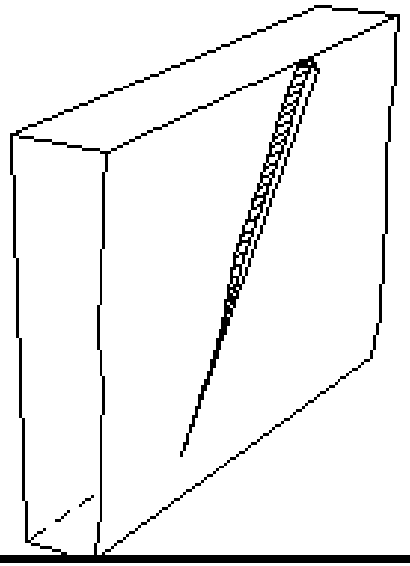


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 14 - 3

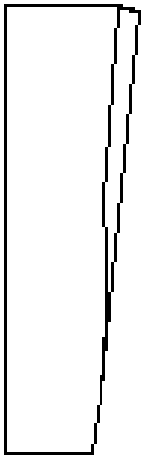
Top View



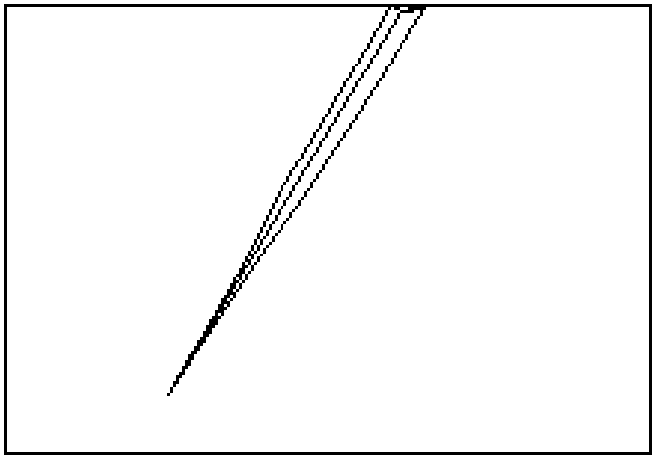
Perspective View



Front View



R . Side View



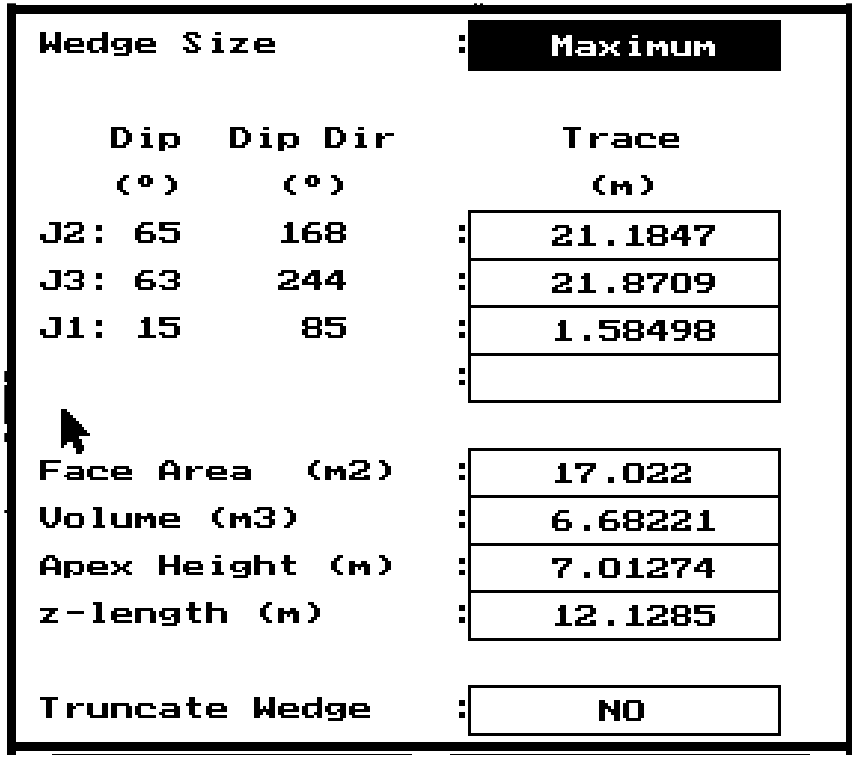
RESULTS

Wedge # 5
18 Tonnes
Slides on
J3
63/244
S.F.=0.28

SCALE

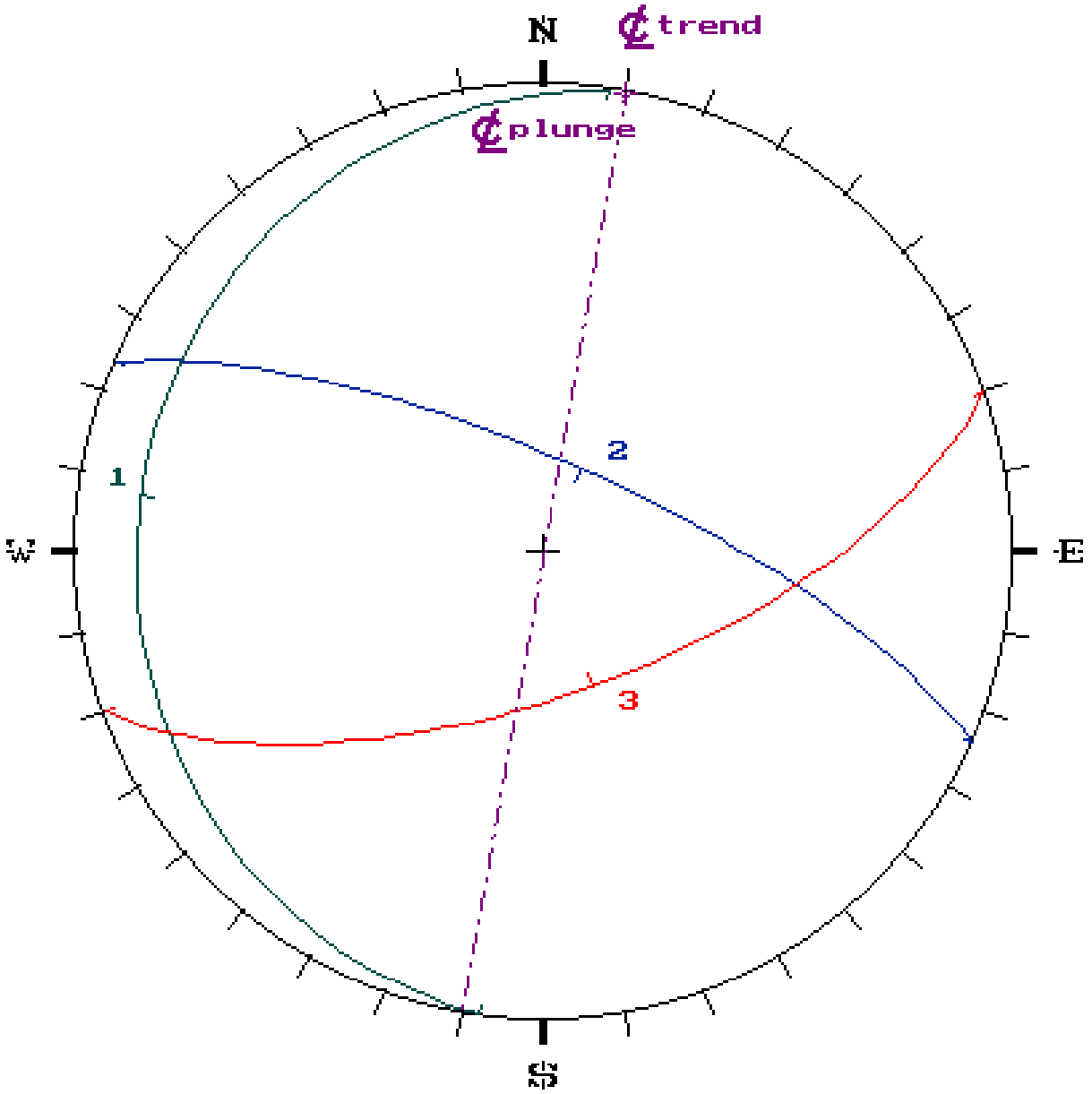
4 m

PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 14 - 3



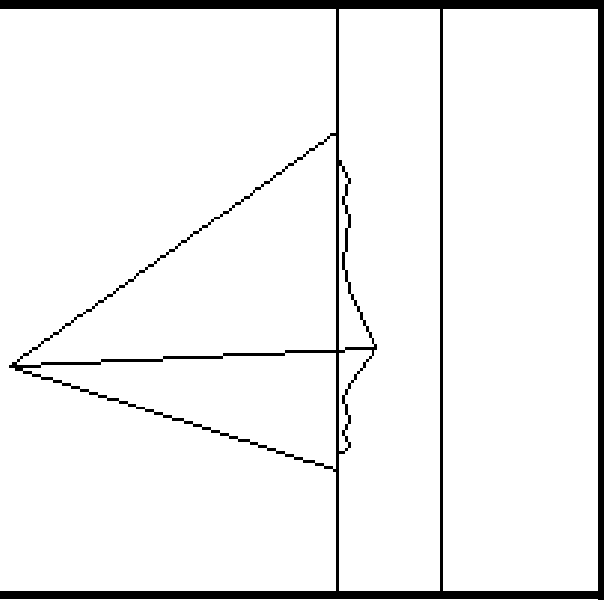
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 15

UNWEDGE

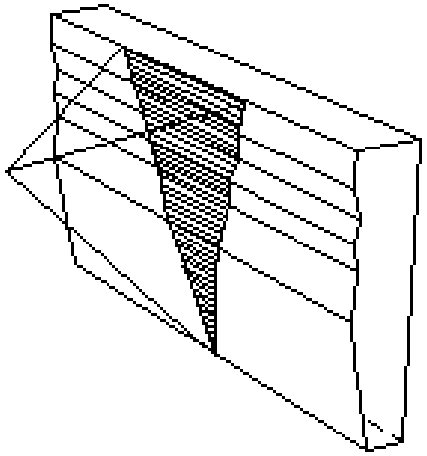


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 15

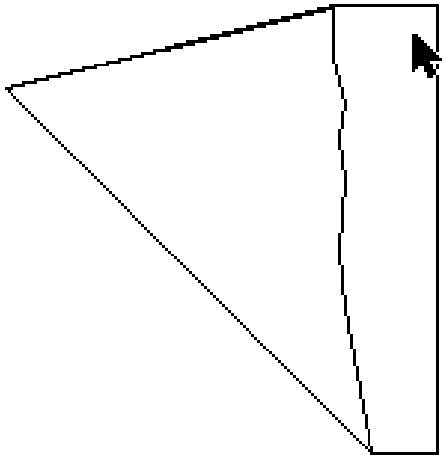
Top View



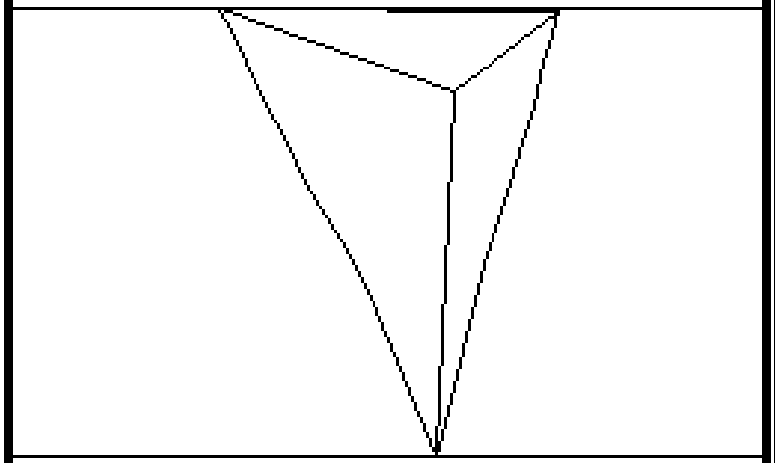
Perspective View



Front View



L . Side View

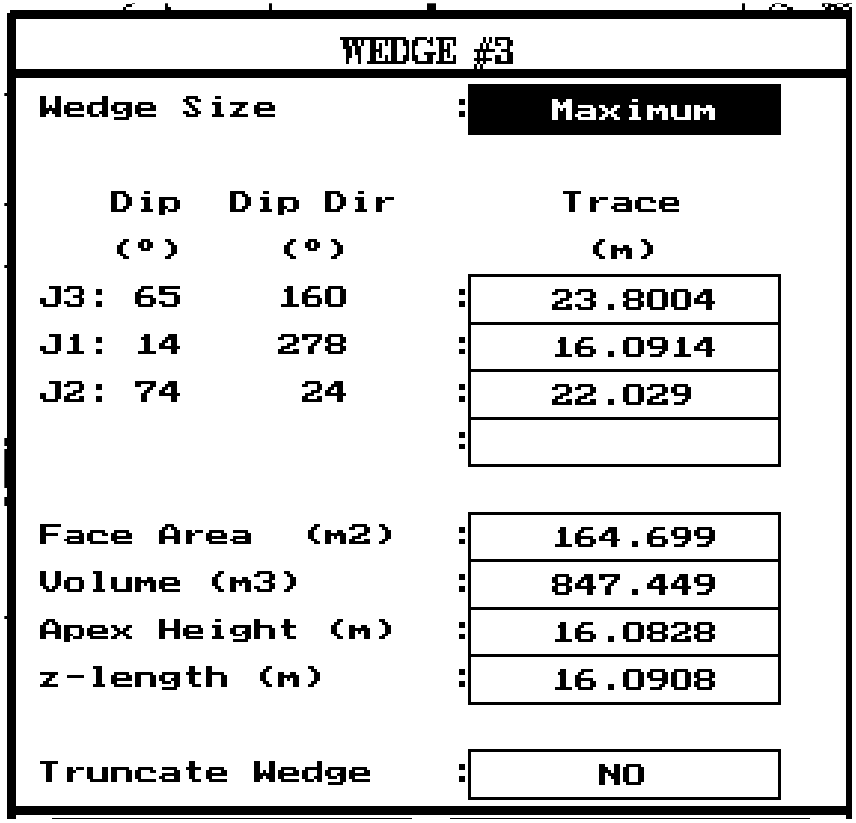


RESULTS

Wedge # 3
2246 Tonnes
May slide on
J3 J2
65/160 74/024
S.F.=1.20

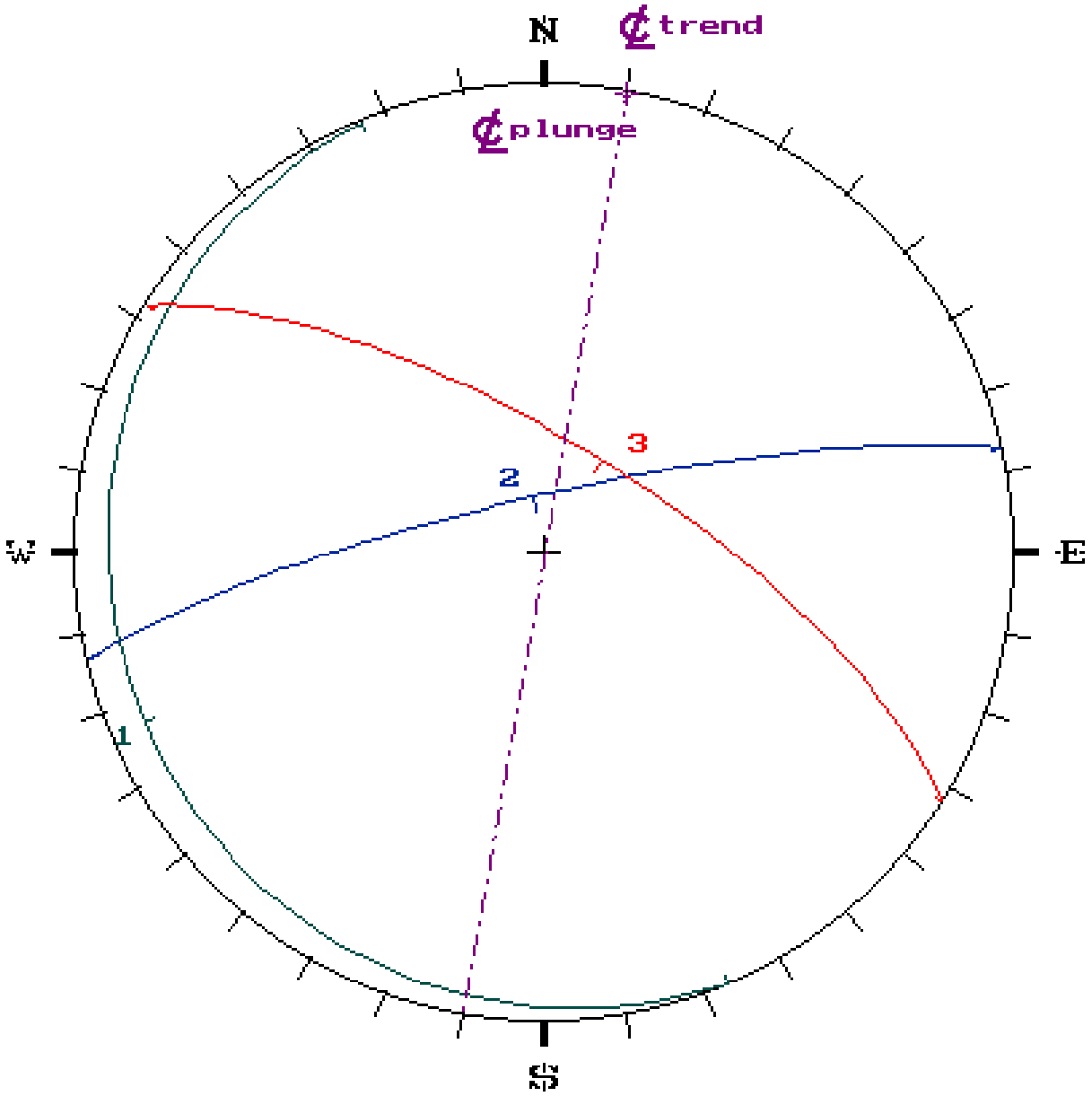
SCALE
4 m

PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 15



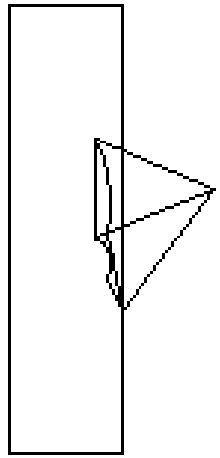
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 16 - 1

UNWEDGE

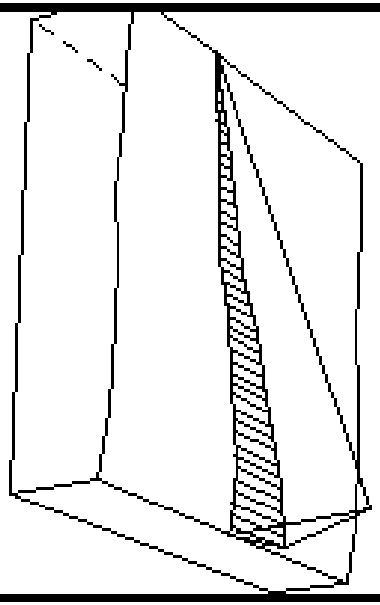


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 16 - 1

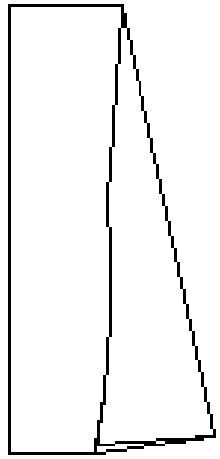
Top View



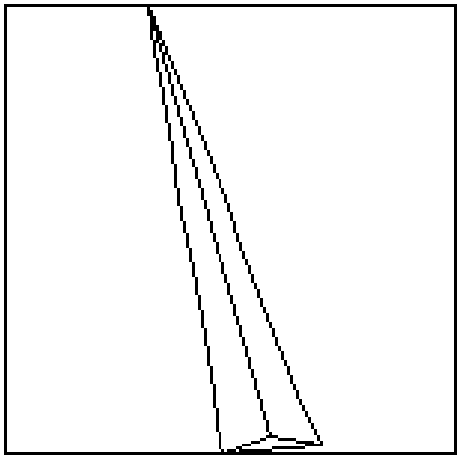
Perspective View



Front View



R . Side View

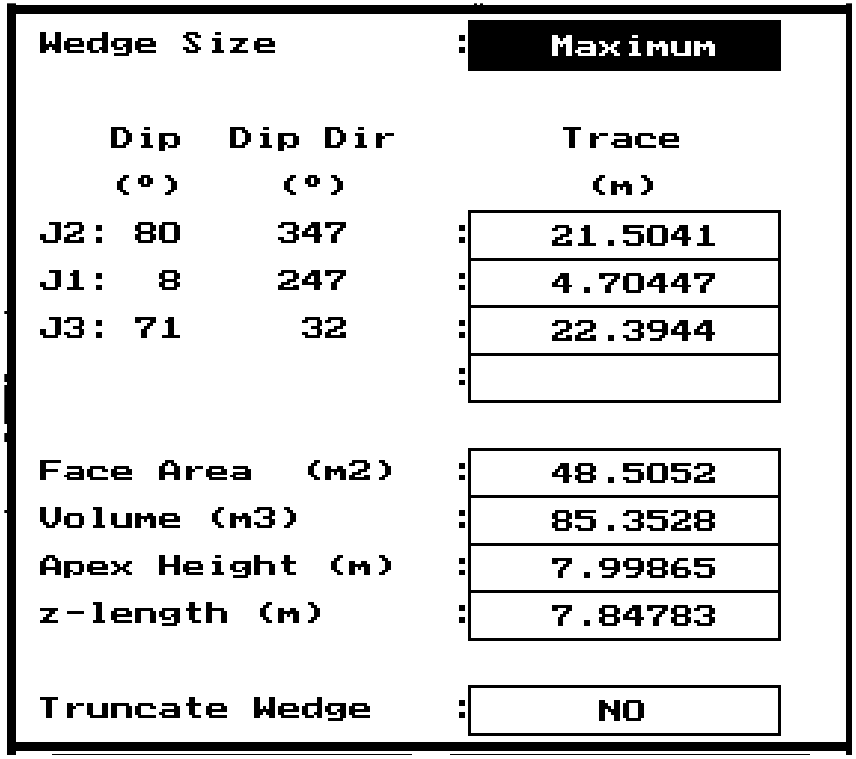


RESULTS

Wedge # 6
226 Tonnes
May slide on
J2 J1
80/347 08/247
S.F.=2.60

SCALE
4 m

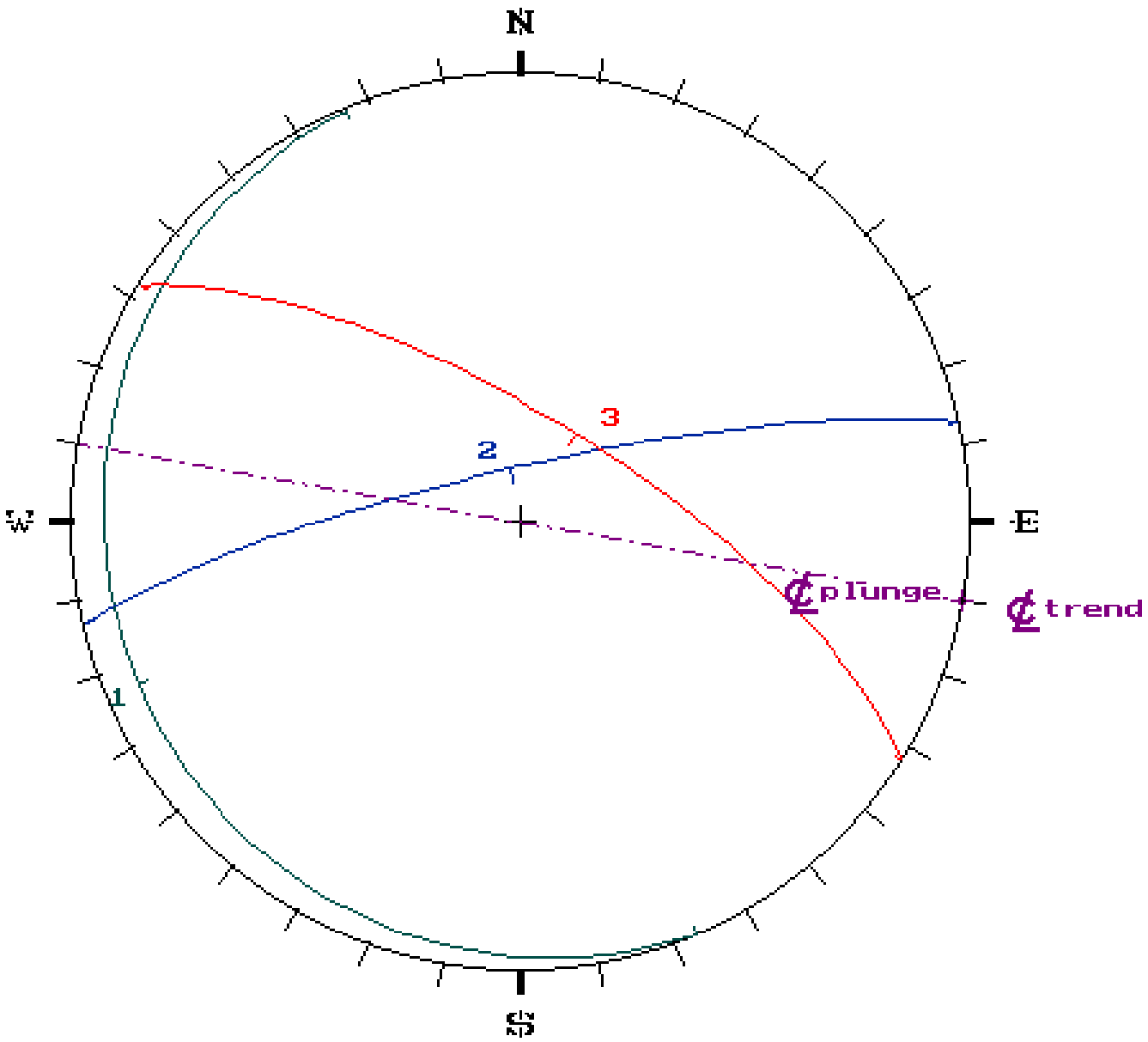
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 16 - 1



Wedge Size	:	Maximum
Dip (°) / Dip Dir (°)		Trace (m)
J2: 80 / 347	:	21.5041
J1: 8 / 247	:	4.70447
J3: 71 / 32	:	22.3944
	:	
Face Area (m2)	:	48.5052
Volume (m3)	:	85.3528
Apex Height (m)	:	7.99865
z-length (m)	:	7.84783
Truncate Wedge	:	NO

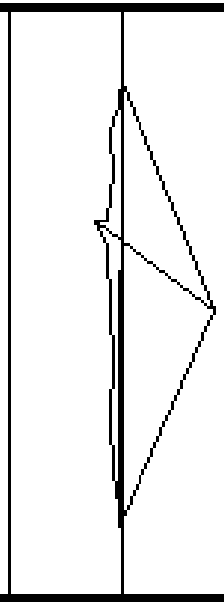
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 16 - 2

UNWEDGE

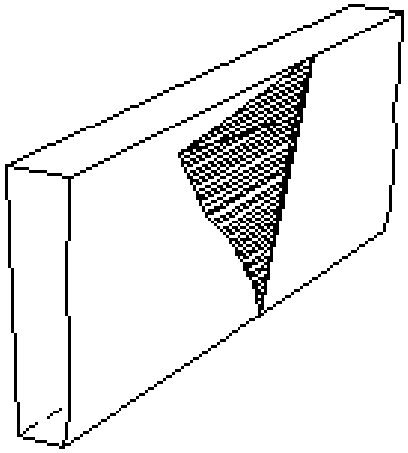


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 16 - 2

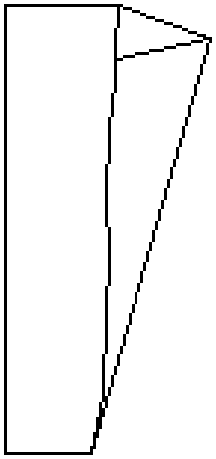
Top View



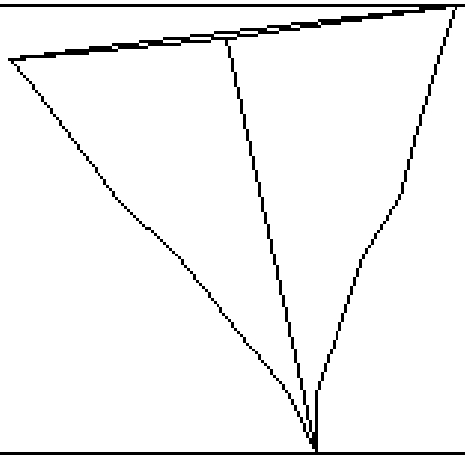
Perspective View



Front View



R . Side View



RESULTS

Wedge # 6
788 Tonnes
Slides on
J3
71/032
S.F.=0.16

SCALE
4 m

PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 16 - 2

Wedge Size	:	Maximum

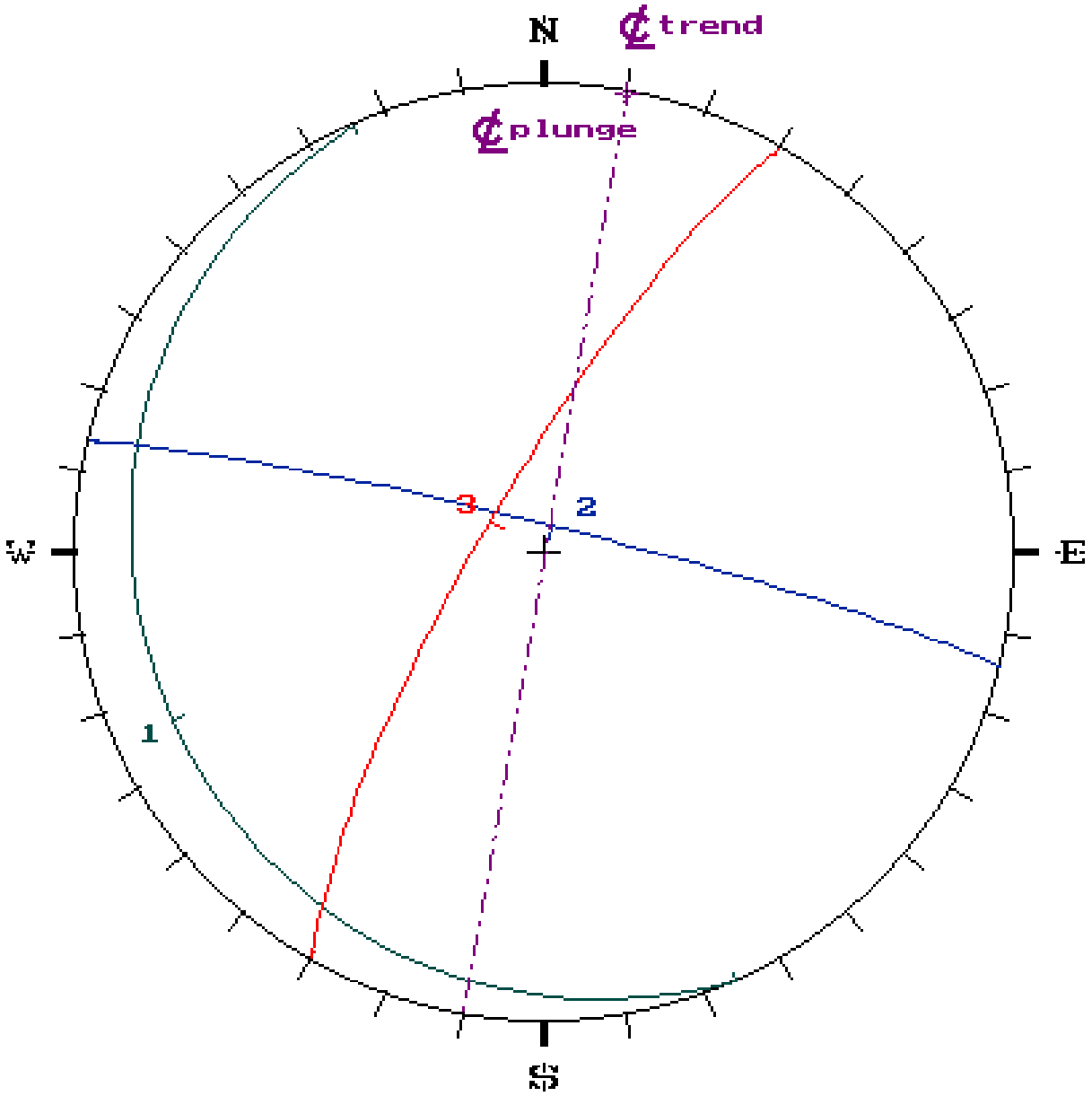
	Dip (°)	Dip Dir (°)		Trace (m)
J2:	80	347	:	22.4096
J3:	71	32	:	23.7655
J1:	8	247	:	21.0466
			:	

Face Area (m2)	:	201.011
Volume (m3)	:	297.534
Apex Height (m)	:	7.59757
z-length (m)	:	20.2549

Truncate Wedge	:	NO

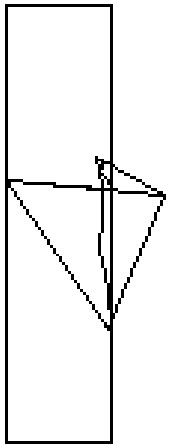
PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 17

UNWEDGE

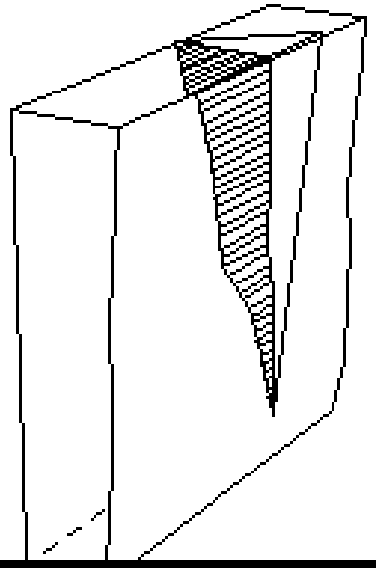


PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 17

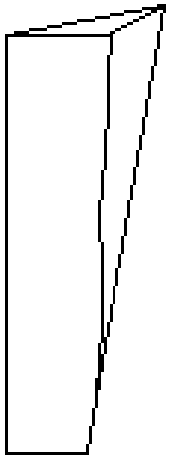
Top View



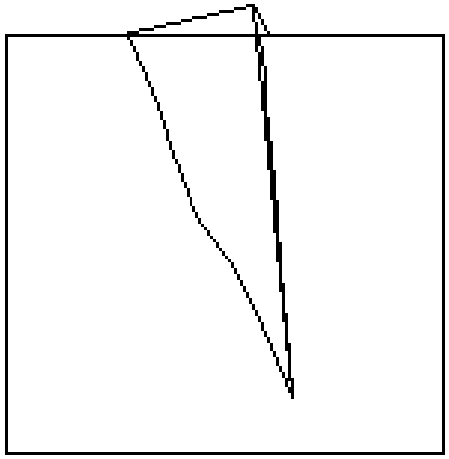
Perspective View



Front View



R . Side View

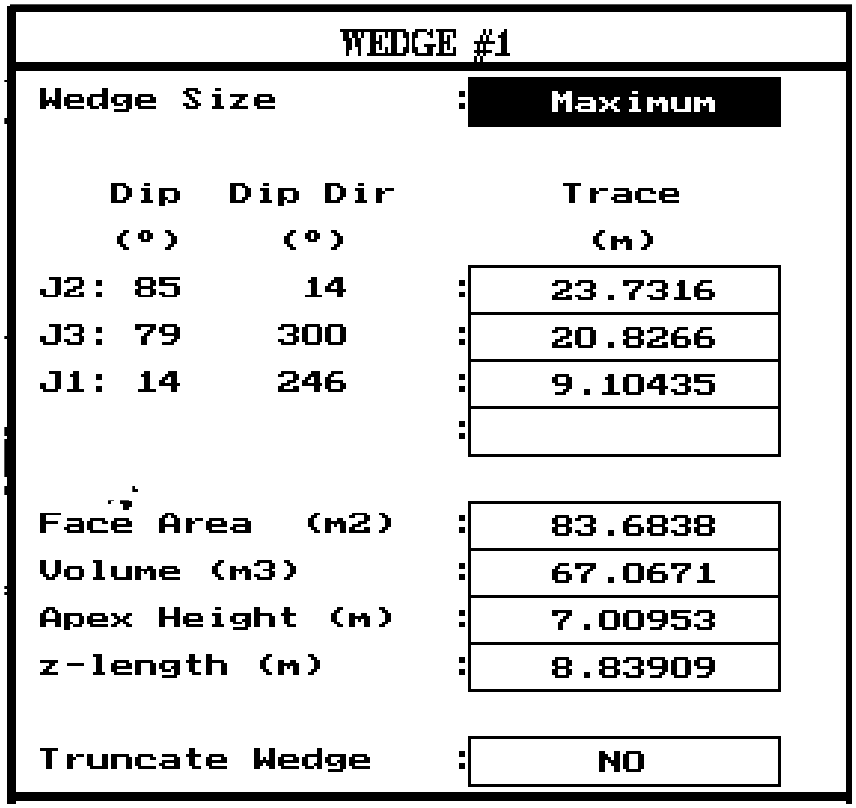


RESULTS

Wedge # 1
178 Tonnes
Slides on
J3
79/300
S.F.=0.23

SCALE
4 m

PROYECTO LA FISCALA - ANALISIS DE CUÑAS TRAMO 17



ANEXO 12
CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

I SECTOR 1 - ESTACIÓN 12

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN #	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Aislamiento	-	Restringir urbanización o cualquier tipo de us	GL	1,0	$0	$0	
								$0

II SECTOR 2 - LA CUÑA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN #	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Anclaje	4	Desabombe (incluye transporte)	m3	20,0	$35.000	$700.000	
		2	Tendones de anclaje - perforación con recobrc	ml	50,0	$263.578	$13.178.885	
		2	Tendones de anclaje - perforación sin recobrc	ml	875,0	$171.899	$150.411.188	
		2	Tendones de anclaje - Suministro e instalaci	ml	868,0	$27.504	$23.873.264	
		2	Tendones de anclaje - inyección a presión	sacos	1240,0	$16.044	$19.894.386	
		2	Tendones de anclaje - inyección de llenado d	sacos	455,7	$11.460	$5.222.276	
		6	Barrera viva - siembra de árboles	UN	16,0	$75.000	$1.200.000	
		6	Barrera viva - Excavación para siembra de árbc	m3	16,0	$4.100	$65.600	
								$214.545.600

III SECTOR 3 - LA MORENA (*)

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN #	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Aislamiento	1	Muro en gaviones de H =4,5 m	m3	385,0	$52.000	$20.020.000	
		1	Excavación para base de gaviones	m3	35,0	$4.100	$143.500	
		6	Barrera viva - siembra de árboles	UN	15,0	$75.000	$1.125.000	
		6	Barrera viva - Excavación para siembra de árbc	m3	16,5	$4.100	$67.650	
		5	Relleno sin compactar	m3	760,0	$15.000	$11.400.000	
		3	Barras de anclaje	m	560,0	$4.267	$2.389.489	
			Geotextil no tejido	m2	280,0	$4.653	$1.302.869	
			Concreto clase B (2.500PSi)=0,10m	m3	34,7	$298.166	$10.331.458	
								$46.779.966

IV SECTOR 4 - EROSIÓN Y FLUJOS ZONA DE LA BODEGA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN #	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Protección sup. con bio-textil	4	Desabombe	m3	110,0	$35.000	$3.850.000	
		7	Protección superficial con biomanto	m2	1104,5	$3.350	$3.699.985	
		7	Gancho	UN	160,0	$2.500	$400.000	
								$7.949.985

V SECTOR 5 - EROSIÓN Y FLUJOS ZONA DE LA TERRAZA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN #	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Protección sup. con bio-textil	4	Desabombe	m3	192,5	$35.000	$6.737.500	
		7	Protección superficial con biomanto	m2	1789,7	$3.350	$5.995.385	
		7	Gancho	UN	201,0	$2.500	$502.500	
								$13.235.385

VI SECTOR 6 - LA HERRADURA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ESPECIFICACIÓN #	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Aislamiento	-	Adquisición de predios (3) - H15, H17 Y H18	m2	216,0	$97.222	$21.000.000	
		-	Adquisición de construcciones (4) - H16, H29,	m2	288,0	$277.778	$80.000.000	
		1	Muro en gaviones de H + 6.0 m sección 2.0*2.0*	m3	682,0	$52.000	$35.464.000	
		1	Excavación para base de gaviones	m3	82,0	$4.100	$336.200	
		6	Barrera viva - siembra de árboles	UN	19,0	$75.000	$1.425.000	
		6	Barrera viva - Excavación para siembra de árbc	m3	20,9	$4.100	$85.690	
		5	Relleno sin compactar	m3	1450,0	$15.000	$21.750.000	
		3	Barras de anclaje	ml	1098,0	$4.267	$4.685.105	
			Geotextil no tejido	m2	496,0	$4.653	$2.307.921	
			Concreto clase B (2.500PSi)=0,10m	m3	61,4	$298.166	$18.301.440	
								$185.355.356

COSTO TOTAL DE LAS OBRAS	$421.086.326

(*) A resolver por el dueño del predio
Especificación No. 01 Gaviones
Especificación No. 02 Tendones de anclaje
Especificación No. 03 Barras de anclaje
Especificación No. 04 Desabombe
Especificación No. 05 Relleno sin compactar
Especificación No. 06 Barreras vivas
Especificación No. 07 Protección Superficial

ANEXO 13
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CAPÍTULO 01

GAVIONES

CAPÍTULO 01

GAVIONES

INDICE

ARTÍCULO		**PÁGINA**
01.1	DESCRIPCIÓN	01-1
01.2	MATERIALES	01-1
01.3	EQUIPO	01-2
01.4	EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	01-2
01.5	CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS	01-3
01.6	MEDIDA	01-4
01.7	FORMA DE PAGO	01-4

01.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la excavación para la conformación de la base de los muros en gaviones, recalce en concreto ciclópeo, transporte, suministro, manejo, almacenamiento e instalación de canastas metálicas, y el suministro, transporte y colocación de material de relleno dentro de las canastas, protección de superficies con mortero y geotextil, de acuerdo con los alineamientos, formas y dimensiones y en los sitios indicados en los planos del proyecto o determinados por el Interventor.

01.2 MATERIALES

01.2.1 Canastas Metálicas

Las canastas metálicas estarán formadas de alambre de hierro galvanizado de triple torsión, con huecos hexagonales de abertura no mayor de diez centímetros (10 cm). El alambre deberá ajustarse a la norma ASTM A-116 o a la ASTM A-856.

Se utilizará alambre galvanizado de diámetro superior a dos milímetros (2 mm), excepto en las aristas y los bordes del gavión que estarán formados por alambres galvanizados cuyo diámetro será, como mínimo, un veinticinco por ciento (25 %) mayor que el del enrejado. La forma y dimensiones de las canastas serán las señaladas en los planos o las determinadas por el Interventor.

01.2.2 Material de Relleno

Podrá consistir de canto rodado, material de cantera, teniendo cuidado de no utilizar materiales que se desintegren por la exposición al agua o a la intemperie, que contengan óxido de hierro, con excesiva alcalinidad con compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre de la canasta.

El peso unitario del material deberá ser, cuando menos, de mil doscientos cincuenta kilogramos por metro cúbico (1250 kg/m^3). Deberá cumplir, además, los siguientes requisitos:

01.2.2.1 Granulometría

El tamaño mínimo de las piedras deberá ser, por lo menos, treinta milímetros (30 mm) mayor que las aberturas de la malla de la canasta.

01.2.2.2 Resistencia a la Abrasión

El desgaste del material al ser sometido a ensayo en la máquina de Los Ángeles, según la norma INV E-219, deberá ser inferior a cincuenta por ciento (50%).

01.2.2.3 Absorción

Su capacidad de absorción de agua será inferior al dos por ciento (2%) en peso. Para determinarla, se fragmentará una muestra representativa de las piedras y se ensayará de acuerdo con la norma INV E-223.

01.2.3 Mortero

El mortero (denominado concreto clase B), deberá tener una resistencia mínima de 2500 Psi, y será colocado en un espesor de 0.10 m en las caras expuestas del gavión. El concreto ciclópeo se colocará en proporción 40/60 de cemento y piedra; en los sitios indicados en los planos o por el interventor

01.2.4 Geotextil

Se colocará en las caras ocultas del gavión, geotextil no tejido referencia PAVCO 1600 o similar.

01.3 EQUIPO

Se requieren, principalmente, equipos para el transporte del material de relleno; para el transporte de las canastas de alambre; para la eventual adecuación de la superficie sobre la cual se construirán los gaviones, así como herramientas manuales.

01.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

01.4.1 Excavación para la conformación de la superficie de apoyo

En todos los casos se excavará hasta una profundidad de 0.50 m para empotrar la base de los gaviones de primer nivel y de acuerdo a las cotas indicadas en los planos y las indicaciones dadas por el Interventor. Esta excavación se realizará en roca meteorizada y podrá ejecutarse con *ripper* o equipo de percusión. En los sitios indicados no se excavará sino que se uniformizará la superficie de apoyo del muro, con concreto ciclópeo.

01.4.2 Colocación de las Canastas

Cada canasta deberá ser armada en el sitio de la obra, empotrada en la excavación, acuerdo con los planos del proyecto. Su forma prismática se establecerá con ayuda de palancas u otro medio aceptado por el Interventor. El Constructor presentará las secuencia de construcción de los gaviones y ésta deberá ser aprobada por el Interventor.

01.4.3 Relleno

El material de relleno se colocará dentro de la canasta manualmente, de manera que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro de ella y las más grandes junto a la malla. Se procurará durante la colocación, que el material quede con la menor cantidad posible de vacíos. Si durante el llenado las canastas pierden su forma, se deberá retirar el material colocado, reparar y reforzar las canastas y volver a colocar el relleno.

01.4.4 Pasos de drenaje

A la vez que se realice el relleno se deberán dejar pasos en tubos de PVC de 2" de diámetro, que sobresalgan 0.20 m de las caras del gavión que serán cubiertas posteriormente con mortero.

01.4.5 Costura y Anclaje

Cuando la canasta esté llena, deberá ser cosida y anclada a las canastas adyacentes, con alambre igual al utilizado en la elaboración de éstas.

01.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

01.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar las cotas de la excavación para conformar la base de empotramientos de los gaviones de primer nivel.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Vigilar la regularidad en el suministro y calidad de los materiales de relleno.
- Verificar que el alineamiento, pendientes y dimensiones de la obra se ajusten a su diseño.
- Medir las cantidades de obra ejecutadas a su satisfacción, por el Constructor.

01.5.2 Condiciones Específicas para el Recibo y Tolerancias

El Interventor aprobará los trabajos si la malla y el material de relleno satisfacen las exigencias de los planos y de esta especificación y si la estructura construida se ajusta a los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los documentos del proyecto o modificados por él.
En caso de deficiencias de los materiales o de la ejecución de la obra, el Constructor deberá acometer, a su costa, las correcciones necesarias de acuerdo con las instrucciones del Interventor, a plena satisfacción de éste.

01.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de material excavado para la conformación de la base de los gaviones y colocado satisfacción del Interventor en los sitios de botadero o donde lo indique la UPES.

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de gaviones fabricados y colocados a satisfacción del Interventor.

El volumen se determinará sumando los volúmenes de las canastas correctamente colocadas de acuerdo con los planos y las instrucciones del Interventor.

No se medirán cantidades en exceso de las recién indicadas.

01.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de equipos, herramientas, ensayos y mano de obra; concreto ciclópeo de recalce, suministro e instalación de las canastas y pasos de drenaje, suministro de materiales para relleno, suministro y colocación del geotextil y el mortero ; el cargue, transporte y descargue de las piedras; el llenado, amarre y anclaje de los gaviones; y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario incluirá, también, los costos por concepto del suministro e instalación de abrazaderas, alambre, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el gavión en su sitio, así como la señalización preventiva.

El precio no incluye el reconocimiento del pago de la excavaciones para la conformación de la base de los gaviones, para lo cual se definió ítem por separado.

ÍTEM DE PAGO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
1.1.	Excavación para base de gaviones	M3
1.2.	Gaviones	M3

CAPITULO 02

TENDONES DE ANCLAJE

CAPITULO 02

TENDONES DE ANCLAJE

I N D I C E

ARTÍCULO		**PÁGINA**
02.1	ALCANCE	02-1
02.2	ESPECIFICACIONES DE ANCLAJE	02-1
02.3	MATERIALES	02-2
02.4	EQUIPOS	02-3
02.5	PERFORACIÓN E INSTALACIÓN	02-5
02.6	LAVADO CON AGUA Y/O AIRE A PRESIÓN	02-6
02.7	INYECCIÓN	02-7
02.8	TENSIONAMIENTO	02-8
02.9	PRUEBAS DE CAMPO	02-9
02.10	PRUEBA DE EXTRACCIÓN	02-9
02.11	MEDIDA Y PAGO	02-11

02 **TENDONES DE ANCLAJE**

02.1 ALCANCE

La presente especificación comprende todos los requisitos para suministrar, instalar y probar los tendones de anclaje que sean necesarios para la obra de estabilización de los taludes y establece las normas para medida y pago de la parte de la obra relacionada con instalación de tendones de anclaje.

02.2 ESPECIFICACIONES DE ANCLAJE

El Contratista deberá instalar los tendones de anclaje de carga de trabajo ***Pt*** de 40.0 ton, en el número, localización y detalle indicada en los planos, para soportar las superficies naturales y de corte de los taludes, en los sitios mostrados en los planos o indicados por el Interventor.

El Contratista deberá suministrar ensambles constituidos por torones, platinas de apoyo, arandelas, tuercas, cuñas metálicas, accesorios para inyección y todos los elementos necesarios para la instalación de tendones de anclaje, tal como se muestra en los planos o lo indique el Interventor.

Previo a la fecha en que el Contratista se proponga llevar a cabo las pruebas de campo de tendones de anclaje y de acuerdo con el programa de trabajo presentado por el Contratista y aprobado por el Interventor, el Contratista deberá presentar información detallada al Interventor sobre los métodos, materiales, incluido el nombre del fabricante de los torones, y equipos que se propone emplear para hacer las perforaciones, para ensamblar, instalar, tensionar, inyectar los torones.

El Contratista deberá suministrar las curvas esfuerzo - deformación de cada hornada de acero empleado para la fabricación de los torones que se usarán en los tendones de anclaje. Cada grupo de torones fabricados en una misma hornada de acero deberá estar claramente identificado con rótulo metálico que indique el número de referencia de la hornada y la correspondiente curva esfuerzo - deformación. Los torones no rotulados no serán aceptados para uso en las obras de estabilización.

Todos los materiales deberán llegar a la obra debidamente empacados en cajas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante; deberán tomarse todas las precauciones necesarias para evitar la oxidación o la corrosión de tales materiales durante su transporte; en la obra, deberán almacenarse bajo cubierta y protegerse de los efectos del polvo, grasa, aceite y otras sustancias deletéreas o de la corrosión, hasta que estén permanentemente instalados o inyectados.

El Contratista deberá disponer en todo momento en la obra de materiales suficientes para instalar y tensionar hasta el 40% de los tendones de anclaje establecidos para la estabilización del talud, de la longitud indicada en los planos y deberá poder iniciar los trabajos necesarios para su instalación dentro de las 24 horas siguientes al momento en que la Interventoría le indique que debe proceder a su instalación en cualesquiera de los puntos indicados en los planos o en cualquier otro sitio indicado por el Interventor.

02.3 MATERIALES

Los tendones de anclaje tensionados deberán estar constituidos por torones de acero de alta resistencia tipo VSL o equivalente. Cada torón deberá estar compuesto por siete hilos o alambres, cuyo hilo central sea rodeado estrechamente por seis hilos exteriores dispuestos helicoidalmente, con un paso uniforme de no menos de 12 y no más de 16 veces el diámetro nominal del torón. Los torones deberán tener 1/2" de diámetro nominal y tener resistencia mínima de rotura de 18.73 ton, correspondiente a una resistencia mínima de trabajo de 11.24 ton y cumplir con la norma ASTM A416 para grado 270. El Contratista deberá prever la utilización de accesorios para instalar 4 torones por tendón de anclaje, que suministren una carga total de trabajo (***Pt***) de 40.0 ton.

Las platinas de apoyo, tuercas, cuñas y arandelas deberán ser capaces de soportar el 95% de la máxima resistencia a la tensión garantizada para los torones. Las características y disposición de los elementos anteriormente nombrados y de los accesorios de inyección deberán cumplir con las recomendaciones dadas por el fabricante de los tendones, su diseño será responsabilidad del Contratista y deberán ser previamente aprobadas por el Interventor. Las platinas de apoyo deberán ser de tamaño apropiado para distribuir adecuadamente las fuerzas de tensión, sin causar esfuerzos excesivos en cualquier parte de la misma, deberán ser perforadas adecuadamente, trabajadas a máquina y ajustadas a los accesorios de inyección en la forma que se requiera.

La lechada para inyección deberá ser una mezcla de, cemento y agua y eventualmente arena; si el Interventor lo requiere o aprueba, incluirá un aditivo acelerante, mezclados mecánicamente en las proporciones aprobadas por el Interventor. La relación agua - cemento se prevé que estará entre 0.4 - 0.5. La dosificación se determinará con mezclas de prueba que se deben preparar con los equipos de mezclado propuestos por el Contratista y que deben cumplir con que la exudación sea inferior al 2% medida en una probeta de 500 ml durante un tiempo mínimo de 3 horas.

Los aditivos que se utilicen deberán proporcionarle a la mezcla las propiedades de bajo contenido de agua, buena fluidez, baja tendencia del agua a subir a la superficie de la lechada fresca (bleeding) y baja expansión si ésta se desea. Su composición química debe ser tal que no existan reactivos en cantidades que puedan tener efectos nocivos en el cemento o en los torones de anclaje. Los aditivos que contengan cloruros, sulfatos y nitratos no serán usados. No se permitirá el uso de bentonita como aditivo dispersor de las partículas de cemento.

Todos los aditivos deberán ser utilizados de acuerdo con las instrucciones de fabricante y el Contratista deberá certificar que no contienen agentes que puedan comprometer la durabilidad de los torones.

02.4 EQUIPOS

02.4.1 Equipo de Perforación

El Contratista deberá suministrar suficiente equipo y accesorios para ejecutar los diferentes tipos de perforación requeridos, de acuerdo con el Programa de Construcción presentado. El equipo de perforación deberá ser mantenido en condiciones óptimas de operación en todo momento.

El Contratista deberá someter al Interventor, para su aprobación, la información detallada del equipo de perforación. La aprobación, por parte del Interventor, del equipo propuesto por el Contratista, no exime al Contratista de la responsabilidad de suministrar equipo de características y en cantidad adecuada para la realización de los trabajos, de acuerdo con las especificaciones e instrucciones del Interventor y dentro de los plazos establecidos en el programa de construcción. Si durante el desarrollo de los trabajos se comprueba que el equipo es insuficiente o no es de características adecuadas para la realización de los trabajos, el Contratista deberá suministrar otros equipos similares o diferentes a los disponibles en la obra, para completar los trabajos de acuerdo con el programa de construcción y en un todo de acuerdo con lo especificado o indicado por el Interventor. El Contratista no tendrá derecho a solicitar extensiones de plazos ni a ningún pago adicional por razón de la necesidad de suministrar estos equipos adicionales.

Para la perforación de los huecos de los tendones podrán usarse perforadoras de rotación o de percusión, a opción del Contratista. Los equipos de perforación deberán tener capacidad suficiente para perforar huecos desde la superficie en roca que presente intercalaciones de Arenisca y Arcillolita, de las características y dureza encontradas en el proyecto, con cualquier inclinación (específicamente entre 30° y 35° respecto a la horizontal, hacia abajo) y de los diámetros y a las profundidades que se muestran en los planos o que indique el Interventor. El Contratista tendrá a su disposición la información de los materiales que se encuentran en el área del proyecto, obtenida de perforaciones con recobro realizadas en el área.

Los equipos deberán ser de la potencia adecuada para perforar con facilidad los huecos hasta de 25 m de profundidad con un diámetro no menor de 60 mm. El Contratista deberá disponer de todos los implementos de perforación, emplear sistemas de perforación y organizar los trabajos de tal manera que se asegure el cumplimiento del programa de trabajo aprobado por el Interventor. El Contratista deberá prever que se requerirán de un mínimo de cinco (5) huecos de perforación de los previstos para los anclajes, en los cuales el procedimiento en su ejecución demandará el recobro de núcleos, a todo lo largo de la perforación y en aquellos otros huecos de perforación donde lo determine el Interventor.

02.4.2 Equipo de Inyección

El Contratista deberá suministrar equipos y accesorios suficientes para ejecutar las inyecciones de los tendones en el bulbo y en la longitud libre. Este equipo será del tipo y capacidad requeridos para la ejecución de la obra de acuerdo con estas Especificaciones y aprobados por el Interventor y deberá mantenerse en todo momento en condiciones óptimas de operación.

El equipo de inyección propuesto por el Contratista, deberá ser sometido a la aprobación del Interventor.

La aprobación, por parte del Interventor, del equipo propuesto por el Contratista, no exime al Contratista de la responsabilidad de suministrar equipo de características y en cantidad adecuada para la realización de los trabajos, de acuerdo con las especificaciones e instrucciones del Interventor y dentro de los plazos establecidos en el programa de construcción. Si durante el desarrollo de los trabajos se comprueba que el equipo es insuficiente o no es de características adecuadas para la realización de los trabajos, el Contratista deberá suministrar otros equipos similares o diferentes a los disponibles en la obra, para completar los trabajos de acuerdo con el programa de construcción y en un todo de acuerdo con lo especificado o indicado por el Interventor. El Contratista no tendrá derecho a solicitar extensiones de plazos ni a ningún pago adicional por razón de la necesidad de suministrar estos equipos adicionales.

Antes de iniciar las operaciones de inyección, el Contratista deberá someter para la aprobación del Interventor las descripciones detalladas de los circuitos de inyección y de los métodos para la conexión a los huecos de inyección.

El equipo de inyección deberá tener capacidad para : proveer una dosificación y mezclado efectivo, esto es mantener la mezcla en suspensión, suministrar y bombear la mezcla dentro de los huecos de inyección en forma continua, con flujo sin interrupciones y a cualquier presión constante dentro de los límites de presión especificados.

La instalación para inyección que se suministre para la obra deberá incluir el siguiente equipo mínimo:

1. Una bomba para operación y otra auxiliar, cada una con capacidad para operar a un presión máxima de descarga de 30 kg/cm^2, para bombear e inyectar la lechada y morteros aprobados, a un gasto no menor de 2 lts/seg con una presión no mayor de 0.7 kg/cm^2 y para bombear e inyectar el flujo correspondiente a la presión máxima especificada, sin fluctuaciones de la presión de inyección. Las bombas deberán tener capacidad para operar a baja presión de inyección. Las bombas tendrán una variación en la presión de inyección del 5.0 % como mínimo. Se deberá instalar en la toma de las bombas una conexión para agua con el fin de facilitar el lavado del sistema y la inyección de agua dentro de los huecos, además de un sistema que garantice el retorno de la mezcla sobrante hasta la bomba.

2. Un mezclador coloidal de alta velocidad diseñado para mezclar lechadas y morteros y con capacidad para efectuar las mezclas que puedan ser bombeadas a la presión máxima. El mezclador deberá estar equipado con un dispositivo medidor de agua calibrado para dar lecturas en litros y décimas de litro.

3. Un agitador mecánico con capacidad para agitar y mantener en suspensión todos los materiales sólidos contenidos en la mezcla. El agitador deberá estar equipado con tamices que permitan remover de las mezcladoras y del tubo de retorno, mezcla endurecida o cualquier material extraño que sea retenido por el tamiz No. 100 cuando no se utilicen mezclas con arena. La capacidad del agitador no deberá ser menor que la del mezclador. El agitador deberá ser graduado en fracciones de metro cúbico de modo que el volumen inyectado de lechada se pueda medir con precisión.

   En ningún caso se colocará el agitador a más de 30 m del hueco que se está inyectando. Deberá proveerse suministro de aire del mezclador al agitador cuando la distancia sea tal que la presión ejercida por el mezclador no sea suficiente para mover la lechada del mezclador al agitador.

4. Todas las válvulas, medidores de flujo del agua, medidores de mezcla, mangueras de presión, tuberías, manguitos, tapones conexiones y herramientas necesarias para efectuar la operación de inyección de acuerdo con lo especificado. El Contratista deberá disponer de un indicador de presión usados en el sistema de inyección y de un medidor de flujo de alta precisión para verificar la exactitud de todos los medidores de flujo usados en el sistema de inyección.

5. Empaques expandibles neumática o hidráulicamente o aros manipulados mecánicamente, de caucho, cuero, u otro material apropiado que pueda colocarse solo en pares, en un hueco a cualquier profundidad, con el fin de aislar una sección del mismo. Los empaques se deberán expandir para sellar los huecos en un determinado lugar y una vez expandidos deberán soportar, sin escapes, durante cinco minutos, presiones de agua iguales a las máximas presiones de inyección que deban soportar.

6. La distribución del equipo de inyección deberá ser tal que provea una circulación continua de una mezcla de consistencia uniforme a través del sistema y que permita un control exacto de la presión en la entrada del hueco sometido a inyección, a cualquier gasto de inyección. El equipo deberá tener un sistema de circulación doble en el cual una línea suministre la mezcla desde la bomba al cabezal de la entrada del hueco y la otra línea retorne la lechada del cabezal a la bomba. El diámetro interior de todas las líneas no deberá ser menor de 38 mm. El cabezal de inyección suministrado para alimentar la lechada dentro del hueco, deberá incluir una conexión de suministro, una conexión con válvula al hueco y una línea de retorno con una válvula.

   El sistema deberá tener dos manómetros, con el rango apropiado de presiones, uno de los cuales deberá estar localizado a la salida de la bomba y el otro en la conexión con válvula al hueco de modo que indique la presión de rechazo de la lechada en el hueco.

   Cada equipo para inyección deberá tener suficiente almacenamiento para suministrar cantidades adecuadas de cemento, agua y otros materiales de tal modo que la operación de inyección se pueda llevar a cabo sin interrupción. El equipo de inyección deberá tener protección adecuada contra la lluvia.

   El Contratista deberá proveer un sistema satisfactorio de comunicación, tal como un teléfono u otro sistema adecuado, entre el sitio de bombeo y mezclado y el sitio de inyección.

02.5 PERFORACIÓN E INSTALACIÓN

El ensamble y la instalación de los tendones de anclaje y los materiales y equipos utilizados para ellos deberán ser sometidos a la aprobación del Interventor.

Los huecos para los tendones de anclaje deberán ser perforados con equipo de rotación o de percusión, cumpliendo los requisitos de alineamiento y profundidad mostrados en los planos o indicados por el Interventor. El alineamiento del hueco no podrá desviarse en más de 3% respecto al alineamiento mostrado en los planos o establecido por el Interventor. El diámetro de los huecos deberá ser el recomendado por el fabricante de los tendones de anclaje o en su defecto el indicado en los planos o por el Interventor y en ningún caso el diámetro de los huecos perforados deberá ser menor de 1/8 de pulgada del diámetro especificado por uno u otro.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para garantizar la estabilidad de los huecos de tal forma que la instalación de los tendones y las inyecciones se lleven a cabo de forma adecuada.

El Contratista debe presentar para aprobación del Interventor el procedimiento de inyección, de instalación de los tendones y de creación del bulbo, de tal forma que se garantice la impermeabilidad del hueco y la resistencia requerida en el bulbo.

Antes de iniciar la perforación, el Contratista deberá tomar todas las precauciones requeridas, para evitar la ocurrencia de desprendimientos hacia ella. Después de la perforación del hueco, el Contratista podrá fundir directamente en la superficie del terreno y alrededor de éste una base de concreto reforzado de las dimensiones mostradas en los planos ó podrá proponer tales elementos de tipo prefabricado, cuya superficie sea normal al eje del hueco, con el objeto de empotrar en ella la platina metálica de apoyo para el tensionamiento del tendón. El concreto para la construcción de esta base deberá tener una resistencia a la compresión en el momento del tensionamiento igual o mayor al esfuerzo de compresión inducido por el tendón tensionado.

Después de haberse completado la perforación y la construcción de la base de concreto y con anterioridad a la colocación del tendón, el Contratista deberá limpiar el hueco con el fin de remover los residuos de perforación, barro y demás sustancias perjudiciales. A continuación, el Contratista someterá a la aprobación del Interventor los cables seleccionados, desechando los tramos que presente corrosión o daño físico.

El tendón deberá ser colocado dentro del hueco de tal manera que quede correctamente centrado en toda su longitud de adherencia, mediante el uso de separadores o dispositivos de apoyo espaciados a distancias no mayores a 3.0 m o según las indicaciones del fabricante. El tendón deberá quedar finalmente en una posición lo suficientemente estable para evitar cualquier movimiento, durante la etapa de inyección del bulbo. Cualquier tendón de anclaje que en opinión del Interventor se haya hecho inefectivo por causa de movimiento deberá ser reemplazado por el Contratista a su propio costo.

Todo tendón de anclaje, su sistema de inyección y demás accesorios deberán revisarse para asegurar que se encuentren libres de sustancias extrañas y de que están montados de acuerdo con las instrucciones del fabricante o como lo apruebe el Interventor.

02.6 LAVADO CON AGUA Y/O AIRE A PRESIÓN

Inmediatamente antes de iniciar la aplicación de inyección de impermeabilización en una etapa de un hueco, tal sector del hueco deberá ser limpiado lavado usando aire y/o agua a presión a través de un tubo de diámetro aproximadamente igual a la mitad del diámetro de la perforación y que se extienda hasta el fondo de la etapa. Toda la roca descompuesta y todo el material blando que se encuentre en las grietas deberá ser lavado con agua y/o aire a presión para remover tanto material de este como sea posible.

Las operaciones de inyección para cualquier etapa de un hueco deberán empezarse después de limpiar el hueco con aire y/o agua. El Interventor decidirá dependiendo de la evaluación de los materiales encontrados en la perforación de los huecos para los tendones si se requiere el lavado con agua a presión. Este consiste en inyectar agua en el hueco a la máxima presión indicada por el Interventor para la inyección en la etapa, a flujo constante y por un periodo de cinco minutos.

Durante esta operación, denominada lavado con agua a presión, el Contratista medirá el consumo de agua durante cada minuto. No habrá ni medida ni pago por el lavado a presión y su costo deberá estar incluido en las inyecciones a presión definidas en la presente especificación.

02.7 INYECCIÓN

Los equipos, materiales, dosificación y demás actividades relacionadas con la operación de inyección de los tendones deberán llevarse a cabo de acuerdo con lo estipulado en la presente Especificación. La presión de inyección deberá ser apenas lo suficiente para llenar los huecos, del orden de 0.41 a 2.41 Mpa (60 a 350 psi).

Inmediatamente antes de inyectar se deberá comprobar que los tubos de inyección y ventilación se encuentran limpios, mediante la inyección de agua y aire comprimido; el agua se deberá inyectar hasta que retorne limpia y finalmente el agua remanente en el sistema deberá removerse mediante inyección de aire a presión, tal como se describe en el numeral 02.6 de esta Especificación. La lechada de inyección que no sea inyectada en un hueco dentro de la primera hora después de iniciar su mezcla, será desechada.

Las operaciones de inyección deberán ejecutarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de los tendones y deberán ser previamente aprobadas por el Interventor.

La inyección de lechada para la instalación de un tendón de anclaje deberá ejecutarse en una o dos etapas, según el sistema de protección adoptado contra la corrosión de acuerdo con lo especificado a continuación o como lo proponga el Contratista previa aprobación del Interventor.

- Si no se utiliza membrana de protección contra la corrosión en la longitud de tensionamiento, se deberá inyectar así : En la primera etapa se deberá ejecutar la inyección primaria, que deberá llenar el extremo posterior del hueco hasta completar la longitud total de anclaje del tendón, la cual no deberá ser inferior a lo mostrada en los planos.

  La inyección deberá hacerse a través de un tubo previsto para este propósito, cuya salida debe encontrarse en el fondo de la perforación para que el llenado del hueco se inicie desde allí. El Contratista deberá proveer algún sistema satisfactorio de medida que indique que la inyección ha alcanzado el nivel superior de la longitud de anclaje. Después de la inyección primaria el tendón deberá permanecer inalterado hasta que la resistencia necesaria del anclaje se haya alcanzado. En la segunda etapa de inyección se deberá ejecutar la inyección complementaria, que deberá llenar el resto de la perforación después de haberse tensionado el tendón y haber hecho las comprobaciones de carga especificadas y después que el Interventor haya autorizado que se lleve a cabo la segunda etapa de inyección. Esta etapa de inyección deberá ejecutarse tan pronto como sea posible pero en ningún caso después de 30 días de que el Interventor haya autorizado que se lleve a cabo.

- Si se utiliza membrana de protección contra la corrosión en la longitud de tensionamiento, la inyección de lechada podrá hacerse en forma continua llenando la longitud de adherencia del anclaje y a continuación el espacio anular entre la membrana de protección y las paredes del hueco. El espacio anular entre la membrana de protección y el tendón deberá llenarse antes de iniciar la inyección con grasa o cualquier otro inhibidor de corrosión.

  El Contratista deberá someter a aprobación del Interventor el procedimiento de inyección el cual debe garantizar la impermeabilización del hueco, la creación del bulbo y el llenado de lechada del hueco.

02.8 TENSIONAMIENTO

Los procedimientos de tensionamiento deberán llevarse a cabo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de los tendones y previa aprobación del Interventor. Los tendones deberán tensionarse por medio de gatos hidráulicos del tipo recomendado por el fabricante o aprobado por el Interventor, equipados con manómetros adecuadamente calibrados. Cada gato y su manómetro deberán ir acompañados por una curva certificada de calibración que indique la relación entre las lecturas del manómetro y la carga que se aplique al tendón para los movimientos de carga y de descarga del gato. También deberá ser suministrado un equipo para medir, durante el tensionamiento, la elongación de los tendones de tal forma que pueda llevarse un control permanente y con la precisión requerida, durante el proceso de tensionado.

El tensionamiento de los tendones de anclaje deberá llevarse a cabo en presencia del Interventor y de un representante del fabricante de los tendones, quien deberá impartir las instrucciones sobre los procedimientos para llevar a cabo el tensionamiento.

El tensionamiento deberá ser hecho en tal forma que pueda medirse en todo momento la carga aplicada y la elongación de los tendones. Aunque el Interventor este llevando un registro completo de las operaciones de tensionamiento, el Contratista deberá llevar continuamente un registro que deberá entregar al Interventor. Cuando se encuentre una diferencia mayor del 5% entre el esfuerzo de un tendón que se determine por la lectura del manómetro y el esfuerzo que se calcule por la elongación del tendón, de acuerdo con la curva esfuerzo - deformación, deberá suspenderse el tensionamiento y aliviarse de carga el tendón; deberá determinarse la causa de la discrepancia y corregirse a satisfacción del Interventor antes de aplicar tensión nuevamente al tendón.

El tensionamiento deberá llevarse a cabo después de 7 días o del tiempo establecido en las pruebas luego de terminada la inyección del anclaje. Todo anclaje deberá tensionarse inicialmente hasta una fuerza igual a 20% de su carga de trabajo (***P_T = 40.0 ton***) que esta deberá ser el punto de iniciación de las medidas de elongación. A continuación se deberá incrementar progresivamente (0.5 P_T, 0.75 P_T, 1.0 P_T y 1.25 P_T) la tensión en los tiempos que se dan en el Cuadro No. 1 hasta alcanzar la carga de prueba, la cual deberá exceder en un 25% la carga de diseño. La deformación total que experimente el tendón después de haber aplicado la totalidad de la carga de prueba (P_P = 1.25 P_T) no debe ser en ningún caso superior al que se establezca en los tendones de prueba. En caso de que el tendón no cumpla con lo anteriormente especificado, no se aceptara para pago. Las medidas correctivas necesarias correrán por cuenta del Contratista. Finalmente, la tensión en el anclaje deberá reducirse hasta 0.20 P_T con el objeto de medir las deformaciones permanentes, tras lo cual el tendón deberá ser fijado con una tensión de 1.0 veces su carga de trabajo (P_T), la cual deberá ser igual al 60% de la resistencia ultima del tendón.

Cuadro No. 1
INTERVALOS DE CARGA PARA TENSIONAMIENTO

Intervalos de Carga	Tiempo Mínimo de Carga por Intervalo (min.)
0.20 P_T	1.0
0.50 P_T	1.0
0.75 P_T	1.0
1.00 P_T	1.0
1.25 P_T	1.0

PT= Carga de trabajo

Cualquier tendón de anclaje que no pueda ser tensionado a la carga de prueba (ya sea por falla o por excesiva deformación) deberá ser reinyectado o reemplazado por cuenta del Contratista.

Si durante la operación de tensionamiento cede la platina de apoyo y la base de concreto, se deberá liberar toda la tensión en el tendón, remover el concreto dañando, reparar la base de apoyo y esperar a que dicha base logre la resistencia requerida antes de volver a tensionar. No se deberán utilizar productos con cloruro de calcio en la reparación del concreto.

Con el objeto de verificar el comportamiento de los tendones en grupo, después de un periodo inferior a 48 horas después de terminar el tensionamiento de un grupo de tendones de anclaje el Contratista deberá revisar la carga de todos ellos en presencia del Interventor. Si alguno de estos tendones no mantiene una carga igual al 95% de la carga de diseño, deberá retensionarse a la carga de diseño y ser sometido de nuevo a la revisión de carga antes de las 48 horas siguientes. Si se vuelve a encontrar que la carga es inferior al 95.0 % de la carga de diseño el tendón se deberá reemplazar por y a cuenta del Contratista.

Tan pronto como sea practico y en ningún caso no mas de 7 días después de haberse revisado la carga de tensionamiento y de ejecutarse las inyecciones, el extremo del tendón y el ensamble exterior de todos los anclajes deberán ser protegidos con algún medio adecuado tal como pintura a base de asfalto, coberturas epóxicas o concreto, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y la aprobación del Interventor.

02.9 PRUEBAS DE CAMPO

Previo a la iniciación de los trabajos, el Contratista deberá probar en el sitio de la obra y en presencia del Interventor un mínimo de 3 tendones de anclaje con el tipo de anclaje que se proponga emplear en la obra y que haya sido aprobado por el Interventor. Tales tendones de anclaje se deberán instalar inyectar y tensionar en los sitios indicados por el Interventor, de acuerdo con los procedimientos especificados en las secciones anteriores de esta especificación. Cada tendón de prueba deberá someterse a una prueba de extracción, tal y como está estipulado en el numeral 02.10 de esta Especificación. En caso de no cumplirse con los estipulado allí para la aprobación del tendón, el Contratista deberá ensayar un grupo adicional de 3 tendones en la mismas condiciones.

02.10 PRUEBA DE EXTRACCIÓN

02.10.1 Alcance

La prueba de extracción deberá realizarse a por lo menos 3 tendones en aquellos sitios en los cuales con base en la información del subsuelo recopilada con la exploración de campo se presenten las condiciones mas desfavorables, coincidiendo con las huecos de perforación donde se haya realizado recobro de núcleos. Para la realización y evaluación de la prueba de extracción se deberá seguir lo estipulado por la norma DIN 4125 de noviembre de 1990.

02.10.2 Realización de la Prueba de Extracción

La prueba de extracción deberá ser realizada en presencia del Interventor y de un representante del fabricante de los tendones.

En la prueba de extracción, las deformaciones del tendón en el sentido de la aplicación de la carga deberán ser medidas desde un apoyo que se conserve inmóvil durante la prueba.

El tendón deberá inicialmente tensionarse hasta una carga de 0.20 P_T (P_T = carga de trabajo) con el objeto de tomar un punto de partida para la medición de elongación. La carga deberá incrementarse a valores de 0.50 P_T, 0.75 P_T, 1.00 P_T, hasta finalmente alcanzar la carga máxima de ensayo, la cual deberá ser 1.25 veces la carga de trabajo y en cualquier caso menor que 0.90 veces la resistencia a la rotura de los torones. Una vez alcanzada la primera etapa de carga, esta deberá permanecer constante durante los lapsos de tiempo descritos en el Cuadro No. 2, después de lo cual se deberá disminuir a la carga inicial (0.20 P_T) para poder medir las elongaciones elásticas y permanentes.

Posteriormente se deberá incrementar progresivamente la tensión hasta alcanzar la siguiente etapa de carga.

El procedimiento deberá repetirse pasando por todos los intervalos de carga hasta alcanzar la totalidad de la carga de prueba, descargando siempre después de cada intervalo de carga hasta la carga inicial (0.20 P_T) y considerando los tiempos de carga del Cuadro No. 2.

Cuadro 2
INTERVALOS DE CARGA PARA PRUEBA DE CARGA

Intervalos de Carga	Tiempo Mínimo de Carga por Intervalo (min.)
0.20 P_T	1
1.00 P_T	60
1.25 P_T	60

PT= Carga de trabajo

Conservando la carga de prueba en cada intervalo de carga constante se deberán medir las elongaciones durante la duración del intervalo de carga (ver Cuadro No. 2), por ejemplo a los 1, 2, 5, 10, 15, 30 minutos. Las deformaciones para cada intervalo se deberán graficar en un papel similogarítmico obteniendo curvas de deformación vs. tiempo.

Las elongaciones para cada intervalo de carga deberán ser estimadas por medio de la ecuación $Ks = (S_2 - S_1) / [\log (t_2 / t_1)]$ y ser graficadas con respecto a la carga de cada intervalo de carga, obteniéndose una curva de Ks vs. intervalo de carga.

Los tiempos de carga para cada intervalo del Cuadro No. 2 deberán ser prolongados en caso de que:

a. La pendiente de la línea en el gráfico de tiempo vs. deformación se incrementa con el logaritmo del tiempo ó
b. Cuando la elongación sea Ks > 1 mm.

Una vez transcurrido el tiempo de carga para la carga de 1.25 P_T, la carga deberá ser reducida de manera progresiva hasta 0.20 P_T. Finalmente, el tendón deberá tensionarse v fijarse con su carga de trabajo.

02.10.3 Requisitos de Aprobación

Se considerara como aprobado el tendón sometido a la prueba de extracción si la elongación obtenida con la aplicación de la carga de prueba ($P_P = 1.25\ P_T$) no excede los 2 mm.

02.11 MEDIDA Y PAGO

02.11.1 Generalidades

La parte de la obra por ejecutar al precio unitario pactado con el Interventor consistirá en el suministro e instalación de los tendones de anclaje en los sitios mostrados en los planos o indicados por el Interventor o solicitados por el Contratista y aprobados por el Interventor.

Esta parte de la obra incluye el suministro de los tendones de anclaje sus accesorios y todos los otros materiales que se requieran para la correcta instalación de los tendones, la perforación de los huecos, las pruebas de permeabilidad de la roca, la construcción de las bases de concreto, la instalación y adecuación plataformas de trabajo, inyección, tensionamiento y protección de los tendones de anclaje, la ejecución de las pruebas de campo y de extracción, todo según lo especificado.

02.11.2 Medida y Pago

02.11.2.a Perforación con recobro ÍTEM 02.1

02.11.2.a.1 Medida

La perforación de huecos con recobro de núcleos para la instalación de los tendones será medida por el número de metros lineales aproximados al decímetro de núcleos recuperados satisfactoriamente.

02.11.2.a.2 Pago

La parte de la obra para ser hecha al precio unitario del Ítem 02.1, deberá consistir en la perforación de huecos para extraer núcleos en los huecos para los tendones de anclaje donde se ha practicado la limpieza y el lavado con agua y/o aire a presión, la recuperación de los núcleos, la protección de los núcleos, la empacada de los núcleos y la entrega de las cajas con los núcleos al Interventor.

02.11.2.b Perforación sin recobro ÍTEM 02.2

02.11.2.b.1 Medida

La perforación de huecos sin recobro para la instalación de los tendones será medida por el número de metros lineales aproximado al decímetro cercano realmente perforado.

02.11.2.b.2 Pago

La parte de la obra para ser hecha al precio unitario del Ítem 02.2 deberá consistir en la perforación de huecos para la instalación de los tendones de anclaje donde se ha practicado la limpieza y el lavado con agua y/o aire a presión de acuerdo a estas Especificaciones.

02.11.2.c Suministro e instalación de cable ÍTEM 02.3

02.11.2.c.1 Medida

La medida para el pago del suministro e instalación del cable para los tendones de anclaje será la longitud en metros lineales de cable instalado, aprobado y ensayado de acuerdo con lo especificado.

02.11.2.c.2 Pago

La parte de la obra por llevar a cabo al precio unitario del Ítem 02.3 consistirá en todos los trabajos y en el suministro, instalación, protección, ensayos del cable y de los tendones de anclaje según lo indicado en esta Especificación y deberá incluir el suministro de todos los materiales, instalaciones, equipo y mano de obra necesarios para completar esta parte de la obra y todos los trabajos relacionados con la misma que no tendrán medida ni pago por separado como son pruebas de campo, pruebas de extracción, medidas durante los ensayos y protecciones superficiales sobre el talud. No se reconocen el pago del suministro e instalación del cable ni de los materiales, instalaciones, equipo, mano de obra y todo el trabajo requerido para completar aquellos tendones cuya tensión de trabajo sea inferior a 40 Ton.

02.11.2.d Inyección a Presión ÍTEM 02.4

02.11.2.d.1 Medida

La medida para el pago de la Inyección a presión será el número de sacos de cemento de 50 kilogramos de peso, utilizados para inyecciones hechas satisfactoriamente en los huecos para los tendones de anclaje.

02.11.2.d.2 Pago

La parte de la obra para ser hecha al precio unitario del Ítem 02.4 consistirá en inyectar lechada y/o mortero a presión en los huecos para los tendones de anclaje según lo aprobado por el Interventor y de acuerdo con estas Especificaciones, siempre que el consumo de sacos de cemento sea superior a 3 sacos/ml de perforación.

02.11.2.e Inyección de llenado del tendón ÍTEM 02.5

02.11.2.e.1 Medida

La medida para el pago de la Inyección de llenado del tendón será el número de sacos de cemento de 50 kilogramos de peso, utilizados para el llenado del hueco hechas satisfactoriamente en los huecos para los tendones de anclaje.

02.11.2.e.2 Pago

La parte de la obra para ser hecha al precio del Ítem 01.5 consistirá en llenar con lechada y/o mortero el hueco para los tendones de anclaje según lo aprobado por el Interventor y de acuerdo con estas Especificaciones siempre y cuando el consumo de sacos de cemento sea superior a 0.5 sacos/ml de longitud libre.

ÍTEMS DE PAGO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
02.1	Perforación con recobro	ml
02.2	Perforación sin recobro	ml
02.3	Suministro e instalación de cable	ml
02.4	Inyección a presión	sacos
02.5	Inyección de llenado del tendón	sacos

CAPITULO 03

BARRAS DE ANCLAJE

CAPITULO 03

BARRAS DE ANCLAJE

I N D I C E

ARTÍCULO		**PÁGINA**
03.1	ALCANCE	03-1
03.2	GENERALIDADES	03-1
03.3	BARRAS DE ANCLAJE	03-1
03.4	MATERIALES	03-2
03.5	INSTALACIÓN	03-3
03.6	BARRAS DE ANCLAJE	03-3
03.7	MEDIDA Y PAGO	03-3

03

BARRAS DE ANCLAJE

03.1 ALCANCE

Este Capítulo comprende los requisitos para el suministro e instalación de las barras de anclaje y establece las normas para medida y pago de estos elementos que se utilizarán para anclaje de los gaviones en las diferentes partes de la Obra, las cuales incluyen:

a. Barras de anclaje.

03.2 GENERALIDADES

Los barras de anclaje deberán consistir en varillas de acero ancladas firmemente en perforaciones hechas en el terreno, mediante un material aprobado por el Interventor que garantice la protección de la varilla contra la corrosión, excepto cuando la perforación se haga en terreno de poca cohesión, donde las varillas se deberán hincar.

El anclaje de los barras al terreno podrá hacerse usando mortero de cemento con acelerante, que garanticen que la barra pueda ser esforzada a tensión hasta el punto de fluencia del acero sin que falle el anclaje. El sistema de anclaje de los barras al terreno estará sujeto a la aprobación del Interventor, para lo cual el Constructor deberá presentar a éste, información técnica completa sobre el sistema que se propone emplear.

Los detalles de los patrones de instalación se muestran en los planos pero la longitud, y el espaciamiento podrán ser variados por el Interventor o el Constructor podrá hacerlo con la previa aprobación del Interventor a medida que progresen los trabajos.

03.3 BARRAS DE ANCLAJE

03.3.a **Barras de Anclaje**

Estas barras de anclaje deberán consistir en una varilla de acero de un diámetro no menor de 25 mm. Se deberán utilizar para conexión entre el terreno y las gaviones. El extremo libre que sobresale de la superficie de roca u otro tipo de terreno natural o excavado, será de la forma y dimensiones mostradas en los Planos o indicadas por el interventor. El anclaje en estas barras se deberá obtener mediante el uso de mortero de cemento con acelerante.

En caso que el terreno donde se vaya a instalar la barra sea tan de poca cohesión que los huecos para la instalación de los barras se colapsen, el Constructor deberá utilizar barras que se hincarán dentro del material. Para propósitos de pago estos barras también se consideran como barras de anclaje.

03.4 MATERIALES

03.4.a **Varillas**

Las varillas de acero para los barras deberán cumplir con los requisitos de la norma ASTM A-615 para acero grado 60**.**

03.4.b **Agua y Cemento**

El agua y el cemento deberán ser aprobados por el Interventor. El cemento será de una fabrica de reconocida calidad.

03.4.c **Arena**

La arena a emplearse en la preparación de mortero deberá cumplir con los requisitos establecidos para arenas que se utilicen en mezclas de concreto, además de las siguientes limitaciones en cuanto a granulometría:

TAMIZ ESTÁNDAR U.S.	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA
No. 8	100
No. 50	20-60
No. 200	0-3

03.4.d **Acelerante**

El acelerante para el mortero deberá ser antirretractante y deberá ser dosificado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y demostrar mediante certificado de sus componentes que no causa corrosión al acero. La cantidad y tipo de acelerante que se emplee deberá ser tal que no afecten la resistencia a largo plazo del mortero.

03.4.e **Mortero**

El mortero será fabricado con una relación agua/cemento máxima de 0.4 por peso, y deberá tener un aditivo antirretractante aprobado por el Interventor. El mortero deberá alcanzar una resistencia a la compresión mínima de 8 MPa a las 24 horas y de 20 MPa a los 28 días. Donde el Interventor lo autorice, el mortero podrá ser sustituido por lechada, y su dosificación será aprobada por el Interventor; ésta será inyectada después de haber puesto la barra en su posición final.

03.5 INSTALACIÓN

03.5.a Barras

03.5.a.1 Generalidades

El Constructor deberá instalar las barras que sean necesarias para la conexión de los gaviones en los sitios mostrados en los Planos o indicados por el Interventor. El Constructor será responsable de las barras hasta la finalización de la Obra y no quedará exento de esta responsabilidad sean cuales fueren las indicaciones de los Planos, del Interventor o de la aprobación que el Interventor haya dado a los métodos de instalación de las barras propuestos por el Constructor.

03.5.a.2 Procedimientos de Instalación

El método y equipos necesarios para la instalación de los barras deberán ser propuestos por el Constructor por lo menos 30 días antes de iniciar los trabajos. El Interventor estudiará las propuestas y autorizará al Constructor. Los equipos y métodos propuestos deberán tener en cuenta las recomendaciones de los fabricantes cuando éstas tengan lugar.

Las perforaciones para la instalación de los barras se deberán hacer del diámetro recomendado por el fabricante o del diámetro que indique o apruebe el Interventor y a las profundidades mostradas en los Planos o indicadas por el Interventor. Antes de instalar una barra dentro de una perforación, ésta se deberá limpiar con aire y agua a presión a fin de remover los fragmentos de terreno suelto, las virutas de laminado, oxido suelto, mugre, grasa o cualquier otra sustancia objetable. A su vez, la barra no deberá tener costras de óxido, mugre, grasa o cualquiera otra sustancia objetable.

Para los barras hincadas, el Constructor debe someter a aprobación del Interventor los procedimientos y equipos que pretenda utilizar para el hincado.

03.6 BARRAS DE ANCLAJE

Los barras de anclaje se instalaran en la base de los gaviones. La función de las barras de anclaje es impedir el movimiento de los gaviones.

Cualquier barra que sufra daños por deberá ser reemplazada por el Contratista, a su costa, cuando así lo requiera el Interventor.

03.7 MEDIDA Y PAGO

03.7.a Generalidades

La parte de la Obra por ejecutar a los precios unitarios del Ítem 03 de la Lista de Cantidades y Precios consistirá en el suministro e instalación de los barras, en los sitios mostrados en los Planos o indicados por el Interventor o donde lo apruebe el Interventor a solicitud del Constructor.

Esta parte de la Obra incluye el suministro de los barras, la perforación de los agujeros o el hincamiento de los barras en caso de terreno poco coherente, la instalación y protección de los barras, todo según lo especificado.
No habrá medida ni pago por separado por la realización de los siguientes trabajos requeridos para completar esta parte de la Obra:

1) El mortero, aditivos y demás materiales que se utilicen para el anclaje de los barras.

2) Todos los demás trabajos que deberá ejecutar el Constructor para cumplir lo especificado en este Capítulo y que no son objeto de ítems separados de pago.

03.7.b Requisitos para la Medida y Pago de los Barras de Anclaje

El Interventor no autorizará la medida y pago de los barras hasta cuando el Constructor haya completado a satisfacción de la misma y en todo de acuerdo con las Especificaciones el siguiente trabajo:

1) Reemplazo de los barras que no tengan dentro del terreno la longitud de anclaje requerida en los Planos.

03.7.c Medida

La medida para el pago de los barras de anclaje será la longitud en metros lineales de varilla instalada y aceptada por el Interventor.

03.7.c.1 Barras de Anclaje

La parte de la Obra por llevar acabo al precio unitario del ítem 03.1 de la Lista de Cantidades y Precios consistirá en el suministro e instalación de barras de anclaje.

03.7.d Ítems de Pago

A menos que se especifique algo diferente, todo el costo de los trabajos especificados en este Capítulo deberá estar cubierto por los precios unitarios cotizados en la propuesta por el Constructor para el siguiente ítem :

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
03.1	Barras de Anclaje	ml

CAPITULO 04

DESABOMBE

CAPITULO 04

DESABOMBE

I N D I C E

ARTÍCULO	**PÁGINA**
04.1 ALCANCE	4-1
04.2 GENERALIDADES	4-1
04.3 MÉTODOS Y EQUIPOS	4-1
04.4 MEDIDA Y PAGO	4-2

04
DESABOMBE

04.1 ALCANCE

Este Capítulo comprende los requisitos para la remoción de los bloques o fragmentos de roca suelta, de tal manera que las superficies de los escarpes, áreas donde se desarrollen las labores de protección superficial o demás sitios donde indique el Interventor queden conformadas por material firme y estable.

04.2 GENERALIDADES

El retiro de cualquier bloque o fragmento de Arcillolita, Limolita, Arenisca o cualquier otra roca sedimentaria meteorizada o muy fracturada, de las superficie de los escarpes de la antigua explotación del Barrio La Fiscala u otros sitios definidos por el Interventor, objeto del contrato de estabilización por parte de la UPES.

La sobrecarga de tierra, piedras grandes, material detrítico, masas desprendidas o semi desprendidas, roca y salientes (taludes negativos) de los escarpes de la antigua explotación del Barrio La Fiscala u otros sitios definidos por el Interventor, que sean potencialmente inestables y puedan afectar la seguridad de la construcción de las obras de aislamiento, anclaje o protección superficial, o que sean susceptibles de caer y causar daños a las personas y viviendas vecinas, deberán ser removidos y retirados a las zonas de desecho, o donde indique la UPES.

04.3 MÉTODOS Y EQUIPOS

El método y equipos necesarios para el retiro de los bloques deberán ser propuestos por el Constructor por lo menos 30 días antes de iniciar los trabajos. El Interventor estudiará las propuestas y autorizará al Constructor. Los equipos y métodos propuestos deberán producir mínimas vibraciones y la posibilidad de reducir el tamaño de los fragmentos.

Ningún método propuesto podrá generar la caída de bloques más allá de las zonas de trabajo definidas, poniendo en riesgo a la población y viviendas vecinas.

Donde lo requiera el Interventor, el contratista deberá ejecutar las labores de desabombe.

04.4 MEDIDA Y PAGO

04.4.a **Generalidades**

La parte de la Obra por ejecutar entendida como desabombe, consistirá en el retiro de bloques en los sitios indicados por el Interventor o donde lo apruebe el Interventor a solicitud del Constructor.

04.4.b **Requisitos para la Medida y Pago**

El Interventor no autorizará las labores de construcción en las zonas amenazadas por la caída de bloques hasta cuando el Constructor haya completado a satisfacción el desabombe de los taludes otros sitios indicados por éste y en todo de acuerdo con las Especificaciones.

04.4.c **Medida**

Las labores de desabombe se medirán en el sitio, en los vehículos cargados antes de transportar el material al sitio de disposición de sobrantes o donde lo indique el Interventor.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
04.1	Desabombe	m^3

CAPITULO 05

RELLENO SIN COMPACTAR

CAPITULO 05

RELLENO SIN COMPACTAR

I N D I C E

ARTÍCULO	**PÁGINA**
05.1 ALCANCE	5-1
05.2 GENERALIDADES	5-1
05.3 FUENTES DE MATERIALES	5-1
05.4 COLOCACIÓN DEL MATERIAL.	5-1
05.5 MEDIDA Y PAGO	5-2

05

RELLENO SIN COMPACTAR

05.1 ALCANCE

Este Capítulo comprende en lo referente al suministro, mano de obra, equipo la ejecución de todos los trabajos necesarios para conformar los rellenos sin compactar mostrados en los Planos para las zonas de aislamiento detrás de los muros en gaviones o indicados por la Interventoría y establecer las normas para medida y pago correspondientes, las cuales incluyen:

05.2 GENERALIDADES

Los materiales para conformación de los rellenos se obtendrán de la zona previamente autorizada por la Interventoría y que cumplan con las características definidas a continuación.

El Contratista deberá ejecutar las siguientes actividades, en desarrollo del proceso de producción de materiales para relleno.

05.3 FUENTES DE MATERIALES

El Contratista deberá ejecutar las siguientes actividades, en desarrollo del proceso de producción de materiales para relleno. Para la obtención de los materiales se realizará en forma previa la limpieza, descapote y remoción de material no apto para relleno, hasta una profundidad tal que se elimine toda la vegetación, troncos y materia orgánica.

El material será preferencialmente arenoso, y no se permitirán los tamaños mayores a tres (3) pulgadas.

05.4 COLOCACIÓN DEL MATERIAL.

La colocación del relleno se realizará avanzando gradualmente en forma horizontal; la colocación del material en el sitio final, se hará evitando la caída a más de 2.0 m y hacer posible la selección y retiro de sobretamaños.

Por ningún motivo se realizará proceso alguno de compactación y se evitará el tránsito de equipos de construcción sobre el mismo.

05.5 MEDIDA Y PAGO

05.5.a Generalidades

La parte de la Obra por llevar a cabo a los precios unitarios del Ítem 5 de la Lista de Cantidades y Precios consistirá en el suministro de toda la mano de obra, instalaciones, materiales y equipos y en realizar todos los trabajos necesarios para llevar a cabo la construcción de los rellenos utilizados en la Obra.

05.5.b Requisitos para la Medida y Pago

No se autorizará la medida y pago para la obra especificada en este Capítulo hasta tanto el Contratista haya completado, a satisfacción de la Interventoría y en un todo de acuerdo con las Especificaciones, los siguientes trabajos que se relacionan con esta parte de la Obra :

Desabombe de las superficies de escarpes en las áreas de aislamiento, detrás de los muros en gaviones.

05.5.c Medida

Las labores de desabombe no tienen medida para el pago.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
05.1	Relleno sin compactar	M3

CAPITULO 06

BARRERAS VIVAS

CAPITULO 06

BARRERAS VIVAS

I N D I C E

ARTÍCULO	**PÁGINA**
06.1 ALCANCE	6-1
06.2 GENERALIDADES	6-1
06.3 SIEMBRA.	6-1
06.4 MEDIDA Y PAGO	6-1

06

BARRERAS VIVAS

06.1 ALCANCE

Este Capítulo comprende en lo referente al suministro, mano de obra, equipo la ejecución de todos los trabajos necesarios para conformar las barreras vivas mostradas en los Planos para las zonas de aislamiento adelante de los muros en gaviones o indicados por la Interventoría y establecer las normas para medida y pago correspondientes.

Las labores incluyen el suministro de los árboles, el suelo orgánico, equipo, mano de obra y riego.

06.2 GENERALIDADES

Para la siembra de los árboles que conformarán la barrera viva, se deben hacer excavaciones en roca meteorizada.

Los materiales para conformación de las barreras vivas se seguirá la ubicación y patrón de siembra mostrados en los planos ó indicada por el Interventor.

Las especies deberán tener un porte de 2.0 m de altura, y alta producción de material vegetal.

06.3 SIEMBRA.

La excavación para establecer las raíces de los árboles, será cilíndrica de aproximadamente 0.90 m de profundidad y 0.85 m de diámetro. Posteriormente se procede a la colocación de los árboles y se realizará la colocación del material orgánico.

06.4 MEDIDA Y PAGO

06.4.a **Generalidades**

La parte de la Obra por llevar a cabo a los precios unitarios del Ítem 5 de la Lista de Cantidades y Precios consistirá en el suministro de toda la mano de obra, instalaciones, materiales y equipos y en realizar todos los trabajos necesarios para llevar a cabo la construcción de las barreras vivas.

06.4.b **Requisitos para la Medida y Pago**

No se autorizará la medida y pago para la obra especificada en este Capítulo hasta tanto el Contratista haya completado, a satisfacción de la Interventoría y en un todo de acuerdo con las Especificaciones, los trabajos que se relacionan con esta parte de la Obra y el cuidado post - plante de tres (3) meses.

06.4.c **Medida**

Las labores de desabombe, si hay lugar, según recomendaciones del Interventor o la UPES serán medidas para el pago, de acuerdo con las especificación No. 04 .

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
06.1	Excavación para siembra de árboles	M3
06.2	Barrera Viva (árbol)	UNIDAD

CAPITULO 07

PROTECCIÓN SUPERFICIAL

CAPITULO 07

PROTECCIÓN SUPERFICIAL

I N D I C E

ARTÍCULO	**PÁGINA**
07.1 ALCANCE	7-1
07.2 GENERALIDADES	7-1
07.3 MANEJO DE AGUA	7-1
07.4 DESABOMBE	7-2
07.5 PROTECCIÓN SUPERFICIAL	7-2
07.6 CUIDADO POST - PLANTE	7-2
07.7 MEDIDA Y PAGO	7-2

07

PROTECCIÓN SUPERFICIAL

07.1 ALCANCE

Este Capítulo comprende lo referente al suministro, mano de obra, equipo la ejecución de todos los trabajos necesarios para conformar la protección superficial con biomanto ó biotextil mostradas en los Planos para las zonas de aislamiento adelante de los muros en gaviones o indicados por la Interventoría y establecer las normas para medida y pago correspondientes, las cuales incluyen:

a) Manejo de agua

b) Desabombe

c) Protección superficial

d) Cuidado post - plante

Las unidades de medida para pago son las presentadas en el capítulo 07.6 de la especificación, e incluirá el desabombe, biotextil, el gancho de anclaje, el riego, el transporte y la mano de obra.

07.2 GENERALIDADES

Los trabajos de protección superficial con biomanto deberán coordinarse con la implementación del sistema de drenaje y será labor del contratista también, establecer el riego que garantice la perdurabilidad de los elementos de biomanto. Una parte fundamental de la obra para obtener los resultados antes mencionados son la conformación del terreno y desabombe, pues, la existencia de materiales sueltos impedirán la fijación del biotextil al terreno.

El tratamiento biológico con biotextil aporta al terreno algunas características de carpeta vegetal (ahora inexistente por la erosión) al disipar la energía cinética de las gotas de lluvia, disminuir e; caudal de aguas de escorrentía y servir de sustrato para albergar semillas, permitiendo su germinación y posterior establecimiento.

07.3 MANEJO DE AGUA

El Contratista deberá implementar el sistema de drenaje superficial[1] en las áreas a proteger, puesto a consideración de la Interventoría con 15 días de antelación al desarrollo de los trabajos. La función del sistema de drenaje es evitar que el agua de escorrentía afecte los elementos de biotextil.

07.4 DESABOMBE

El desabombe y conformación del terreno para preparar la superficie para el tratamiento con biotextil, tendrá en cuenta todo lo mencionado en la Especificación 04 “Desabombe” y tendrá pago por separado. Se ejecutará donde lo indique el Interventor.

07.5 PROTECCIÓN SUPERFICIAL

El suministro de los elementos de biomanto deberá realizarse con 24 horas de antelación a su colocación. La membrana biodegradable se extenderá en el terreno, con su contenido de materia orgánica, semillas, refuerzo y catalizadores, elementos que permiten el desarrollo y fijación de la vegetación al terreno rocoso o de detritos. Los elementos de biomanto serán fijados de manera que garanticen el buen contacto y la interacción de los elementos en él contenidos.

La obtención del estrato pionero se recomienda usar el carretón blanco (*trifolium sp*), por sus características de fijación de nitrógeno, raíces de crecimiento radial y alta producción de material vegetal.

07.6 CUIDADO POST - PLANTE

En el tratamiento es indispensable contar con un sistema de riego que garantice ;a humedad apropiada para el buen desarrollo de las plantas.

07.7 MEDIDA Y PAGO

07.7.a **Generalidades**

La parte de la Obra por llevar a cabo a los precios unitarios del Ítem 7 de la Lista de Cantidades y Precios consistirá en el suministro de toda la mano de obra, instalaciones, materiales y equipos y en realizar todos los trabajos necesarios para llevar a cabo la construcción de la protección superficial con biomanto utilizados en la Obra.

07.7.b **Requisitos para la Medida y Pago**

[1] Zanjas de coronación, cunetas y canales

Se establece un anticipo del 50 % del valor del ítem. No se autorizará la medida y pago del restante 50 % del ítem, hasta tanto el Contratista no haya completado, a satisfacción de la Interventoría y en un todo de acuerdo con las Especificaciones la protección superficial, conformación del terreno para ejecutar la protección superficial, tres meses de cuidado post - plante y el riego durante este periodo.

07.7.c **Medida**

Las labores de desabombe, si hay lugar, según recomendaciones del Interventor o la UPES serán medidas para el pago, de acuerdo con las especificación No. 04

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
07.1	Protección superficial con biomanto	M2
07.2	Gancho	UND

ANEXO 15
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS

PRESUPUESTO - ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

I SECTOR 1 - ESTACIÓN 12

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
1	Aislamiento	Restringir urbanización o cualquier tipo de uso del suelo	GL	1,0	$0	$0	
							$0

II SECTOR 2 - LA CUÑA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	
1	Retiro de la cuña	Malla metálica triple torsión, revestida PVC - recuperable	m2	925	$3.962	$3.666.315	
		Pernos de anclaje 1 " , L = 3.0 m. Hierro corrugado y figurado	ML	64	$66.000	$4.227.758	
		Cable de acero 1/4 " - recuperable	kg	267	$1.060	$282.918	
		Imprevisto por daños esperados a construcciones (3)	UN	3,0	$1.350.000	$4.050.000	
		Remoción de cuñas método artesanal	Gl	1,0	$11.250.000	$11.250.000	
		Transporte de material extraido	m3	200,0	$13.500	$2.700.000	
		Desabombe	m3	180,0	$35.000	$6.300.000	
		Protección superficial con biomanto	m2	925,0	$3.350	$3.098.750	
		Gancho	UN	134,0	$2.500	$335.000	
		Barrera viva - siembra de árboles	UN	31,0	$75.000	$2.325.000	
		Barrera viva - Escavación para siembra de árboles	m3	31,0	$4.100	$127.100	
							$38.362.841

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	
2	Anclaje	Desabombe (incluye transporte)	m3	20,0	$35.000	$700.000	
		Tendones de anclaje - perforación con recobro	ml	50,0	$263.578	$13.178.885	
		Tendones de anclaje - perforación sin recobro	ml	875,0	$171.899	$150.411.188	
		Tendones de anclaje - Suministro e instalación de cable	ml	868,0	$27.504	$23.873.264	
		Tendones de anclaje - inyección a presión	sacos	1240,0	$16.044	$19.894.386	
		Tendones de anclaje - inyección de llenado del tendón	sacos	455,7	$11.460	$5.222.276	
		Barrera viva - siembra de árboles	UN	16,0	$75.000	$1.200.000	
		Barrera viva - Excavación para siembra de árboles	m3	16,0	$4.100	$65.600	
							$214.545.600

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	
3	Aislamiento	Adquisición de predios (14)	m2	700,0	$97.222	$68.055.556	
		Adquisición de construcciones (10)	m2	540,0	$277.778	$150.000.000	
		Muro en gaviones de H + 4.0 m sección 2.0*1.0*1.0 m	m3	1800,0	$41.160	$74.088.000	
		Excavación muro en gaviones	m3	432,0	$4.100	$1.771.200	
		Barrera viva - siembra de árboles	UN	38,0	$75.000	$2.850.000	
		Barrera viva - Escavación para siembra de árboles	m3	83,6	$4.100	$342.760	
							$297.107.516

III SECTOR 3 - LA MORENA (*)

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	
1	Aislamiento	Muro en gaviones de H = 4.5 m	m3	385,0	$52.000	$20.020.000	
		Excavación para base de gaviones	m3	35,0	$4.100	$143.500	
		Barrera viva - siembra de árboles	UN	15,0	$75.000	$1.125.000	
		Barrera viva - Excavación para siembra de árboles	m3	16,5	$4.100	$67.650	
		Relleno sin compactar	m3	760,0	$15.000	$11.400.000	
		Barras de anclaje	m	560,0	$4.267	$2.389.489	
		Geotextil no tejido	m2	280,0	$4.653	$1.302.859	
		Concreto clase B (2.500 Psi) = 0.10 m	m3	34,7	$298.166	$10.331.458	
							$46.779.956

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	
2	Retiro de cuñas	Adquisición de predios	m2	350,0	$97.222	$34.027.778	
		Remoción de cuñas	m3	99,0	$19.800	$1.960.200	
		Transporte de material extraido	m3	99,0	$13.500	$1.336.500	
		Protección en concreto ciclópeo en la zona de arcillolita	m3	77,2	$147.158	$11.356.919	
		Barrera viva - siembra de árboles	UN	29,0	$75.000	$2.175.000	
		Escavación para siembra de árboles	m3	199,9	$4.100	$819.590	
							$51.675.986

IV SECTOR 4 - EROSIÓN Y FLUJOS ZONA DE LA BODEGA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	
1	Protección sup.	Desabombe	m3	110,0	$35.000	$3.850.000	
		Protección superficial con biomanto	m2	1104,5	$3.350	$3.699.985	
		Gancho	UN	160,0	$2.500	$400.000	
							$7.949.985

V SECTOR 5 - EROSIÓN Y FLUJOS ZONA DE LA TERRAZA

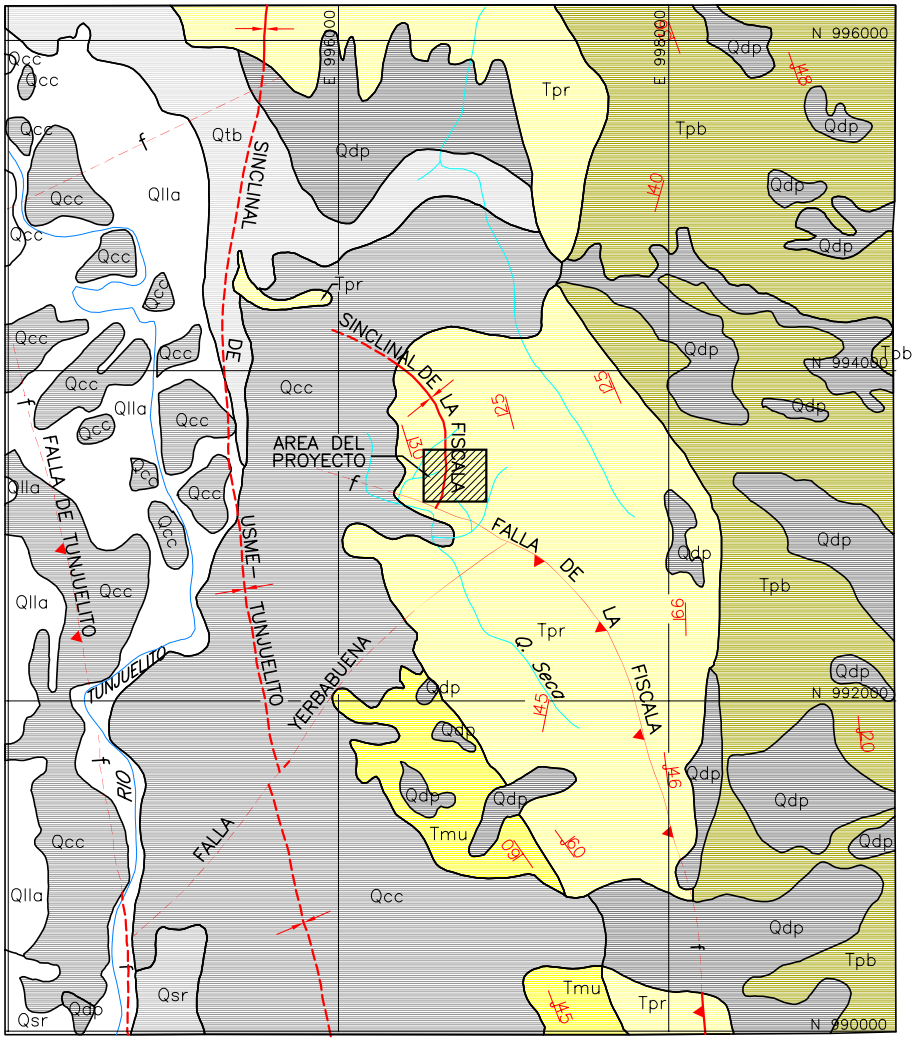
ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	
1	Protección sup.	Desabombe	m3	192,5	$35.000	$6.737.500	
		Protección superficial con biomanto	m2	1789,7	$3.350	$5.995.385	
		Gancho	UN	201,0	$2.500	$502.500	
							$13.235.385

VI SECTOR 6 - LA HERRADURA

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	
1	Aislamiento	Adquisición de predios (3) - H15, H17 Y H18	m2	216,0	$97.222	$21.000.000	
		Adquisición de construcciones (4) - H16, H29, H30 Y G30	m2	288,0	$277.778	$80.000.000	
		Muro en gaviones de H + 4.5 m nueva sección	m3	682,0	$52.000	$35.464.000	
		Excavación para base de gaviones	m3	82,0	$4.100	$336.200	
		Barrera viva - siembra de árboles	UN	19,0	$75.000	$1.425.000	
		Barrera viva - Excavación para siembra de árboles	m3	20,9	$4.100	$85.690	
		Relleno sin compactar	m3	1450,0	$15.000	$21.750.000	
		Barras de anclaje	ml	1098,0	$4.267	$4.685.105	
		Geotextil no tejido	m2	496,0	$4.653	$2.307.921	
		Concreto clase B (2.500 Psi) = 0.10 m	m3	61,4	$298.166	$18.301.440	
							$185.355.356

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	**TOTAL**
2	Retiro de cuñas	Adquisición de predios	m2	360,0	$97.222	$35.000.000	
		Adquisición de construcciones (3)	m2	180,0	$277.778	$50.000.000	
		Remoción de cuñas	m3	412,5	$19.800	$8.167.500	
		Transporte de material extraido	m3	412,5	$13.500	$5.568.750	
		Barrera viva - siembra de árboles	UN	37,0	$75.000	$2.775.000	
		Escavación para siembra de árboles	m3	37,0	$4.100	$151.700	
							$101.662.950

ALTERNATIVA #	NOMBRE	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	$/UNIDAD	SUBTOTAL	**TOTAL**
3	Malla y mortero	Desabombe	m3	5,0	$35.000	$175.000	
		Malla metálica triple torsión, revestida PVC	m2	2600,0	$9.906	$25.755.860	
		Recubrimiento en mortero lanzado e = 0.03 m	m2	600,0	$38.500	$23.100.000	
		Pernos de anclaje 1 " , L = 3.0 m. Hierro corrugado y figurado	ML	180,0	$66.000	$11.880.000	
		Cable de acero 1/4 "	kg	750,0	$2.650	$1.987.500	
		Alambre de púas	ml	130,0	$6.272	$815.360	
							$63.713.720



GEOLOGIA GENERAL PLANTA

LEYENDA

CUATERNARIO

- Qsr — DEPOSITOS DE SUELO RESIDUAL: PREDOMINANTEMENTE DE COMPOSICION ARCILLOSA
- Qlla — DEPOSITOS DE LLANURA ALUVIAL DE INUNDACION CONSTITUIDOS POR LIMOS ARCILLOSOS
- Qdp — DEPOSITOS DE COLUVION: BLOQUES Y GUIJOS DE ARENISCA CON MATRIZ FINO–ARCILLOSA
- Qtb — DEPOSITOS FLUVIO–LACUSTRES: PREDOMINANTEMENTE DE COMPOSICION LIMO–ARCILLOSA
- Qcc — DEPOSITOS DE COMPLEJO DE CONOS DE DEYECCION: BLOQUES, GUIJARROS, LIMOS, GRAVAS, ARENAS, Y ARCILLAS EN PROPORCIONES VARIABLES.

TERCIARIO

- Tmu — FORMACION USME: ARCILLOLITAS ARCILLO–ARENOSAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS.
- Tpr — FORMACION ARENISCAS DE LA REGADERA: ARENISCAS CON INTERCALACIONES DE ARCILLOLITAS.
- Tpb — FORMACION BOGOTA: ARCILLLOLITAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCA.

SIMBOLOS

- CONTACTO LITOLOGICO DEFINIDO
- FALLA DEFINIDA
- FALLA DE CABALGAMIENTO
- FALLA CUBIERTA
- EJE DE SINCLINAL
- EJE DE SINCLINAL CUBIERTO
- 25° RUMBO Y BUZAMIENTO DE LA ESTRATIFICACION.
- 46° RUMBO Y BUZAMIENTO INVERTIDO DE LA ESTRATIFICACION.

FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTA D.C.

FUENTE: INGEOMINAS

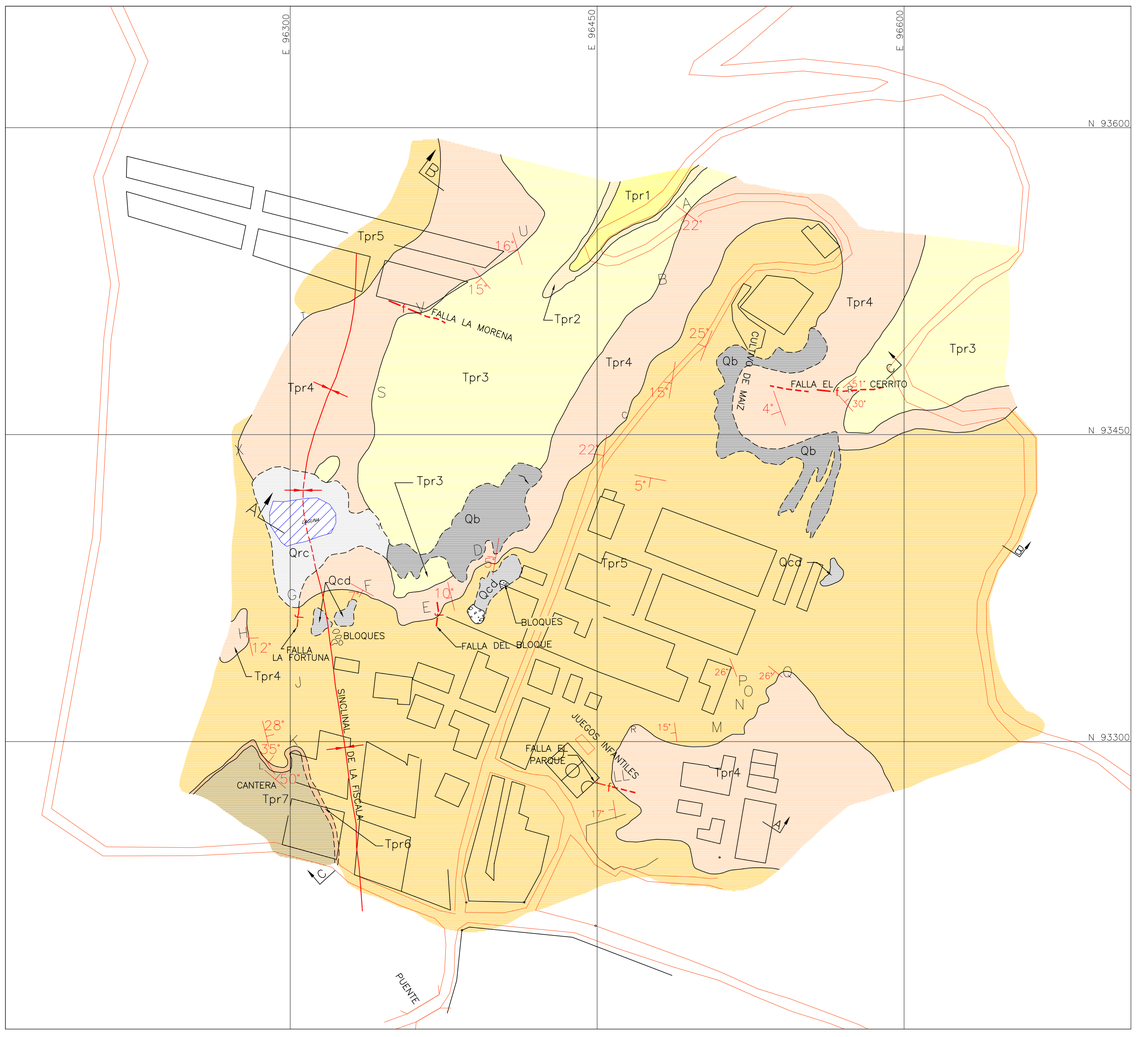
ELABORO: CONSORCIO GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A.

INTERVENTORIA: ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS A.G.C. LTDA.

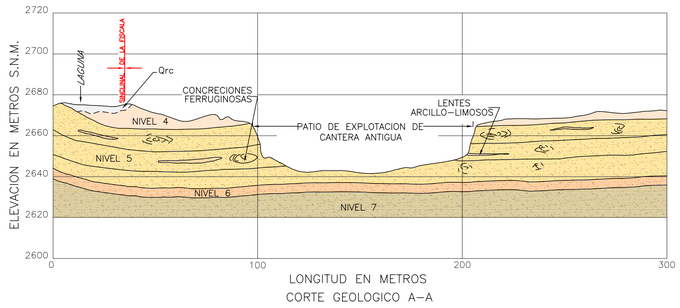
PROYECTO LA FISCALA
CONTRATO G768–90/98

GEOLOGIA REGIONAL

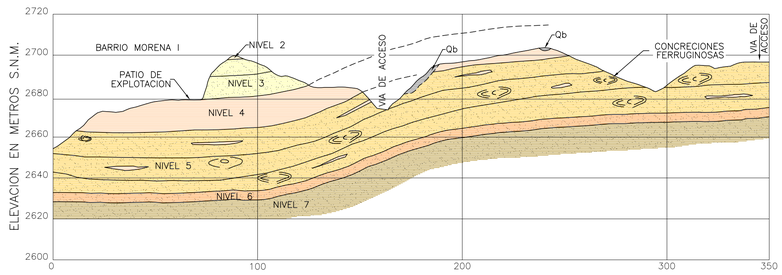
DISEÑO: H. G.	DIBUJO: A. L. V.	FECHA: ENERO / 1999	1 : 25000
REVISO: G. R.		FECHA: ENERO / 1999	
APROBO: L. F. E. / M. A. R.		FECHA: ENERO / 1999	PLANO: 1 DE 9
Vo. B INTERVENTORIA: ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS A.G.C. LTDA.		FECHA: ENERO / 1999	ARCHIVO: PL01.DWG


E 96300
E 96450
E 96600
N 93600
N 93450
N 93300
Tpr1
Tpr2
Tpr3
Tpr4
Tpr5
Tpr6
Tpr7
Qb
Qrc
Qcd
FALLA LA MORENA
FALLA EL CERRITO
FALLA LA FORTUNA
FALLA DEL BLOQUE
FALLA DEL PARQUE
SINCLINAL DE LA FISCALA
CANTERA
BLOQUES
JUEGOS INFANTILES
PUENTE
CUCHILLO DE MAIZ
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
E
F
G
H
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
X
Y

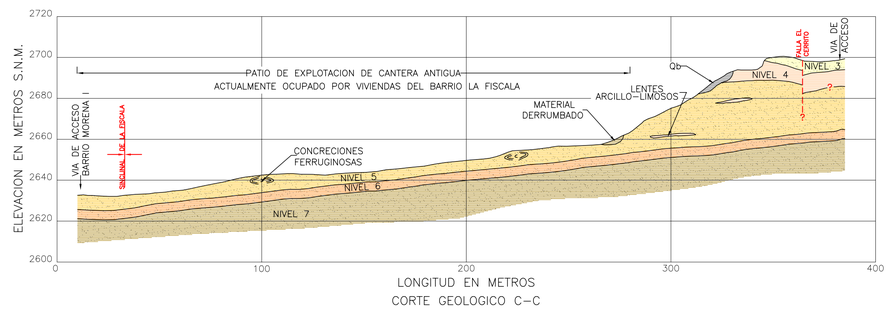
GEOLOGIA EN DETALLE PLANTA



LONGITUD EN METROS
CORTE GEOLOGICO A–A



LONGITUD EN METROS
CORTE GEOLOGICO B–B



LONGITUD EN METROS
CORTE GEOLOGICO C–C

LEYENDA GEOLOGICA

CUATERNARIO

- Qrc — ESCOMBROS DE CANTERA: MATERIALES REMOVIDOS DE COMPOSICION ARCILLOSA A ARCILLO–ARENOSA.
- Qcd — DEPOSITOS DE CONO DE DEYECCION: FRAGMENTOS DE ARENISCA Y MATERIAL DE COMPOSICION ARENO–ARCILLOSA.
- Qb — DEPOSITOS DE BOTADERO: FRAGMENTOS DE ARENISCA Y MATERIAL FINO ARENO–ARCILLOSO.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL SECTOR DE LA FISCALA Y MORENA I
FORMACION REGADERA (Tpr)

TERCIARIO — Tpr

NIVEL	DESCRIPCION
1	ARENISCA DE COLOR HABANO, GRANO FINO A MEDIO, FRIABLE.
2	ARCILLOLITA ABIGARRADA.
3	ARENISCA DE COLOR BLANCO CON TONOS ROJIZOS POR OXIDACION, GRANO FINO A MEDIO, EN SECTORES CONGLOMERATICOS HACIA LA BASE, ARCILLOSA, FRIABLE A MUY FRIABLE.
4	ARCILLOLITA ABIGARRADA CON VARIACION A LIMOLITA.
5	ARENISCA DE COLOR GRIS CLARO A BLANCO, CON TONOS ROJIZOS, AMARILLOS Y OCRES POR OXIDACION, GRANO MEDIO A FINO, EN SECTORES GRUESO A MUY GRUESO, ARCILLOSA, CON ESTRATIFICACION CRUZADA, EN GENERAL MASIVA, CON CONCRECIONES DE DE OXIDOS Y LENTES DE ARCILLOLITA.
6	ARCILLOLITA ABIGARRADA.
7	ARENISCA DE COLOR AMARILLO, GRANO FINO A MEDIO, ALGO ARCILLOSA.

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- CONTACTO LITOLOGICO DEFINIDO.
- CONTACTO LITOLOGICO INTERRUMPIDO LOCALIZADO APROXIMADAMENTE.
- EJE DE SINCLINAL.
- EJE DE SINCLINAL CUBIERTO.
- 50° — RUMBO Y BUZAMIENTO DE LOS ESTRATOS.
- f — FALLA GEOLOGICA DEFINIDA.
- A — A — CORTE GEOLOGICO
- A, B, C. — PUNTOS DE CONTROL GEOLOGICO LOCALIZADOS MEDIANTE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

CONVENCIONES

- VIA
- LAGUNA

FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTA D.C.

FUENTE: CONSORCIO GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A.

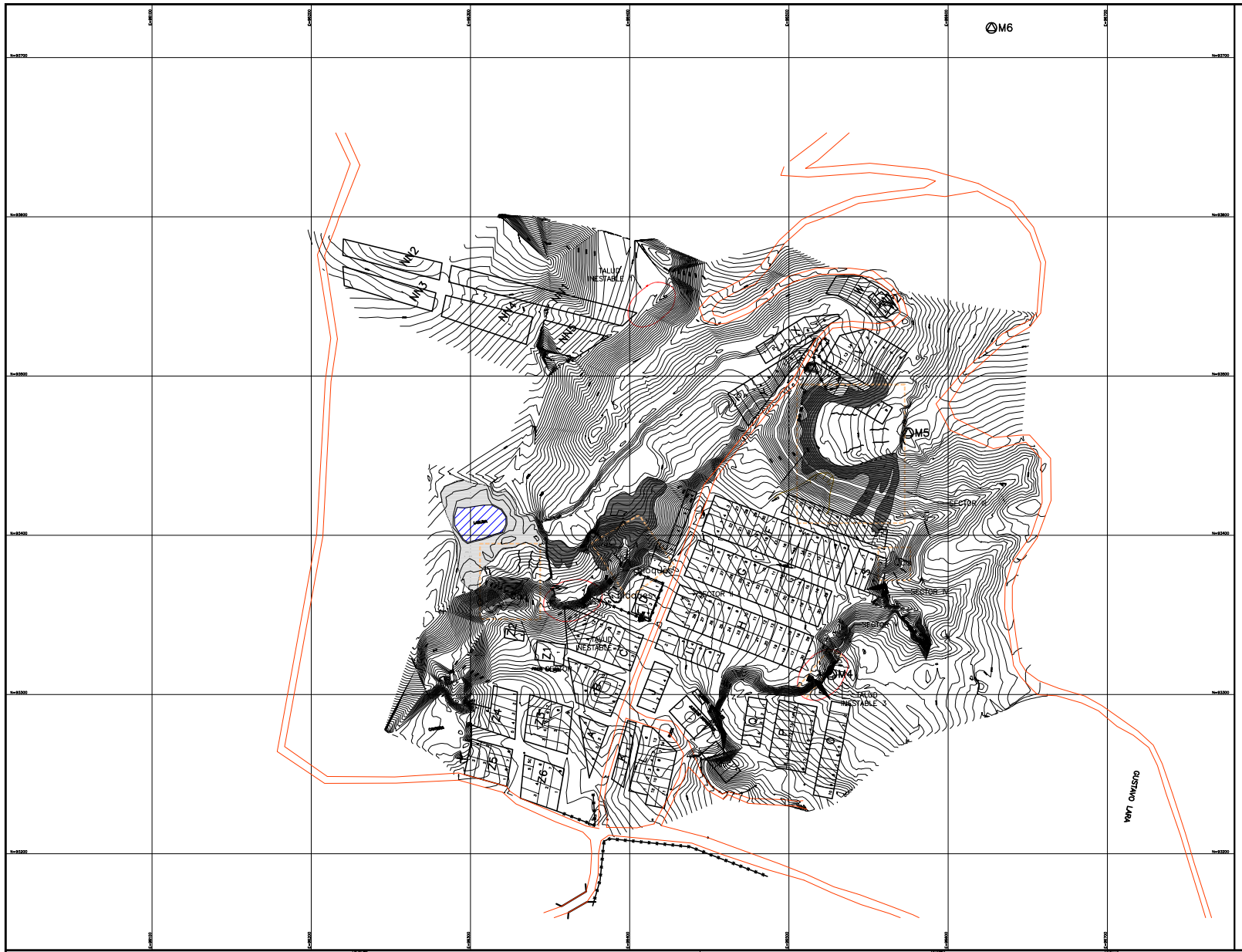
ELABORO: CONSORCIO GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A. — GEOTECNIA & CIMENTACIONES — PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A. INGENIEROS CONSULTORES

INTERVENTORIA: ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS A.G.C. LTDA.

PROYECTO LA FISCALA
CONTRATO G768–90/98

PLANTA GEOLOGICA Y CORTES

DISEÑO: H. G.	DIBUJO: A. L. V.	FECHA: ENERO / 1999	0 50 m — 1 : 1250
REVISO: G. R.		FECHA: ENERO / 1999	
APROBO: L. F. E. / M. A. R.		FECHA: ENERO / 1999	PLANO: 2 DE 9
Vo. Bo INTERVENTORIA: ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS A.G.C. LTDA.		FECHA: ENERO / 1999	ARCHIVO: PL02.DWG



LEYENDA

CUATERNARIO

ESCOMBROS DE CANTERA: MATERIALES REMOVIDOS DE COMPOSICION ARCILLOSA A ARCILLO–ARENOSA.

DEPOSITOS DE CONO DE DEYECCION: FRAGMENTOS DE ARENISCA Y MATERIAL DE COMPOSICION ARENO–ARCILLOSA.

DEPOSITOS DE BOTADERO: FRAGMENTOS DE ARENISCA Y MATERIAL FINO ARENO–ARCILLOSO.

SIMBOLOS

TALUD CRITICO CON DIACLASAS MUY ABIERTAS, BLOQUES RELAJADOS Y FORMACION DE CUÑAS DE ROCA.

SECTOR CON PROCESOS DE EROSION.

DESLIZAMIENTO ANTIGUO.

SURCOS y/o CARCAVAS.

CONVENCIONES

- VIA
- PUENTE
- LAGUNA
- CERCA
- MALLA
- M6 MOJON
- MANZANA
- LOTE

FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTA D.C.

FUENTE: CONSORCIO GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A.

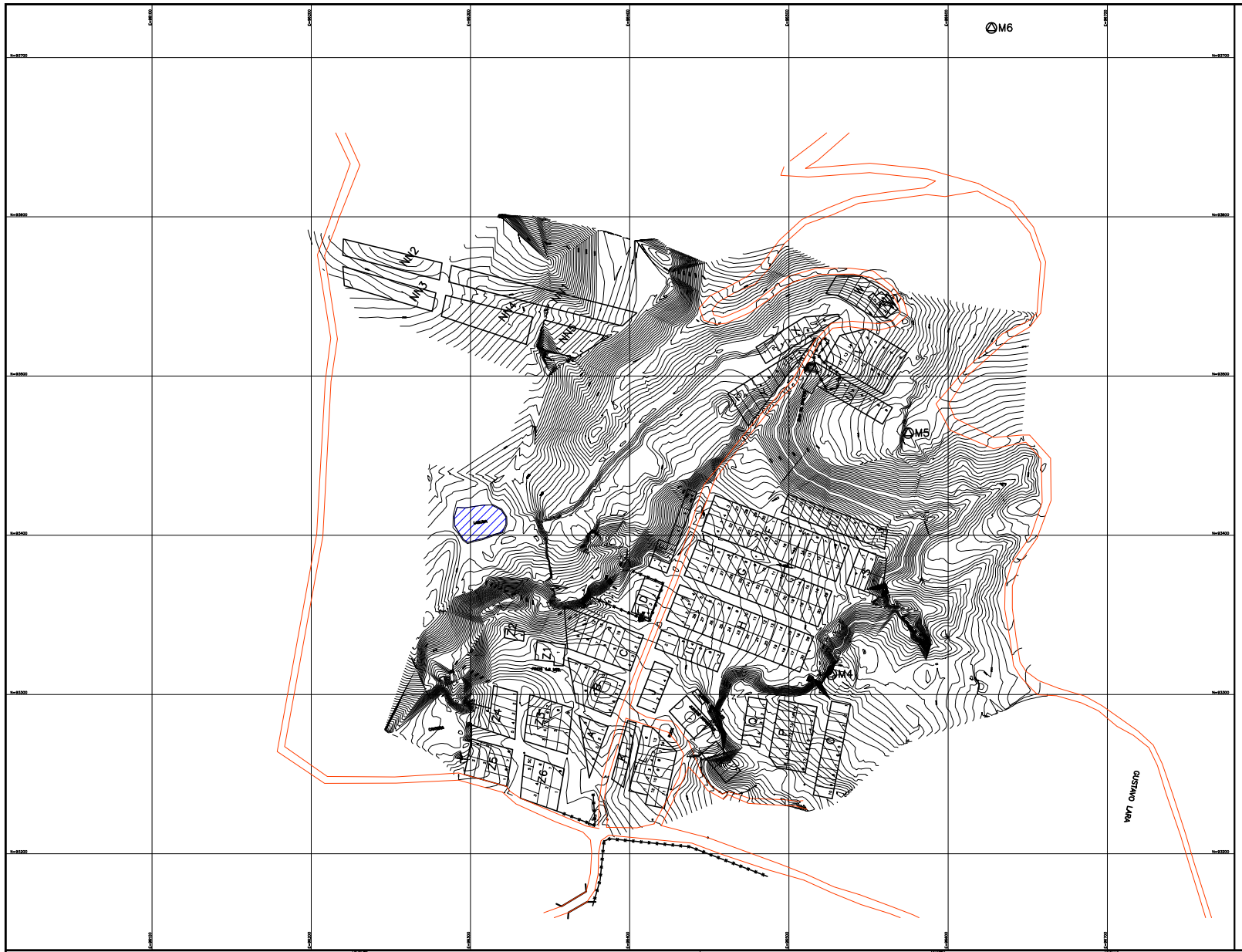
ELABORO: CONSORCIO GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A. GEOTECNIA & CIMENTACIONES

INTERVENTORIA: ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS A.G.C. LTDA.

PROYECTO LA FISCALA
CONTRATO G768–90/98

MAPA DE PROCESOS

DISEÑO: H. G.	DIBUJO: A. L. V.	FECHA: ENERO / 1999	1 : 1000
REVISO: E. O. H.		FECHA: ENERO / 1999	
APROBO: L. F. E. / M. A. R.		FECHA: ENERO / 1999	PLANO: 3 DE 9
Vo. B INTERVENTORIA: ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS A.G.C. LTDA.		FECHA: ENERO / 1999	ARCHIVO: PL03.DWG



COORDENADAS MOJONES

MOJON	NORTE	ESTE	COTA
	m	m	msnm
M4	93.312.64	96.526.68	2.667.01
M5	93.464.12	96.574.90	2.694.87
M6	93.718.54	96.627.25	2.747.38

CONVENCIONES

- VIA
- PUENTE
- LAGUNA
- CERCA
- MALLA
- M6 MOJON
- MANZANA
- LOTE

FONDO DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTA D.C.

FUENTE: CONSORCIO GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A.

ELABORO: CONSORCIO GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. PONCE DE LEON Y ASOCIADOS S.A.

INTERVENTORIA: ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS A.G.C. LTDA.

PROYECTO LA FISCALA
CONTRATO G768-90/98

PLANTA BASE
Y LOCALIZACION DE MOJONES

DISEÑO: N. S. y J. I. O.	DIBUJO: A. L. V.	FECHA: ENERO / 1999	1 : 1000
REVISO: E. O. H.		FECHA: ENERO / 1999	
APROBO: L. F. E. / M. A. R.		FECHA: ENERO / 1999	PLANO: 4 DE 9
Vo. B INTERVENTORIA: ANALISIS GEOTECNICOS COLOMBIANOS A.G.C. LTDA.		FECHA: ENERO / 1999	ARCHIVO: PL04.DWG