

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS BOGOTA., D. E.

**E 18**



ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO ENTRE CALLES 154 Y 157  
Y BARRIO SORATAMA NORTE DE BOGOTA



INGEVEL Y CIA. LTDA.

1.990



C O N T E N I D O

	Pág.
INTRODUCCION	
1.0. OBJETIVO	1
2.0. METODOLOGIA	1
2.1. Recopilación y evaluación de Información	1
2.2. Fotogeología y Cartografía	2
2.3. Reconocimiento Geotécnico y Ambiental	3
2.4. Informe Final	4
3.0. GENERALIDADES	4
3.1. Localización	5
3.1.1. Sector I	5
3.1.2. Sector II	5
3.2. Area	5
3.3. Vías de acceso	7
3.4. Drenajes	7
3.5. Clima y Vegetación	10
3.6. Hidrología y Pluviosidad	13
4.0. GEOLOGIA.	14
4.1. Estratigrafía	15
4.1.1. Formación Arenisca de Labor	15
4.1.2. Formación Arenisca Tierna	18
4.1.3. Suelos con bloques	18
4.1.4. Depósitos de ladera	20
4.2. Geología Estructural	20
4.2.1. Diaclasamiento	21
5.0. GEOMORFOLOGIA	22
6.0. CARACTERIZACION GEOTECNICA	26





	Pág.
6.1. Introducción	26
6.2. Caracterización Geotécnica de Grupo Guadalupe.	28
6.2.1. Formación Arenisca Tierna.	29
6.2.2. Formación Arenisca de Labor.	31
6.2.3. Formación Pleaners.	34
6.2.4. Formación Arenisca Dura	36
6.3. Análisis de los eventos de Inestabilidad	38
6.3.1. Actitud	38
6.3.2. Densidad	39
6.3.3. Abertura	39
6.3.4. Continuidad	39
6.3.5. Rugosidad	40
6.3.6. Relleno	40
6.4. Tipos de movimiento	42
6.4.1. Caída de bloques	42
6.4.2. Deslizamientos	44
6.5. Investigación de Campo y Laboratorio	47
6.5.1. Reconocimiento Geotécnico de su- perficie	47
6.5.2. Exploración del suelo	48
6.5.3. Ensayos de Laboratorio	49
6.6. Características Geomecánicas de los ma- teriales	50
6.6.1. Límites de Atterberg y Granulo- metría	50
6.6.2. Unidad Natural y pesos unita- rios	56
6.6.3. Resistencia al corte	57
6.6.4. Resistencia a la compresión In- confinada y a la tracción Indi- recta.	79
6.7. Análisis cinemático de estabilidad	81
6.8. Principales tipos de Inestabilidad	81
6.8.1. Reales	86
6.8.2. Detonantes	86
6.8.3. Contribuyentes	87
7.0. ANALISIS HIDROLOGICO	88
8.0. ANALISIS DE ENSAYOS DE INFILTRACION	103
9.0. ZONIFICACION GEOTECNICA	121



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

4

	Pág.
10.0. CONCLUSIONES	124
11.0. RECOMENDACIONES	130
11.1. Aguas	130
11.2. Taludes	133
11.3. Carreteras	135
11.4. Arborización	138
11.5. Viviendas	140
11.6. Zonas de Recuperación	141
11.7. Obras de Protección	141
12.0. RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA EL SEC- TOR I	144
BIBLIOGRAFIA	148



FIGURAS

	Pág.
FIGURA No. 1 MAPA DE LOCALIZACION	6
FIGURA No. 2 COLUMNA ESTRATIGRAFICA TOMADA DE LOBO-GUERRERO.	16
FIGURA No. 3 COLUMNA ESTRATIGRAFICA CANTERA OLANO.	17
FIGURA No. 4 COLUMNA ESTRATIGRAFICA BARRIO SORATAMA.	19
FIGURA No. 5 CURVA Z - $\sigma$ SUELO LIMO-ARCILLOSO..	74
FIGURA No. 6 CURVA Z - $\sigma$ ARENA FINA ALGO LIMOSA.	75
FIGURA No. 7 CURVA Z - $\sigma$ ARCILLA LIMO-ARENOSA.	76
FIGURA No. 8 CURVA Z - $\sigma$ RECEBO ARCILLO-ARENOSO.	77
FIGURA No. 9 CURVA Z - $\sigma$ ARENISCA TIERNA GRANO FINO.	78



6

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

		Pág.
FIGURA No.	10 CURVA $\epsilon - \sigma$ ARENISCA TIERNA GRANO FINO.	80
FIGURA No.	11 DIAGRAMA DE POLOS SECTOR I	82
FIGURA No.	11A DIAGRAMA DE CIRCULOS PRINCIPALES SECTOR I.	83
FIGURA No.	12 DIAGRAMA DE POLOS SECTOR II	84
FIGURA No.	12A DIAGRAMA DE CIRCULOS PRINCIPALES SECTOR II	85
FIGURA No.	13 HISTOGRAMA DE PRECIPITACION ESTACION USAQUEN.	93
FIGURA No.	13A COEFICIENTE DE PLUVIOSIDAD ESTACION USAQUEN.	94
FIGURA No.	14 HISTOGRAMA DE PRECIPITACION ESTACION TORCA USAQUEN.	95
FIGURA No.	14A COEFICIENTE DE PLUVIOSIDAD ESTACION TORCA USAQUEN	96
FIGURA No.	15 CORRELACION LLUVIAS-DESPLAZAMIENTO INGEOMINAS.	100



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

FIGURA No. 16	ZONIFICACION DEL DESLIZAMIENTO SECTOR I, INGEOMINAS.	101
FIGURA No. 17	MAPA DE AMENAZAS POR CAIDA DE BLOQUES O DESLIZAMIENTO RECEBERA EL CEDRO. INGEOMINAS.	102
FIGURA No. 18	ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 1 CURVA $dI/dt$ VS $1/I$ .	110
FIGURA No. 19	ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 1 CURVA $(H - H_0)$ VS $t$ .	111
FIGURA No. 20	ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 2 CURVA $dI/dt$ VS $1/I$ .	115
FIGURA No. 21	ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 2 CURVA $(h - h_0)$ VS $t$ .	116
FIGURA No. 22	ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 3 CURVA $dI/dt$ VS $1/I$ .	119



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

	Pág.
FIGURA No. 23 ENSAYO DE PERMEABILIDAD PERFORACION No. 3 CURVA ( $h - h_0$ ) VS t.	120
FIGURA No. 24 DISEÑO DE ESCALINATAS	131
FIGURA No. 25 DISEÑO DE CUNETAS	137
FIGURA No. 26 DISEÑO DE CUNETAS	137
FIGURA No. 27 DISEÑO DE QUIEBRA-PATAS.	139
FIGURA No. 28 DISEÑO DE GAVIONES	142





**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

9

## DIAGRAMAS

	Pág.
1. DESLIZAMIENTO ROTACIONAL CIRCULAR	43
2. CAIDA DE BLOQUES.	46
3. ESQUEMA PERMEABILIDAD IN-SITU	105
4. BLOQUEO PARA EVITAR UN PROCESO RETRO- GRESIVO.	147



TABLAS

	Pag.
TABLA 1 INVENTARIO DE DIACLASAS	23
TABLA 2 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION SUELO LIMO-ARCILLOSO.	51
TABLA 3 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION ARENA FINA.	52
TABLA 4 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION ARCILLA LIMO-ARENOSA.	53
TABLA 5 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION RECEBO ARCILLO-ARENOSO.	54
TABLA 6 LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACION ARENISCA TIERNA DE GRANO FINO.	55
TABLA 7 RESULTADOS CORTE DIRECTO SUELO LIMO ARCILLOSO.	58
TABLA 8 RESULTADO CORTE DIRECTO ARENA FINA.	61



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

TABLA 9	RESULTADOS CORTE DIRECTO ARCILLA LIMO-ARENOSA.	64
TABLA 10	RESULTADO CORTE DIRECTO RECEBO ARCILLO-ARENOSO.	67
TABLA 11	RESULTADOS CORTE DIRECTO ARENISCAS TIERNAS DE GRANO FINO.	70
TABLA 12A	REGISTRO PLUVIOMETRICO ESTACIONES USAQUEN	89
TABLA 12B	REGISTRO PLUVIOMETRICO ESTACIONES TORCA-USAQUEN.	90
TABLA 13A	ENSAYOS DE INFILTRACION IN-SITU PERFORACION 1.	107
TABLA 13B	ENSAYO DE INFILTRACION IN-SITU PERFORACION 2.	112
TABLA 13C	ENSAYOS DE INFILTRACION IN-SITU PERFORACION 3.	117





**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

ANEXOS

- ANEXO 1 Pares Estereoscópicos de Aerofotografías.
- ANEXO 2 Inventario de Puntos de Agua.
- ANEXO 3 Encuestas agrietamientos de viviendas.
- ANEXO 4 Fotografías.
- ANEXO 5 Cortes Geológicos.
- ANEXO 6 Cartera Topografía y diseño de obras.
- ANEXO 7 Presupuesto aproximado obras.

EN BOLSILLO : 2 Planchas Geológicas  
2 Planchas Geomorfológicas  
2 Planchas de zonificación Geotécnica  
2 Planchas Topográficas de Obras  
1 Plancha Perfiles Transversales Obras  
1 Plancha Diseño de Obras.



13

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

## INTRODUCCION

Mediante Contrato No. 494 del 11 de diciembre de 1.989, celebrado entre el Distrito Especial de Bogotá-Secretaría de Obras Públicas y la Firma INGEVEL Y CIA. LTDA., se realizaron los Estudios Geológicos y Geotécnicos del área comprendida entre las Calles 154 y 157 y de la Carrera 7ª hacia el Oriente hasta la cota 2.750 m.s.n.m., como también del Barrio Soratama, al Norte de la ciudad de Bogotá., y hasta aquella misma cota.

En el presente informe se recopilan los resultados geológicos, geomorfológicos y geotécnicos elaborados para las áreas mencionadas y las respectivas recomendaciones que conlleven al mejoramiento en el manejo y adecuación de estas zonas, eventualmente consideradas de alto riesgo por deslizamientos y otros fenómenos de inestabilidad.

Durante el desarrollo de este trabajo se realizó la cartografía geológica a partir de observaciones en el campo, con especial atención en los aspectos estructurales



14

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

y localización de zonas inestables activas y potenciales.

A este informe se anexan planos geológicos, geomorfológicos, y de zonificación geotécnica a escala 1:2.000, columnas estratigráficas, perfiles geológicos, inventario de puntos de agua, un registro fotográfico, pares estereoscópicos de aerofotografías utilizadas en el estudio, planos de diseños de obras y una relación de los costos aproximados de las mismas.

Esta investigación se llevó a cabo con la colaboración de la Geóloga Lucía Ardila de Saavedra y el Geotecnista Alvaro Correa Arroyave, profesor de la unidad de Geotécnica de la Universidad Nacional.



## 1.0. OBJETIVO.

El objetivo de este estudio es evaluar las medidas correctivas y proponer obras de recuperación morfológica y ecológica de los sectores contemplados en la propuesta, las cuales han sido fuente de abastecimiento de materiales de construcción. Asimismo, es objetivo el analizar la estabilidad de los taludes y pendientes naturales así como el drenaje natural, la evacuación de las aguas negras y las condiciones ambientales del área.

## 2.0. METODOLOGIA.

Para la ejecución del trabajo se llevaron a cabo las siguientes etapas:

### 2.1. RECOPIACION Y EVALUACION DE INFORMACION.

Se analizó la información existente relacionada con el área de estudio en lo referente a la geología, hidrogeología, geotecnia y cartografía básica. La información se tomó de los diferentes Institu-



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES



tos que han adelantado investigaciones en esta zona, como INGEOMINAS, CAR, SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS DEL DISTRITO, IGAC, HIMAT, etc.

Se adquirieron las planchas topográficas F-35, F-54 y F-55 a escala 1:2.000, las fotografías aéreas Nos. 228 y 229 del vuelo C-2269 de 1.987, 235 y 236 del vuelo C-1080 de 1.960 y 515 y 516 del vuelo M-46 de 1.955.

## 2.2. FOTOGEOLOGIA Y CARTOGRAFIA.

A partir de aerofotografías tomadas en tres épocas diferentes se realizó un análisis multitemporal comparativo, con el fin de determinar los cambios geomorfológicos que se han presentado en el área ( Anexo 1 ).

Las anteriores etapas permitieron adelantar los levantamientos geológicos detallados, los cuales se registran sobre una base topográfica a escala 1:2.000. Se levantaron igualmente dos columnas es



tratigráficas, una en el sector I ( cantera Olano ) y otra en el Barrio Soratama. También se midieron las orientaciones de las discontinuidades presentes: estratificación, diaclasas, fallas y cortes producidos por las explotaciones. Simultáneamente se elaboró el inventario de puntos de agua, ( Anexo 2 ), grietas en viviendas ( Anexo 3 ) y toma de fotografías ( Anexo 4 ) y se establecieron sitios críticos para una posterior evaluación geotécnica. ( ver planchas Geológicas 1/2 y 2/2, en el bolsillo ).

### 2.3. RECONOCIMIENTO GEOTECNICO Y AMBIENTAL ✓

Mediante visitas a los dos ( 2 ) sectores en estudio se efectuó un reconocimiento detallado para de terminar las condiciones ambientales y de estabili dad, tanto de los escarpes dejados por las explotaciones, como de las pendientes naturales las cu les se han visto afectadas no solo por la extracción de materiales sino, igualmente, por los fenómenos relacionados con las aguas superficiales y de evacuación. Además se analizaron los drenajes, el tipo y disposición de la vegetación existente y



las características de los terrenos aledaños.

En esta etapa se tomaron muestras de suelo para análisis en el laboratorio: determinación de los parámetros geomecánicos y en particular ensayos al corte directo en muestras con humedad natural. También se tomaron muestras de agua y se efectuaron ensayos de permeabilidad en el terreno.

Con los anteriores resultados se realizaron los análisis de estabilidad de los taludes de corte y las condiciones actuales de los sistemas de drenajes, principales problemas en la zona de estudio.

#### 2.4. INFORME FINAL.

Elaboración de la memoria definitiva, dibujos y diagramas.

#### 3.0. GENERALIDADES .



### 3.1. LOCALIZACION.

El área de estudio se encuentra ubicada al Noreste de Bogotá, en el Municipio anexado de Usaquén y dividida en dos sectores de la siguiente manera:

#### 3.1.1. SECTOR I.

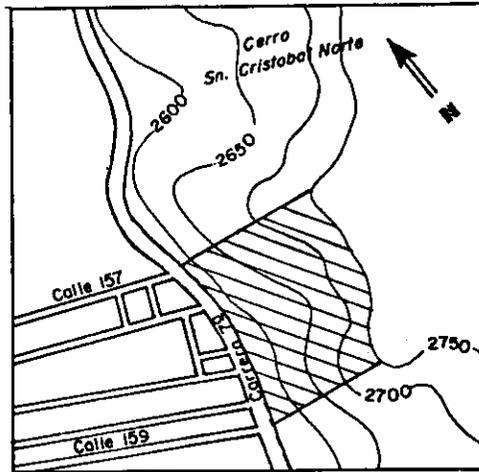
En esta zona se encuentra localizada la cantera Olano y parte de las canteras El Cedro y Cerro-Ibiza, entre las Calles 154 y 157 y de la Carrera 7<sup>a</sup> hacia el Este hasta la cota 2.750 m.s.n.m. ( Figura No. 1 ); enmarcado por las coordenadas planas:

X: 114.750 - 115.140

Y: 105.910 - 106.400

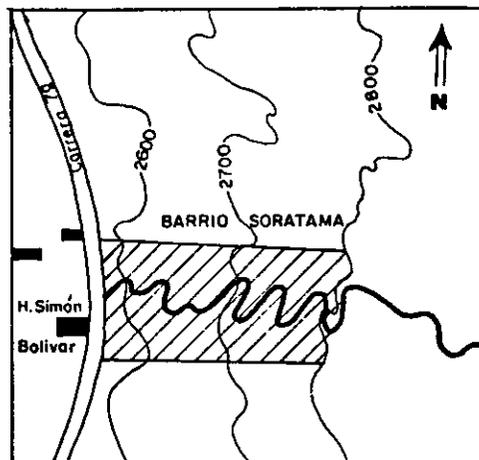
#### 3.1.2. SECTOR II

Comprende el Barrio Soratama, ubicado a la altura de la Calle 170, de la Carrera 7<sup>a</sup> ha



 Area de estudio

**SECTOR 1 : EL CEDRO - OLANO - IBIZA**



 Area de estudio

**SECTOR 2 : BARRIO SORATAMA**

**FIGURA 1 : MAPAS DE LOCALIZACION ESCALA 1 : 25.000**



20

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

cia el Oriente entre las cotas 2.650 y 2.750 m.s.n.m. ( Figura No. 1 ), delimitado por las coordenadas planas:

X: 116.100 - 116.400

Y: 106.200 - 107.000

### 3.2. AREA.

El área de estudio se ha subdividido en dos ( 2 ) sectores; el primero corresponde a la zona de canteras Olano, El Cedro y Cerro-Ibiza, que cubre una superficie de 19,2 Has; el segundo corresponde al Barrio Soratama con 24 Has.

### 3.3. VIAS DE ACCESO.

El sector I comprende un área de canteras y por tanto es poco urbanizado; tiene aproximadamente 30 viviendas, razón por la que las vías de acceso se limitan a una paralela a la Carrera 7a ( Carrera 6a ), sin pavimentar, y dos ( 2 ) carreteables de



22

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

muy malas especificaciones, con una longitud aproximada de 300 m., encerrando el área.

El Sector II cuenta con una vía de montaña, con pendientes fuertes ( 20% aprox. ), bastante degradada por el trajín de las volquetas que evacúan los materiales de construcción de las canteras Soratama, parte alta de Servitá.

la falta de cunetas a lado y lado de la Carretera y demás obras de evacuación de aguas lluvias hace que durante los torrenciales aguaceros ( épocas de invierno ), el agua lave el material que la cubre y socave los taludes arrastrando los materiales finos y depositándolos sobre la Carrera 7ª ( Fotografía No. 1 ).

En épocas de verano el continuo tránsito de volquetas ocasiona el levantamiento de partículas finas con la consiguiente contaminación del medio ambiente ( posible causa de problemas de neumoconiosis ).



23

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

Las volquetas cargadas hasta de 8 toneladas ( con frecuencia de 20 volquetas por hora, de lunes a viernes ), deterioran constantemente las redes de acueducto y alcantarillado recién instaladas, con la consecuente queja de los vecinos y el flujo de agua sin control.

Dados estos inconvenientes originados por el flujo vehicular, el que además por sus vibraciones solicita los bancos inferiores de la Arenisca Tierna, que se presentan en bloques más o menos individuales, da la impresión de ser el causante de las grietas que se presentan en algunas viviendas y en particular en tres ( 3 ) de ellas localizadas a la altura del cruce de la vía de acceso con la cota 2.650 m.s.n.m. En las Fotografías Nos. 2 y 3 se muestran el estado interior y exterior de las paredes en la casa más afectada. La Fotografía No. 4 enseña el estado de agrietamiento en las viviendas del otro costado de la vía. En el Anexo 3 se presenta el formato de inventario del agrietamiento de viviendas.



Estas consideraciones conllevan a recomendar, en primera instancia, se estudie la posibilidad de evacuar la producción de las canteras anteriormente mencionadas por un carreteable alternativo que se localiza en predios de la Cantera Servitá y controlar los posibles asentamientos que tal situación pudiera generar, Fotografía No. 5. En su defecto establecer una reglamentación para los explotadores y transportadores que permita la conservación de la vía, como rellenos con recebo, mantenimiento de las cunetas y reparaciones en las obras afectadas.

#### 3.4. DRENAJES.

El Sector I cuenta con un drenaje natural tal como se describe posteriormente en el aparte de hidrología. En la Carrera 7ª, durante las épocas de invierno se presentan taponamientos en la tubería de alcantarillado por la alta densidad de sólidos en suspensión y la acumulación de desechos domésticos, razón por la cual la corriente se desborda y acumula grandes cantidades de material particulado sobre dicha carrera, (Fotografías Nos. 6 y 7). Esta situación se incrementa por la alta cantidad de estériles arrojados a la parte media de dicho cauce por la actividad extractiva de la Cantera El Cedro.



25

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

Un canal secundario que desemboca en el anterior, a la altura de la Carrera 6<sup>a</sup>, con Calle 155, es alimentado por aguas provenientes del área de la Cantera Olano, las cuales se encuentran saturadas con materiales derivados de la actividad extractiva en dicha Cantera.

En el sector II, el drenaje está constituido fundamentalmente por un canal poco profundo que recorre toda el área en dirección aproximada E-W. Este canal, en su estado natural, es utilizado para la evacuación de aguas negras y por lo tanto corrosivas. Sin embargo, existen conducciones de aguas negras que no le están comunicadas y corren sin control alguno contaminando el sector. En estos casos se recomienda encauzarlas hasta el canal mencionado, o en su defecto comunicarlas con un canal profundo que se localiza en el extremo Sur del área, en predios de la Cantera Servitá.

No obstante para que estos canales puedan ser aprovechados para tal fin, es necesario adecuarlos me-



diante la construcción de canales en V o escalinatas tal como se describirá en el capítulo correspondiente a medidas correctivas. Con el objeto de conservarlos en buen estado, se recomienda una campaña educativa que puede ser dirigida por la Junta de acción Comunal, destacando la importancia y utilidad que prestan.

Relacionado con el problema de las vías de acceso, cabe anotar que las redes de acueducto han sido construídas en materiales no apropiados por su baja resistencia al tránsito automotor; además se encuentran muy superficiales y sin ninguna protección.

Respecto al alcantarillado resaltamos que su diseño y mantenimiento no han sido los más adecuados dado que aún en épocas de verano presentan problemas para la conducción de las aguas negras, tal como se detecta a la altura del cruce con la cota 2.770 m.s.n.m. ( Fotografía No. 8 ) ( posiblemente se encuentra bloqueado ).



### 3.5. CLIMA Y VEGETACION.

El clima de la zona corresponde al piso térmico frío con temperaturas entre 12°C y 16°C, con vegetación herbácea medianamente densa y arbórea escasa. La explotación de las Canteras no ha permitido el desarrollo de la agricultura ni la ganadería.

### 3.6. HIDROGRAFIA Y PLUVIOSIDAD.

El área forma parte de la ladera Occidental de los cerros Orientales del Norte de Bogotá. En el sector I, la red hidrográfica está representada por un pequeño arroyo de canal profundo que corre en dirección NE-SW, canalizado a partir de la Carrera 7ª hacia el Occidente.

En la parte alta y media del sector II se forman lagunas temporales en épocas de invierno ( Fotografías Nos. 9 y 10 ) y manantiales permanentes que fluyen de las areniscas del miembro Arenisca Tier-na del Grupo Guadalupe.



En general, el área se encuentra pobremente drenada. La precipitación media anual es de unos 1.300 mm, calculada con datos suministrados por la estación pluviométrica Torca-Usaquén.

En la estación pluviométrica de Usaquén esta precipitación media anual es superior a los 1.200 mm., en los últimos 23 años.

En el capítulo sobre hidrología se hace un análisis pormenorizado del problema de estas aguas lluvias.



#### 4.0. GEOLOGIA.

Tres unidades litológicas se reconocieron y cartografiaron en el área de estudio, correspondiente a los miembros Arenisca de Labor ( Sector I ), Arenisca Tierna ( Sector II ) y los Depósitos cuaternarios subdivididos en Suelos con bloques y Depósitos de ladera, planchas Geológicas Nos. 1 y 2 y Anexo 5 cortes Geológicos.

Desde el punto de vista regional, el Grupo Guadalupe



fue definido por Hubach ( 1.957 ); posteriormente, Julvert ( 1.961 ), Renzoni ( 1.962 ), y Pérez y Salazar realizaron estudios más específicos subdividiéndolo en las formaciones conocidas ampliamente hoy día en la literatura geológica.

#### 4.1. ESTRATIGRAFIA.

##### 4.1.1. FORMACION ARENISCA DE LABOR ( Ksgl ).

Constituída por areniscas cuarzosas de color amarillo, oxidadas, de grano fino a medio y grueso hacia el techo de la secuencia y pobremente cementadas, afloran en estratos de pocos centímetros de espesor hasta de 12 metros ( Figura No. 2 columna estratigráfica tomada de Lobo-Guerrero 1.983 ). Estas areniscas se alternan con limolitas silíceas de color gris o violeta y arcillolitas con restos de bivalvos ( Figura No. 3, columna estratigráfica levantada en la cantera Olano y Fotografía No. 11 ).

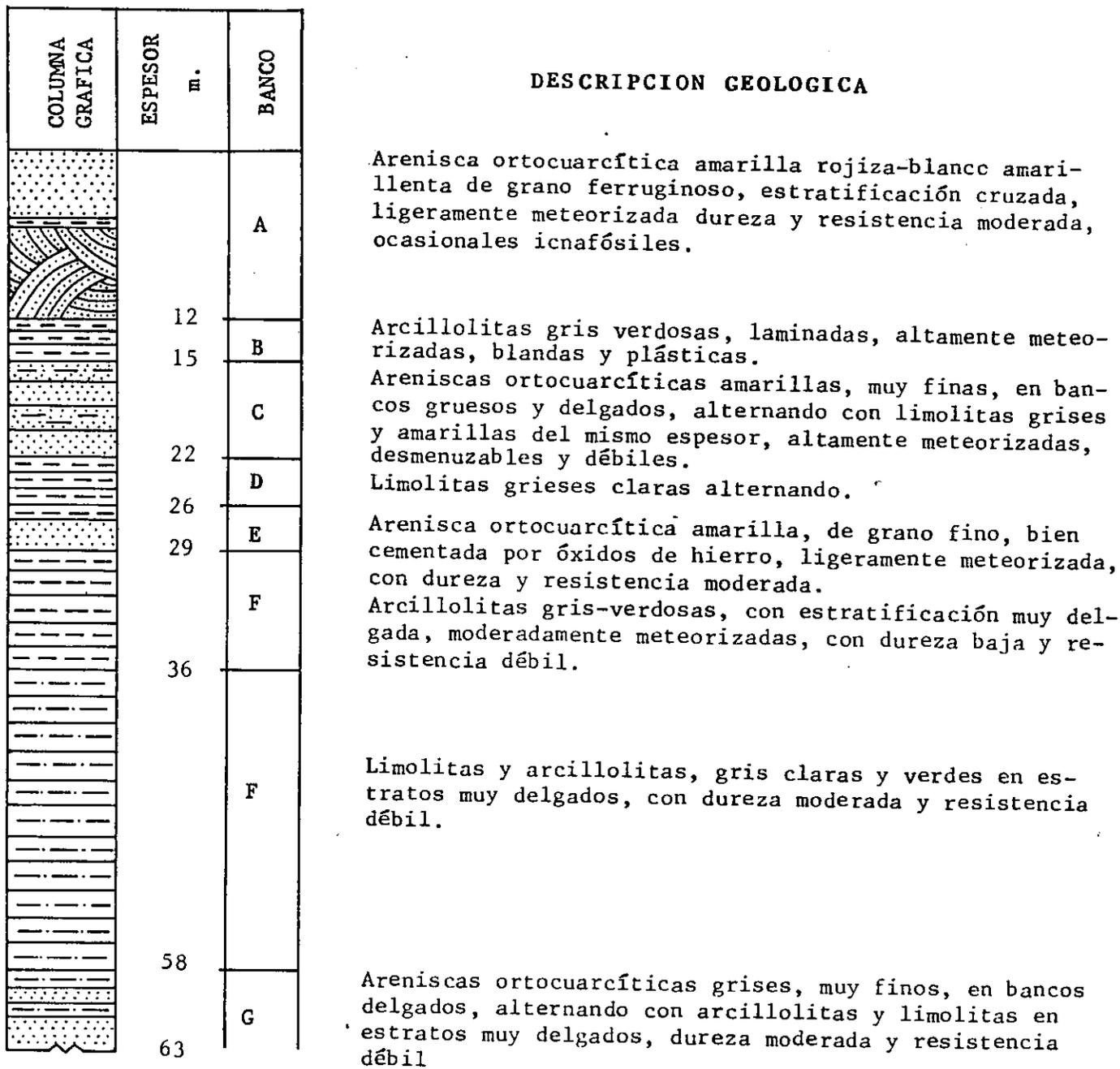


FIGURA 2. Columna estratigráfica de la cantera El Cedro tomada de Loboguerrero, 1983.

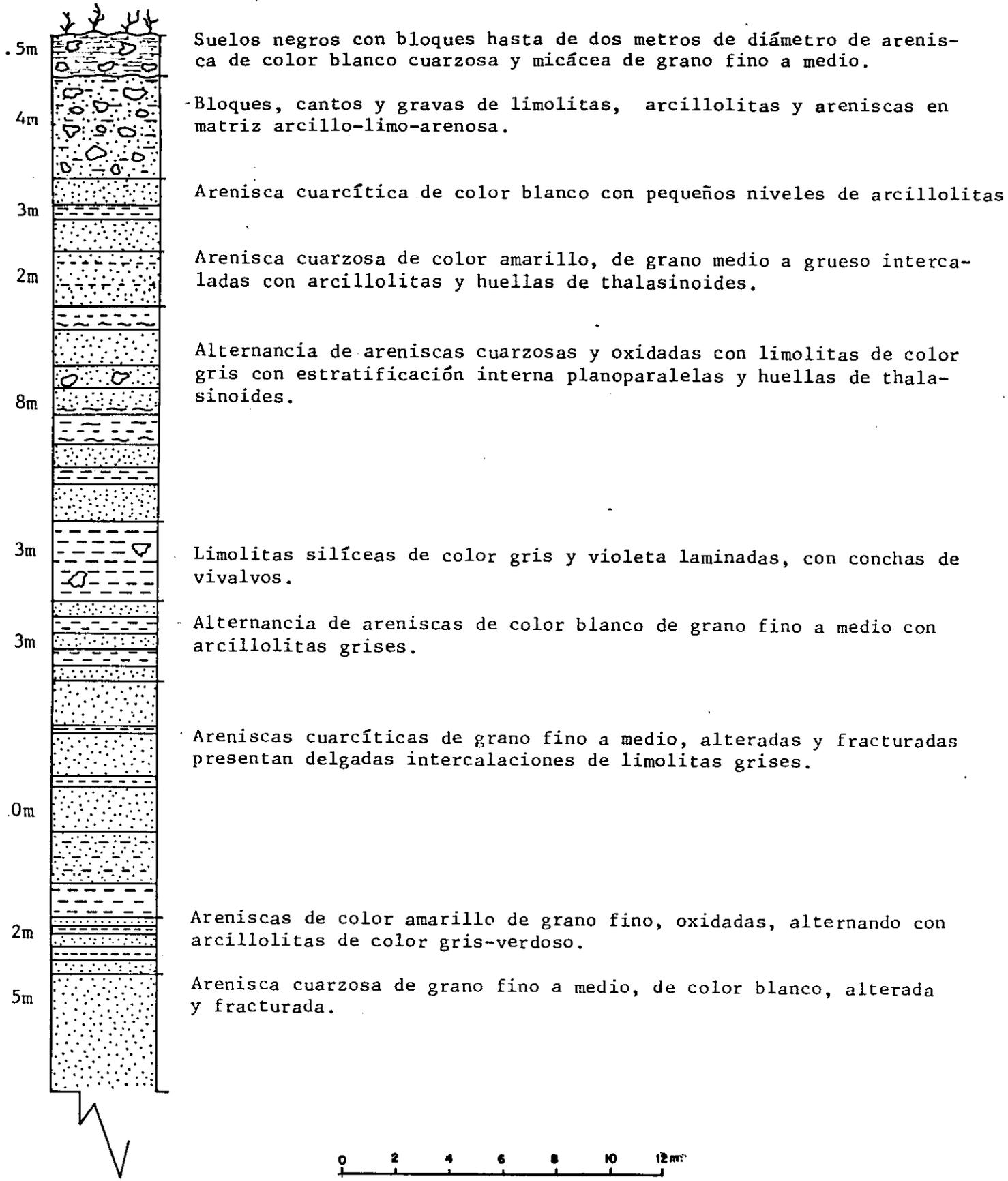


FIGURA 3. Columna estratigráfica levantada en la cantera Olano.

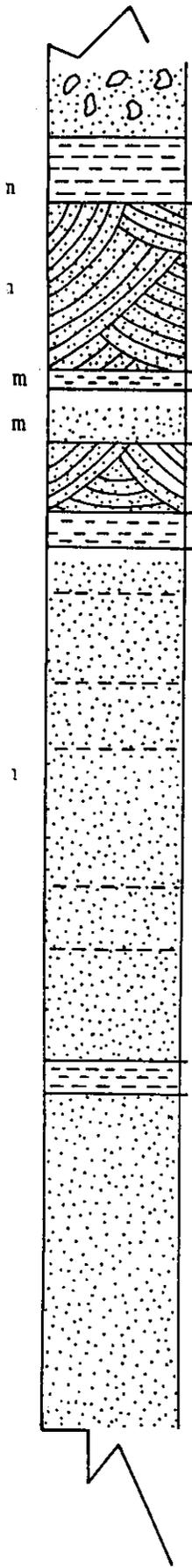


#### 4.1.2. FORMACION ARENISCA TIERNA ( ksgt ).

La conforman Areniscas arcillosas en bancos hasta de 10 metros de espesor, de grano medio a grueso, frecuentemente conglomerático, con estratificación cruzada, friable y de color blanco amarillento. Estas Areniscas se intercalan con delgadas capas de arcillo litas grises y limolitas silíceas ( Figura No. 4, columna estratigráfica levantada en el Barrio Soratama ).

#### 4.1.3. SUELOS CON BLOQUES ( $Q_1$ ).

Constituidos por bloques hasta de 6 metros de diámetro embebidos en la capa vegetal cuyo espesor varía entre 50 centímetros y 1.50 metros, aproximadamente.



Cantos y gravas de materiales removidos, de areniscas y arcillolitas en una matriz areno-arcillosa.

Arcillolitas moradas con pátina de óxidos de hierro.

Arenisca de color blanco-amarillento de grano fino a grueso, subredondeado, mal seleccionado, con algunas intercalaciones de arcillolitas, estratificación cruzada.

Arcillolitas grises.

Areniscas de color blanco de grano medio a grueso, friables, mal seleccionadas, conglomeráticas en la base.

Areniscas de color amarillo de grano grueso a conglomerático, subangulares a subredondeadas con estratificación cruzada, cuarzosas y friables.

Limolitas grises o violetas finamente laminadas, planoparalela.

Areniscas de color blanco de grano medio a grueso con delgadas intercalaciones de arcillolitas de color gris.

Areniscas friables alteradas y fracturadas.

Arcillolitas de color gris laminadas.

Areniscas de grano fina a medio, subangular a subredondeado cuarzosas, con algo de mica muscovita, de color blanco, friables, localmente teñidas con óxidos de hierro.

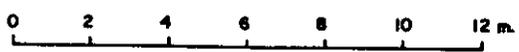


FIGURA 4. Columna estratigráfica barrio Soratama. Escala 1:200



#### 4.1.4. DEPOSITOS DE LADERA ( Q<sub>2</sub> ).

Formados por la remoción de materiales de explotación de las Canteras, están constituidos por bloques, cantos y gravas angulares y subangulares de areniscas, arcillolitas y limolitas en una matriz areno-arcillosa. Estos bloques están sufriendo o han sufrido un transporte desde un lugar de origen, debido a fenómenos de deslizamiento o de desplazamiento del material que los contiene.

#### 4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Los principales rasgos estructurales que caracterizan el área están relacionados con el flanco Occidental del Anticlinal Bogotá-Usaquén. En el sector I se presentan inversiones y replegamientos lo que no es criterio suficiente para justificar una falla geológica. En el sector II la posición de los estratos es normal, en forma de homoclinal, predominando los buzamientos entre 15° y 25° hacia el Oeste. Las fallas observadas dentro de estas



secuencias son de carácter local y por lo general son normales, no cartografiables a la escala de este trabajo.



#### 4.2.1. DIACLASAMIENTO.

La mayor densidad de diaclasamiento y agrietamiento se presenta en el sector I, en donde se tomaron 50 datos de discontinuidades, Tabla 1. La familia conjugada de mayor concentración es: N 35°E/76°W; este sector presenta un agrietamiento intenso de fallas por tracción, fruto de las explotaciones cercanas y que se manifiestan como una serie de escarpes debido a los deslizamientos compuestos que se han presentado. Las aberturas van desde pocos centímetros hasta 1 metro, por lo general rellenas con materiales finos areno-arcillosos y materia orgánica, ocasionalmente. Las de mayor abertura están ocupadas por cantos y gravas de are-



niscas o se encuentran vacías tal como lo enseña la Fotografía No. 12.

Para el sector II se tomaron 60 datos de discontinuidades, Tabla 1, con una concentración del 15%, cuyas principales familias conjugadas son N 30°W/70°E y N 51° E/75°W.

#### 5.0. GEOMORFOLOGIA.

En el sector I se diferenciaron tres zonas fisiográficas, Plancha Geomorfológica No.1, así: ocupando la parte más alta se encuentra una superficie de denudación antigua (  $Z_1$  ), con pendientes entre 30% y 35%, pobremente disectada y con probabilidades de erosión y deslizamientos por la explotación de las Canteras. La segunda (  $Z_2$  ), está constituida por taludes artificiales con pendientes entre 80% y 90%, en algunos sitios con pendientes negativas ( Diagrama No. 1 ) resultantes de la explotación de materiales para construcción y sensibles a presentar fenómenos como el desprendimiento de



TABLA No. 1. INVENTARIO DE DIACLASAS

SECTOR I (OLANO, CERRO IBIZA, EL CEDRO)		SECTOR II ( BARRIO SORATAMA )	
DIRECCION	BUZAMIENTO	DIRECCION	BUZAMIENTO
E - W	65 N	E - W	Vertical
N 30 E	45 N W	N 35 E	Vertical
N 45 W	35 E	N 50 E	45 W
N 35 E	45 W	N 60 E	70 W
N 10 W	75 W	N 35 E	45 W
N - S	25 W	N 25 E	75 W
N 30 W	35 E	N 45 W	65 E
N 30 W	Vertical	N 25 E	Vertical
N - S	45 W	N 35 E	75 W
N 30 E	45 W	N 55 W	55 E
N 65 E	35 W	N 45 W	35 E
N 35 E	45 W	N - S	Vertical
N 20 E	Vertical	N 30 W	60 E
N 45 W	Vertical	N 65 E	Vertical
N 10 E	75 W	N 30 W	60 E
E - W	Vertical	N 45 W	65 E
N 35 E	45 W	N 60 W	Vertical
N 30 W	45 E	N 35 E	45 W
N 35 E	40 W	N 45 W	65 E
N 20 E	25 W	N 10 E	35 W
N 40 E	10 W	N 45 E	35 W
N 20 E	75 W	N 65 W	75 E



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

38

DIRECCION	BUZAMIENTO	DIRECCION	BUZAMIENTO
N 30 W	45 E	N - S	Vertical
N - S	25 W	N 20 E	70 W
N 35 W	35 E	N - S	65 W
N 25 W	65 E	N 35 E	75 W
N 50 E	75 W	N 25 E	45 W
N - S	Vertical	N 10 W	60 E
N 10 E	Vertical	N 25 E	Vertical
N 25 W	Vertical	N- 20 W	Vertical
N 35 E	55 W	E - W	Vertical
N 45 E	60 W	N 35 E	55 W
N - S	65 E	N 60 E	70 W
N 35 E	55 W	N 25 E	60 W
N 15 E	65 W	N 10 W	65 E
N 35 W	75 E	N 20 E	65 W
N 25 W	Vertical	N - S	Vertical
N 45 E	Vertical	N 10 W	75 E
N 30 E	80 W	N 35 E	75 W
E - W	35 S	N 30 W	60 E
N 65 E	35 W	N 45 E	Vertical
N 45 E	65 W	N 35 E	45 W
N 40 E	10 W	N 25 W	75 E
N 20 E	75 W	N 45 W	65 E
N 10 E	Vertical	N 15 E	35 W
N 20 E	Vertical	N - S	Vertical
N 35 W	65 E	N 10 E	Vertical
N 45 W	75 E	N 15 E	Vertical
N 60 E	75 W	N 25 W	60 E



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

39

DIRECCION	BUZAMIENTO	DIRECCION	BUZAMIENTO
N 15 W	Vertical	N - S	75 E
-	-	N 15 E	60 W
-	-	N 25 W	35 E
-	-	N 20 W	45 E
-	-	N 35 E	Vertical
-	-	N 65 W	75 E
-	-	E - W	Vertical
-	-	N 60 W	Vertical
-	-	N 45 W	65 E
-	-	N 50 E	75 W



bloques. En la parte más baja del área se localiza (  $Z_3$  ) que corresponde a una zona de descargue de materiales residuales, con pendientes entre 25% y 30%, y alta susceptibilidad a eventos torrenciales.

En el sector II se distinguen dos zonas morfológicas, Plancha Geomorfológica No. 2, así: (  $Y_1$  ), área que corresponde a taludes artificiales dejados por la explotación de canteras en épocas anteriores, con pendientes altas ( hasta de 90% ) y en ocasiones negativas, susceptibles a presentar fenómenos como desprendimiento de bloques ( Fotografía No. 13 ). La segunda zona (  $Y_2$  ) se caracteriza por presentar pendientes suaves, entre 10% y 20%, y corresponde a sitios de acumulación de material estéril o bien a lugares de construcción de viviendas, áreas deportivas, etc.

## 6.0. CARACTERIZACION GEOTECNICA.

### 6.1. INTRODUCCION.

La problemática generada por la explotación anti-



técnica e inadecuada de las canteras localizadas en los dos sectores en los que se han dividido la presente investigación, quedó consignada años atrás en el convenio 200-86, INGEOMINAS- Departamento Administrativo de Planeación Distrital, en el cual se enunciaba ... " Dado el avance urbanístico de la ciudad, tales explotaciones producen actualmente una serie de riesgos hacia las comunidades vecinas: Caídas de bloques, deslizamientos y producción de gran cantidad de materiales de arrastre, que llevados por la escorrentía superficial, van a taponar los sistemas de alcantarillado de las zonas urbanas contiguas ocasionando inundaciones en épocas invernales. "

Si bien este estudio sólo contempló lo pertinente a la sección I ( cantera El Cedro, particularmente) también es válido, en cierta medida, para el Barrio Soratama en donde la explotación de antiguas canteras ha dejado taludes prácticamente verticales de altura que oscilan entre los 9 y los 13 metros. Allí también se dan fenómenos de arrastre



de material particulado.

## 6.2. CARACTERIZACION GEOTECNICA DEL GRUPO GUADALUPE.

Estas generalidades están basadas, inicialmente, en observaciones de campo y análisis bibliográfico. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados sobre muestras tomadas en el terreno.

En donde fue posible, se evaluaron los siguientes parámetros: composición mineralógica de la roca, tamaño de granos, angulosidad, porosidad, dureza, resistencia a la compresión inconfinada, permeabilidad y fracturamiento.

Es de anotar que los eventos a los cuales estuvo sometido este grupo durante su formación, le indujeron un alto grado de anisotropía en todas sus propiedades, especialmente en la permeabilidad, resistencia a la compresión inconfinada y módulo de deformación.



De la más reciente a la más antigua de las formaciones que integran este grupo, que hace parte del Cretáceo superior, se tienen:

#### 6.2.1. FORMACION ARENISCA TIERNA.

Las areniscas de esta formación son relativamente porosas. Su alto contenido de cuarzo las hace muy abrasivas; para rocas igualmente cuarzosas, ésta aumentará con el grado de cementación. Según su comportamiento a la compresión simple estas areniscas se clasifican como de resistencia muy baja ( menor de  $275 \text{ Kg/cm}^2$  ) a baja (  $275 - 550 \text{ Kg/cm}^2$  ), con módulos de deformación de (  $0.4$  a  $1.3$  )  $\times 10 \text{ Kg/cm}^2$  .

El espesor de este estrato varía de delgado a muy grueso (  $55 - 171 \text{ m}$  ). La porosidad, la poca y/o débil cementación y el fracturamiento de esta formación le inducen una relativa alta conductividad hidráulica, pro



piciándole su meteorización y erosión como se evidencia superficialmente en diversos lugares.

En el Barrio Soratama se ha explotado esta formación en las canteras que aún existen: Soratama, Servitá y la cantera propiedad del Dr. Palacios. Allí la formación se caracteriza por la presencia de un limo vegetal hasta de 1.5 metros en la superficie, seguido de la parte superior de la Arenisca Tierna caracterizada por su fracturación en forma de bloques que le confiere una alta permeabilidad secundaria, la cual permite que las aguas tanto lluvias como negras se infiltren y entren en contacto con la parte inferior de esta arenisca en donde en general esta circulación está gobernada por la porosidad de poros. En su pata se presentan manantiales de los cuales se toma agua que se utiliza aún para la preparación de alimentos.



A fin de analizar cualitativamente la calidad de estas aguas se tomaron tres muestras del sector aledaño a las perforaciones 1 y 2 ( Ver Plancha Geológica No. 2 ).

#### 6.2.2. FORMACION ARENISCA DE LABOR.

En esta formación las areniscas cuarzosas son de grano fino a grueso presentando una porosidad inferior a la formación anterior. exhibe una cementación más uniforme. La resistencia a la compresión simple permite clasificarla como baja ( 275 - 550 Kgf/cm<sup>2</sup> ) a media ( 550 - 1.100 Kgf/cm<sup>2</sup> ); el módulo de deformación varía entre ( 3.44 y 0.28 ) X 10<sup>5</sup> Kgf/cm<sup>2</sup> y su peso unitario es de 2.17 Ton/m<sup>3</sup>.

Su abrasividad es similar a la de la Arenisca Tierna. La permeabilidad es predominantemente de tipo secundario; es decir, el



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES



flujo se presenta principalmente a través de discontinuidades ( facturas, diaclasas, planos de estratificación, etc. ).

En esta formación se presentan generalmente tres familias de discontinuidades aproximadamente ortogonales: los planos de estratificación y dos familias de fracturas. Se observa en las rocas la tendencia a fracturarse en dos direcciones: una paralela a los planos de estratificación y la otra normal a ésta pero igualmente en el sentido longitudinal de depositación. Estas diaclasas presentan poca o ninguna rugosidad y son prácticamente planas. Los planos de estratificación presentan, en general, muy poca ondulación y sólo muestran rugosidad, inherente a la depositación.

Otras características de las discontinuidades tales como alteración de las paredes, aberturas y rellenos dependen del sitio.



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

El espesor de esta formación puede llegar a los 50 m.

En el sector I ( canteras El Cedro, Olano y Cerro - Ibiza ) la presencia de estas canteras ha modificado fundamentalmente el comportamiento morfoestructural de la zona ya que fruto de la extracción tan antitécnica-mente llevada, "Método Frontal por la Base" se han generado enormes grietas transversales, profundas, de espesores considerables y de longitudes igualmente importantes, ( Ver mapa geológico 1/2 ), las cuales coadyuvadas por los fenómenos torrenciales han permitido igualmente la formación de grietas longitudinales que se han convertido en cauces naturales y que guiando las aguas durante los inviernos, se han ensanchado considerablemente dada la susceptibilidad de los materiales superficiales, Fotografías Nos. 14, 15 y 16.

Una perforación de dos ( 2 ) metros realiza



da en este sector ( ver Plancha Geológica No. 1 y Fotografía No. 17 ) mostró la presencia de un material limo-arcilloso hacia los 1.20 m. bajo una capa de limo vegetal. Hacia los 1.80 m. se perfilaba ya la presencia de arcilla limosa. No se logró encontrar la superficie de falla, aunque del terreno puede inferirse que se encuentra a una profundidad de 8 metros aproximadamente.

En este sector se detectó un gran movimiento en masa con escarpes escalonados que cubre un área de más de 9 Has, ( Fotografías Nos. 18 y 19 ). Un deslizamiento ocurrido tres años atrás produjo la destrucción de dos ( 2 ) viviendas. ( Fotografía No. 20 ) En este sector se explota básicamente la Arenisca de Labor.

### 6.2.3. FORMACION PLEANERS.

Incluimos aquí una breve descripción de es-



ta formación ya que en la bibliografía utilizada se hace alguna alusión a ella, aunque nosotros no pudimos identificarla.

Esta formación está constituida por intercalaciones de liditas, lutitas silíceas y arenáceas y areniscas cuarzosas de grano fino; su porosidad es inferior a la de las dos formaciones anteriores, pero su abrasividad es mayor.

Su resistencia a la comprensión simple es medianamente dura ( 550 - 1.100 Kgf/cm<sup>2</sup> ). Su cementación es bastante homogénea. Esta secuencia de rocas presenta una estratificación muy delgada.

La Lutita de esta formación se caracteriza por una resistencia de 380 Kgf/cm<sup>2</sup> , un módulo de deformación de 0.92 x 10<sup>5</sup> Kgf/cm<sup>2</sup> . y un peso unitario de 2.29 Ton/m<sup>3</sup> . Su permeabilidad es fundamentalmente secundaria.



En su estado original es resistente a la me teorización. Presenta un alto grado de fracturamiento simulando cubos de azúcar. Las paredes de estas fracturas son práctica mente planas y no presentan rugosidades.

Su fina estratificación y patrón de fracturamiento facilita el desprendimiento de la roca o su arrastre por el agua. El espesor de la formación varía entre los 44 y los 180 m.

#### 6.2.4. FORMACION ARENISCA DURA.

Las areniscas de esta formación son cuarzosas, de grano fino, densas y presentan una porosidad similar a las del nivel de Plea-ners; su abrasividad es mayor que las demás formaciones.

Desde el punto de vista de la resistencia a la compresión inconfiada estas areniscas



se clasifican entre moderadamente duras ( 550 - 1.100 Kgf/cm<sup>2</sup> ) y duras ( 1.100 - 2.200 Kgf/cm<sup>2</sup> ), con un módulo de deformación entre ( 1.44 y 0.60 ) X 10<sup>5</sup> Kgf/cm<sup>2</sup>. y un peso unitario de 2.40 Ton/m<sup>3</sup>.

Estas areniscas presentan permeabilidad secundaria y son bastante resistentes a la meteorización. Los espesores de sus estratos varían entre medianamente gruesos a gruesos, alcanzando hasta los 4 m. de espesor. El macizo rocoso es normalmente masivo. Las familias de discontinuidades presentan una actitud similar en número, distribución y demás características que se presentan en la Arenisca de Labor.

El espesor de esta formación es del orden de los 100 m.



### 6.3. ANALISIS DE LOS EVENTOS DE INESTABILIDAD EN LOS SECTORES ESTUDIADOS.

La alternancia de formaciones duras ( silíceas ) y blandas ( arcillosas ) permitió la conformación de grandes plegamientos buzantes, relativamente poco fallados y, en ciertos casos, sin rompimiento en sus zonas axiales. La principal respuesta de las formaciones blandas fue el aumento de la laminación de las arcillolitas dando lugar a delgadas venas de lutitas y argilitas; en las formaciones duras se produjo un incremento del fracturamiento ( sistemas singenéticos o litoclasas debidos a plegamientos y fallamientos ) el cual se muestra abierto en los niveles más superficiales aumentando la permeabilidad secundaria, las estructuras de colapso y los repliegues menores. En términos generales los parámetros hidroestructurales de las discontinuidades son:

#### 6.3.1. ACTITUD.

Multidireccional, si bien en general es tri



direccional.

**6.3.2. DENSIDAD.**

La densidad es baja. Las familias de discontinuidades enseñan, en general, grandes bloques de 4 X 4 X 6 m<sup>3</sup>; hasta pequeños bloques de 10 X 15 X 30 Cm<sup>3</sup>. Un promedio bastante frecuente es el de bloques de 1.0 X 0.8 X 0.6 m<sup>3</sup>.

**6.3.3. ABERTURA.**

Es considerable en superficie ( 15 - 20 cm ) y baja en profundidad ( del orden del 1 mm ), si bien en los cortes dejados por las explotaciones de antiguas areneras aquellos 15-20 cm. se mantienen tanto en superficie como en el frente del escarpe.

**6.3.4. CONTINUIDAD.**



Es poca pero con comunicación efectiva entre familias de discontinuidades.

#### 6.3.5. RUGOSIDAD.

En general son planas. En algunas ocasiones se presentan con alguna ondulación.

#### 6.3.6. RELLENO.

Frecuentemente se encuentran vacías, ocasionalmente con relleno areno-limo-arcilloso.

Las anteriores apreciaciones son válidas para el sector II ( Barrio Soratama ). Para el sector I todos estos parámetros hidroestructurales están gobernados por las discontinuidades generadas o disparadas por los efectos de las actuales extracciones de material de las canteras El Cedro, Olano y Cerro Ibiza.



El Grupo Guadalupe, en los sectores de estudio, presenta escarpes verticales y pendientes estructurales cuya orientación se encuentra controlada por sus tres ( 3 ) familias de discontinuidades típicas.

En los sitios donde el grupo presenta una exposición de las formaciones Tierna y Labor en un área extensa, la morfología es relativamente suave debido a procesos de meteorización y erosión. Lo anterior prevé que las inestabilidades de taludes en roca están controladas por las discontinuidades estructurales.

Las formaciones Tierna y Labor deben protegerse para evitar el avance de los procesos de meteorización y erosión. Más adelante volveremos sobre esta recomendación.



#### 6.4. TIPOS DE MOVIMIENTOS.

Realizados los análisis anteriores se tiene un concepto general de la clase de eventos que ocurren en los sectores estudiados. Haciendo observaciones de la manera como se han construido las viviendas y obras de infraestructura, con especial atención en el sector II, ( Barrio Soratama ) donde hay mayor densidad de población, se determinó que los movimientos más frecuentes son: Caída de bloques en el Sector II, Barrio Soratama ( Ver plano Geológico 2/2 ) y fenómenos de deslizamientos en la parte alta de las Canteras Cerro-Ibiza, Olano y El Cedro ( Ver Plano Geológico 1/2 ), clasificación comparativa con la de Varnes ( 1.978 ).

##### 6.4.1. CAIDA DE BLOQUES.

Como secuela de la explotación antitécnica de las canteras han quedado taludes con pendientes altas, verticales y cóncavas que favorecen el desprendimiento de bloques y cantos ( Fotografías Nos. 21 y 22 y Diagrama No. 1 ) El fenómeno tiene varios agentes

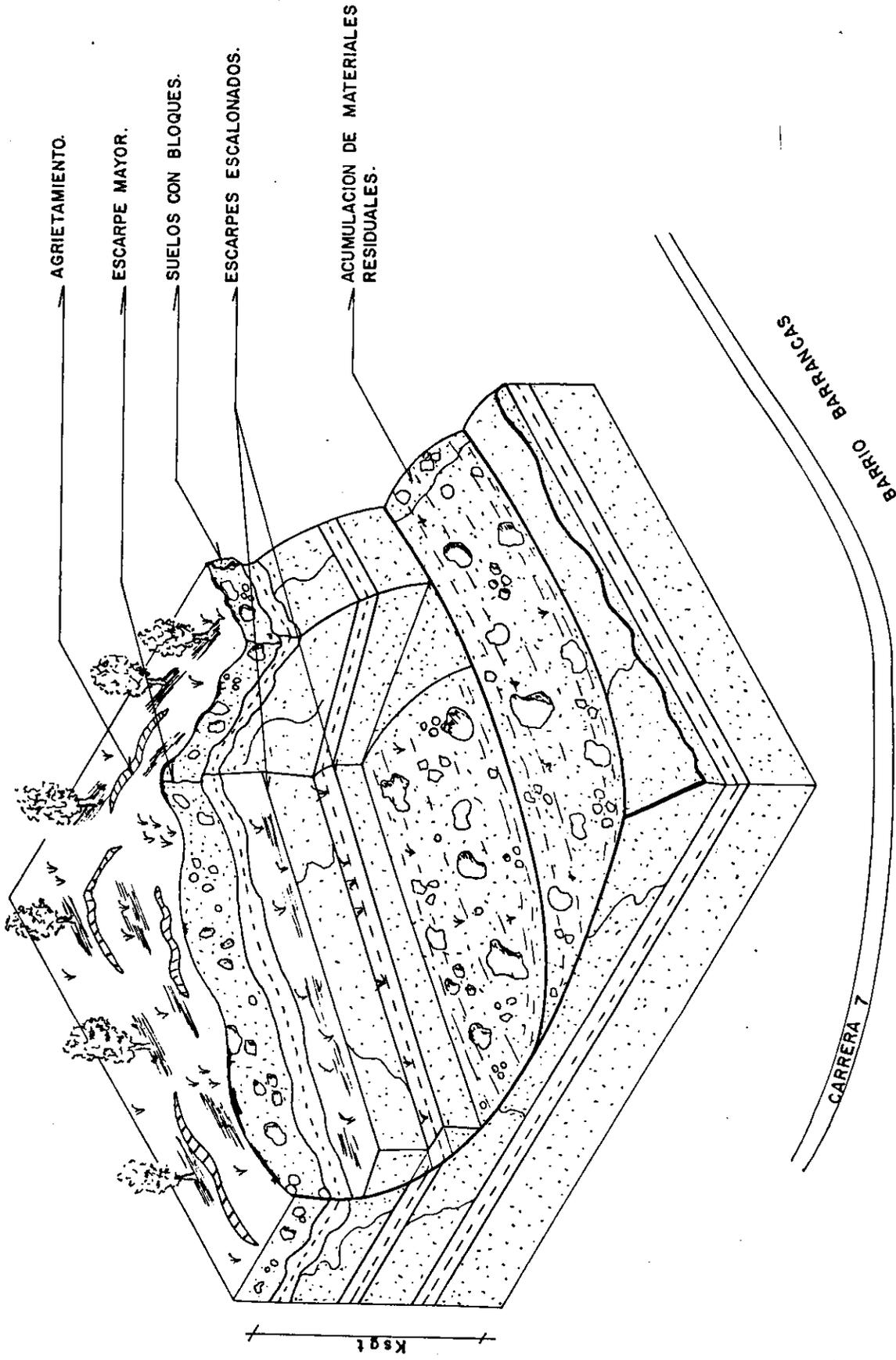


Diagrama No. 1.  
 Deslizamiento de tipo rotacional circular que ocurre en el Sector I, como consecuencia de la  
 Explotación Antitécnica de las canteras de Zonas Aledañas.



detonantes: Gravedad, saturación de la roca con agua, fracturamiento y meteorización. La caída de bloques es notoria en el sector II, Barrio Soratama ( Ver plano Geológico 2/2 ), producida por la infiltración de las aguas superficiales a través de grietas y fisuras que saturan el macizo rocoso y permiten el desprendimiento por gravedad. En el sector I ( Canteras El Cedro, Olano y Cerro Ibiza ) el fenomeno es causado por la excavación de la pata del talud originando la inestabilidad y el consecuente desprendimiento por gravedad ( ver Fotografía No. 23 ).

#### 6.4.2. DESLIZAMIENTOS.

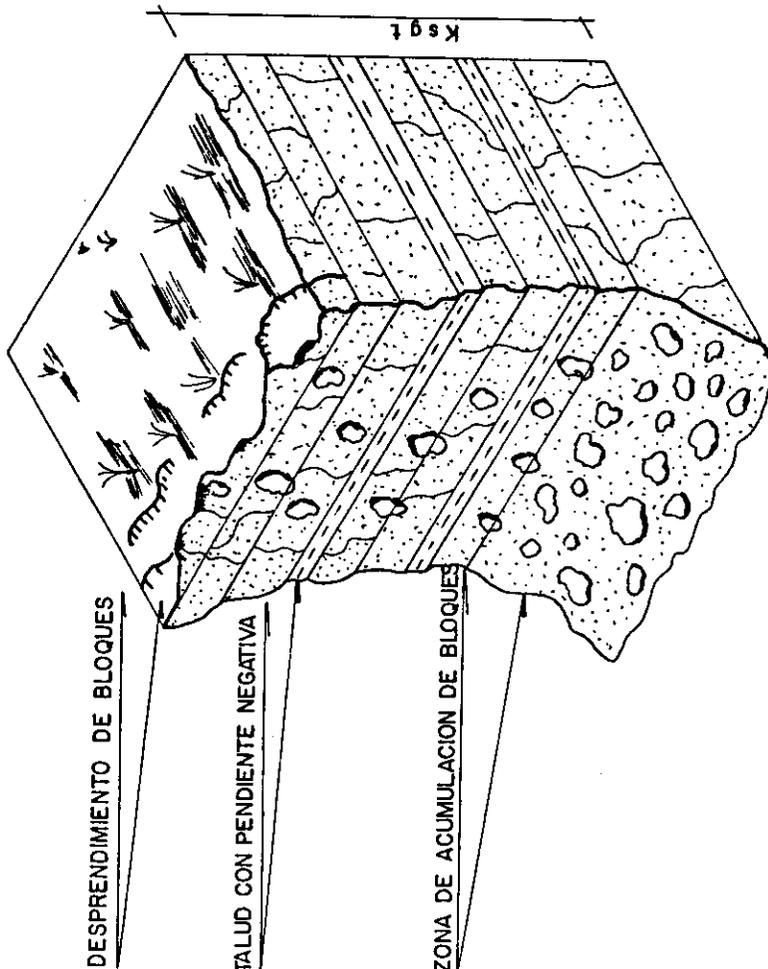
En el sector I se presenta un deslizamiento rotacional en la zona aledaña a las Canteras Cerro-Ibiza y Olano ( Ver Plano Geológico 1/2), que afecta seriamente algunas habitaciones del Barrio San Cristobal Cerro Norte. En la primera visita realizada en febrero del presente año, el fenómeno era



estable, no se presentaban agrietamientos importantes ( Fotografías Nos. 23A y 23B ) y las casas aún no estaban averiadas. A principios del mes de Mayo el fenómeno se reactivó por el incremento en el volúmen de explotación de materiales de construcción en las Canteras antes mencionadas y de las lluvias que por está época se aumentan ( Ver Fotografías Nos. 23C, 23D, 23F y 23G ).

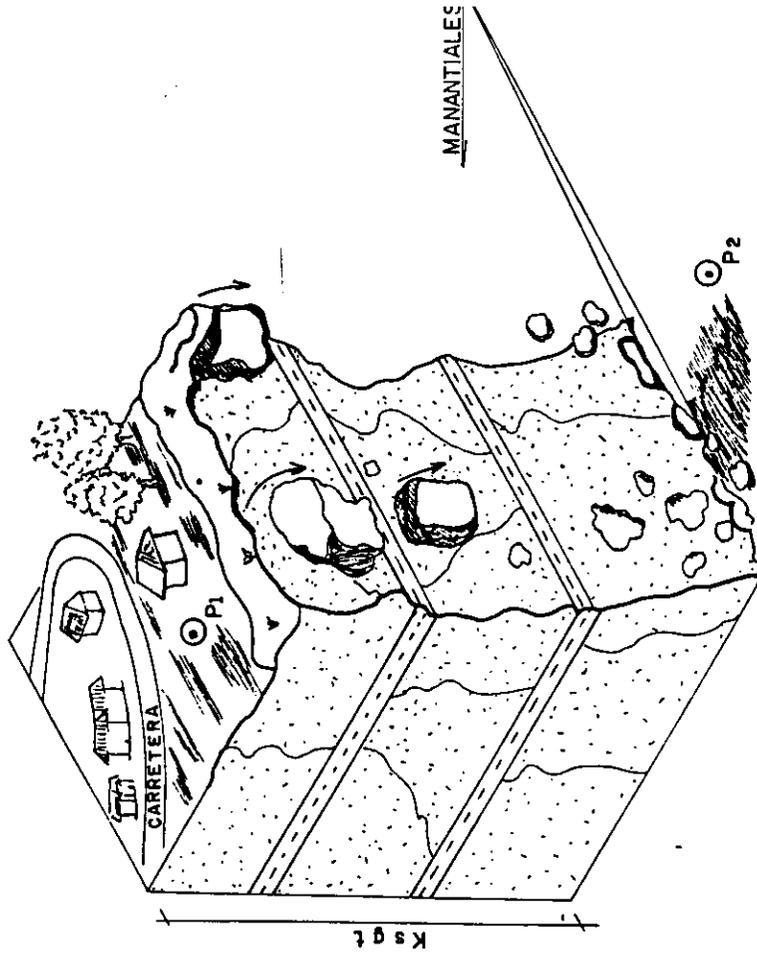
En la actualidad el desplazamiento continúa mostrando un desplazamiento de cms/día, según datos suministrados por la Secretaría de Obras Publicas del Distrito.

La situación antes descrita ocurre en el extremo nororiental del área considerada en este estudio, se continúa al norte, hacia el Barrio San Cristobal Cerro Alto, las medidas correctivas deben realizarse en forma inmediata y se encuentran en el Capítulo 12.



Caida de Bloques a la altura de la cota  
2.820 m.s.n.m

Barrio Soratama.



Caida de Bloques a la altura de la cota  
2.840 m.s.n.m. ( P1 y P2 , sitios  
de perforación )

Barrio Soratama.



En el extremo Suroriental del Sector I, parte alta de la Cantera El Cedro tiene origen un movimiento de tipo rotacional circular caracterizado por escarpes escalonados (Ver Diagrama No. 2, Fotografías Nos. 24 y 25 y Plancha Geológica 1/2). El fenómeno es causado por la excavación de la pata del talud lo cual inestabiliza el macizo rocoso, permitiendo un movimiento de reptación deducido de la posición de los árboles ( Fotografías Nos. 26 y 27 ).

En el sector II a la altura de la cota 2.672 m.s.n.m., extremo Sur, se presenta un movimiento traslacional que involucra los depósitos cuaternarios de ladera, ( Fotografía No. 28 ),

#### 6.5. INVESTIGACION DE CAMPO Y LABORATORIO.

##### 6.5.1. RECONOCIMIENTO GEOTECNICO DE SUPERFICIE.

Se hizo una evaluación general de los problemas, clasificando zonas similares y estableciendo el programa de investigación. Se realizó un levantamiento detallado de las discontinuidades aflorantes en los dos sectores con el fin de evaluar la influencia



de los cortes en la estabilidad del macizo rocoso y, adicionalmente, determinar si la forma que presenta el suelo en el sector I obedece a un control estructural o es consecuencia de la extracción de material.

#### 6.5.2. EXPLORACION DEL SUELO.

Una vez efectuado el reconocimiento geotécnico general del sector, se procedió a la localización y ejecución de 4 sondeos ( Fotografías Nos. 29, 30 y 31 ) con el fin de ampliar el conocimiento de las características físicas y los espesores donde fue posible, de los materiales más superficiales que suprayacen la arenisca en el sector II. En el sector I la perforación realizada se llevó a cabo solo en suelo.

Se tomaron muestras alteradas de material para la determinación de las propiedades in dices e inalteradas de la arenisca para la



determinación de las características de resistencia. Esta arenisca fue analizada debido a que conforma el basamento donde se cimentan todas las obras civiles del Barrio Soratama ( Sector II ).

#### 6.5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Sobre las muestras obtenidas de los sondeos y una muestra superficial de un bloque de arenisca se realizaron en el laboratorio los siguientes ensayos:

- Límite líquido.
- Humedad y peso unitario.
- Gradación en material lavado sobre tamiz No. 200.
- Ensayos de corte directo consolidado drenado y consolidado no drenado según el tipo de suelo, a esfuerzos normales de 0.5, 1.0 y 2.0 Kg/cm<sup>2</sup> .



- Ensayo de compresión simple y tracción in directa sobre la muestra de arenisca a fin de determinar sus coeficientes elásticos.
- Ensayo de corte directo sobre muestra de roca inundada para la determinación de la envolvente de resistencia, bajo esfuerzos normales de 0.5, 1.0 y 2.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

6.6. CARACTERISTICAS GEOMECANICAS DE LOS MATERIALES.

6.6.1. LIMITES DE ATTERBERG Y GRANULOMETRIA.

Los resultados obtenidos, mostrados en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6 se compararon con la carta de plasticidad de Casagrande en donde se observó que en general esos materiales o son arenas y por la tanto no exhiben ni límite líquido ni límite plástico o tienen una plasticidad entre baja y media; el límite líquido entre muestras secadas al aire









LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL

LIMITES DE CONSISTENCIA  
Y GRADACION

OBRA: Sector II SITIO: B. Soratama FECHA: Mayo 3/90  
 CLIENTE: \_\_\_\_\_ O.T.No.: \_\_\_\_\_  
 SONDEO: \_\_\_\_\_ MUESTRA: Arenisca PROFUNDIDAD: Superficial  
 DESCRIPCION: Arenisca de Grano fino color habano

LIMITES DE CONSISTENCIA

. Límite líquido NO L.L.  
 . Límite plástico NO L.P.

GRADACION : NO, Roca.

HUMEDAD NATURAL : 1%



oscila entre 29.2 y 51.0 % en tanto que el índice de plasticidad varía entre el 8.9 y 15.5% la muestra 1 corresponde a un limo arcilloso; la 2, a una arena fina; la 3, a una arcilla limosa; la 4, a recebo arcillo arenoso, y la 5 a una arenisca. Las cuatro primeras muestras corresponden a suelos finos: arena fina, limo y arcilla tal como lo enseñan las tablas antes citadas, clasificados como ML, CL y MH según Casagrande.

#### 6.6.2. HUMEDAD NATURAL Y PESOS UNITARIOS.

La humedad natural varía entre 13.8 y 23.4% tal como se deduce de las tablas anteriores.

La humedad que enseña la muestra 2 no es real ya que por problemas de pega de la cuchara de perforación fue necesario agregarle agua.

Para las muestras sometidas a ensayo de cor



te directo se encontraron los valores de pe so unitario total y seco enseñados en las tablas 7, 8, 9, 10 y 11 respectivamente. Va lores que son típicos para estos materiales.

### 6.6.3. RESISTENCIA AL CORTE.

A fin de evaluar los parámetros de resisten cia se realizaron 5 ensayos, de los cuales 4 se llevaron a cabo en suelo y 1 en roca ( arenisca ). Estos ensayos fueron efectua dos bajo condiciones consolidadas drenadas o consolidadas no drenadas, así:

Muestra No. 1 : C.D. ( consolidado drenado: 4 horas en la etapa de falla y 1 h 40' en la de consolidación ).

Muestra No. 2 : C.U. ( consolidado no dre nada: 2 horas en la etapa de falla 8 h en la de consolidación. ).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
I E I

CORTE DIRECTO

⊙							
Diametro (cm)	6.35	HUMEDAD	INICIAL	FINAL			
Altura inic. (cm)	2	P1 (gr)	32.43	143.2	W unit. total	1.297 (gr/cm3)	
Volumen (cm3)	63.338	P2 (gr)	28.18	110.0	W unit. seco	1.052 (gr/cm3)	
Carga normal (kg)	15.83	P3 (gr)	9.93	43.8			
Esf. normal (kg/cm2)	0.499	w (%)	23.287	50.151			
Peso de Suelo (gr.)	83.0						
ETAPA DE FALLA							

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRIG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/\sigma$	$\times 10^{-2}$ dV (cm)
0	0	0	1131	0	31.669	0.499	0	0	0
3.333	20	2.499	1195	6.0E-03	31.628	0.5	0.088	0.175	1.625
7	36	9.999	1124	0.025	31.587	0.502	0.159	0.316	-0.178
12.5	46	19.999	1122	0.05	31.346	0.584	0.204	0.404	-0.229
22	58	44.999	1118	0.114	30.943	0.511	0.26	0.509	-0.534
34.366	65	79.999	1092	0.203	30.379	0.521	0.297	0.571	-0.991
45.166	68	109.999	1077	0.279	29.895	0.529	0.316	0.597	-1.372
56.333	70	139.999	1061	0.355	29.412	0.538	0.331	0.615	-1.778
72.5	73	174.999	1043	0.444	28.848	0.548	0.352	0.641	-2.236
85	73	199.999	1019	0.507	28.446	0.556	0.357	0.641	-2.845
100.166	75	224.999	1019	0.571	28.045	0.564	0.372	0.659	-2.845
110.166	75	239.999	1012	0.609	27.804	0.569	0.375	0.659	-3.023
120	75	254.999	1010	0.647	27.563	0.574	0.378	0.659	-3.074
133	75	279.999	1003	0.711	27.162	0.582	0.384	0.659	-3.252
146.166	74	299.999	997	0.761	26.842	0.589	0.383	0.65	-3.404
158.366	74	314.999	988	0.8	26.602	0.595	0.387	0.65	-3.633
172.5	73	329.999	983	0.838	26.362	0.6	0.385	0.641	-3.76
183	73	344.999	982	0.876	26.122	0.605	0.388	0.641	-3.785
198	73	364.999	971	0.927	25.803	0.613	0.393	0.641	-4.064
208.5	73	379.999	967	0.965	25.563	0.619	0.397	0.641	-4.166
220	73	394.999	961	1.003	25.324	0.625	0.401	0.641	-4.318
229	73	404.999	959	1.028	25.165	0.629	0.403	0.641	-4.395
235	73	419.999	950	1.066	24.927	0.635	0.407	0.641	-4.598
241	73	344.999	959	0.876	26.122	0.605	0.388	0.641	-4.395
247.366	73	449.999	958	1.142	24.45	0.647	0.415	0.641	-4.395

DESCRIPCION: Limo-arcilloso color carmelito oscuro.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 1.

Profundidad: 0.70 m.

Prueba No. 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
I E I

CORTE DIRECTO

Ø							
Diametro (cm)	6.35		HUMEDAD				
Altura inic. (cm)	2		P1 (gr)	55.79		W unit. total	1.275 (gr/cm <sup>3</sup> )
Volumen (cm <sup>3</sup> )	63.338		P2 (gr)	41.22		W unit. seco	0.863 (gr/cm <sup>3</sup> )
Carga normal (kg)	31.67		P3 (gr)	10.63			
Esf. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1		w (%)	47.629			

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/\sigma$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
0	0	0	1152	0	31.669	1	0	0	0
1.5	20	0.999	1152	2.0E-03	31.653	1	0.007	0.007	0
2.566	40	3.499	1152	8.0E-03	31.612	1.001	0.176	0.175	0
9.7	67	11.999	1152	0.03	31.475	1.006	0.296	0.294	0
18.5	85	29.999	1125	0.076	31.185	1.015	0.379	0.373	-0.686
30	94	49.999	1085	0.126	30.862	1.026	0.423	0.413	-1.702
42	105	69.999	1052	0.177	30.54	1.036	0.478	0.461	-2.54
56	113	86.999	1025	0.22	30.266	1.046	0.519	0.496	-3.226
74.5	120	109.999	1002	0.279	29.895	1.059	0.558	0.527	-3.81
86.5	128	129.999	986	0.33	29.573	1.07	0.602	0.562	-4.217
101	135	159.999	960	0.406	29.09	1.088	0.645	0.593	-4.877
112	139	179.999	942	0.457	28.768	1.1	0.672	0.61	-5.334
124	143	199.999	925	0.507	28.446	1.113	0.699	0.628	-5.766
137.333	147	229.999	910	0.584	27.964	1.132	0.731	0.646	-6.147
147.5	149	254.999	898	0.647	27.563	1.148	0.752	0.654	-6.452
169	149	309.999	872	0.787	26.682	1.186	0.777	0.654	-7.112
180	147	339.999	863	0.863	26.202	1.208	0.78	0.646	-7.341
191.5	142	374.999	858	0.952	25.643	1.235	0.77	0.624	-7.468
203	142	394.999	849	1.003	25.324	1.25	0.78	0.624	-7.697
212.75	142	409.999	842	1.041	25.006	1.262	0.787	0.624	-7.874
224.333	144	424.999	842	1.079	24.847	1.274	0.806	0.632	-7.874
233	143	439.999	835	1.117	24.609	1.286	0.808	0.628	-8.052
240	143	449.999	832	1.142	24.45	1.295	0.814	0.628	-8.128

DESCRIPCION: Limo-arcilloso color carmelito oscuro.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 1.

Profundidad: 0.70 m.

Prueba No. 2.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
IEI

CORTE DIRECTO

Ø						
Díametro (ca)	6.35		HUMEDAD			
Altura inic. (ca)	2		P1 (gr)	48.75		W unit. total 1.176 (gr/cm3)
Volumen (ca3)	63.338		P2 (gr)	37.38		W unit. seco 0.83 (gr/cm3)
Carga normal (kg)	63.34		P3 (gr)	18.82		
Esf. normal (kg/cm2)	2		w (%)	41.557		

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/s$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
0	0	0	1543	0	31.669	2	0	0	0
2.166	20	0.499	1543	1.0E-03	31.661	2	0.087	0.043	0
4.433	45	1.499	1543	3.0E-03	31.645	2.001	0.197	0.098	0
7.5	85	4.499	1543	0.011	31.596	2.004	0.374	0.186	0
14.3	130	17.999	1520	0.045	31.378	2.018	0.576	0.285	-0.585
21	150	29.999	1482	0.076	31.185	2.031	0.669	0.329	-1.55
30	165	39.999	1458	0.101	31.024	2.041	0.74	0.362	-2.159
38.166	195	59.999	1412	0.152	30.701	2.063	0.884	0.428	-3.328
55	215	89.999	1362	0.228	30.217	2.096	0.99	0.472	-4.598
65	243	109.999	1332	0.279	29.895	2.118	1.131	0.533	-5.36
81.5	260	139.999	1298	0.355	29.412	2.153	1.23	0.571	-6.223
93	271	159.999	1278	0.406	29.09	2.177	1.296	0.595	-6.731
105	282	184.999	1261	0.469	28.688	2.207	1.368	0.619	-7.163
122.5	286	199.999	1246	0.507	28.446	2.226	1.399	0.628	-7.544
134.5	293	219.999	1242	0.558	28.125	2.252	1.449	0.643	-7.646
145	294	239.999	1238	0.609	27.804	2.278	1.471	0.646	-7.747
168.5	295	279.999	1222	0.711	27.162	2.331	1.511	0.648	-8.154
181	296	299.999	1218	0.761	26.842	2.359	1.534	0.65	-8.255
175	300	339.999	1205	0.863	26.202	2.417	1.593	0.659	-8.586
207.166	298	377.999	1189	0.96	25.595	2.474	1.62	0.654	-8.992
217	298	409.999	1182	1.041	25.086	2.524	1.653	0.654	-9.17
227	288	449.999	1182	1.142	24.45	2.59	1.639	0.632	-9.17
234	295	439.999	1182	1.117	24.689	2.573	1.668	0.648	-9.17

DESCRIPCION: Limo-arcilloso color carmelito oscuro.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 1.

Profundidad: 0.70 m.

Prueba No. 3.

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

Ø						
Diametro (cm)	6.35		HUMEDAD FINAL	INICIAL		
Altura inic. (cm)	2		P1 (gr)	153.3	513.2	W unit. total 1.913 (gr/cm <sup>3</sup> )
Volumen (cm <sup>3</sup> )	63.338		P2 (gr)	128.7	448.3	W unit. seco 1.589 (gr/cm <sup>3</sup> )
Carga normal (kg)	15.83		P3 (gr)	36.6	103.9	
Esf. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.499		w (%)	26.71	18.844	
Peso de Suelo (gr)	121.0					

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/\sigma$	$\times 10^{-2}$ dV (cm)
0	0	0	837	0	31.669	0.499	0	0	0
2.25	20	1.999	836	5.0E-03	31.636	0.5	0.883	0.167	-0.026
3.833	37	6.999	830	0.017	31.556	0.501	0.155	0.389	-0.178
5.666	50	13.999	928	0.035	31.443	0.503	0.21	0.418	-0.229
7.5	60	23.999	829	0.059	31.29	0.505	0.254	0.502	-0.284
10.116	65	29.999	829	0.076	31.185	0.507	0.276	0.544	-0.204
12.066	73	45.999	844	0.116	30.927	0.511	0.312	0.611	0.177
15.416	73	64.999	858	0.165	30.62	0.516	0.316	0.611	0.533
20	70	89.999	862	0.228	30.217	0.523	0.307	0.586	0.634
27	72	129.999	846	0.33	29.573	0.535	0.322	0.603	0.228
32.216	72	159.999	835	0.406	29.09	0.544	0.328	0.603	-0.051
36.75	72	182.999	824	0.464	28.72	0.551	0.332	0.603	-0.331
46.833	70	219.999	800	0.558	28.125	0.562	0.329	0.586	-0.94
56	60	259.999	779	0.66	27.483	0.575	0.328	0.569	-1.474
64.766	69	296.999	767	0.754	26.89	0.588	0.34	0.577	-1.778
63.783	70	339.999	751	0.863	26.202	0.604	0.354	0.586	-2.185
82.783	71	374.999	736	0.952	25.643	0.617	0.367	0.594	-2.566
89.416	72	407.999	714	1.036	25.117	0.63	0.38	0.603	-3.125

DESCRIPCION: Arena fina algo limosa de color gris habano.

Sector II Barrio Soratama.  
 Perforacion No. 2  
 Profundidad: 1.20m.  
 Prueba No. 1.

## FACULTAD DE INGENIERIA

## IEI

## CORTE DIRECTO

Ø							
Diámetro (cm)	6.35			HUMEDAD INICIAL			
Altura inic. (cm)	2			P1 (gr)	513.2	W unit. total	1.981 (gr/cm <sup>3</sup> )
Volumen (cm <sup>3</sup> )	63.338			P2 (gr)	448.3	W unit. seco	1.599 (gr/cm <sup>3</sup> )
Carga normal (kg)	31.67			P3 (gr)	103.9		
Esf. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1			w (%)	18.844		

## ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/\sigma$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
0	0	0	1587	0	31.669	1	0	0	0
1.9	20	1.599	1577	4.0E-03	31.643	1	0.003	0.003	-0.254
3.133	50	6.999	1568	0.017	31.556	1.003	0.21	0.209	-0.483
4.75	70	10.999	1560	0.027	31.491	1.005	0.294	0.293	-0.686
8.25	100	24.999	1551	0.063	31.265	1.012	0.424	0.418	-0.915
13.483	115	35.999	1546	0.091	31.088	1.018	0.49	0.481	-1.042
18.7	128	67.999	1530	0.172	30.572	1.035	0.555	0.535	-1.245
21.75	130	79.999	1536	0.203	30.379	1.042	0.567	0.544	-1.296
27.416	135	94.999	1530	0.241	30.137	1.05	0.593	0.565	-1.448
36.916	139	119.999	1529	0.304	29.734	1.065	0.619	0.581	-1.474
45	145	144.999	1518	0.368	29.331	1.079	0.655	0.607	-1.753
51.833	146	169.999	1500	0.431	28.929	1.094	0.669	0.611	-2.21
58	147	209.999	1488	0.533	28.286	1.119	0.689	0.615	-2.515
68.7	146	224.999	1482	0.571	28.045	1.129	0.69	0.611	-2.667
68.516	148	259.999	1463	0.66	27.483	1.152	0.713	0.619	-3.15
76.333	155	299.999	1454	0.761	26.842	1.179	0.765	0.648	-3.379
86.333	153	344.999	1437	0.876	26.122	1.212	0.776	0.64	-3.81
92	154	384.999	1327	0.977	25.484	1.242	0.801	0.644	-6.604
99	154	414.999	1316	1.054	25.006	1.266	0.816	0.644	-6.884
103.3	154	434.999	1308	1.104	24.688	1.282	0.826	0.644	-7.007
109.166	156	464.999	1301	1.181	24.212	1.307	0.854	0.653	-7.265
118.45	159	499.999	1288	1.269	23.658	1.338	0.891	0.665	-7.595



DESCRIPCION: Arena fina algo limosa de color gris habano.

Sector II Barrio Soratama.  
Perforacion No. 2  
Profundidad: 1.20m.  
Prueba No. 2.

77

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

Ø				
Diametro (cm)	6.35	HUMEDAD FINAL		
Altura inic. (cm)	2	P1 (gr)	152.4	W unit. total 1.982 (gr/cm <sup>3</sup> )
Volumen (cm <sup>3</sup> )	63.338	P2 (gr)	131.7	W unit. seco 1.551 (gr/cm <sup>3</sup> )
Carga normal (kg)	63.34	P3 (gr)	40	
Esf. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2	w (%)	22.573	

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/c$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
0	0	0	904	0	31.669	2	0	0	0
1.25	30	1.199	901	3.0E-03	31.649	2.001	0.125	0.062	-0.077
2.5	60	2.499	898	6.0E-03	31.628	2.002	0.251	0.125	-0.153
5.666	95	6.999	889	0.017	31.556	2.007	0.399	0.198	-0.381
8.85	150	15.999	871	0.04	31.411	2.016	0.633	0.313	-0.839
13.833	192	27.999	861	0.071	31.217	2.028	0.815	0.401	-1.093
18.166	235	42.999	858	0.109	30.975	2.044	1.005	0.491	-1.169
20	249	49.999	858	0.126	30.862	2.052	1.069	0.521	-1.169
24.666	263	66.999	867	0.17	30.588	2.07	1.139	0.55	-0.94
27.733	267	79.999	867	0.203	30.379	2.084	1.165	0.558	-0.94
33.166	269	99.999	860	0.253	30.056	2.107	1.106	0.563	-1.118
38.166	270	124.999	857	0.317	29.653	2.135	1.207	0.565	-1.194
45.166	280	159.999	843	0.406	29.09	2.177	1.276	0.586	-1.55
51.583	294	184.999	837	0.469	28.688	2.207	1.358	0.615	-1.702
60.166	297	214.999	830	0.546	28.205	2.245	1.396	0.621	-1.88
68	303	255.999	823	0.65	27.547	2.299	1.458	0.634	-2.058
73.833	305	282.999	818	0.718	27.114	2.336	1.491	0.638	-2.185
80.566	306	307.999	813	0.782	26.714	2.371	1.518	0.64	-2.312
87.3	306	339.999	810	0.863	26.202	2.417	1.548	0.64	-2.388
97	309	384.999	802	0.977	25.484	2.485	1.607	0.646	-2.591
105	311	419.999	800	1.066	24.927	2.541	1.654	0.65	-2.642
110	313	441.999	796	1.122	24.577	2.577	1.688	0.655	-2.744

DESCRIPCION: Arena fina algo limosa de color gris habano.

Sector II Barrio Soratama.  
 Perforacion No. 2  
 Profundidad: 1.20m.  
 Prueba No. 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

diámetro (cm)	6.35	HUMEDAD	FINAL	
altura inic. (cm)	2	P1 (gr)	121.2	W unit. total 1.664 (gr/cm3)
volumen (cm3)	63.338	P2 (gr)	112.3	W unit. seco 1.49 (gr/cm3)
carga normal (kg)	15.83	P3 (gr)	36	
f. normal (kg/cm2)	0.499	w (%)	11.664	
índice de Suelo (gr.)	110.0			

TAPA DE FALLA

EMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/\sigma$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
	0	0	678	0	31.669	0.499	0	0	0
5	0	0	518	0	31.669	0.499	0	0	-4.064
166	10	1.499	487	3.0E-03	31.645	0.5	0.041	0.003	-4.852
416	20	3.999	487	0.01	31.604	0.5	0.003	0.167	-4.852
393	30	9.999	487	0.025	31.507	0.502	0.126	0.251	-4.852
.166	40	22.999	447	0.058	31.298	0.505	0.169	0.335	-5.868
.5	50	35.999	428	0.091	31.088	0.509	0.213	0.418	-6.35
.166	63	69.999	379	0.177	30.54	0.518	0.273	0.527	-7.595
	71	89.999	364	0.228	30.217	0.523	0.311	0.594	-7.976
	75	109.999	349	0.279	29.895	0.529	0.332	0.628	-8.357
	78	129.999	339	0.33	29.573	0.535	0.349	0.653	-8.611
.503	79	149.999	337	0.38	29.251	0.541	0.358	0.661	-8.662
.166	79	169.999	337	0.431	28.929	0.547	0.362	0.661	-8.662
3.166	79	189.999	337	0.482	28.607	0.553	0.366	0.661	-8.662
1	84	209.999	298	0.533	28.286	0.559	0.393	0.703	-9.652
7.5	86	229.999	298	0.584	27.964	0.566	0.407	0.72	-9.856
3.666	84	259.999	289	0.66	27.483	0.575	0.405	0.703	-9.881
3.333	83	289.999	289	0.736	27.002	0.586	0.407	0.695	-9.881
1	83	319.999	265	0.812	26.522	0.596	0.414	0.695	-10.491
1	84	349.999	247	0.888	26.042	0.607	0.427	0.703	-10.948
1	82	379.999	246	0.965	25.563	0.619	0.425	0.686	-10.973
1	82	409.999	232	1.041	25.086	0.631	0.433	0.686	-11.329
1	82	439.999	228	1.117	24.609	0.643	0.441	0.686	-11.43

DESCRIPCION: Arcilla limo-arenosa color gris oscura.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 3.

Profundidad: 1.60 m.

Prueba No. 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

Ø							
Diámetro (cm)	6.35			HUMEDAD			
Altura inic. (cm)	2			P1 (gr)	137.2		W unit. total 1.517 (gr/cm <sup>3</sup> )
Volumen (cm <sup>3</sup> )	63.338			P2 (gr)	113.8		W unit. seco 1.159 (gr/cm <sup>3</sup> )
Carga normal (kg)	31.67			P3 (gr)	37.8		
Esf. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1			w (%)	38.789		

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRIG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/\sigma$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
	0	0	1153	0	31.669	1	0	0	0
.25	10	0.999	1140	2.0E-03	31.653	1	0.041	0.041	-0.127
.833	20	1.499	1147	3.0E-03	31.645	1	0.083	0.083	-0.153
.833	30	2.499	1141	6.0E-03	31.628	1.001	0.125	0.125	-0.305
.25	40	3.999	1138	0.01	31.604	1.002	0.167	0.167	-0.381
.25	50	6.999	1137	0.017	31.556	1.003	0.21	0.209	-0.407
3	60	12.999	1128	0.033	31.459	1.006	0.252	0.251	-0.635
3	80	25.999	1089	0.066	31.249	1.013	0.339	0.334	-1.626
7.083	100	37.999	1064	0.096	31.056	1.019	0.426	0.418	-2.261
1	109	49.999	1048	0.126	30.862	1.026	0.468	0.456	-2.667
1.166	131	69.999	1028	0.177	30.54	1.036	0.568	0.548	-3.175
1.25	145	89.999	1017	0.228	30.217	1.048	0.636	0.607	-3.455
1.233	156	109.999	1002	0.279	29.895	1.059	0.691	0.653	-3.836
1.416	163	129.999	995	0.33	29.573	1.07	0.73	0.682	-4.014
1.166	169	149.999	988	0.38	29.251	1.082	0.765	0.707	-4.191
13.583	176	169.999	984	0.431	28.929	1.094	0.806	0.736	-4.293
4.666	180	189.999	983	0.482	28.607	1.107	0.834	0.753	-4.318
10.333	183	219.999	985	0.558	28.125	1.126	0.862	0.766	-4.268
5.416	188	249.999	980	0.634	27.643	1.145	0.901	0.787	-4.191
8.666	188	279.999	988	0.711	27.162	1.165	0.917	0.787	-4.191
7.333	188	309.999	1000	0.787	26.682	1.186	0.934	0.787	-3.683
0.5	184	339.999	1010	0.863	26.202	1.208	0.931	0.77	-3.633
4.5	183	369.999	1018	0.939	25.723	1.231	0.943	0.766	-3.429
7.166	182	399.999	1028	1.015	25.245	1.254	0.955	0.761	-3.175
5.666	182	439.999	1038	1.117	24.689	1.286	0.98	0.761	-2.921

DESCRIPCION: Arcilla limo-arenosa color gris oscura.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 3.

Profundidad: 1.60 m.

Prueba No. 2.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

diámetro (cm)	6.35	HUMEDAD		
altura inic. (cm)	2	P1 (gr)	54.77	W unit. total 1.511 (gr/cm <sup>3</sup> )
volumen (cm <sup>3</sup> )	63.338	P2 (gr)	42.99	W unit. seco 1.114 (gr/cm <sup>3</sup> )
carga normal (kg)	63.34	P3 (gr)	9.93	
sf. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2	w (%)	35.632	

TAPA DE FALLA

EMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/\sigma$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
	0	0	888	0	31.669	2	0	0	0
833	10	0.499	882	1.0E-03	31.661	2	0.041	0.02	-0.153
883	20	0.999	879	2.0E-03	31.653	2.001	0.083	0.041	-0.229
883	30	0.999	878	2.0E-03	31.653	2.001	0.125	0.062	-0.254
75	40	1.499	877	3.0E-03	31.645	2.001	0.167	0.083	-0.28
85	60	2.999	870	7.0E-03	31.62	2.003	0.251	0.125	-0.458
166	80	4.999	863	0.012	31.588	2.005	0.335	0.167	-0.635
1.166	100	7.999	855	0.02	31.54	2.009	0.42	0.209	-0.839
1.916	120	10.999	847	0.027	31.491	2.011	0.505	0.251	-1.042
1.666	140	15.999	838	0.04	31.411	2.016	0.59	0.293	-1.27
1.75	160	18.999	827	0.048	31.362	2.019	0.676	0.334	-1.55
1.25	180	37.999	827	0.096	31.056	2.039	0.768	0.376	-1.55
	200	38.999	807	0.099	31.04	2.04	0.854	0.418	-2.058
1.666	220	46.999	807	0.119	30.911	2.049	0.943	0.46	-2.058
1.5	244	59.999	807	0.152	30.701	2.063	1.053	0.51	-2.058
	258	79.999	769	0.203	30.379	2.084	1.125	0.54	-3.023
	271	99.999	761	0.253	30.056	2.107	1.195	0.567	-3.226
	271	119.999	758	0.304	29.734	2.13	1.208	0.567	-3.302
1.25	285	139.999	753	0.355	29.412	2.153	1.284	0.596	-3.429
1.333	289	159.999	748	0.406	29.09	2.177	1.317	0.604	-3.556
15.583	302	189.999	748	0.482	28.607	2.214	1.399	0.632	-3.556
12	294	219.999	747	0.558	28.125	2.252	1.385	0.615	-3.582
15.5	299	249.999	743	0.634	27.643	2.291	1.434	0.625	-3.683
13	307	279.999	739	0.711	27.162	2.331	1.498	0.642	-3.785
13.25	307	309.999	736	0.787	26.682	2.373	1.525	0.642	-3.861
16.5	303	339.999	737	0.863	26.202	2.417	1.533	0.634	-3.836
11	310	369.999	732	0.939	25.723	2.462	1.597	0.648	-3.963
16.666	317	399.999	729	1.015	25.245	2.508	1.664	0.663	-4.039
11.416	321	429.999	729	1.092	24.768	2.557	1.718	0.671	-4.039
15.416	320	459.999	728	1.168	24.291	2.607	1.746	0.669	-4.064

DESCRIPCION: Arcilla limo-arenosa color gris oscura.

Sector II Barrio Soratama.

Perforación No. 3.

Profundidad: 1.60 m.

Prueba No. 3.

TABLA No. 10

el

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 I E I

CORTE DIRECTO

Diametro (ca)	6.35	HUMEDAD INICIAL	FINAL	
tura inic. (ca)	2	P1 (gr)	386	160.0
Volumen (ca3)	63.338	P2 (gr)	282.8	138.5
Carga normal (kg)	15.83	P3 (gr)	114.3	37.3
C. normal (kg/cm2)	0.499	w (%)	13.768	21.245
Mo de Suelo (gr.)	121.0			
ETAPA DE FALLA				

W unit. total 1.989 (gr/cm3)  
 W unit. seco 1.677 (gr/cm3)

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORR6	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\frac{v}{s}$	$\times 10^{-2}$ dV (cm)
0	0	0	978	0	31.669	0.499	0	0	0
1.35	28	0.799	977	2.0E-03	31.656	0.5	0.087	0.175	-0.026
3.1	40	1.299	977	3.0E-03	31.648	0.5	0.175	0.351	-0.026
4.166	55	2.699	977	6.0E-03	31.625	0.5	0.242	0.483	-0.026
6.116	80	11.999	977	0.83	31.475	0.502	0.353	0.703	-0.026
8.9	82	21.999	978	0.855	31.314	0.505	0.364	0.72	0
10.666	79	36.999	977	0.893	31.072	0.509	0.353	0.694	-0.026
1.65	79	56.999	977	0.144	30.749	0.514	0.357	0.694	-0.026
2.633	80	93.999	977	0.238	30.153	0.524	0.369	0.703	-0.026
27.5	82	129.999	977	0.33	29.573	0.535	0.385	0.72	-0.026
3.833	82	169.999	978	0.431	28.929	0.547	0.394	0.72	0
4.666	84	214.999	978	0.546	28.205	0.561	0.414	0.738	0
56.333	85	254.999	977	0.647	27.563	0.574	0.429	0.747	-0.026
65	84	295.999	978	0.751	26.906	0.588	0.434	0.738	0
7.883	83	339.999	977	0.863	26.202	0.604	0.44	0.729	-0.026
82.5	82	371.999	977	0.944	25.691	0.616	0.444	0.72	-0.026
89.833	83	404.999	976	1.028	25.165	0.629	0.459	0.729	-0.051

DESCRIPCION: Recebo arcillo arenoso de color habano amarillento con presencia de gravas finas.

Sector I Canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza.  
 Perforacion No. 4  
 Profundidad: 1.65 m.  
 Prueba No.1

82

TABLA No. 10 Cont.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

Diametro (cm)	6.35	HUMEDAD FINAL		
Altura inic. (cm)	2	P1 (gr)	164.9	W unit. total 1.886 (gr/cm3)
Volumen (cm3)	63.338	P2 (gr)	142.2	W unit. seco 1.538 (gr/cm3)
Carga normal (kg)	31.67	P3 (gr)	41.6	
Esf. normal (kg/cm2)	1	w (%)	22.564	

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORR6	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/\sigma$	$\times 10^2$ dV(cm)
0	0	0	663	0	31.669	1	0	0	0
1.5	20	1.999	663	5.0E-03	31.636	1.001	0.087	0.087	0
2.6	40	2.999	662	7.0E-03	31.62	1.001	0.176	0.175	-0.026
3.75	60	4.999	662	0.012	31.588	1.002	0.264	0.263	-0.026
5	80	11.999	653	0.03	31.475	1.006	0.353	0.351	-0.254
12.5	100	30.999	613	0.078	31.169	1.016	0.446	0.439	-1.27
22.833	120	57.999	572	0.147	30.733	1.03	0.543	0.527	-2.312
29.166	131	84.999	550	0.215	30.298	1.045	0.601	0.575	-2.871
32	138	99.999	532	0.253	30.056	1.053	0.639	0.606	-3.328
36	146	119.999	524	0.304	29.734	1.065	0.683	0.641	-3.531
40	156	139.999	521	0.355	29.412	1.076	0.738	0.685	-3.607
43.833	162	159.999	519	0.406	29.09	1.088	0.775	0.711	-3.658
49.416	166.5	179.999	519	0.457	28.768	1.1	0.805	0.731	-3.658
55.833	170	199.999	519	0.507	28.446	1.113	0.831	0.747	-3.658
62.666	171.2	219.999	519	0.558	28.125	1.126	0.847	0.752	-3.658
69	172.5	239.999	523	0.609	27.804	1.139	0.863	0.758	-3.556
75.166	174.4	259.999	523	0.66	27.483	1.152	0.883	0.766	-3.556
81.166	176	279.999	542	0.711	27.162	1.165	0.901	0.773	-3.074
87.5	177	299.999	552	0.761	26.842	1.179	0.917	0.777	-2.82
94.166	178	319.999	562	0.812	26.522	1.194	0.934	0.782	-2.566
100.333	177.5	339.999	562	0.863	26.202	1.208	0.942	0.78	-2.566
107.416	177.5	359.999	572	0.914	25.882	1.223	0.954	0.78	-2.312
114.166	178	379.999	583	0.965	25.563	1.238	0.969	0.782	-2.032
121.166	181.5	399.999	602	1.015	25.245	1.254	1	0.797	-1.55

DESCRIPCION: Recebo arcillo arenoso de color habano amarillento con presencia de gravas finas.

Sector I Canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza.  
 Perforacion No. 4  
 Profundidad: 1.65 m.  
 Prueba No.2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

Ø	Diametro (cm)	6.35	HUMEDAD FINAL		
■	Altura inic. (cm)	2	P1 (gr)	163.3	W unit. total 1.893 (gr/cm3)
■	Volumen (cm3)	63.338	P2 (gr)	141.3	W unit. seco 1.557 (gr/cm3)
■	Carga normal (kg)	63.34	P3 (gr)	39	
■	Esf. normal (kg/cm2)	2	w (%)	21.585	

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRGE	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/\sigma$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
0	0	0	850	0	31.669	2	0	0	0
0.7	30	0.499	850	1.0E-03	31.661	2	0.131	0.065	0
2.166	70	1.499	835	3.8E-03	31.645	2.001	0.307	0.153	-0.381
4.433	130	5.999	820	0.015	31.572	2.006	0.573	0.285	-0.762
7	170	14.999	805	0.038	31.427	2.015	0.752	0.373	-1.143
9.8	200	24.999	790	0.063	31.265	2.025	0.89	0.439	-1.524
16.5	244	49.999	745	0.126	30.862	2.052	1.1	0.536	-2.667
23	270	74.999	710	0.19	30.459	2.079	1.233	0.593	-3.556
29.5	295	99.999	700	0.253	30.056	2.107	1.366	0.648	-3.81
36.166	307	123.999	689	0.314	29.67	2.134	1.44	0.674	-4.09
41.5	316	149.999	682	0.38	29.251	2.165	1.503	0.694	-4.268
48	326	179.999	679	0.457	28.768	2.201	1.577	0.716	-4.344
56.5	326	209.999	679	0.533	28.286	2.239	1.604	0.716	-4.344
64	328	239.999	679	0.609	27.804	2.278	1.641	0.72	-4.344
72	328	269.999	679	0.685	27.322	2.318	1.67	0.72	-4.344
72.5	335	344.999	679	0.876	26.122	2.424	1.784	0.736	-4.344
101.333	335	379.999	675	0.965	25.563	2.477	1.823	0.736	-4.445
108	337	404.999	675	1.028	25.165	2.516	1.863	0.74	-4.445
113.166	339	424.999	675	1.079	24.847	2.549	1.898	0.744	-4.445
118.5	339	449.999	675	1.142	24.45	2.59	1.929	0.744	-4.445

DESCRIPCION: Recebo arcillo arenoso de color habano amarillento con presencia de gravas finas.

Sector I Canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza.  
 Perforacion No. 4  
 Profundidad: 1.65 m.  
 Prueba No.3

TABLA No. 11.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 I E I

CORTE DIRECTO

Diámetro (cm)	4.838	HUMEDAD INICIAL	
Altura inic. (cm)	3.36	P1 (gr)	111
Volumen (cm <sup>3</sup> )	61.767	P2 (gr)	110
Carga normal (kg)	11.7	P3 (gr)	10
Def. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.499	w (%)	1
Peso de roca (gr.)	1870		

W unit. total 3.027 (gr/cm<sup>3</sup>)  
 W unit. seco 2.997 (gr/cm<sup>3</sup>)

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRIG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\frac{z}{s}$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
	0	0	1204	0	23.406	0.499	0	0	0
	15	0	1205	0	23.406	0.499	0.084	0.169	0.025
2	35	0.399	1207	1.0E-03	23.401	0.499	0.198	0.396	0.076
6.666	46	1.299	1208	3.0E-03	23.39	0.5	0.26	0.521	0.101
5	43	7.999	1207	0.02	23.307	0.501	0.244	0.487	0.076
4.25	41	12.999	1207	0.033	23.246	0.503	0.233	0.464	0.076
7.5	38.5	32.999	1204	0.083	23	0.508	0.221	0.436	0
1	40	49.999	1201	0.126	22.791	0.513	0.232	0.453	-0.077
14.033	41	74.999	1198	0.19	22.484	0.52	0.241	0.464	-0.153
19.666	41	104.999	1196	0.266	22.115	0.529	0.245	0.464	-0.204
5.5	42	134.999	1193	0.342	21.747	0.537	0.256	0.475	-0.28
27	42	159.999	1186	0.406	21.44	0.545	0.259	0.475	-0.458
33	42	189.999	1185	0.482	21.071	0.555	0.264	0.475	-0.483
	42	239.999	1180	0.609	20.456	0.571	0.272	0.475	-0.61
	42	269.999	1176	0.685	20.088	0.582	0.277	0.475	-0.712
50	42	304.999	1172	0.774	19.658	0.595	0.283	0.475	-0.813
7.666	42	349.999	1168	0.898	19.105	0.612	0.291	0.475	-0.915
	43	381.999	1165	0.97	18.712	0.625	0.304	0.487	-0.991
63.5	43	399.999	1164	1.015	18.49	0.632	0.308	0.487	-1.016

DESCRIPCION: Arenisca de grano fino color habano amarillenta.

Sector II Barrio Soratama.

Muestra superficial

Prueba No. 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

Ø				
Diametro (cm)	4.838	HUMEDAD		
Altura inic. (cm)	3.36	P1 (gr)	111	W unit. total 3.827 (gr/cm3)
Volumen (cm3)	61.767	P2 (gr)	110	W unit. seco 2.997 (gr/cm3)
Carga normal (kg)	23.41	P3 (gr)	10	
Esf. normal (kg/cm2)	1	w (%)	1	

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRIG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/g$	$\times 10^{-2}$ dV (cm)
0	0	0	1178	0	23.406	1	0	0	0
1.166	30	0	1178	0	23.406	1	0.169	0.169	0
2.333	60	0.499	1182	1.0E-03	23.4	1	0.339	0.339	0.101
3.5	72	2.999	1185	7.0E-03	23.369	1.001	0.408	0.407	0.177
4.583	75	7.999	1185	0.02	23.307	1.004	0.426	0.424	0.177
7	78	19.999	1183	0.05	23.16	1.01	0.446	0.441	0.126
9	79	34.999	1182	0.088	22.976	1.018	0.455	0.447	0.101
13.5	83	59.999	1178	0.152	22.668	1.032	0.485	0.47	0
21.75	84	104.999	1175	0.266	22.115	1.058	0.503	0.475	-0.077
24	83	124.999	1170	0.317	21.87	1.07	0.503	0.47	-0.204
31	84	164.999	1168	0.419	21.378	1.095	0.52	0.475	-0.254
37	86	204.999	1164	0.52	20.807	1.12	0.545	0.487	-0.356
40	86	224.999	1159	0.571	20.641	1.134	0.552	0.487	-0.483
43.666	87	249.999	1158	0.634	20.334	1.151	0.567	0.492	-0.508
47	85.5	279.999	1157	0.711	19.965	1.172	0.574	0.489	-0.534
50	85	299.999	1158	0.761	19.719	1.187	0.571	0.481	-0.508
54.333	86	329.999	1158	0.838	19.351	1.209	0.589	0.487	-0.508
0.75	85	359.999	1156	0.914	18.982	1.233	0.593	0.481	-0.559
61	84	389.999	1154	0.99	18.613	1.257	0.598	0.475	-0.61
65.333	85	419.999	1151	1.066	18.245	1.283	0.617	0.481	-0.686

DESCRIPCION: Arenisca de grano fino color habano amarillenta.

Sector II Barrio Soratama.  
Muestra superficial.  
Prueba No. 2.

TABLA No. 11 Cont.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

IEI

CORTE DIRECTO

Diámetro (cm)	4.838	HUMEDAD		
Altura inic. (cm)	3.36	P1 (gr)	111	W unit. total 3.827 (gr/cm <sup>3</sup> )
Volumen (cm <sup>3</sup> )	61.767	P2 (gr)	118	W unit. seco 2.997 (gr/cm <sup>3</sup> )
Carga normal (kg)	46.82	P3 (gr)	18	
Esf. normal (kg/cm <sup>2</sup> )	2	w (%)	1	

ETAPA DE FALLA

TIEMPO	ANILLO CARGA	DES HORIZ E-3in	DES VERT E-4in	DES. HORIZ (cm)	AREA CORRG	ESF NORMAL	ESF CORTANTE	$\tau/g$	$\times 10^{-2}$ dV(cm)
	0	0	1147	0	23.406	2	0	0	0
	30	0.099	1147	0	23.405	2	0.169	0.084	0
3.25	100	0.599	1147	1.0E-03	23.398	2	0.566	0.283	0
3.33	140	11.999	1148	0.03	23.258	2.013	0.798	0.396	0.025
6.66	148	26.999	1147	0.068	23.074	2.029	0.85	0.419	0
13.33	152	45.999	1143	0.116	22.84	2.049	0.882	0.43	-0.102
20.75	152	79.999	1138	0.203	22.423	2.088	0.898	0.43	-0.229
33.66	154	119.999	1137	0.304	21.931	2.134	0.93	0.436	-0.254
38.75	159	149.999	1135	0.38	21.562	2.171	0.977	0.45	-0.305
49.75	156	179.999	1130	0.457	21.194	2.209	0.975	0.441	-0.432
59.33	161	217.999	1128	0.553	20.727	2.258	1.029	0.455	-0.483
56.25	158	259.999	1126	0.66	20.211	2.316	1.056	0.455	-0.534
64.416	158	291.999	1119	0.741	19.817	2.362	1.057	0.447	-0.712
72.75	158	339.999	1117	0.863	19.228	2.434	1.089	0.447	-0.762
83.33	156	370.999	1114	0.942	18.847	2.484	1.097	0.441	-0.839
	158	399.999	1108	1.015	18.49	2.532	1.132	0.447	-0.991
	157	424.999	1107	1.079	18.13	2.574	1.144	0.444	-1.016



DESCRIPCION: Arenisca de grano fino color habano amarillenta.

Sector II Barrio Soratama.

Muestra superficial.

Prueba No. 3.



Muestra No. 3. C.D. ( consolidado drenado: 4 horas en la etapa de falla y 1 hora en la consolidación ).

Muestra No. 4 : C.U. ( consolidado no drenado 1 hora 30 minutos en la etapa de falla y 8 horas en la de consolidación ).

Muestra No. 5 : Roca tiempo de falla 1 hora 05 minutos. Este ensayo se realizó para condiciones inundadas.

Los esfuerzos normales utilizados fueron de 0.5, 1.0 y 1.5 Kgf/cm<sup>2</sup> que teniendo en cuenta el área de la muestra representan cargas de 16.0, 32.0 y 63.5 Kgf, aproximadamente.

Los resultados de los ensayos de corte se muestran en las anteriores tablas a partir de las cuales se levantaron las figuras 5, 6, 7, 8 y 9 en donde se enseñan los parámetros de cohesión y fricción interna corres-

FIGURA No. 5  
Curva 7-G Perforación No. 1

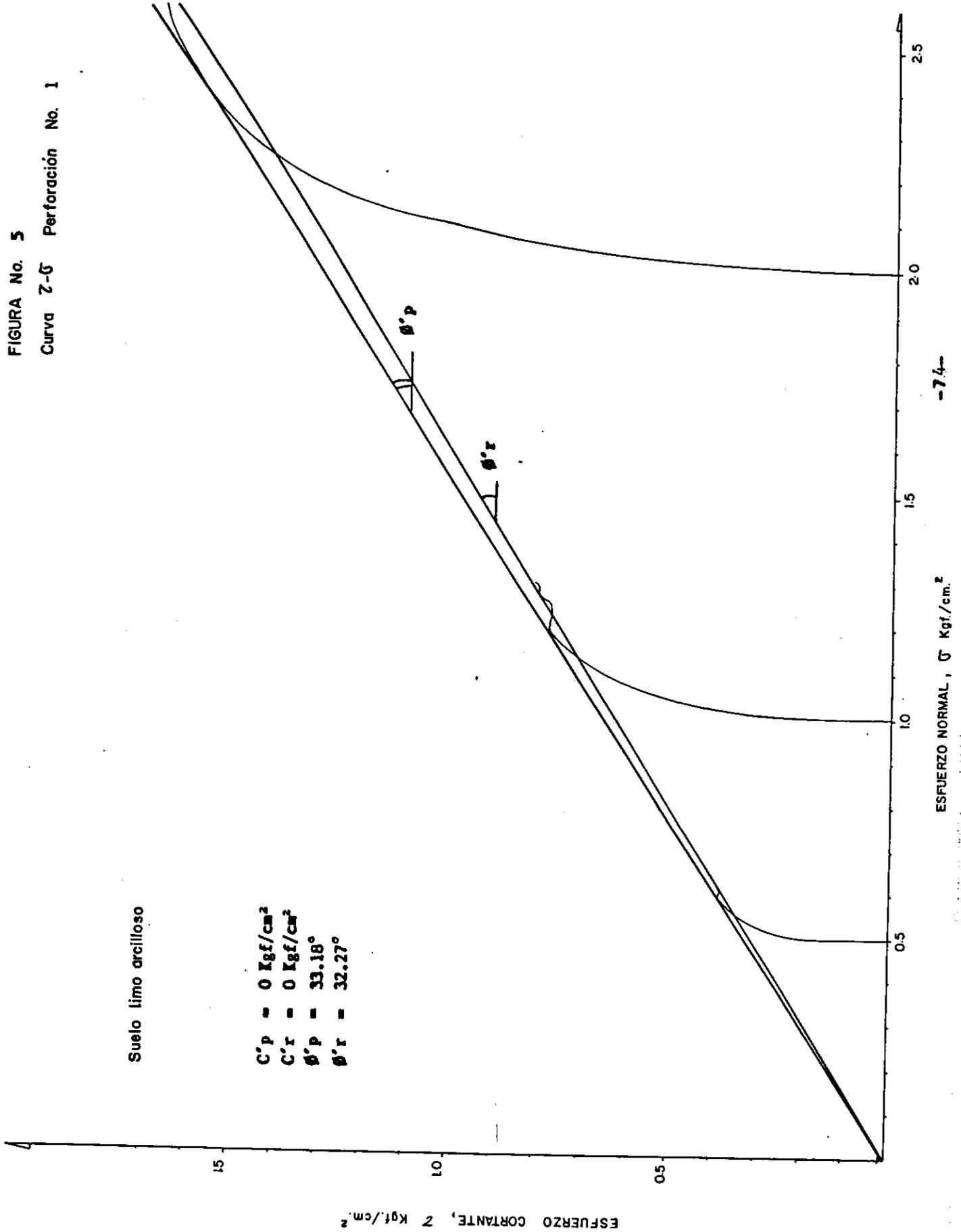


FIGURA No. 6  
 Curva Z-σ Perforación No. 2

Suelo : arena fina algo limoso

$C'p = 0 \text{ Kgf/cm}^2$   
 $C'r = 0 \text{ Kgf/cm}^2$   
 $\phi'p = 32.57^\circ$   
 $\phi'r = 29.56^\circ$

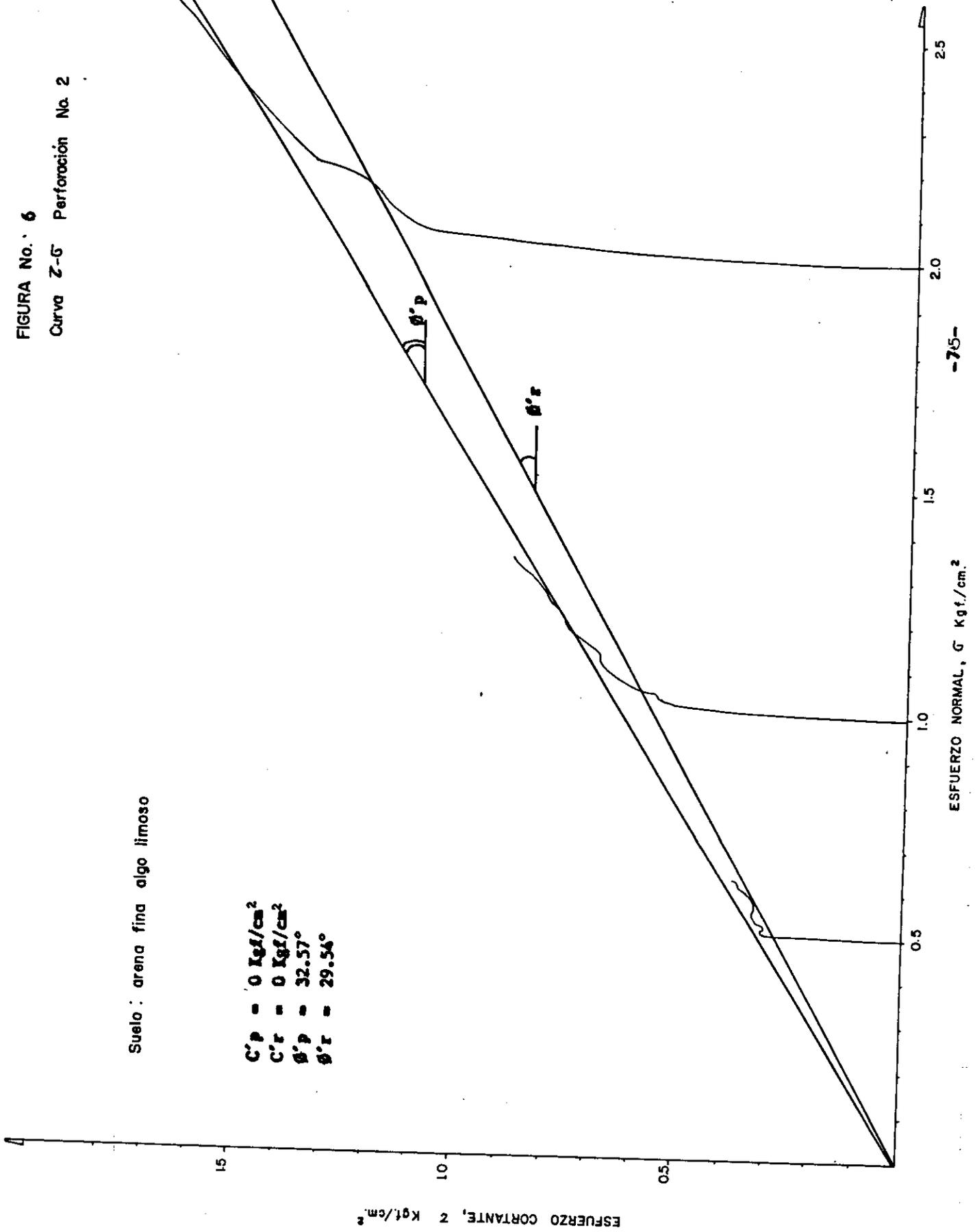


FIGURA No. 7  
 Curva  $\sigma$ - $\tau$  Perforación No. 3

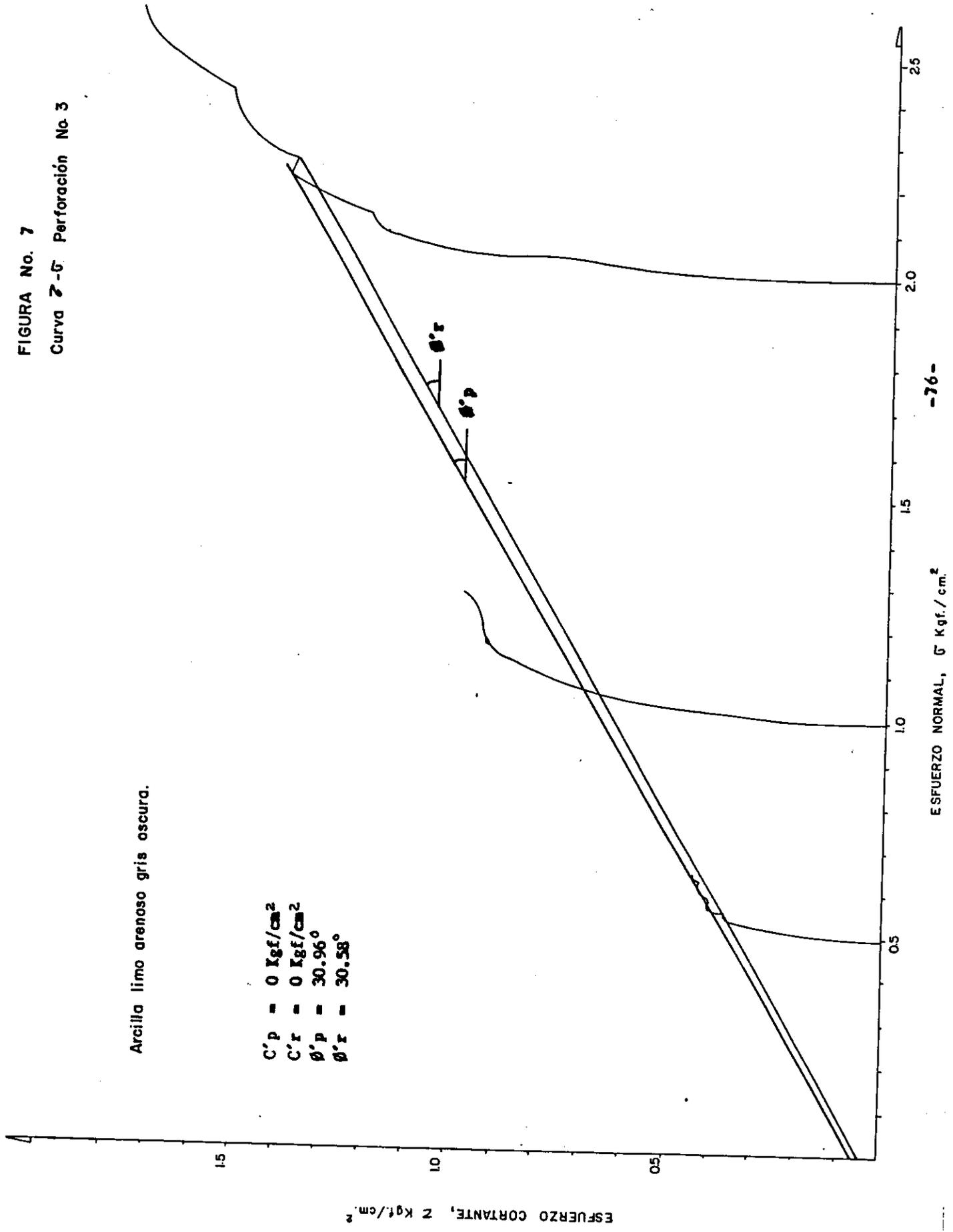
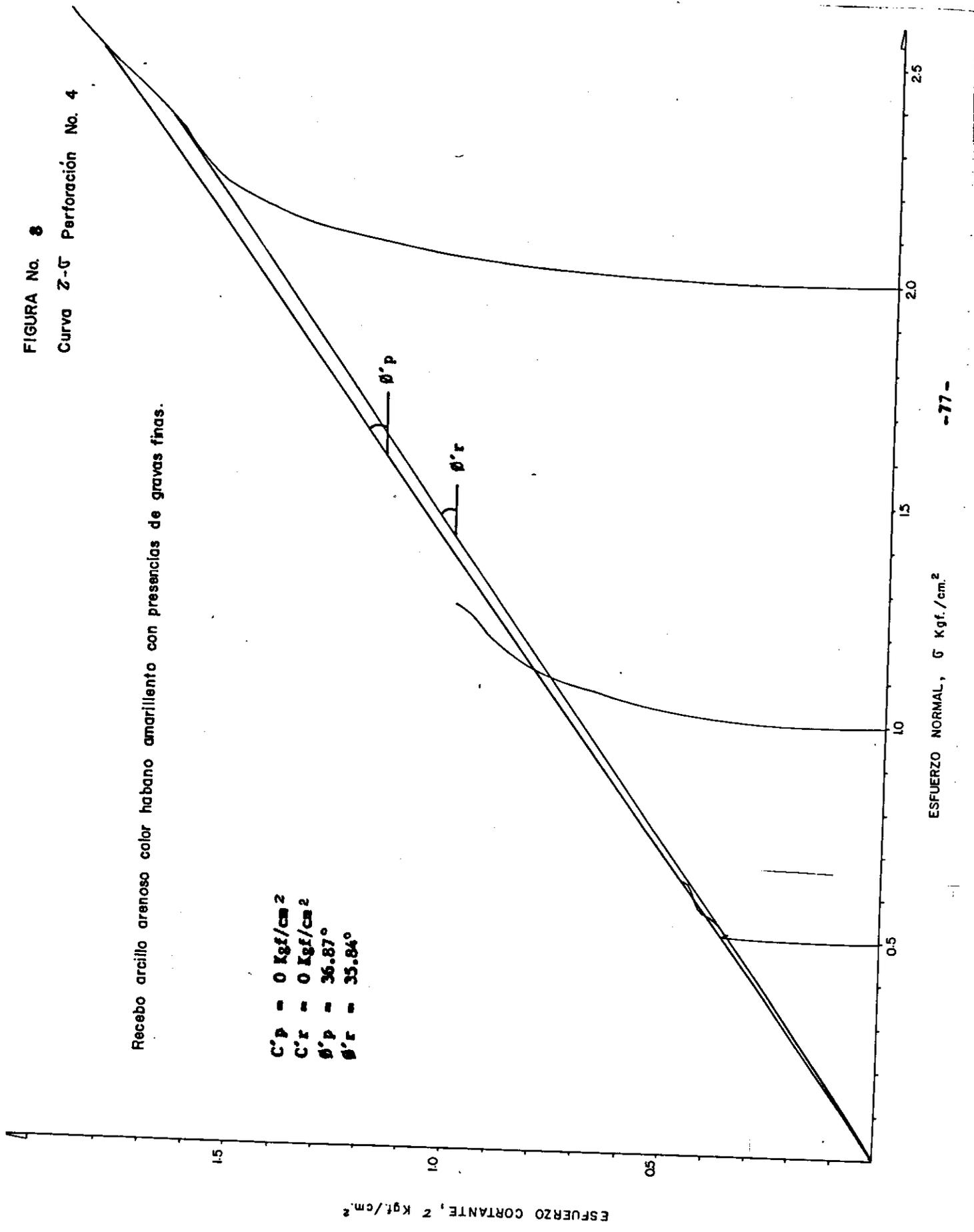


FIGURA No. 8  
Curva  $\tau$ - $\sigma$  Perforación No. 4

Recebo arcillo arenoso color habano amarillento con presencias de gravas finas.

- $C'p = 0 \text{ Kgf/cm}^2$
- $C'r = 0 \text{ Kgf/cm}^2$
- $\theta'p = 36.87^\circ$
- $\theta'r = 35.84^\circ$



ESFUERZO NORMAL,  $\sigma$  Kgf./cm.<sup>2</sup>

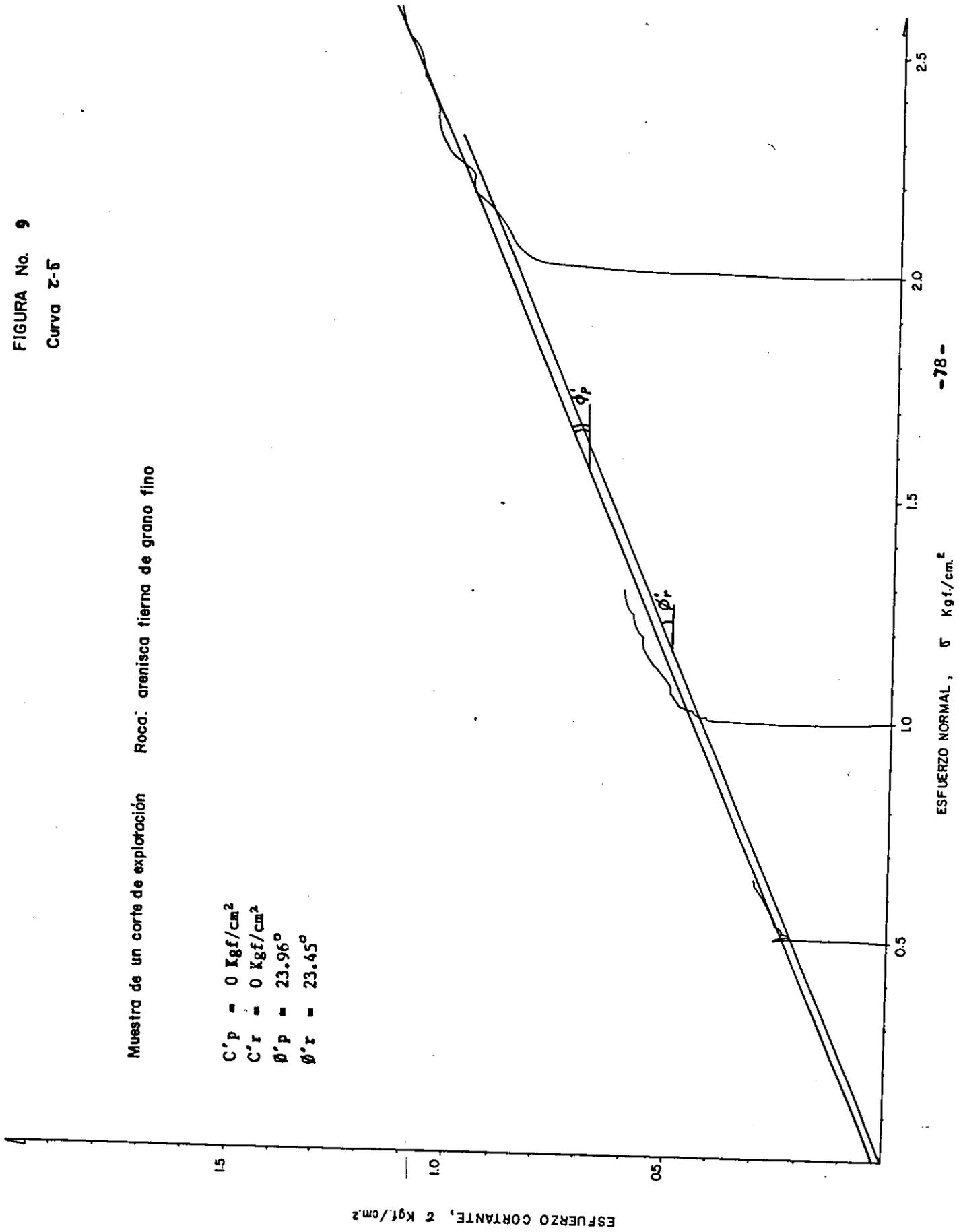
ESFUERZO CORTANTE,  $\tau$  Kgf./cm.<sup>2</sup>

FIGURA No. 9

Curva z-5

Muestra de un corte de explotación Roca: arenisca tierna de grano fino

$C'p = 0 \text{ Kg/cm}^2$   
 $C'r = 0 \text{ Kg/cm}^2$   
 $\phi'p = 23.96^\circ$   
 $\phi'r = 23.45^\circ$





pondientes.

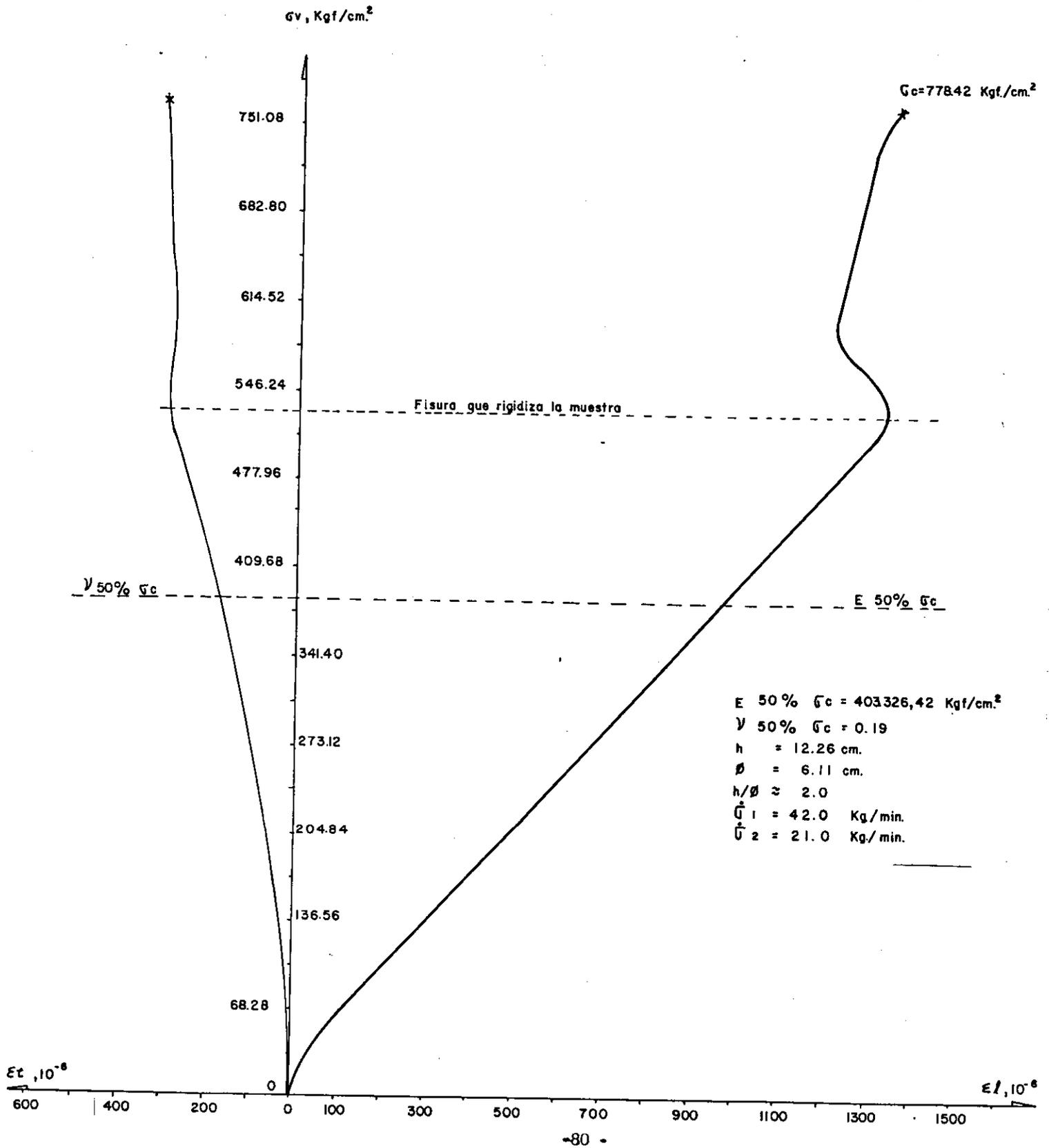
En resumen los resultados muestran el carácter frágil de los materiales arenosos o arenos limosos, y el carácter dúctil de aquellos en los cuales se presenta arcilla.

Los planos de falla, escarpes, detectados en el terreno, se encontraron sobre materiales en donde era notoria la presencia de arcilla ( suelos arcillo limosos y limo arcillosos ).

#### 6.6.4. RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA Y A LA TRACCION INDIRECTA.

Esta prueba se realizó en una muestra de roca, arenisca, tomada del corte cercano al sitio de la perforación 2. con sus resultados se levantó la figura 10 en donde se muestran las características geomecánicas deducidas.

FIGURA No. 10



Ensayo a la compresión simple.

Arenisca habana amarillenta de grano fino sitio aledaño a la perforación No. 2



#### 6.7. ANALISIS CINEMATICO DE ESTABILIDAD.

Durante las visitas de campo se pudo constatar que los movimientos de los bloques, en el sector II, y la masa en el sector I, presentan un claro control estructural, debido a lo cual se realizaron los respectivos levantamientos detallados de diaclasas, estratificación y cortes ( sector II ) y diaclasas y estratificación así como grietas en el sector I. El objeto de estos levantamientos fue el de evaluar la influencia de las mismas en la estabilidad del talud tanto natural como artificial.

La representación estereográfica de los diagramas de polos, y los círculos principales se muestran en las figuras 11 y 11A para el sector I ( Canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza ) y en las figuras 12 y 12A para el Sector II ( Barrio Soratama ).

#### 6.8. PRINCIPALES TIPOS DE INESTABILIDAD.

Dependen principalmente de la combinación compleja

Diaclasas     ○  
Estratificación     △

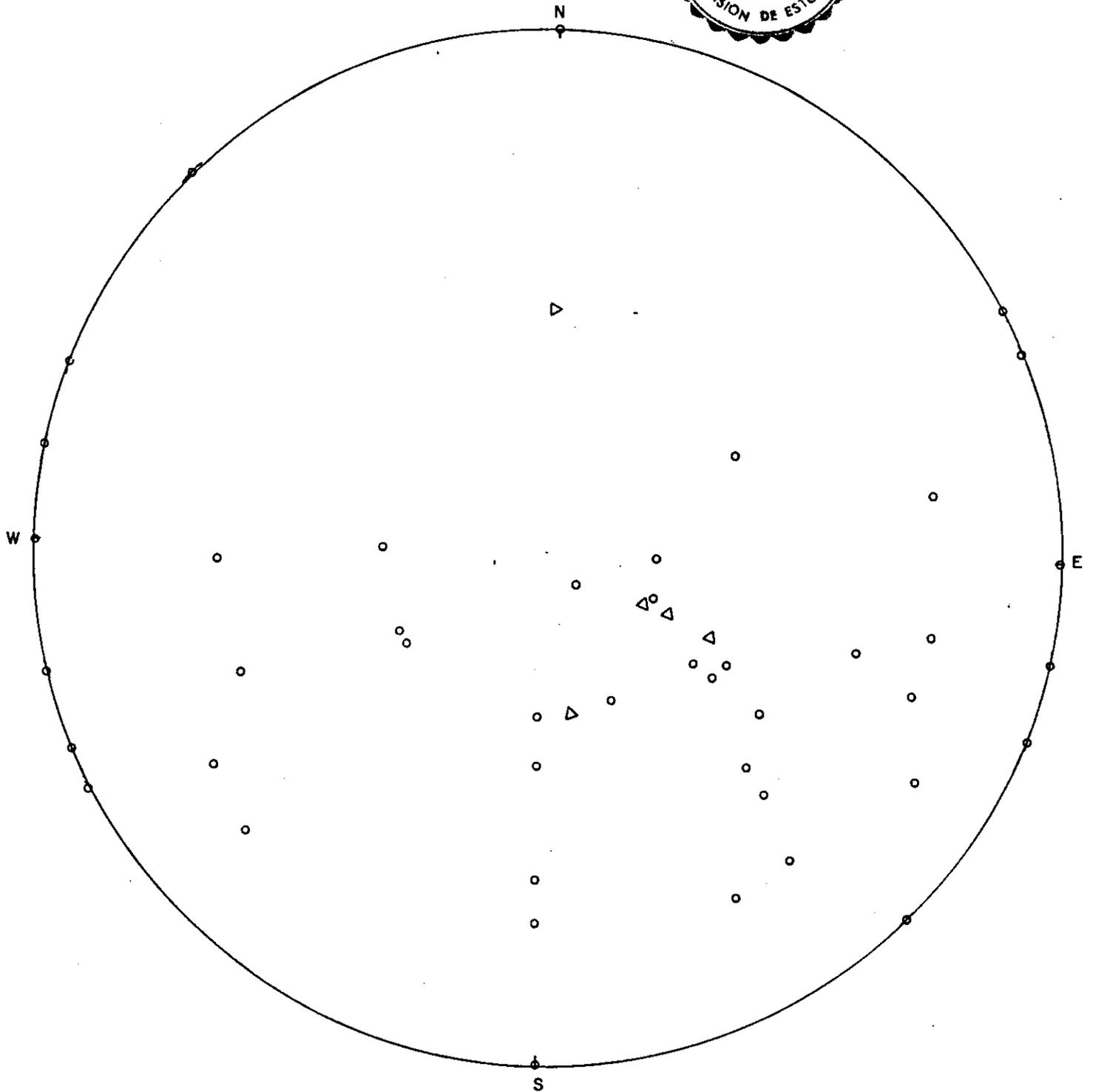
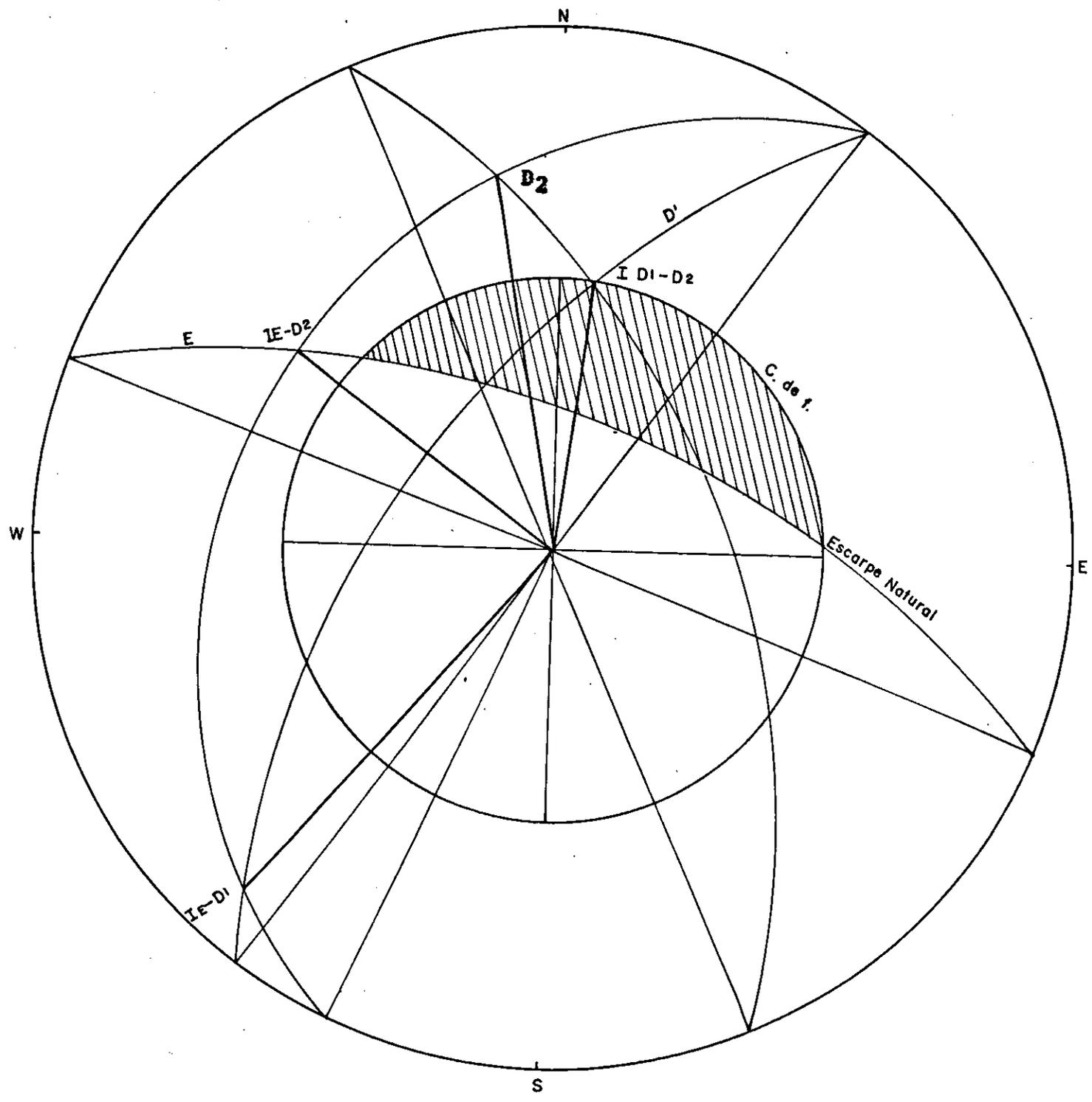


Diagrama de polos.



Deslizamiento en la dirección de  $I D_1 - D_2 = N-S / 38^\circ$

Diaclasas     ○  
Estratificación     △

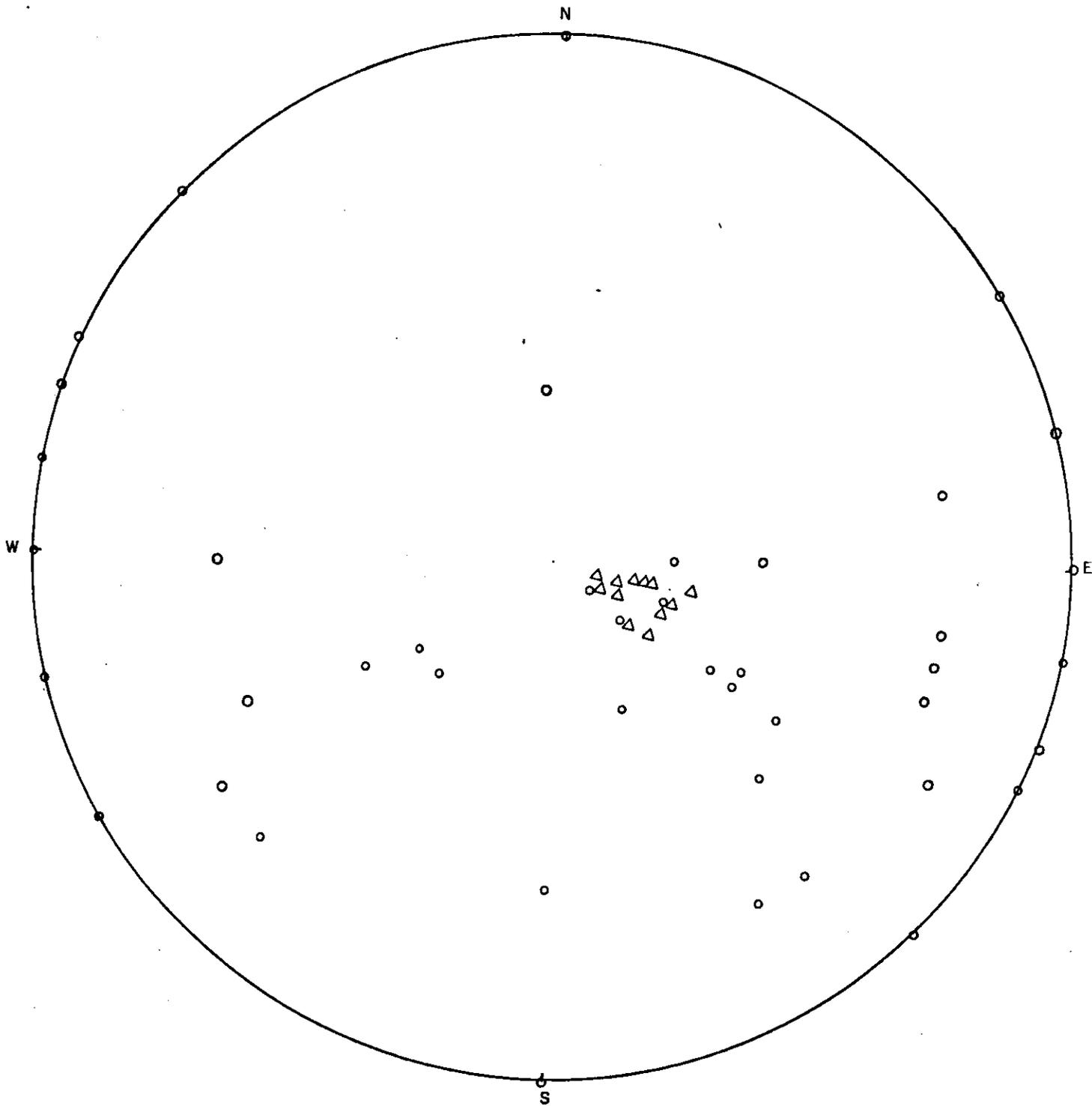
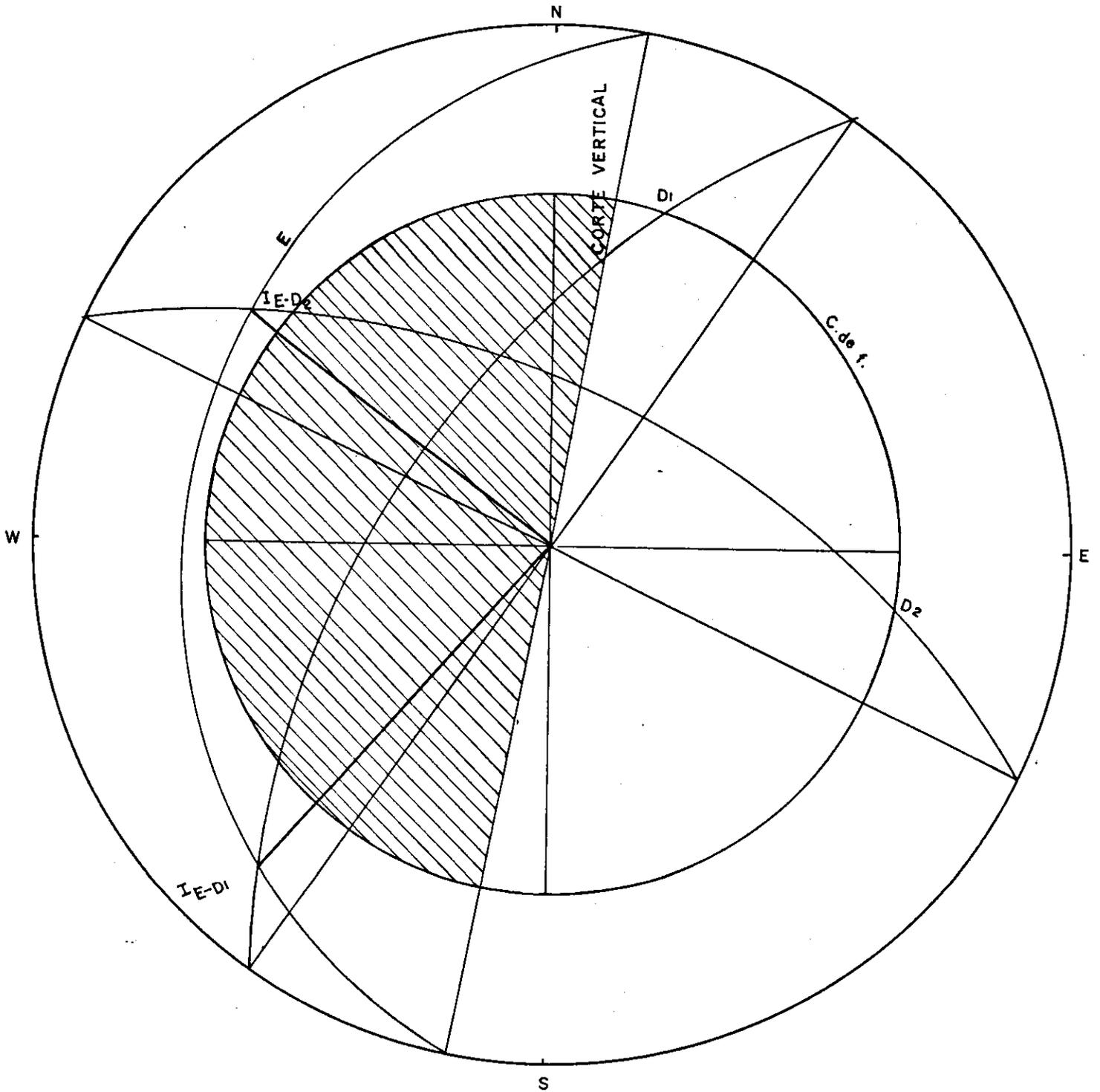


Diagrama de polos.



No se presentan deslizamientos de bloques solo caída por gravedad.

I E - D<sub>1</sub> : N 65 W / 18°

I E - D<sub>2</sub> : N 35 E / 10°



de factores tales como el tipo de material que interviene, las estructuras geológicas predominantes, el clima, la actividad geomorfológica predominante y el nivel de perturbaciones que se producen en la ladera debido a las excavaciones.

las causas de los movimientos en masa son:

6.8.1. REALES :

Llevar la masa al borde de la falla.

- Litología.
- Meteorización.
- Estructuras.
- Agua subterránea.

6.8.2. DETONANTES :

Ponen la masa en movimiento.

- Naturales
  - . Alta precipitación.



- . Sismos.
- . Erosión.
- . Socavación.
  
- Cargas
  - . Sobrecarga.
  - . Cortes.
  
- Drenajes
  - . Drenaje impedido.
  - . Descarga de agua dentro del talud.
  
- Vegetación
  - . Deforestación.
  - . Cultivo.

### 6.8.3. CONTRIBUYENTES:

Aceleran o frenan el movimiento tienen la misma clasificación que los detonantes.



## 7.0. ANALISIS HIDROLOGICO.

Puesto que la Sabana de Bogotá se caracteriza por la presencia de microclimas que originan variaciones tanto en la temperatura como en la precipitación ( Ortom, 1.983 ), a fin de determinar la influencia de la hidrología local en la tasa de movimiento de las masas potencialmente inestables, se utilizaron los datos suministrados por la C.A.R. y la E.A.A.B. correspondientes a las estaciones más cercanas al lugar de estudio.

- Estación 4 - 8042      Torca - Usaquén.
- Estación 4 - 8033      Usaquén.

Sus registros de precipitaciones se presentan a continuación Tabla 12 , en donde:

- $\bar{P}_A$  : Precipitación media anual.
- $\bar{P}_{AM}$  : Precipitación media multianual.
- $\bar{P}_{MA}^i$  : Precipitación media mensual multianual.

TABLA No. 12. A  
 ESTACION PLUVIOMETRICA USAQUEN  
 REGISTRO DE LUVIAS 1975 - 1989

AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL - P.A.
1975	18.9	74.8	170.0	93.6	108.2	25.3	49.6	65.8	62.0	95.7	122.8	130.9	753.9
1976	0.0	15.2	70.8	135.6	75.0	54.5	35.9	14.4	125.5	314.3	95.9	64.4	1179.2
1977	17.0	65.0	91.0	113.1	93.1	30.4	3.9	24.9	26.9	13.3	124.0	184.0	699.6
1978	3.0	4.0	99.0	247.0	101.0	69.0	57.0	49.0	65.0	97.0	87.0	62.0	901.0
1979	64.0	413.0	98.0	330.0	220.0	386.0	156.0	174.0	163.0	378.0	437.0	75.0	1972.0
1980	30.0	110.0	103.0	250.0	224.0	79.0	147.0	103.0	71.0	128.0	289.0	70.0	1604.0
1981	75.0	92.0	195.0	294.0	48.0	20.0	52.0	39.0	37.0	150.0	110.0	312.0	1424.0
1982	50.0	178.0	190.0	299.0	77.0	39.0	55.0	30.1	23.0	80.0	8.0	75.0	1104.1
1983	160.0	72.0	82.0	88.0	30.0	93.0	20.0	75.0	52.0	60.0	120.0	45.0	897.0
1984	91.0	100.0	67.0	75.0	65.0	45.0	67.0	62.0	120.0	241.0	127.0	53.0	1113.0
1985	114.0	118.0	54.0	130.0	88.0	90.0	32.0	44.0	32.0	144.0	165.0	26.0	1037.0
1986	25.0	60.0	91.0	100.0	154.0	14.0	81.0	51.0	41.0	260.0	130.0	27.0	1034.0
1987	115.0	98.0	51.0	59.0	74.0	51.0	30.0	85.0	89.0	188.0	190.0	111.0	1141.0
1988	30.0	124.1	238.0	129.0	82.0	76.0	-	-	-	-	-	-	-
1989	792.9	1524.1	1599.8	2484.3	1601.3	1216.2	872.4	1091.2	1056.4	2245.3	2076.7	1428.3	17309.8
TOTAL	792.9	1524.1	1599.8	2484.3	1601.3	1216.2	872.4	1091.2	1056.4	2245.3	2076.7	1428.3	17309.8
$\bar{P}_M$	56.6	108.9	114.3	165.6	106.7	81.1	62.3	77.9	75.4	160.4	148.3	102.0	-
$\bar{P}_{MA}$	56.6	165.5	279.8	445.4	552.1	633.2	695.5	773.4	848.8	1009.2	1157.5	1259.5	-
$\bar{C}_P$	0.54	1.15	1.09	1.63	1.02	0.80	0.59	0.74	0.74	1.53	1.46	0.97	-
$\bar{P}_{AM}$	-	1236.4 mm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TOMADO DE E.A.A.B.

TABLA 12 B.  
 ESTACION PLUVIOMETRICA TORCA - USAQUEN  
 REGISTRO DE LLUVIAS 1960 - 1989

AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL - P <sup>á</sup>
1960	Inst.												
1961	92.6	21.1	19.7	119.5	77.5	33.1	44.3	41.1	42.0	161.4	45.5	75.7	659.8
1962	133.6	15.0	146.0	109.3	24.3	94.2	53.3	37.8	34.4	170.4	119.6	26.6	929.6
1963	70.9	41.0	109.2	63.8	118.8	54.5	50.7	99.1	52.9	107.8	215.1	86.6	1107.1
1964	6.5	20.3	112.8	188.4	176.8	51.4	32.8	29.3	10.6	15.3	31.6	21.1	773.0
1965	32.5	68.0	8.6	230.5	128.5	123.0	70.0	35.5	42.0	114.0	131.0	84.5	994.4
1966	7.5	53.0	34.5	296.0	164.5	63.0	84.0	50.5	14.5	168.5	135.0	87.5	1198.5
1967	45.6	40.5	130.0	31.0	102.5	114.0	59.5	104.5	61.0	185.0	335.0	176.0	1359.0
1968	18.5	37.0	100.5	176.0	147.5	158.8	142.0	63.5	53.0	121.5	237.5	70.5	1356.9
1969	98.5	29.0	91.5	246.0	47.6	143.0	93.0	12.0	151.5	78.3	200.5	52.0	1170.9
1970	34.0	177.0	14.0	362.0	155.5	92.0	40.5	91.0	207.5	246.1	176.5	88.0	1600.6
1971	83.5	103.5	37.0	68.0	150.0	87.0	83.0	57.5	182.0	296.0	241.0	70.0	1482.5
1972	174.5	114.5	189.5	265.0	199.5	93.0	91.5	104.5	107.5	238.0	181.5	55.6	1712.6
1973	90.5	0.5	191.5	330.5	168.0	154.0	114.0	61.0	43.5	146.0	213.0	43.0	1753.5
1974	91.2	148.0	134.5	128.0	139.5	87.0	103.0	101.5	210.5	135.5	176.0	280.5	1587.0
1975	7.5	195.0	155.0	147.5	220.0	51.0	69.0	65.5	148.5	167.5	229.5	50.0	1542.7
1976	52.5	130.5	115.5	190.0	166.5	128.0	102.5	110.5	196.5	169.0	185.0	197.0	1763.0
1977	23.5	56.0	199.0	321.2	206.5	108.5	88.5	33.5	131.0	349.0	218.5	54.5	1893.2
1978	11.0	41.0	145.5	185.5	151.5	113.5	103.5	91.5	162.0	97.0	362.0	93.5	1585.0
1979	152.0	257.5	199.0	210.0	221.0	170.0	51.5	67.5	178.0	174.0	90.0	59.5	1472.5
1980	59.0	256.0	184.5	263.5	197.5	309.5	85.0	199.5	143.0	442.0	339.0	178.5	2751.5
1981	21.0	79.5	69.0	157.5	82.0	223.0	16.0	160.5	110.5	113.5	110.5	196.5	1554.0
			57.0	243.0	377.5	118.5	67.0	136.0	140.0	179.5	275.0	127.0	1821.0

TABLA 12 B. Cont.  
 ESTACION PLUVIOMETRICA TORCA - USAQUEN  
 REGISTRO DE LLUVIAS 1960 - 1989

AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL - P <sub>a</sub>
1982	99.00	59.0	129.0	227.1	29.0	35.0	48.0	29.0	37.0	69.0	58.0	45.0	864.1
1983	40.0	68.0	125.0	158.0	66.0	70.0	92.0	83.0	37.0	90.0	39.0	102.0	970.0
1984	83.0	84.0	38.0	46.0	94.0	69.0	64.0	79.0	77.0	87.0	98.0	44.0	863.0
1985	43.0	9.0	27.0	50.0	104.0	54.0	84.0	50.0	134.0	113.0	56.0	83.0	807.0
1986	114.0	118.0	54.0	110.0	88.0	90.0	32.0	44.0	32.0	144.0	161.0	26.0	1013.0
1987	24.0	157.0	168.0	106.0	184.0	132.0	74.0	82.0	56.0	87.0	198.0	84.0	1352.0
1988	36.2	59.2	83.7	263.5	34.4	97.3	102.7	72.0	117.1	210.0	188.6	76.1	1340.8
1989	28.4	41.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	1774.0	2480	3067.8	5292.8	4022.4	3117.3	2141.3	2192.3	5104.8	4675.3	5046.9	2625.2	39278.2
$\bar{P}_1$	61.2	85.5	105.8	182.5	138.7	107.5	73.8	75.6	176.0	161.2	174.0	90.5	1354.4
$\bar{P}_{MA}$	61.2	146.7	252.5	435.0	573.7	681.2	755.0	830.6	1006.6	1167.8	1341.8	1432.3	-
$\bar{C}_p$	0.53	0.82	0.92	1.64	1.20	0.96	0.64	0.66	1.58	1.40	1.56	0.79	-
$\bar{P}_{AM}$	= 1354.4 mm.												

TOMADO DE C.A.R.



$\bar{P}_{MA}^i$  : Precipitación media mensual multianual acumulada

$C_p$  : Coeficiente pluviométrico.

Si  $C_p > 1$  : Período lluvioso.

$C_p < 1$  : Período seco.

$i$  : Mes.

$$\bar{P}_{MA}^i = \frac{\sum P_i}{\text{No. de registros}}$$

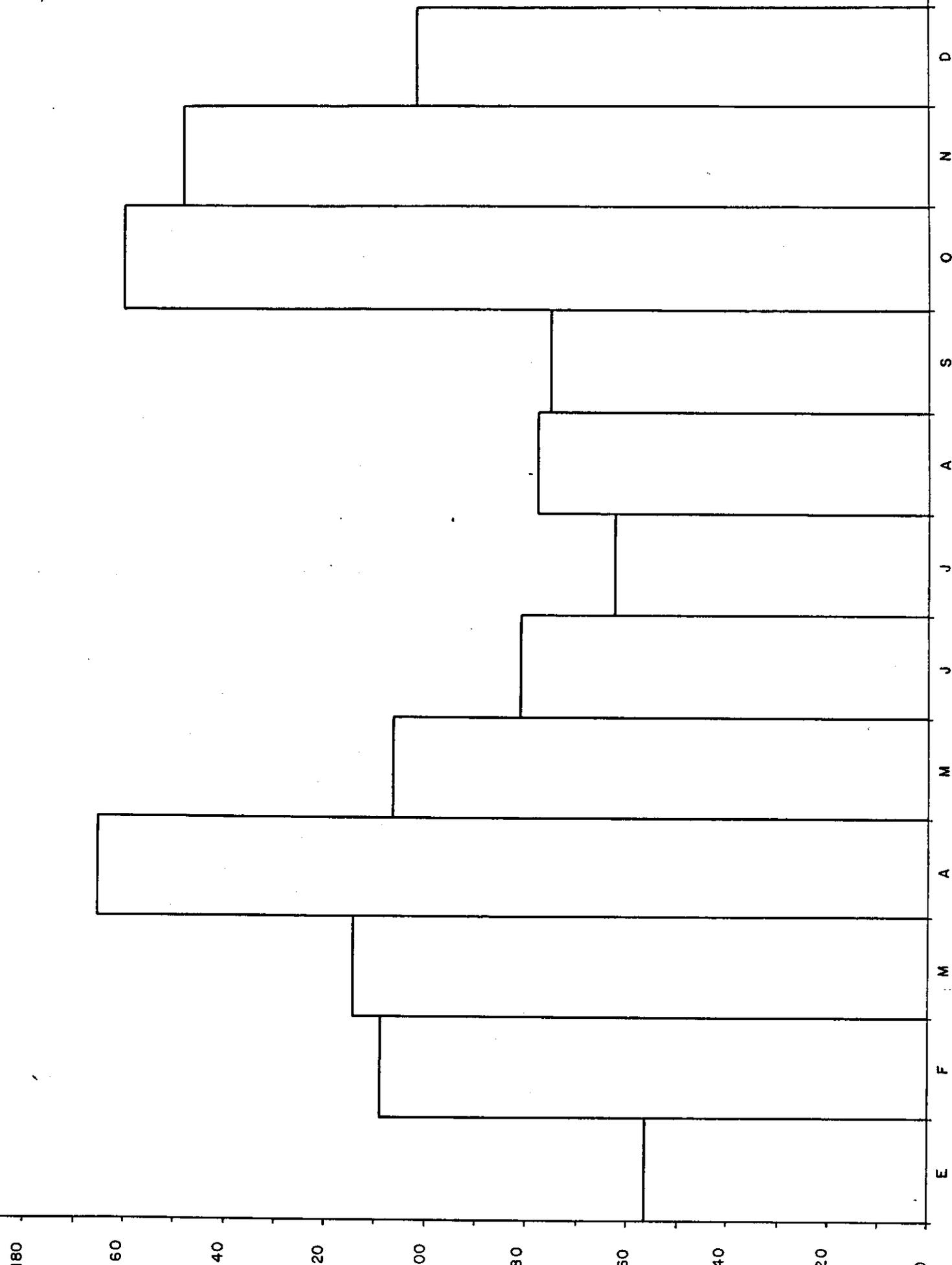
$$\bar{P}_{AM} = \frac{\sum \bar{P}_A}{\text{No. de registros}}$$

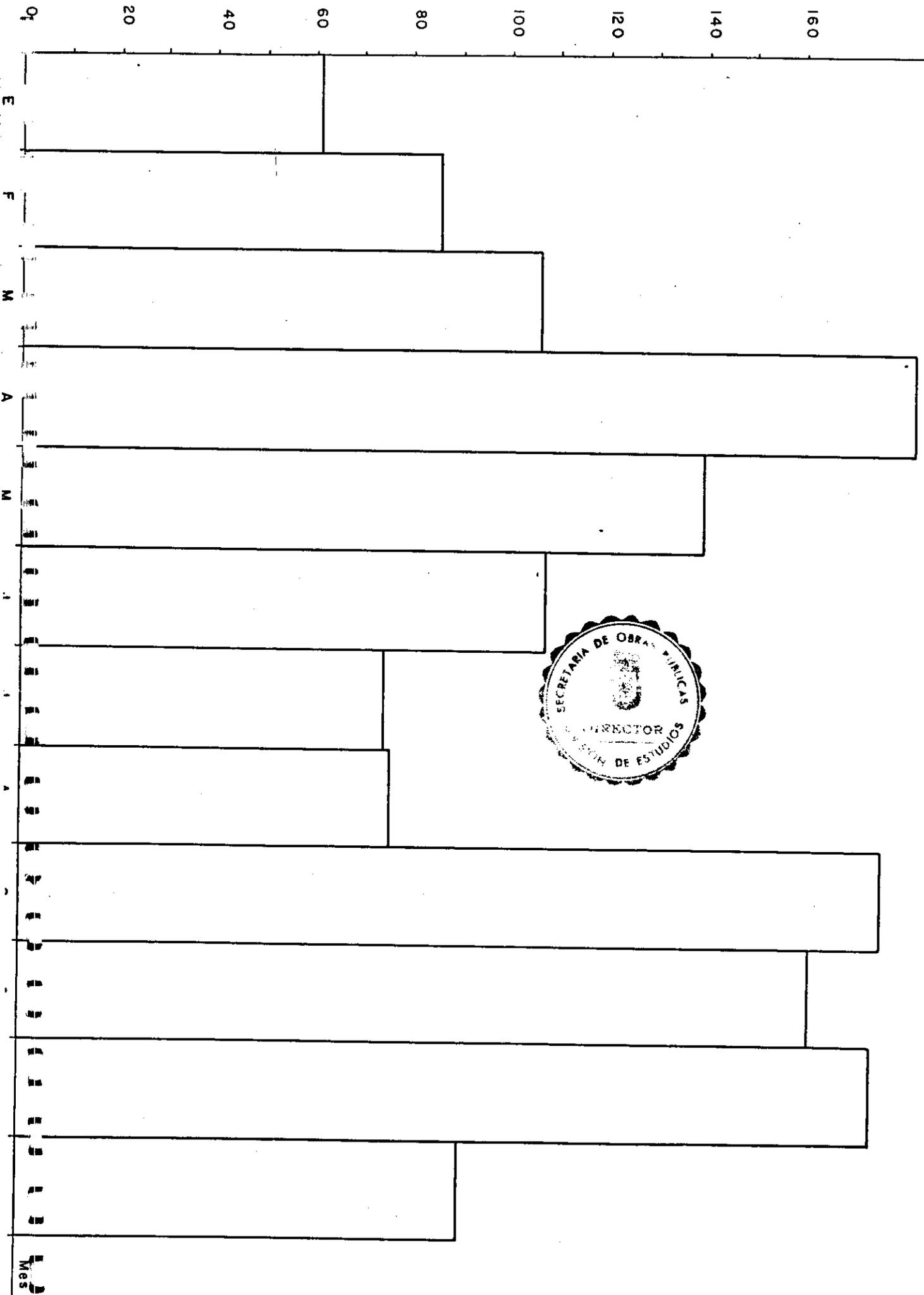
$$C_p^i = \frac{\bar{P}_{MA}^i / \text{No. días del mes}}{\bar{P}_{AM} / 365}$$

Igualmente se enseñan los histogramas figuras 13 y 13A y los correspondientes coeficientes pluviométricos, figuras 14 y 14A.

De las gráficas de los coeficientes pluviométricos se

Figura 13  
Precipitación Mensual, Militar, Medellín  
Estación USAQUEN (1.975 - 1.989)





**Figura 13A** Precipitación Mensual Multianual Media  
Estación TORCA - USAQUEN (1.960 - 1.989)

Figura 14 Coeficiente Pluviométrico  
Estación USAQUEN (1.975 - 1.989)

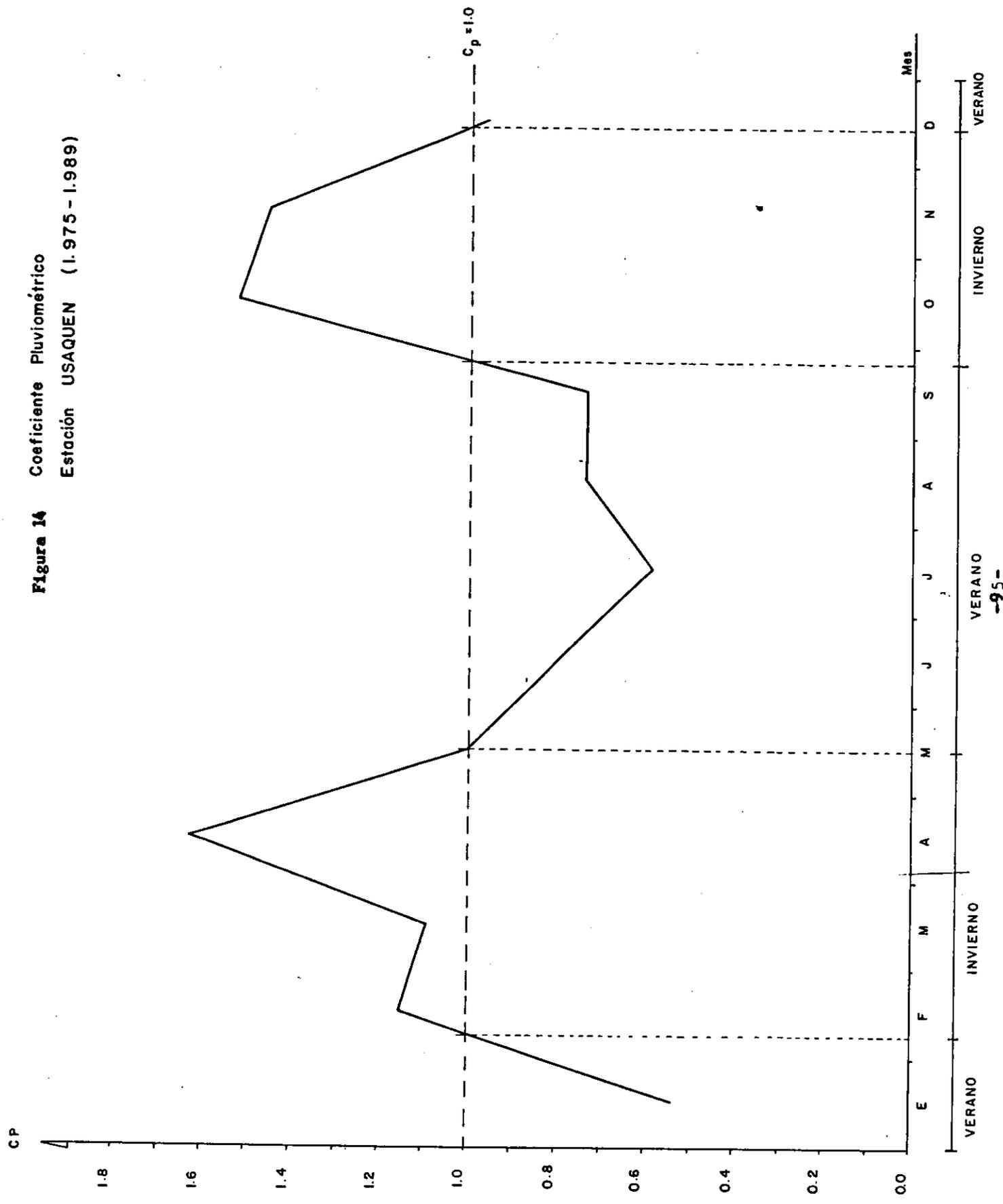
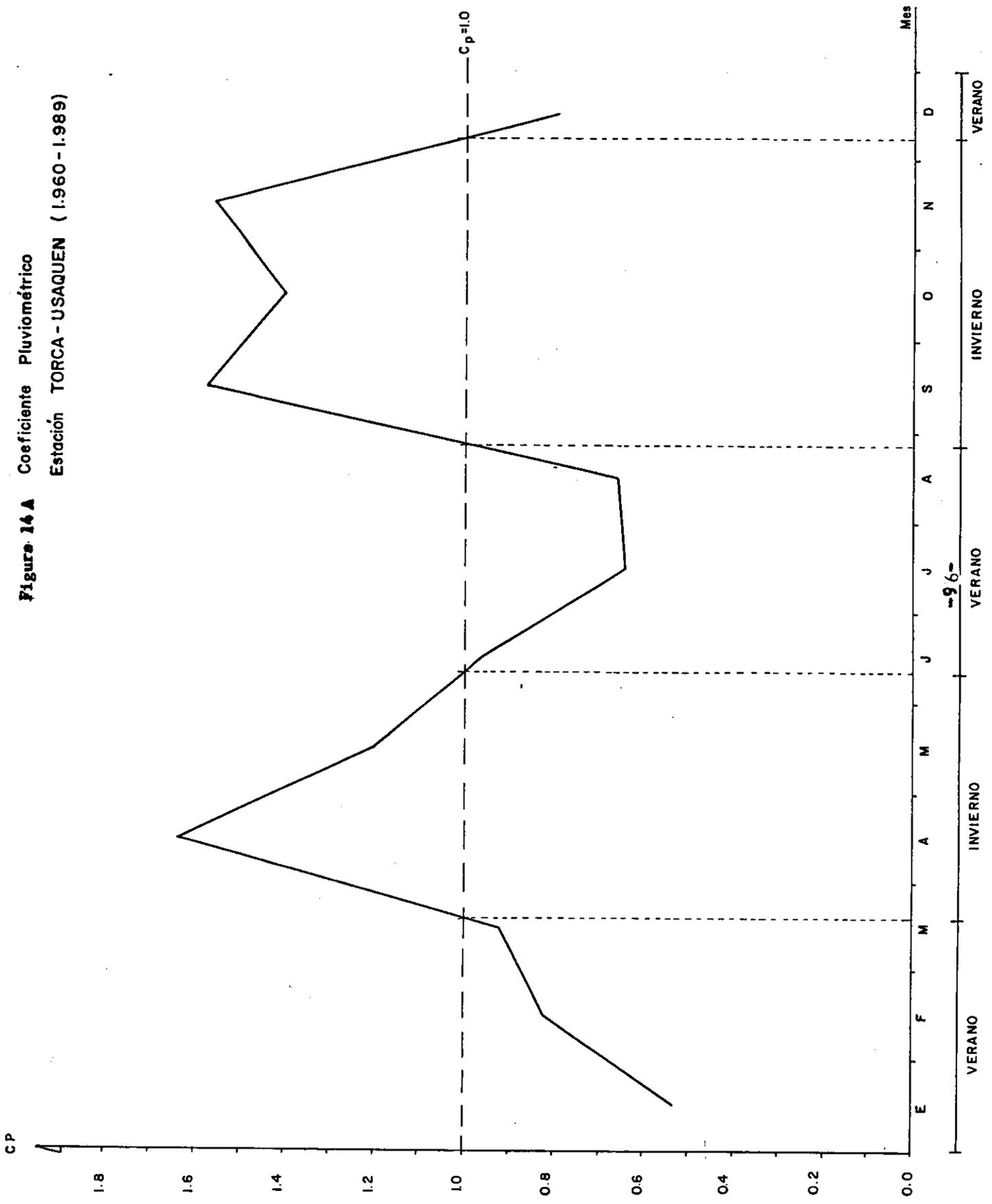


Figura 14 A Coeficiente Pluviométrico  
Estación TORCA - USAQUEN (1.960 - 1.989)





**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

11

observa que los períodos lluviosos para la Estación Torca - Usaquén se sitúan entre mediados de Marzo y mediados de Junio, el primero, y entre fines de Agosto y principios de Diciembre, el segundo. Por su parte la Estación Usaquén enseña un primer invierno hacia principios de Febrero que se prolonga hasta mediados de Mayo, y uno segundo que comienza hacia fines de Septiembre prolongándose hasta mediados de Diciembre.

La superposición de estos dos registros muestra entonces dos períodos lluviosos en el año que se presentan así:

- Primer período de invierno: Principios de Febrero mediados de Junio, con una precipitación promedio superior a los 100 mm/mes. Su duración es de aproximadamente 17 semanas.
- Segundo período de invierno: Finales de Agosto - mediados de Diciembre, con una precipitación promedio superior a los 130 mm/mes y una duración de aproximadamente 15 semanas.



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

112

De lo anterior se desprende que en las 3/5 partes del año los sectores en estudio están sometidos a constantes y fuertes lluvias que socavan los taludes, y al fluir libremente por las vías de acceso, arrastran gran cantidad de suelos ayudadas por las pendientes, el inexistente sistema de drenaje y cunetas y la poca permeabilidad primaria de los estratos superiores.

Igualmente se anota que, como bien es sabido, el agua tiene un efecto nocivo sobre la estabilidad de las laderas y cortes de explotación pues dispara el deslizamiento. Esta situación quedó demostrada para el sector I ( Parte Norte de la cantera El Cedro Olano e Ibiza ) en un estudio realizado por la División Geología Ambiental de Ingeominas en Octubre de 1.987 en el que se logró correlacionar lluvias VS. movimiento de la masa inestable mediante el análisis de los desplazamientos registrados en los mojones localizados en la zona I ( Figuras 15, 16 y 17 ), indicativos además de las amenazas por caídas de bloques.

Los desplazamientos se presentaron normales a las cur-



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

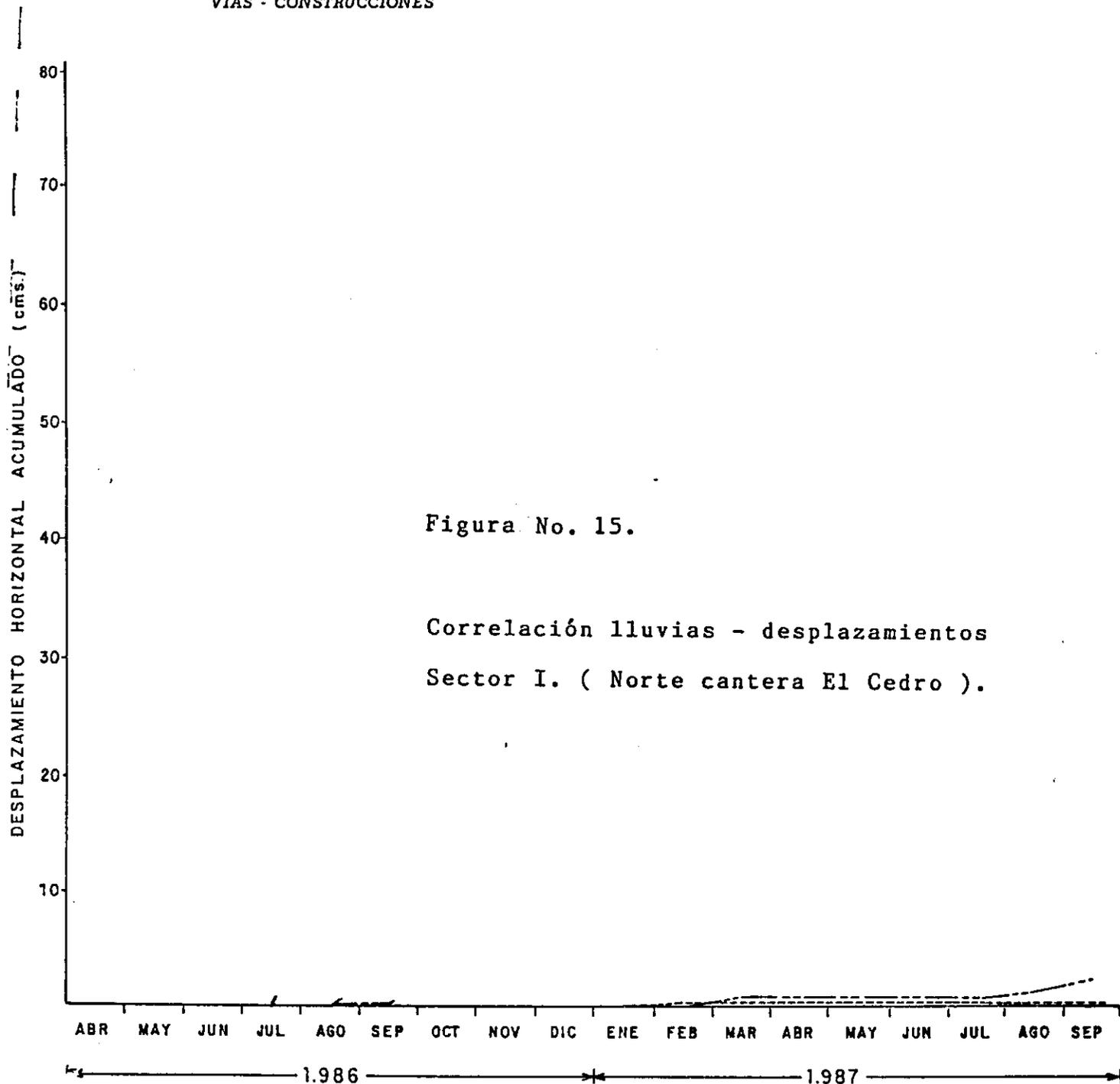
113

vas de nivel. La zona 1, única incluida en el sector de estudio de nuestra investigación, corresponde a la más estable en donde los desplazamientos han sido mínimos.





**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
 INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
 ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
 LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
 VIAS - CONSTRUCCIONES



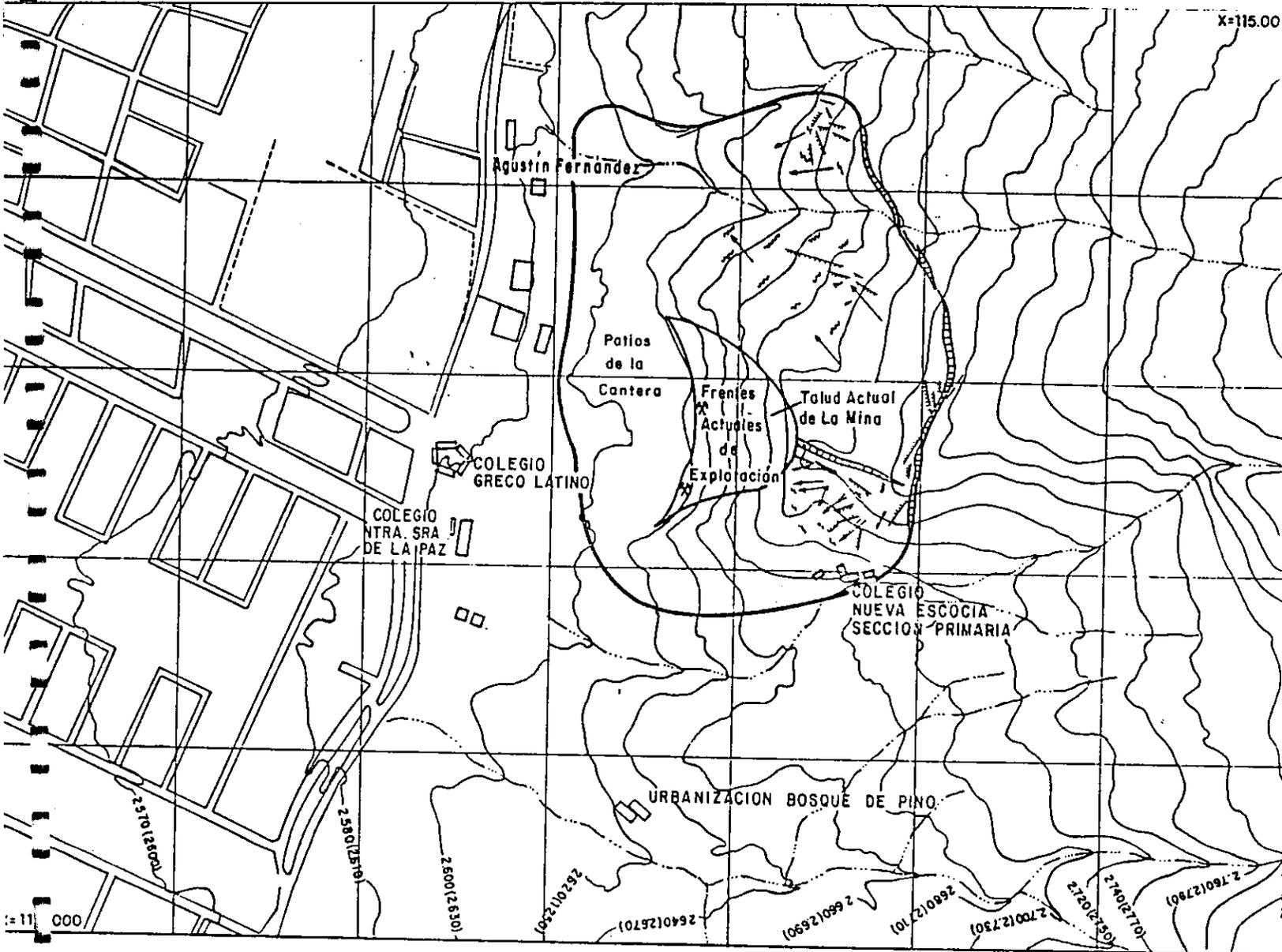
Tomado de INGEOMINAS



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
 INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
 ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
 LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
 VIAS - CONSTRUCCIONES

115

Figura No. 16 Zona inestable Sector I.



**CONVENCIONES**

- Grieta de corona que presenta salto variable entre 0.20 y 13.5m.
- Grietas originadas por el movimiento de la masa.
- Zona de movimientos recientes.
- Area de amenazas por deslizamientos o caída de bloques.
- Frente de explotación.

TOMADO DE  
 Evaluación de la zona  
 de amenaza por desliza-  
 miento y caída de blo-  
 ques recebera El Cedro.

INGEOMINAS 1.987.



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

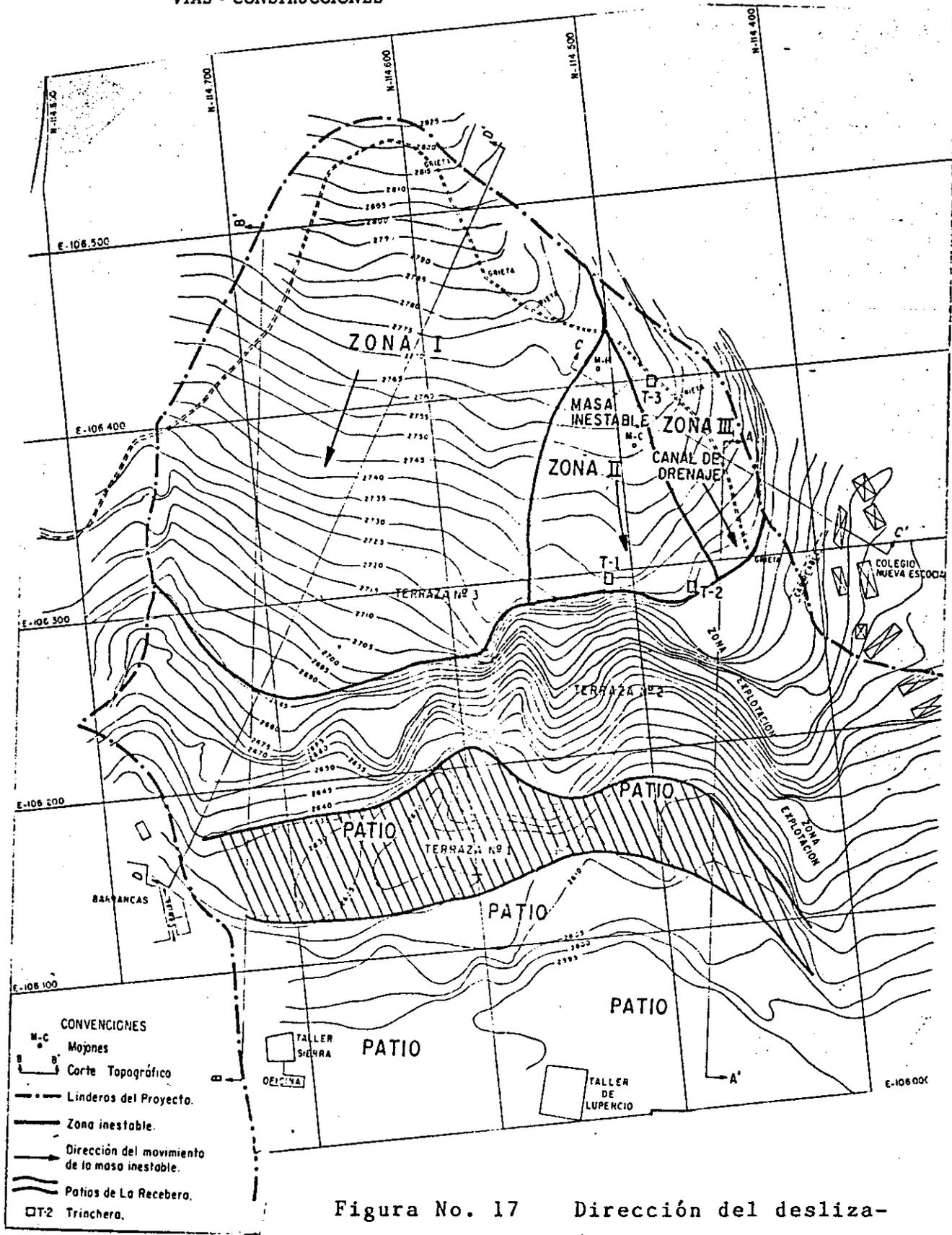


Figura No. 17 Dirección del deslizamiento Sector I.

Tomado de INGEOMINAS.



### 8.0. ANALISIS DE ENSAYOS DE INFILTRACION.

Para este análisis se utilizó la ecuación de infiltración de Green - Ampt, ampliamente usada en riegos. Es un método en donde por medio de ajustes numéricos es posible hallar valores aproximados de permeabilidad.

La ecuación general de Green - Ampt se expresa normalmente como:

$$I = Kt + \Omega \ln \left( 1 + \frac{I}{\Omega} \right)$$

en donde

$I$  = Infiltración total en el tiempo  $t$ , ( cm ).

$K$  = Permeabilidad en el terreno saturado, ( cm/seg. ).

$t$  = Tiempo, ( seg ).

$\Omega$  = Potencial hidráulico, ( cm ).

Al derivar aquella expresión respecto al tiempo, encontramos una nueva que nos permite determinar la tasa de infiltración mediante:



118

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

$$i = \frac{dI}{dt} = K + K \frac{\Omega}{I} = A + B \left( \frac{1}{I} \right)$$

Luego  $A = K$  : intercepto de la recta con la ordenada ( en un gráfico  $\frac{dI}{dt}$  VS.  $\frac{1}{I}$  ), y  $B = K\Omega$  : pendiente - de la recta.

La recta característica de este comportamiento se obtiene mediante un ajuste por mínimos cuadrados.

El proceso de ensayos en el terreno consistió en realizar un sondeo hasta una profundidad dada, llenarlo de agua y observar su variación de nivel con el tiempo. Es decir, buscamos la expresión de la cual podemos obtener la infiltración  $I$  a partir de los niveles de agua para luego aplicar el método numérico descrito y deducir la permeabilidad in - situ.

Los sondeos que utilizamos no estuvieron revestidos, por lo que la expresión que nos permitió hallar  $I$ , en todo momento fue:



$$I = r_h \frac{1 - h_o/h}{\frac{r_h + H}{h} - 1}$$

$$h = f(t) ; P = 2r$$

$$A = r^2 ; r_h = r/2$$

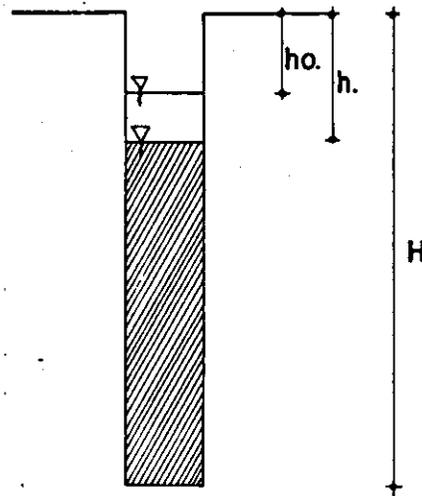
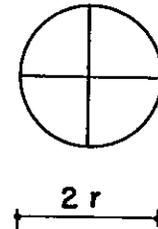


DIAGRAMA No. 3

ESQUEMA PERMEABILIDAD IN-SITU.



A continuación enseñamos los resultados obtenidos en el campo para 3 de las 4 perforaciones realizadas ya que la cuarta de ellas, realizada en el Sector I, por encontrarse en una zona de fuerte densidad de agrietamientos, producto de la explotación de las canteras, insinuaba una infiltración total instantánea ( en el momento de la perforación la barrena descendía por gravedad sin ningún obstáculo ).

El análisis de estas permeabilidades permite clasificar el suelo como un terreno poco permeable, en lo que a permeabilidad primaria se refiere. No obstante, la per



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

120

meabilidad secundaria sí es muy importante tal como se dijo antes; ésta tiene bastantes puntos de afloramiento en la superficie tales como la vía de acceso al Barrio Soratama y las antiguas áreas de extracción, entre otras.



TABLA No. 13 A.-ENSAYOS DE INFILTRACION IN SITU.

PERFORACION No. 1.

Localización : Barrio Soratama.

X = 116.115      Y = 106.865      Cota = 2.802 m.s.n.m.

Profundidad, H = 70 cm.      Perímetro, P = 25 cm.

Diámetro, D = 8 cm.      Area, A = 50.26 cm<sup>2</sup>.

Radio hidráulico,  $r_h = A/P = 2.01$  cm.

Lectura inicial de profundidad del nivel de agua,  $h_0 =$   
10.00 cm.

Lectura al tiempo t, de la profundidad del nivel de  
agua, h.

Infiltración total al tiempo t, I ( cm ).

Tiempo Seg.	h, cm.	$h_0/h$	$(h-h_0)$ , cm.	$(r_h + H)/h$	I, cm.
00	10.00	1.000	0.00	7.20	0.00000
30	11.10	0.901	1.10	6.49	0.03624
60	12.00	0.833	2.00	6.00	0.06713



122

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

Tiempo Seg.	$h, \text{cm.}$	$h_0/h$	$(h-h_0), \text{cm.}$	$(r_h + H)/h$	$I, \text{cm.}$
90	13.00	0.769	3.00	5.54	0.10227
120	13.70	0.730	3.70	5.26	0.12739
150	14.40	0.694	4.40	5.00	0.15376
180	15.40	0.649	5.40	4.67	0.19224
210	16.10	0.621	6.10	4.47	0.21954
240	18.20	0.549	8.20	3.96	0.30625
270	18.60	0.538	8.60	3.87	0.32356
300	19.10	0.523	9.10	3.77	0.34613
330	19.80	0.505	9.80	3.64	0.37687
360	20.10	0.498	10.10	3.58	0.39109
390	20.60	0.485	10.60	3.49	0.41572
420	21.20	0.472	11.20	3.40	0.44220
450	21.60	0.463	11.60	3.33	0.46325
480	22.20	0.450	12.20	3.24	0.49353
510	22.90	0.437	12.90	3.14	0.52880
540	23.30	0.429	13.30	3.09	0.54914
570	24.00	0.417	14.00	3.00	0.58591
600	24.50	0.408	14.50	2.94	0.61336

Tal como se enuncia en las figuras 18 y 19 , la permea-

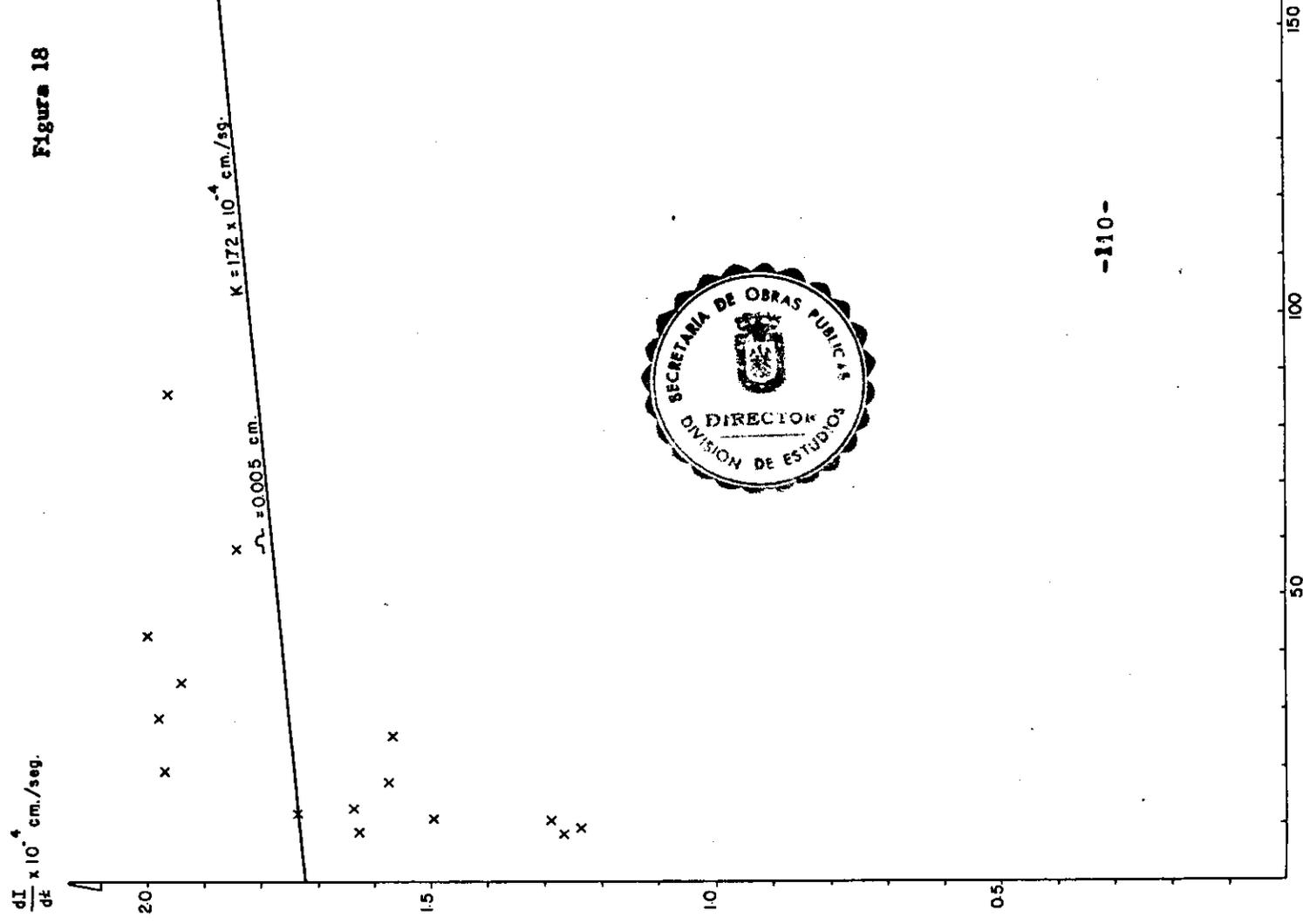


**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

123

bilidad de este terreno (  $K = 1,72 \times 10^{-4}$  cm/seg. ) es  
baja, lo que lo clasifica como un terreno poco permea-  
ble.

**Figura 18** Ensayo de Permeabilidad  
 Ladera en suelo limo arcilloso  
 Perforación No. 1, sin revestir.

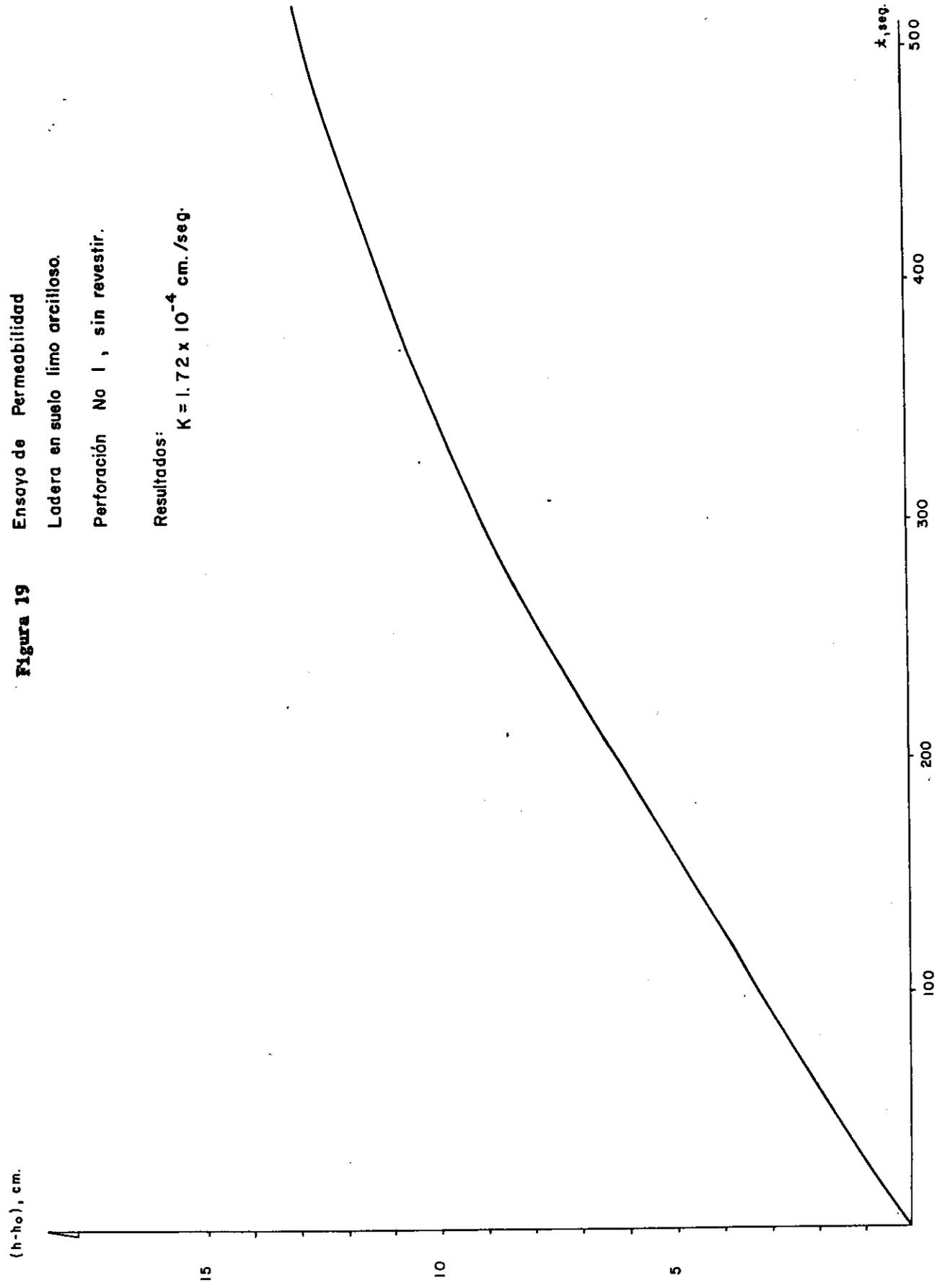


**Figura 19** Ensayo de Permeabilidad

Ladera en suelo limo arcilloso.

Perforación No 1, sin revestir.

Resultados:  
 $K = 1.72 \times 10^{-4}$  cm./seg.





**TABLA No. 13 B-ENSAYOS DE INFILTRACION IN - SITU.**

**PERFORACION No. 2.**

Localización : Barrio Soratama.

X = 116.125      Y = 106.790      Cota = 2.783 m.s.n.m.

Profundidad, H = 180 cm.      Perímetro, P = 24 cm.

Diámetro, D = 7.62 cm.      Area, A = 45.60 cm<sup>2</sup>.

Radio hidráulico,  $r_h = A/P = 1.90$  cm.

Lectura inicial de profundidad del nivel de agua,  $h_0 = 15.00$  cm.

Lectura al tiempo t, de la profundidad del nivel de agua, h.

Infiltración total al tiempo t, I ( cm ).

Tiempo Seg.	h,cm.	$h_0/h$	$(h-h_0)$ ,cm.	$(r_h + H)/h$	I,cm.
0	15.00	1.000	0.000	12.13	0.00000
30	15.50	0.968	0.500	11.73	0.00566
60	16.00	0.937	1.000	11.37	0.01154



127

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

Tiempo Seg.	h, cm.	$h_o/h$	$(h-h_o)$ , cm.	$(r_h + H)/h$	I, cm.
90	16.50	0.910	1.500	11.02	0.01706
120	17.00	0.882	2.000	10.70	0.02311
150	17.50	0.857	2.500	10.39	0.02893
180	17.50	0.857	2.500	10.39	0.02893
180	18.00	0.833	3.000	10.10	0.03487
210	18.40	0.815	3.400	9.88	0.03958
240	19.00	0.789	4.000	9.57	0.04678
270	19.50	0.769	4.500	9.33	0.05269
300	19.90	0.754	4.900	9.14	0.05742
330	20.60	0.728	5.600	8.83	0.06600
360	21.20	0.707	6.200	8.58	0.07344
390	21.60	0.694	6.600	8.42	0.07835
420	22.00	0.682	7.000	8.23	0.08357
450	22.40	0.670	7.400	8.12	0.08806
480	22.90	0.655	7.900	7.94	0.09445
510	23.20	0.646	8.200	7.84	0.09833
540	23.50	0.638	8.500	7.74	0.10205
570	23.90	0.628	8.900	7.61	0.10693
600	24.20	0.620	9.200	7.52	0.11074

Igualmente este material se caracteriza como de baja



128

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

permeabilidad, que lo clasifica también como un terreno poco permeable, Figuras 20 y 21 .

Figura 20 Ensayo de Permeabilidad

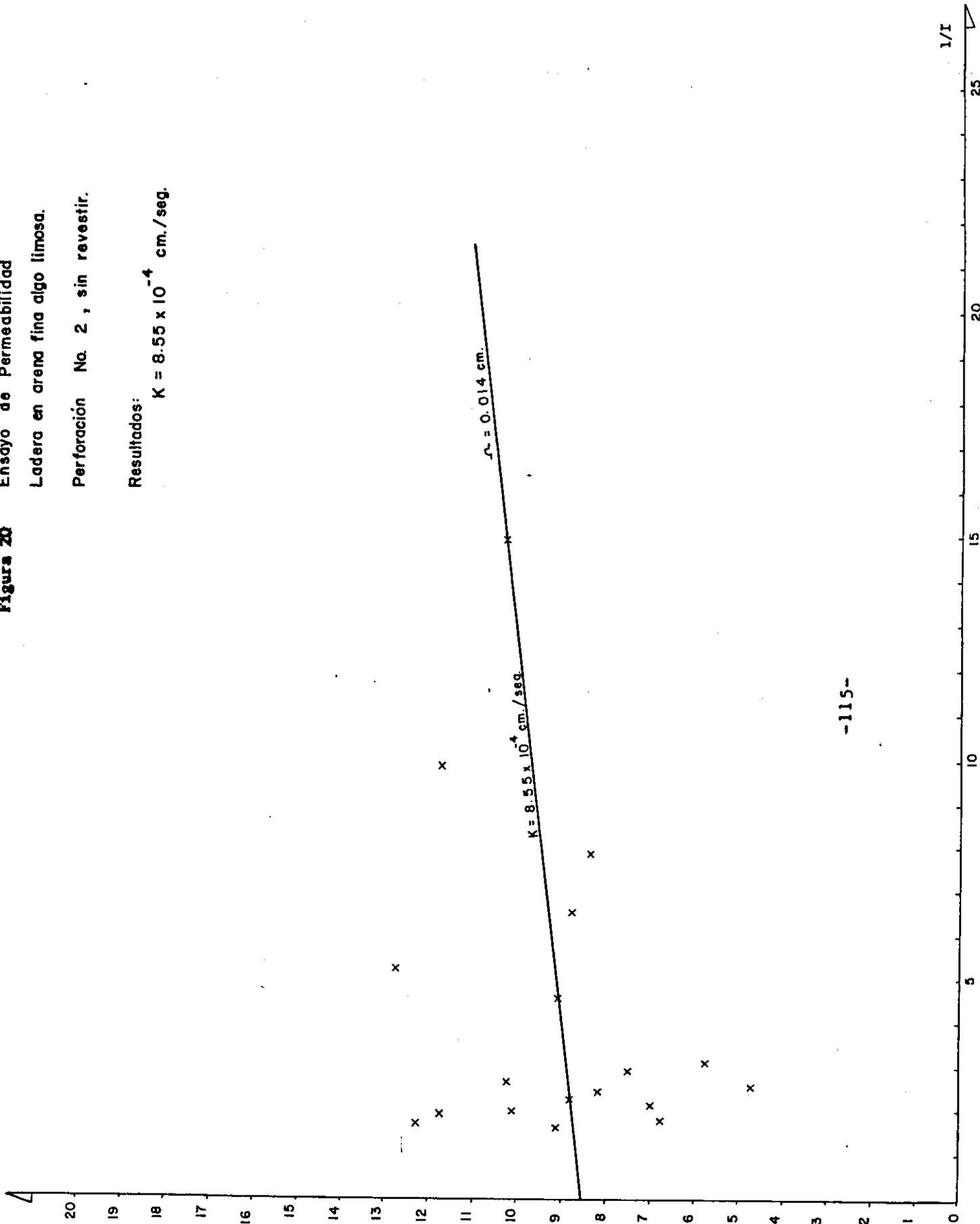
Ladera en arena fina algo limosa.

Perforación No. 2, sin revestir.

Resultados:

$K = 8.55 \times 10^{-4}$  cm./seg.

$\frac{dI}{dt} \times 10^4$  cm./sq



**Figura 21** Ensayo de Permeabilidad  
Ladera en arena fina algo limosa.  
Perforación No 2, sin revestir.

Resultados:  
 $K = 8.55 \times 10^{-4}$  cm./seg.

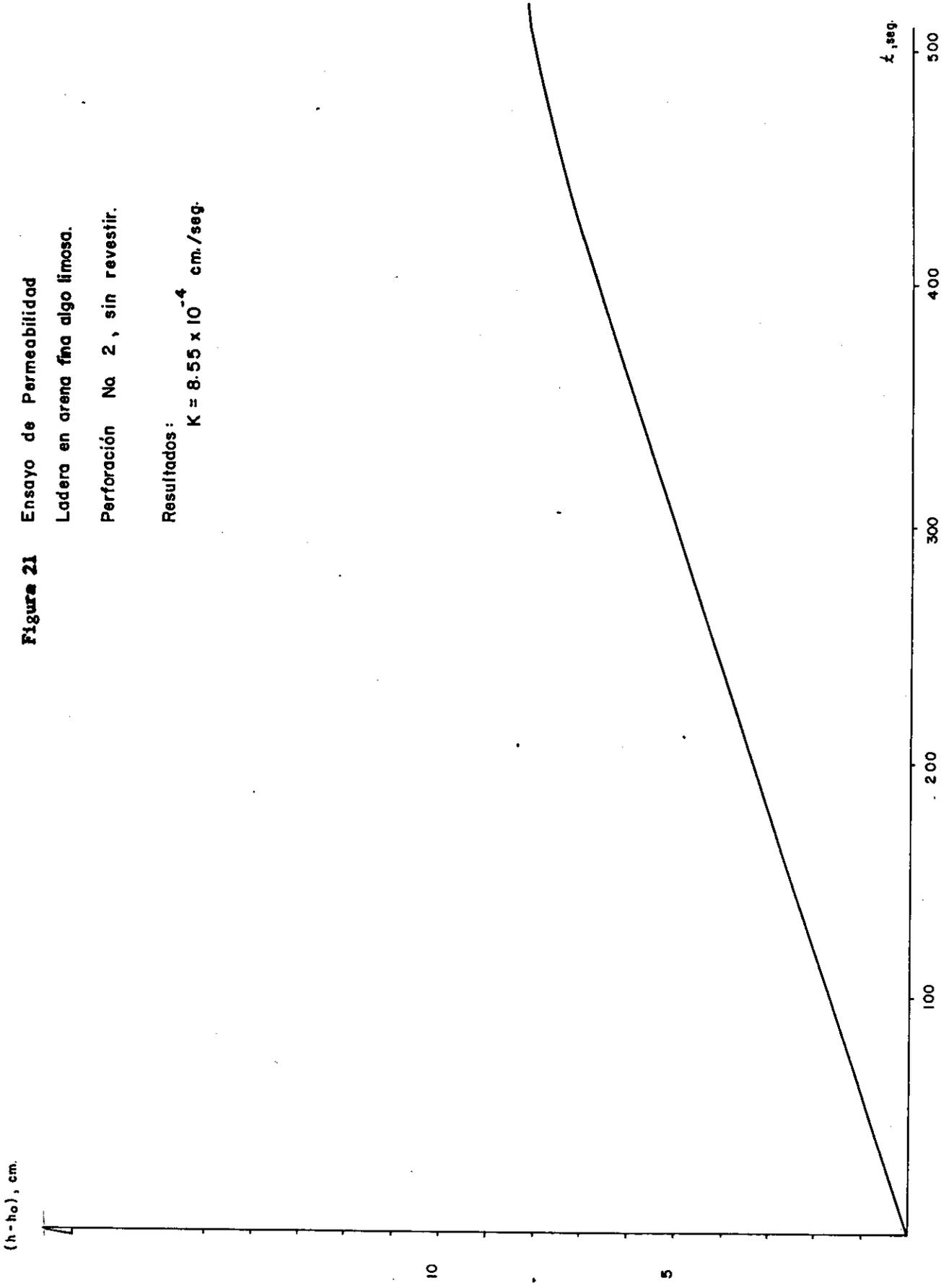




TABLA No. 13 C ENSAYOS DE INFILTRACION IN - SITU.

PERFORACION No. 3.

Localización: Barrio Soratama.

X = 116.190      Y = 106.580      Cota = 2.718 m.s.n.m.

Profundidad, H = 165 cm.      Perímetro, P = 25 cm.

Diámetro, D = 8 cm.      Area, A = 50,26 cm<sup>2</sup>.

Radio hidráulico,  $r_h = A/P = 2.01$  cm.

Lectura inicial de profundidad del nivel de agua,  $h_0 = 12.5$  cm.

Lectura al tiempo t, de la profundidad del nivel de agua, h.

Infiltración total al tiempo t, I ( cm ).

Tiempo Seg.	h,cm.	$h_0/h$	$(h-h_0),cm.$	$(r_h + H)/h$	I,cm.
00	12.50	1.000	0.000	13.36	0.00000
30	12.60	0.992	0.100	13.25	0.00131
60	12.80	0.976	0.300	13.05	0.00400



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

132

Tiempo Seg.	h, cm.	$h_o/h$	$(h-h_o)$ , cm.	$(r_h + H)/h$	I, cm.
90	13.30	0.940	0.800	12.56	0.01043
120	14.00	0.893	1.500	11.93	0.01968
150	14.20	0.880	1.700	11.76	0.02242
180	14.30	0.874	1.800	11.68	0.02371
210	14.50	0.862	2.000	11.52	0.02637
240	14.80	0.844	2.300	11.28	0.03050
270	15.00	0.833	2.500	11.13	0.03314
300	15.20	0.822	2.700	10.99	0.03581
330	15.50	0.806	3.000	10.77	0.03991
360	15.80	0.791	3.300	10.57	0.04390
390	16.00	0.781	3.500	10.44	0.04663
420	16.40	0.762	3.900	10.18	0.05211
450	16.60	0.753	4.100	10.06	0.05480
480	16.80	0.744	4.300	9.94	0.05756
510	17.00	0.735	4.500	9.82	0.06039
540	17.20	0.727	4.700	9.71	0.06300
570	17.50	0.714	5.000	9.54	0.06731
600	17.80	0.702	5.300	9.38	0.07148

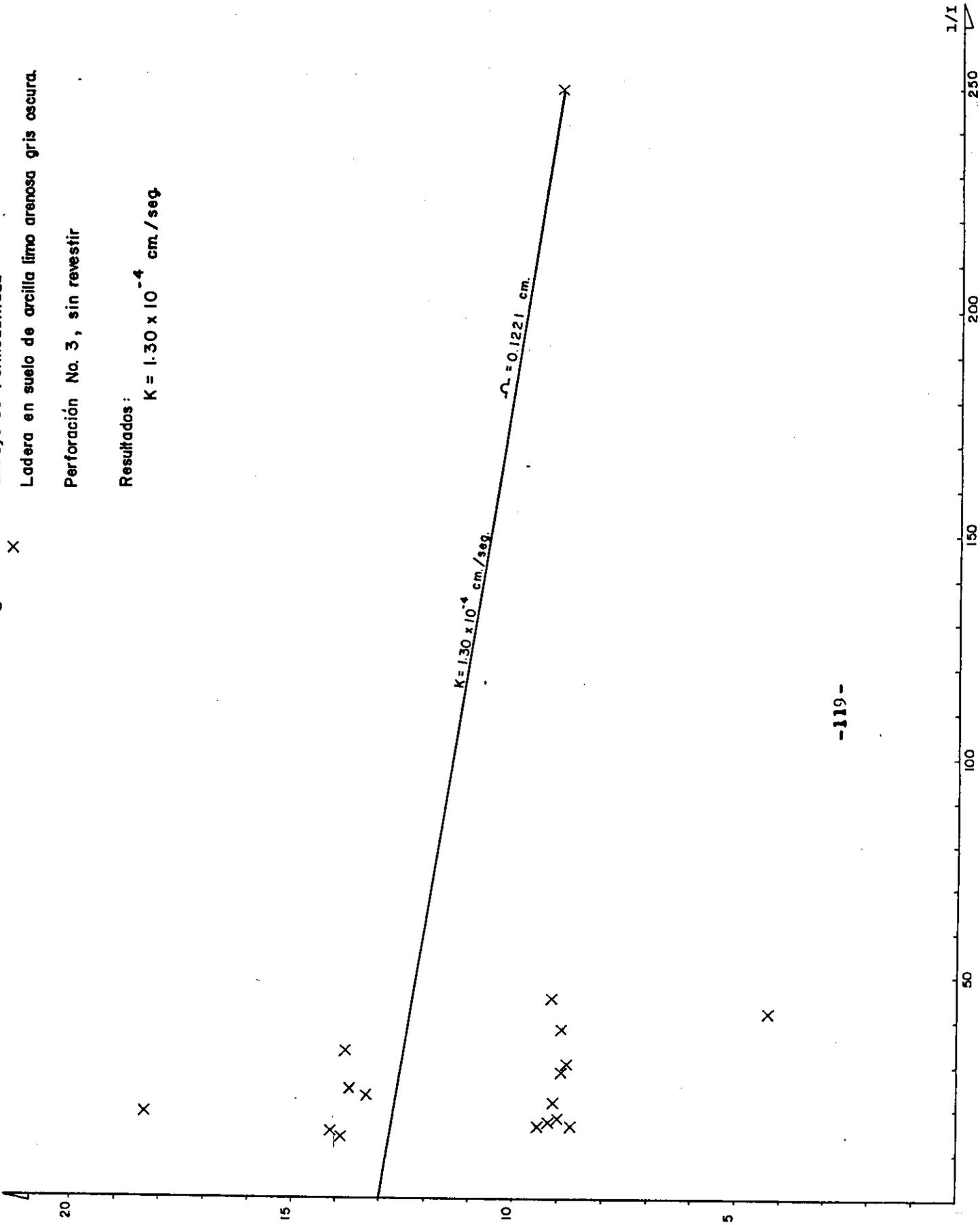
Igualmente este terreno enseña un comportamiento poco permeable, Figuras 22 y 23 .

$\frac{dI}{dt} \times 10^{-5}$  cm./sg.

Figura 22 X

Ensayo de Permeabilidad  
Ladera en suelo de arcilla limo arenosa gris oscura.  
Perforación No. 3, sin revestir

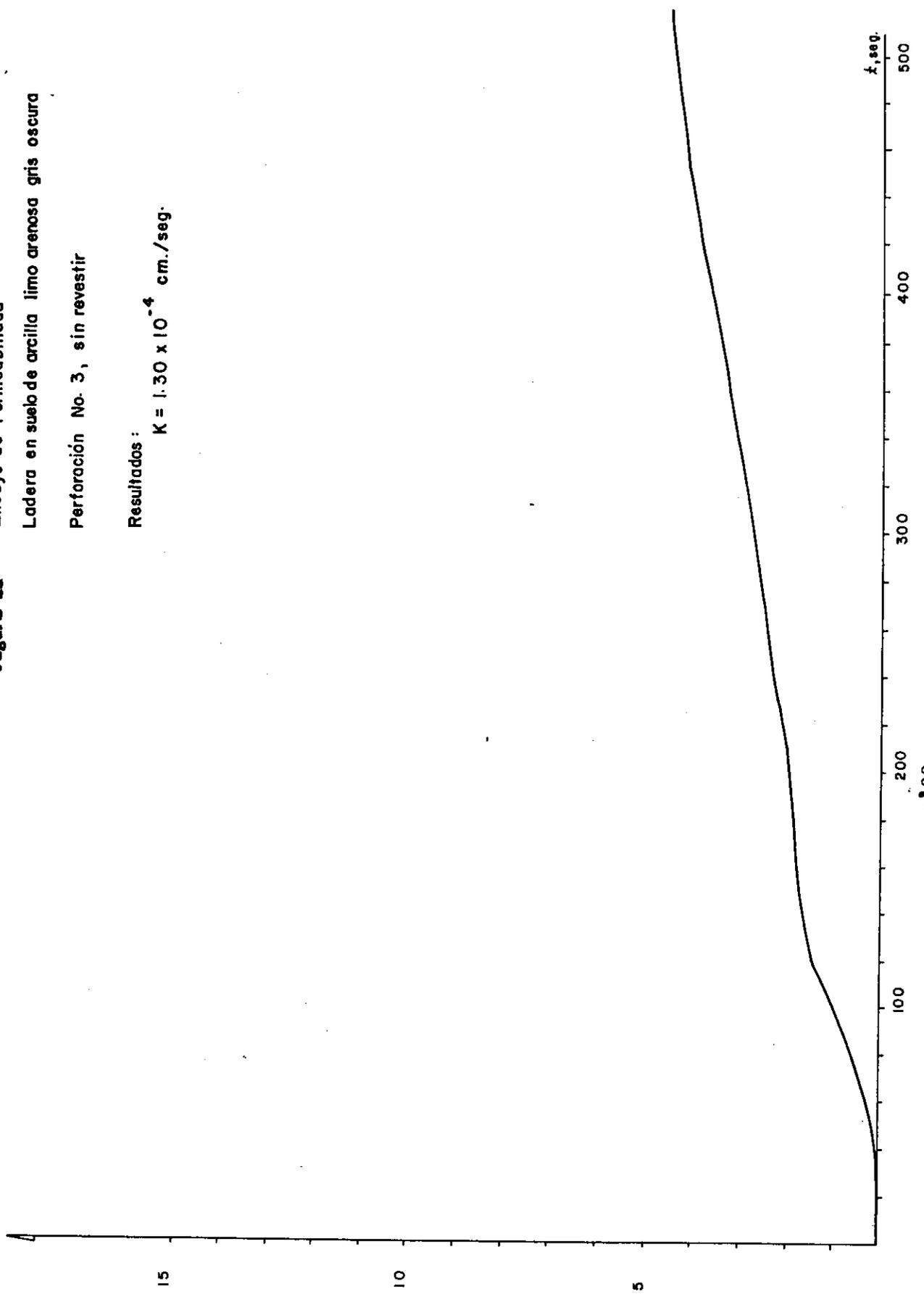
Resultados:  
 $K = 1.30 \times 10^{-4}$  cm./seg.



(h-h<sub>0</sub>), cm.

**Figura 23** Ensayo de Permeabilidad  
Ladera en suelo de arcilla limo arenosa gris oscura  
Perforación No. 3, sin revestir

Resultados :  $K = 1.30 \times 10^{-4}$  cm./seg.



-120-



INGEVEL Y CIA. LTDA.  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

135



## 9.0. ZONIFICACION GEOTECNICA.

Con base en el análisis de los anteriores capítulos se elaboraron mapas de zonificación Geotécnica o de aptitud física del terreno, contemplando las siguientes categorías:

### 9.1. SECTOR I.

9.1.1. Areas degradadas por la explotación de canteras, aprovechables para reforestación.

9.1.2. Areas urbanizadas consideradas de alto riesgo geológico por fenómenos de deslizamientos o movimientos en masa, consecuencia de la explotación antitécnica de las canteras.

### 9.2. SECTOR II.

9.2.1. Area sin riesgo geológico aparente, correspondiente a la zona de bosques (Sur - Oeste del sector ), los cuales deben protegerse



ya que cumplen una función estabilizadora.

9.2.2. Areas urbanizadas con riesgos por caída de bloques, rehabilitables con algunas medidas correctivas, como el encauzamiento de las aguas superficiales, principal agente desestabilizador.

9.2.3. Areas urbanizadas con necesidad de reubicación, por el estado de deterioro, consecuencia del agrietamiento tanto interior como exterior que exhiben las viviendas.

9.2.4. Areas urbanizables sin riesgo aparente sujetas a medidas correctivas: Remoción de bloques tanto de la parte plana como del talud, ya que estos últimos amenazan caerse por gravedad.

9. 2.5. Areas degradadas por explotación de canteras y posteriores procesos erosivos, las que podrían recuperarse mediante procesos



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

137

de remoción de bloques, manejo de pendientes, empradización y arborización.



## 10.0. CONCLUSIONES.

- 1- Desde el punto de vista litológico la zona es muy homogénea y estructuralmente estable. Las geoformas están gobernadas básicamente por la estratificación, consideración válida para el Sector II ( Barrio Soratama ). En el Sector I, el paisaje ha sido modelado por procesos de denudación perturbado en la actualidad por la extracción de material.
  
- 2- Los cortes dejados por la explotación de materiales para construcción ( verticales y en algunos casos con pendientes negativas ) junto con el diaclasamiento favorecen la caída de bloques por gravedad.
  
- 3- En el Sector II ( Barrio Soratama ) se detectó la presencia de dos familias de discontinuidades:
  - N 30° W / 70 E
  - N 51° E / 75 Wy una estratificación de 15° a 25° hacia el Oeste.



130

con dirección preferencialmente N 10°-15° E.

En el Sector I ( Olano, El Cedro, Cerro Ibiza ) presenta grietas de tracción generadas por la explotación de materiales en dirección N-E a NW-SE hasta N-S, sobre los depósitos recientes.

Las Areniscas de la Formación Labor se explotan en las canteras Olano, El Cedro y Cerro Ibiza, su dirección es N 10°-20° E y buzamientos no superiores a 20°W.

4- La poca permeabilidad del suelo facilita la escorrentía de las aguas lluvias.

la alta permeabilidad de la roca aflorante, permite el movimiento del agua subsuperficial.

5- La zona se caracteriza por una alta pluviosidad alcanzando los 100 mm/mes. durante las 3/5 partes del año.

6- La falta de alcantarillados adecuados para encauzar



las aguas negras incrementa el caudal de las aguas superficiales, intensificando los procesos erosivos.

- 7- El drenaje natural está constituido por dos cauces de canal profundo, de dirección E - W tanto en el Sector I como en el Sector II.
- 8- La principal vía de acceso al Sector I ( Barrio Soratama ) es una carretera de montaña construida sin ninguna obra de arte para la protección frente a las aguas superficiales.
- 9- Esta vía esta sometida a un alto flujo de vehículos de carga pesada ( 6 toneladas en promedio ) causando vibraciones y posibles generadores de grietas contaminando igualmente con ruido y dispersión de partículas finas.
- 10- Los principales riesgos naturales que se detectaron en los dos (2) Sectores, son fenómenos de movimientos en masa ( Sector I ) y caídas de bloques (Sector II ), favorecidos por la falta de encauzamiento tan-



to de las aguas lluvias de escorrentía como de deshecho y la inadecuada explotación de las canteras localizadas en la zona aledañas a ella.

11- Se diferenciaron dos tipos de materiales:

- ROCA: Arenisca de grano fino.

Resistencia a la compresión simple superior a los 700 Kgf/cm<sup>2</sup> .

Resistencia a la tracción simple  $\approx$  70 Kgf/cm<sup>2</sup> .

E : 403.326 Kgf/cm<sup>2</sup> .

$\nu$  : 0.19

$\gamma_t$  : 2.3 gr/cm<sup>3</sup> .

$\phi$  : 23.5°

c : 0 Kgf/cm<sup>2</sup> .

- SUELO : Areno - Limo - Arcilloso.

C : 0 Kgf/cm<sup>2</sup> .

$\phi$  : 33°

$\gamma_t$  : 1.6 gr/cm<sup>3</sup> .

12- Consecuencias de la propiedades Geomecánicas



142

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

- ROCA: Sin ningún problema para la cimentación de obras civiles en el Sector II ( Viviendas de, a lo sumo, dos pisos ).

- SUELO: Estable en condiciones naturales dado que su ángulo de fricción interna (  $33^{\circ}$  ) es superior al de la pendiente natural.

13- Todo lo anterior permitió zonificar los dos sectores de la siguiente manera:

SECTOR I.

A. Areas degradadas por la explotación de canteras, aprovechables para reforestación.

B. Areas urbanizadas consideradas de alto riesgo geológico por deslizamientos o movimientos en masa.

SECTOR II.

A. Area sin riesgo geológico aparente, correspondien



143

**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

te a zona de bosques.

B<sub>1</sub>. Areas urbanizadas con riesgos por caída de bloques, rehabilitables con medidas correctivas.

B<sub>2</sub>. Areas urbanizadas con necesidad de reubicación.

B<sub>3</sub>. Areas urbanizables sin riesgo aparente, sujetas a medidas correctivas.

C . Areas degradadas por explotación de canteras y posteriores procesos erosivos.



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

144



## 11.0. RECOMENDACIONES.

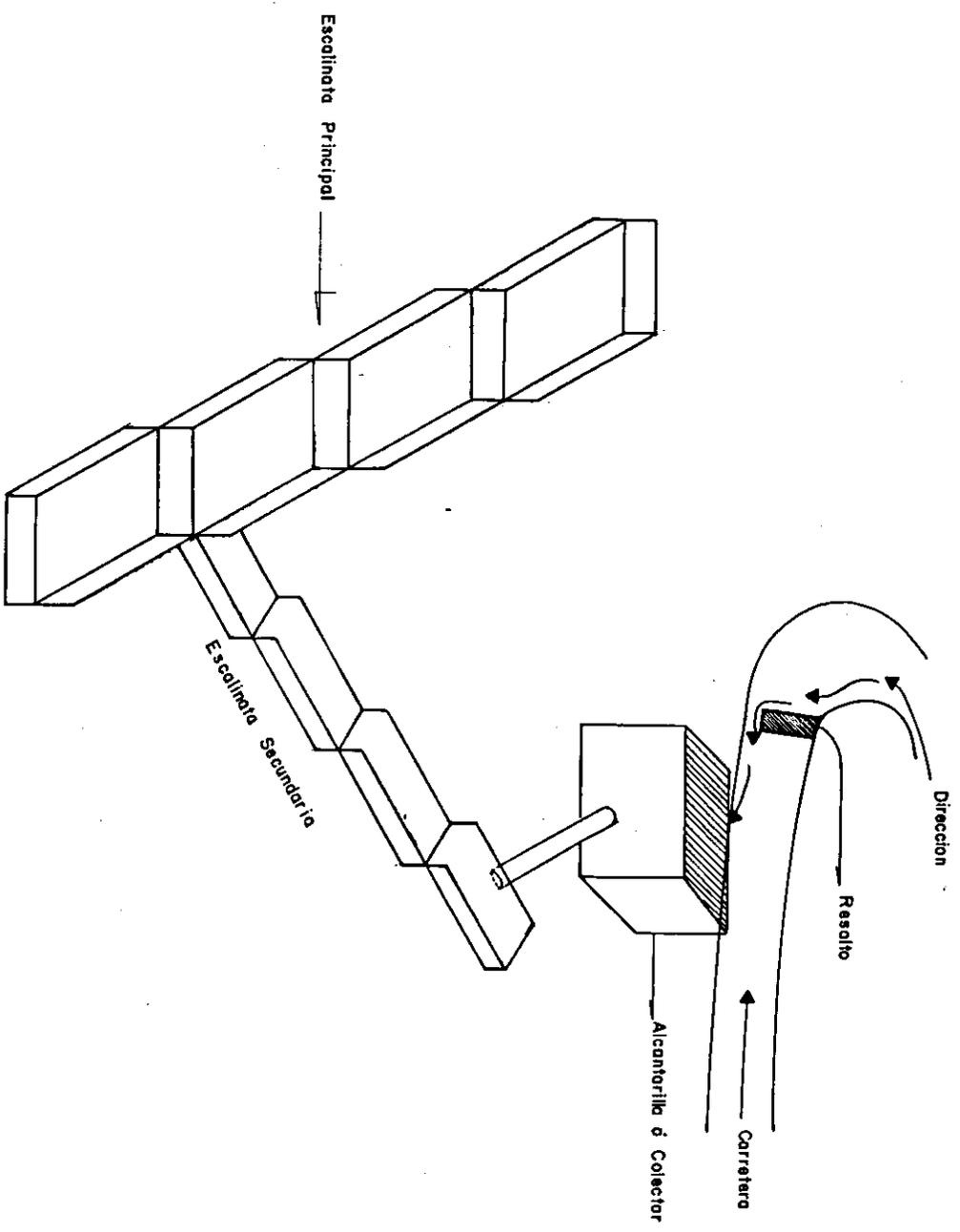
### 11.1. AGUAS.

1- Llevar a cabo una campaña para la no utilización de los manantiales que se localizan en el Sector II ( Barrio Soratama ) ya que estos, si bien en algunos casos provienen de los mismos tanques que se encuentran en la parte más alta del Barrio, se contaminan en su trayecto con las aguas de deshecho.

Actualmente estas aguas se utilizan no solo para el lavado de ropas sino incluso para el consumo humano.

Esta campaña podría estar coordinada por la junta de acción comunal.

2- Encauzar las aguas que recorren el Barrio Soratama, para lo cual parece que el mejor sistema es el de escalinatas ( Figura 24 ), adecuando



Esquema de Escalinas, Resaltos y Alcantarillas colectoras.



do los canales de drenaje natural, puesto que si bien en verano el caudal natural es prácticamente inexistente, en invierno colmaría las alcantarillas dado su volumen y cantidad de se dimentos.

- 3- Canalizar las aguas negras hasta la escalinata mas cercana. Obviamente esta conexión se haría siempre y cuando no se pudiera construir el alcantarillado para todo el Barrio.
- 4- En las zonas urbanizadas del Sector II ( Barrio Soratamá ), es urgente realizar una revisión y reparación de las redes de alcantarillado para la corrección de rupturas y fugas que pueda presentar, así como la limpieza de los cauces y la eliminación de basureros.
- 5- Establecer una recolección ágil y sistemática de las basuras en el Barrio Soratama. Realizar campañas tendientes a educar a los habitan tes con respecto al manejo de los materiales



de deshecho, con participación activa de las organizaciones comunitarias existentes en el Barrio. Implantar sanciones a los infractores.

6- Impedir el descargue de material residual de las canteras en los canales de drenaje, Sector I, ya que esto podría generar fenómenos de remoción en masa, especialmente en épocas de Invierno.

7- Realizar exámenes Físico-Químico-Biológicos de las aguas provenientes de los materiales, dado que su turbidez y coloración podrían indicar un cierto grado de contaminación.

#### 11.2. TALUDES.

1- Dado que algunos sitios, tales como el aldeaño a la perforación ( P<sub>1</sub> ), se encuentran algunos bloques propensos a caer, se sugiere que se desprendan de una vez puesto que su tamaño es bastante voluminoso y en su caída no controla-



da pueden arrasar con algunas de las viviendas cercanas.

- 2- Prohibir la extracción del material de la pata del talud que se localiza a la altura de la cota 2.720 m.s.n.m. y de las coordenadas X: 116.300 Y: 106.700, ( Ver Plancha Geológica ).
- 3- Impedir la extracción de Arenisca Friable de la parte media y baja del talud, que se encuentra sobre la cota 2.760 m.s.n.m., extremo NE del sector II ( Barrio Soratama ), en una antigua cantera por peligro inminente de caída de bloques, ya que en la parte superior se detecta una grieta de tracción de más de 5 m. de longitud y una abertura de más de 10 cms. ( Fotografías Nos. 32 y 33 ).
- 4- En el sector II ( Barrio Soratama ) han quedado zonas con pendientes hasta de 20º , correspondientes a planos de estratificación las cuales deben protegerse mediante un revestimiento con Gunita ( 0.5 a 1 cm de espesor ) a fin de



frenar el desarrollo de surcos de erosión propiciados por las aguas superficiales.

- 5- Reglamentar en forma eficaz las actividades de explotación de las Canteras en el Sector I ( Olano, El Cedro y Cerro Ibiza ), de tal manera que utilicen los métodos más adecuados, explotación comenzando por la parte alta y siguiendo el sistema de bermas, así como la recuperación simultánea del paisaje.

### 11.3. CARRETERAS.

- 1 Limitar el tránsito de vehículos pesados por la única vía de acceso al Barrio Soratama (Sector II), buscando que la evacuación de los materiales explotados por las canteras aledañas, se realice por un carreteable que existe en predios de la Cantera Servitá y cuyo empalme no tendría más de 100 m. de longitud. Evitando de esta manera la contaminación del aire con materiales particulados, la avería de viviendas, por vibración probablemente y el continuo deterioro de las redes de acueducto y al-



cantarillado.

2- Las vías con que cuenta el Barrio Soratama son de montaña, propensas al deterioro por las aguas de escorrentía, se recomienda construir obras de conducción, así:

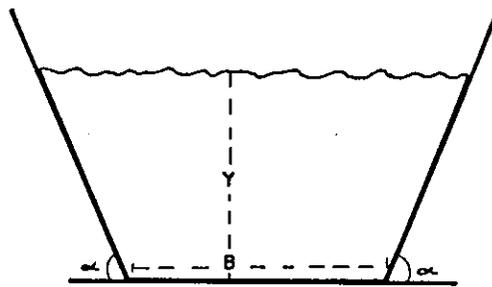
a- Cunetas adecuadas al lado y lado de la vía siguiendo los canales que ya se han formado ( Fotografías Nos. 34 y 35 ). Ver el diseño propuesto en las Figuras Nos. 25 y 26.

b- Alcantarillas cada 100 ó 150 m. que sirvan de colectoras para dirigir estas aguas hacia las instalaciones de drenaje más próximas mediante canalización ( canalización abierta o tubería de diámetro apropiado ).

c- Resaltos en diagonal que sirvan como conductores y desaceleradores de las aguas que circulan por la mitad de la vía. Estos resaltos estarían localizados algunos metros

FIGURA No. 25  
FIGURA No. 26

Esquema de cunetas

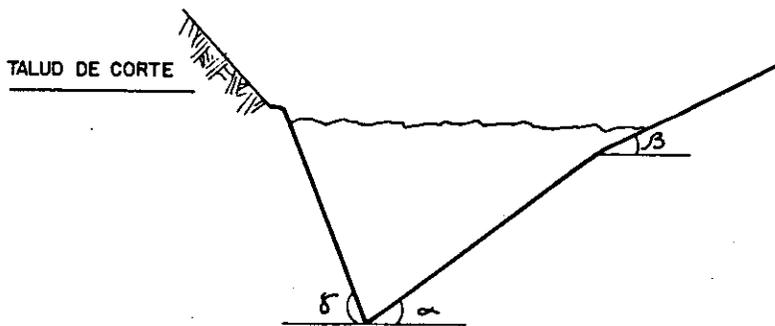


Y = Profundidad

B = Ancho de la base

$\alpha = 70^\circ$

Sección trapezoidal o simplificada



$\alpha = 35^\circ$

$\beta = 30^\circ$

$\delta = 70^\circ$

Sección triangular inundada

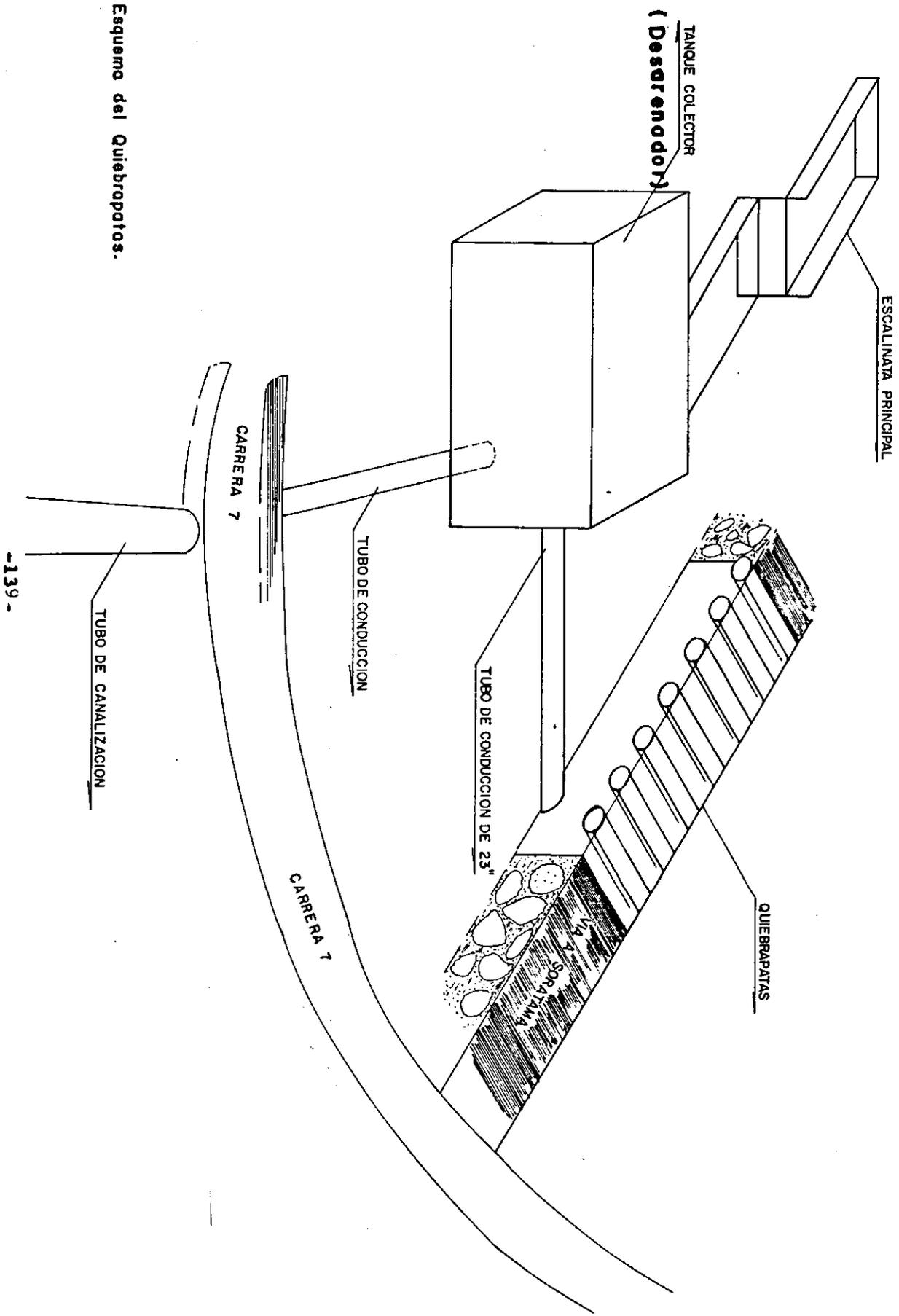


arriba de las alcantarillas propuestas.

- d- Quiebrapatatas en la parte inferior del Barrio a fin de coleccionar todas las aguas remanentes que quisieran invadir la Carrera 7<sup>a</sup> (Figura No. 27). Estas aguas asi encauzadas irán a desembocar a la escalinata principal antes de entrar a la canalización que atraviesa la Carrera 7<sup>a</sup>.

#### 11.4. ARBORIZACION.

- 1- Rehabilitar las áreas degradadas por la explotación de canteras: escombreras, botaderos y reforestar con especies nativas, tales como pino, eucalipto, laurel de cera, paja amarga, helecho marranero, alisos, etc.
- 2- A fin de llevar a cabo la anterior recomendación se sugiere contactar el programa de " Hojas Verdes ", al igual que al INDERENA, los cuales muy seguramente suministrarán estas especies.



Esquema del Quebrapatas.

FIGURA No. 27



su plantación podrá realizarse con la colaboración de entidades como Scouts de Colombia, Centros Educativos del Sector, Defensa Civil, etc. quienes trabajarán bajo la coordinación de la Junta de Acción Comunal y la dirección del Centro de ayuda a la Comunidad de la Universidad Nacional de Colombia.

- 3- Es de suma importancia impedir la tala del bosque nativo que aún prevalece en la Zona Sur-Occidental del Sector II y toda en área del Sector I.

#### 11.5. VIVIENDAS.

- 1- Reubicar las viviendas localizadas en el Area B<sub>2</sub> ( Ver plancha 2/2 de zonificación Geotécnica ), las cuales presentan un avanzado estado de deterioro y agrietamiento tanto en las paredes internas como externas.
- 2- Reubicar la casa localizada sobre la cota 2.790



55

m.s.n.m. Coordenadas X: 106.170 Y: 106.850,  
debido a que prácticamente se encuentra obstru  
yendo un canal de drenaje natural.

#### 11.6. ZONAS DE RECUPERACION.

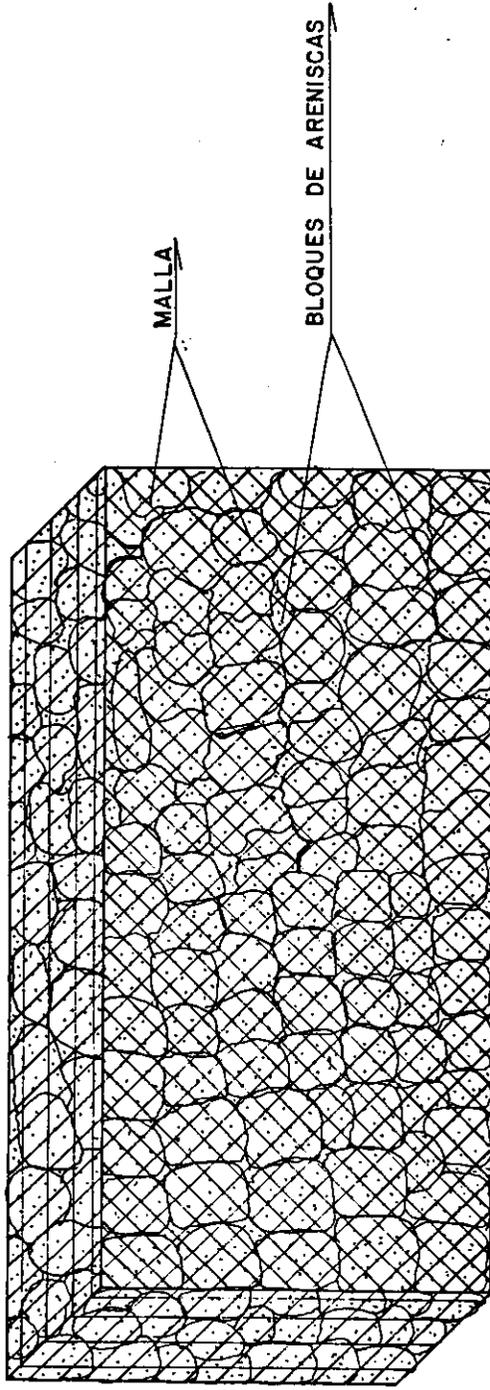
Las zonas de recuperación se muestran en las plan  
chas Nos. 1 y 2 de zonificación Geotécnica en don  
de se recomiendan sus posibles usos:

1. Viviendas.
2. Zona de recreación.
3. Protección de bosque natural.
4. Reforestación.

Para la correcta adecuación la mayoría de estas  
zonas solo requieren de la trituración y evacua  
ción de los grandes bloques remanentes de la ex  
plotación.

#### 11.7. OBRAS DE PROTECCION.

- 1- Construir gaviones protectores de taludes ( Fi



Modelo de gavión que puede construirse con bloques extraídos de las canteras cercanas .



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

152

gura No. 28 ), como en el caso del Sector aldeano a un Kinder que funciona sobre la vía de acceso al Barrio Soratama, ( Coordenadas X: 116.300 Y: 106.700 ) para evitar el deterioro de la vía y la destrucción de viviendas; igualmente para el lugar donde se hizo la perforación ( P<sub>3</sub> ) ya que allí la Carretera se hizo pasar sobre un relleno. Los arboles que se encuentran en la parte baja enseñan reptación ( Fotografías Nos. 36 y 37 ). Estos gaviones deben reforzarse con postes.

- 2- Construir gaviones o en su defecto colocar bloques en el área de la perforación ( P<sub>2</sub> ) para que sirvan de barrera a los potenciales desprendimientos que puedan originarse, ya que esta es una zona habilitable para urbanizar.



## 12.0 RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA EL SECTOR I.

En el extremo nor-oriental del Sector I ( Plancha Geologica 1/2 ), hacia los meses Abril, Mayo un deslizamiento de tipo combinado rotacional-planar, coadyuvado por el avance de la Cantera Olano y el período invernal de ésta época; mientras la extracción del material en la pata restaba capacidad de contención en la parte pasiva del deslizamiento, la parte activa de este veía su componente incrementar debido a los fuertes aguaceros y de otro lado la resistencia al corte disminuía por el aumento de la presión de poros generados por el agua en la superficie del deslizamiento que parece ser la parte superior de un estrato de arenisca friable.

La expresión que rige este comportamiento es:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

El volumen total calculado es de aproximadamente: 22.000 M<sup>3</sup>. y ocupa una lengüeta que se va angostando hacia la pata.

Las características que hoy presenta esta masa son



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

159

las de un cuerpo agrietado en toda su longitud, con grietas tanto longitudinales como transversales y que manifiesta una notoria susceptibilidad al movimiento, el cual es responsable de la pérdida de las características mecánicas de la masa por el remoldeo

Dadas las características anteriores de esta masa en movimiento y a que su deterioro puede generar un proceso retrogresivo que a la postre iría a extenderse más allá de la actual cresta, se recomienda:

- 1- Evacuar las viviendas que se encuentran en la zona del deslizamiento, ( Ver fotografía No. 23A ).
- 2- Suspender la extracción del material en la pata de dicho deslizamiento.
- 3- Descargar el material en remoción empezando por la parte superior.
- 4- Banquear el terreno que se encuentra encima de la actual cresta, a fin de estabilizarlo ( Ver diagrama No. 4 ); esto podría hacerse con pequeños



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
**INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES**  
**ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES**  
**LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS**  
**VIAS - CONSTRUCCIONES**

150

bancos de relación  $H/V = 2/1$  dejando entre banco y banco una terraza lo más ancha posible ( 1.0 - 1.50 metros ).

5- En la pata de los pequeños bancos deberán hacerse unas cunetas superficiales que recojan las aguas y las viertan hacia los extremos laterales que actualmente constituyen canales naturales.

6- Se sugieren igualmente algunos drenes sub-horizontales hacia el frente de los cuales permitirían descargar la masa superior fruto de eventuales aguaceros. Estos drenes deberán ser dos ( 2 ) por banca y de una profundidad de por lo menos dos ( 2 ) metros.

7- Adicionalmente se recomienda una empradización acompañada de las especies nativas tales como paja amarga y helecho marranero.

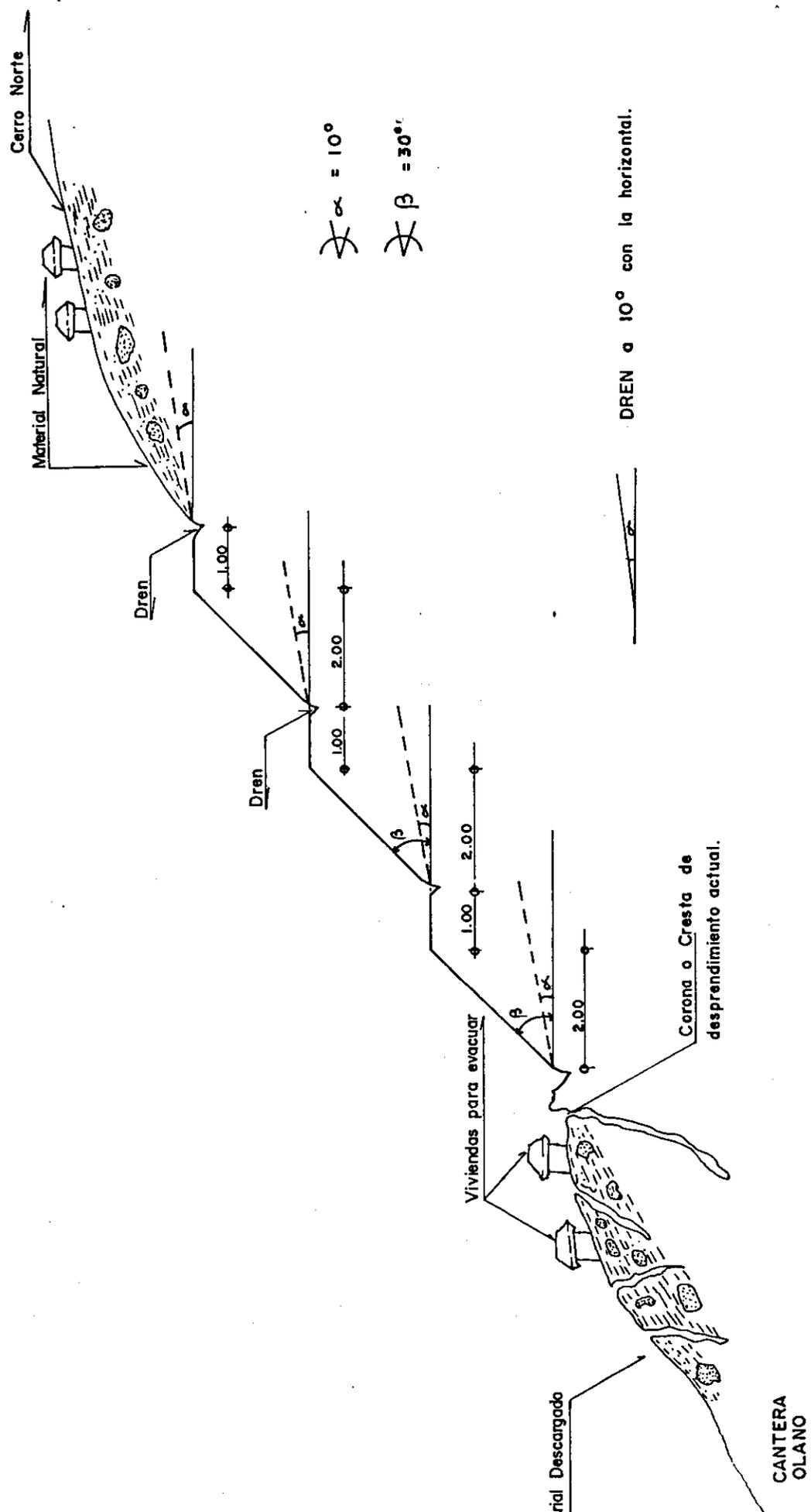


DIAGRAMA No. 4

Manera como debe realizarse el banqueo para evitar un proceso retrogresivo que pueda afectar la población asentada por encima de la corona de desprendimiento actual.



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

162

## BIBLIOGRAFIA

CAR. Datos tomados de la estación pluviométrica Usaquén.

Registro de lluvias 1.975 - 1.989.

CAR. Datos tomados de la estación pluviométrica Torca

Usaquén. Registro de lluvias 1.960 - 1.989.

GARCIA N., Jesús y CARO., Pablo. Evaluación de la zona

de amenaza por deslizamiento y caída de bloques Recebera El Cedro. INGEOMINAS. Bogotá, 1.987.

GUTIERREZ T., Luis Marcelo. Modificaciones al Estudio

de Recuperación Morfológica y Ecológica de los predios Villa Servitá. Mayo 1.988.

INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA. Estudio Geológico y proyec

to de Recuperación Morfológica de las canteras El Zunque, Suba y Soratama. Secretaría de Obras Públicas del Distrito. 1.988.

LOBO GUERRERO U., Alberto. Estudio Geológico y proyec



**INGEVEL Y CIA. LTDA.**  
INGENIEROS CIVILES Y CATASTRALES  
ESTUDIOS - SUELOS - PERFORACIONES  
LABORATORIO - CONCRETOS - PAVIMENTOS  
VIAS - CONSTRUCCIONES

163

to de recuperación de la rezebada El Cedro. Bogotá,  
1.983.

PONCE M., Alvaro. Información actualizada de las obras  
de Explotación y Recuperación Morfológica de la can-  
tera Olano. 1.987.

RODRIGUEZ., José A. Mapa de Riesgos por caída de blo-  
ques o deslizamientos, zona de canteras, Norte de Bo-  
gotá. INGEOMINAS, 1.987.