000001

E-133

JULIAN SANCHEZ

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO

LOTE

CRA 4 No 165 - 24 SANTA CECILIA BAJA NORTE

SANTA FE DE BOGOTA, D.C

INGENIERO EMILIANO CRUZ TORO
MAT No 19202-05532 S.C.I

SANTAFE DE BOGOTA, D.C., ENERO DE 1996

40

000002

Daf 19202-05532
S.C.I

CONTENIDO

	Pag.
1. Introducción	1
1.1 Metodología	1
1.2 Localización	1
1.3 Vias de Acceso	3
2. Aspectos Generales	3
3. Geología	3
3.1 Estratigrafía	3
3.1.1 Grupo Guadalupe	5
3.1.1.1 Formación Arenisaca Dura (Ksd)	5
3.1.1.2 Formación Plaeners (Kspl)	5
3.1.1.3 Formación Labor y Tierna	6
3.1.2 Coluviones	6
3.2 Geología Estructural	7
3.2.1 Falla Usaquen	7
3.2.2 Falla Alto del Cabo	7
3.2.3 Falla Teusacá	8
3.2.4 Falla Santa Bárbara	8
3.2.5 Diaclasas	8
4. Geomorfología	8
5. Geología Económica	9
6. Exploración y Ensayos	10
6.1 Generalidades	10
6.2 Ensayos de Laboratorio	10
6.3 Características Geomecánicas	12
6.3.1 Ensayos de Clasificación	12
6.3.1.1 Limites de Atterberg	12
6.3.1.2 Granulometría	12
6.3.1.3 Dispersividad (PIN HOLE TEST)	12
6.3.2 Ensayos de Resistencia	15
6.3.2.1 Resistencia al Corte	15
6.3.2.1.1 Resistencia del material granular	15
6.3.2.1.2 Resistencia del material rocoso	15

7. Morfología Topográfica 19

7.1 Generalidades del Mapa de Pendientes 19
7.2 Expresión Topográfica del Terreno 19

8. Análisis Preliminar del Macizo Rocoso 21

8.1 Análisis Cinemático de Estabilidad 21

8.1.1 Recolección de Datos Estructurales 21
8.1.2 Análisis preliminar de los datos estructurales para establecer las diferentes familias de discontinuidades. 22
8.1.3 Análisis Estructural 23
8.1.4 Análisis Preliminar de Estabilidad del Macizo Rocoso. 23

8.2 Análisis Estático de Estabilidad 27

9. Posibles Causas de Deslizamiento 27

10. Recomendaciones 28

10.1 Generalidades 28
10.2 Medidas Correctivas 29

11. Conclusiones 32

Bibliografia 33

Anexo 1. Cálculos de Estabilidad y Factores de seguridad

1. INTRODUCCION

El presente informe corresponde a la cartografía geológica de un área de 2,5 Kilómetros cuadrados, a escala 1:50, ubicada a NE de Santafé de Bogotá.

A partir de éste se pretende establecer las características geotécnicas de la zona, para lo cual se describen las características texturales y estructurales de las rocas aflorantes (Formación Labor y Tierna).

1.1. METODOLOGIA

El trabajo se inició con la recolección de información de campo, que se llevó a cabo en dos comisiones.

Se efectuó el reconocimiento previo de las unidades litoestratigráficas a diferenciar, posteriormente se cartografió y se establecieron relaciones estructurales entre las unidades.

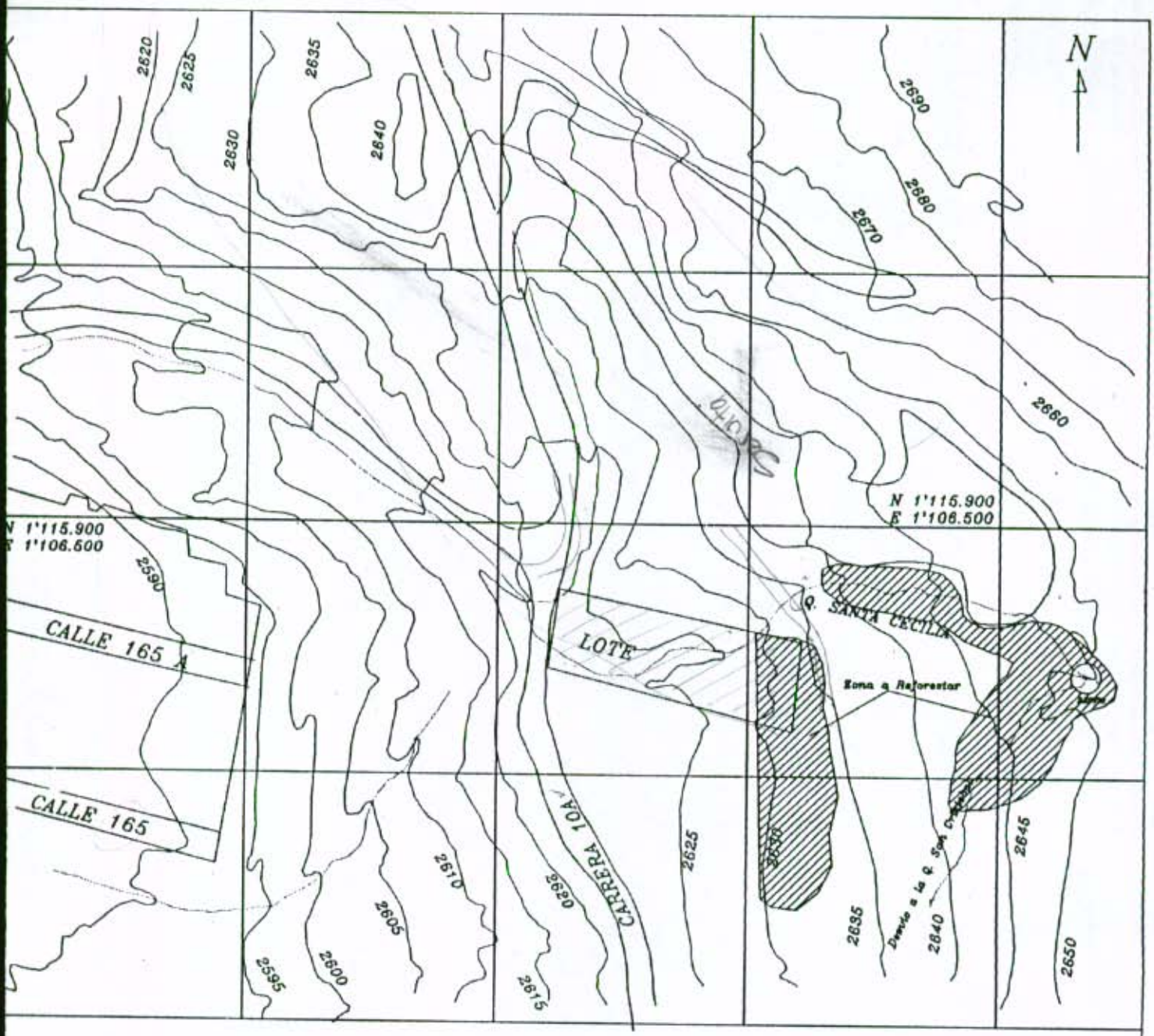
Para finalizar se analizaron los datos recogidos y se elaboró el presente informe.

1.2. LOCALIZACION

El área de trabajo se encuentra localizada al noreste de Santafé de Bogotá, está limitada dentro de las coordenadas planas de Gauss con origen en Bogotá así:

PUNTO 1	X=	115.882,6
	Y=	106.426,7
PUNTO 2	X=	115.860,4
	Y=	106.524,3
PUNTO 3	X=	115.825,5
	Y=	106.521,6
PUNTO 4	X=	115.852,8
	Y=	106.425,5

Políticamente corresponde al departamento de Cundinamarca, en jurisdicción de Santafé de Bogotá. El área se encuentra ubicada al norte de la parcelación Santa Cecilia (Fig. 1).



TOMADO DE LAPLANCHA F45A DEL
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CATASTRO
DISTRITAL (DCD)

Figura No. 1

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO
LOCALIZACION DEL LOTE
LOTE Cra. 4 No. 165-24 Santa Cecilia Baja Norte

1.3. VIAS DE ACCESO

La principal vía de acceso es la carretera pavimentada que del centro de Bogotá se comunica con los barrios del Noreste "autopista norte". Le sigue la carrera septima y finalmente la calle 165A.

2. ASPECTOS GENERALES

El área corresponde al valle de la quebrada Santa Cecilia en donde la mayor altura es de 2.650 m. y la menor de 2.619 m.

La clasificación del clima para esta región es frio humedo con lluvias moderadas durante todo el año.

En el área de estudio por lo general el Grupo Guadalupe presenta una infiltración potencial media anual de 7.99 X10 m/año, sin embargo, la infiltración real puede ser menor debido a la intensidad de las lluvias que contribuyen a aumentar la escorrentía, máximo cuando existen pendientes pronunciadas que hacen que la escorrentía superficial sea rápida y la rata de infiltración mínima.

En general el área presenta un caudal máximo de 33m /seg. y uno mínimo de 8.6m /seg. y un caudal promedio de salida de 32m /seg., la evaporación media anual varía entre 855 mm. y 1091.3 mm., presentando una precipitación promedio de 1.000 mm./año, dándose la mayor en época de lluvias (abril-mayo y octubre-noviembre).

3. GEOLOGIA

3.1. ESTRATIGRAFIA

El área de estudio localizada al NE de Santafé de Bogotá (parcelación Santa Cecilia), corresponde a un sector del flanco occidental del anticlinal Bogotá, en el cual aflora parte del Cuadalupe superior, localmente cubierta por coluviones. (Figura No. 2).



arenisca de grano muy variable que llega hasta muy grueso, con estratificacion cruzada.

arcillitas, capas silicias y areniscas en capas delgadas (16m. tapados)
arenisca
arcillitas abigarradas
areniscas en bancos gruesos.
arcillitas verdosas
areniscas en capas gruesas
(cubierto)

areniscas de grano fino a medio en capas de 20cm. a 2m.

areniscas finisimas y lutitas

arcillas y capas silicias alternando; con los terminos de transito entre los dos extremos; todo el conjunto muy finamente estratificado

arenisca en capas de 20cm. a 2m.
nivel blando (cubierto)
arenisca en capas gruesas.
arcillas y capas silicias y alguna capa de arenisca finisima
arenisca blanca de grano fino con tinciones de limolita, en capas gruesas
arenisca en capas de 5cm. a 2m. de grrano fino a medio, con intercalaciones de arcillas de unos cm.

Arenisca Tierna

Nivel blando que separa las areniscas Tierna y de Labor.

Arenisca de Labor

Nivel de Plaeners

Arenisca Dura

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO

COLUMNA ESTRATIGRAFICA
CUADALUPE SUPERIOR

LOTE
Cra. 4 No. 165-24 Santa Cecilia Baja Norte

FIGURA No. 2

3.1.1. GRUPO GUADALUPE

El grupo Guadalupe fue definido por Hettner en 1.892 y redefinido por Hubach E. (1.957) y Renzoni, G. (1.968). Comprende una parte inferior, predominantemente lutítica, y una parte superior predominantemente arenosa, en la cual se distinguen tres niveles que de abajo a arriba son: Formación Arenisca Dura, Formación Plaeners y Formación Arenisca Tierna, aunque también se ha citado la existencia de otra arenisca, Arenisca Labor (Hubach, 1.957. Tomado de Bol. Geol. U.I.S. No.8, 1.961). (Plano No. 2).

3.1.1.1. FORMACION ARENISCA DURA (Ksd)

Definida por Hubach E., 1.931. Se encuentra conformando los cerros de la parte oriental y suroriental de la Sabana de Bogotá presentando un espesor que varía entre 430 m. y 460 m. en los flancos del anticlinal de Choachí.

Esta unidad está constituida por areniscas cuarzosas de colór blanco, de grano fino a muy fino subredondeado, bien seleccionadas y compactas. Presenta esporádicas intercalaciones de limolitas silíceas gris claro, en capas de 3 cm. a 10 cm. y arcillolitas gris claro, laminadas en bancos hasta de 5 m.

Su contacto con la suprayacente Formación Plaeners es neto, mientras que su contacto inferior con la Formación Chipaque es gradual (Julivert M. 1.963. Tomado de Zonificación Geotécnica del Distrito Especial de Bogotá, Ingeominas, 1.968).

3.1.1.2. FORMACION PLAENERS (Kspl)

Definida por Hubach E. (1.931) y redefinida por Renzoni G. (1.968). Aflora en los flancos de los anticlinales de Bogotá y Cheba.

Presenta tres conjuntos: uno inferior constituido por limolitas silíceas gris claras, ricas en Siphogenerinoides en capas de 2 cm. a 10 cm., con delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas. Su espesor medido en la quebrada Carrizal, al oeste del cerro La Cruz, es de 45 m. (bibl. no.8)

El conjunto medio consta de intercalaciones de arenisca o limolitas silíceas y limolitas negras o arcillolitas en bancos de 5 m. a 20 m. de espesor. Estas areniscas son cuarzosas, de grano fino a muy fino, bien seleccionadas, compactas y con estratificación muy delgada a maciza; mientras que las arcillolitas de color gris amarillento a gris verdoso cuando están frescas y rojizas cuando están alteradas, son blandas en algunos sectores y en otros muy

duras, compactas y con fractura concoidea, alcanzando un espesor de 117 m. en la quebrada Carrizal y 70 m. en la quebrada Calderón (bibl. no.8).

El conjunto superior está constituido por limolitas silíceas y arcillolitas duras a blandas en capas delgadas (de 2 cm. a 10 cm.) con intercalaciones de areniscas de grano muy fino, gris amarillentas, ricas en Siphogenerinoides y restos de peces, alcanzando un espesor de 46 m. en el sector de Terreros.

3.1.1.3. FORMACION LABOR Y TIERNA (Ksglt)

Definida por Renzoni G., 1.968. Aflora al NE y S de la Sabana de Bogotá, Haciendo parte del flanco occidental del anticlinal de Bogotá y del flanco occidental del sinclinal de Usme-Tunjuelito.

Constituida por dos conjuntos: uno inferior, conformado por areniscas blancas a gris claras, cuarzosas, de grano fino a grueso subangulares a subredondeadas, de selección moderada a buena, y friables a duras; Hacia el tope de este conjunto se presenta un paquete de lodolitas silíceas; su espesor es de 150m. en el flanco oriental del anticlinal de Bogotá y corresponde a lo denominado por algunos autores como Arenisca Labor.

El conjunto superior está constituido por areniscas cuarzo-feldespáticas de grano medio a conglomerático, ligeramente duras a friables, con estratificación cruzada en capas de 20 cm. a 3m., con delgadas capas de arcillolita gris clara.

El espesor total de la unidad es de 220 m. en los sectores de las quebradas La vieja y el Higuerón, y en la carretera Bogotá-Choachí (Perez, G. y Salazar, A., 1.971. Tomado de bibl. no.1)

En el área de estudio aflora esta unidad presentando paquetes de 1 m. a 2 m. de espesor de arcillolitas y lodolitas grises, amarillas y rojizas, en láminas y capas delgadas, con algunos niveles de areniscas cuarzosas de grano muy fino, suprayacidas por bancos de hasta 3 m. de arenisacas cuarzo-feldespáticas de grano fino a grueso con delgadas intercalaciones de arcillolitas grises con contactos ondulados paralelos.

La roca está muy diaclasada con evidencia de fricción (espejos de falla).

.1.2. COLUVIONES

stos depósitos son el producto de la fracturación y el arrastre ue han sufrido los paquetes de roca de la Formación Labor y ierna, que por lo general se originan por el intenso iaclasamiento y la alta pendiente, que facilita su movimiento por ravedad.

ste se ve aumentado por los drenajes de corrientes efímeras que sentuan la erosión.

ste es matriz-soportado, con predominio clastos angulares compacto-elongados a compactos, de hasta 6 cm. de diámetro mayor; aunque se presentan algunos clastos con diámetros de 40-50 cm. de diámetro mayor angulares y compactos. Dada su composición granulométrica y poca compactación presentan alta permeabilidad y comportamiento geotécnico muy pobre.

3.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La zona se encuentra ubicada dentro del bloque Oriental Anticlinal de Bogotá- Usaquén, que es una estructura asimétrica y estrecha con orientación NS a NE-SW, afectada en su núcleo por la falla inversa del Alto del Cabo y en su flanco occidental por la falla inversa de Bogotá. En el NE de Santafé de Bogotá esta estructura se conoce como anticlinal de Usaquén, con dirección N-S y con su flanco occidental normal, aunque existen inversiones parciales. Transversal al eje de la estructura y a las fallas mencionadas, el bloque ha sido afectado por fallas con desplazamiento lateral importante, tales como las fallas de Santa Bárbara, Usaquén y Torca.

Aunque dentro de este bloque se pueden diferenciar cuatro zonas tectónicamente diferentes, en este trabajom solo nos referiremos a la zona norte por ser la que directamente esta afectando.

La zona norte, se encuentra limitada hacia el sur por la falla de Usaquén, al occidente por la falla del Alto del Cabo y al Oriente por la falla de Teusacá. Se caracteriza por presentar pliegues anticlinales y sinclinales amplios en su sector central y estrechos e invertidos en sus bordes oriental y occidental. (Plano No. 2).

3.2.1. FALLA DE USAQUEN

Es una falla con movimiento lateral que desplaza el sistema NE-SW, con una zona de influencia que va entre los 50 m. y 100 m.

3.2.2. FALLA ALTO DEL CABO

Falla inversa que buza al oriente y fractura al anticlinal en su núcleo. La presencia de suelos residuales y coluviones a lo largo de su traza se atribuye al fracturamiento intenso de las rocas.

3.2.3. FALLA TEUSACA

Es una falla inversa con rumbo N30E que buza hacia el occidente, sa lo largo de rio Teusacá, que pone en contacto a la Formación Labor y Tierna con Guaduas. Su zona de influencia, por ser una falla de cabalgamiento, se estima superior a los 100 m.

3.2.4. FALLA SANTA BARBARA

Presenta un desplazamiento lateral importante de unos 800 m., con una orientación aproximada E-W a NE-SW. Zona de influencia 50 m. a 100 m.

3.2.5. DIACLASAS

En general la zona presenta un intenso diaclasamiento, observandose dos patrones preferenciales con direcciones N 20-30 W y N 50-60E, sin embargo, no existe una marcada diferencia.

Estas diaclasas por lo general son cerradas (cuando presentan abertura, es muy pequeña), continuas, con tamaño desde centimetros hasta algunos metros (6 metros), contactos lisos, con preferencia de alto angulo.

Se realizó un control sobre estas diaclasas para tratar de establecer alguna relación con la geologia estructural que enmarca la zona y que por consiguiente la afecta.

Así mismo, se establecieron familias de diaclasas, de acuerdo a un diagrama de densidad de polos, en el cual se observa un porcentaje mayor correspondiente a 12%, con una dirección NE y de ángulo alto.

4. GEOMORFOLOGIA

Esta zona se caracteriza por ser de una topografía ondulada con pendientes entre 30 y 45 grados, que pertenece a un sistema de drenajes subparalelos, con interfluvios suavizados. Rocas finogranulares, moderadamente duras a friables, meteorizadas, que presentan mal desarrollo de suelos, con erosión de tipo abarrancamiento, la cual se ve aumentada por la presencia de drenajes, produciendose en época de lluvias el arrastre de las partículas finas de los estratos superficiales, que favorece los despegues y hundimientos que dejan al descubierto niveles arcillo-arenosos, más susceptibles a la erosión.

El papel de la erosion y la gravedad están muy ligados, no solo por la influencia en La Sabana de una tectónica gravitativa, sino, por la modificación que ejerce la gravedad en estructuras en cuya formación han intervenido otras causas.

La gravedad actua localmente favorecida por la pendiente de los estratos gracias a que la erosión ha creado unas condiciones topográficas adecuadas.

5. GEOLOGIA ECONOMICA

ARENAS

Arenas para construcción se obtienen de las arenitas de la Formación Labor y Tierna, en los sitios donde su homogeneidad y facilidad de extracción lo permiten.

La arenisca Tierna de grano más grueso, pero más friable es la única que se explota como arena, auque no todas sus capas son aptas. De la arenisca Labor se extraen grandes bloques usados para la construcción, por presentarse en bancos gruesos con diaclasamiento espaciado; aunque también puede llegar a utilizarse como triturado.

6. EXPLORACION Y ENSAYOS

6.1 GENERALIDADES

Basados en los Mapas geológico y geomorfológico, se realizó una zonificación preliminar del área de localización del lote de estudio. A partir de la cual se programaron 4 apiques a una profundidad de 2.0 m. distribuidos en sitios críticos de posibles deslizamientos.

La finalidad de estos apiques fue la de muestrear los materiales superficiales, con el fin de obtener rangos Geomecánicos de densidad y resistencia de los suelos, así como su variabilidad espacial en el área estudiada.

Se obtuvieron 4 muestras alteradas y 3 inalteradas, las cuales se analizaron para identificar sus propiedades indice.

6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las diferentes muestras recuperadas durante la etapa de exploración fueron llevas al laboratorio de suelos, donde se realizaron los siguientes ensayos. El resumen de resultados se encuentra en la Tabla No. 1

- 7 Humedades Naturales
- 4 Límites Líquido y Plástico
- 2 Granulometrías por tamizado
- 6 Pesos Unitarios parafinados
- 2 Pesos específicos de sólidos
- 2 Dispersividad (PIN HOLE TEST)
- 7 ensayos de Carga Puntual
- 3 Corte directo

6.3 CARACTERISTICAS GEOMECANICAS DE LOS MATERIALES SUPERFICIALES

6.3.1 ENSAYOS DE CLASIFICACION

6.3.1.1 LIMITES DE ATTERBERG.

Los ensayos de laboratorio muestran que la mayor parte de los materiales de la zona estudiada presentan características de baja plasticidad lo cual indica que es una zona de alta erodabilidad. Sin embargo se encontraron algunos casos de suelos que presentan características de plasticidad alta provenientes de lutitas trituradas y tamizadas. Se determinó experimentalmente que el límite líquido oscila entre 34 y 55% mientras que el índice plastico fluctua entre 12 y 28%. (Figura No. 3) Carta de plasticidad.

6.3.1.2 GRANULOMETRIA.

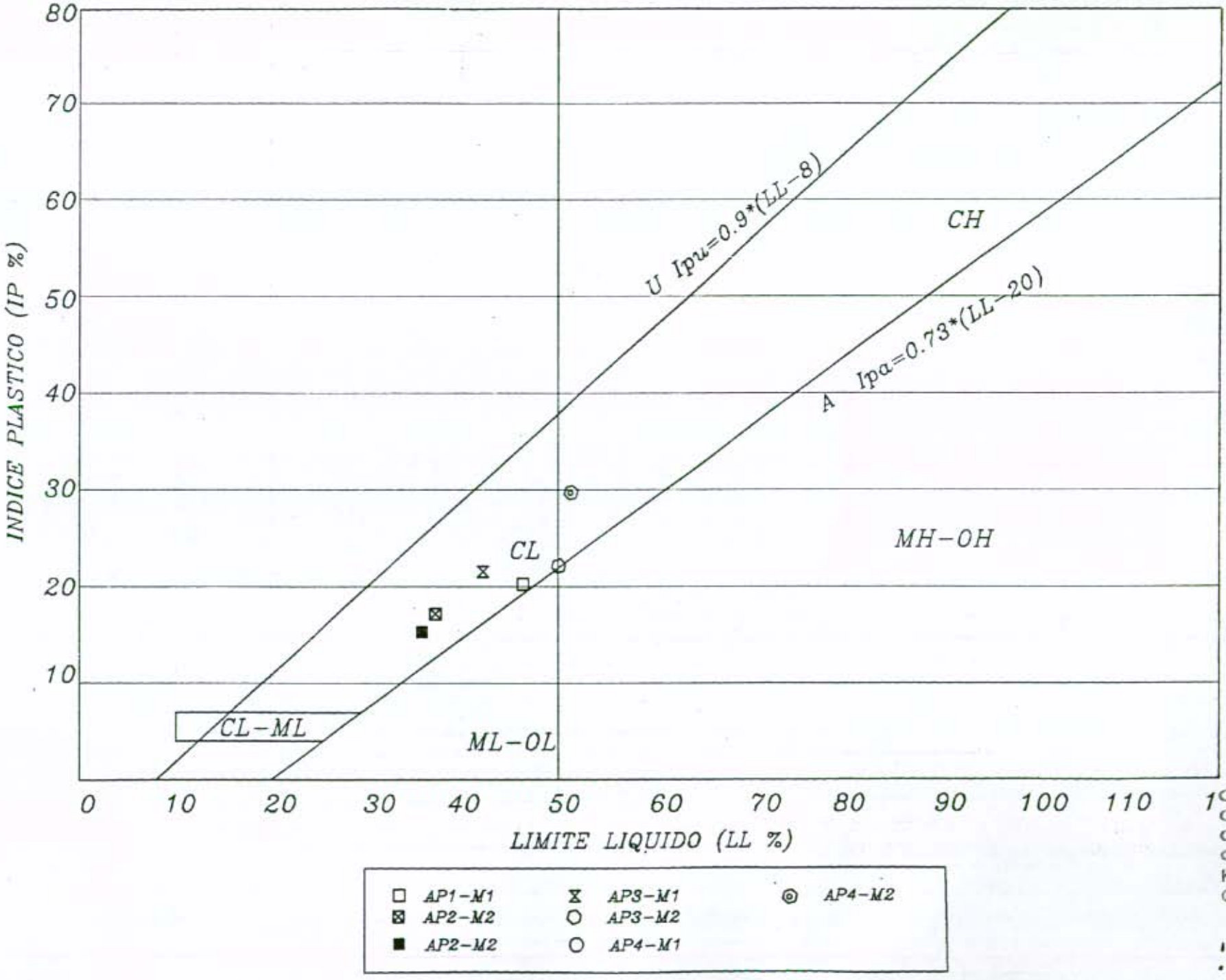
El método utilizado para representar las características de tamano de un suelo dado, consiste en dibujar una curva granulométrica, estando en las ordenadas el porcentaje en peso de suelo seco que tiene un tamano de partículas menor que un diámetro dado y en las abcisas el logaritmo de ese diámetro. La magnitud representada en las ordenadas se conoce como el porcentaje que pasa.

Las curvas granulométricas del lote de estudio, se caracterizan por presentar todos los tamaños de partículas en cuanto que son curvas suaves y tendidas sin presentar discontinuidades marcadas, un suelo asi se clasifica como bien gradado o W. Desde el punto de vista ingenieril se espera que un suelo bien gradado, por poseer todos los tamaños de partículas, tenga mejores condiciones de resistencia y compresibilidad que los suelos mal gradados. (Figura No. 4).

6.3.1.3 DISPERSIVIDAD (PIN HOLE TEST).

Es un ensayo utilizado para identificar suelos dispersivos; fue disenado para determinar básicamente si un suelo es suceptible o no a erodarse por tubificación y no mide la cantidad de suelo erodado bajo un régimen de flujo, simplemente indica si un suelo es o no dispersivo.

CARTA DE PLASTICIDAD

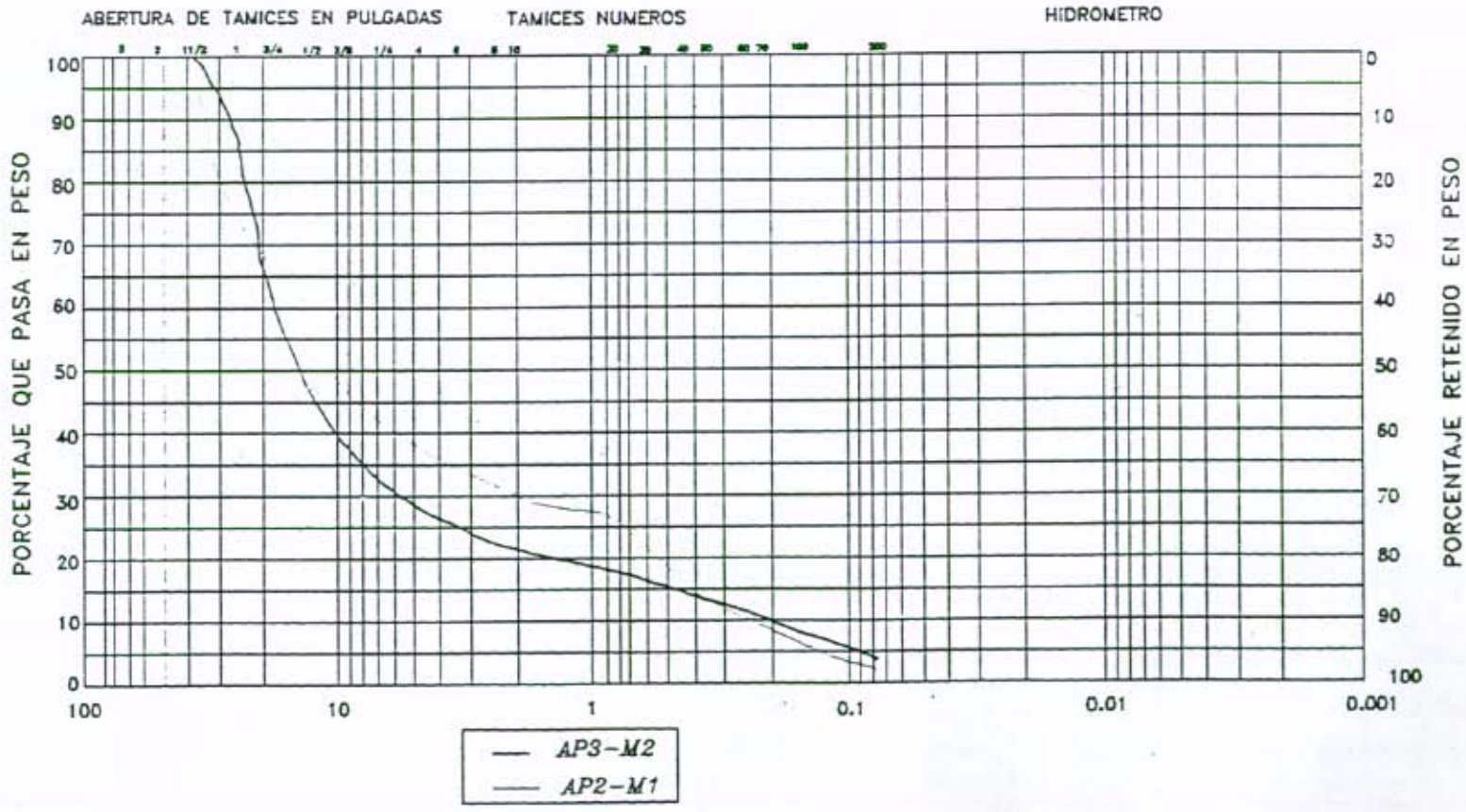


000016

FIGURA No.4

CURVA DE GRADACION

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO LOCALIZACION: LOTE STA. CECILIA BAJA



000017

TABLA No. 1
RESUMEN DE RESULTADOS

MUESTRA	Wn	LL	LP	IP	qu	C'	Ø	Gt	Gs	Gs	CLASIF.	DESCRIPCION
No.	(%)	(%)	(%)	(%)	kg/cm^2	kg/cm^2	grados	t/m^3	Gravas	Arenas	(%)	(%)
AP1-M1	8.6	46.3	26.1	20.2	4.5	0	29	1.9			CL	Arcillolita color gris
AP2-M1	3.5	37.2	20.1	17.1				2.1	2.67	2.44	SC	Arenisca en matriz arcillo-arenosa
AP2-M2	2.6	35.8	20.6	15.2	4.5			1.8			CL	Lodolita gris rojiza
AP3-M1	4.7	42.1	20.8	21.3	>4.5			1.8	2.68	2.53	SC	Arenisca en matriz arcillosa
AP3-M2	3.3	50.1	28	22.1		0.2	38.5	1.9			CH	Arcillolita muy alterad
AP4-M1	2.9	54.9	27.6	27.3				2.3			CH	Arcillolita gris
AP4-M2	3.4	51.3	21.7	29.6		0	28.5	2.1			CH	Arenisca en matriz arcillosa

MUESTRA	CARGA PUNTU
	KN
AP1-M1	9.0
AP2-M1	11.0
AP2-M2	2.0
AP3-M1	4.0
AP3-M2	1.0
AP4-M1	2.0
AP4-M2	3.0

000018 - 18

ENSAYO DE DISPERSIVIDAD
PIN HOLE TEST

PARAMETRO	AP3-M2	AP1-M2
HUMEDAD	17.8	21.3
RELACION DE DIAMETROS	3.0	2.0
COLOR DEL AGUA	MEDIO OSCURA A CLARA	DE CLARA A MEDIO OSCURA
PRESENCIA DE PARTICULAS	POCAS	POCAS
CLASIFICACION	D1 (ALTA DISPERSION)	ND3 (INTERMEDIA)

000019 -19

Los suelos del área de estudio presentan una dispersividad intermedia; sin embargo, dada la poca vegetación y el mal manejo de la escorrentia, los fenómenos de erosión pueden ser críticos.

6.3.2 ENSAYOS DE RESISTENCIA

6.3.2.1 RESISTENCIA AL CORTE

Con el fin de evaluar los parámetros de resistencia del material se realizaron ensayos de corte directo consolidado drenado. Las pruebas se ejecutaron de manera tal, que representaran de la mejor forma posible las condiciones de campo observadas, para el efecto se ensayaron muestras saturadas en estado compacto para el material granular, mientras que las muestras de roca fueron previamente cortadas. En ambos casos, los esfuerzos normales aplicados fueron de 0.5, 1.0 y 2.0 Kg/cm^2. A continuación se analizán los resultados obtenidos en los dos materiales.

6.3.2.1.1 RESISTENCIA DEL MATERIAL GRANULAR

Como se manifestó anteriormente los ensayos de corte directo sobre material granular se realizaron en condición compacta, la envolvente de resistencia asi obtenida es ilustrada en la figura 5.

6.3.2.1.2 RESISTENCIA DEL MATERIAL ROCOSO

Con el propósito de evaluar la resistencia de las discontinuidades, se realizaron ensayos de corte sobre muestras precortadas y pulidas en condición inundada a esfuerzos normales de 0.5, 1.0 y 2.0Kg/cm2. en las figuras No.6 y 7. se encuentran consignados los valores determinados para cohesión, ángulo de fricción y envolventes de resistencia de Mohr-Coulomb.

- Los materiales, presentan un comportamiento netamente friccionante.
- El ángulo de fricción interna, varia entre 28 y 29 grados.
- Las muesstras ensayadas presentan una disminución de volumen con la deformación.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ENVOLVENTE DE RESISTENCIA MOHR-COULOMB

MUESTRA DE COLUVION - COMPACTA

APIQUE 3 - MUESTRA 2

PARAMETROS DE RESISTENCIA

PICO		RESIDUAL	
C'p	Ø'p	C'r	Ø'r
0.2	38.5°	0.05	36.5°

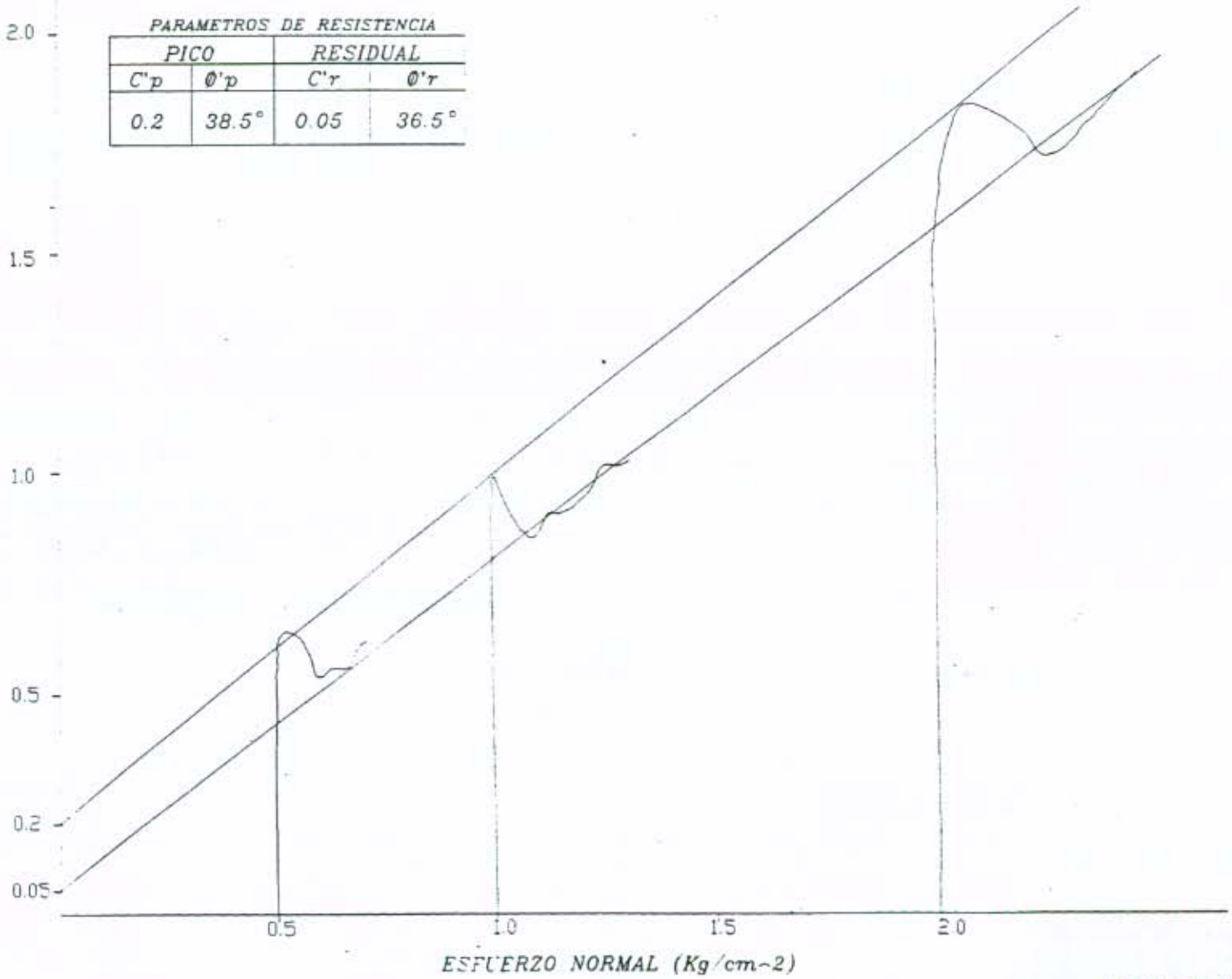


FIGURA No. 5

000021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN ROCA

ENVOLVENTE DE RESISTENCIA MOHR-COULOMB

MUESTRA PRECORTADA E INUNDADA

APIQUE 1 - MUESTRA 2

PARAMETROS DE RESISTENCIA

PICO		RESIDUAL	
C'p	Ø'p	C'r	Ø'r
0	29 °		

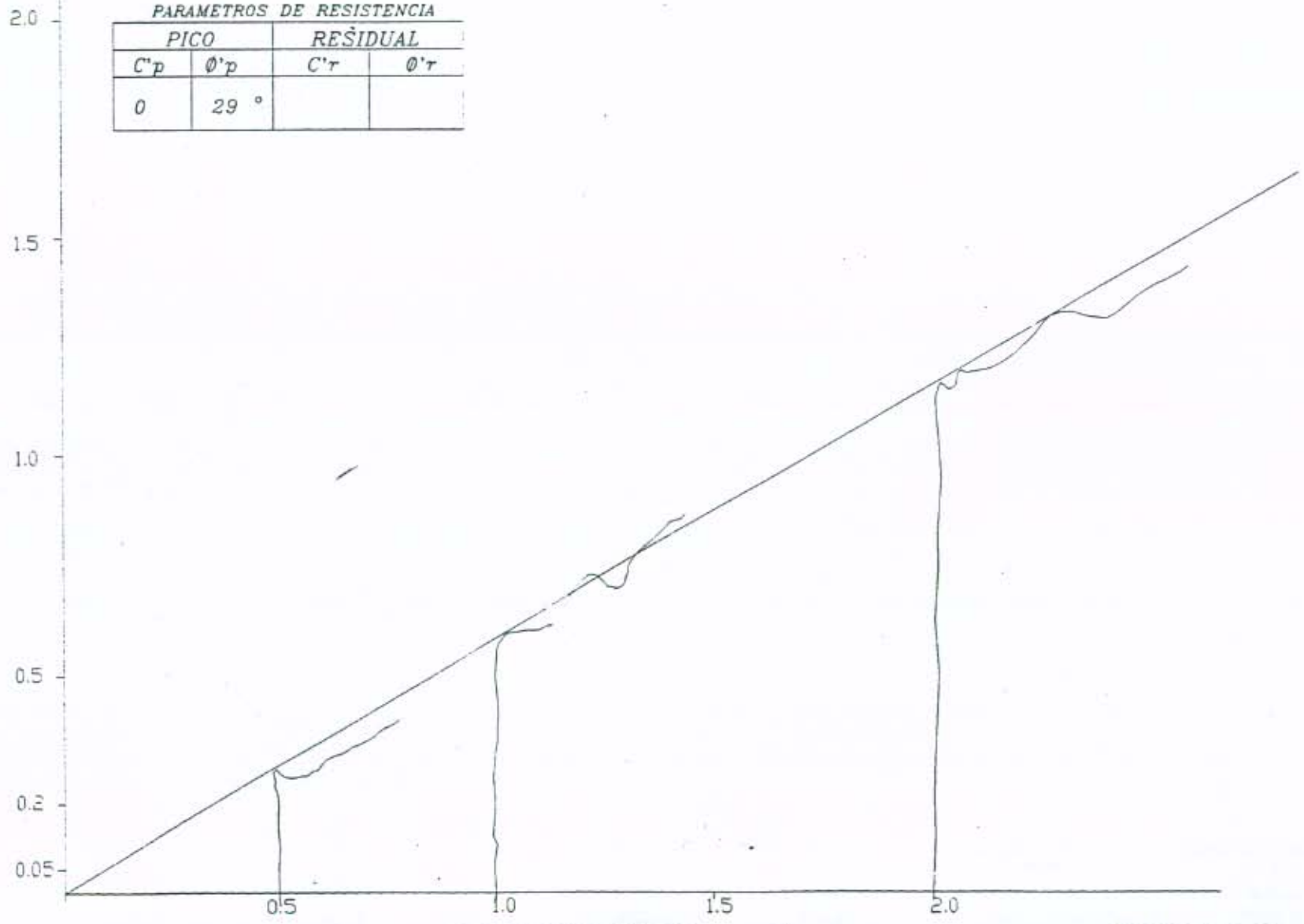


FIGURA No. 6

000023

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN ROCA
ENVOLVENTE DE RESISTENCIA MOHR-COULOMB
MUESTRA PRECORTADA E INUNDADA
APIQUE 4 - MUESTRA 2

PARAMETROS DE RESISTENCIA

PICO		RESIDUAL	
C'p	Ø'p	C'r	Ø'r
0	28.5 °		

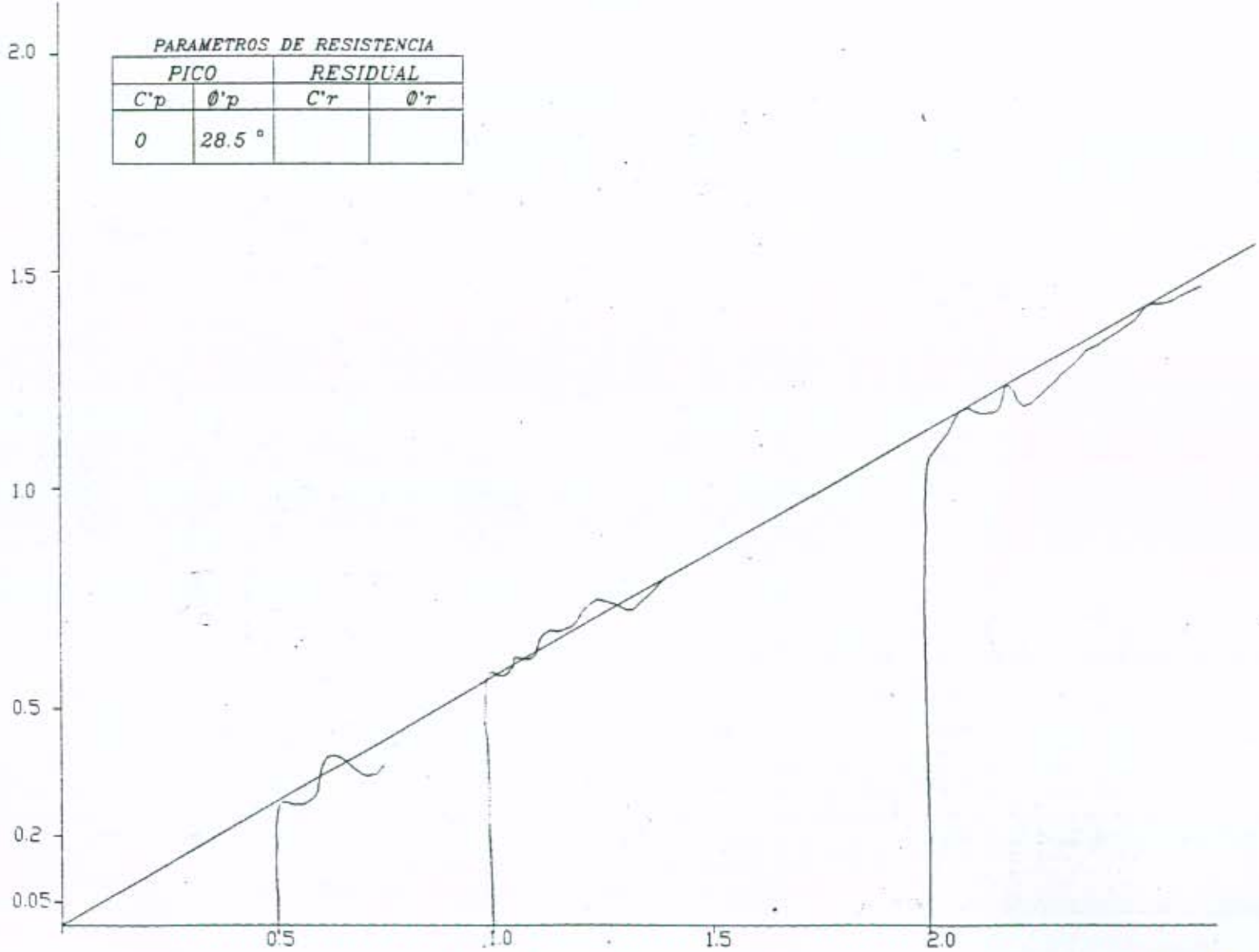


FIGURA No. 7

000023

7. MORFOLOGIA TOPOGRAFICA

7.1 GENERALIDADES DEL MAPA DE PENDIENTES

Los mapas de pendientes dan una interpretación directa, de las inclinaciones de los taludes topográficos y colaboran para una rápida clasificación geomorfológica del área. Esta clase de mapas resume efectivamente cualquier mapa topográfico, atribuyendo una inclinación del talud a una separación dada de las curvas de nivel. un aspecto importante de destacar, es que esta técnica permite identificar, para un tipo de roca determinado y unas condiciones hidrológicas dadas, la inclinación del terrreno para el que son posibles los deslizamientos, desprendimientos de suelo, etc; dichos mapas permiten predecir zonas potencialmente inestables.

7.2 EXPRESION TOPOGRAFICA DEL TERRENO

Con el fin de facilitar el análisis de las geoformas del terreno y su relación con la estabilidad, se elaboró el mapa de pendientes para la zona de estudio. Para la ejecución del presente proyecto se tomaron los siguientes intervalos:

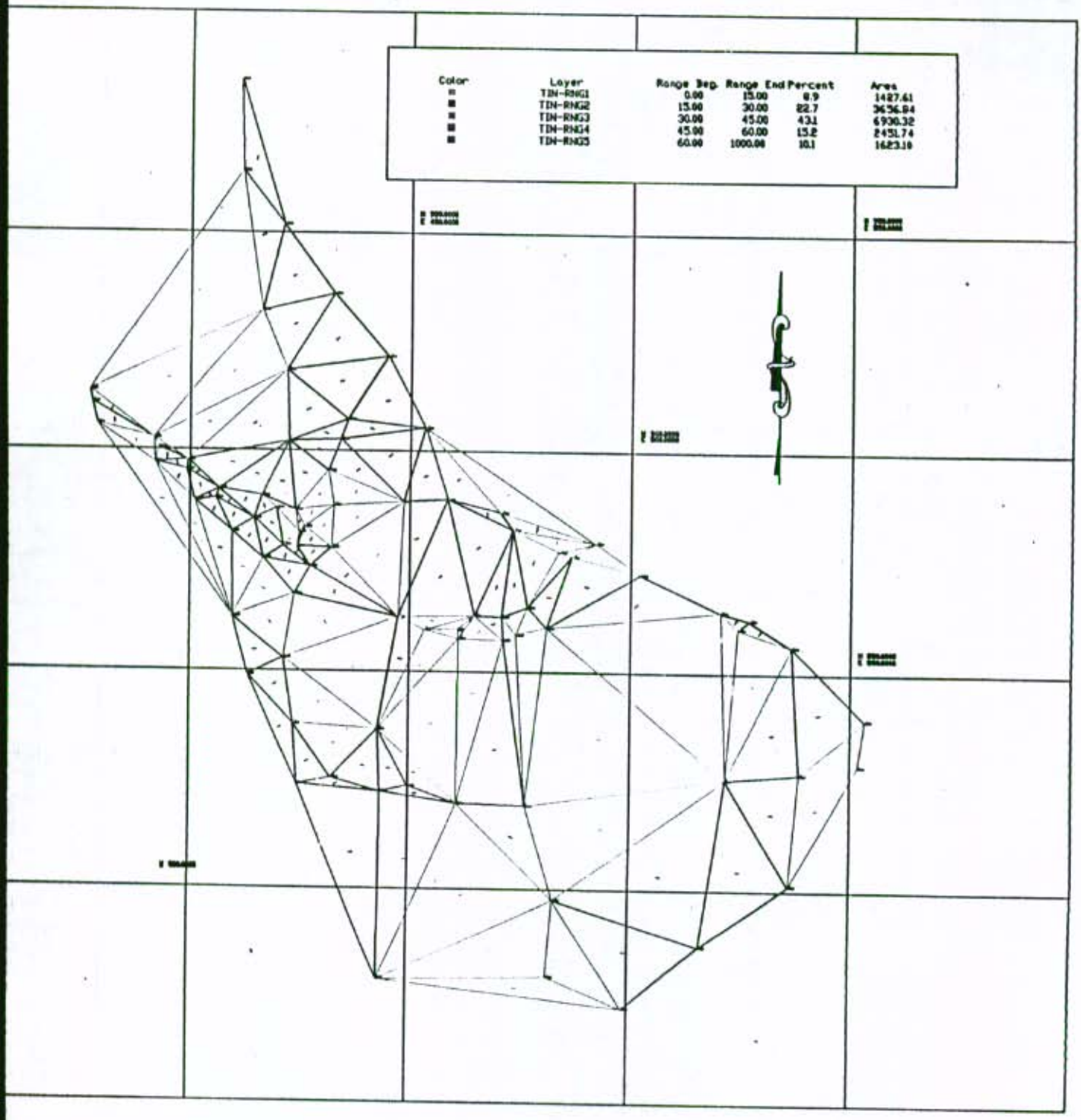
Interval	Angulo con la Horizontal (grados)
1	0 - 15
2	15 - 30
3	30 - 45
4	45 - 60
5	> 60

El Mapa de pendientes es ilustrado en la figura No. 8 destacandose lo siguiente.

- La zona más suceptible a deslizamientos corresponde al 10 % del área total con pendientes mayores a 60 grados.
- El 43% del área corresponde a terreno de pendientes entre 30 y 45 grados.
- La distribución porcentual de las pendientes que corresponden al área de estudio es ilustrado en la figura No. 8.

FIGURA No. 8

PLANO DE PENDIENTES



8. ANALISIS PRELIMINAR DEL MACIZO ROCOSO

8.1 ANALISIS CINEMATICO DE ESTABILIDAD

En este capítulo se evalua la posibilidad cinemática para falla planar y en cuña para la region de estudio. Para esto se realizó la toma y posteriores análisis de los datos geológicos, los que dependen de la geología estructural de la zona, con base en lo cual es posible realizar una zonificación estructural en la que se ha tenido en cuenta la localización y orientación de las fallas, fracturas y discontinuidades, etc. La información presedente es sumamente importante ya que permiten predecir en forma acertada, el tipo de falla más probable del macizo rocoso.

El posible macanismo de falla dependerá en gran medida de la distribución típica de polos. Es de anotar que en la representación estereográfica, es necesario incluir el corte de la cara del talud, ya que el deslizamiento puede ocurrir únicamente como resultado del movimiento hacia la cara libre creada por dicho corte.

Para el análisis de las condiciones de estabilidad cinemática del talud, se establecieron los siguientes pasos:

8.1.1 Recolección de datos estructurales del Macizo Rocoso.

Durante la etapa de campo, se prosedio a la recolección de datos esstructurales, a fin de evaluar los posibles mecanismos de falla que se pueden originar en el sector. Para efecto de análisis las características más importantes de las discontinuidades son:

1. Características Geométricas

a. Orientación
b. Espaciamiento entre discontinuidades de igual orientación.
c. Persistencia

2. Características Fisicas

a. Abertura
b. Rugosidad
c. Relleno.

En el presente estudio, se hizo énfasis en la orientación de las discontinuidades, siendo expresada en términos de su inclinación o buzamiento y dirección de buzamiento.

8.1.2 Análisis preliminar de los datos estructurales para establecer las diferentes familias de discontinuidades.

Mediante la representación estereográfica se puede visualizar el efecto de las discontinuidades en el comportamiento general del macizo rocoso.

Al utilizar la proyección estereográfica se busca:

1. La determinación de las orientaciones estadisticamente más representativas de un sistema de discontinuidades.

En este caso se utilizó la red polar ya que permite integrar un mayor número de datos, procediendo luego a elaborar el diagrama de polos. Al final resulta un diagrama que indica la tendencia de las discontinuidades en cuanto a su orientacion e inclinación, por medio de la elaboración del diagrama de frecuencia, a partir del diagrama de polos.

2. Análisis preliminar de estabilidad de taludes cinemáticamente estables para falla planar y falla en cuña.

Consiste en determinar las intersecciones entre diaclasas, con el fin de evaluar el posible movimiento hacia la cara libre del talud.

A. Falla Planar

Puede ocuurrir este tipo de falla a lo largo de una discontinuidad cuando se satisfacen las siguientes condiciones geométricas.

1. La diferencia de azimut de buzamiento del talud y la discontinuidad es menor o igual a 20 grados.

siendo:

= Asimut de buzamiento del talud y
= Asimut de buzamiento de la discontinuidad

2. La superficie de falla debe aparecer en la cara del talud. Esto significa que el buzamiento de la discontinuidad debe ser menor al buzamiento de la cara del talud.

Donde:

= Buzamiento del talud
= Buzamiento de la discontinuidad

3. El buzamiento del plano de falla debe ser mayor que el ángulo de fricción equivalente de este plano.

(Condición estática)
Siendo = El ángulo de fricción equivalente de la superficie de falla.

4. La resistencia de las superficies laterales es despreciable.

B. Falla de Cuña

Puede ocurrir falla en cuña, cuando la línea de intersección entre dos planos tiene una inclinación menor que la pendiente del talud medida en la dirección del deslizamiento. Es decir, la condición de deslizamiento está definida como:

(Condición cinemática)
(Condición estática)

Donde:

Inclinación de la cara del talud medida en la dirección de la línea de intersección.

Inclinación de la línea de intersección

Angulo de fricción equivalente de la cuña.

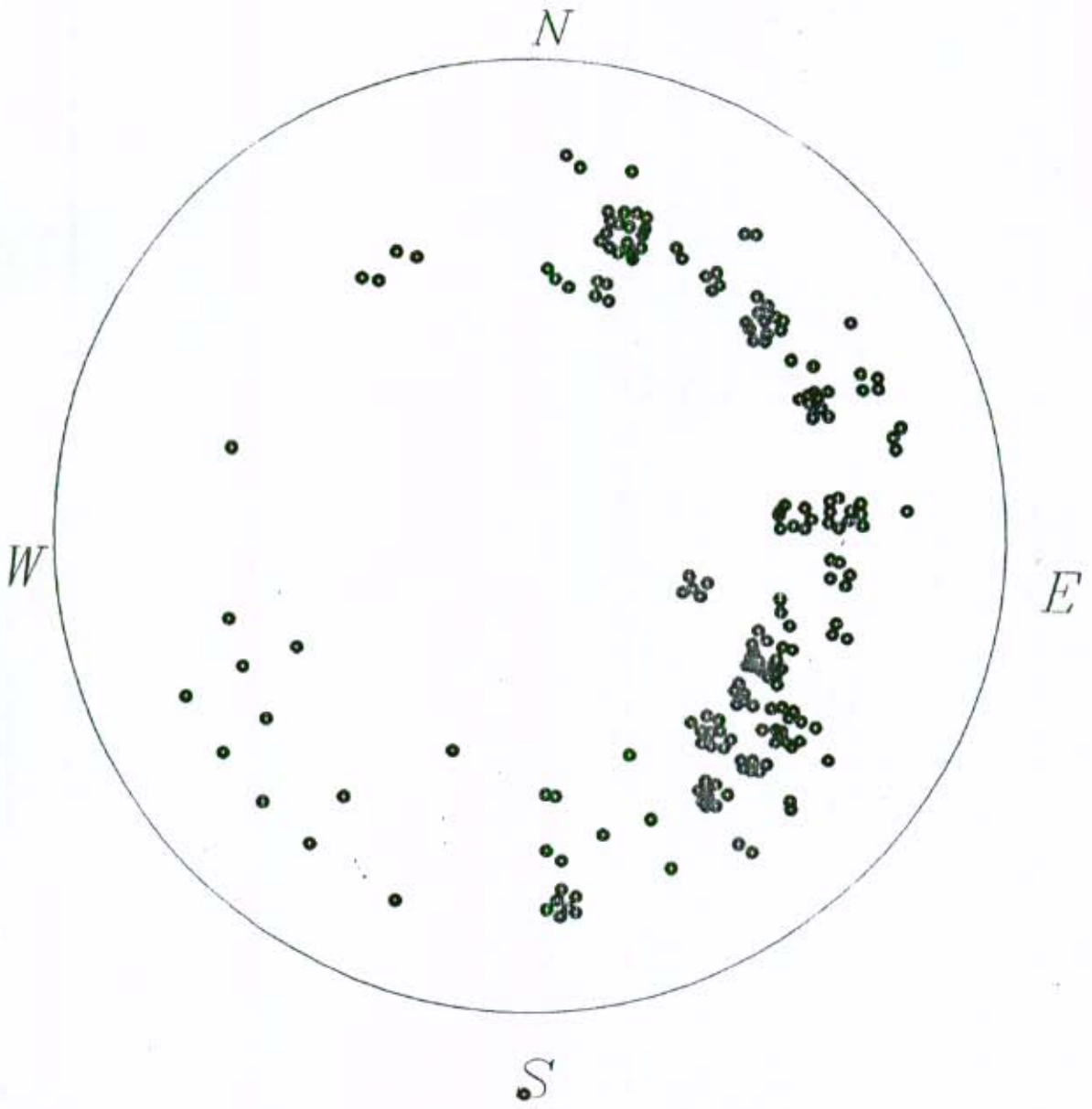
8.1.3 Análisis Estructural.

Para realizar el análisis estructural, se estudio la información consignada en el plano geológico (plano 2), haciendo énfasis en la parte estructural, con el fin de poder delimitar zonas de igual comportamiento geotécnico.

Identificados los sectores, se realizó un levantamiento detallado de rumbos y buzamientos de diaclasas. La información fue tratada estadísticamente, a fin de evaluar las tendencias más representativas de las discontinuidades, y poder de esta forma establecer un diagnóstico preliminar de la estabilidad del macizo rocoso.

8.1.4 Análisis preliminar de estabilidad del macizo rocoso

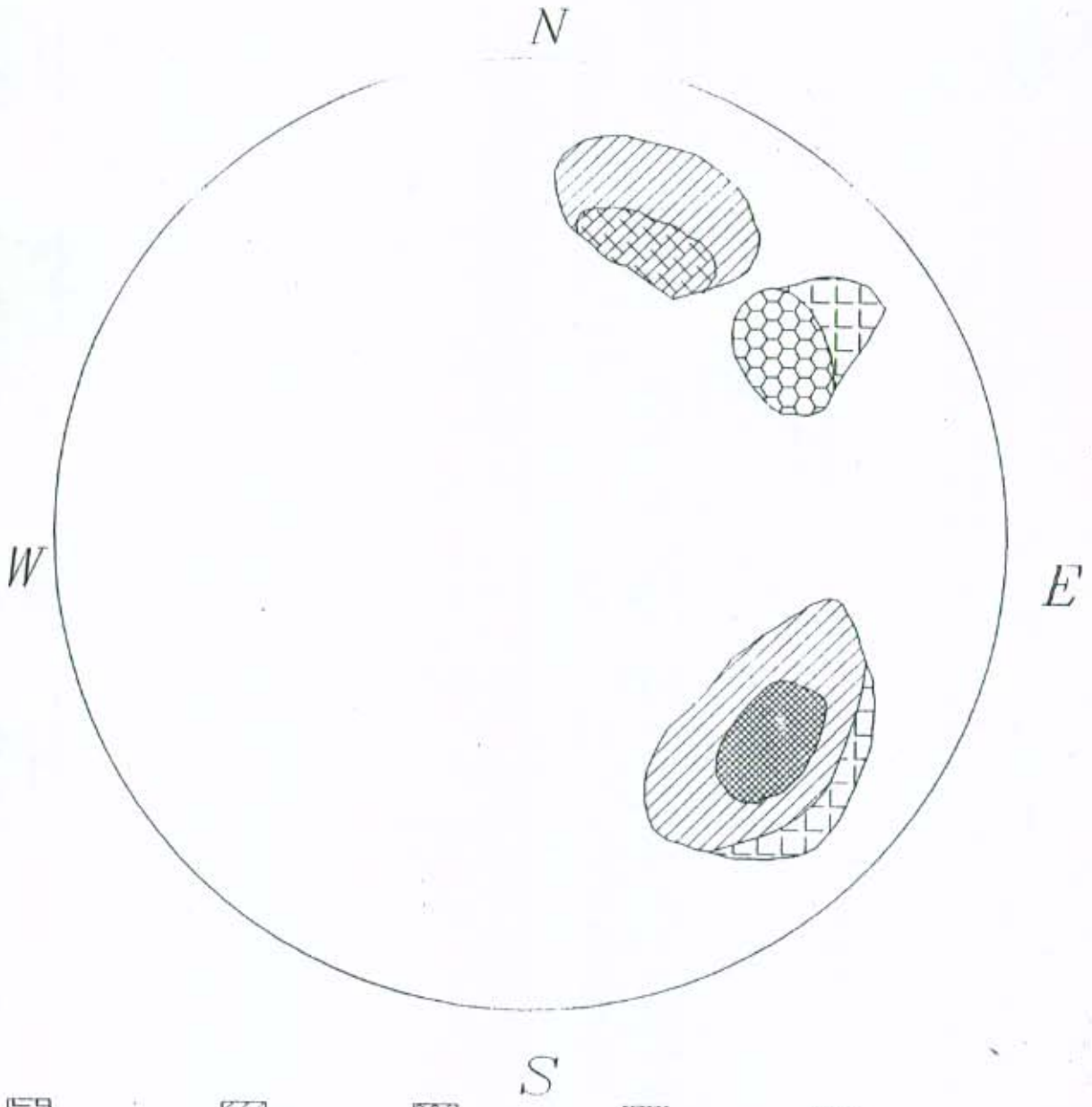
Recolectada la información concerniente a la dirección e inclinación de las discontinuidades aflorantes en la zona de estudio, se llevó a cabo el procesamiento de la misma, mediante la elaboración de los diagramas de polos, frecuencia de las discontinuidades y círculos principales, las figuras 9, 10 y 11, ilustran la orientación de las discontinuidades.



DIACLASAS

FIGURA No. 9

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO
DIAGRAMA DE POLOS
LOTE Cra. 4 No. 165-24 Santa Cecilia Baja Norte



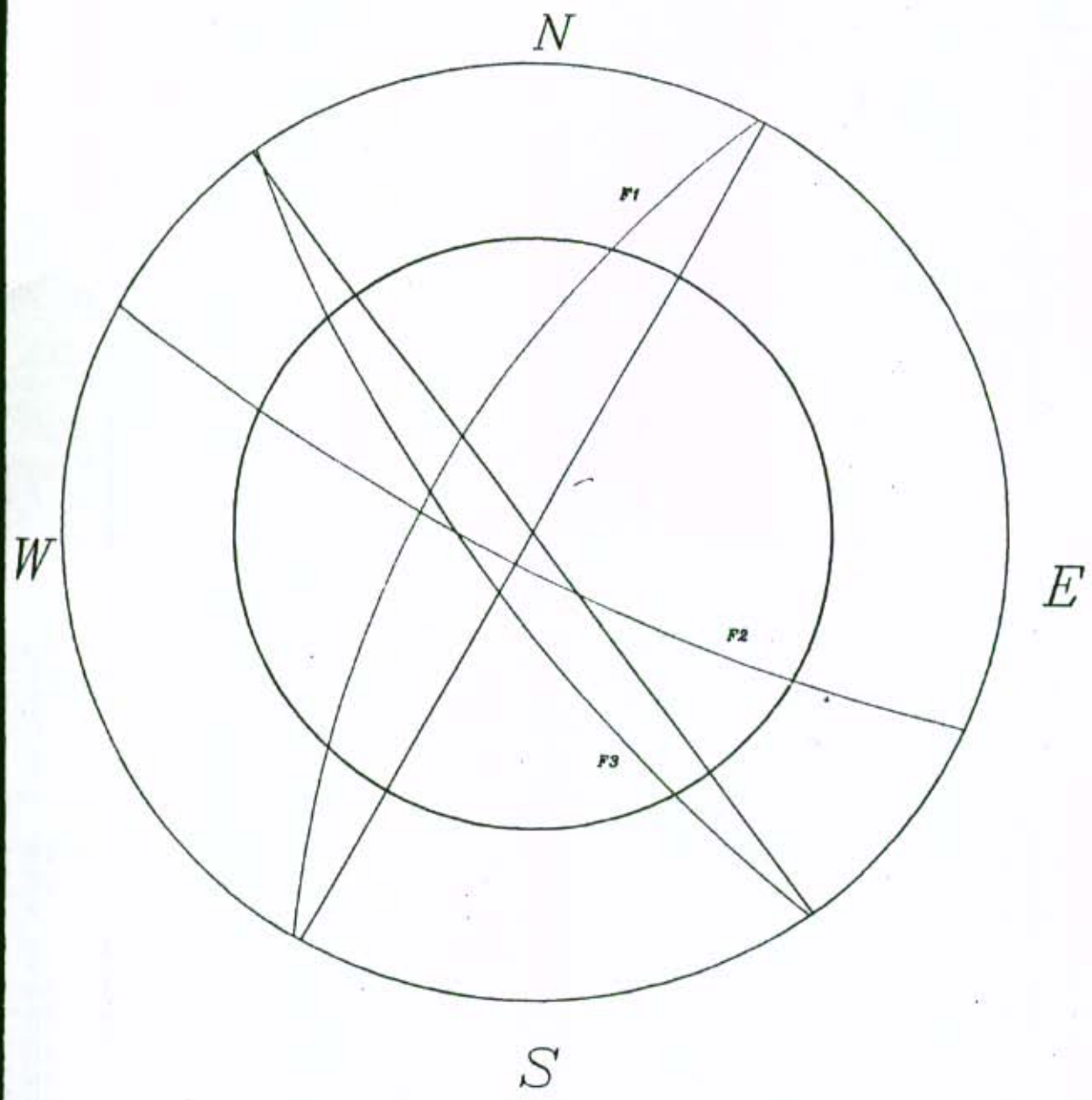
1–2% 2–4% 4–7% 7–10% >10%

FIGURA No. 10

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO

DIAGRAMA DE FRECUENCIAS

LOTE
Cra. 4 No. 165–24 Santa Cecilia Baja Norte



FAMILIA 1

FAMILIA 2

FAMILIA 3

CIRCULO DE FRICCION

FIGURA No. 11

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO

DIAGRAMA DE CIRCULOS PRINCIPALES

LOTE
Cra. 4 No. 165-24 Santa Cecilia Baja Norte

A continuación se analizarán los resultados obtenidos de la zonificación estructural.

- La zona de estudio se caracteriza por la ocurrencia de fallas planares (familia de diaclasas No. 2), Figura 11, y fallas en cuña con probabilidad menor (Familias 1 y 3, Figura 11).

- El área de estudio presenta básicamente condición favorable para fallas planares, el material involucrado en este mecanismo de falla, se desplazará hacia el arroyo que atravieza el lote.

- En el sector central del lote de estudio, se encuentran depósitos de suelos arcillo-arenosos facilmente erosionables, que pueden producir cárcavas de erosión y por ende inestabilidad en el terreno.

- De lo anterior se deduce, que esta zona corresponde a un material con probabilidad de deslizarce en épocas invernales, la cual se puede minimizar con un adecuado manejo de aguas.

8.2 Análisis Estático de Estabilidad

La inspección visual y los análisis cinemáticos muestran que el tipo de falla que se puede presentar es planar.

Para la determinacion de los factores de seguridad en este tipo de falla, se realizaron análisis mediante el programa de estabilidad de taludes STABL-5, que analiza el perfil del suelo e identifica posibles trayectorias de falla. Siendo el empuje hidrostático considerado para talud saturado y parcialmente saturado.

En el anexo 1 se encuentran los resultados y factores de seguridad para el perfil C-C', representado en planta en el Plano 3 y en perfil en el plano 3A.

9. POSIBLES CAUSAS DE DESLIZAMIENTO

Con base en los anteriores resultados, se puede concluir que la posible causa de delizamientos está asociada con las condiciones estructurales y topográficas del macizo, que unido a la mala utilización que se le ha dado al suelo (Tala de bosques y Canteras), originan agrietamientos en la masa coluvial.

La causa detonante es el agua, que puede infiltrarse como consecuencia de una inadecuada protección del suelo residual, el agua así infiltrada genera grandes presiones de poros que sin llegar a saturar el talud puede desplazar la masa.

10. RECOMENDACIONES

10.1 GENERALIDADES

La denudación del terreno causado por el agua que corre libremente por la superficie, es el daño principal en la cabecera del lote. Como consecuencia de ello, las laderas tienden a inestabilizarse por la accion erosiva de las aguas que corren por las laderas formando cárcavas. Se puede concluir que la estabilidad del lote depende del manejo que se le de a las aguas, no solo en la cabeza del lote sino en toda el área circundante. Lo cual quiere decir que no basta con construir gaviones y cuneatas en la cabeza del lote, sino prolongar las obras a los lotes vecinos. (Plano No. 1)

10.2 MEDIDAS CORRECTIVAS

a. Correción de la cuenca de drenaje del arroyo (Q. Santa Cecilia), Figura No. 1, y reforestar ya que el suelo residual se encuentra muy suelto, siendo facilmente erosionado.

b. Obras de correción del cauce por medio de gaviones, que eviten que el arroyo transiste por la mitad del lote. (Plano No.1)

c. Control de erosión, mediante gaviones que tienen por objeto escalonar la ladera y mejorar la estabilidad del lote en mención. (Plano No.3)

d. Evitar que el agua de escorrentia se infiltre por la cabeza del talud esto se puede conseguir mediante cunetas. (fig 12 y 13, Plano No.1

e. Las mallas de los gaviones más recomendadas son de triple torción o hexagonales calibre 15 con resistencia a la tensión de 30 kg/cm^2, dado que estarán sometidos a cargas importantes, las dimensiones están representadas en la fig. 12.

f. El área de interes se encuentra ubicada sobre una formación, depositado en una zona de pendiente fuerte, lo que hace que aumente la probabilidad de riesgo; teniendo en cuenta su poco espesor no pueden implementar obras como son: los gaviones, cunetas y escalonamiento de la ladera; las cuales estarán afectadas por los factores de inestabilidad mensionados en el presente informe.

g. Si se levanta alguna obra directa sobre la roca, debe tenerse en cuenta que dadas las características estructurales, puede presentar falla planar. Lo que se evidencia localmente por la presencia de dos tipos de espejos de falla, con la misma direccion en el sentido del buzamiento, S-30-W; este fallamiento se ve favorecido por las características de la formación sobre la cual está ubicada, ya que al presentarse intercalaciones de lodolitas facilitan los deslizamientos.

SECCION TIPICA DE LA CUNETA TRIANGULAR

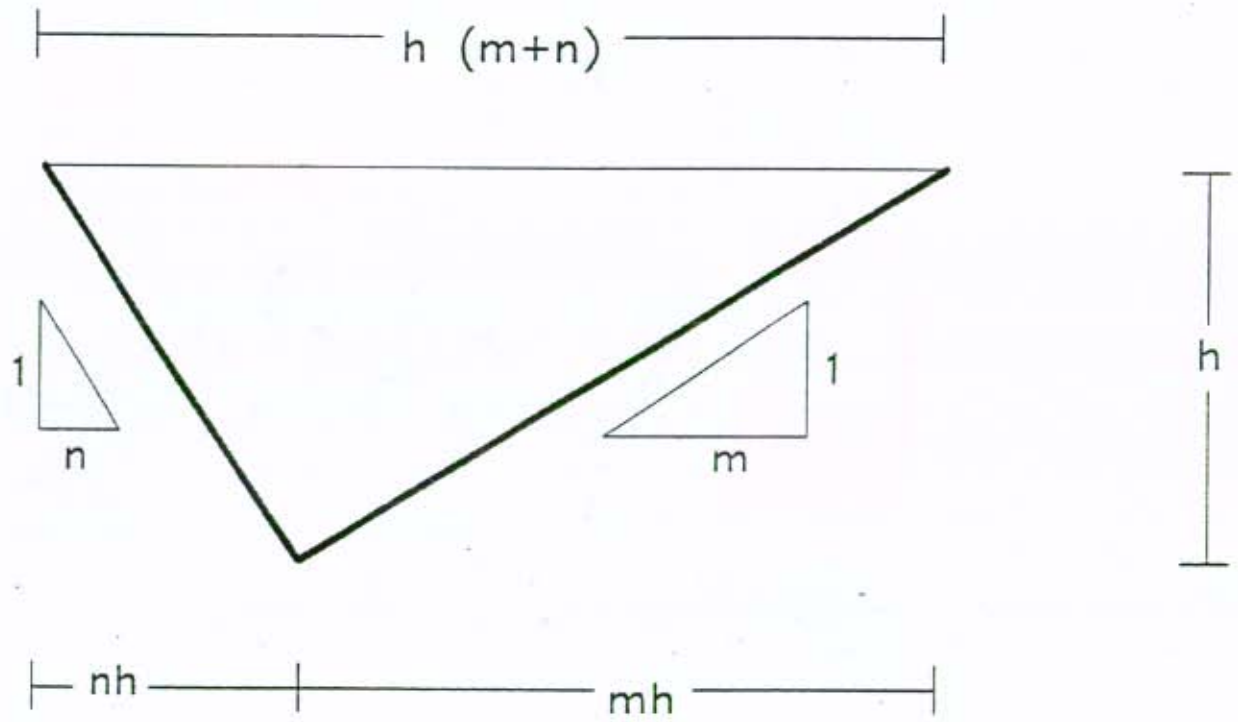
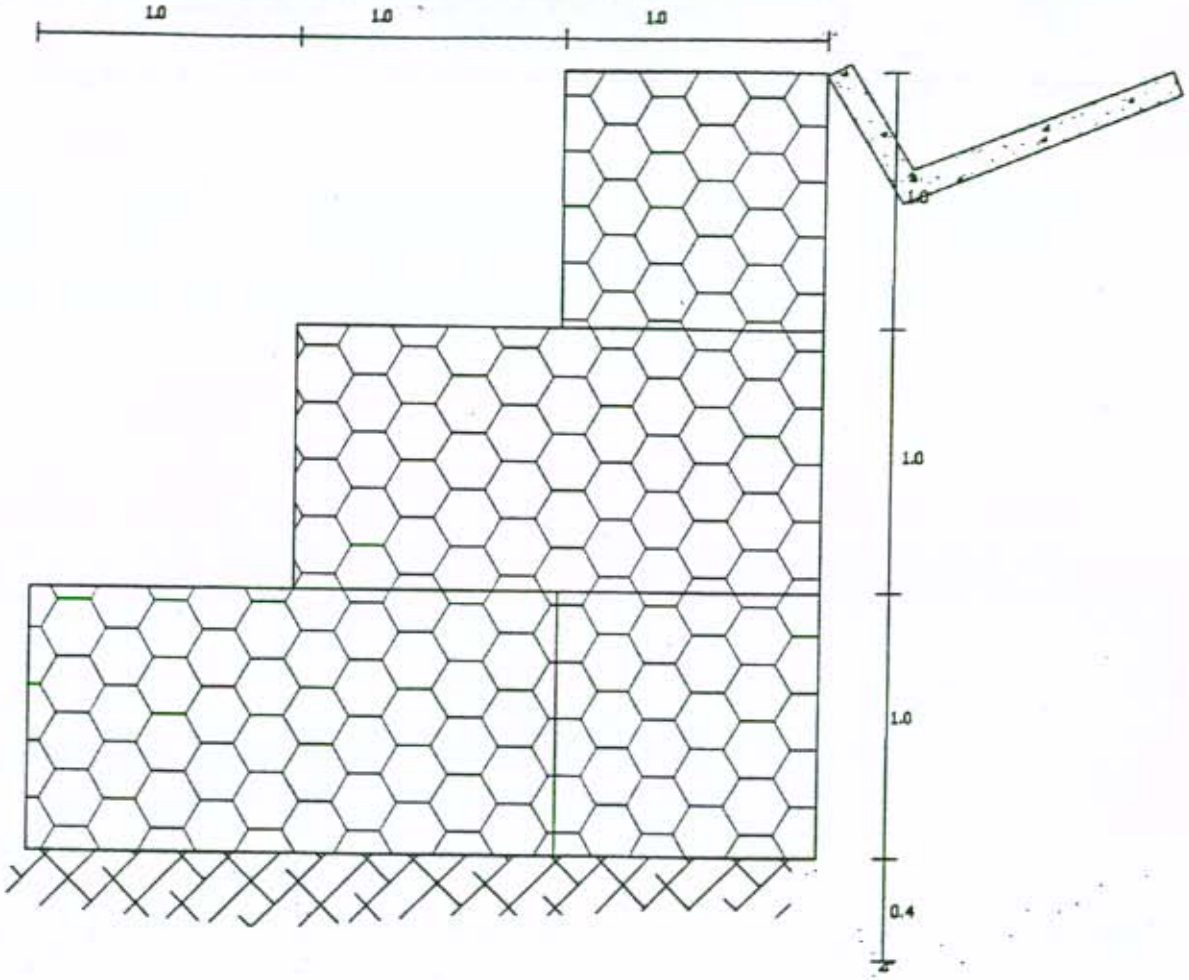


FIGURA 12

000034 35



DETALLE MURO EN GAVIONES

ESC: 1:50

FIGURA No. 13

000035 36

h. Es importante reglamentar el manejo de la arenera, ya que contribuye a aumentar los deslizamientos, máxime cuando el lote se encuentra afectado por un drenaje efímero que moviliza material y crea inestabilidad en época de invierno.

CONCLUSIONES

No debe dejarse de lado que los depósitos provenientes de unidades arenosas, dada su permeabilidad, composición granulométrica y poca compactación presentan un comportamiento geotécnico muy pobre.

Los agentes erosivos más importantes que actuan son el agua y la gravedad, debido al drenaje que pasa por el área, lo que está aumentando la socavación vertical.

La unidad aflorante en esta área es la Formación Labor y Tierna (arenisca Labor).

Teniendo en cuenta la homogeneidad de la zona, ya que los pliegues encontrados son muy pequeños y solo en las arcillolitas, se ha dado la interpretación más simple con los datos colectados en este trabajo.

Al realizar un trabajo se deben tener en cuenta las inversiones que se pueden producir en las capas por deslizamientos según la superficie de estratificación.

La región se encuentra deforestada, lo cual facilita el ataque de los agentes meteóricos sobre la roca y los suelos; manifestándoce una erosión acentuada y posibles deslizamientos.

Los suelos del área se carácterizan por ser de coluvión, con permeabilidad entre 2*10^-4cm/sg y 4*10^-4 cm/sg para suelos finos y 0.3 - 2.0cm/sg para suelos granulares.

Un 60% de los suelos analizados se clasifican como no plasticos, razón por la cual son facilmente erosionables.

Los materiales presentan un comportamiento netamente friccionante, de manera que el ángulo de fricción interna varia entre 28 y 39 grados.

Los factores de seguridad para diseño estan entre 2 y 3.5, lo cual implica un mayor costo en la construcción de viviendas.

BIBLIOGRAFIA

CENICAFE, 1978. Manual de conservación de suelos de ladera, Chinchiná, Caldas.

Garcia J. González L. 1988. Estudio preliminar de la avalancha de detritos en el cerro Dunarua, INGEOMINAS.

Garcia M., 1980. Factores que intervienen en los problemas de estabilidad de taludes, II Seminario Colombiano de Geotecnia. Tomo II.

Suarez J., 1987. Diseño de obras en Gaviones.

Martinez J., 1990. Estratigrafía de la plancha 227, INGEOMINAS.

Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia, No. 14. 1983.

Boletín de Geología de la U.I.S No. 8 1961. Papel de la gravedad y la erosión.

Mapas de locaclización de la zonificación geotécnica del D.E. de Santafe de Bogotá. INGEOMINAS.

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: ABR-25-95
Time of Run: 12:30
Run By: MC
Input Data Filename: LOT12C
Output Filename: LOTES1
Plotted Output Filename:

PROBLEM DESCRIPTION ESTABILIDAD

BOUNDARY COORDINATES

12 Top Boundaries
12 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (mt)	Y-Left (mt)	X-Right (mt)	Y-Right (mt)	Soil Type Below Bnd
1	3.40	1.90	7.80	4.00	2
2	7.80	4.00	20.00	5.00	2
3	20.00	5.00	22.40	6.00	2
4	22.40	6.00	33.50	6.90	2
5	33.50	6.90	35.10	8.90	2
6	35.10	8.90	46.20	10.00	2
7	46.20	10.00	51.70	16.00	1
8	51.70	16.00	59.80	17.90	1
9	59.80	17.90	67.20	22.20	1
10	67.20	22.20	80.00	28.00	1
11	80.00	28.00	90.00	30.00	1
12	90.00	30.00	100.00	31.20	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (t/m3)	Saturated Unit Wt. (t/m3)	Cohesion Intercept (t/m2)	Friction Angle (gra)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (t/m2)	Piez. Surface No.
1	1.8	1.8	2.0	38.5	.00	.0	0
2	1.8	1.9	.0	28.5	.00	.0	0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

10 Trial Surfaces Have Been Generated.

2 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 42.00 mt.
and X = 46.00 mt.

Each Surface Terminates Between X = 96.00 mt.
and X = 100.00 mt.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 mt.

2.00 mt. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	42.00	9.58
2	43.99	9.38
3	45.98	9.24
4	47.98	9.16
5	49.98	9.13
6	51.98	9.16
7	53.98	9.26
8	55.97	9.41

9	57.96	9.62
10	59.95	9.89
11	61.92	10.22
12	63.88	10.60
13	65.83	11.05
14	67.77	11.55
15	69.69	12.11
16	71.59	12.72
17	73.48	13.39
18	75.34	14.12
19	77.18	14.90
20	79.00	15.73
21	80.79	16.62
22	82.56	17.56
23	84.29	18.55
24	86.00	19.59
25	87.67	20.68
26	89.32	21.83
27	90.92	23.02
28	92.50	24.25
29	94.03	25.53
30	95.53	26.86
31	96.98	28.23
32	98.40	29.64
33	99.77	31.10
34	99.85	31.18

*** 2.613 ***

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	43.00	9.68
2	44.81	8.83
3	46.66	8.08
4	48.55	7.42
5	50.47	6.87
6	52.42	6.41
7	54.39	6.05
8	56.37	5.80
9	58.37	5.65
10	60.37	5.60
11	62.37	5.66
12	64.36	5.82
13	66.34	6.08
14	68.31	6.45
15	70.25	6.92
16	72.17	7.48
17	74.06	8.15
18	75.90	8.91
19	77.71	9.77
20	79.47	10.72
21	81.18	11.76
22	82.83	12.89

23	84.42	14.10
24	85.95	15.39
25	87.41	16.76
26	88.79	18.20
27	90.10	19.72
28	91.33	21.30
29	92.47	22.94
30	93.53	24.63
31	94.50	26.38
32	95.37	28.18
33	96.16	30.02
34	96.43	30.77

*** 2.712 ***

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	44.00	9.78
2	45.92	9.21
3	47.85	8.71
4	49.81	8.30
5	51.78	7.96
6	53.77	7.71
7	55.76	7.55
8	57.76	7.47
9	59.76	7.47
10	61.76	7.55
11	63.75	7.72
12	65.73	7.97
13	67.70	8.31
14	69.66	8.73
15	71.60	9.23
16	73.51	9.81
17	75.40	10.46
18	77.26	11.20
19	79.09	12.02
20	80.88	12.91
21	82.63	13.87
22	84.34	14.91
23	86.00	16.02
24	87.62	17.19
25	89.19	18.44
26	90.70	19.75
27	92.16	21.12
28	93.56	22.55
29	94.89	24.03
30	96.17	25.57
31	97.37	27.17
32	98.51	28.81
33	99.59	30.50
34	99.99	31.20

*** 2.717 ***

Failure Surface Specified By 35 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	44.00	9.78
2	45.78	8.87
3	47.61	8.06
4	49.47	7.34
5	51.37	6.71
6	53.30	6.18
7	55.25	5.75
8	57.23	5.42
9	59.21	5.19
10	61.21	5.06
11	63.21	5.04
12	65.21	5.11
13	67.20	5.29
14	69.18	5.57
15	71.14	5.95
16	73.09	6.42
17	75.00	7.00
18	76.89	7.67
19	78.73	8.44
20	80.54	9.30
21	82.30	10.25
22	84.00	11.29
23	85.66	12.42
24	87.25	13.63
25	88.78	14.91
26	90.25	16.28
27	91.64	17.71
28	92.95	19.22
29	94.19	20.79
30	95.35	22.42
31	96.42	24.11
32	97.41	25.85
33	98.30	27.64
34	99.11	29.47
35	99.75	31.17

*** 2.871 ***

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	45.00	9.88

2	46.74	8.89
3	48.53	8.00
4	50.37	7.22
5	52.25	6.54
6	54.17	5.97
7	56.11	5.51
8	58.08	5.16
9	60.07	4.92
10	62.07	4.80
11	64.07	4.79
12	66.06	4.90
13	68.05	5.11
14	70.02	5.45
15	71.97	5.89
16	73.90	6.44
17	75.78	7.10
18	77.63	7.87
19	79.43	8.75
20	81.18	9.72
21	82.86	10.79
22	84.49	11.96
23	86.05	13.21
24	87.53	14.56
25	88.93	15.98
26	90.25	17.48
27	91.48	19.06
28	92.62	20.70
29	93.67	22.41
30	94.61	24.17
31	95.46	25.98
32	96.20	27.84
33	96.83	29.74
34	97.13	30.86

*** 2.901 ***

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	46.00	9.98
2	47.78	9.07
3	49.61	8.26
4	51.48	7.55
5	53.38	6.94
6	55.32	6.43
7	57.28	6.03
8	59.26	5.73
9	61.25	5.54
10	63.24	5.45
11	65.24	5.47
12	67.24	5.60
13	69.23	5.84
14	71.20	6.18
15	73.15	6.62

16	75.07	7.17
17	76.96	7.82
18	78.81	8.57
19	80.63	9.42
20	82.39	10.37
21	84.10	11.40
22	85.75	12.53
23	87.34	13.74
24	88.86	15.04
25	90.31	16.42
26	91.69	17.87
27	92.98	19.39
28	94.19	20.99
29	95.32	22.64
30	96.36	24.35
31	97.30	26.11
32	98.14	27.93
33	98.89	29.78
34	99.35	31.12

*** 2.947 ***

Failure Surface Specified By 40 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	42.00	9.58
2	43.47	8.23
3	45.02	6.97
4	46.65	5.80
5	48.33	4.73
6	50.08	3.76
7	51.89	2.90
8	53.74	2.14
9	55.63	1.50
10	57.56	.97
11	59.52	.56
12	61.50	.26
13	63.49	.08
14	65.49	.02
15	67.49	.08
16	69.48	.26
17	71.46	.55
18	73.42	.97
19	75.34	1.50
20	77.24	2.14
21	79.09	2.89
22	80.90	3.75
23	82.65	4.72
24	84.34	5.79
25	85.96	6.96
26	87.51	8.23
27	88.98	9.58
28	90.37	11.02

29	91.67	12.54
30	92.88	14.13
31	93.99	15.79
32	95.01	17.52
33	95.91	19.30
34	96.71	21.13
35	97.40	23.01
36	97.98	24.92
37	98.44	26.87
38	98.79	28.84
39	99.01	30.83
40	99.03	31.08

*** 3.196 ***

Failure Surface Specified By 38 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	43.00	9.68
2	44.44	8.30
3	45.97	7.00
4	47.57	5.81
5	49.25	4.72
6	50.99	3.74
7	52.79	2.87
8	54.64	2.11
9	56.54	1.48
10	58.47	.96
11	60.43	.57
12	62.42	.30
13	64.41	.16
14	66.41	.15
15	68.41	.26
16	70.39	.50
17	72.36	.86
18	74.30	1.35
19	76.21	1.96
20	78.07	2.69
21	79.88	3.53
22	81.64	4.49
23	83.33	5.56
24	84.95	6.73
25	86.49	8.00
26	87.95	9.36
27	89.33	10.82
28	90.60	12.36
29	91.78	13.98
30	92.85	15.67
31	93.81	17.42
32	94.66	19.23
33	95.40	21.09
34	96.01	22.99
35	96.50	24.93
36	96.87	26.90

37	97.12	28.88
38	97.24	30.87

*** 3.251 ***

Failure Surface Specified By 37 Coordinate Points

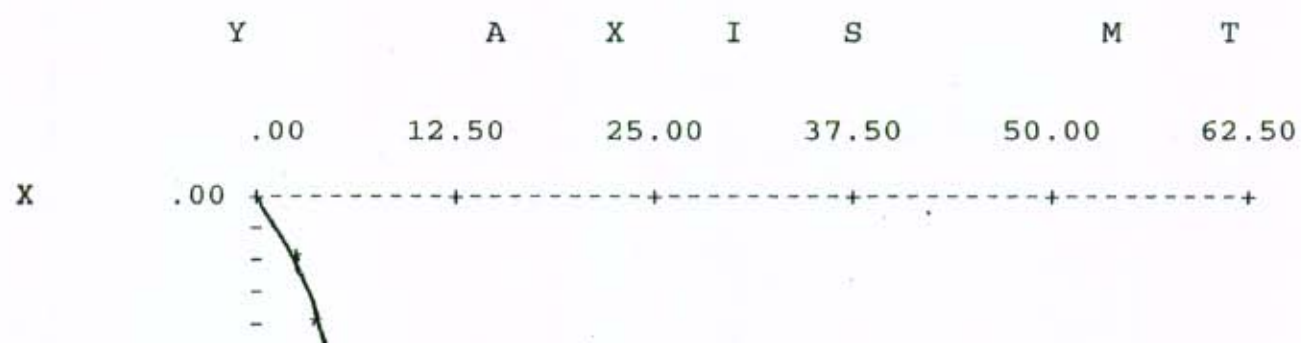
Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	46.00	9.98
2	47.49	8.65
3	49.07	7.41
4	50.71	6.28
5	52.43	5.26
6	54.21	4.34
7	56.05	3.55
8	57.93	2.87
9	59.85	2.31
10	61.80	1.87
11	63.77	1.56
12	65.77	1.38
13	67.77	1.32
14	69.76	1.39
15	71.75	1.59
16	73.73	1.91
17	75.68	2.36
18	77.59	2.93
19	79.47	3.63
20	81.30	4.44
21	83.07	5.36
22	84.78	6.40
23	86.42	7.54
24	87.99	8.79
25	89.47	10.13
26	90.87	11.56
27	92.17	13.08
28	93.37	14.68
29	94.46	16.35
30	95.45	18.09
31	96.33	19.89
32	97.09	21.74
33	97.73	23.64
34	98.25	25.57
35	98.64	27.53
36	98.91	29.51
37	99.02	31.08

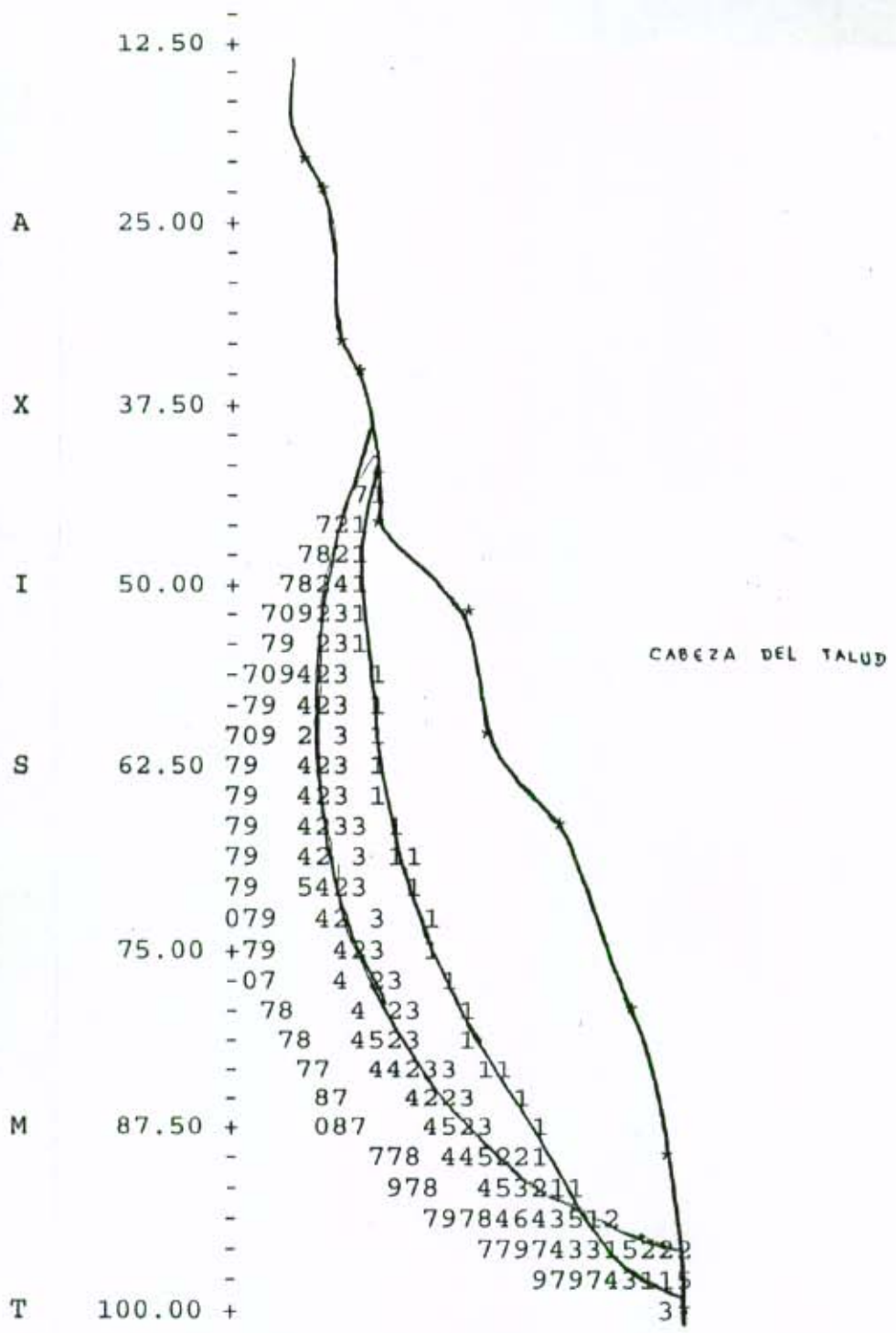
*** 3.410 ***

Failure Surface Specified By 38 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	45.00	9.88
2	46.42	8.47
3	47.92	7.15
4	49.50	5.93
5	51.17	4.82
6	52.90	3.81
7	54.69	2.92
8	56.53	2.15
9	58.42	1.50
10	60.35	.97
11	62.31	.57
12	64.29	.29
13	66.29	.15
14	68.29	.13
15	70.28	.25
16	72.27	.49
17	74.23	.86
18	76.17	1.35
19	78.07	1.97
20	79.93	2.72
21	81.74	3.58
22	83.48	4.55
23	85.16	5.64
24	86.77	6.83
25	88.29	8.12
26	89.73	9.51
27	91.07	10.99
28	92.32	12.56
29	93.46	14.20
30	94.50	15.91
31	95.42	17.69
32	96.22	19.52
33	96.91	21.40
34	97.47	23.32
35	97.91	25.27
36	98.22	27.24
37	98.40	29.24
38	98.44	31.01

*** 3.466 ***





A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

10 Trial Surfaces Have Been Generated.

2 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 37.00 mt.
and X = 41.00 mt.

Each Surface Terminates Between X = 53.00 mt.

and X = 59.00 mt.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 mt.

2.00 mt. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	41.00	9.48
2	42.91	8.89
3	44.90	8.65
4	46.89	8.78
5	48.83	9.27
6	50.65	10.11
7	52.28	11.26
8	53.68	12.69
9	54.79	14.35
10	55.58	16.19
11	55.76	16.95

*** 2.252 ***

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	41.00	9.48
2	42.93	8.96
3	44.92	8.73
4	46.92	8.79
5	48.88	9.15
6	50.77	9.80
7	52.55	10.73
8	54.17	11.90
9	55.59	13.31
10	56.79	14.91
11	57.74	16.67

12	58.03	17.49

*** 2.327 ***

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	39.00	9.29
2	40.78	8.38
3	42.68	7.75
4	44.65	7.42
5	46.65	7.40
6	48.63	7.67
7	50.55	8.25
8	52.36	9.11
9	54.01	10.24
10	55.47	11.60
11	56.71	13.17
12	57.70	14.91
13	58.41	16.78
14	58.59	17.62

*** 2.410 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	38.00	9.19
2	39.98	8.93
3	41.98	8.88
4	43.98	9.04
5	45.94	9.41
6	47.86	9.98
7	49.71	10.75
8	51.46	11.70
9	53.11	12.83
10	54.63	14.13
11	56.01	15.58
12	57.23	17.17
13	57.32	17.32

*** 2.433 ***

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	38.00	9.19
2	39.95	8.75
3	41.95	8.62
4	43.94	8.80
5	45.88	9.27
6	47.73	10.04
7	49.44	11.08
8	50.96	12.37
9	52.28	13.88
10	53.34	15.58
11	53.73	16.48

*** 2.483 ***

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	40.00	9.39
2	42.00	9.31
3	43.99	9.48
4	45.95	9.87
5	47.85	10.50
6	49.67	11.34
7	51.37	12.39
8	52.93	13.64
9	54.34	15.06
10	55.57	16.63
11	55.77	16.95

*** 2.503 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	37.00	9.09
2	38.61	7.91
3	40.43	7.07
4	42.37	6.61
5	44.37	6.54
6	46.35	6.87
7	48.21	7.59

8	49.90	8.67
9	51.34	10.06
10	52.47	11.71
11	53.25	13.55
12	53.65	15.51
13	53.66	16.46

*** 2.633 ***

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	40.00	9.39
2	41.61	8.20
3	43.41	7.32
4	45.33	6.76
5	47.32	6.55
6	49.31	6.69
7	51.25	7.18
8	53.08	8.00
9	54.73	9.12
10	56.16	10.52
11	57.33	12.14
12	58.20	13.94
13	58.73	15.87
14	58.91	17.69

*** 2.651 ***

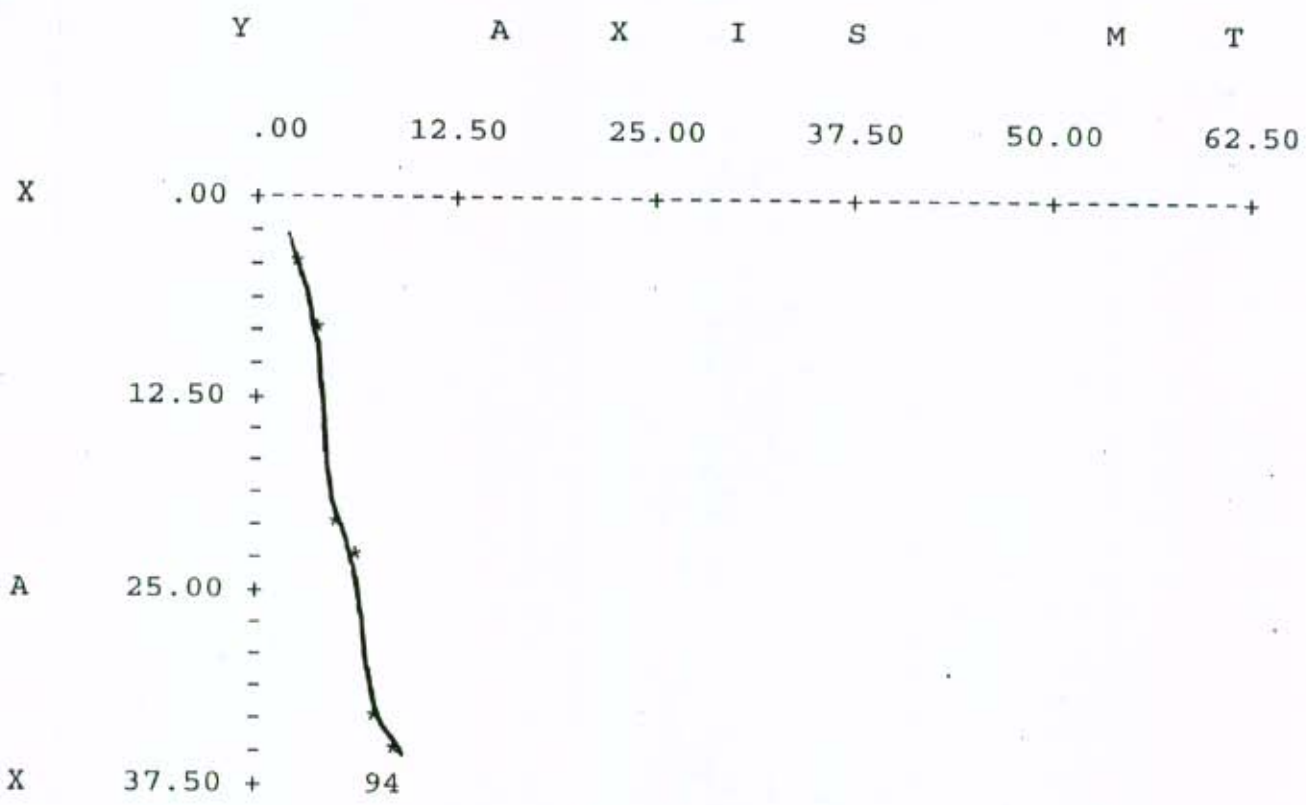
Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

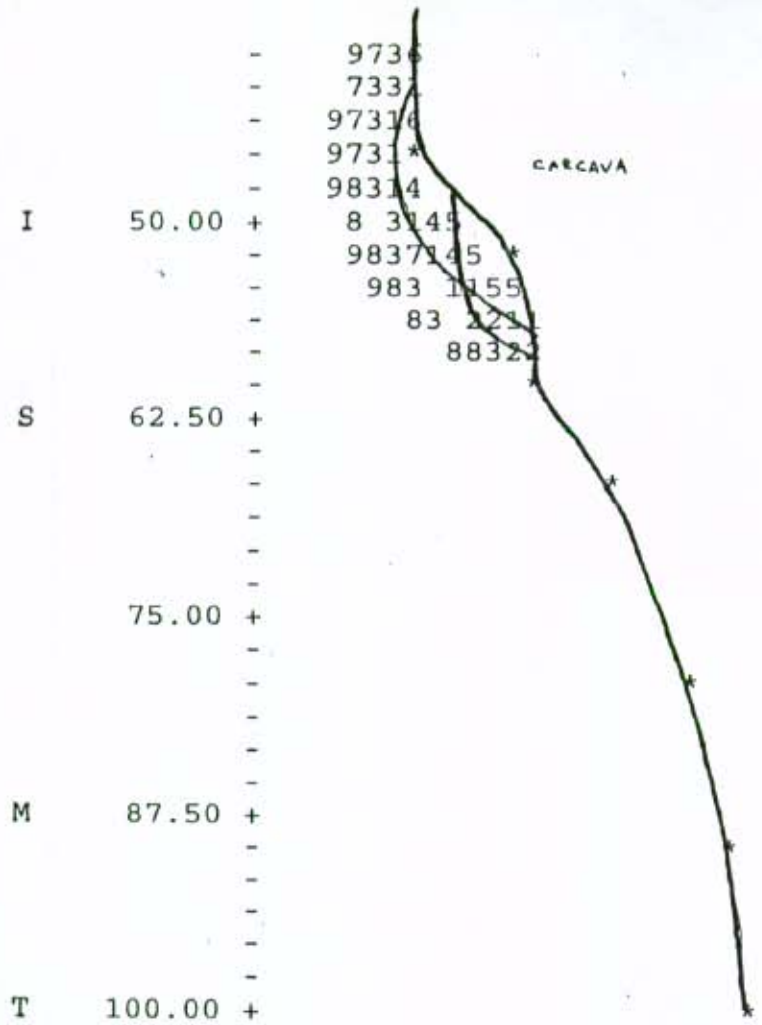
Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	37.00	9.09
2	38.54	7.81
3	40.25	6.78
4	42.11	6.03
5	44.05	5.57
6	46.05	5.42
7	48.04	5.58
8	49.99	6.05
9	51.84	6.81
10	53.55	7.84
11	55.08	9.13
12	56.40	10.63
13	57.46	12.32
14	58.26	14.16
15	58.76	16.10

16	58.92	17.69	
***	2.688	***	

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	39.00	9.29
2	40.48	7.94
3	42.18	6.88
4	44.03	6.13
5	45.99	5.72
6	47.99	5.65
7	49.96	5.94
8	51.86	6.57
9	53.62	7.52
10	55.19	8.77
11	56.51	10.27
12	57.55	11.98
13	58.27	13.84
14	58.65	15.80
15	58.69	17.64
***	2.828	***





A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

10 Trial Surfaces Have Been Generated.

2 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 16.00 mt.
and X = 20.00 mt.

Each Surface Terminates Between X = 37.00 mt.
and X = 40.00 mt.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 mt.

2.00 mt. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical

First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	18.00	4.84
2	19.99	4.69
3	21.99	4.65
4	23.99	4.72
5	25.99	4.90
6	27.97	5.18
7	29.93	5.57
8	31.86	6.06
9	33.77	6.66
10	35.65	7.36
11	37.48	8.16
12	39.27	9.05
13	39.82	9.37

*** 2.642 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	16.00	4.67
2	17.97	4.35
3	19.97	4.16
4	21.96	4.11
5	23.96	4.18
6	25.95	4.39
7	27.92	4.73
8	29.87	5.20
9	31.78	5.80
10	33.64	6.52
11	35.45	7.36
12	37.21	8.33
13	38.66	9.25

*** 2.829 ***

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	20.00	5.00
2	21.98	4.72
3	23.98	4.62
4	25.98	4.69
5	27.96	4.93
6	29.92	5.34
7	31.83	5.92
8	33.69	6.66
9	35.48	7.56
10	37.18	8.61
11	37.96	9.18

*** 2.847 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	19.00	4.92
2	20.75	3.95
3	22.62	3.24
4	24.57	2.79
5	26.56	2.61
6	28.56	2.71
7	30.52	3.08
8	32.42	3.72
9	34.21	4.61
10	35.86	5.74
11	37.34	7.09
12	38.62	8.63
13	39.03	9.29

*** 2.925 ***

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	16.00	4.67
2	17.78	3.76
3	19.65	3.06
4	21.59	2.56
5	23.57	2.27
6	25.57	2.20
7	27.56	2.35
8	29.53	2.72

9	31.44	3.30
10	33.28	4.09
11	35.02	5.07
12	36.65	6.24
13	38.14	7.57
14	39.47	9.06
15	39.68	9.35

*** 2.951 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	19.00	4.92
2	20.65	3.79
3	22.46	2.93
4	24.37	2.34
5	26.35	2.05
6	28.35	2.05
7	30.33	2.34
8	32.24	2.93
9	34.04	3.80
10	35.69	4.92
11	37.16	6.28
12	38.42	7.84
13	39.27	9.31

*** 3.017 ***

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	17.00	4.75
2	18.56	3.50
3	20.29	2.50
4	22.15	1.77
5	24.10	1.33
6	26.10	1.20
7	28.09	1.37
8	30.03	1.84
9	31.88	2.60
10	33.59	3.63
11	35.13	4.92
12	36.45	6.42
13	37.53	8.10
14	38.01	9.19

*** 3.237 ***

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	17.00	4.75
2	18.46	3.38
3	20.10	2.24
4	21.89	1.36
5	23.80	.75
6	25.77	.42
7	27.77	.40
8	29.75	.67
9	31.67	1.23
10	33.49	2.06
11	35.16	3.16
12	36.65	4.49
13	37.93	6.03
14	38.97	7.74
15	39.64	9.35

*** 3.264 ***

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

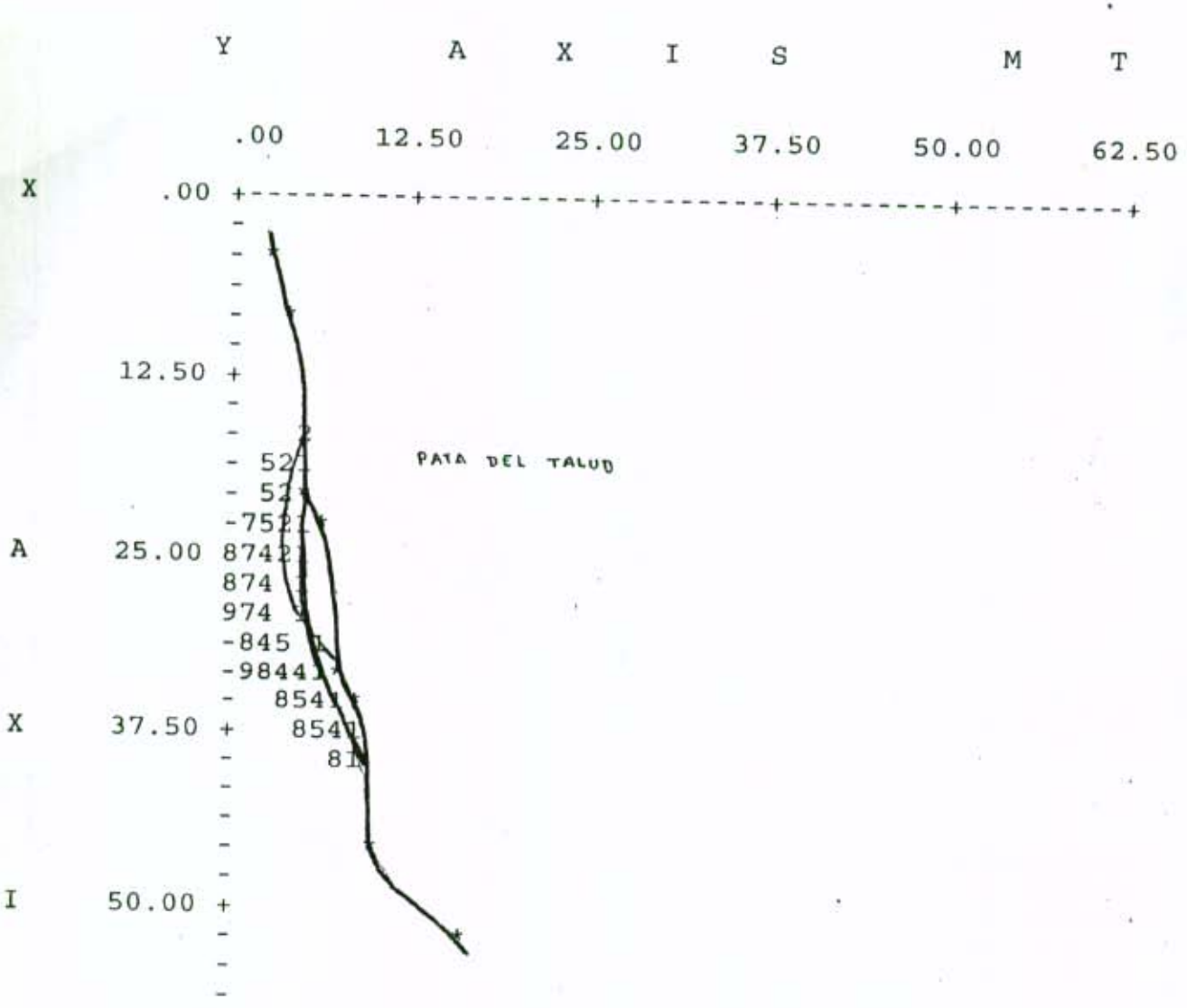
Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	18.00	4.84
2	19.43	3.44
3	21.07	2.29
4	22.87	1.41
5	24.78	.83
6	26.76	.56
7	28.76	.61
8	30.73	.97
9	32.61	1.65
10	34.37	2.61
11	35.94	3.83
12	37.31	5.30
13	38.42	6.96
14	39.26	8.77
15	39.42	9.33

*** 3.272 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	20.00	5.00
2	21.45	3.62
3	23.14	2.55
4	25.00	1.83
5	26.97	1.49
6	28.97	1.53
7	30.93	1.97
8	32.76	2.77
9	34.40	3.92
10	35.78	5.36
11	36.86	7.04
12	37.59	8.91
13	37.63	9.15

*** 3.406 ***



000001

E-133

JULIAN SANCHEZ

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO

LOTE

CRA 4 No 165 - 24 SANTA CECILIA BAJA NORTE

SANTA FE DE BOGOTA, D.C

INGENIERO EMILIANO CRUZ TORO
MAT No 19202-05532 S.C.I

SANTAFE DE BOGOTA, D.C., ENERO DE 1996

40

000002

Daf 19202-05532
S.C.I

CONTENIDO

	Pag.
1. Introducción	1
1.1 Metodología	1
1.2 Localización	1
1.3 Vias de Acceso	3
2. Aspectos Generales	3
3. Geología	3
3.1 Estratigrafía	3
3.1.1 Grupo Guadalupe	5
3.1.1.1 Formación Arenisaca Dura (Ksd)	5
3.1.1.2 Formación Plaeners (Kspl)	5
3.1.1.3 Formación Labor y Tierna	6
3.1.2 Coluviones	6
3.2 Geología Estructural	7
3.2.1 Falla Usaquen	7
3.2.2 Falla Alto del Cabo	7
3.2.3 Falla Teusacá	8
3.2.4 Falla Santa Bárbara	8
3.2.5 Diaclasas	8
4. Geomorfología	8
5. Geología Económica	9
6. Exploración y Ensayos	10
6.1 Generalidades	10
6.2 Ensayos de Laboratorio	10
6.3 Características Geomecánicas	12
6.3.1 Ensayos de Clasificación	12
6.3.1.1 Limites de Atterberg	12
6.3.1.2 Granulometría	12
6.3.1.3 Dispersividad (PIN HOLE TEST)	12
6.3.2 Ensayos de Resistencia	15
6.3.2.1 Resistencia al Corte	15
6.3.2.1.1 Resistencia del material granular	15
6.3.2.1.2 Resistencia del material rocoso	15

7. Morfología Topográfica 19

7.1 Generalidades del Mapa de Pendientes 19
7.2 Expresión Topográfica del Terreno 19

8. Análisis Preliminar del Macizo Rocoso 21

8.1 Análisis Cinemático de Estabilidad 21

8.1.1 Recolección de Datos Estructurales 21
8.1.2 Análisis preliminar de los datos estructurales para establecer las diferentes familias de discontinuidades. 22
8.1.3 Análisis Estructural 23
8.1.4 Análisis Preliminar de Estabilidad del Macizo Rocoso. 23

8.2 Análisis Estático de Estabilidad 27

9. Posibles Causas de Deslizamiento 27

10. Recomendaciones 28

10.1 Generalidades 28
10.2 Medidas Correctivas 29

11. Conclusiones 32

Bibliografia 33

Anexo 1. Cálculos de Estabilidad y Factores de seguridad

1. INTRODUCCION

El presente informe corresponde a la cartografía geológica de un área de 2,5 Kilómetros cuadrados, a escala 1:50, ubicada a NE de Santafé de Bogotá.

A partir de éste se pretende establecer las características geotécnicas de la zona, para lo cual se describen las características texturales y estructurales de las rocas aflorantes (Formación Labor y Tierna).

1.1. METODOLOGIA

El trabajo se inició con la recolección de información de campo, que se llevó a cabo en dos comisiones.

Se efectuó el reconocimiento previo de las unidades litoestratigráficas a diferenciar, posteriormente se cartografió y se establecieron relaciones estructurales entre las unidades.

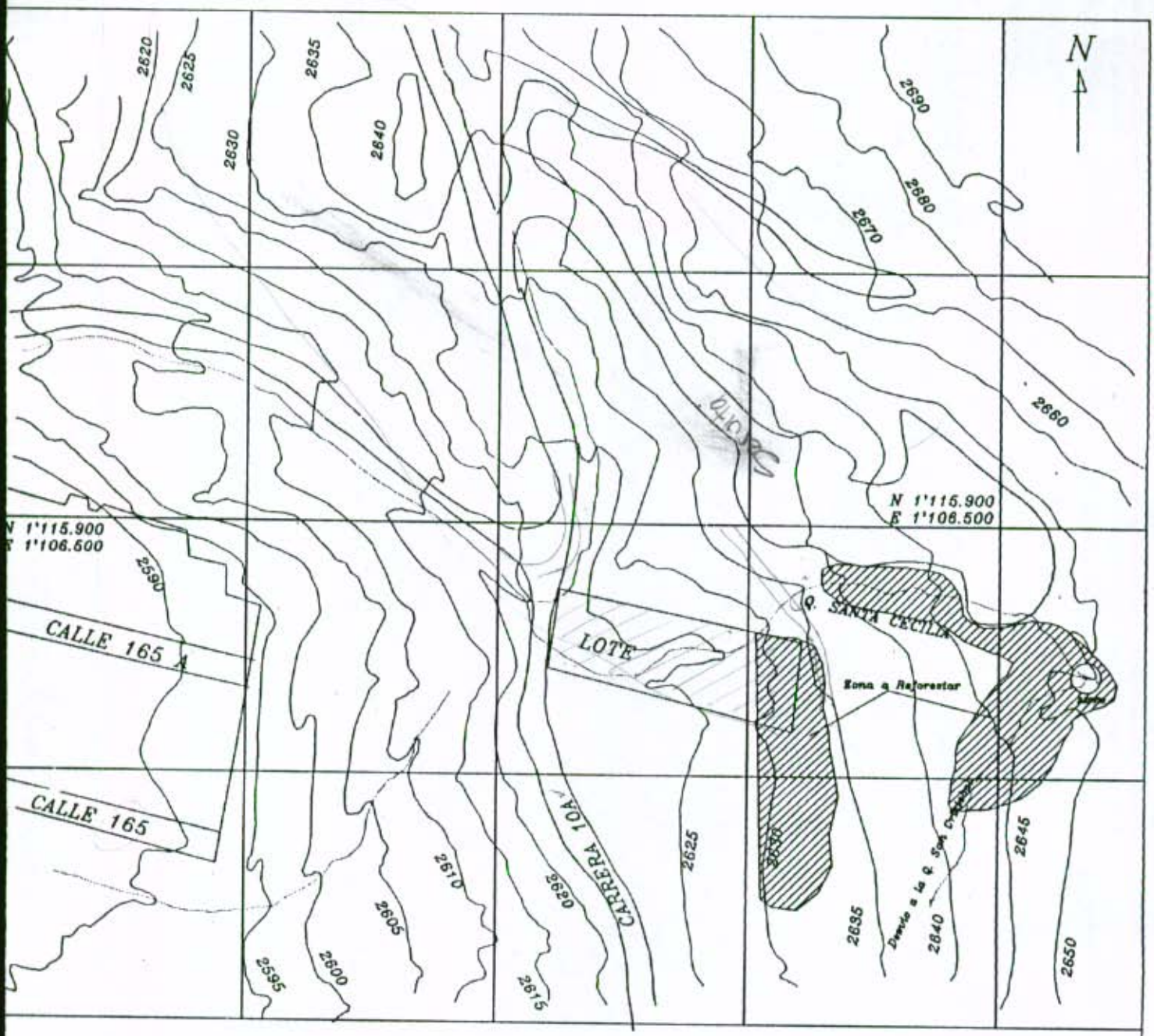
Para finalizar se analizaron los datos recogidos y se elaboró el presente informe.

1.2. LOCALIZACION

El área de trabajo se encuentra localizada al noreste de Santafé de Bogotá, está limitada dentro de las coordenadas planas de Gauss con origen en Bogotá así:

PUNTO 1	X=	115.882,6
	Y=	106.426,7
PUNTO 2	X=	115.860,4
	Y=	106.524,3
PUNTO 3	X=	115.825,5
	Y=	106.521,6
PUNTO 4	X=	115.852,8
	Y=	106.425,5

Políticamente corresponde al departamento de Cundinamarca, en jurisdicción de Santafé de Bogotá. El área se encuentra ubicada al norte de la parcelación Santa Cecilia (Fig. 1).



TOMADO DE LAPLANCHA F45A DEL
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CATASTRO
DISTRITAL (DCD)

Figura No. 1

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO
LOCALIZACION DEL LOTE
LOTE Cra. 4 No. 165-24 Santa Cecilia Baja Norte

1.3. VIAS DE ACCESO

La principal vía de acceso es la carretera pavimentada que del centro de Bogotá se comunica con los barrios del Noreste "autopista norte". Le sigue la carrera septima y finalmente la calle 165A.

2. ASPECTOS GENERALES

El área corresponde al valle de la quebrada Santa Cecilia en donde la mayor altura es de 2.650 m. y la menor de 2.619 m.

La clasificación del clima para esta región es frio humedo con lluvias moderadas durante todo el año.

En el área de estudio por lo general el Grupo Guadalupe presenta una infiltración potencial media anual de 7.99 X10 m/año, sin embargo, la infiltración real puede ser menor debido a la intensidad de las lluvias que contribuyen a aumentar la escorrentía, máximo cuando existen pendientes pronunciadas que hacen que la escorrentía superficial sea rápida y la rata de infiltración mínima.

En general el área presenta un caudal máximo de 33m /seg. y uno mínimo de 8.6m /seg. y un caudal promedio de salida de 32m /seg., la evaporación media anual varía entre 855 mm. y 1091.3 mm., presentando una precipitación promedio de 1.000 mm./año, dándose la mayor en época de lluvias (abril-mayo y octubre-noviembre).

3. GEOLOGIA

3.1. ESTRATIGRAFIA

El área de estudio localizada al NE de Santafé de Bogotá (parcelación Santa Cecilia), corresponde a un sector del flanco occidental del anticlinal Bogotá, en el cual aflora parte del Cuadalupe superior, localmente cubierta por coluviones. (Figura No. 2).



arenisca de grano muy variable que llega hasta muy grueso, con estratificacion cruzada.

arcillitas, capas silicias y areniscas en capas delgadas (16m. tapados)
arenisca
arcillitas abigarradas
areniscas en bancos gruesos.
arcillitas verdosas
areniscas en capas gruesas
(cubierto)

areniscas de grano fino a medio en capas de 20cm. a 2m.

areniscas finisimas y lutitas

arcillas y capas silicias alternando; con los terminos de transito entre los dos extremos; todo el conjunto muy finamente estratificado

arenisca en capas de 20cm. a 2m.
nivel blando (cubierto)
arenisca en capas gruesas.
arcillas y capas silicias y alguna capa de arenisca finisima
arenisca blanca de grano fino con tinciones de limolita, en capas gruesas
arenisca en capas de 5cm. a 2m. de grrano fino a medio, con intercalaciones de arcillas de unos cm.

Arenisca Tierna

Nivel blando que separa las areniscas Tierna y de Labor.

Arenisca de Labor

Nivel de Plaeners

Arenisca Dura

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO

COLUMNA ESTRATIGRAFICA
CUADALUPE SUPERIOR

LOTE
Cra. 4 No. 165-24 Santa Cecilia Baja Norte

FIGURA No. 2

3.1.1. GRUPO GUADALUPE

El grupo Guadalupe fue definido por Hettner en 1.892 y redefinido por Hubach E. (1.957) y Renzoni, G. (1.968). Comprende una parte inferior, predominantemente lutítica, y una parte superior predominantemente arenosa, en la cual se distinguen tres niveles que de abajo a arriba son: Formación Arenisca Dura, Formación Plaeners y Formación Arenisca Tierna, aunque también se ha citado la existencia de otra arenisca, Arenisca Labor (Hubach, 1.957. Tomado de Bol. Geol. U.I.S. No.8, 1.961). (Plano No. 2).

3.1.1.1. FORMACION ARENISCA DURA (Ksd)

Definida por Hubach E., 1.931. Se encuentra conformando los cerros de la parte oriental y suroriental de la Sabana de Bogotá presentando un espesor que varía entre 430 m. y 460 m. en los flancos del anticlinal de Choachí.

Esta unidad está constituida por areniscas cuarzosas de colór blanco, de grano fino a muy fino subredondeado, bien seleccionadas y compactas. Presenta esporádicas intercalaciones de limolitas silíceas gris claro, en capas de 3 cm. a 10 cm. y arcillolitas gris claro, laminadas en bancos hasta de 5 m.

Su contacto con la suprayacente Formación Plaeners es neto, mientras que su contacto inferior con la Formación Chipaque es gradual (Julivert M. 1.963. Tomado de Zonificación Geotécnica del Distrito Especial de Bogotá, Ingeominas, 1.968).

3.1.1.2. FORMACION PLAENERS (Kspl)

Definida por Hubach E. (1.931) y redefinida por Renzoni G. (1.968). Aflora en los flancos de los anticlinales de Bogotá y Cheba.

Presenta tres conjuntos: uno inferior constituido por limolitas silíceas gris claras, ricas en Siphogenerinoides en capas de 2 cm. a 10 cm., con delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas. Su espesor medido en la quebrada Carrizal, al oeste del cerro La Cruz, es de 45 m. (bibl. no.8)

El conjunto medio consta de intercalaciones de arenisca o limolitas silíceas y limolitas negras o arcillolitas en bancos de 5 m. a 20 m. de espesor. Estas areniscas son cuarzosas, de grano fino a muy fino, bien seleccionadas, compactas y con estratificación muy delgada a maciza; mientras que las arcillolitas de color gris amarillento a gris verdoso cuando están frescas y rojizas cuando están alteradas, son blandas en algunos sectores y en otros muy

duras, compactas y con fractura concoidea, alcanzando un espesor de 117 m. en la quebrada Carrizal y 70 m. en la quebrada Calderón (bibl. no.8).

El conjunto superior está constituido por limolitas silíceas y arcillolitas duras a blandas en capas delgadas (de 2 cm. a 10 cm.) con intercalaciones de areniscas de grano muy fino, gris amarillentas, ricas en Siphogenerinoides y restos de peces, alcanzando un espesor de 46 m. en el sector de Terreros.

3.1.1.3. FORMACION LABOR Y TIERNA (Ksglt)

Definida por Renzoni G., 1.968. Aflora al NE y S de la Sabana de Bogotá, Haciendo parte del flanco occidental del anticlinal de Bogotá y del flanco occidental del sinclinal de Usme-Tunjuelito.

Constituida por dos conjuntos: uno inferior, conformado por areniscas blancas a gris claras, cuarzosas, de grano fino a grueso subangulares a subredondeadas, de selección moderada a buena, y friables a duras; Hacia el tope de este conjunto se presenta un paquete de lodolitas silíceas; su espesor es de 150m. en el flanco oriental del anticlinal de Bogotá y corresponde a lo denominado por algunos autores como Arenisca Labor.

El conjunto superior está constituido por areniscas cuarzo-feldespáticas de grano medio a conglomerático, ligeramente duras a friables, con estratificación cruzada en capas de 20 cm. a 3m., con delgadas capas de arcillolita gris clara.

El espesor total de la unidad es de 220 m. en los sectores de las quebradas La vieja y el Higuerón, y en la carretera Bogotá-Choachí (Perez, G. y Salazar, A., 1.971. Tomado de bibl. no.1)

En el área de estudio aflora esta unidad presentando paquetes de 1 m. a 2 m. de espesor de arcillolitas y lodolitas grises, amarillas y rojizas, en láminas y capas delgadas, con algunos niveles de areniscas cuarzosas de grano muy fino, suprayacidas por bancos de hasta 3 m. de arenisacas cuarzo-feldespáticas de grano fino a grueso con delgadas intercalaciones de arcillolitas grises con contactos ondulados paralelos.

La roca está muy diaclasada con evidencia de fricción (espejos de falla).

.1.2. COLUVIONES

stos depósitos son el producto de la fracturación y el arrastre ue han sufrido los paquetes de roca de la Formación Labor y ierna, que por lo general se originan por el intenso iaclasamiento y la alta pendiente, que facilita su movimiento por ravedad.

ste se ve aumentado por los drenajes de corrientes efímeras que sentuan la erosión.

ste es matriz-soportado, con predominio clastos angulares compacto-elongados a compactos, de hasta 6 cm. de diámetro mayor; aunque se presentan algunos clastos con diámetros de 40-50 cm. de diámetro mayor angulares y compactos. Dada su composición granulométrica y poca compactación presentan alta permeabilidad y comportamiento geotécnico muy pobre.

3.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La zona se encuentra ubicada dentro del bloque Oriental Anticlinal de Bogotá- Usaquén, que es una estructura asimétrica y estrecha con orientación NS a NE-SW, afectada en su núcleo por la falla inversa del Alto del Cabo y en su flanco occidental por la falla inversa de Bogotá. En el NE de Santafé de Bogotá esta estructura se conoce como anticlinal de Usaquén, con dirección N-S y con su flanco occidental normal, aunque existen inversiones parciales. Transversal al eje de la estructura y a las fallas mencionadas, el bloque ha sido afectado por fallas con desplazamiento lateral importante, tales como las fallas de Santa Bárbara, Usaquén y Torca.

Aunque dentro de este bloque se pueden diferenciar cuatro zonas tectónicamente diferentes, en este trabajom solo nos referiremos a la zona norte por ser la que directamente esta afectando.

La zona norte, se encuentra limitada hacia el sur por la falla de Usaquén, al occidente por la falla del Alto del Cabo y al Oriente por la falla de Teusacá. Se caracteriza por presentar pliegues anticlinales y sinclinales amplios en su sector central y estrechos e invertidos en sus bordes oriental y occidental. (Plano No. 2).

3.2.1. FALLA DE USAQUEN

Es una falla con movimiento lateral que desplaza el sistema NE-SW, con una zona de influencia que va entre los 50 m. y 100 m.

3.2.2. FALLA ALTO DEL CABO

Falla inversa que buza al oriente y fractura al anticlinal en su núcleo. La presencia de suelos residuales y coluviones a lo largo de su traza se atribuye al fracturamiento intenso de las rocas.

3.2.3. FALLA TEUSACA

Es una falla inversa con rumbo N30E que buza hacia el occidente, sa lo largo de rio Teusacá, que pone en contacto a la Formación Labor y Tierna con Guaduas. Su zona de influencia, por ser una falla de cabalgamiento, se estima superior a los 100 m.

3.2.4. FALLA SANTA BARBARA

Presenta un desplazamiento lateral importante de unos 800 m., con una orientación aproximada E-W a NE-SW. Zona de influencia 50 m. a 100 m.

3.2.5. DIACLASAS

En general la zona presenta un intenso diaclasamiento, observandose dos patrones preferenciales con direcciones N 20-30 W y N 50-60E, sin embargo, no existe una marcada diferencia.

Estas diaclasas por lo general son cerradas (cuando presentan abertura, es muy pequeña), continuas, con tamaño desde centimetros hasta algunos metros (6 metros), contactos lisos, con preferencia de alto angulo.

Se realizó un control sobre estas diaclasas para tratar de establecer alguna relación con la geologia estructural que enmarca la zona y que por consiguiente la afecta.

Así mismo, se establecieron familias de diaclasas, de acuerdo a un diagrama de densidad de polos, en el cual se observa un porcentaje mayor correspondiente a 12%, con una dirección NE y de ángulo alto.

4. GEOMORFOLOGIA

Esta zona se caracteriza por ser de una topografía ondulada con pendientes entre 30 y 45 grados, que pertenece a un sistema de drenajes subparalelos, con interfluvios suavizados. Rocas finogranulares, moderadamente duras a friables, meteorizadas, que presentan mal desarrollo de suelos, con erosión de tipo abarrancamiento, la cual se ve aumentada por la presencia de drenajes, produciendose en época de lluvias el arrastre de las partículas finas de los estratos superficiales, que favorece los despegues y hundimientos que dejan al descubierto niveles arcillo-arenosos, más susceptibles a la erosión.

El papel de la erosion y la gravedad están muy ligados, no solo por la influencia en La Sabana de una tectónica gravitativa, sino, por la modificación que ejerce la gravedad en estructuras en cuya formación han intervenido otras causas.

La gravedad actua localmente favorecida por la pendiente de los estratos gracias a que la erosión ha creado unas condiciones topográficas adecuadas.

5. GEOLOGIA ECONOMICA

ARENAS

Arenas para construcción se obtienen de las arenitas de la Formación Labor y Tierna, en los sitios donde su homogeneidad y facilidad de extracción lo permiten.

La arenisca Tierna de grano más grueso, pero más friable es la única que se explota como arena, auque no todas sus capas son aptas. De la arenisca Labor se extraen grandes bloques usados para la construcción, por presentarse en bancos gruesos con diaclasamiento espaciado; aunque también puede llegar a utilizarse como triturado.

6. EXPLORACION Y ENSAYOS

6.1 GENERALIDADES

Basados en los Mapas geológico y geomorfológico, se realizó una zonificación preliminar del área de localización del lote de estudio. A partir de la cual se programaron 4 apiques a una profundidad de 2.0 m. distribuidos en sitios críticos de posibles deslizamientos.

La finalidad de estos apiques fue la de muestrear los materiales superficiales, con el fin de obtener rangos Geomecánicos de densidad y resistencia de los suelos, así como su variabilidad espacial en el área estudiada.

Se obtuvieron 4 muestras alteradas y 3 inalteradas, las cuales se analizaron para identificar sus propiedades indice.

6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las diferentes muestras recuperadas durante la etapa de exploración fueron llevas al laboratorio de suelos, donde se realizaron los siguientes ensayos. El resumen de resultados se encuentra en la Tabla No. 1

- 7 Humedades Naturales
- 4 Límites Líquido y Plástico
- 2 Granulometrías por tamizado
- 6 Pesos Unitarios parafinados
- 2 Pesos específicos de sólidos
- 2 Dispersividad (PIN HOLE TEST)
- 7 ensayos de Carga Puntual
- 3 Corte directo

6.3 CARACTERISTICAS GEOMECANICAS DE LOS MATERIALES SUPERFICIALES

6.3.1 ENSAYOS DE CLASIFICACION

6.3.1.1 LIMITES DE ATTERBERG.

Los ensayos de laboratorio muestran que la mayor parte de los materiales de la zona estudiada presentan características de baja plasticidad lo cual indica que es una zona de alta erodabilidad. Sin embargo se encontraron algunos casos de suelos que presentan características de plasticidad alta provenientes de lutitas trituradas y tamizadas. Se determinó experimentalmente que el límite líquido oscila entre 34 y 55% mientras que el índice plastico fluctua entre 12 y 28%. (Figura No. 3) Carta de plasticidad.

6.3.1.2 GRANULOMETRIA.

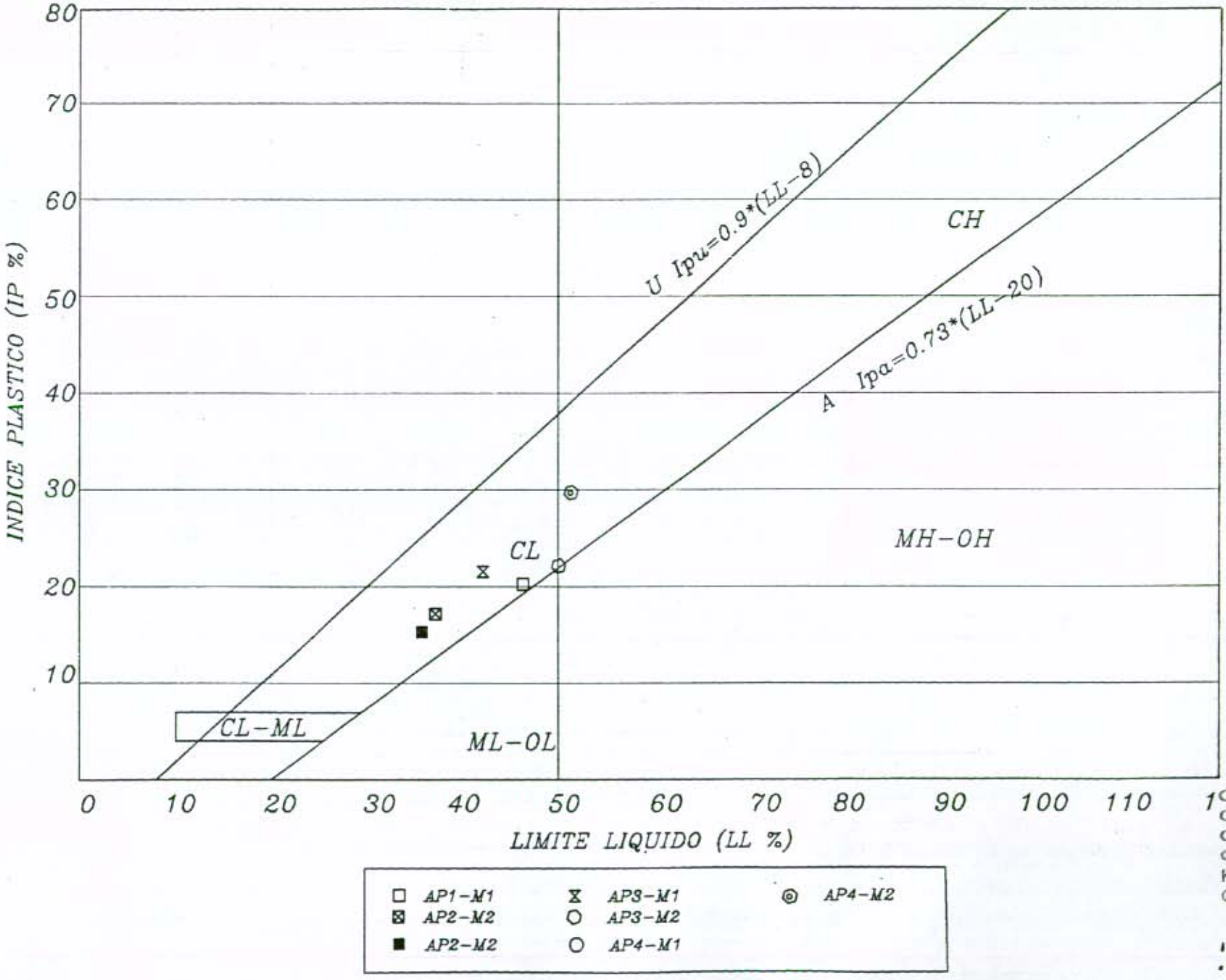
El método utilizado para representar las características de tamano de un suelo dado, consiste en dibujar una curva granulométrica, estando en las ordenadas el porcentaje en peso de suelo seco que tiene un tamano de partículas menor que un diámetro dado y en las abcisas el logaritmo de ese diámetro. La magnitud representada en las ordenadas se conoce como el porcentaje que pasa.

Las curvas granulométricas del lote de estudio, se caracterizan por presentar todos los tamaños de partículas en cuanto que son curvas suaves y tendidas sin presentar discontinuidades marcadas, un suelo asi se clasifica como bien gradado o W. Desde el punto de vista ingenieril se espera que un suelo bien gradado, por poseer todos los tamaños de partículas, tenga mejores condiciones de resistencia y compresibilidad que los suelos mal gradados. (Figura No. 4).

6.3.1.3 DISPERSIVIDAD (PIN HOLE TEST).

Es un ensayo utilizado para identificar suelos dispersivos; fue disenado para determinar básicamente si un suelo es suceptible o no a erodarse por tubificación y no mide la cantidad de suelo erodado bajo un régimen de flujo, simplemente indica si un suelo es o no dispersivo.

CARTA DE PLASTICIDAD

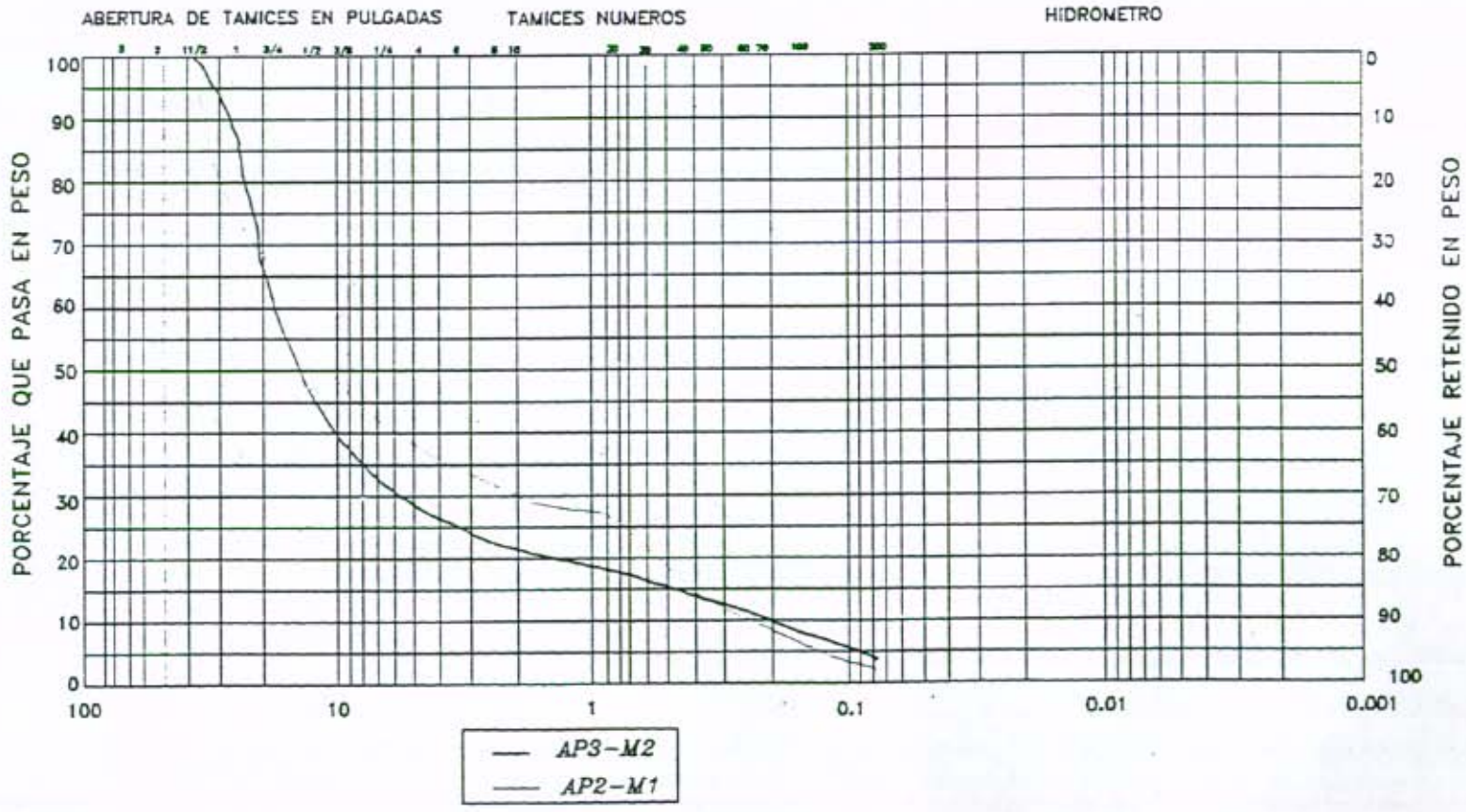


000016

FIGURA No.4

CURVA DE GRADACION

PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO LOCALIZACION: LOTE STA. CECILIA BAJA



000017

TABLA No. 1
RESUMEN DE RESULTADOS

MUESTRA	Wn	LL	LP	IP	qu	C'	Ø	Gt	Gs	Gs	CLASIF.	DESCRIPCION
No.	(%)	(%)	(%)	(%)	kg/cm^2	kg/cm^2	grados	t/m^3	Gravas	Arenas	(%)	(%)
AP1-M1	8.6	46.3	26.1	20.2	4.5	0	29	1.9			CL	Arcillolita color gris
AP2-M1	3.5	37.2	20.1	17.1				2.1	2.67	2.44	SC	Arenisca en matriz arcillo-arenosa
AP2-M2	2.6	35.8	20.6	15.2	4.5			1.8			CL	Lodolita gris rojiza
AP3-M1	4.7	42.1	20.8	21.3	>4.5			1.8	2.68	2.53	SC	Arenisca en matriz arcillosa
AP3-M2	3.3	50.1	28	22.1		0.2	38.5	1.9			CH	Arcillolita muy alterad
AP4-M1	2.9	54.9	27.6	27.3				2.3			CH	Arcillolita gris
AP4-M2	3.4	51.3	21.7	29.6		0	28.5	2.1			CH	Arenisca en matriz arcillosa

MUESTRA	CARGA PUNTU
	KN
AP1-M1	9.0
AP2-M1	11.0
AP2-M2	2.0
AP3-M1	4.0
AP3-M2	1.0
AP4-M1	2.0
AP4-M2	3.0

000018 - 18

ENSAYO DE DISPERSIVIDAD
PIN HOLE TEST

PARAMETRO	AP3-M2	AP1-M2
HUMEDAD	17.8	21.3
RELACION DE DIAMETROS	3.0	2.0
COLOR DEL AGUA	MEDIO OSCURA A CLARA	DE CLARA A MEDIO OSCURA
PRESENCIA DE PARTICULAS	POCAS	POCAS
CLASIFICACION	D1 (ALTA DISPERSION)	ND3 (INTERMEDIA)

000019 -19

Los suelos del área de estudio presentan una dispersividad intermedia; sin embargo, dada la poca vegetación y el mal manejo de la escorrentia, los fenómenos de erosión pueden ser críticos.

6.3.2 ENSAYOS DE RESISTENCIA

6.3.2.1 RESISTENCIA AL CORTE

Con el fin de evaluar los parámetros de resistencia del material se realizaron ensayos de corte directo consolidado drenado. Las pruebas se ejecutaron de manera tal, que representaran de la mejor forma posible las condiciones de campo observadas, para el efecto se ensayaron muestras saturadas en estado compacto para el material granular, mientras que las muestras de roca fueron previamente cortadas. En ambos casos, los esfuerzos normales aplicados fueron de 0.5, 1.0 y 2.0 Kg/cm^2. A continuación se analizán los resultados obtenidos en los dos materiales.

6.3.2.1.1 RESISTENCIA DEL MATERIAL GRANULAR

Como se manifestó anteriormente los ensayos de corte directo sobre material granular se realizaron en condición compacta, la envolvente de resistencia asi obtenida es ilustrada en la figura 5.

6.3.2.1.2 RESISTENCIA DEL MATERIAL ROCOSO

Con el propósito de evaluar la resistencia de las discontinuidades, se realizaron ensayos de corte sobre muestras precortadas y pulidas en condición inundada a esfuerzos normales de 0.5, 1.0 y 2.0Kg/cm2. en las figuras No.6 y 7. se encuentran consignados los valores determinados para cohesión, ángulo de fricción y envolventes de resistencia de Mohr-Coulomb.

- Los materiales, presentan un comportamiento netamente friccionante.
- El ángulo de fricción interna, varia entre 28 y 29 grados.
- Las muesstras ensayadas presentan una disminución de volumen con la deformación.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ENVOLVENTE DE RESISTENCIA MOHR-COULOMB

MUESTRA DE COLUVION - COMPACTA

APIQUE 3 - MUESTRA 2

PARAMETROS DE RESISTENCIA

PICO		RESIDUAL	
C'p	Ø'p	C'r	Ø'r
0.2	38.5°	0.05	36.5°

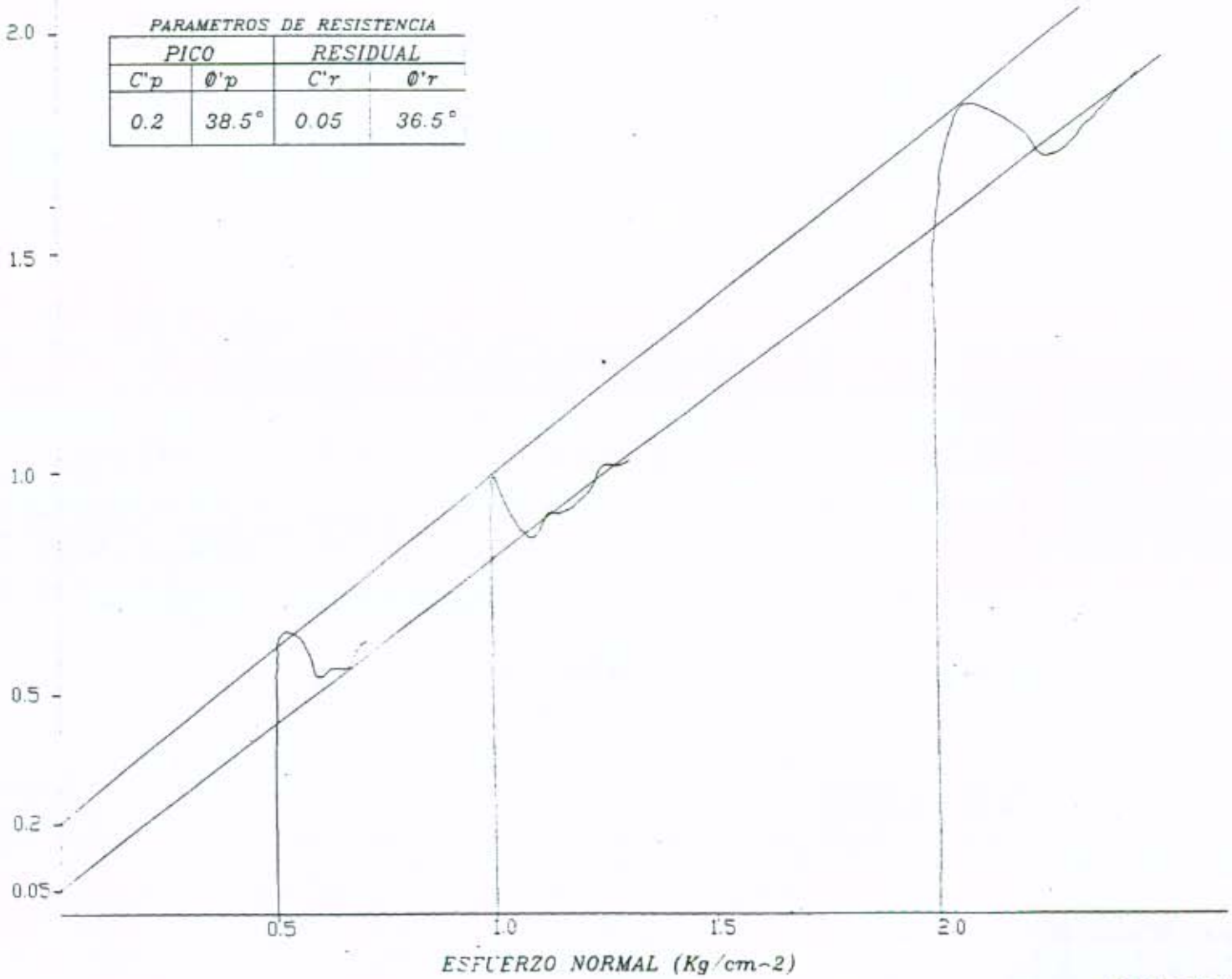


FIGURA No. 5

000021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN ROCA

ENVOLVENTE DE RESISTENCIA MOHR-COULOMB

MUESTRA PRECORTADA E INUNDADA

APIQUE 1 - MUESTRA 2

PARAMETROS DE RESISTENCIA

PICO		RESIDUAL	
C'p	Ø'p	C'r	Ø'r
0	29 °		

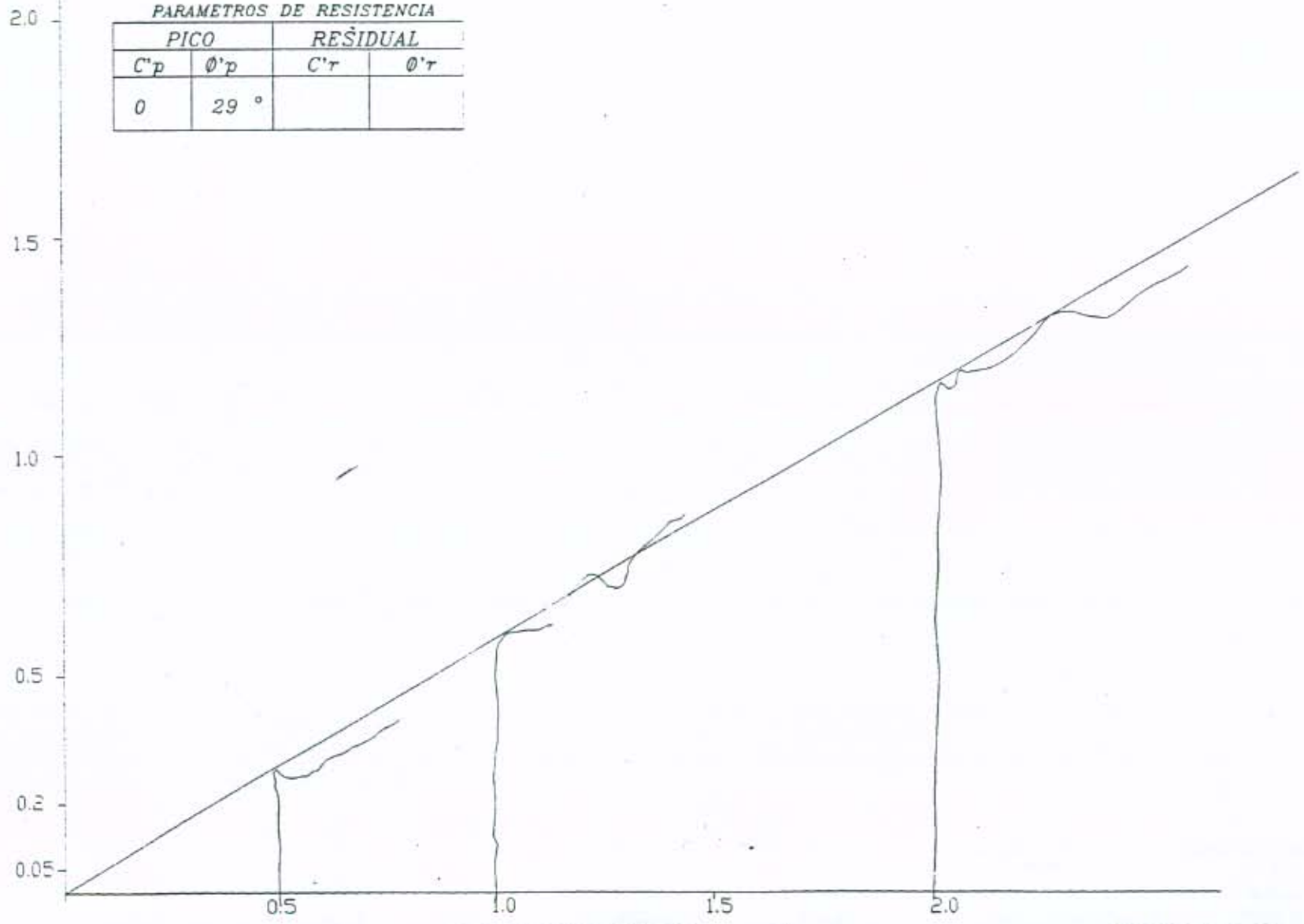


FIGURA No. 6

000023

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN ROCA
ENVOLVENTE DE RESISTENCIA MOHR-COULOMB
MUESTRA PRECORTADA E INUNDADA
APIQUE 4 - MUESTRA 2

PARAMETROS DE RESISTENCIA

PICO		RESIDUAL	
C'p	Ø'p	C'r	Ø'r
0	28.5 °		

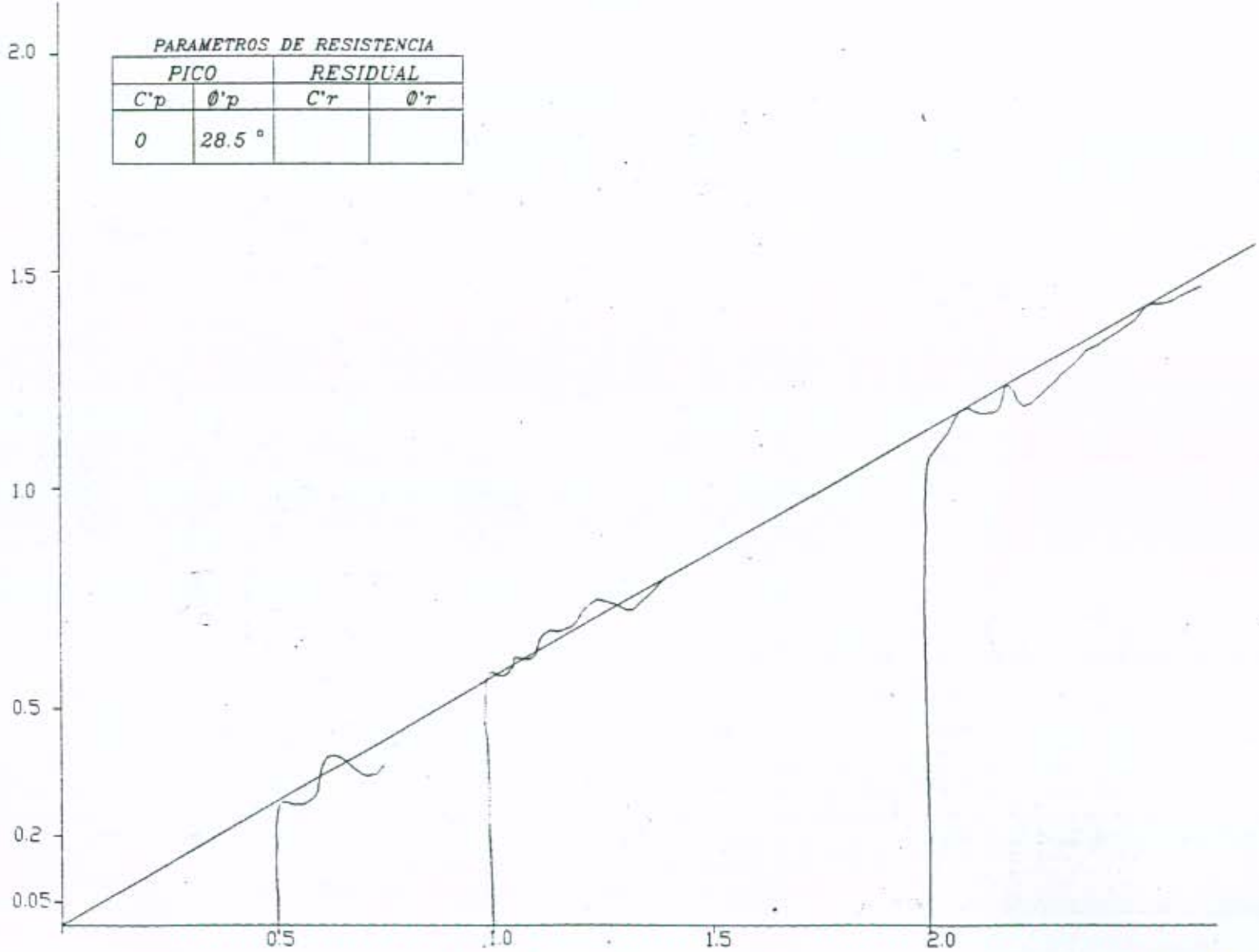


FIGURA No. 7

000023

7. MORFOLOGIA TOPOGRAFICA

7.1 GENERALIDADES DEL MAPA DE PENDIENTES

Los mapas de pendientes dan una interpretación directa, de las inclinaciones de los taludes topográficos y colaboran para una rápida clasificación geomorfológica del área. Esta clase de mapas resume efectivamente cualquier mapa topográfico, atribuyendo una inclinación del talud a una separación dada de las curvas de nivel. un aspecto importante de destacar, es que esta técnica permite identificar, para un tipo de roca determinado y unas condiciones hidrológicas dadas, la inclinación del terrreno para el que son posibles los deslizamientos, desprendimientos de suelo, etc; dichos mapas permiten predecir zonas potencialmente inestables.

7.2 EXPRESION TOPOGRAFICA DEL TERRENO

Con el fin de facilitar el análisis de las geoformas del terreno y su relación con la estabilidad, se elaboró el mapa de pendientes para la zona de estudio. Para la ejecución del presente proyecto se tomaron los siguientes intervalos:

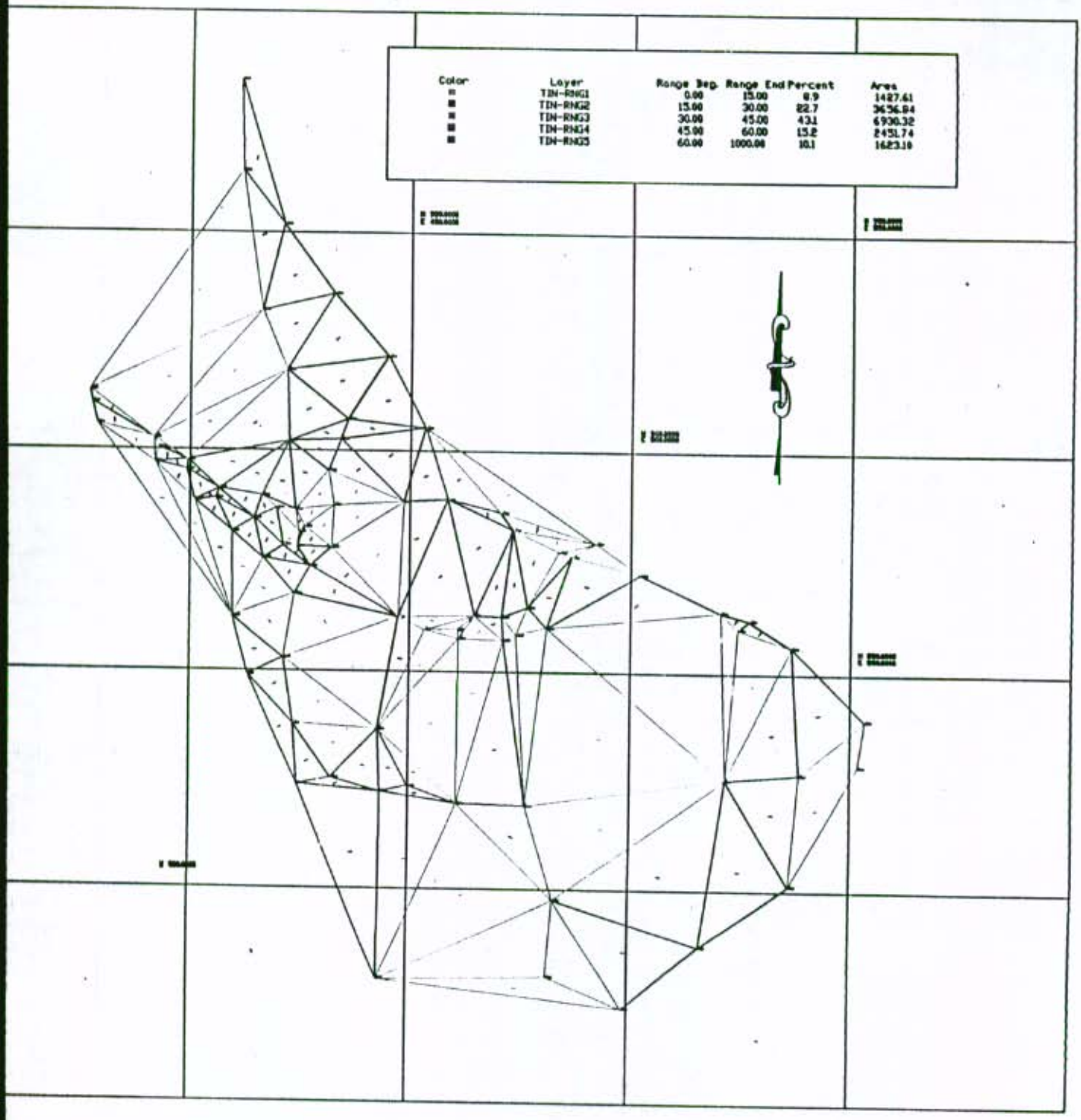
Interval	Angulo con la Horizontal (grados)
1	0 - 15
2	15 - 30
3	30 - 45
4	45 - 60
5	> 60

El Mapa de pendientes es ilustrado en la figura No. 8 destacandose lo siguiente.

- La zona más suceptible a deslizamientos corresponde al 10 % del área total con pendientes mayores a 60 grados.
- El 43% del área corresponde a terreno de pendientes entre 30 y 45 grados.
- La distribución porcentual de las pendientes que corresponden al área de estudio es ilustrado en la figura No. 8.

FIGURA No. 8

PLANO DE PENDIENTES



8. ANALISIS PRELIMINAR DEL MACIZO ROCOSO

8.1 ANALISIS CINEMATICO DE ESTABILIDAD

En este capítulo se evalua la posibilidad cinemática para falla planar y en cuña para la region de estudio. Para esto se realizó la toma y posteriores análisis de los datos geológicos, los que dependen de la geología estructural de la zona, con base en lo cual es posible realizar una zonificación estructural en la que se ha tenido en cuenta la localización y orientación de las fallas, fracturas y discontinuidades, etc. La información presedente es sumamente importante ya que permiten predecir en forma acertada, el tipo de falla más probable del macizo rocoso.

El posible macanismo de falla dependerá en gran medida de la distribución típica de polos. Es de anotar que en la representación estereográfica, es necesario incluir el corte de la cara del talud, ya que el deslizamiento puede ocurrir únicamente como resultado del movimiento hacia la cara libre creada por dicho corte.

Para el análisis de las condiciones de estabilidad cinemática del talud, se establecieron los siguientes pasos:

8.1.1 Recolección de datos estructurales del Macizo Rocoso.

Durante la etapa de campo, se prosedio a la recolección de datos esstructurales, a fin de evaluar los posibles mecanismos de falla que se pueden originar en el sector. Para efecto de análisis las características más importantes de las discontinuidades son:

1. Características Geométricas

a. Orientación
b. Espaciamiento entre discontinuidades de igual orientación.
c. Persistencia

2. Características Fisicas

a. Abertura
b. Rugosidad
c. Relleno.

En el presente estudio, se hizo énfasis en la orientación de las discontinuidades, siendo expresada en términos de su inclinación o buzamiento y dirección de buzamiento.

8.1.2 Análisis preliminar de los datos estructurales para establecer las diferentes familias de discontinuidades.

Mediante la representación estereográfica se puede visualizar el efecto de las discontinuidades en el comportamiento general del macizo rocoso.

Al utilizar la proyección estereográfica se busca:

1. La determinación de las orientaciones estadisticamente más representativas de un sistema de discontinuidades.

En este caso se utilizó la red polar ya que permite integrar un mayor número de datos, procediendo luego a elaborar el diagrama de polos. Al final resulta un diagrama que indica la tendencia de las discontinuidades en cuanto a su orientacion e inclinación, por medio de la elaboración del diagrama de frecuencia, a partir del diagrama de polos.

2. Análisis preliminar de estabilidad de taludes cinemáticamente estables para falla planar y falla en cuña.

Consiste en determinar las intersecciones entre diaclasas, con el fin de evaluar el posible movimiento hacia la cara libre del talud.

A. Falla Planar

Puede ocuurrir este tipo de falla a lo largo de una discontinuidad cuando se satisfacen las siguientes condiciones geométricas.

1. La diferencia de azimut de buzamiento del talud y la discontinuidad es menor o igual a 20 grados.

siendo:

= Asimut de buzamiento del talud y
= Asimut de buzamiento de la discontinuidad

2. La superficie de falla debe aparecer en la cara del talud. Esto significa que el buzamiento de la discontinuidad debe ser menor al buzamiento de la cara del talud.

Donde:

= Buzamiento del talud
= Buzamiento de la discontinuidad

3. El buzamiento del plano de falla debe ser mayor que el ángulo de fricción equivalente de este plano.

(Condición estática)
Siendo = El ángulo de fricción equivalente de la superficie de falla.

4. La resistencia de las superficies laterales es despreciable.

B. Falla de Cuña

Puede ocurrir falla en cuña, cuando la línea de intersección entre dos planos tiene una inclinación menor que la pendiente del talud medida en la dirección del deslizamiento. Es decir, la condición de deslizamiento está definida como:

(Condición cinemática)
(Condición estática)

Donde:

Inclinación de la cara del talud medida en la dirección de la línea de intersección.

Inclinación de la línea de intersección

Angulo de fricción equivalente de la cuña.

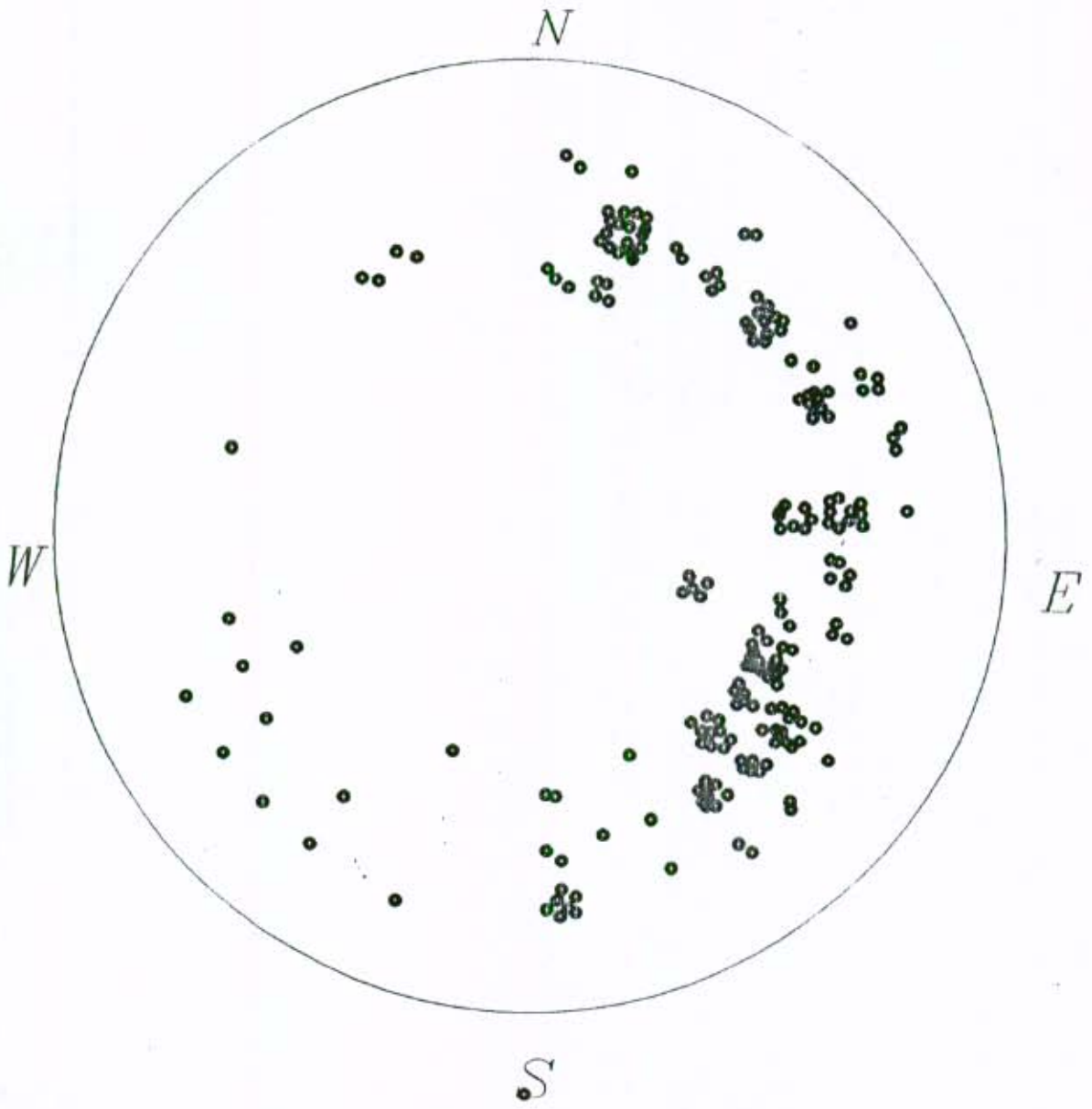
8.1.3 Análisis Estructural.

Para realizar el análisis estructural, se estudio la información consignada en el plano geológico (plano 2), haciendo énfasis en la parte estructural, con el fin de poder delimitar zonas de igual comportamiento geotécnico.

Identificados los sectores, se realizó un levantamiento detallado de rumbos y buzamientos de diaclasas. La información fue tratada estadísticamente, a fin de evaluar las tendencias más representativas de las discontinuidades, y poder de esta forma establecer un diagnóstico preliminar de la estabilidad del macizo rocoso.

8.1.4 Análisis preliminar de estabilidad del macizo rocoso

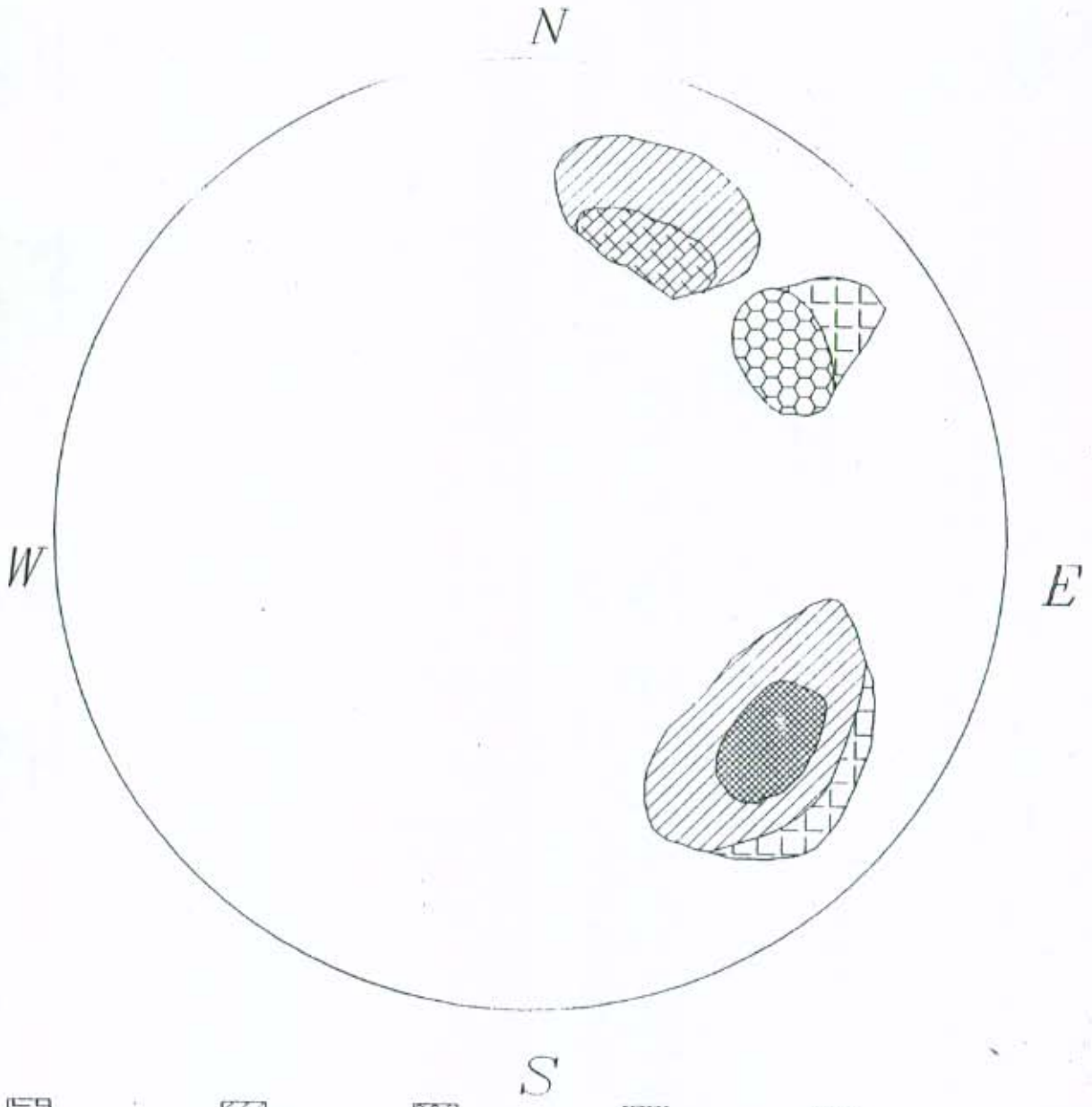
Recolectada la información concerniente a la dirección e inclinación de las discontinuidades aflorantes en la zona de estudio, se llevó a cabo el procesamiento de la misma, mediante la elaboración de los diagramas de polos, frecuencia de las discontinuidades y círculos principales, las figuras 9, 10 y 11, ilustran la orientación de las discontinuidades.



DIACLASAS

FIGURA No. 9

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO
DIAGRAMA DE POLOS
LOTE Cra. 4 No. 165-24 Santa Cecilia Baja Norte



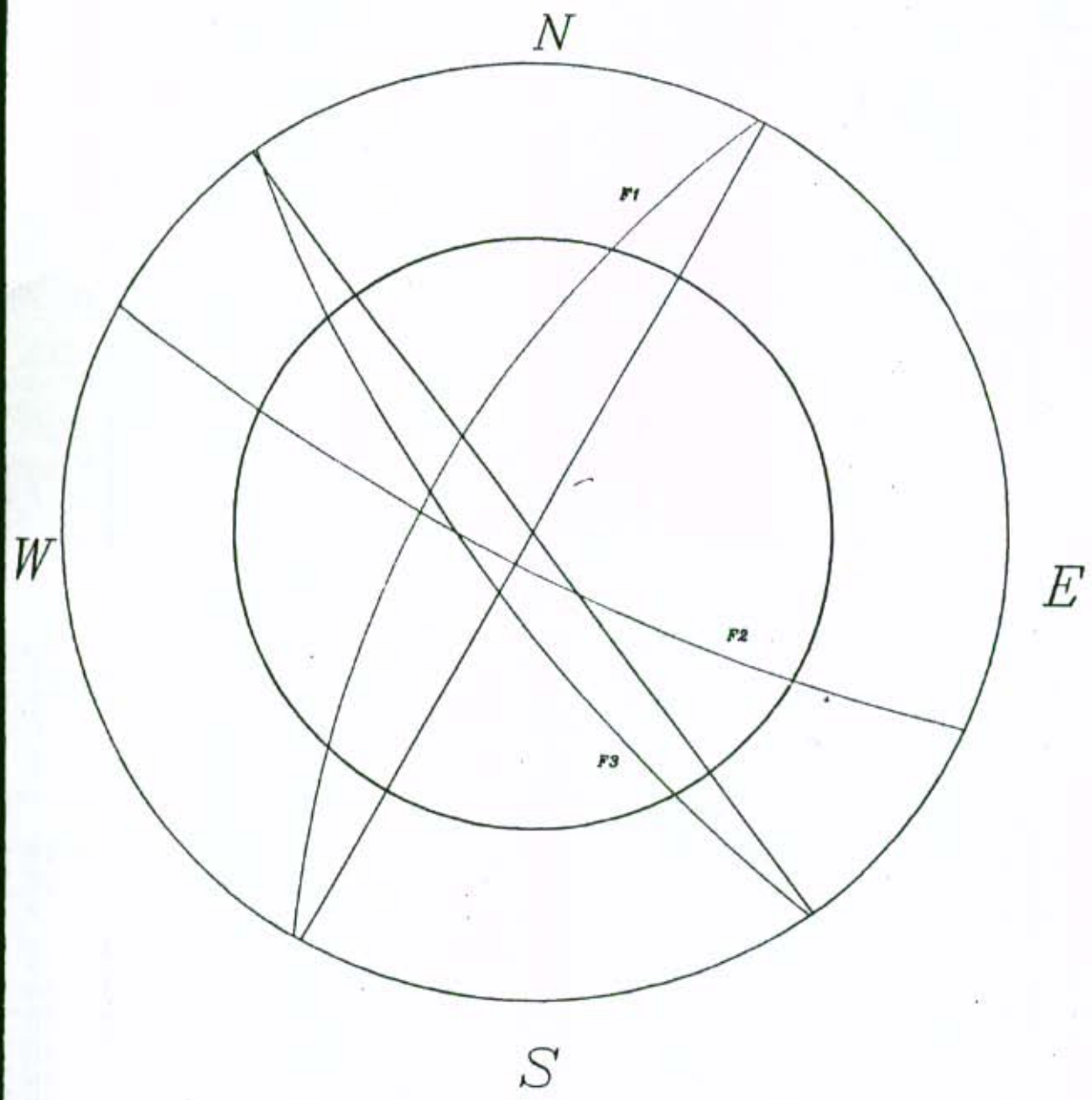
1–2% 2–4% 4–7% 7–10% >10%

FIGURA No. 10

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO

DIAGRAMA DE FRECUENCIAS

LOTE
Cra. 4 No. 165–24 Santa Cecilia Baja Norte



FAMILIA 1

FAMILIA 2

FAMILIA 3

CIRCULO DE FRICCION

FIGURA No. 11

ESTUDIO GEOTECNICO Y GEOLOGICO

DIAGRAMA DE CIRCULOS PRINCIPALES

LOTE
Cra. 4 No. 165-24 Santa Cecilia Baja Norte

A continuación se analizarán los resultados obtenidos de la zonificación estructural.

- La zona de estudio se caracteriza por la ocurrencia de fallas planares (familia de diaclasas No. 2), Figura 11, y fallas en cuña con probabilidad menor (Familias 1 y 3, Figura 11).

- El área de estudio presenta básicamente condición favorable para fallas planares, el material involucrado en este mecanismo de falla, se desplazará hacia el arroyo que atravieza el lote.

- En el sector central del lote de estudio, se encuentran depósitos de suelos arcillo-arenosos facilmente erosionables, que pueden producir cárcavas de erosión y por ende inestabilidad en el terreno.

- De lo anterior se deduce, que esta zona corresponde a un material con probabilidad de deslizarce en épocas invernales, la cual se puede minimizar con un adecuado manejo de aguas.

8.2 Análisis Estático de Estabilidad

La inspección visual y los análisis cinemáticos muestran que el tipo de falla que se puede presentar es planar.

Para la determinacion de los factores de seguridad en este tipo de falla, se realizaron análisis mediante el programa de estabilidad de taludes STABL-5, que analiza el perfil del suelo e identifica posibles trayectorias de falla. Siendo el empuje hidrostático considerado para talud saturado y parcialmente saturado.

En el anexo 1 se encuentran los resultados y factores de seguridad para el perfil C-C', representado en planta en el Plano 3 y en perfil en el plano 3A.

9. POSIBLES CAUSAS DE DESLIZAMIENTO

Con base en los anteriores resultados, se puede concluir que la posible causa de delizamientos está asociada con las condiciones estructurales y topográficas del macizo, que unido a la mala utilización que se le ha dado al suelo (Tala de bosques y Canteras), originan agrietamientos en la masa coluvial.

La causa detonante es el agua, que puede infiltrarse como consecuencia de una inadecuada protección del suelo residual, el agua así infiltrada genera grandes presiones de poros que sin llegar a saturar el talud puede desplazar la masa.

10. RECOMENDACIONES

10.1 GENERALIDADES

La denudación del terreno causado por el agua que corre libremente por la superficie, es el daño principal en la cabecera del lote. Como consecuencia de ello, las laderas tienden a inestabilizarse por la accion erosiva de las aguas que corren por las laderas formando cárcavas. Se puede concluir que la estabilidad del lote depende del manejo que se le de a las aguas, no solo en la cabeza del lote sino en toda el área circundante. Lo cual quiere decir que no basta con construir gaviones y cuneatas en la cabeza del lote, sino prolongar las obras a los lotes vecinos. (Plano No. 1)

10.2 MEDIDAS CORRECTIVAS

a. Correción de la cuenca de drenaje del arroyo (Q. Santa Cecilia), Figura No. 1, y reforestar ya que el suelo residual se encuentra muy suelto, siendo facilmente erosionado.

b. Obras de correción del cauce por medio de gaviones, que eviten que el arroyo transiste por la mitad del lote. (Plano No.1)

c. Control de erosión, mediante gaviones que tienen por objeto escalonar la ladera y mejorar la estabilidad del lote en mención. (Plano No.3)

d. Evitar que el agua de escorrentia se infiltre por la cabeza del talud esto se puede conseguir mediante cunetas. (fig 12 y 13, Plano No.1

e. Las mallas de los gaviones más recomendadas son de triple torción o hexagonales calibre 15 con resistencia a la tensión de 30 kg/cm^2, dado que estarán sometidos a cargas importantes, las dimensiones están representadas en la fig. 12.

f. El área de interes se encuentra ubicada sobre una formación, depositado en una zona de pendiente fuerte, lo que hace que aumente la probabilidad de riesgo; teniendo en cuenta su poco espesor no pueden implementar obras como son: los gaviones, cunetas y escalonamiento de la ladera; las cuales estarán afectadas por los factores de inestabilidad mensionados en el presente informe.

g. Si se levanta alguna obra directa sobre la roca, debe tenerse en cuenta que dadas las características estructurales, puede presentar falla planar. Lo que se evidencia localmente por la presencia de dos tipos de espejos de falla, con la misma direccion en el sentido del buzamiento, S-30-W; este fallamiento se ve favorecido por las características de la formación sobre la cual está ubicada, ya que al presentarse intercalaciones de lodolitas facilitan los deslizamientos.

SECCION TIPICA DE LA CUNETA TRIANGULAR

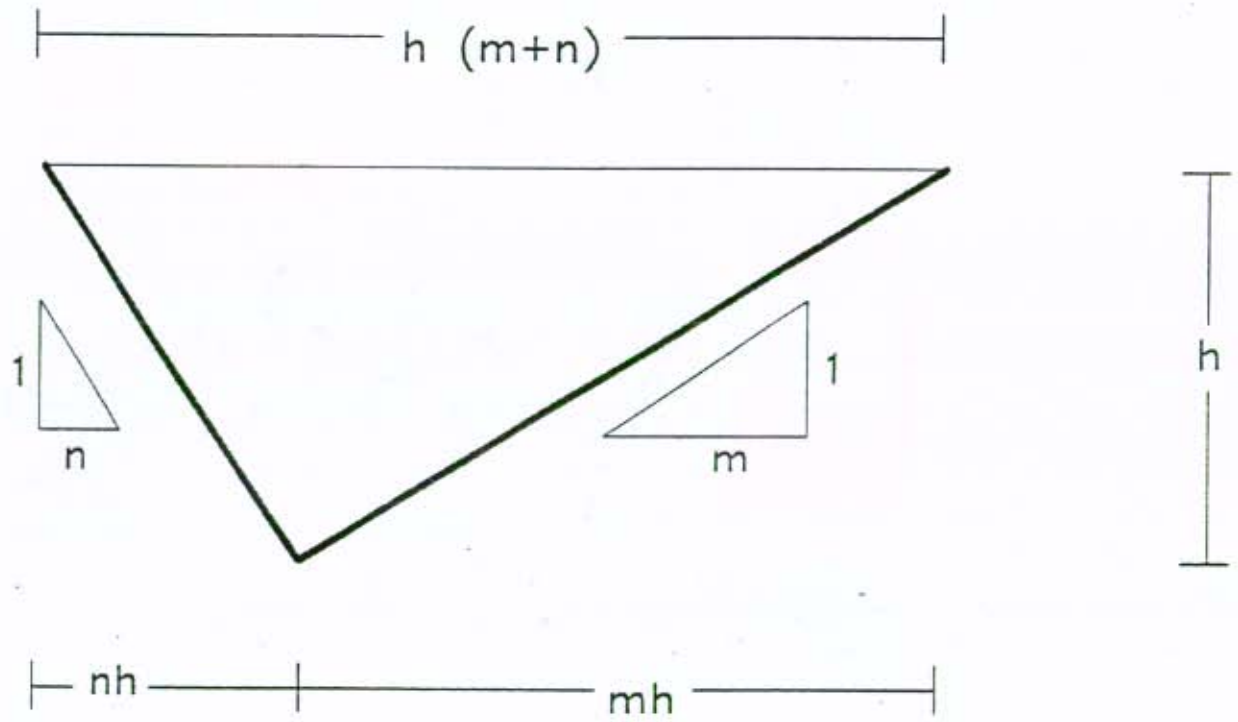
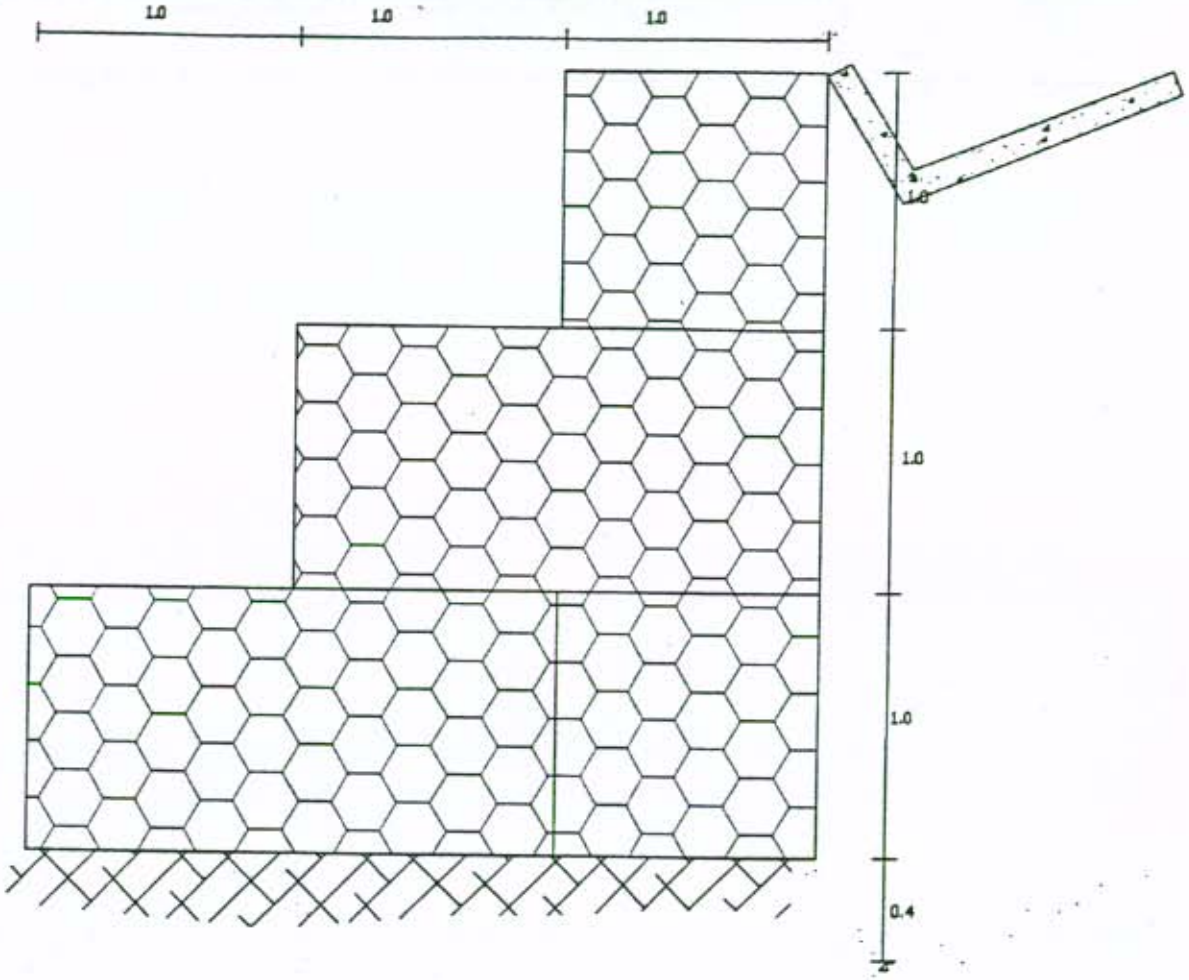


FIGURA 12

000034 35



DETALLE MURO EN GAVIONES

ESC: 1:50

FIGURA No. 13

000035 36

h. Es importante reglamentar el manejo de la arenera, ya que contribuye a aumentar los deslizamientos, máxime cuando el lote se encuentra afectado por un drenaje efímero que moviliza material y crea inestabilidad en época de invierno.

CONCLUSIONES

No debe dejarse de lado que los depósitos provenientes de unidades arenosas, dada su permeabilidad, composición granulométrica y poca compactación presentan un comportamiento geotécnico muy pobre.

Los agentes erosivos más importantes que actuan son el agua y la gravedad, debido al drenaje que pasa por el área, lo que está aumentando la socavación vertical.

La unidad aflorante en esta área es la Formación Labor y Tierna (arenisca Labor).

Teniendo en cuenta la homogeneidad de la zona, ya que los pliegues encontrados son muy pequeños y solo en las arcillolitas, se ha dado la interpretación más simple con los datos colectados en este trabajo.

Al realizar un trabajo se deben tener en cuenta las inversiones que se pueden producir en las capas por deslizamientos según la superficie de estratificación.

La región se encuentra deforestada, lo cual facilita el ataque de los agentes meteóricos sobre la roca y los suelos; manifestándoce una erosión acentuada y posibles deslizamientos.

Los suelos del área se carácterizan por ser de coluvión, con permeabilidad entre 2*10^-4cm/sg y 4*10^-4 cm/sg para suelos finos y 0.3 - 2.0cm/sg para suelos granulares.

Un 60% de los suelos analizados se clasifican como no plasticos, razón por la cual son facilmente erosionables.

Los materiales presentan un comportamiento netamente friccionante, de manera que el ángulo de fricción interna varia entre 28 y 39 grados.

Los factores de seguridad para diseño estan entre 2 y 3.5, lo cual implica un mayor costo en la construcción de viviendas.

BIBLIOGRAFIA

CENICAFE, 1978. Manual de conservación de suelos de ladera, Chinchiná, Caldas.

Garcia J. González L. 1988. Estudio preliminar de la avalancha de detritos en el cerro Dunarua, INGEOMINAS.

Garcia M., 1980. Factores que intervienen en los problemas de estabilidad de taludes, II Seminario Colombiano de Geotecnia. Tomo II.

Suarez J., 1987. Diseño de obras en Gaviones.

Martinez J., 1990. Estratigrafía de la plancha 227, INGEOMINAS.

Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia, No. 14. 1983.

Boletín de Geología de la U.I.S No. 8 1961. Papel de la gravedad y la erosión.

Mapas de locaclización de la zonificación geotécnica del D.E. de Santafe de Bogotá. INGEOMINAS.

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: ABR-25-95
Time of Run: 12:30
Run By: MC
Input Data Filename: LOT12C
Output Filename: LOTES1
Plotted Output Filename:

PROBLEM DESCRIPTION ESTABILIDAD

BOUNDARY COORDINATES

12 Top Boundaries
12 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (mt)	Y-Left (mt)	X-Right (mt)	Y-Right (mt)	Soil Type Below Bnd
1	3.40	1.90	7.80	4.00	2
2	7.80	4.00	20.00	5.00	2
3	20.00	5.00	22.40	6.00	2
4	22.40	6.00	33.50	6.90	2
5	33.50	6.90	35.10	8.90	2
6	35.10	8.90	46.20	10.00	2
7	46.20	10.00	51.70	16.00	1
8	51.70	16.00	59.80	17.90	1
9	59.80	17.90	67.20	22.20	1
10	67.20	22.20	80.00	28.00	1
11	80.00	28.00	90.00	30.00	1
12	90.00	30.00	100.00	31.20	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (t/m3)	Saturated Unit Wt. (t/m3)	Cohesion Intercept (t/m2)	Friction Angle (gra)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (t/m2)	Piez. Surface No.
1	1.8	1.8	2.0	38.5	.00	.0	0
2	1.8	1.9	.0	28.5	.00	.0	0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

10 Trial Surfaces Have Been Generated.

2 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 42.00 mt.
and X = 46.00 mt.

Each Surface Terminates Between X = 96.00 mt.
and X = 100.00 mt.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 mt.

2.00 mt. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	42.00	9.58
2	43.99	9.38
3	45.98	9.24
4	47.98	9.16
5	49.98	9.13
6	51.98	9.16
7	53.98	9.26
8	55.97	9.41

9	57.96	9.62
10	59.95	9.89
11	61.92	10.22
12	63.88	10.60
13	65.83	11.05
14	67.77	11.55
15	69.69	12.11
16	71.59	12.72
17	73.48	13.39
18	75.34	14.12
19	77.18	14.90
20	79.00	15.73
21	80.79	16.62
22	82.56	17.56
23	84.29	18.55
24	86.00	19.59
25	87.67	20.68
26	89.32	21.83
27	90.92	23.02
28	92.50	24.25
29	94.03	25.53
30	95.53	26.86
31	96.98	28.23
32	98.40	29.64
33	99.77	31.10
34	99.85	31.18

*** 2.613 ***

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	43.00	9.68
2	44.81	8.83
3	46.66	8.08
4	48.55	7.42
5	50.47	6.87
6	52.42	6.41
7	54.39	6.05
8	56.37	5.80
9	58.37	5.65
10	60.37	5.60
11	62.37	5.66
12	64.36	5.82
13	66.34	6.08
14	68.31	6.45
15	70.25	6.92
16	72.17	7.48
17	74.06	8.15
18	75.90	8.91
19	77.71	9.77
20	79.47	10.72
21	81.18	11.76
22	82.83	12.89

23	84.42	14.10
24	85.95	15.39
25	87.41	16.76
26	88.79	18.20
27	90.10	19.72
28	91.33	21.30
29	92.47	22.94
30	93.53	24.63
31	94.50	26.38
32	95.37	28.18
33	96.16	30.02
34	96.43	30.77

*** 2.712 ***

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	44.00	9.78
2	45.92	9.21
3	47.85	8.71
4	49.81	8.30
5	51.78	7.96
6	53.77	7.71
7	55.76	7.55
8	57.76	7.47
9	59.76	7.47
10	61.76	7.55
11	63.75	7.72
12	65.73	7.97
13	67.70	8.31
14	69.66	8.73
15	71.60	9.23
16	73.51	9.81
17	75.40	10.46
18	77.26	11.20
19	79.09	12.02
20	80.88	12.91
21	82.63	13.87
22	84.34	14.91
23	86.00	16.02
24	87.62	17.19
25	89.19	18.44
26	90.70	19.75
27	92.16	21.12
28	93.56	22.55
29	94.89	24.03
30	96.17	25.57
31	97.37	27.17
32	98.51	28.81
33	99.59	30.50
34	99.99	31.20

*** 2.717 ***

Failure Surface Specified By 35 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	44.00	9.78
2	45.78	8.87
3	47.61	8.06
4	49.47	7.34
5	51.37	6.71
6	53.30	6.18
7	55.25	5.75
8	57.23	5.42
9	59.21	5.19
10	61.21	5.06
11	63.21	5.04
12	65.21	5.11
13	67.20	5.29
14	69.18	5.57
15	71.14	5.95
16	73.09	6.42
17	75.00	7.00
18	76.89	7.67
19	78.73	8.44
20	80.54	9.30
21	82.30	10.25
22	84.00	11.29
23	85.66	12.42
24	87.25	13.63
25	88.78	14.91
26	90.25	16.28
27	91.64	17.71
28	92.95	19.22
29	94.19	20.79
30	95.35	22.42
31	96.42	24.11
32	97.41	25.85
33	98.30	27.64
34	99.11	29.47
35	99.75	31.17

*** 2.871 ***

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	45.00	9.88

2	46.74	8.89
3	48.53	8.00
4	50.37	7.22
5	52.25	6.54
6	54.17	5.97
7	56.11	5.51
8	58.08	5.16
9	60.07	4.92
10	62.07	4.80
11	64.07	4.79
12	66.06	4.90
13	68.05	5.11
14	70.02	5.45
15	71.97	5.89
16	73.90	6.44
17	75.78	7.10
18	77.63	7.87
19	79.43	8.75
20	81.18	9.72
21	82.86	10.79
22	84.49	11.96
23	86.05	13.21
24	87.53	14.56
25	88.93	15.98
26	90.25	17.48
27	91.48	19.06
28	92.62	20.70
29	93.67	22.41
30	94.61	24.17
31	95.46	25.98
32	96.20	27.84
33	96.83	29.74
34	97.13	30.86

*** 2.901 ***

Failure Surface Specified By 34 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	46.00	9.98
2	47.78	9.07
3	49.61	8.26
4	51.48	7.55
5	53.38	6.94
6	55.32	6.43
7	57.28	6.03
8	59.26	5.73
9	61.25	5.54
10	63.24	5.45
11	65.24	5.47
12	67.24	5.60
13	69.23	5.84
14	71.20	6.18
15	73.15	6.62

16	75.07	7.17
17	76.96	7.82
18	78.81	8.57
19	80.63	9.42
20	82.39	10.37
21	84.10	11.40
22	85.75	12.53
23	87.34	13.74
24	88.86	15.04
25	90.31	16.42
26	91.69	17.87
27	92.98	19.39
28	94.19	20.99
29	95.32	22.64
30	96.36	24.35
31	97.30	26.11
32	98.14	27.93
33	98.89	29.78
34	99.35	31.12

*** 2.947 ***

Failure Surface Specified By 40 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	42.00	9.58
2	43.47	8.23
3	45.02	6.97
4	46.65	5.80
5	48.33	4.73
6	50.08	3.76
7	51.89	2.90
8	53.74	2.14
9	55.63	1.50
10	57.56	.97
11	59.52	.56
12	61.50	.26
13	63.49	.08
14	65.49	.02
15	67.49	.08
16	69.48	.26
17	71.46	.55
18	73.42	.97
19	75.34	1.50
20	77.24	2.14
21	79.09	2.89
22	80.90	3.75
23	82.65	4.72
24	84.34	5.79
25	85.96	6.96
26	87.51	8.23
27	88.98	9.58
28	90.37	11.02

29	91.67	12.54
30	92.88	14.13
31	93.99	15.79
32	95.01	17.52
33	95.91	19.30
34	96.71	21.13
35	97.40	23.01
36	97.98	24.92
37	98.44	26.87
38	98.79	28.84
39	99.01	30.83
40	99.03	31.08

*** 3.196 ***

Failure Surface Specified By 38 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	43.00	9.68
2	44.44	8.30
3	45.97	7.00
4	47.57	5.81
5	49.25	4.72
6	50.99	3.74
7	52.79	2.87
8	54.64	2.11
9	56.54	1.48
10	58.47	.96
11	60.43	.57
12	62.42	.30
13	64.41	.16
14	66.41	.15
15	68.41	.26
16	70.39	.50
17	72.36	.86
18	74.30	1.35
19	76.21	1.96
20	78.07	2.69
21	79.88	3.53
22	81.64	4.49
23	83.33	5.56
24	84.95	6.73
25	86.49	8.00
26	87.95	9.36
27	89.33	10.82
28	90.60	12.36
29	91.78	13.98
30	92.85	15.67
31	93.81	17.42
32	94.66	19.23
33	95.40	21.09
34	96.01	22.99
35	96.50	24.93
36	96.87	26.90

37	97.12	28.88
38	97.24	30.87

*** 3.251 ***

Failure Surface Specified By 37 Coordinate Points

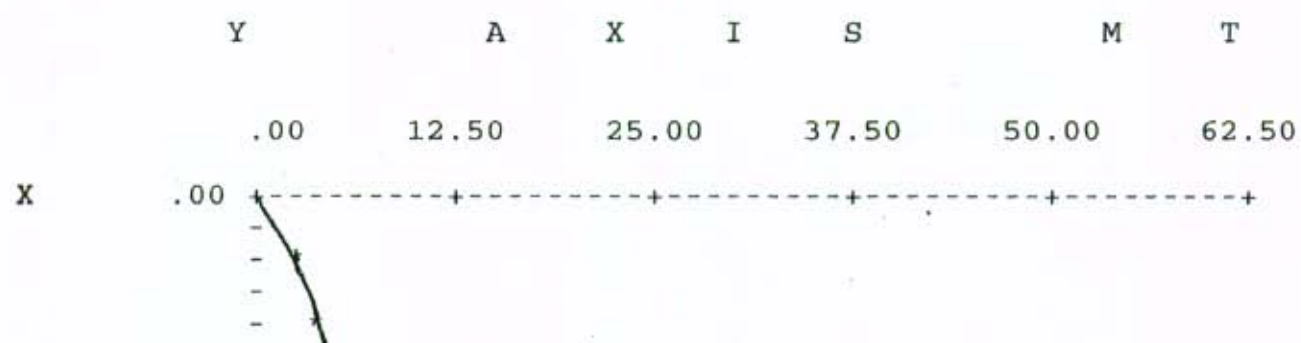
Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	46.00	9.98
2	47.49	8.65
3	49.07	7.41
4	50.71	6.28
5	52.43	5.26
6	54.21	4.34
7	56.05	3.55
8	57.93	2.87
9	59.85	2.31
10	61.80	1.87
11	63.77	1.56
12	65.77	1.38
13	67.77	1.32
14	69.76	1.39
15	71.75	1.59
16	73.73	1.91
17	75.68	2.36
18	77.59	2.93
19	79.47	3.63
20	81.30	4.44
21	83.07	5.36
22	84.78	6.40
23	86.42	7.54
24	87.99	8.79
25	89.47	10.13
26	90.87	11.56
27	92.17	13.08
28	93.37	14.68
29	94.46	16.35
30	95.45	18.09
31	96.33	19.89
32	97.09	21.74
33	97.73	23.64
34	98.25	25.57
35	98.64	27.53
36	98.91	29.51
37	99.02	31.08

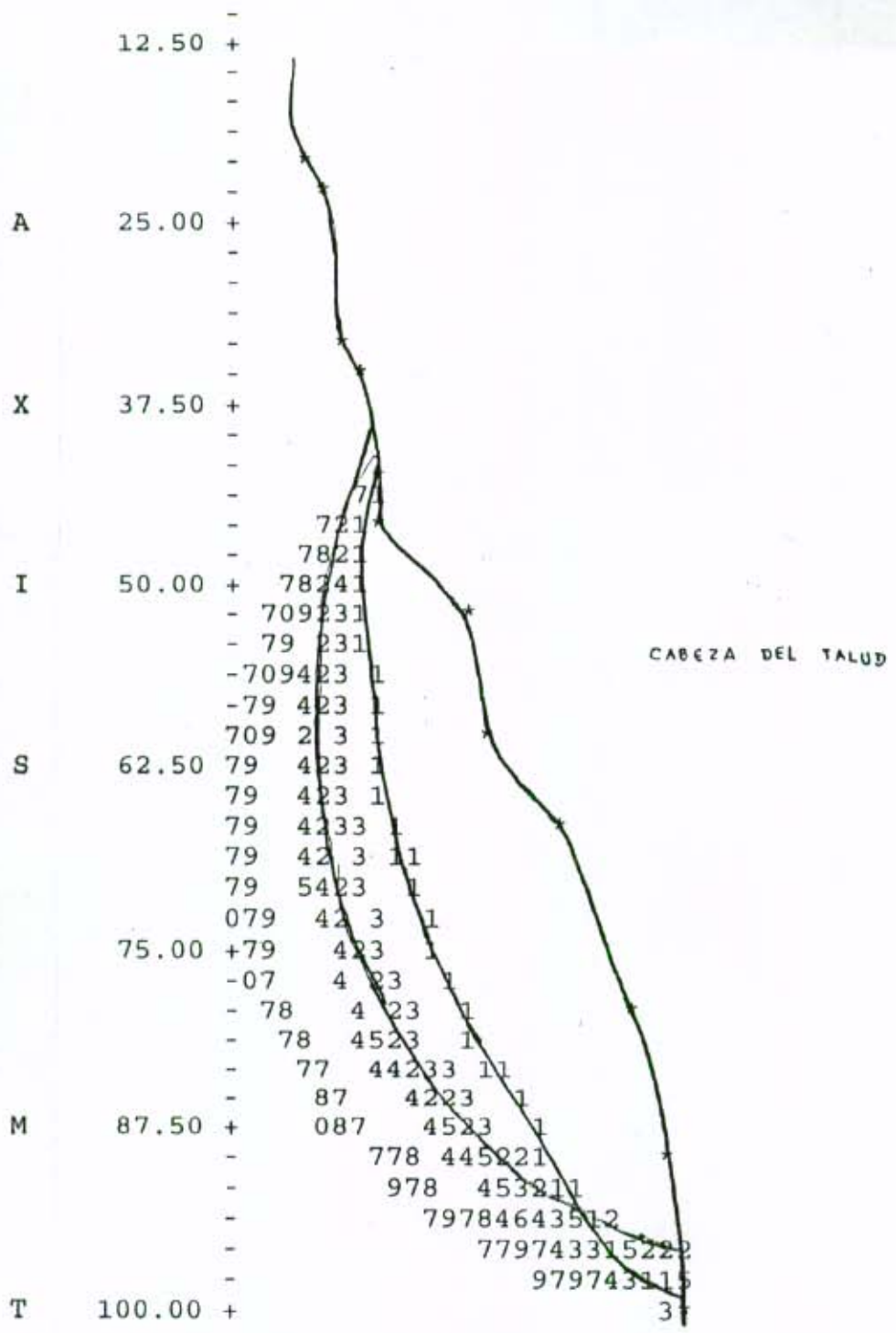
*** 3.410 ***

Failure Surface Specified By 38 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	45.00	9.88
2	46.42	8.47
3	47.92	7.15
4	49.50	5.93
5	51.17	4.82
6	52.90	3.81
7	54.69	2.92
8	56.53	2.15
9	58.42	1.50
10	60.35	.97
11	62.31	.57
12	64.29	.29
13	66.29	.15
14	68.29	.13
15	70.28	.25
16	72.27	.49
17	74.23	.86
18	76.17	1.35
19	78.07	1.97
20	79.93	2.72
21	81.74	3.58
22	83.48	4.55
23	85.16	5.64
24	86.77	6.83
25	88.29	8.12
26	89.73	9.51
27	91.07	10.99
28	92.32	12.56
29	93.46	14.20
30	94.50	15.91
31	95.42	17.69
32	96.22	19.52
33	96.91	21.40
34	97.47	23.32
35	97.91	25.27
36	98.22	27.24
37	98.40	29.24
38	98.44	31.01

*** 3.466 ***





A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

10 Trial Surfaces Have Been Generated.

2 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 37.00 mt.
and X = 41.00 mt.

Each Surface Terminates Between X = 53.00 mt.

and X = 59.00 mt.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 mt.

2.00 mt. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	41.00	9.48
2	42.91	8.89
3	44.90	8.65
4	46.89	8.78
5	48.83	9.27
6	50.65	10.11
7	52.28	11.26
8	53.68	12.69
9	54.79	14.35
10	55.58	16.19
11	55.76	16.95

*** 2.252 ***

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	41.00	9.48
2	42.93	8.96
3	44.92	8.73
4	46.92	8.79
5	48.88	9.15
6	50.77	9.80
7	52.55	10.73
8	54.17	11.90
9	55.59	13.31
10	56.79	14.91
11	57.74	16.67

12	58.03	17.49

*** 2.327 ***

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	39.00	9.29
2	40.78	8.38
3	42.68	7.75
4	44.65	7.42
5	46.65	7.40
6	48.63	7.67
7	50.55	8.25
8	52.36	9.11
9	54.01	10.24
10	55.47	11.60
11	56.71	13.17
12	57.70	14.91
13	58.41	16.78
14	58.59	17.62

*** 2.410 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	38.00	9.19
2	39.98	8.93
3	41.98	8.88
4	43.98	9.04
5	45.94	9.41
6	47.86	9.98
7	49.71	10.75
8	51.46	11.70
9	53.11	12.83
10	54.63	14.13
11	56.01	15.58
12	57.23	17.17
13	57.32	17.32

*** 2.433 ***

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	38.00	9.19
2	39.95	8.75
3	41.95	8.62
4	43.94	8.80
5	45.88	9.27
6	47.73	10.04
7	49.44	11.08
8	50.96	12.37
9	52.28	13.88
10	53.34	15.58
11	53.73	16.48

*** 2.483 ***

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	40.00	9.39
2	42.00	9.31
3	43.99	9.48
4	45.95	9.87
5	47.85	10.50
6	49.67	11.34
7	51.37	12.39
8	52.93	13.64
9	54.34	15.06
10	55.57	16.63
11	55.77	16.95

*** 2.503 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	37.00	9.09
2	38.61	7.91
3	40.43	7.07
4	42.37	6.61
5	44.37	6.54
6	46.35	6.87
7	48.21	7.59

8	49.90	8.67
9	51.34	10.06
10	52.47	11.71
11	53.25	13.55
12	53.65	15.51
13	53.66	16.46

*** 2.633 ***

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	40.00	9.39
2	41.61	8.20
3	43.41	7.32
4	45.33	6.76
5	47.32	6.55
6	49.31	6.69
7	51.25	7.18
8	53.08	8.00
9	54.73	9.12
10	56.16	10.52
11	57.33	12.14
12	58.20	13.94
13	58.73	15.87
14	58.91	17.69

*** 2.651 ***

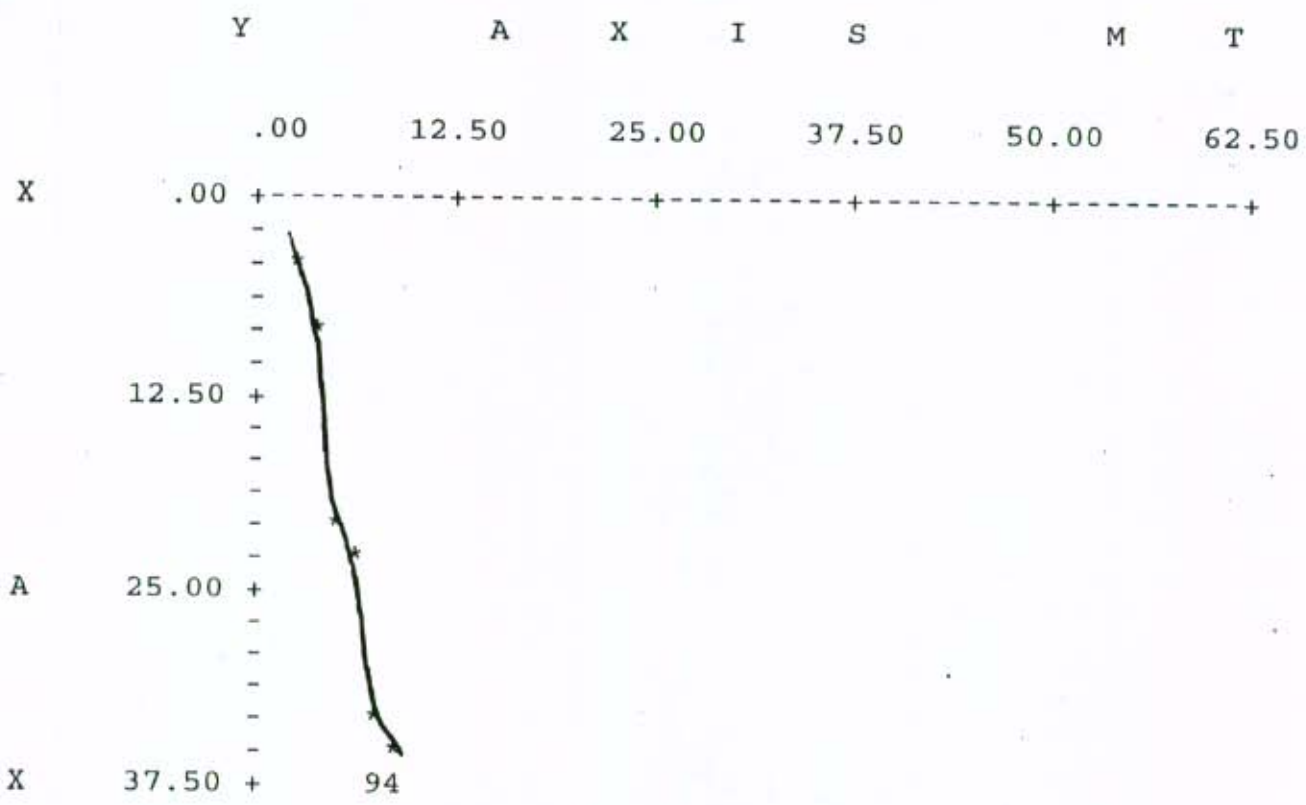
Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

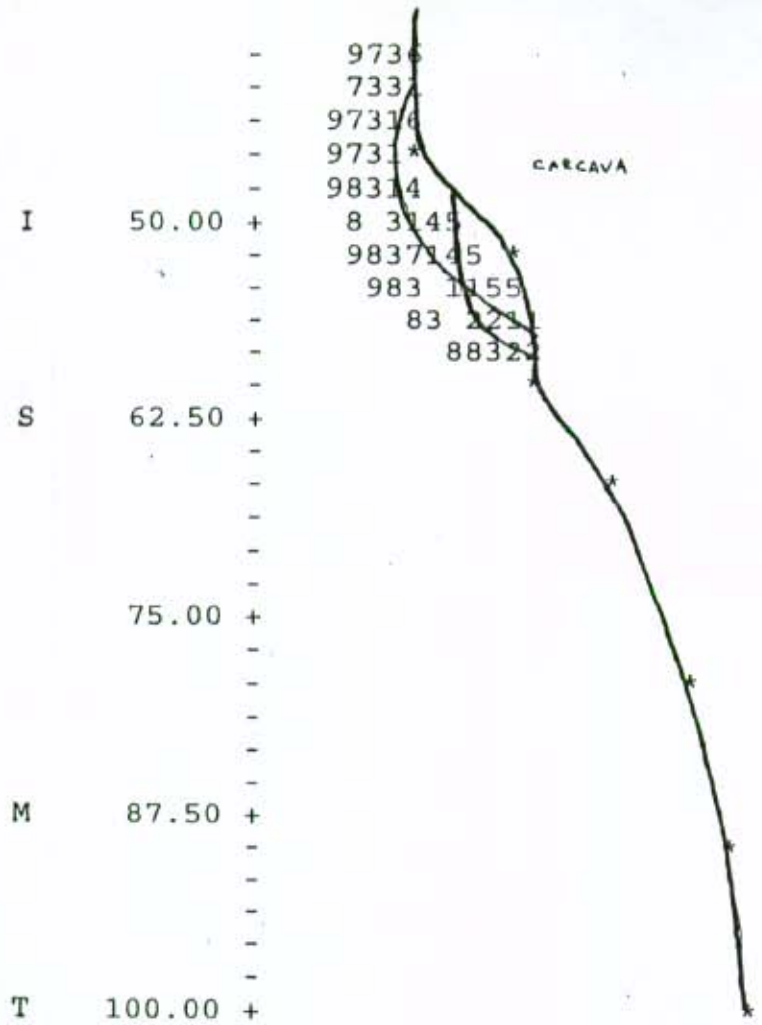
Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	37.00	9.09
2	38.54	7.81
3	40.25	6.78
4	42.11	6.03
5	44.05	5.57
6	46.05	5.42
7	48.04	5.58
8	49.99	6.05
9	51.84	6.81
10	53.55	7.84
11	55.08	9.13
12	56.40	10.63
13	57.46	12.32
14	58.26	14.16
15	58.76	16.10

16	58.92	17.69	
***	2.688	***	

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	39.00	9.29
2	40.48	7.94
3	42.18	6.88
4	44.03	6.13
5	45.99	5.72
6	47.99	5.65
7	49.96	5.94
8	51.86	6.57
9	53.62	7.52
10	55.19	8.77
11	56.51	10.27
12	57.55	11.98
13	58.27	13.84
14	58.65	15.80
15	58.69	17.64
***	2.828	***





A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

10 Trial Surfaces Have Been Generated.

2 Surfaces Initiate From Each Of 5 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 16.00 mt.
and X = 20.00 mt.

Each Surface Terminates Between X = 37.00 mt.
and X = 40.00 mt.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 mt.

2.00 mt. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical

First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	18.00	4.84
2	19.99	4.69
3	21.99	4.65
4	23.99	4.72
5	25.99	4.90
6	27.97	5.18
7	29.93	5.57
8	31.86	6.06
9	33.77	6.66
10	35.65	7.36
11	37.48	8.16
12	39.27	9.05
13	39.82	9.37

*** 2.642 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	16.00	4.67
2	17.97	4.35
3	19.97	4.16
4	21.96	4.11
5	23.96	4.18
6	25.95	4.39
7	27.92	4.73
8	29.87	5.20
9	31.78	5.80
10	33.64	6.52
11	35.45	7.36
12	37.21	8.33
13	38.66	9.25

*** 2.829 ***

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	20.00	5.00
2	21.98	4.72
3	23.98	4.62
4	25.98	4.69
5	27.96	4.93
6	29.92	5.34
7	31.83	5.92
8	33.69	6.66
9	35.48	7.56
10	37.18	8.61
11	37.96	9.18

*** 2.847 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	19.00	4.92
2	20.75	3.95
3	22.62	3.24
4	24.57	2.79
5	26.56	2.61
6	28.56	2.71
7	30.52	3.08
8	32.42	3.72
9	34.21	4.61
10	35.86	5.74
11	37.34	7.09
12	38.62	8.63
13	39.03	9.29

*** 2.925 ***

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	16.00	4.67
2	17.78	3.76
3	19.65	3.06
4	21.59	2.56
5	23.57	2.27
6	25.57	2.20
7	27.56	2.35
8	29.53	2.72

9	31.44	3.30
10	33.28	4.09
11	35.02	5.07
12	36.65	6.24
13	38.14	7.57
14	39.47	9.06
15	39.68	9.35

*** 2.951 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	19.00	4.92
2	20.65	3.79
3	22.46	2.93
4	24.37	2.34
5	26.35	2.05
6	28.35	2.05
7	30.33	2.34
8	32.24	2.93
9	34.04	3.80
10	35.69	4.92
11	37.16	6.28
12	38.42	7.84
13	39.27	9.31

*** 3.017 ***

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	17.00	4.75
2	18.56	3.50
3	20.29	2.50
4	22.15	1.77
5	24.10	1.33
6	26.10	1.20
7	28.09	1.37
8	30.03	1.84
9	31.88	2.60
10	33.59	3.63
11	35.13	4.92
12	36.45	6.42
13	37.53	8.10
14	38.01	9.19

*** 3.237 ***

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	17.00	4.75
2	18.46	3.38
3	20.10	2.24
4	21.89	1.36
5	23.80	.75
6	25.77	.42
7	27.77	.40
8	29.75	.67
9	31.67	1.23
10	33.49	2.06
11	35.16	3.16
12	36.65	4.49
13	37.93	6.03
14	38.97	7.74
15	39.64	9.35

*** 3.264 ***

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	18.00	4.84
2	19.43	3.44
3	21.07	2.29
4	22.87	1.41
5	24.78	.83
6	26.76	.56
7	28.76	.61
8	30.73	.97
9	32.61	1.65
10	34.37	2.61
11	35.94	3.83
12	37.31	5.30
13	38.42	6.96
14	39.26	8.77
15	39.42	9.33

*** 3.272 ***

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (mt)	Y-Surf (mt)
1	20.00	5.00
2	21.45	3.62
3	23.14	2.55
4	25.00	1.83
5	26.97	1.49
6	28.97	1.53
7	30.93	1.97
8	32.76	2.77
9	34.40	3.92
10	35.78	5.36
11	36.86	7.04
12	37.59	8.91
13	37.63	9.15

*** 3.406 ***

