

T-UES  
1501  
C415  
1993  
Ej. 2..

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



## ESTUDIO DE CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES MECANICAS EN AREAS DE ASENTAMIENTO POPULAR

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

**JOSE RICARDO CERNA AGUILAR**  
**BRINDER IGNACIO CISNEROS MENENDEZ**  
**ENRIQUE OMAR VIDES MEJIA**

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

ENERO DE 1993

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C. A.

15101820  
15101820

*Rec. el 13 de marzo 93*

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela de Ingeniería Civil



Trabajo de Graduación previo a la Opción  
al grado de:

INGENIERO CIVIL

*Estudio de Capacidad de Carga de Suelos a Partir de sus  
Propiedades Mecánicas en Areas de Asentamiento Popular*

Presentado por:

José Ricardo Cerna Aguilar

Brinder Ignacio Cisneros Menéndez

Enrique Omar Vides Mejía

Trabajo de graduación aprobado por:

Coordinador : Ing. José Miguel Landaverde Quijada

Asesor : Ing. Rogelio Ernesto Godínez González

Asesor : Ing. Mario Angel Guzmán Urbina

San Salvador, Enero de 1993

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector:

Dr. Fabio Castillo Figueroa

Secretario General:

Lic. Mirna Antonieta Perla de Anaya

Decano:

Ing. Juan Jesús Sánchez Salazar

Secretario:

Ing. José Rigoberto Murillo Campos

Escuela de Ingeniería Civil

Director:

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo




# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

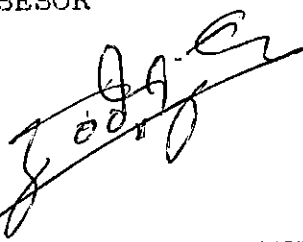
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

COORDINADOR

  
Ing. JOSE MIGUEL LANDAVERDE QUIJADA

ASESOR

  
Ing. ROGELIO ERNESTO GODINEZ GONZALEZ

ASESOR

  
Ing. MARIO ANGEL AUZMAN URBINA



## AGRADECIMIENTOS

De manera especial expresamos nuestros más sinceros agradecimientos por la colaboración prestada en el desarrollo del presente trabajo de graduación a:

Coordinador y asesores de este trabajo de graduación.

Personal de Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

A la Dirección del Centro de Investigaciones Geotécnicas (CIG).

A las comunidades, por su colaboración en la realización de éste trabajo de graduación.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de éste trabajo.

## DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO : Por haberme concedido los días de mi vida para coronar una de mis metas trazadas.

A MIS PADRES : Pedro Francisco y Ana Margarita, con amor y gratitud, por el apoyo moral, material y espiritual que siempre me han brindado, y por sus esfuerzos y sacrificios.

A MI ESPOSA : Selma Lorena, por su paciencia y comprensión.

A MI HIJA : Maricela Jeannette.

A MIS HERMANOS : Ana Cecilia, María Enriqueta y Violeta Geraldine.

A MI TIO : José Francisco.

A MIS FAMILIARES.

A MIS AMIGOS

JOSE RICARDO

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de graduación a Dios Todopoderoso por darme la facultad de poder realizarlo.

A mis padres: Elba Esperanza e Ignacio, por su apoyo durante la carrera.

De manera muy especial a mi Esposa Marta Maura y a mi hija Karla Marcella por haber contribuido a lograr este éxito.

A mis hermanos y demás familiares por su apoyo moral.

BRINDER IGNACIO

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso; por haber escuchado mis súplicas y darme fuerzas para seguir adelante.

A mis Padres: Nicolás Nery Vides y María Mercedes Mejía. Que con su apoyo y sacrificio han hecho este logro académico.

A mi Esposa: Edda Yanet, por ser ahora la razón de mis esfuerzos.

A mis Hermanos: Nery Alberto, Mauricio Antonio, Rina Elizabeth, Alicia Carolina, Nicolás Elmer.

A mis Familiares.

A mis Amigos.

ENRIQUE OMAR.

## RESUMEN

Este trabajo de graduación, "ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES MECANICAS EN AREAS DE ASENTAMIENTO POPULAR", analiza las causas por las cuales se originan los asentamientos populares en el AMSS. Y las razones por las que estos sectores de la población no logran superar las condiciones propias de su habitat. También, se estudian los parámetros del suelo que sustentan la evaluación de las propiedades geotécnicas de los suelos en la comunidades estudiadas.

Se presentan los resultados del trabajo de campo y laboratorio realizados en cuatro comunidades de el AMSS, consideradas críticas por su desfavorable condición del subsuelo y por estar ubicadas en zonas de alto riesgo para la seguridad de las viviendas y de sus moradores.

Las comunidades seleccionadas para la realización de este estudio son:

Comunidad "La Roca" (Barrio Modelo, San Salvador).

Comunidad "El Nazareno" (Soyapango).

Colonia "Saprisa" (Ciudad Delgado).

Colonia "Guadalupe" (Ciudad Delgado)

En cada una de estas comunidades se realizaron estudios de exploración subsuperficial, empleando el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) con el propósito de conocer en detalle, las condiciones del subsuelo; con el mismo objetivo se tomaron muestras inalteradas en dos de las comunidades mencionadas, donde fué posible obtenerlas.

Basándose en los resultados obtenidos del trabajo de campo y de laboratorio, y con los parámetros de mecánica de suelo investigados, se realizó el análisis de la capacidad de carga del suelo y de la estabilidad de los taludes de cada comunidad. Este análisis evidenció una baja capacidad de carga del suelo y la inestabilidad de los taludes; los resultados obtenidos indican condiciones de suelo que son inferiores a las admisibles para la estabilidad del suelo.

Como consecuencia de los resultados obtenidos en el análisis de estabilidad del suelo, se puntualizan las causas razones y circunstancias debido a las cuales la

condición del suelo de los asentamientos populares del AMSS, es inestable.

En este trabajo de graduación, se dan recomendaciones tendientes a garantizar la seguridad de la infraestructura de las comunidades analizadas y de sus pobladores. Estas recomendaciones promueven la utilización de materiales propios del lugar y la participación directa de los habitantes durante la ejecución de tales propuestas, éstas son:

Restitución de suelo bajo la función existente, utilizando suelo cemento fluido.

Estabilización de suelo por medio de compactación.

Utilización de fundaciones con dimensiones que estén de acuerdo con el suelo de cimentación.

Transmisión de la carga recibida por la fundación a estratos resistentes (uso de pilotes).

Revisión de sistemas de drenaje colectivo existentes.

Modificación de pendientes de taludes.

Protección superficial de taludes con la utilización de medios naturales.

Mejoramiento del drenaje pluvial en pasajes y taludes por medio de la construcción de canaletas.

Demarcación de una zona de protección para el caso de Colonia Guadalupe de Ciudad Delgado.

Finalmente las conclusiones hacen énfasis en el problema de la tenencia de la tierra, el financiamiento, lo desfavorable del suelo. Y las recomendaciones se refieren a las medidas preventivas y correctivas para la estabilidad de los taludes y seguridad de las personas que usan estos espacios y sus alrededores; las comunidades marginales del AMSS por ejemplo.



## INDICE

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN . . . . .	i
INTRODUCCION . . . . .	v

### CAPITULO I

1.0 PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DEL PROBLEMA . . . . .	1
1.1 Planteamiento . . . . .	1
1.2 Delimitación . . . . .	1
2.0 ANTECEDENTES . . . . .	2
a. Comunidad El Nazareno . . . . .	4
b. Colonia Guadalupe . . . . .	4
c. Comunidad La Roca . . . . .	4
d. Colonia Saprisa . . . . .	5
3.0 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION . . . . .	5
4.0 OBJETIVOS GENERALES . . . . .	7
5.0 OBJETIVOS ESPECIFICOS . . . . .	7
6.0 ALCANCES . . . . .	8
7.0 HIPOTESIS . . . . .	9
8.0 METODOLOGIA DEL TRABAJO . . . . .	9
9.0 GENERALIDADES HISTORICAS-SOCIALES DE LAS COMUNIDADES MARGINALES . . . . .	12

10.0 LA PROBLEMATICA DEL HABITAT POPULAR . . . . .	14
Origen . . . . .	14
SITUACION ACTUAL . . . . .	17
PERSPECTIVAS . . . . .	18
11.0 EL ENTORNO DEL PROBLEMA DE LA VIVIENDA EN	
EL SALVADOR Y FACTORES QUE LO DEFINEN . . . . .	19
11.1 Uso y Desarrollo Social de la Tierra . . . . .	22
11.2 Expansi3n Urbana . . . . .	25
11.3 Deficit de Unidades Habitacionales . . . . .	26
11.4 Insuficiencia de Servicios B3sicos . . . . .	29
11.5 El Financiamiento para la Vivienda Popular .	30
La Problem3tica del Financiamiento . . . . .	30
Oferta del Financiamiento . . . . .	33
Demanda de Financiamiento . . . . .	34
Otorgamiento y Aceptabilidad del Financiamiento	36
11.6 La Calidad de la Vivienda Popular y Marginal	36
11.7 El Impacto Ecol3gico en el Medio	
Ambiente F3sico . . . . .	37
12.0 COMUNIDADES TIPICAS CON CONDICIONES CRITICAS EN LAS	
QUE SE BASA LA INVESTIGACION . . . . .	39
12.1 Comunidad La Roca . . . . .	39
12.2 Comunidad El Nazareno . . . . .	39
12.3 Colonia Saprisa . . . . .	42
12.4 Colonia Guadalupe . . . . .	43
ANEXO I - A UBICACION DE LAS COMUNIDADES . . . . .	45

## CAPITULO II

INTRODUCCION . . . . .	49
2.1 SUELOS CONVENCIONALES Y SUELOS NO CONVENCIONALES .	49
Suelos convencionales . . . . .	49
Suelos no convencionales . . . . .	53
2.2 NORMAS Y ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS SUELOS NORMALES Y LAS QUE SE CUMPLIRIAN EN LOS SUELOS NO NORMALES . . . . .	55
2.3 ESTABILIDAD DEL SUELO . . . . .	62
Composición del suelo . . . . .	62
Suelos homogéneos . . . . .	63
Suelos heterogéneos . . . . .	64
Capilaridad . . . . .	64
Permeabilidad . . . . .	65
Flujo vertical . . . . .	68
Flujo capilar . . . . .	69
Flujo ascendente . . . . .	69
Flujo descendente . . . . .	70
Elasticidad . . . . .	70
Plasticidad . . . . .	71
Fricción . . . . .	73
Consolidación . . . . .	74
Consistencia . . . . .	77
Compacidad . . . . .	78

Compactación . . . . .	80
Métodos para compactar el suelo en el campo . . . . .	81
Pruebas de laboratorio . . . . .	83
Pruebas del suelo en el campo . . . . .	86
Esfuerzos en el suelo . . . . .	86
Esfuerzos efectivo . . . . .	86
Resistencia al corte . . . . .	89
Colapsabilidad . . . . .	90
2.4 TEORIA DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO . . . . .	103
CRITERIOS MAS USADOS PARA EL CALCULO DE LA	
CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO . . . . .	106
A. Criterio de Terzaghi . . . . .	106
B. Criterio de Skempton . . . . .	106
C. Criterio de Meyerhof . . . . .	112
2.5 ESTABILIDAD DE TALUDES . . . . .	118
2.6 MUESTREO DEL SUELO . . . . .	124
ANEXO II-A , TIPOS DE PRUEBAS TRIAXIALES . . . . .	135-A
ANEXO II-B, METODOS DE ANALISIS DE ESTABILIDAD	
DE TALUDES . . . . .	140-A

### CAPITULO III

INTRODUCCION . . . . .	164
3.1 TRABAJO DE CAMPO . . . . .	164

3.2	TRABAJO DE LABORATORIO . . . . .	165
3.3	CRITERIOS DE ANALISIS . . . . .	167
	COMUNIDAD LA ROCA	
	Resumen del trabajo de campo . . . . .	168
	Registro de exploracion sub-superficial . . . . .	169
	Contenido de materia orgánica . . . . .	186
	COMUNIDAD EL NAZARENO	
	Resumen del trabajo de campo . . . . .	183
	Registro de exploración sub-superficial . . . . .	184
	COMUNIDAD SAPRISA	
	Resumen del trabajo de campo . . . . .	210
	Registro de exploración sub-superficial . . . . .	211
	Análisis granulométrico . . . . .	214
	Contenido de materia orgánica . . . . .	216
	Límites de Atterberg . . . . .	217
	Ensayo triaxial . . . . .	231
	Curva esfuerzo-deformacion . . . . .	234
	Ley de resistencia del suelo . . . . .	235
	COMUNIDAD GUADALUPE	
	Resumen del trabajo de campo . . . . .	236
	Registro de exploración sub-superficial . . . . .	237
	Contenido de materia orgánica . . . . .	239 y 245
	Límites de Atterberg . . . . .	240 y 246

Ensayo triaxial . . . . .	256
Curva esfuerzo-deformacion . . . . .	259
Ley de resistencia del suelo . . . . .	260

## CAPITULO IV

### INTRODUCCION

4.1 CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO . . . . .	272
Criterios de análisis . . . . .	272
Cuadro resumen:cálculo de capacidad de carga del suelo . . . . .	274
4.2 ESTABILIDAD DE TALUDES . . . . .	275
Criterios de análisis . . . . .	275
Cálculo de factores de seguridad (fs) . . . . .	278
COMUNIDAD LA ROCA . . . . .	278
a. Análisis de posibles fallas por deslizamiento	278
b. Análisis por falla rotacional . . . . .	279
COMUNIDAD EL NAZARENO . . . . .	286
COMUNIDAD SAPRISA . . . . .	298
COMUNIDAD GUADALUPE . . . . .	307
INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS Y SOLUCIONES	
PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS	
EN LAS COMUNIDADES . . . . .	323
COMUNIDAD LA ROCA . . . . .	323
1. Condiciones del subsuelo . . . . .	323

2. Condiciones de drenaje . . . . .	324
3. Condición de los taludes . . . . .	326
4. Soluciones propuestas . . . . .	328
COMUNIDAD EL NAZARENO . . . . .	333
1. Condiciones del subsuelo . . . . .	333
2. Condiciones de drenaje . . . . .	336
3. Condición de los taludes . . . . .	337
4. Soluciones propuestas . . . . .	337
COMUNIDAD SAPRISA . . . . .	345
1. Condiciones del subsuelo . . . . .	345
2. Condiciones de drenaje . . . . .	346
3. Condición de los taludes . . . . .	348
4. Soluciones propuestas . . . . .	348
COMUNIDAD GUADALUPE . . . . .	351
1. Condiciones del subsuelo . . . . .	351
2. Condiciones de drenaje . . . . .	354
3. Condición de los taludes . . . . .	355
4. Soluciones propuestas . . . . .	355

CAPITULO V

CONSIDERACIONES GENERALES . . . . .	359
CONCLUSIONES . . . . .	361
RECOMENDACIONES . . . . .	365
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS . . . . .	367

## INDICE DE FIGURAS

	CONTENIDO	PAGINA
II-1	CLASIFICACION DE LAS ARENAS . . . . .	51
II-2	ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO . . . . .	56
II-3	ENSAYO DE LIMITE PLASTICO . . . . .	57
II-4	ENSAYO DE CORTE DIRECTO DE LOS SUELOS . . . . .	60
II-5	MODULO DE ELASTICIDAD PARA LAS ARENAS DE PLAYA .	71
II-5a	TRAZO ARITMETICO DE LA CURVA TEORICA CONSOLIDACION . . . . .	76
II-5b	TRAZO SEMILOGARITMICO DE LA CURVA TEORICA DE CONSOLIDACION . . . . .	76
II-6	CURVAS DE COMPACTACION DE LA PRUEBA PROCTOR . . .	84
II-7	DISTRIBUCION DE ESFUERZOS EFECTIVO . . . . .	87
II-8	LINEAS ISOBARICAS DE ESFUERZO VERTICAL DEBAJO DE UNA CIMENTACION EN UN SOLIDO SEMI-INFINITO Y ELASTICO . . . . .	94
II-9	LINEAS ISOBARICAS DE ESFUERZO VERTICAL DEBAJO DE UNA CIMENTACION EN UN MATERIAL DE FINOS ESTRATOS, SEMI-INFINITO Y HOMOGENEEO . .	95
II-10	DELIZAMIENTO DE LOSA EN ROCA ESTRATIFICADA . .	100
II-11	MECANICA DE LOS DESLIZAMIENTOS RETROGRESIVOS SEGUN LA COMISION GEOTECNICA DE LOS FERROCARRILES DEL ESTADO SUECO . . . . .	101
II-12	DESLIZAMIENTO DE LA LOSA TIPICO . . . . .	102
II-13	DESLIZAMIENTO PRODUCIDO POR SOBRECARGA DE DE UN TALUD, SAN FRANCISCO, 1953 . . . . .	102
II-14	DESLIZAMIENTO EN UNA ROTURA DE UNA VERTIENTE .	102
II-15	DESLIZAMIENTO ROTACIONAL (HUNDIMIENTO) DE UN TALUD FISURADO . . . . .	103
II-16	DESLIZAMIENTO PRODUCIDO POR PRESION INTERSTICIAL	103



II-17	ANALISIS DE CAPACIDAD DE CARGA CONSIDERANDO UNA SUPERFICIE DE FALLA CIRCULAR . . . . .	105
II-18	SOLUCION DE PRANDTL . . . . .	105
II-19	EQUIVALENCIA DEL SUELO SOBRE EL NIVEL DE DESPLANTE DE UN CIMIENTO CON UNA SOBRECARGA DEBIDA A SU PESO . . . . .	106
II-20	MECANISMO DE FALLA DE UN CIMIENTO CONTINUO POCO PROFUNDO SEGUN TERZAGHI . . . . .	106
II-21	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA PARA APLICACION DE LA TEORIA DE TERZAGHI . . . . .	108
II-22	INFLUENCIA DE LA PROFUNDIDAD DE DESPLANTE EN EL VALOR DE "N <sub>c</sub> ", EN SUELOS PURAMENTE COHESIVOS . . . . .	111
II-23	VALORES DE "N <sub>c</sub> " SEGUN SKEMPTON, PARA SUELOS PURAMENTE COHESIVOS . . . . .	112
II-24	DISTINCION ENTRE "D" Y "D <sub>f</sub> " PARA APLICAR LA TEORIA DE SKEMPTON . . . . .	112
II-25	MECANISMOS DE FALLA PROPUESTOS POR MEYERHOF . . . . .	113
II-26	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA PARA CIMIENTOS SUPERFICIAL . . . . .	113
II-27	NOMENCLATURA Y FALLAS EN EL CUERPO DE TALUDES . . . . .	121
II-28	MUESTREADOR SPT . . . . .	126
II-29	CORRELACION ENTRE EL NUMERO DE GOLPES PARA 30 cm. DE PENETRACION ESTANDAR Y EL ANGULO DE FRICCION INTERNA DE LAS ARENAS . . . . .	127
II-30	RELACION ENTRE LA PENETRACION ESTANDAR, LA PRESION VERTICAL Y LA CAPACIDAD RELATIVA PARA ARENAS . . . . .	127
II-31	OBTENCION DE UNA MUESTRA INALTERADA DE LAS PAREDES DE UN POZO A CIELO ABIERTO . . . . .	131
II-32	ILUSTRACION DE SONDEO CON POSTEADORA MANUAL . . . . .	132
II-A1	GRAFICOS DEL ESFUERZO DESVIADOR VRS. DEFORMACION UNITARIA Y LEYES DE RESISTENCIA OBTENIDAS DE LA PRUEBA S(C.D.) . . . . .	137
II-A4	LEY DE RESISTENCIA OBTENIDA DE LA PRUEBA Q(U,U) . . . . .	140

II-B1	PROCEDIMIENTO DE A. CASAGRANDE PARA APLICAR EL METODO SUECO A UN TALUD PURAMENTE COHESIVO .	142
II-B2	LITERALES USADOS EN EL ANALISIS DE TALUDES HOMOGENEOS "COHESIVOS" . . . . .	144
II-B3	ESQUEMA DE UN TALUD DE MATERIAL "COHESIVO" HOMOGENEO CON EL TERRENO DE CIMENTACION PARA DETERMINAR EL CIRCULO CRITICO DE FALLA POR LA BASE . . . . .	146
II-B4	GRAFICAS DE TAYLOR PARA DETERMINAR LOS NUMEROS DE ESTABILIDAD $N_e$ . . . . .	147
II-B5	CIRCULO DE FALLA EN TALUD EN MATERIAL "COHESIVO" CUANDO EL TERRENO DE CIMENTACION ESTA CONSTITUIDO POR UN MATERIAL RESISTENTE . .	148
II-B6	ESQUEMA PARA DEFINIR LOS CONCEPTOS DE FACTOR DE PROFUNDIDAD "D", Y FACTOR DE ALEJAMIENTO "n" . . . . .	148
II-B7	GRAFICAS DE TAYLOR PARA DETERMINAR EL NUMERO DE ESTABILIDAD Y EL FACTOR DE ALEJAMIENTO EN CIRCULOS TANGENTES A UN ESTRATO RESISTENTE .	149
II-B8	PROCEDIMIENTO DE LAS "DOVELAS" O DE FELLENIUS .	151
II-B9	ILUSTRACION DEL METODO DE LAS DOVELAS . . . . .	152
II-B10	POSICION DEL CENTRO DEL CIRCULO CRITICO POR EL PIE DEL TALUD; TRABAJO DE FELLENIUS ( $\phi \neq 0, C \neq 0$ ) . . . . .	155
II-B11	GRAFICA DE TAYLOR PARA DETERMINAR EL NUMERO DE ESTABILIDAD DE UN TALUD, $\phi \neq 0, C \neq 0$ . . . . .	156
II-B12	NUMEROS DE ESTABILIDAD ASOCIADOS A CIRCULOS CRITICOS POR EL PIE DEL TALUD, SEGUN N. JAMBU .	157
II-B13	COORDENADAS DE LOS CENTROS DE CIRCULOS CRITICOS POR EL PIE DEL TALUD, SEGUN N. JAMBU . . . . .	158
II-B14	APLICACION DEL METODO SUECO AL CASO DE UN TALUD CON FLUJO Y PARCIALMENTE BAJO EL N.A.F .	159
II-B15	APLICACION DEL METODO SUECO A TALUDES EN SUELOS ESTRATIFICADOS . . . . .	162

## INDICE DE TABLAS

	CONTENIDO	PAGINA
II-1	TIPIFICACION DE LA ROCA POR SU TAMANO . . . . .	50
II-2	TAMANO DE LAS PARTICULAS DE SUELO . . . . .	58
II-3	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN SAN SALVADOR .	59
II-4	CLASIFICACION DE LOS SUELOS DE ACUERDO A SU COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD . . . . .	67
II-5	TAMANO DEL GRANO SEGUN SU COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD . . . . .	67
II-6	CUALIFICACION DE LOS SUELOS A PARTIR DEL INDICE DE PLASTICIDAD . . . . .	72
II-7	VALORES ESTIMADOS DE FUERZAS DE CONTACTO MEDIAS ENTRE PARTICULAS DE ARENA . . . . .	74
II-8	CONSISTENCIA DE SUELOS COHESIVOS A PARTIR DE PRUEBAS SPT . . . . .	77
II-9	CONSISTENCIA DE LOS SUELOS EN GENERAL . . . . .	78
II-10	RELACION DE CONSISTENCIA CON LOS GOLPES DE CUCHARA (N) DEL ENSAYO SPT, FANGO, ARCILLA, ETC .	79
II-11	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SEGUN CONSISTENCIA DEL SUELO . . . . .	79
II-12	COMPACIDAD RELATIVA DE LAS ARENAS . . . . .	80
II-13	VALORES DE "N" PARA ALGUNOS MATERIALES . . . . .	88
II-14	CAUSAS DE ASENTAMIENTO . . . . .	97a
II-15	ANGULO DE FRICCION INTERNA DE LOS SUELOS DE SAN SALVADOR . . . . .	109
II-16	CLASIFICACION DE LOS SUELOS DE APOYO Y CARGA ADMISIBLE . . . . .	117
II-17	CARGA ADMISIBLE DEL SUELO A DIFERENTES PROFUNDIDADES . . . . .	118

II-18	CORRELACION DE LA CONSISTENCIA, N° DE GOLPES, "N" Y RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE . . . .	128
II-B1	TABLA PARA EL CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD "FS" . . . . .	154
II-B2	SUELOS PURAMENTE COHESIVOS . . . . .	155

## INDICE DE SIMBOLOS Y SIGLAS USADOS

### 1. SIMBOLOS

SIMBOLO	SIGNIFICADO
Lp	Límite Plástico
Ll	Límite Líquido
Lc	Límite de Concentración
Ip	Indice de Plasticidad
P	Carga Vertical Aplicada
D <sub>10</sub>	Diámetro efectivo de partículas
K	Coefficiente de permeabilidad del suelo.
C	Constante de permeabilidad
e	Relación de vacíos
Ø	Angulo de fricción interna
E	Elasticidad del suelo
N	Número de golpes de el ensayo SPT.
Q'	Carga total soportada.
A	Area bruto o total
σ'	Esfuerzo efectivo
σ	Esfuerzo normal
U	Presión intersticial

Tf	Esfuerzo cortante del suelo
C	Cohesión del suelo.
qs	Presión transmitida por la fundación a una profundidad cualquiera.
q1	Presión transmitida por la fundación a nivel de desplante.
qu	Carga última real
qc	Capacidad de carga
Df	Profundidad de desplante
Nc, Nq, Ny	Coefficientes adimensionales para determinar la capacidad de carga.
γm	Peso específico del suelo
B	Ancho de la Cimentación
L	Largo de cimentación
Po	Carga vertical inicial
σ3	Presión de confinamiento
σ1	Presión vertical
σ1 - σ3	Esfuerzo desviador
H	Altura de talud
R	Radio de la superficie de falla
W	Peso de la masa del suelo
Mm	Momento motor.
Mr	Momento resistente

Es	Factor de seguridad
Ne	Número de estabilidad
$\beta$	Angulo de inclinación de taludes.
Wmi	Peso de suelo húmedo
Vmi	Volumen de suelo húmedo
Ws	Peso de suelo seco
Ss	Gravedad específica
Vs	Volumen de sólidos
$\gamma_d$	Peso unitario seco
Gi	Grado de saturación
n	Porosidad.

## 2. SIGLAS

SIGLAS	SIGNIFICADO
ASTM	Normas Americanas para el Ensayo de Materiales.
STP	Ensayo de Penetración Estándar.
AMSS	Area Metropolitana de San Salvador.
ONG'S	Organizaciones no Gubernamentales.
COEN	Comité de Emergencia Nacional.
IVU	Instituto de Vivienda Urbana.
MOP	Ministerio de Obras Públicas.
FNV	Financiera Nacional de la Vivienda.
CIG	Centro de Investigaciones Geotécnicas.
UES	Universidad de El Salvador.
FONAVIPO	Fondo Nacional para la Vivienda Popular.



## INTRODUCCION

El problema de la marginalidad en El Salvador, tuvo un notorio incremento durante las tres décadas recién pasadas, este incremento poblacional en la zonas marginales es el producto de causas tales como los desastres naturales, los bajos ingresos económicos de algunos sectores de la población y el más agravante de éstos factores el conflicto social durante los últimos doce años.

El presente trabajo de graduación se realiza ante la necesidad de solucionar particularmente los problemas típicos de los suelos sobre los cuales se asientan las comunidades marginales, para lo cual se seleccionaron cuatro comunidades con dichas características ubicadas dentro del Area Metropolitana de San Salvador.

Se pretende solucionar este problema haciendo un estudio geotécnico; evaluando las propiedades físicas y mecánicas de los suelos apoyandose principalmente en la prueba de penetración estándar (SPT), para dar las recomendaciones necesarias para el mejoramiento del subsuelo para la cimentación de las viviendas. El

trabajo de campo consistente mayormente en el sondeo de penetración estándar (STP), para la obtención de muestras alteradas y por medio de sondeo de pozo a cielo abierto para muestras inalteradas, y el trabajo de laboratorio para la clasificación y determinación de las propiedades antes mencionadas, además se realizó el trabajo topográfico de campo para obtener secciones de los taludes existentes.

También se proponen las soluciones técnicas particulares para cada una de las comunidades en base al estudio realizado y a las posibilidades de realización existentes en dicha población.

Además, se realizan los análisis para determinar la capacidad de carga de los suelos y los factores de estabilidad de los taludes; se hace una interpretación de resultados determinándose las zonas más críticas de las áreas estudiadas, haciendo una interpretación de los resultados obtenidos para efectuar el análisis correspondiente para dar las soluciones técnicas factibles las cuales están enmarcadas en lo que al mejoramiento superficial de los suelos se refiere, por medio de restitución y compactación; para cimentación

profunda mediante pilotes de carga, para el tratamiento de los taludes por medio del mejoramiento de los drenajes y obras de protección superficiales; finalmente las conclusiones obtenidas demuestran el problema existente en los suelos donde se asientan las comunidades y las recomendaciones se enfocan a proporcionar la solución a la problemática de dichas comunidades.

CAPITULO I  
MARCO TEORICO CONCEPTUAL

# CAPITULO I

## MARCO TEORICO CONCEPTUAL

### 1.0 PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

#### 1.1 PLANTEAMIENTO.

Los asentamientos populares y las comunidades del sector informal de la vivienda del AMSS, se encuentran ubicadas en terrenos no aptos para el desarrollo urbanístico, y en general, constituyen zonas que debido a su desfavorable ubicación y las características propias del subsuelo, han sido consideradas como no adecuadas para la construcción de viviendas. En algunos casos, estas comunidades se han asentado en zonas consideradas como zonas de peligro o de alto riesgo para la vida humana, como ha sido indicado, por el Comité de Emergencia Nacional, (COEN) y FUNDASAL.

Este problema técnico, de origen social requiere de una solución acertada y apropiada ya que beneficiará las comunidades que son objeto de estudio y otras con problemas de características similares.

#### 1.2 DELIMITACION.

El estudio analiza los subsuelos sobre los cuales se

han asentado las comunidades, desde el punto de vista de la capacidad de carga de ellos; se proponen soluciones alternativas a los métodos tradicionales de mejoramiento de los suelos, haciendo uso de los materiales existentes en el lugar y se dan recomendaciones técnicas pertinentes para las obras que se realicen.

## 2.0 ANTECEDENTES

El problema de las comunidades informales (marginales) se agudiza cada vez en nuestro país. En las últimas dos décadas se ha incrementado el número de familias que no cuentan con una vivienda, esto a causa de la guerra, terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierra y repatriación ( que vienen a formar parte del crecimiento de la ciudad en zona marginal ).

En la mayoría de los casos, las comunidades, están ubicadas en terrenos municipales y privados, zonas verdes de urbanizaciones, en las margenes de quebradas y ríos, derechos de vía y accesos de carreteras, o zonas de fuerte pendiente topográfica. El caso más notable es el de las comunidades asentadas en las riveras y cause del Río Acelhuate, las viviendas son del tipo informal por lo que son vulnerables a la inundación por crecida del Río.

Para afrontar el problema, el gobierno a través de las

Alcaldías Municipales y Organismos Nacionales e Internacionales, están habilitando terrenos donde ya están instaladas las comunidades o los instalan en otros terrenos que ellos consideran que pueden ser utilizados para este propósito.

Las zonas verdes de urbanizaciones presentan dificultades técnicas, y son destinadas a cumplir con el requisito de zona verde, de acuerdo a la (ley de Urbanismo) ordenanza Municipal de la OPAMSS.

De los terrenos propiedad del estado que se destinan para reubicar comunidades, hay zonas que han sido usadas para depositar desalojo de ripio, suelos orgánicos, suelos de mala calidad mecánica, y el más crítico de los casos, las zonas utilizadas para depositar el desalojo de basura de la ciudad, (que no podría clasificarse como un relleno sanitario) al cual sobre la superficie se le ha colocado una capa delgada de suelo granular y se ha instalado una o varias comunidades marginales.

Las características y propiedades de los suelos sobre los cuales están cimentados estos asentamientos habitacionales, han sido omitidos normalmente de los estudios de cimentaciones realizados acerca de éstos, quedando la incertidumbre, de que las viviendas sufran daño en sus estructuras, producto de la mala calidad de los suelos sobre el cual han sido cimentadas. Así, se identifican suelos cuya naturaleza es indeterminada o son

de máxima condición de inestabilidad de acuerdo a su propia constitución. Para ilustrar el caso, las siguientes comunidades presentan las condiciones citadas:

a) COMUNIDAD EL NAZARENO

Ubicada sobre el Boulevard del Ejercito Nacional, a la altura de la entrada del Centro Urbano Amatepec. Una parte de ella, ha sido cimentada sobre una zona que anteriormente estuvo destinada para depositar el desalojo de basura de San Salvador.

b) COLONIA GUADALUPE (CIUDAD DELGADO)

A orillas del Río Acelhuate, entrando por la Colonia Patricia de Ciudad Delgado.

Inicialmente en 1989 en esta colonia, ocurrió un "Delizamiento Rápido" en la ladera del Río. En el invierno de 1990, le siguió un "Deslizamiento Lento", sobre el talud de más o menos 70° de inclinación y 20 metros de alto, sobre el cual están ubicadas muchas viviendas que están siendo afectadas por asentamientos en el suelo, esta zona será sobre la cual se hará en forma particular el estudio contemplado en este trabajo.

c) COMUNIDAD LA ROCA (BARRIO MODELO)

Al costado sur de la Colonia Málaga; fue



construida en un predio de topografía muy irregular, para lo que se recuperaron niveles en algunas zonas sin prever trabajo correctivo. Además, al costado norte de dicha comunidad hay un talud de unos 12 mts. de alto, en el cual, en la zona del pie hay talleres mecánicos y en la parte superior de la corona del talud la mencionada colonia.

d) COLONIA SAPRISA (CIUDAD DELGADO)

Delimitada al poniente por la colonia Los Alpes y al oriente por el Río Acelhuate, a la altura del Cantón Milingo, Ciudad Delgado, entrando por la colonia San Fernando.

Esta colonia está asentada en el pie y el cuerpo medio de un talud de suelo arcilloso con características muy plásticas, el cual en época de invierno experimenta desprendimientos superficiales, poniendo en peligro a los habitantes de dicha colonia.

### 3.0 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION

El sector informal de la vivienda es el que más ha sufrido las consecuencias de los desastres causados por fenómenos naturales como inundaciones, desbordamientos de ríos, terremotos, deslizamientos de tierra, etc..

Muchas tragedias pudieron evitarse o al menos minimizar las consecuencias negativas para los moradores de las comunidades afectadas, si se hubiera previsto con estudios técnicos las condiciones del subsuelo de los terrenos que ellos habitan.

Esto permite afirmar, que técnicamente el sector informal de la vivienda no ha sido objeto de consideración en cuanto a las condiciones geotécnicas, para la construcción de las viviendas; por lo cual, se considera que el estudio de la capacidad de carga y las condiciones físicas y mecánicas del subsuelo en terrenos donde se han desarrollado asentamientos populares es necesario estudiarlos.

El sector informal de la vivienda, no forma parte del campo de acción de la geotécnica, esto se debe más que todo al factor económico, por el hecho que los habitantes de tales comunidades no han tenido ni tienen la capacidad económica para adquirir una vivienda adecuada para enmarcarse en el apropiado desarrollo urbano.

Por la misma condición de informal que tienen estos pobladores, no ha sido posible realizar los estudios del subsuelo; por consiguiente, esta es la razón principal por la cual se deben realizar los estudios necesarios, a fin de identificar problemas y plantear alternativas viables para mejorar la capacidad de carga del subsuelo.

#### 4.0 OBJETIVOS GENERALES

El propósito de este trabajo es hacer un estudio sobre la capacidad de carga del suelo en colonias y comunidades, basados en la tipificación de todas las comunidades existentes en el Area Metropolitana de San Salvador y que presentan dificultades en la constitución del suelo.

Considerando los problemas típicos, dar recomendaciones para que puedan ser aplicadas a otras comunidades con características similares.

#### 5.0 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Estudiar las propiedades fisico-mecánicas de los suelos en las comunidades anteriormente descritas (ver antecedentes), para lo cual, será necesario hacer lo siguiente:

- \* Ensayos de penetración estándar.

Extracción de muestras inalteradas en las zonas de estudio; detectando estratos, parámetros físicos y resistencia del suelo.

- \* Pruebas de laboratorio.

De las muestras obtenidas tal que proporcionen los parámetros físicos y de resistencia mecánica del

subsuelo, se hará énfasis en la resistencia al corte a través de la prueba triaxial rápida (no consolidada, no drenada).

\* Análisis de resultados.

Partiendo de las pruebas de laboratorio y basados en los problemas particulares de cada una de las comunidades.

\* Recomendaciones.

Para la mejora de los suelos y obras correctivas que puedan hacerse para garantizar la estabilidad y seguridad de las construcciones.

## 6.0 ALCANCES

Con los parámetros del suelo obtenidos de los análisis de laboratorio que permitan obtener conclusiones sobre el estado actual del subsuelo, se dan recomendaciones precisas de cómo mejorar las condiciones mecánicas del mismo en las comunidades objeto de estudio.

Esta mejora planteará la posibilidad de que las comunidades puedan integrarse en asentamientos poblacionales, seguros desde el punto de vista técnico, que reunan los requisitos de servicialidad, seguridad y

funcionalidad.

## 7.0 HIPOTESIS

Al analizar los suelos de estas comunidades, se propondrán métodos alternativos para la estabilización del subsuelo usando materiales del lugar o sus alrededores, mejorando sus características físicas y mecánicas (resistencia) y habilitarlos para la construcción de unidades habitacionales y obras complementarias de urbanización, lo cual, conlleva a recomendaciones técnicas para que los suelos alcancen la capacidad de soportar las cargas de las construcciones y prever las que son eventuales como las de sismo; es decir, que tengan las características de funcionalidad servicialidad y seguridad.

## 8.0 METODOLOGIA DE TRABAJO

El desarrollo de este estudio implica trabajo de campo, de laboratorio e investigación bibliográfica necesaria con el fin de obtener los parámetros geotécnicos que permitan:

Primero: Determinar y evaluar problemas relacionados con el subsuelo de las comunidades seleccionadas,

específicamente en lo relacionado a su capacidad de carga.

Segundo: En base a los resultados de las pruebas de laboratorio, plantear soluciones económicas y teóricamente factibles a los problemas específicos que se hayan logrado identificar.

La metodología usada para realizar el presente trabajo es la siguiente:

\* Recopilación y revisión bibliográfica:

Relacionada con la capacidad de carga de los suelos y sobre la estabilidad de taludes. Esto se realizó a través de visitas a las comunidades, universidades, entidades públicas y privadas.

\* Visitas de campo:

Con el propósito de ampliar los conocimientos acerca de las características particulares de las comunidades en estudio, así como verificar antecedentes de posibles estudios realizados.

El trabajo de campo se limitó a la disponibilidad de equipo necesario para efectuar dicho trabajo. En este apartado se efectuaron sondeos de penetración estándar necesarios para una clasificación representativa de los suelos de la zona de estudio y más.

Muestras alteradas.

Refiriéndose al ensayo de penetración estándar normal, con recuperación de muestra con cuchara partida a cada 0.5 mt. de profundidad; además, se registrará el número de golpes necesarios para penetrar dicha profundidad.

Muestras inalteradas.

Se realizó por medio del sistema de pozo a cielo abierto, del cual se extrajo una porción de suelo de forma cúbica de 0.30 mt. de lado. El cual fué debidamente protegido para que no pierda sus características originales de humedad principalmente.

Luego todas las muestras obtenidas en campo fueron trasladadas al laboratorio para efectuar los ensayos necesarios y se determinó sus propiedades físicas y mecánicas, las cuales se llevo a un registro para un posterior estudio y análisis.

\* Trabajo de laboratorio:

Las muestras obtenidas fueron llevadas al laboratorio para realizar los ensayos que se consideraron necesarios.

## 9.0 GENERALIDADES HISTORICAS-SOCIALES DE LAS COMUNIDADES MARGINALES.

Hasta antes de la colonia, la forma de propiedad fundamental sobre la tierra en los asentamientos indígenas era la propiedad comunal. La conquista de lo que hoy es El Salvador finalizó en 1539, en esta época, se dieron cambios en la forma de tenencia de la tierra e importantes transformaciones en la estructura económica, de las cuales las más decisivas fueron las siguientes:

- \* La estructura de autoconsumo fué transformada; la producción ya no era solo para los que la generaban, sino también para otros miembros de la sociedad que no participaran en su proceso. Comenzó entonces, la privatización de la tierra, que pasó a ser propiedad de la corona española y ésta, la pasó a manos particulares por medio de diversas formas de concesion generando los latifundios.
- \* Se introdujo la encomienda, que posteriormente dió paso a la hacienda, profundizandose así el proceso de explotación y opresión del indígena.
- \* Se inició el proceso de separación del hombre de la tierra. Grandes contingentes de campesinos emigraron hacia las costas montañosas, incorporándose como mano de obra asalariadas en las grandes añileras (importante producto de exportación, aún después de la



independencia).

La sociedad colonial tubo grandes contradicciones económicas y se profundizaron a tal grado que produjeron su ruina. Tal situación condujo al enfrentamiento político que se definió con la independencia de España en 1821.

Después de la independencia se produjo un conflicto entre indígenas y la nobleza criolla (poseedora del añil), la cual se había convertido en la clase política y económicamente dominante. Esto, generó la insurrección de los Nonualcos en 1833 dirigida por Anastacio Aquino. El añil, era el que amarraba la producción agrícola nacional al mercado capitalista internacional, configurando así en el último tercio del siglo XIX el capitalismo en nuestro país, que en su evolución trajo consigo la descomposición de las clases sociales tradicionales en la colonia y la extinción casi total de las comunidades indígenas.

La producción del añil entró en crisis cuando los colorantes naturales fueron desplazados del mercado por los colorantes artificiales y sustituido por el cultivo del café que obligó a liquidar las formas colectivas de propiedad de la tierra.

Con la introducción del cultivo del café se produjo una total reorganización de la estructura agraria del país. Se promulgó la ley de extinción de comunidades en

1881 y la ley de extinción del Ejido en 1882. También se promulgó la constitución política en 1886, la ley de registro de la propiedad Raíz e Hipoteca, la ley Agraria, etc., lo que llevó, a la proletarización de los campesinos y la formación de la clase obrera urbana; esto se tradujo, en profundas reformas en la estructura de la tenencia de la tierra y trajo como consecuencia, el establecimiento de la propiedad privada.

Es así como surgió en este momento en el agro salvadoreño una verdadera diferenciación social, una burguesía agraria poseedora del capital y el campesino. Hubo un decisivo ensanche de las ciudades, principalmente la de San Salvador.

## 10.0 LA PROBLEMATICA DEL HABITAT POPULAR.

### ORIGEN

El origen de los asentamientos populares urbanos, especialmente en el AMSS, se vincula a los procesos económicos, sociales y políticos ya mencionados, y que cobraron dinamismo en las primeras décadas del presente siglo y se encuentran ligados a múltiples factores , entre los cuales se pueden señalar los siguientes:

a. Crecimiento y desarrollo

La economía salvadoreña en la décadas de 1950 y 1960, marcó un crecimiento y desarrollo económico basado en la creación del Mercado Común Centroamericano, a través de los programas de la Alianza para el progreso y el incipiente progreso de industrialización; el sistema económico no pudo integrar a grandes grupos poblacionales, que al no ser absorbidos por el crecimiento económico, quedaron frente a un acceso limitado a los ingresos y por consiguiente a los bienes y servicios. Se dió en el país la formación de una población marginal, surgiendo así los llamados "cinturones de pobreza" que se esparcieron en toda el área urbana de San Salvador.

Este marco determinó el desarrollo de las organizaciones de pobladores que surgieron en el período de 1964 a 1970; se expandieron en una forma notable en el período de 1970 a 1975; y alcanzaron una expresión pública como nuevos sujetos sociales en el período de 1975 a 1980.

El término marginalidad comenzó a ser usado en América Latina desde los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial<sup>1</sup> para designar la condición subestandar de los núcleos de vivienda de los segmentos más pobres

---

<sup>1</sup> CEPAL 1966. Notas sobre concepto de marginalidad social.

de la población urbana y más a las características sociales de los integrantes mismos de esos segmentos, tanto en la ciudad como en el campo.

En la actualidad el término "marginalidad" está íntimamente relacionado a las tendencias estructurales de las relaciones de producción y dominación social y política en América Latina.

Para poder determinar las raíces del problema de la marginalidad y sus verdaderas causas, es necesario partir de algunos antecedentes de la estructura económica-social del país.

b. El conflicto social.

La guerra propició el desplazamiento de miles de personas hacia núcleos urbanos. Algunas estimaciones consideran que existen en el país más de 500,000 personas desplazadas, con lo que el número de viviendas abandonadas en el sector rural llega a cerca de 87,720 unidades, lo que significa igual número de familias que deben satisfacer sus necesidades de vivienda, servicios vitales y de sobrevivencia en general.

c. Las catástrofes.

Los terremotos del 3 de mayo de 1965 y del 10 de Octubre de 1986.

Tales catástrofes agudizaron el panorama de

vivienda. Según cifras oficiales, antes del terremoto existían unas 288,072 viviendas en áreas urbanas, el 55% se localizaban en Asentamientos Populares y una de cada tres viviendas se encontraba en deterioro completo. Con el terremoto, el número de unidades deterioradas, se incrementó a 129,161. Solamente en asentamientos populares, la destrucción total o parcial, alcanzó unas 55,600 unidades.

#### SITUACION ACTUAL

La precariedad que caracteriza a América Latina, muestra que la mayoría de nuestra población de escasos recursos, no encuentra respuesta aún a sus más elementales necesidades.

Así, amplios sectores que constituyen la mayoría, viven en condiciones de lo que hoy ha dado en llamarse "Pobreza Extrema", en asentamientos humanos en donde no logra considerarse el derecho al techo, carentes de posibilidades de acceso a los servicios urbanos básicos, desarrollándose en ambientes inadecuados, desde el punto de vista social y humano.

Esta situación ha generado grandes desequilibrios en términos de utilización del suelo urbano, convirtiendo a El Salvador en el país más densamente poblado de América Latina y el segundo más deteriorado, en cuanto a medio ambiente del continente.

Las políticas institucionales del control del desarrollo urbano, no han logrado su cometido, ya que la meta de ordenar las ciudades no ha sido cumplida, ya que estas responden a instrumentos contradictorios e implantados desde fuera de la realidad social, económica e incluso cultural del país.

#### PERSPECTIVAS

El estado ha implementado políticas para mejorar la situación de los pobres urbanos respecto a sus viviendas, pero ellas han tenido en la mayoría de los casos resultados muy parciales, en otros han tenido resultados negativos; otros aún no pueden ser evaluados pues han sido aprobados recientemente.

Las condiciones políticas actuales de "Pacificación" y "Democratización" en el país puede ser un campo fértil para pensar en propuestas y prácticas que construyan una verdadera democracia económica y social.

Los cambios son complejos y profundos. El fenómeno de "Transición a la Democracia", constituyen el marco de referencia del caso salvadoreño, para identificar posibilidades de aplicación de un modelo urbano democrático. Las esperanzas de igualdad urbana no han de ser inmediatas, y su arribo dependerá fundamentalmente de la acción de la base popular.

El mejoramiento del habitat popular y en general de la calidad de vida de la población no se dan por decreto sino por acciones coherentes con la realidad. Es aquí donde radica el reto de una rehabilitación de los asentamientos populares de San Salvador para los tiempos de paz y reconstrucción.

#### 11.0 EL ENTORNO DEL PROBLEMA DE LA VIVIENDA POPULAR EN EL SALVADOR Y FACTORES QUE LO DEFINEN.

En el panorama internacional, figuran, entre los fenómenos más importantes, la agudización de las diferencias demográficas, económicas y tecnológicas entre los países del norte, del centro y sur, así como las políticas de ajuste de corte liberal que tuvieron gran impacto sobre la población urbana.

El rápido crecimiento urbano en pobreza extrema ha definido nuevas formas de organización y adaptación de los núcleos familiares a la vida metropolitana (comunidades marginales, tugurios, etc.).

La vivienda constituye una situación enmarcada en las últimas décadas (1970, 1980 Y 1990) por los efectos de las profundas crisis y los cambios económicos, políticos y sociales ocurridos tanto dentro del país como en el ámbito internacional.

Así, a nivel nacional se destacan la crisis económica y la crisis político-institucional traducido en debilitamiento del estado y sobre todo de los gobiernos locales, esto llevó al recrudecimiento del conflicto político-social, y a un rápido crecimiento urbano en condiciones de extrema pobreza y colapso de los servicios básicos.

La vivienda es una de las necesidades más trascendente y constituye parte de la identidad individual y social de las personas. La vivienda incluye el concepto de alojamiento (Albergue físico de las familias), servicios, básicos relaciones sociales y con el medio ambiente; de allí que los problemas de vivienda en el AMSS no se limitan solo a la escasez de tierra disponible o de infraestructura de servicios básicos, también otras condiciones críticas como la falta de agua y las malas condiciones ambientales, etc..

Tradicionalmente, el estado ha intentado determinar el curso de los asentamientos y la edificación de las viviendas de los sectores de menores ingresos, pero ha fracasado con los diversos programas de vivienda; el déficit de vivienda tanto cualitativo como cuantitativo ha aumentado; el gobierno no ha sido capaz de implementar políticas y programas de vivienda que satisfagan las necesidades básicas de la población de menores ingresos. La investigación de tecnología de la vivienda ha tenido interesantes resultados, pero no hubo relación entre los programas de vivienda del estado y el sector privado.



A la fecha, los programas comunales se han logrado gracias a la Cooperación Internacional a través de las Organizaciones no Gubernamentales (ONG'S).

La carencia de instrumentos idóneos para el manejo del suelo urbano y la pobreza de la mayoría de las familias que se han incorporado a la ciudad, han dejado como resultado una estructura urbana ineficiente y una ciudad socialmente discriminada.

El exceso de trámites en el proceso de urbanización dificulta y encarece la incorporación legal de nuevas tierras, estimulando el surgimiento de asentamientos ilegales. La documentación técnica y legal requerida en las instancias gubernamentales encargadas de prestar estos servicios públicos, demanda un trámite prolongado, sumada a la situación de pobreza subnormal urbana, que escapa a todas las normas y reglamentaciones urbanísticas; la administración local presenta debilidades políticas y técnicas en los procesos del control urbano, tal que propicia usos no autorizados en áreas no previstas en la reglamentación.

Los mayores impedimentos para el desarrollo de la vivienda en nuestro país dependen en gran medida de la superación de tres tipos de limitaciones<sup>2</sup>: la

---

<sup>2</sup> MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. VMVDU, Informe de la producción e inversión en el sector vivienda, plan quinquenal de la vivienda 1989-1994.

socioeconómica, marcada por los bajos niveles de ingresos de amplios sectores sociales; las diferencias en la infraestructura por efecto de la acumulación del déficit de unidades habitacionales y la incapacidad de sistemas para atender la demanda; y la ineficiencia del estado para llevar adelante la gestión de la metrópoli en cuanto a sus funciones normativas, programáticas e informativas.

#### 11.1 USO Y DESARROLLO SOCIAL DE LA TIERRA

Los desastres "naturales" han azotado las ciudades de nuestro país (Ej. los terremotos de 1965 y 1986) y han dejado sin techo a miles de familias, el conflicto social obligó a numerosos desplazados a llegar a la ciudad, acentuando a niveles extremos las precarias condiciones de vida de los habitantes de los asentamientos populares urbanos; así surgió entonces uno de los problemas claves que determinaron el injusto desarrollo urbano que hoy observamos en el caso de San Salvador: la tierra urbana escasa y su elevado precio.

Los terrenos ocupados como resultado de esta problemática, son de pésima calidad y fueron siendo ocupados durante el acelerado proceso de urbanización que se ha desarrollado en el país a partir de 1950. Pero esta tierra urbana marginal ya se agotó, y la destrucción por fenómenos naturales, ha ido reduciendo más las posibilidades de asentamiento de los habitantes

de los sectores populares urbanos, tanto como la gran masa de desplazados por la guerra que han llegado a San Salvador; con los excedentes poblacionales, las opciones eran adquirir terreno de otra unidad comunal y proceder a una construcción, alquilar o adquirir una vivienda edificada u organizarse para la invasión de tierras; entonces, los principales protagonistas en el escenario metropolitano son los pobladores de los asentamientos humanos marginales.

Los grandes focos de concurrencia social y los grandes procesos de invasión de tierras, explican el proceso de cambio permanente, que se inició a partir de la densificación natural de los espacios comunales, posteriormente, este nuevo espacio volvió a densificarse, se subdividió y generó nuevos excedentes, reiniciandose el proceso en forma permanente y generalizada.

Uno de los problemas más grandes para los pobladores de los asentamientos Populares Urbanos lo constituye la propiedad jurídica de los terrenos en los cuales se ubican. Aproximadamente 450,000 personas en el AMSS, no cuentan con protección jurídica de la tenencia de la tierra y en el mejor de los casos; "las relaciones entre los ocupantes y propietarios se establecen, sobre acuerdos verbales".

Si bien existen límites en la propiedad agraria, en

cuanto a lo urbano las regulaciones solo son normas constructivas, recomendaciones en la forma de utilizar el suelo y leyes internas de algunos organismos autónomos.

La realidad salvadoreña ha mostrado, en la práctica, que las alternativas de acceso a la tierra urbana han sido en dos modalidades:

Primer modo:

1. El mercado inmobiliario, donde rige la ley de oferta y demanda, entendido esto como venta o legalización voluntaria o convencional.
2. La donación voluntaria o venta a precios simbólicos por causa de utilidad pública o interés social, legalmente comprobado.

Segundo modo:

Salvo proyectos pilotos llevados a cabo por Instituciones Privadas, la invasión o toma de tierras ha sido la forma de acceso a tierra urbana por parte de los pobladores de los asentamientos populares (básicamente de los tugurios).

Las tomas de tierra ponen de manifiesto la inaccesibilidad a la vivienda y al suelo urbano y correlativamente, la pauperización de amplios sectores sociales urbanos y rurales. Esta situación se amplifica en períodos prolongados de crisis económica, de creciente tendencia como la afrontada (desde más de dos

décadas) por los países pobres del continente.

Por otra parte, las "tomas" de terrenos responde a la liberación de una tensión social históricamente acumulada, debido a la incapacidad del estado de resolver las demandas históricas de asentamientos, que aunque con intentos por disminuirla en estos diez años pasados, reúne fuerza anualmente por la brecha creciente entre la demanda y la oferta social del suelo, vivienda, servicios y empleo y que los pobladores hacen aflorar ante la disminución significativa de control social que en ocasiones se presentan.

Otro factor que ha favorecido la ocupación de terrenos ha sido la falta de definiciones sobre la forma de uso y apropiación prevista y de control social sobre terrenos baldíos que fueron propiedad del estado, lo que representa un sensible vacío de política respecto al manejo de la tierra pública.

Es de considerar que la crisis económica y los efectos de las medidas de ajuste afectan a los sectores más pobres, provocando inestabilidad económica y social. Las tomas de tierra dan una salida ante las necesidades que plantea la sobrevivencia.

## 11.2 EXPANSION URBANA

La expansión urbana está regulada formalmente por las disposiciones contenidas en los respectivos

reglamentos de Urbanismo, pero los asentamientos populares actuales son fruto de procesos de expansión informal y desordenada.

En los asentamientos informales las habitaciones se producen precisamente a la inversa de lo que percibe el urbanismo tradicional. Los "informales" ocupan primero el lote, después construyen, luego habitan y sólo al final gestionan la obtención de la propiedad formal. Es por eso, que estos asentamientos evolucionan de una manera distinta que la ciudad tradicional y dan la impresión de hallarse en edificación permanente. La ocupación ilegal de terrenos estatales o privados se da fundamentalmente de dos maneras: "invasión paulatina" e "invasión violenta". Los asentamientos formados por invasión paulatina no alcanzan un perfil definitivo sino después de un largo proceso.

El proceso de invasión urbana y la dinámica de los factores y agentes del proceso han condicionado el desarrollo.

### 11.3 DEFICIT DE UNIDADES HABITACIONALES

La población salvadoreña ha generado demandas de viviendas durante la última década, a las cuales, los distintos sectores de producción han respondido en forma parcial. Tal comportamiento ha conllevado a un alto déficit, por lo que la producción ha sido menor al

crecimiento vegetativo de la población.

Un diagnóstico de la situación actual de la vivienda refleja, que prevalece un alto déficit de viviendas, el cual afecta principalmente a las familias de escasos recursos, manifestándose en el desequilibrio existente entre el número total de unidades habitacionales disponibles y el número total de hogares que requieren satisfacer el poder habitar una vivienda aceptable. Uno de los factores fundamentales que explican este desequilibrio es la falta de accesibilidad de las familias para obtener una vivienda en buenas condiciones. Este problema se relaciona a su vez, con los bajos ingresos percibidos por una proporción importante de la población, la ausencia de una adecuada política de financiamiento de unidades habitacionales, que ha creado fuertes distorsiones en el mercado, y la ausencia de un marco normativo, legal e institucional adecuado para atender el problema habitacional del país.

De acuerdo al diagnóstico elaborado por el VMVDU, a nivel nacional, el déficit cuantitativo habitacional hasta 1992 asciende a 219,951 unidades, siendo para el área rural el 73% y para el área urbana de 27%.

En relación al déficit cualitativo que es de 295,250 unidades; el 53% se localizan en el área rural y el 47% en áreas urbanas del país.

Ante esta situación, se han realizado estimaciones

en base al crecimiento poblacional, a una tasa del 21%, considerándose que para el período 1990-1994 deberán manejarse 10,400 viviendas y producirse alrededor de 25,000 nuevas soluciones al año para cubrir un 15% del déficit habitacional y así, ir logrando un equilibrio entre producción y necesidades de soluciones nuevas.

La solución del déficit acumulado resulta extremadamente difícil si se tiene en cuenta, que el sector formal constituye anualmente alrededor de 12,000 soluciones habitacionales, dando lugar a la expansión y proliferación de los asentamientos humanos no autorizados.

Como respuesta a los fenómenos migratorios ocasionados por el conflicto armado y el terremoto de 1986, y debido también al déficit acumulado de vivienda antes apuntado, se proliferarán las "lotificaciones ilegales", las cuales han lotificado gran parte de los derechos de reserva de los afectados de la Reforma Agraria y otras tierras pertenecientes a agricultores con problemas bancarios o fiscales, en su mayoría del sector rural; por lo general dichos lotes, no cuentan con los servicios básicos y tienen problemas de tipo jurídico legal.



#### 11.4 INSUFICIENCIA DE SERVICIOS BASICOS

El problema de los servicios básicos se enfoca exclusivamente como la ausencia de aquellos elementos fundamentales para el desarrollo del hombre (agua potable, aguas negras, etc).

El 60% de los Asentamientos Populares Urbanos en el país no posee servicio de agua potable; el 90% no posee sistema de aguas negras y el 36% de asentamientos no cuenta con el servicio de energía eléctrica<sup>2</sup>.

La insuficiencia de los servicios básicos se encuentra ligada a la falta de cumplimiento de las leyes, los problemas de salud y empleo, etc.. Por otra parte, en los asentamientos populares no existen los servicios indispensables porque su instalación y los materiales necesarios son costosos. En muchos casos, aún cuando se tienen los servicios, estos son ineficientes.

Los proyectos de obras de infraestructura social existen, el problema es que el Gobierno no canaliza su financiamiento. por otra parte, los impuestos municipales no se distribuyen en forma racional para beneficio del pueblo y en correspondencia a sus necesidades; otros factores que han originado que los asentamientos Populares Urbanos carezcan de las condiciones mínimas de salubridad y seguridad, son la falta de previsión de la transformación de suelo rural en urbano y la ausencia de oportunidades para las clases

más desprotegidas de tener acceso al suelo urbanizado.

Así, amplios sectores que constituyen la mayoría, viven en condiciones de lo que hoy ha dado en llamarse pobreza extrema, en asentamientos humanos en donde no logra siquiera consolidarse el derecho a techo, carentes de posibilidades de acceso a los servicios básicos, desarrollándose en ambientes inadecuados desde el punto de vista social y ecológico.

Se puede constatar, que en El Salvador los servicios de potabilidad de agua, la electrificación, los sistemas de eliminación de excretas, el hacinamiento y los materiales de construcción que se utilizan en los asentamientos populares, no cumplen con los niveles mínimos según criterios de la UNESCO; de tal forma que las condiciones de insalubridad, la deficiencia de materiales de construcción, la promiscuidad derivada del extremo hacinamiento, constituye un patrón común en la mayoría de las viviendas pertenecientes al sector informal.

#### 11.5 EL FINANCIAMIENTO PARA LA VIVIENDA POPULAR.

##### LA PROBLEMÁTICA DEL FINANCIAMIENTO.

La vivienda es considerada como el bien de consumo privado más caro que existe. Debido a su alto costo y al largo tiempo de recuperación del capital empleado en su realización como mercancía; su producción y

comercialización, exigen un capital financiero que frecuentemente es creado por el estado.

San Salvador se ha convertido en tragedia desde el punto de vista urbanístico, del medio ambiente, o de la calidad de vida; no tanto debido a la ocupación informal de partes de territorio, sino más bien, porque las instancias gubernamentales frecuentemente tienden a ignorar la importancia de ligar la política de la vivienda a la política de desarrollo urbano.

Satisfechas las exigencias del financiamiento, un programa de política habitacional no es menos importante, pues da accesibilidad a vivienda a los estratos de población más necesitados y exíguos; esto es, a proyectos, construcción, materiales de construcción, etc..

La pobreza estructural de los países latinoamericanos, es obstáculo fundamental para la constitución de fondos públicos de financiamiento para vivienda, pues debe considerar el subsidio al consumidor, dadas las características del mercado, lo que vuelve más difícil constituirlo; también se debe considerar que una política bien planeada de financiamiento habitacional, está en la fragilidad del mercado de consumo latinoamericano, debido a los bajos rendimientos, a la inestabilidad en el empleo o a la informalidad en la relación de trabajo. La constitución

de financiamientos privados para el mercado del consumidor que tiene suficiente poder adquisitivo, deja por fuera el financiamiento del sector de la población que más lo necesita, el sector de más bajos ingresos económicos. Historicamente se han destinado mayores recursos económicos a la construcción en el llamado "Sector formal", la producción y el financiamiento se enfocan en unidades que cuestan como mínimo ¢ 40,000<sup>00</sup> a través del sector privado.

Las rigurosas y exigentes normas del sistema financiero, en relación a ingresos, plazos, tasas de interés, desplazan toda posibilidad de acceso a financiamiento por parte de los pobladores de Asentamientos Populares.

En estas condiciones, resulta problemático que las ONG'S se propongan respaldar programas habitacionales para los sectores de menores recursos económicos. Esto se agudiza más, si se tiene en cuenta que muchas de las posibilidades de financiamiento internacional incorporan tantas condicionantes que restringen las posibilidades del trabajo social por las relaciones que se establecen entre las ONG'S y los beneficiarios, a partir de los compromisos financieros que se adquieren con las agencias internacionales financieras.

El financiamiento de los programas de vivienda por el estado han sido insuficientes, sobre todo los

dirigidos a la población de bajos ingresos.

La FNV de acuerdo al plan quinquenal de vivienda 1989-94, a través del sistema de ahorro y prestamo, ha otorgado el mayor número de prestamos a los constructores de la empresa privada," logrando incrementar la oferta de vivienda urbana". A pesar de ello, no ha podido lograr beneficiar a los estratos más necesitados, de la población. El FSV y el INPEP, tampoco han podido atender la adquisición de vivienda por parte de las familias cuyo ingreso es el salario mínimo y el uso de los fondos de vivienda constituídos por aportaciones abligatorias de los trabajadores y empleados, con una mínima contribucion del gobierno central en "programas masivos" de viviendas de interés social, organizados y auspiciados por el estado (FSV, INPEP, IPSFA, ISSS, etc.) a favor de sectores que perciben ingresos a través de salarios (trabajadores y empleados) basándose en el mercado de tierras urbanas y la industria de la construcción.

#### OFERTA DE FINANCIAMIENTO

El sistema Productor de Vivienda en el país está regido por el mercado formal y el informal.

El mercado formal, con una producción estadísticamente controlada y ejecutada por organismos públicos y privados, tienen acceso a estas viviendas,

aquellas familias que cumplan una serie de requisitos previos de orden económico y jurídico.

El mercado informal, formado por complejos habitacionales contruídos de manera espontánea e inadecuada por sus moradores en vista de que estas no tienen acceso al mercado formal de vivienda.

La producción promedio anual de vivienda formal es de 10,469 unidades; el 96.7% de estas se construyeron en el área urbana y un 3.3% en el área rural.

El Gobierno de El Salvador no ha tenido la capacidad empresarial de ser ofertante en el mercado de viviendas.

El sector privado, a través de empresas lotificadoras han financiado a la población de bajos recursos para que adquieran sus terrenos con facilidades de pago. Estos terrenos por lo general no son provistos de servicios básicos de energía eléctrica, agua potable, alcantarillado, etc., y su ubicación no satisface los requerimientos mínimos de seguridad; además, no son previstas de financiamiento para construcción. Es por esta razón que las familias han tenido que improvisar sus unidades habitacionales con materiales inadecuados, como lámina, cartón u otros desperdicios de materiales.

#### DEMANDA DE FINANCIAMIENTO.

El crecimiento de la demanda habitacional por parte

de los grupos de extrema pobreza en relación con la limitada oferta de vivienda popular, ha propiciado los asentamientos irregulares en condiciones precarias de habitabilidad e inseguridad rural y la vivienda se caracteriza por su construcción rudimentaria y elevado deterioro.

La precaria situación socio-económica, ha dificultado el acceso a una solución formal de vivienda, originando una expansión de asentamientos humanos no autorizados, que a la fecha registran 459 colonias ilegales, 303 tugurios y 3500 mesones (plan nacional de la vivienda, VMVDU).

Según el FSV (1989), el 54.3 % de la población del AMSS, vive en asentamientos populares en condiciones infrahumanas.

La estructura de ingresos de la mayoría de la población y la capacidad de pago para la vivienda, refleja una seria limitante para que un fuerte sector de la población pueda tener acceso a una vivienda apropiada y segura.

Las necesidades habitacionales en El Salvador se vinculan, con el acelerado crecimiento de la población y con el deterioro de las viviendas; situación que se agravo en la década de 1980 con las alzas descontroladas de los costos para la adquisición de materiales de construcción, tierras, mano de obra, etc., lo cual

dificultan cada día el acceso a un préstamo para una vivienda de bajo costo.

#### OTORGAMIENTO Y ACEPTABILIDAD DEL FINANCIAMIENTO.

Actualmente, la adquisición de vivienda requiere complejos trámites; esto implica, realizar múltiples gestiones ante diferentes dependencias y oficinas gubernamentales, lo cual afecta al constructor y al comprador, debido a que prolonga los tiempos y encarece los costos de la vivienda para su adquisición.

Una franja de población que, por distintas circunstancias, no puede alcanzar un nivel de vida aceptable y enfrenta problemas para acceder al mercado formal de la vivienda, por sus propios medios o a partir de sus bajísimos ingresos, este grupo, necesita del apoyo oficial para cubrir las necesidades básicas. El poblamiento espontáneo y subnormal de estos estratos se explica por el bajo nivel de riqueza y la ausencia real de un programa (o de voluntad administrativa) para utilizar instrumentos y subsidios que les permitan el acceso a la adquisición de viviendas.

#### 11.6 LA CALIDAD DE LA VIVIENDA POPULAR Y MARGINAL.

En relación a la calidad de la vivienda, de 568,396 unidades, urbanas, 54.8 % están en buenas condiciones, el 25.6 % son viviendas obsoletas y el 19.6 % necesitan



reparación.

En el área rural, del total de viviendas de 558,457 el 52% son buenas, el 31 % regulares y el 17 % están deterioradas, el 92 % de las viviendas tienen paredes construidas con materiales aceptables y el 8 % de los materiales son de baja calidad, en muchos casos son de segunda mano o desechados.

En la mayoría de los asentamientos populares se pone de manifiesto, que la autoconstrucción propiamente dicha se encuentra en medida importante en esos asentamientos. Esta "autoconstrucción" se caracteriza por no contar con ningún tipo de plan de crédito. Ella es financiada por los propios usuarios, en los momentos que existe un "superavit en el ingreso familiar", razón por la cual se realiza en forma paulatina y queda en estado precario, o sin mejoras durante mucho tiempo, lo que facilita el proceso de deterioro de las viviendas.

#### 11.7 IMPACTO ECOLOGICO EN EL MEDIO AMBIENTE FISICO

El rápido crecimiento poblacional especialmente en el AMSS, ha dañado la ya sobrecargada infraestructura urbana. Nada se ha hecho para mejorar la depositación de desechos sólidos, tratamiento de aguas negras, abastecimiento de agua potable, la vivienda marginal y otros servicios básicos.

El problema y sus efectos traspasan fronteras, el

deterioro ambiental grave en los países en vías de desarrollo por los escasos recursos financieros, la superpoblacion, de rápido crecimiento, la falta de control y visión por parte de los planificadores.

En nuestro país, estos problemas son aún más serios; el deterioro ambiental en El Salvador tiene raíces históricas profundas y factores que han influido en el desarrollo del país y en mayor escala en los últimos treinta años, principalmente las décadas de 1980 y 1990. Siendo uno de los países más densamente poblados del mundo y con el más reducido territorio de la América Continental; El Salvador afronta severas condiciones de erosión del suelo, contaminación ambiental y un gran deterioro y reducción de su patrimonio natural y cultural y hasta territorial.

Los problemas urbanos, como la super-población, pobreza, desempleo, infraestructura y vivienda inadecuada, son las principales causas del deterioro ambiental de nuestro país, entre otros. El problema más serio, se ha dado por la macrocefalia de la ciudad de San Salvador en donde viven cerca de 1.5 millones de habitantes (MIPLAN)

Entre 1970 y 1990 la población del AMSS creció un 122.9%; se estima que al normalizarse las variables demográficas con la finalización del conflicto armado, la densidad de población en el AMSS para el año 2,000

sería de casi 5,000 hab/Km<sup>2</sup>, comparado con una media nacional de 320 hab/Km<sup>2</sup>.

El crecimiento rápido, las soluciones inadecuadas e insuficientes, la escasez de recursos financieros estatales, la falta de visión y tiempo para desarrollar planes nacionales de desarrollo urbano ha agudizado todos los problemas ambientales.

El 65% de la población urbana habita en comunidades marginales carentes de vivienda apropiada y segura, así como sin infraestructura y servicios básicos.

Aunque no de menor importancia, los proyectos urbanos con visión más económica que social o ambiental estos han eliminado el concepto de paisaje urbano.

## 12.0 COMUNIDADES TÍPICAS CON CONDICIONES CRÍTICAS EN LAS QUE SE BASA LA INVESTIGACION.

- 12.1 Comunidad La Roca (Barrio Modelo)
- 12.2 Comunidad El Nazareno (Soyapango, Col. Amatepec)
- 12.3 Colonia Saprisa (Ciudad Delgado)
- 12.4 Colonia Guadalupe (Ciudad Delgado)

### 12.1 COMUNIDAD LA ROCA

Esta comunidad tiene sus orígenes en la década de 1960, cuando unas doce familias procedentes de las

denominadas colonias marginales, carentes de un espaciamiento físico, decidieron hacer uso de un predio baldío el cual está ubicado al sur de la colonia Málaga y al Norponiente de la colonia Providencia, de un área aproximada de 5,500 mt<sup>2</sup>, terminando al costado norte en un talud de 12 mt. de altura.

Las viviendas inicialmente construidas eran de bahareque, madera, cartón y lámina, dispuestas en una distribución desordenada e inapropiada para recidir, carentes de todos los servicios básicos comunitarios y sin una distribución equitativa de la tierra, con el tiempo se incorporaron nuevos miembros a la comunidad procedentes tanto del interior y/o exterior de la ciudad capital, siendo para el año de 1985 un total de 85 familias, para ese mismo año se hizo un estudio para una mejor distribución de los habitantes y alternativas de diseño para las viviendas. Estando actualmente construidas de mampostería reforzada en terrenos de 40 mt<sup>2</sup> de área.

Nuestro estudio consistirá en determinar la capacidad de carga del suelo, proponiendo para ello sondeos de perforación estándar en la localidad, considerando de igual forma hacer una análisis de estabilidad en el talud sobre el cual se ubica la comunidad, para proporcionar alternativas factibles de construcción para garantizar seguridad de la zona o métodos correctivos para detener el progresivo deterioro del suelo.

## 12.2 COMUNIDAD EL NAZARENO

Fundamentada en la problemática de la comunidad 22 de Abril, sus principales problemas económicos, políticos, naturales que se desprenden del conflicto armado las catastrofes, etc.; esta comunidad llevo a asentarse a ese lugar como consecuencia de la disposición de un espacio en la comunidad 22 de Abril, área que constituía la zona verde o zona de protección en la solución ordenada al asentamiento que tubo lugar en el botadero de basura de la Ciudad Credisa en Soyapango; así se puede ver que no se pierde la característica de ocupación en cadena de los espacios libres con procedimientos totalmente contrarios a los legalmente establecidos desde todo punto de vista; la necesidad obligada de la gente a resolver su problema de subsistencia.

Como resultado de todos los problemas de la sociedad, a un problema social le sigue otro de caracter técnico, las condiciones físicas de los asentamientos son lo más desfavorables que se puede esperar; en la comunidad El Nazareno, las condiciones son más críticas; además de ser una ladera era botadero de basura que no fué considerado como relleno sanitario, el talud es de materiales miscelaneos en la composición del suelo y actualmente alberga 85 familias de precarias condiciones, que se resguardan en casas hechas de bahareque, cartón, lámina y teja u otros materiales de desecho y sin servicios básicos comunitarios.

En esta problemática la comunidad ha decidido

establecerse mejor a pesar de las condiciones prevalecientes; por eso han gestionado ya su legalización al Viceministerio de vivienda en el Ministerio de Obras Públicas y demás organismos correspondientes, afrontando a la vez los problemas técnicos mencionados; han comenzado por investigar las condiciones del subsuelo donde piensan hacer algún tipo mejorado de unidades habitacionales que se adecúen a las condiciones del terreno, así como garantizar condiciones de riesgo colectivo como es la seguridad del talud en las zonas más desfavorables como son los estratos que están constituidos de basura en descomposición principalmente en la corona del talud. El estudio de este trabajo de graduación, dará las recomendaciones técnicas correspondientes para el caso de la capacidad que tiene el suelo de soportar el peso de las posibles viviendas y la seguridad del talud

### 12.3 COLONIA SAPRISA

Como consecuencia a no tener acceso a un crédito para la construcción de vivienda, muchas familias se arriesgan a comprar lotes para construir éstas en zonas de topografía muy irregular sobre suelos de mala calidad mecánica, esto se debe a que los dueños de los terrenos solamente precisan en vender el terreno no así por legalizar o urbanizar debidamente los terrenos, ya que esto incrementa el costo de venta de los pequeños lotes, lo cual estaría reduciendo el número de familias que pueden tener acceso a ellos, tal es el caso de

la colonia Saprisa en Ciudad Delgado, la cual está asentada sobre una zona de varios taludes con pendientes muy altas, en los cuales los suelos experimentan caídos (terracetas) de tierra, mayormente en la época invernal, poniendo en peligro tanto las viviendas ubicadas en la base como en la corona de los mismos.

El estudio en esta zona se enfocará a determinar tanto la capacidad de carga del suelo, así como la estabilidad de los taludes, para proporcionar las recomendaciones pertinentes.

#### 12.4 COLONIA GUADALUPE

Esta zona comenzó a ser habitada en el año de 1969, cuando una empresa particular comenzó a vender porciones de terreno, a precios considerados bajos, ya que no contaba con una aprobación legal de urbanización, formando así una más de las denominadas colonias piratas de San Salvador. Los compradores, personas de escasos recursos, procedentes de otras colonias y del interior del país, construyeron sus viviendas con materiales tales como adobe, madera, ladrillo, bloque saltex y algunas de bahareque, sin contar con los servicios de agua potable y alcantarillados sanitarios por muchos años, observándose en la mayoría el sistema de eliminación de excretas por medio de letrinas tipo fosa.

El problema surgió en el mes de septiembre de 1989 cuando la parte baja de dicha colonia sufrió un deslizamiento

en forma subita, con dirección hacia el río Acelhuate, dañando completamente las viviendas cimentadas sobre la zona. Durante el invierno de 1990, continuó deslizándose en forma lenta un área aproximadamente de 6.5 manzanas de terreno poniendo en peligro a todos los habitantes sobre dicha área, quienes posteriormente se vieron obligados a abandonar el inmueble por el inminente peligro, ya que el deslizamiento alcanzó desniveles hasta de 5 mt. en algunas zonas.

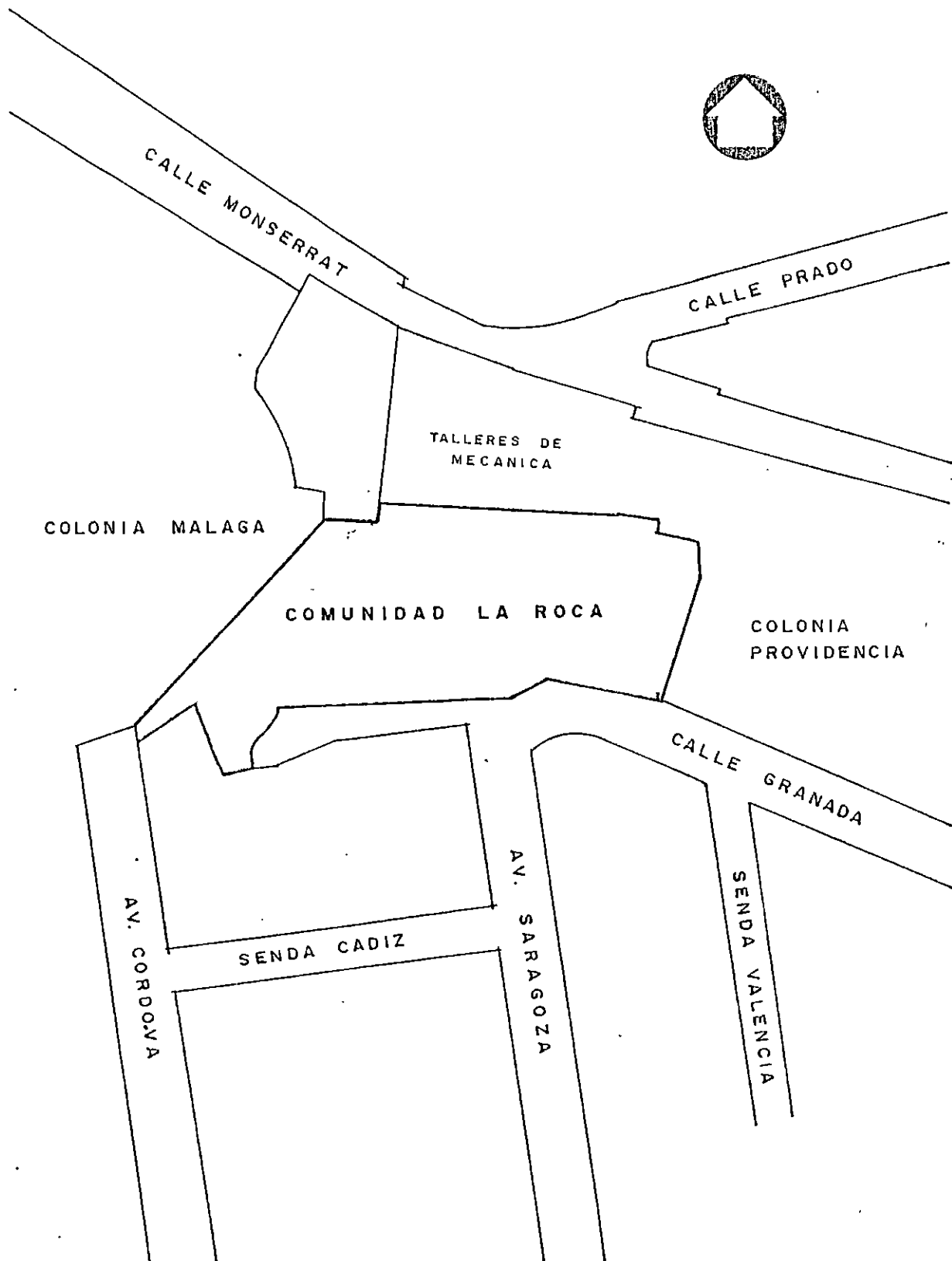
En la actualidad se observa el peligro que presentan las viviendas ubicadas cercanas a la corona del deslizamiento, la cual será nuestro objeto de estudio, para proporcionar recomendaciones para obras de protección que garanticen la estabilidad de la zona.



ANEXO I-A

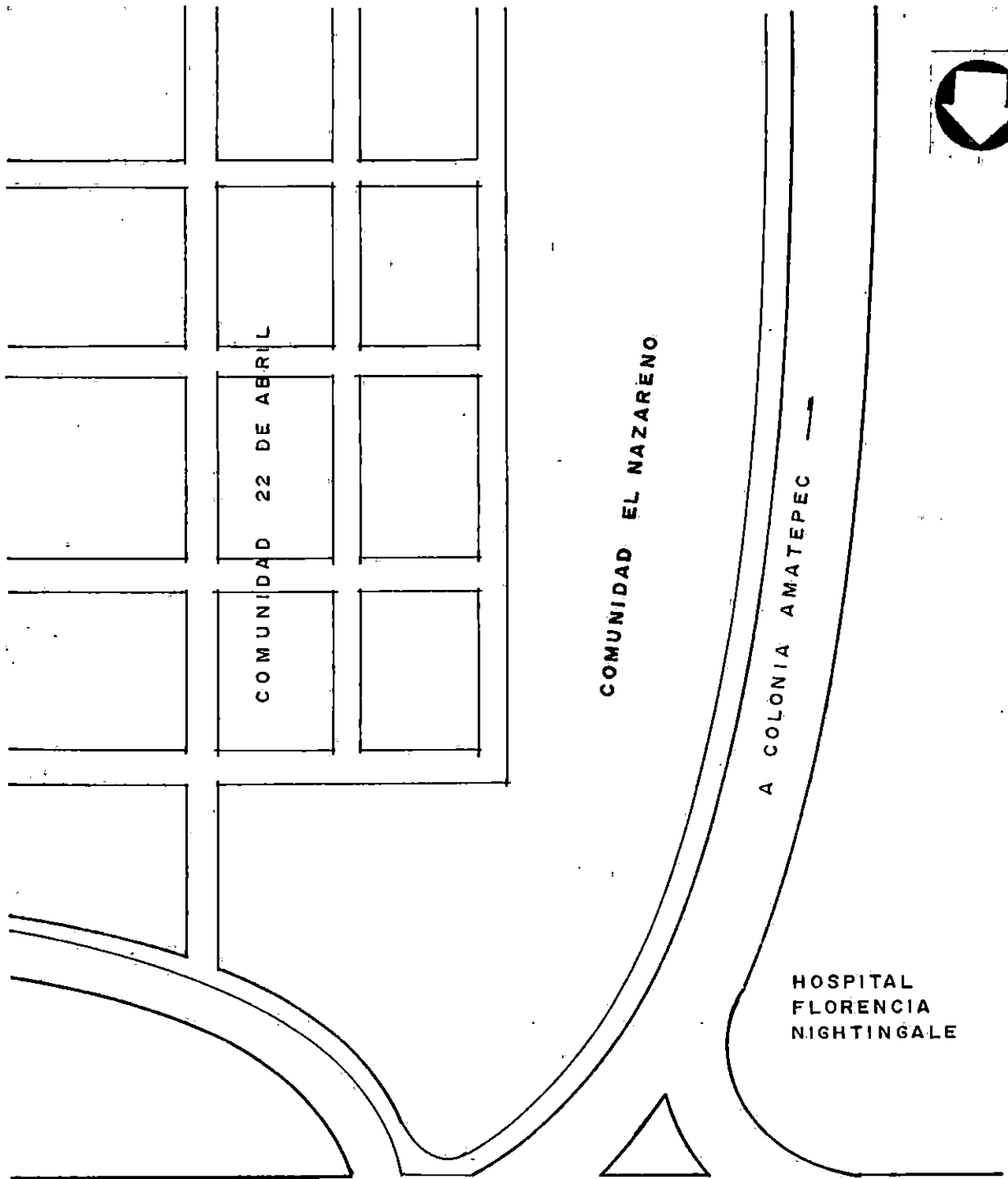
UBICACION DE LAS COMUNIDADES

COMUNIDAD LA ROCA



ESQUEMA DE UBICACION SIN ESCALA.

COMUNIDAD EL NAZARENO



BOULEVAR DEL EJERCITO NACIONAL

— A SOYAPANGO

ESQUEMA DE UBICACION SIN ESCALA

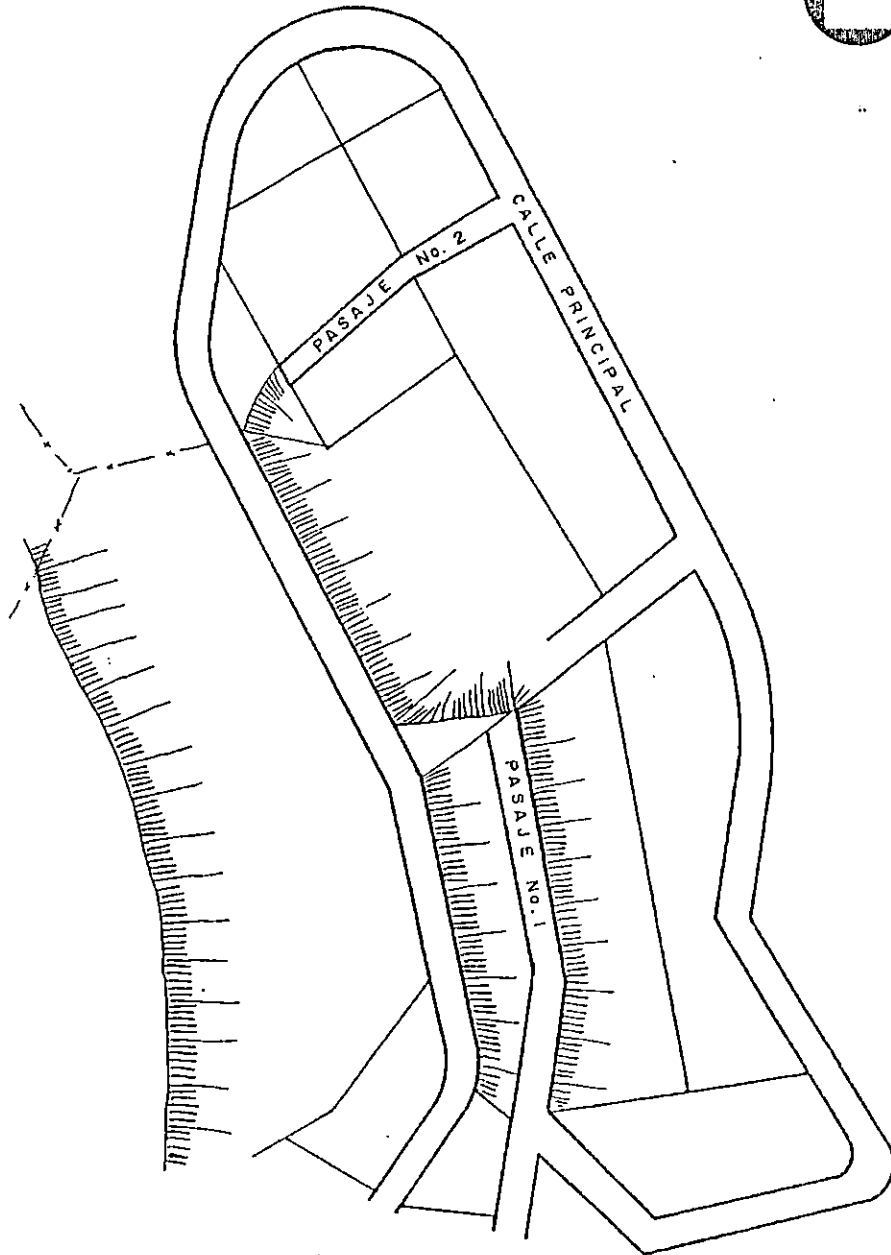
COLONIA SAPRISA

COLONIA SAN FERNANDO

COLONIA LOS ALPES

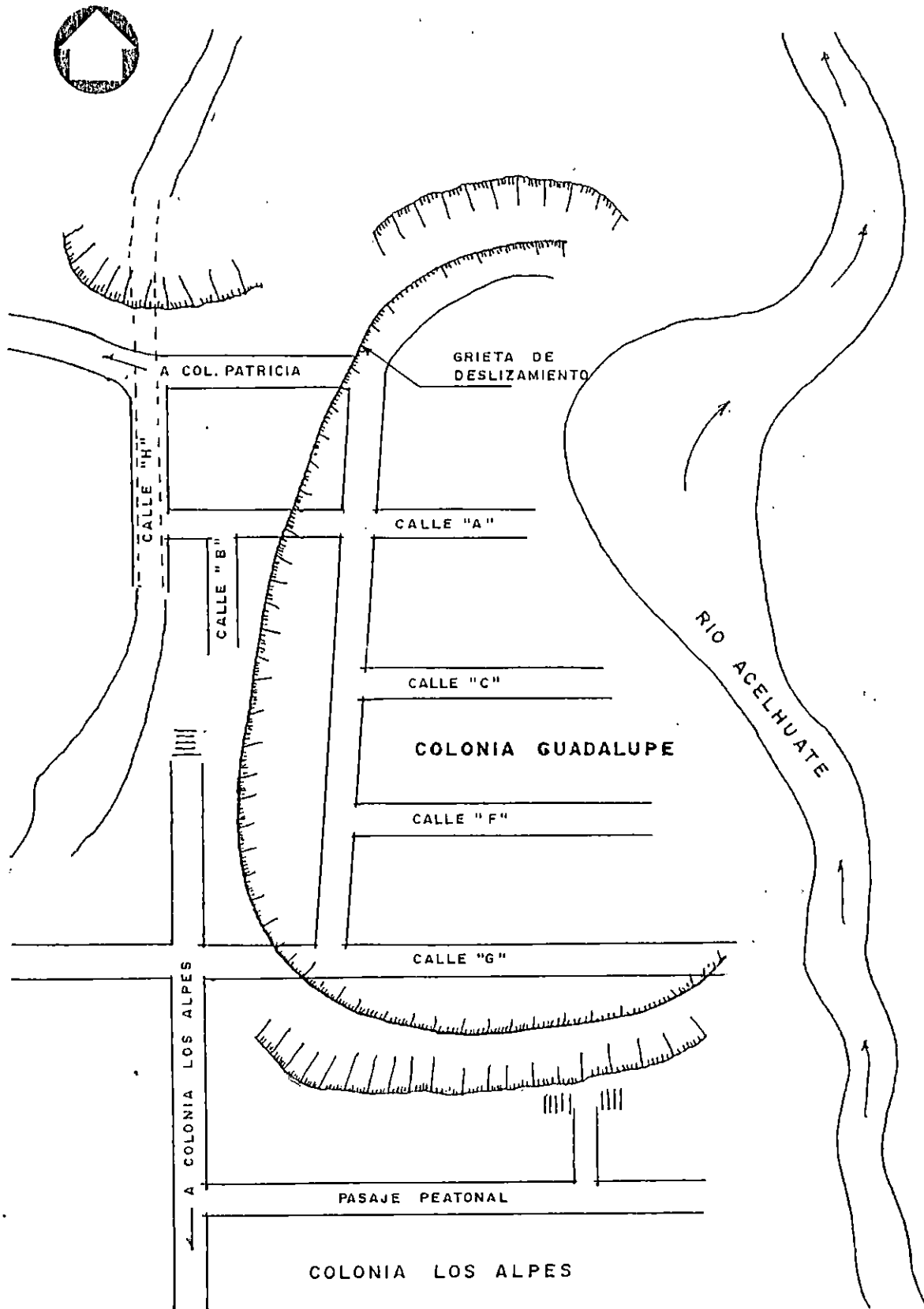


RIO ACELHUATE



ESQUEMA DE UBICACION SIN ESCALA.

COLONIA GUADALUPE



ESQUEMA DE UBICACION SIN ESCALA.

## CAPITULO II

# CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS

## CAPITULO II

### CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS

#### INTRODUCCION

En este capítulo se presentan los conceptos de mecánica de suelos y parámetros necesarios para llevar a cabo el estudio técnico de la capacidad de carga del suelo y estabilidad de taludes en las comunidades objeto de estudio.

#### 2.1 SUELOS CONVENCIONALES Y SUELOS NO CONVENCIONALES

##### SUELOS CONVENCIONALES

Dentro de ésta categoría se pueden mencionar los siguientes grupos y tipos:

a. Roca Firme.

Es la roca sólida, dura en su yacimiento natural que ocupa una extensión grande, las rocas volcánicas son las más comunes en nuestro medio.

La roca firme normalmente es capaz de soportar altas presiones transmitidas por las estructuras hechas por el hombre. Saber la clase de roca, la presencia de grietas, la profundidad a la que se localiza el espesor del estrato y la inclinación de la

superficie, es importante.

La excavación en roca firme solo es posible mediante el uso de explosivos.

**b. Cantos gruesos.**

Son fragmentos de roca desprendidos de la roca firme. Si han tenido transporte, estos han sufrido desgaste por la acción del agua o por haber rodado.

TABLA II-1  
Tipificación de la roca por su tamaño

TIPIFICACION	DIMENSION (mm)
Cantos gruesos	> 250
Cantos rodados	50 - 250
Guijarros	4 - 50

**c. Grava**

Fragmentos de roca no consolidadas cuyos tamaños están comprendidos entre los 2 mm. y 250 mm. Las gravas están compuestas de partículas de muchos tamaños, de trozos más o menos redondeados o angulares.

**d. Arenas**

Material compuesto de pequeñas partículas de forma redondeada o angulosa, proceden de rocas disgregadas. Al describir las arenas se suele adoptar



la siguiente clasificación arbitraria:

Arena fina ..... 0.05 - 0.25 mm  
 Arena media ..... 0.2 - 0.6 mm  
 Arena gruesa ..... 2.0 - 2.5 mm

La figura II-1 muestra los diámetros de las partículas en base a los porcentajes que pasan el tamis.

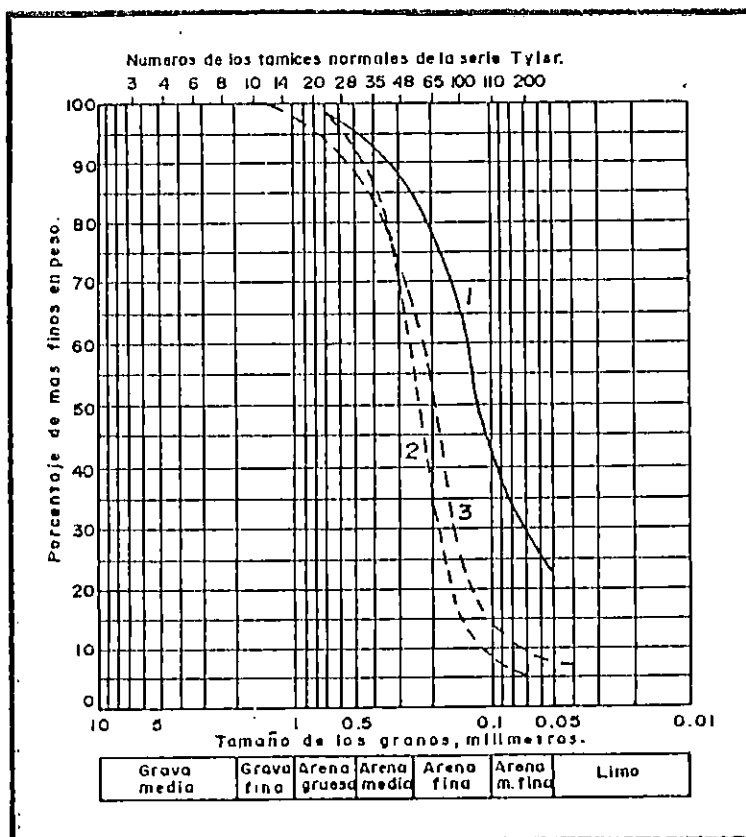


FIGURA II-1

Curva No 1 arena fina y limo, curva No 2 arena fina, curva No 3 arena media y fina.

Las arenas limosas o materiales arenosos normalmente son buenos para cimentación. Sin embargo, cuando la arena es muy fina y suelta disminuye su resistencia y capacidad de carga.

e. **Limos.**

Material compuesto de partículas muy finas cuyos diámetros varían de 0.05 a 0.005 mm. aproximadamente. El limo orgánico es un limo mezclado con materia orgánica finamente dividida, de olor desagradable.

El limo inorgánico es uno de los suelos "flojos", con capilaridad elevada, que no merecen confianza.

f. **Arcilla.**

Es el material compuesto de partículas sumamente finas de materia inorgánica cuyo diámetro es menor de 0.005 mm. Estas partículas tienen forma de escamas o laminillas y generalmente están mal consolidadas.

La arcilla se vuelve plástica cuando se humedece, pero pierde esta plasticidad al secarse. Cuando se utiliza la arcilla como material de cimentación deberá estudiarse cuidadosamente y emplearla con discreción. Tanto las arcillas como los limos deberán ensayarse en las peores condiciones de

humedad.

**g. Tierra Vegetal**

Es una mezcla de arena, limo o arcilla, o una combinación de cualquiera de ellos además de materia orgánica (humus).

La tierra vegetal no debe usarse para cimentaciones pesadas. Deberá removerse totalmente y no se utiliza con fines de cimentación.

**h. Turba.**

Suelo constituido por materia orgánica parcialmente descompuesto.

La turba practicamente es inservible como material de cimentación.

**SUELOS NO CONVENCIONALES**

Desde el punto de vista de la mecánica de suelos, son suelos que no han sido incluidos en los sistemas de clasificación conocidos; se puede decir, que son suelos que no son resultado de una formación geológica sino que en su mayoría han sido producto de la acción del medio ambiente y de la mano del hombre, como ejemplo se pueden citar:

a. **Gumbo**

Material muy fino parecido a la arcilla, que se hace muy pegajoso cuando se humedece. El gumbo es malo para cimentación.

b. **Lodo Orgánico**

Mezcla de materia orgánica y materiales térreos (suelos) inorgánicos.

El lodo orgánico, es inservible como material de cimentación.

c. **Loess**

Es un material poroso, no endurecido depositado (por la acción del viento) sin estratificar y del tamaño del limo.

El loess puede tener algún valor como material de cimentación, con características de un limo uniforme o muy fino.

d. **Materiales artificiales**

La mayor fuente de estos materiales son los desechos de todas clases; desde los derivados de procesos industriales, que son uniformes, hasta las más heterogéneas acumulaciones de basura, escombros de demoliciones y desechos metálicos tanto domésticos

como industriales.

Se considera, que estos suelos son desalojados en zonas donde no se harán construcciones futuras. Pero el caso particular de la ciudad de San Salvador, la escases de tierra para la construcción de viviendas obliga a que estas zonas sean utilizadas para éstos propósitos, lo cual constituye un reto para la mejora de sus propiedades físicas como mecánicas y de esta forma puedan ofrecer seguridad a las estructuras que sobre ellos se edifiquen.

## 2.2 NORMAS Y ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS SUELOS NORMALES Y LAS QUE SE CUMPLIRIAN O APLICARIAN EN LOS SUELOS NO NORMALES.

Para la clasificación de los suelos normales existen métodos que para cada caso particular deben aplicarse, las condiciones a considerar en nuestro medio están regidas por las normas de la ASTM. (American Standart Test of Materials), en las cuales, para los diferentes tipos de suelos existen variados ensayos que deben cumplir los requisitos en una norma establecida. Puede considerarse que dependiendo del uso que se le de al suelo, se designan los ensayos necesarios a realizar y apegados a las especificaciones o normas que debe cumplir. Como ejemplos:

la norma de la ASTM D 423-66 (1972). Para límites de Consistencia de los Suelos, se basa en la investigación de Atterberg que marcó la frontera de los cuatro estados en que pueden presentarse los materiales granulares muy finos, fijando los siguientes límites: Líquido, plástico y el semisólido; y el tercero separa el estado semisólido del sólido.

El límite líquido (LL) lo fija el contenido de agua (expresado en porcentaje del peso seco), que debe tener un suelo remoldeado para que una muestra del mismo, en que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, y que al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos, se cierre sin resbalar en su apoyo. (fig. II-2).

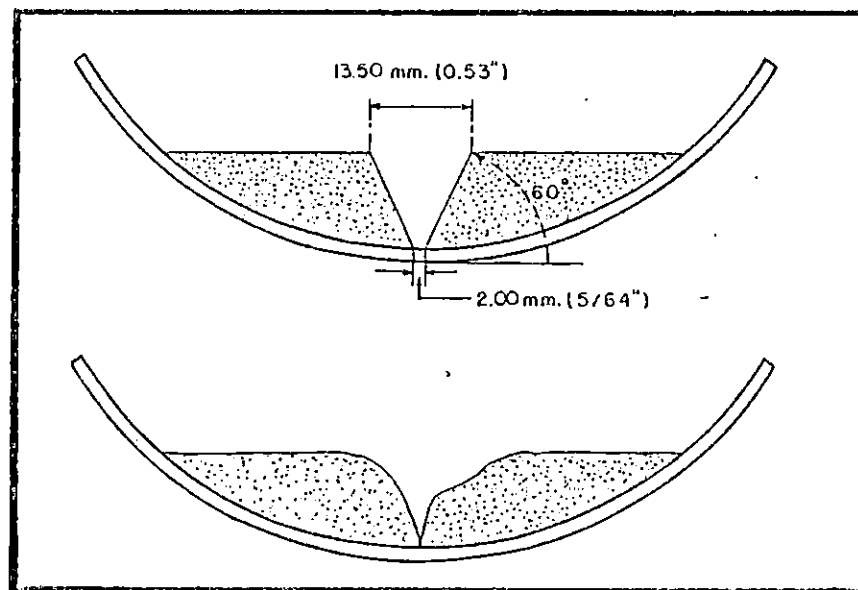


FIG.II-2 Ensayo de límite Líquido

El límite plástico (Lp), lo fija el contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo, que aproximadamente mide 3.2mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa, noabsorbente, con una velocidad de dos golpes por segundo.

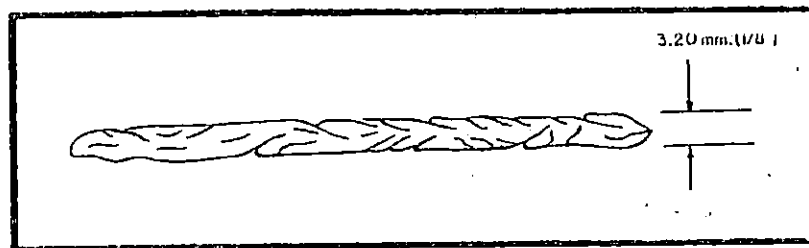


FIG II-3 Ensayo de límite plástico

El límite de contracción (Lc), es el contenido de agua que saturaría a un suelo contraído por secamiento de evaporación.

A la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico se le conoce como Índice de Plasticidad, y es una medida de la plasticidad del suelo. Se define el Índice de Contracción por la diferencia entre los límites plásticos y de contracción.

ASTM D 422-63 (1972). Distribución Granulométrica de los Suelos.

El análisis granulométrico de un suelo consiste en

separar por tamaños, en base a su peso seco los granos que lo componen.

Según su composición, la granulometría puede determinarse por medio de mallas y por el método del hidrómetro o bien combinando ambos.

En la tabla II-2, se presentan, para efectos de clasificación, el rango de tamaños de las partículas de los suelos.

TABLA II-2  
Tamaño de las partículas de suelos

Término descriptivo	Pasa por tamiz N°	Retenida por el tamiz N°	Margen de tamaños (mm)
Arcillas	200	Análisis con hidrómetro	0.006
Limo	200		0.006 a 0.074
Arena fina	65	200	0.074 a 0.208
Arena media	28	65	0.208 a 0.589
Arena gruesa	8	28	0.589 a 2.362
Grava.	...	8	2.362
Guijo, guijarro	...	....	2.362 a 6.35
Canto rodado, morro.	...	....	6.35 a 15.24
Canto grueso	...	....	15.24

Ref. 1



ASTM D 2216-71. Determinación del contenido de agua de los suelos.

Se le conoce como contenido de agua o humedad de un suelo, a la relación entre el peso de agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida; se expresa como un porcentaje.

**TABLA II-3.**  
Algunos valores de contenidos de humedad en condiciones normales para el Area de San Salvador.

Tipo de Suelo	Mínimo %	Máximo %
SM	6	88.7
SM -ML	10.0	38.9
ML	7.9	55.1
CL	16.2	37.9
SL	12.0	46.4
ML-OL	6.6	36.3
SM-OL	33.1	45.0

Ref. 3

ASTM D 1586. Resistencia a la penetración estándar de los suelos (SPT).

Consiste en dos etapas: perforar para abrir un agujero en el suelo y tomar muestras en estado natural para obtener una muestra intacta que sea apropiada para la inspección visual y los ensayos de humedad, clasificación y hasta de comprensión sin confinar.

ASTM D 2573. Resistencia al Corte Directo de los suelos Cohesivos.

Consiste en colocar una muestra de suelo en una caja de forma paralelepípeda (fig. II-4) cortada longitudinalmente al centro, en la que puede deslizarse la parte superior sobre la inferior. La tapa de la caja se puede mover libremente en dirección vertical y a ella se aplica una carga normal "P" la cual es transmitida uniformemente a la muestra de suelo. Una fuerza cortante "S" se aplica a la mitad superior de la caja al tirar de esta, la cual corta la muestra según el plano x-x.

(Fig. II-4a)

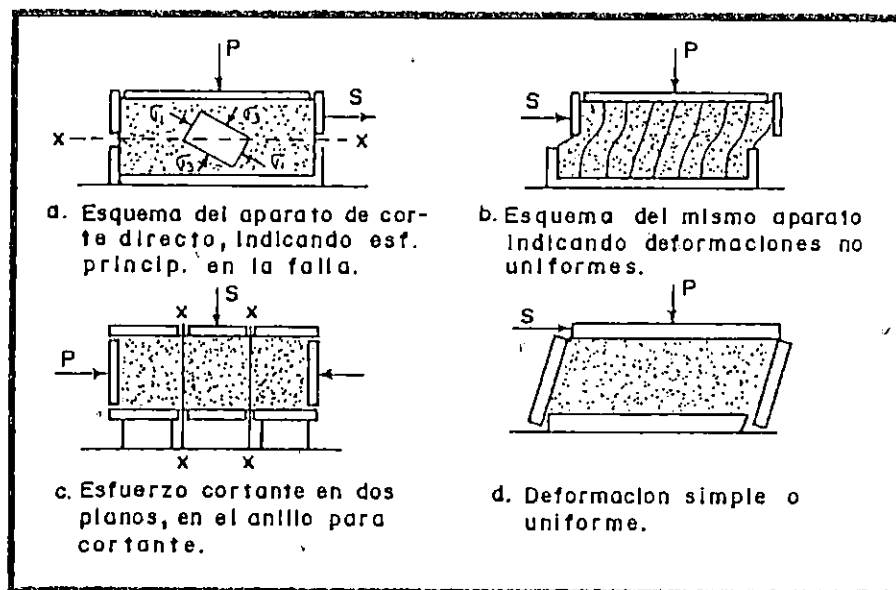


FIG II-4 Ensayo de corte directo de los suelos.

ASTM D 0854-58. Gravedad Específica de los Suelos.

Se define como gravedad específica de un suelo, la relación entre el peso de los sólidos y el peso del volumen de agua que desaloja la muestra. En las gravas, se determina la gravedad específica con relación al agua limpia a la temperatura ambiente, estando el material saturado; el valor queda expresado por un número adimensional.

Para su determinación se hace uso de matraces calibrados a distintas temperaturas.

La gravedad específica de los suelos varía entre los siguientes valores . (Ref. 2)

Cenizas volcánicas .....	2.20 a 2.50
Suelos orgánicos .....	2.50 a 2.65
Arenas y Gravav .....	2.65 a 2.67
Limos Inorgánicos y guijarros arcillosos .....	2.67 a 2.72
Arcillas poco plásticas y medianamente plásticas .....	2.72 a 2.78
Arcillas medianamente plásticas y muy plásticas .....	2.78 a 2.84
Arcillas expansivas .....	2.84 a 2.88

ASTM D 2488-69 (1975): Clasificación visual manual de los suelos.

Este ensayo incluye los procedimientos de identificación de suelos finos o fracciones finas de suelos, mediante la realización de las siguientes pruebas:

1. Deformabilidad - Movilidad del agua (reacción al agitado).
2. Resistencia a la rotura (suelo seco).
3. Tenacidad (consistencia cerca del límite plástico).

### 2.3 ESTABILIDAD DEL SUELO

Se dice que un suelo es estable, cuando al aplicarle una sobrecarga a la que va a ser expuesto, no producirá una falla en éste o un asentamiento excesivo; los asentamientos diferenciales casi siempre se ponen de manifiesto en los suelos normales.

### COMPOSICION DEL SUELO

Un material terroso es suelo; también un relleno sanitario.

Son la base del suelo las rocas ígneas, metamórficas y los depósitos sedimentarios; estas se ablandan o se

desintegran por acción de la intemperie.

La corteza terrestre al interactuar con el aire y las aguas genera los mecanismos de ataque los cuales pueden incluirse en dos grupos: desintegración mecánicas y descomposición química. Así, la desintegración mecánica, se refiere a la intemperización de las rocas por agentes físicos, tales como cambios periódicos de temperatura, acción de la congelación del agua en las juntas y grietas de las rocas que llegan a formar arenas o limos, y solo en casos especiales arcillas.

La acción de la descomposición química ataca las rocas, modificando su constitución mineralógica o química. El principal agente es, el agua y los mecanismos de ataque más activos son la oxidación, la hidratación y la carbonatación. Los efectos químicos de la vegetación juegan un papel importante. Estos mecanismos generalmente producen arcillas como último producto de descomposición.

#### SUELOS HOMOGENEOS

Resultan de la desintegración de la roca por los procesos que tienen lugar con el tiempo y el medio ambiente, Ej. la meteorización, se fragmenta la masa rocosa en pedazos más pequeños por procesos naturales, mecánicos o químicos, teniendo en algunas ocasiones

cambios en la composición química de la roca, como también formar nuevos minerales, que generalmente tienen propiedades físicas y químicas completamente diferentes de los que le dieron origen. Se considera que estos materiales no sufren transporte, sino que se encuentran en el lugar donde han sufrido el cambio. En nuestro medio este suelo es difícil de encontrarlo.

#### SUELOS HETEROGENEOS

Estos suelos contienen una mixtura de materiales tales como grava, arena y mezclas arcillosas depositadas; las arenas aluviales, los limos y las arcillas provienen de los ríos, las arcillas marinas blandas y las arenas de playas de la costa, las rocas muy meteorizadas de los trópicos, y las escorias originan estos suelos.

#### CAPILARIDAD

Los intercomunicadores entre los vacíos o poros del suelo forman tubos capilares. La tensión máxima capilar que puede desarrollarse, varía de un punto a otro, dependiendo del diámetro del poro y el grado de saturación del suelo.

El diámetro del poro de un suelo saturado no cohesivo

para la tensión capilar, se estima en  $D_{10}/5$ .

Si la masa de suelo está completamente saturada, la superficie de separación entre aire y agua desaparece y la tensión capilar se reduce a cero. Cuando un suelo saturado se expone al aire libre, se desarrolla tensión capilar tan pronto como la evaporación produce meniscos en la superficie. En un suelo saturado la humedad es continua, los esfuerzos de tracción del agua, que se desarrollan en la superficie de separación aire-agua, se transmiten a toda la masa del suelo, en forma similar a como se transmite en todo el fluido continuo la presión aplicada a un punto de dicho fluido.

La ascensión capilar del agua en el suelo, por arriba del nivel Freático subterráneo, es el producto del efecto combinado de la tensión capilar y la presión hidrostática.

#### PERMEABILIDAD

Un suelo o roca es permeable cuando contiene huecos o intersticios y grietas o fracturas continuas. La permeabilidad, es la facilidad o dificultad que ofrece un suelo al paso del agua; esta es medida por el coeficiente de permeabilidad, que es una constante que tiene dimensiones de velocidad (cm/s), que expresa la facilidad con que el agua atravieza un suelo; el grado de

permeabilidad varía según el suelo.

La magnitud del coeficiente de permeabilidad depende de la viscosidad del agua, del tamaño del grano, la forma y área de los conductos a través de los cuales fluye el agua.

En suelos limpios no cohesivos, la permeabilidad varía con el diámetro a la segunda potencia ( $D_{10}$ )<sup>2</sup>, la permeabilidad para las arenas limpias Hazen propone calcularla así:

$$K = C * D_{10}^2 \quad (1)$$

Donde K: esta en cm/s

$D_{10}$ : en mm

C: constante cuyo valor varía entre 1 y 1.5.

La relación de vacíos (e) de los suelos y la permeabilidad son proporcionales en  $e^2$ .

La forma de los granos y la gradación son importantes especialmente en los suelos más gruesos pero se dificulta expresar sus resultados cuantitativamente.

El grado de saturación, el aire en los poros reduce el área de la sección transversal y puede llegar hasta obstruir el paso del agua.



TABLA II-4  
Clasificación de los suelos de acuerdo a su coeficiente de permeabilidad.

SUELOS	CLASIFICACION	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
IMPERMEABLES	ARCILLAS Y ARCILLAS LIMOSAS	MENOR QUE $10^{-6}$ cm/seg.
POCO PERMEABLES	LIMOS ARCILLOSOS, LIMOS, ARENAS MUY FINAS	$10^{-6}$ A $10^{-3}$ cm/seg.
PERMEABLES	ARENAS LIMPIAS	$10^{-3}$ a 1.0 cm/seg.
MUY PERMEABLES	GRAVA Y ARENA	MAYOR QUE 1.0 cm/seg.

TABLA II-5  
Tamaño del grano segun su coeficiente de permeabilidad K\*

	$\phi$ máx	$\phi$ mín	D <sub>10</sub> (mm)	COEFIC. DE PERMEAB. ( K ) cm/seg.
Arena gruesa uniforme.	2	0.5	0.6	0.4
Arena media uniforme.	0.5	0.25	0.3	0.1
Arena bien graduada, limpia, grava.	10	0.05	0.1	0.01
Arena fina uniforme.	0.25	0.05	0.06	40E-4
Arena sedimentada bien graduada.	5	0.01	0.02	4E-4
Arena sedimentada.	2	0.005	0.01	1E-4
Sedimento uniforme.	0.05	0.005	0.006	0.5E-4
Arcilla arenosa.	1.0	0.001	0.002	0.5E-5
Arcilla sedimentada.	0.05	0.001	0.0015	0.1E-5
Arcilla 30 a 50%. (tamaño de arcilla)	0.05	5E-3	8E-3	0.1E-6
Arcilla colonial (de 2 a 50%)	0.01	10A	40A	1E-9

\*  $K=100 \cdot D_{10}^2$  Dada por Hazen (ref. 5)

## FLUJO VERTICAL

La solución a los problemas de taludes, presas de tierras, tablestacas, etc., requiere la estimación del gasto que fluye a través del cuerpo de la estructura o la cimentación, así como también de la estimación de las fuerzas hidrodinámicas o las presiones de poro y fuerzas de filtración que producen el flujo del agua a través de estos elementos.

El agua que existe en el suelo se puede clasificar en tres categorías dependiendo de la movilidad dentro de él.

### El agua absorbida.

Ligada a partículas del suelo por fuerzas de origen eléctrico, y que no se mueve en el interior de la masa porosa.

### El agua capilar.

Cuyo flujo aunque es de importancia en algunos problemas de la mecánica de los suelos, su influencia es pequeña, en una zona muy localizada y no se toma en consideración.

### El agua libre o gravitacional.

Que bajo el efecto de la gravedad, puede moverse en el interior de la masa del suelo sin otro obstáculo que el impuesto por su viscosidad y la estructura del suelo.

En una masa de suelo, el agua libre o gravitacional está separada del agua capilar por una superficie denominada Nivel Freático, que constituye el lugar geométrico de los puntos en que el agua posee una presión igual a la atmosférica.

### **FLUJO CAPILAR**

El flujo capilar se produce en la zona de saturación y en la franja capilar donde la humedad es continua. En estado de equilibrio, la tensión capilar (fuerza en la superficie de separación entre el aire y el agua, que actúa a la superficie del agua) equilibra el esfuerzo hidrostático y no se produce movimiento. Si algo hiciera cambiar la tensión capilar, entonces se produciría el flujo, dependiendo éste si la tensión capilar aumenta o disminuye con relación al gradiente hidrostático.

### **FLUJO ASCENDENTE**

Se da cuando la tensión capilar excede al esfuerzo hidrostático. En las regiones áridas la continua evaporación en la zona de la franja mantiene un estado de desequilibrio y un flujo capilar ascendente.

En las regiones húmedas, el flujo ascendente puede ser provocado por la pérdida de agua en la zona capilar por la transpiración de los cultivos y de otra vegetación. La evaporación acelerada producida por el calor también puede aumentar la tensión capilar y el movimiento ascendente de la humedad.

#### FLUJO DESCENDENTE

Es provocado por un aumento en el grado de saturación de la franja, acompañado por un aumento en el radio de cada menisco en la franja y en el límite de la zona de saturación capilar.

La tensión capilar se reduce y ésta produce un gradiente que causa un flujo descendente. De esta manera, se reestablece el nivel del agua subterránea, aunque el agua que llega al nivel freático puede que haya venido de la zona capilar. Un movimiento descendente similar puede ocurrir durante períodos en que la temperatura de la superficie del terreno aumente.

#### ELASTICIDAD

Un suelo idealmente elástico es aquel que obedece la ley de Hooke, los cuales pueden sufrir cambios en la forma

pero no en volumen; debido a cambios en los esfuerzos tangenciales del suelo esta propiedad supone que:

1. El suelo es un medio continuo, linealmente elástico e isótropo.
2. Es instantáneo (no toma en cuenta el factor tiempo).
3. Inexistencia de las deformaciones diferidas.

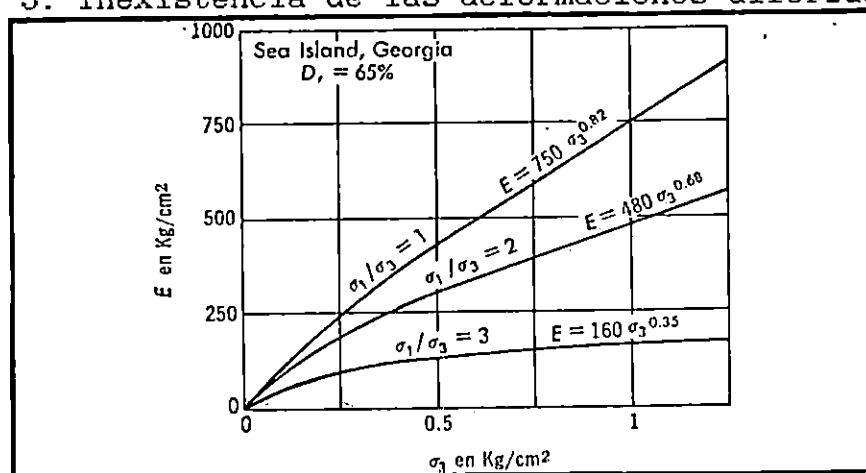


FIG. II-5 Diferentes módulos de elasticidad (E) para las arenas de playa

### PLASTICIDAD

Es la propiedad de un suelo capaz de soportar deformaciones rápidas sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

Según los experimentos realizados por a Atterberg, Terzaghi y Goldschmit, (Ref. 2) la plasticidad de los suelos se debe a la carga eléctrica de las partículas laminares, que generan campos que actúan como condensadores e influyen en las moléculas bipolares del agua; en los

suelos plásticos el espesor de estas capas de agua sólida y viscosa no fluidas, es grande, y su efecto en la interacción de las partículas de suelo determinan su plasticidad. Atterberg hizo ver que:

1. La plasticidad no era una propiedad permanente de las arcillas, si no circunstancial, dependiente de su contenido de agua. Una arcilla muy seca puede tener consistencia muy dura como la de un ladrillo, con plasticidad nula; y esa misma con gran contenido de agua, puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o las de una suspensión líquida. En ambos extremos existe un intervalo del contenido de agua en que la arcilla se comporta plásticamente.
2. La plasticidad se obtiene a partir del límite líquido y el límite plástico.

TABLA II-6  
Cualificación de los suelos a partir del índice de plasticidad

CONCEPTO	IP	RESISTENCIA EN ESTADO SECO	ENSAYOS DE CAMPO
No plástico.	0-3	Muy baja	Cae en pedazos fácilmente.
Ligeramente plástico.	4-15	Ligera	Se tritura fácilmente con los dedos.
Medianamente plástico.	15-30	Mediana	Difícil de triturar.
Muy plástico.	≥31	Alta	Imposible de triturar con los dedos.

Tomado de ref. 6

## FRICCION

La fricción es una propiedad de los suelos granulares, (suelos friccionantes). La resistencia al deslizamiento en cada punto de contacto intergranular es proporcional a la fuerza normal en dicho contacto y por tanto la resistencia total aumenta con la presión de confinamiento. El acomodo de las partículas también contribuye a la resistencia general. El acomodo de los granos disminuye al aumentar su confinamiento ya que las superficies se aplastan en los puntos de contacto; se rompen los bordes agudos y las partículas se parten, facilitando a que se produzcan deformaciones de corte.

El suelo granular es friccionante pero se diferencia del comportamiento de fricción pura, por la influencia de la presión de confinamiento sobre el acomodo de las partículas.

El esfuerzo que es capaz de soportar un suelo depende directamente de la trabazón de los granos del suelo, ya que a mayor trabazón mayor es el esfuerzo soportado, debido a la fricción entre ellas y a los efectos de las fuerzas tangenciales.

La fricción del suelo también depende de:

1. El tamaño de las partículas. (a mayor tamaño mayor fricción. Ver tabla II-7).

2. La forma del grano. (entre más angulosa mayor fricción).
3. La separación entre los granos.
4. La uniformidad del grano.

TABLA II-7  
Valores estimados de fuerzas de contacto medias entre partículas de arena.

TIPO DE SUELO	DIAMETRO DE LAS PARTICULAS (mm)	FUERZA MEDIA DE CONTACTO (gr) PARA UN ESFUERZO MACROSCOPICO DE		
		1 kg/cm <sup>2</sup>	10 kg/cm <sup>2</sup>	100 kg/cm <sup>2</sup>
	60	3	30	300
Grava	2.0	0.003	0.03	0.3
Arena	0.06	3 E-6	3 E-5	3 E-4
Limo	0.002	3 E-9	3 E-3	3 E-7

Tomado de ref. 7

### CONSOLIDACION

Es el proceso de disminución de volumen (desalojo de agua) que tiene lugar sobre el suelo. Durante este proceso, la posición relativa de las partículas sólidas sobre un mismo plano horizontal permanece casi sin modificarse; así, el movimiento de las partículas del suelo ocurre solo en dirección vertical, esta es la consolidación unidimensional.

Las relaciones entre la presión vertical, el asentamiento y el tiempo, se investigan en el laboratorio por medio de una prueba de comprensión confinada, llamada



prueba edométrica.

En el campo, la compresibilidad de un suelo puede obtenerse haciendo pruebas de consolidación con muestras extraídas de manera que su estado se altere lo menos posible. Debe reconocerse dos diferentes condiciones de importancia práctica:

1. Cuando el estrato del que se toma la muestra está normalmente cargado o preconsolidado.
2. Cuando un estrato preconsolidado o sobreconsolidado, en alguna época de su historia estuvo sujeto a presiones mayores que las actuales.

Generalmente el ensayo de consolidación se efectúa para suelos arcillosos. La prueba se realiza en el aparato llamado consolidómetro, en ella se controla el tiempo y la relación de asentamientos diferenciales aplicando una carga (P) a una pastilla de dicho suelo. El objetivo fundamental es determinar y relacionar el tiempo de consolidación de la pastilla con el tiempo de asentamiento del suelo al aplicarle el peso de la estructura.

- \* **CONSOLIDACION PRIMARIA:** Se produce durante la disipación de las sobrepresiones intersticiales (expulsión de agua), esta consolidación avanza con el tiempo.
- \* **CONSOLIDACION SECUNDARIA:** Es un asentamiento definido en el tiempo debido al deslizamiento entre las

partículas, después de que prácticamente se han disipado las sobrepresiones intersticiales. Se produce debido a que la relación de vacíos del suelo y el esfuerzo efectivo suelen depender del tiempo; cuanto más tiempo permanece la arcilla bajo el esfuerzo efectivo constante, mayor capacidad de carga alcanza el suelo. (ver fig.II-5a y fig.II-5b)

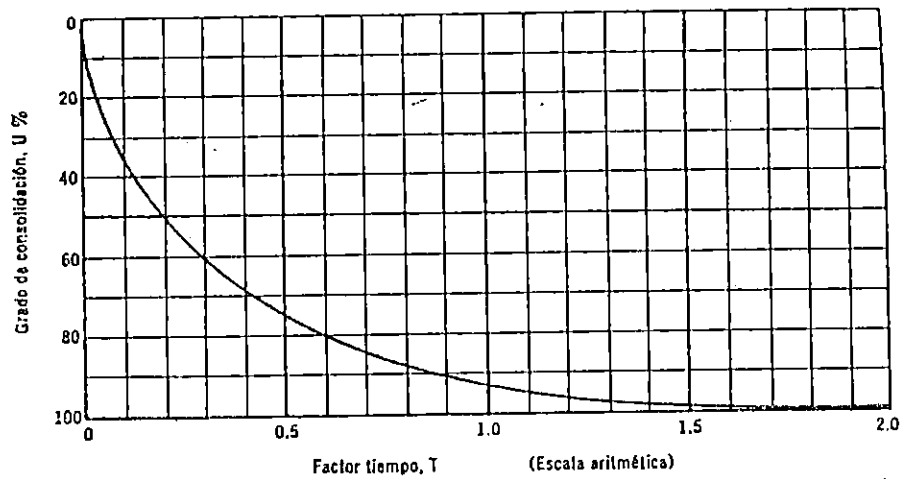


FIG. II-5a: trazado aritmético de la curva teórica de consolidación.

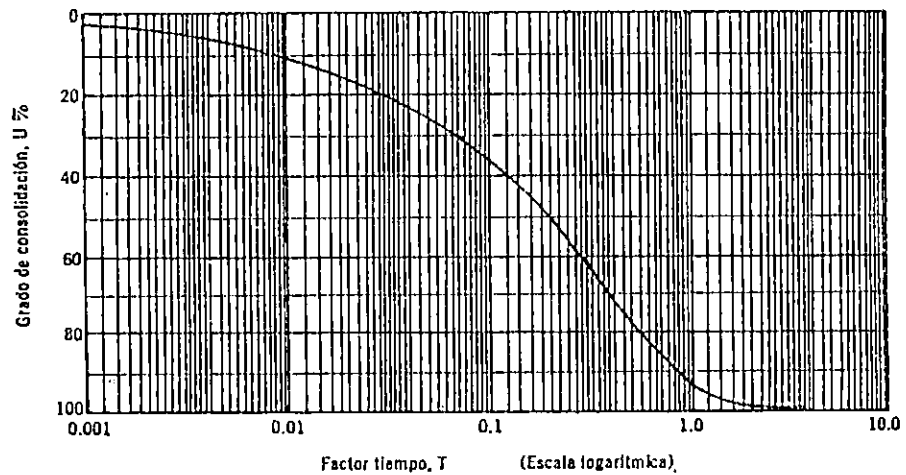


FIG. II-5b: Trazado semilogarítmico de la curva teórica de consolidación (Ref. 7)

## CONSISTENCIA

Es la propiedad índice más importante de los materiales finos en estado natural. La consistencia de los depósitos naturales de suelo cohesivos se expresa cualitativamente en términos de blando, medio, firme y duro. Sin embargo, el significado varía mucho de un lugar a otro, lo que depende de que los suelos locales sean generalmente duros o blando.

Cuantitativamente, la consistencia de un suelo cohesivo inalterado puede expresarse en función de su resistencia a la compresión  $q_u$  (determinada en probetas sin confinar).

TABLA II-8  
Consistencia de suelos cohesivos a partir de prueba SPT. \*

Número de golpes	Consistencia
0 - 1	Muy blanda
2 - 4	Blanda
5 - 8	Firme
9 - 15	Consistente
16 - 30	Muy consistente
más de 30	Dura

\* Medida con muestreador de 3.5 cm. de diámetro interior y 5.0 cm de diámetro exterior, incado 30 cm. con martillo de 64 kg. cayendo de 76 cm. de altura.



TABLA II- 9

Consistencia de los suelos en general

Consistencia	Identificación de campo	Resistencia a la compresión simple. $q_u$ (ton./m <sup>2</sup> )
Muy blanda	El puño puede penetrar en ella fácilmente varios centímetros.	Menos de 0.25
blanda	El pulgar puede penetrar en ella fácilmente varios centímetros.	0.25 a 0.50
Media	El pulgar con esfuerzo moderado puede penetrar en ella varios centímetros.	0.50 a 1.0
Firme	El pulgar se encaja fácilmente pero solo penetra con gran esfuerzo.	1.0 A 2.0
Muy firme.	La uña del pulgar se encaja fácilmente.	2.0 a 4.0
Dura	La uña del pulgar se encaja con dificultad.	Mayor de 4.0

Ref.1

COMPACIDAD

Se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo, dejando algunos vacios entre ellas. En un suelo muy compacto, las partículas sólidas que lo constituyen tienen un alto grado de acomodo y la capacidad de deformación del conjunto al someterla a cargas, será pequeña.

TABLA II-10 \*  
Relación con los golpes de cuchara (N) del ensayo SPT  
fango, arcilla, etc.

Muy blando	por presión a 2.	Se moldea con una ligera presión de dedo.
Blando	3 a 10	Se moldea con poca dificultad
Firme	11 a 30	Se moldea con una fuerte presión del dedo; puede removerse con laya.
Duro	30 o más	No se moldea con los dedos, o se realiza con muchísima dificultad; puede que sea necesario el uso del pico para removerlo.

\* Ref. 1

TABLA II-11 \*  
Resistencia a la compresión simple según  
consistencia del suelo

Consistencia	N° de golpes, N	Resistencia a la compresión simple, $q_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muy blanda.	< 2	< 0.25
Blanda.	2-4	0.25-0.50
Media.	4-8	0.50-1.0
Firme.	8-15	1.0-2.0
Muy firme.	15-30	2.0-4.0
Dura	> 30	> 4.0

\* Ref. 7

En suelos poco compactos el grado de acomodo es menor; en ellos, el volumen de vacíos y por ende la capacidad de deformación, serán mayores. El comportamiento mecánico e hidráulico está principalmente definido por la compacidad de los granos y su orientación. Según prueba

SPT la compacidad es la siguiente.

TABLA II-12  
Compacidad relativa de la arena

Número de golpes	Compacidad relativa
0-4	Muy suelta
5-10	Suelta
11-20	Firme
21-30	Muy firme
31-50	Densa
más de 50	Muy densa

Ref. 6

### COMPACTACION

Es el proceso de aplicar energía de compactación al suelo suelto por medios mecánicos para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia su capacidad para soportar las cargas externas y fuerzas dinámicas.

Los vacíos producen debilidad del suelo e incapacidad para soportar cargas pesadas. Estando en contacto todas las partículas, el suelo puede soportar cargas mayores debido a que las partículas interaccionan mejor y también se reduce la infiltración del agua. El agua fluye y el drenaje puede entonces regularse. Además, reduce el hinchamiento y la contracción del suelo.

Si existen vacíos, el agua puede penetrar en el suelo y llenar estos vacíos. El resultado sería el hinchamiento

del suelo durante la estación lluviosa y la contracción del mismo durante la estación seca.

## MÉTODOS PARA COMPACTAR EL SUELO EN EL CAMPO

Se emplean cuatro métodos principales de compactación.

### POR FUERZA ESTÁTICA

En el campo la compactación se logra utilizando una máquina pesada cuya presión comprime las partículas del suelo sin necesidad de movimiento vibratorio, se utilizan rodillos lisos y rodillos neumáticos, dependiendo del tipo de suelo a compactar.

### POR FUERZA DE IMPACTO

La compactación se aplica al suelo con una zapata apisonadora que lo golpea a alta velocidad, "amasándolo", para aumentar su densidad. Por ejemplo las apisonadoras bailarinas. Con amasado, la compactación se logra por medio de pata de cabra, este es un método mecánico para aumentar la densidad del suelo.

## POR VIBRACION

La compactación se logra aplicando al suelo vibraciones de alta frecuencia, con la plancha vibradora o con el rodillo vibratorio.

## METODOS MIXTOS

Combinan dos o más procedimientos de compactación para lograr una mayor eficiencia del método de compactación, se logra con rodillo liso vibratorio, compactador neumático vibratorio, rodillos de pata de cabra vibratorios y equipos con rodillos lisos y neumáticos.

Los suelos granulares: se compactan mejor por vibración, esto se debe a que la vibración reduce las fuerzas de fricción en las superficies de contacto de las partículas, dejando así que las partículas caigan libremente por su propio peso. Al mismo tiempo, a medida que las partículas comienzan a vibrar, se separan momentáneamente unas partículas de otras para poder girar y desviarse hasta llegar a una posición que limita su movimiento.

Esta acción de asentarse y acercamiento de las partículas entre sí, constituye la compactación. Gran parte los vacíos que habían anteriormente han sido rellenados con suelo bien compactado.



Los suelos cohesivos: se compactan mejor por fuerza de impacto. Pero no se asientan con la vibración, debido a las fuerzas naturales electroquímicas entre las diminutas partículas del suelo. La tendencia de estos suelos es de combinarse, formando laminaciones continuas con espacios de aire entre las partículas de arcilla, estas debido a su poco peso dan lugar a que la arcilla se ponga muy fluida cuando hay exceso de humedad; las partículas de arcilla tienen una forma plana lo que impide que caigan en los vacíos con la vibración. Por lo tanto, los suelos cohesivos, se compactan eficazmente empleando fuerza de impacto y amasado las cuales juntan las laminaciones, oprimiendo las bolsas de aire hacia la superficie.

También se emplea combinaciones de fuerzas de impacto y vibración. Con planchas vibradoras y rodillos vibratorios, se combina peso estático con vibración para ejecutar la compactación.

#### PRUEBAS DE LABORATORIO

Para determinar el valor de la densidad del suelo "in-situ", se toma una muestra del suelo, se lleva al laboratorio de pruebas y se realiza una prueba proctor. Existen dos pruebas Proctor:

1. Prueba Proctor Estándar.
2. Prueba Proctor Modificada o AASHTO Modificada.

En la figura II-6 se muestra la comparación entre las dos pruebas Proctor.

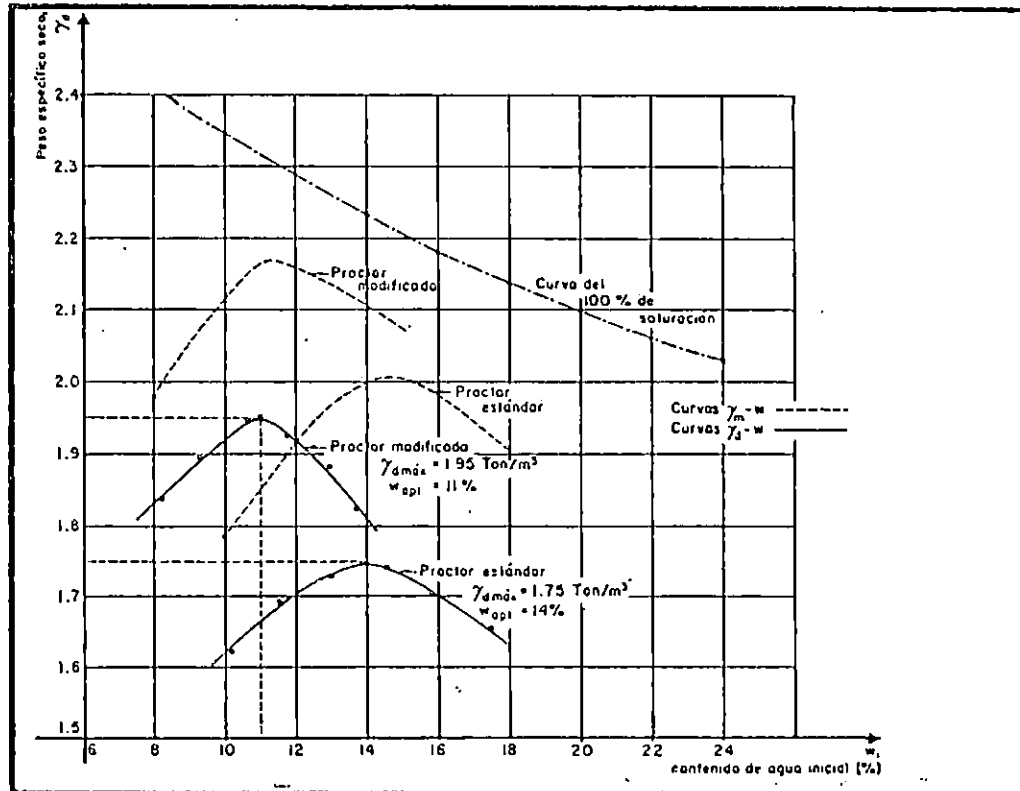


FIG. II-6 Curvas de compactación de la prueba proctor.

Los objetivos de la prueba Proctor son:

1. Determinar el peso volumétrico máximo del suelo.
2. Determinar la humedad óptima para la densidad máxima del suelo.

En esta prueba, se compacta una muestra del suelo en un molde estándar de 101.6 mm de diámetro y 116.6 mm de altura con una capacidad de  $0.00094 \text{ m}^3$ . El molde se llena

con tres capas. Cada capa de suelo se compacta empleando una pesa de 2.5 kg que se deja caer desde una distancia vertical de 0.3048 metros. y se deja caer 25 veces uniformemente sobre cada capa del suelo, obteniéndose una muestra del suelo que ha recibido un total de 60.579 metros-kilogramos de energía de compactación por metro cúbico (m-kg/m<sup>3</sup>) calculada como sigue:

$$0.3048\text{m} \times 2.5\text{kg.} \times 25 \text{ caídas} \times 3 \text{ capas} = 57.15 \text{ m-kg.}$$

$$\text{Aplicando a } 0.00094 \text{ m}^3 = 60.519 \text{ m-kg/m}^3$$

Después de golpear la superficie del recipiente, la muestra del suelo se pesa inmediatamente después de la prueba (peso húmedo) y luego se pesa otra vez después de secar el suelo en un horno (peso en seco). La diferencia entre estos pesos representa el peso del agua que contenía el suelo. La densidad del suelo seco puede ahora indicarse en kilogramos por metro cúbico. La cantidad de agua o de humedad, también puede indicarse como un porcentaje del peso del suelo en seco.

El procedimiento se repite añadiendo al suelo distintas cantidades de agua para cada repetición, anotando los pesos del suelo lo mismo que los porcentajes de humedad como se hizo anteriormente.

Marcando estos datos en una gráfica, se obtiene la curva de humedad-densidad o curva de Control. (fig. II-6)

Con cierta humedad, el suelo llega a su densidad

máxima cuando se aplica una cantidad específica de energía de compactación, el valor de la humedad en el punto de densidad máxima se denomina humedad óptima.

#### PRUEBAS DEL SUELO EN EL CAMPO

El suelo compactado en el campo se controla obteniendo su densidad en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), a esta prueba se le denomina densidad de campo. El suelo suelto puede pesar 1605 kilogramos por metro cúbico. Después de la compactación, el mismo suelo puede tener una densidad de  $1925 \text{ kg}/\text{m}^3$ . (peso volumétrico seco).

Esto quiere decir que con la compactación, la densidad del suelo puede haber aumentado a razón de 310 kilogramos por metro cúbico.

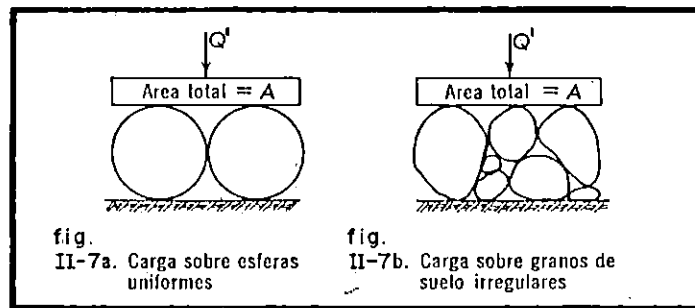
#### ESFUERZOS EN EL SUELO

La reacción del suelo o de la roca a los esfuerzos es el factor más importante para el proyecto de cimentaciones, terraplenes, taludes y estructuras para el sostenimiento de tierras.

#### ESFUERZO EFECTIVO

Una carga  $Q'$  uniformemente distribuida sobre una camada de esferas iguales (ver modelo Fig. II- 7a) con espacios vacíos entre ellas, esta no se distribuye

uniformemente a través e la masa, y el esfuerzo variará de un punto a otro dentro de cada esfera, tendrá un valor máximo en los puntos de contacto que tienen pequeñas áreas y será mínimo en el centro de cada esfera.



En un suelo o roca que está formado por sólidos irregulares (ver fig.II- 7b) con poros entre ellos, el problema es más complicado por la variedad de formas y tamaños de las partículas y por el ordenamiento geométrico de las mismas; pero de todas maneras, el esfuerzo es extremadamente alto en los puntos de contacto entre los granos del suelo. El valor exacto del esfuerzo de transmisión en cualquier punto dentro de la fase sólida es indeterminado excepto en el caso más simple, el de las esferas. Por lo tanto, el esfuerzo en la fase sólida se expresa en términos del área bruta o total  $A$  y la carga total soportada por la fase sólida  $Q'$ :

El esfuerzo  $\sigma'$ , es el esfuerzo efectivo, que es menor que el esfuerzo promedio en los sólidos y mucho menor que el verdadero esfuerzo en la mayoría de los puntos dentro de las partículas.

El esfuerzo efectivo implica actividad en producir deformación y falla en la fase sólida, y es el factor clave en la solución de la mayoría de los problemas de ingeniería.

Para suelos y rocas, húmedos o saturados, es válido que:

$$\sigma = \sigma' + \mu * \frac{A_v}{A} \quad (2)$$

Donde:  $\sigma$  = Esfuerzo total

$\sigma'$  = Esfuerzo efectivo =  $Q'/A$

$\mu$  = Presión en los poros o presión intersticial.

$A_v/A$  = Relación de esfuerzo neutro(N), cuyos valores pueden ser los mostrados en tabla II-13

TABLA II-13 \*

Valores de N para algunos materiales

MATERIAL	N
HORMIGON	0.05 A 0.75
ROCA FRACTURADA	0.75 A 1.0
ARENISCA POROSA	0.75 A 1.0
MARMOL, GRANITO	0.10 A 0.5

\* Ref. 9

En los suelos, el área de contacto entre los granos

es pequeña, y la relación "N" es prácticamente igual a 1; entonces en la ecuación  $\sigma$  toma el siguiente valor:

$$\sigma = \sigma + \mu \quad (3)$$

### RESISTENCIA AL CORTE

Toda obra de ingeniería tiene que desplantarse sobre el suelo y se necesita garantizar su estabilidad, seguridad y economía, previendo la falla del terreno. El análisis de la estabilidad del suelo comprende los aspectos siguiente.

- a. Analizar las fuerzas actuantes en las posibles superficies de falla.
- b. Determinar la resistencia del suelo en las posibles superficies de falla. Para esto, se hacen las siguientes pruebas: La prueba de la veleta que se efectúa directamente en el terreno; la prueba de corte directo y la prueba triaxial, estas se realizan en el laboratorio.

La resistencia al corte del suelo, se cuantifica por medio de la cohesión "C" y el ángulo de fricción interna, que sirven para calcular la estabilidad de los suelos, capacidad de carga, etc.

En las pruebas de laboratorio se siguen generalmente dos criterios de operación:

### CRITERIO DE LOS ESFUERZOS EFECTIVOS

1. Se estiman los esfuerzos totales
2. Se estima la presión de poro en la superficie de falla (calculando la red de flujo o por métodos de laboratorio).
3. Se mide la resistencia del suelo en términos de los esfuerzos efectivos (reproduciendo las condiciones de drenaje del suelo), prueba triaxial drenada.

### CRITERIO DE LOS ESFUERZOS TOTALES

1. Se estiman los esfuerzos totales, conociendo el peso volúmetrico del suelo en estado natural.
2. Se mide la resistencia del suelo en términos de los esfuerzos totales en muestras representativas.

### COLAPSABILIDAD

En mecánica de suelos, la resistencia del suelo al esfuerzo cortante constituye la característica fundamental a la que se liga la capacidad de carga de los suelos para adaptarse a las cargas que actúen sobre ellos, sin fallar. Esto es debido a: 1) la resistencia de los suelos a los esfuerzos como los de tensión que es tan baja, que generalmente no se consideran al momento de analizar las condiciones de un determinado suelo; aunque los esfuerzos



de tensión, a veces no son despreciables en el agrietamiento del suelo. 2) la resistencia de los suelos a esfuerzos como los de compresión pura, es tan alta que tampoco la resistencia es de interés práctico, pues los suelos sometidos a compresión en cualquier caso real, fallan por efecto del esfuerzo cortante antes de fallar por compresión pura.

Coulomb (1773), dice que para un suelo cohesivo friccionante el esfuerzo cortante actuante en una cuña de falla de suelo, toma valores con la siguiente ley de resistencia:

$$\tau_f = C + \sigma \tan \phi \quad (4)$$

Donde:  $\tau$  = Esfuerzo cortante actuante, final o de falla.

$C$  = Cohesión del suelo supuesta.

$\sigma$  = Esfuerzo normal actuante en el plano de falla.

$\phi$  = Angulo de fricción interna.

Otto Mohr (1909), establece que en general, la falla por deslizamiento ocurrirá a lo largo de la superficie particular en la que la relación del esfuerzo tangencial o cortante ( $\tau$ ) al esfuerzo normal ( $\sigma$ ) (oblicuidad) alcance un valor máximo, el cual, fue postulado por Mohr como una

función tanto del acomodo y forma de las partículas del suelo, como del coeficiente de fricción entre ellas, esto es:

$$\tau_f = \sigma \tan \phi \quad (5)$$

(Para suelos puramente friccionantes)

Actualmente, suele utilizarse como criterio de falla del suelo el criterio de Mohr-Coulomb, por lo que se emplea la ecuación anterior como representación matemática, así:

$$\tau_f = C + \sigma \tan \phi \quad (6)$$

#### ESFUERZO Y ASENTAMIENTO

Cuando una carga se coloca sobre la superficie de una masa de suelo, el suelo se deforma produciéndose un asentamiento que proviene de dos causas: el cambio en la relación de vacíos del suelo (asentamiento por compresión) y la distorsión o cambio de formas del suelo inmediatamente debajo de la carga (asentamiento por distorsión o por contacto); ambos asentamientos dependen de los esfuerzos que se producen en el suelo por la cimentación, peso propio de la masa del suelo u otras

cargas en la superficie del mismo.

**Esfuerzos debidos al peso del suelo:**

El esfuerzo efectivo vertical inicial en una masa de suelo, antes de que se construya la estructura, es aproximadamente igual al peso del suelo menos el esfuerzo neutro (U). A una profundidad "Z" en un suelo homogéneo, se tiene:

$$\sigma_{z_0} = \delta Z - \mu \quad (7)$$

Si el suelo se compone de diferentes estratos, cada uno con peso específico diferente, el esfuerzo vertical a cualquier nivel es igual a la suma de sus pesos menos el esfuerzo neutro.

$$\sigma_{z_0} = \sum (\delta * Z) - \mu \quad (8)$$

**Esfuerzos debido a cargas en la superficie:**

En los suelos, la carga que se aplica en un punto de esta, se transmite a través de toda la masa de suelo extendiéndose lateralmente a medida que aumenta la profundidad.

Para calcular el incremento de esfuerzo producido por una cimentación de ancho "B" que ejerce una presión uniforme "q" en la superficie del suelo, se utilizan las curvas de la figuras No.II-8 y II-9.

Cuando la cimentación es rectangular, se puede usar el gráfico para cimentaciones cuadradas, con ligero error, suponiendo que  $B = \sqrt{A}$ , siendo A el área de la cimentación.

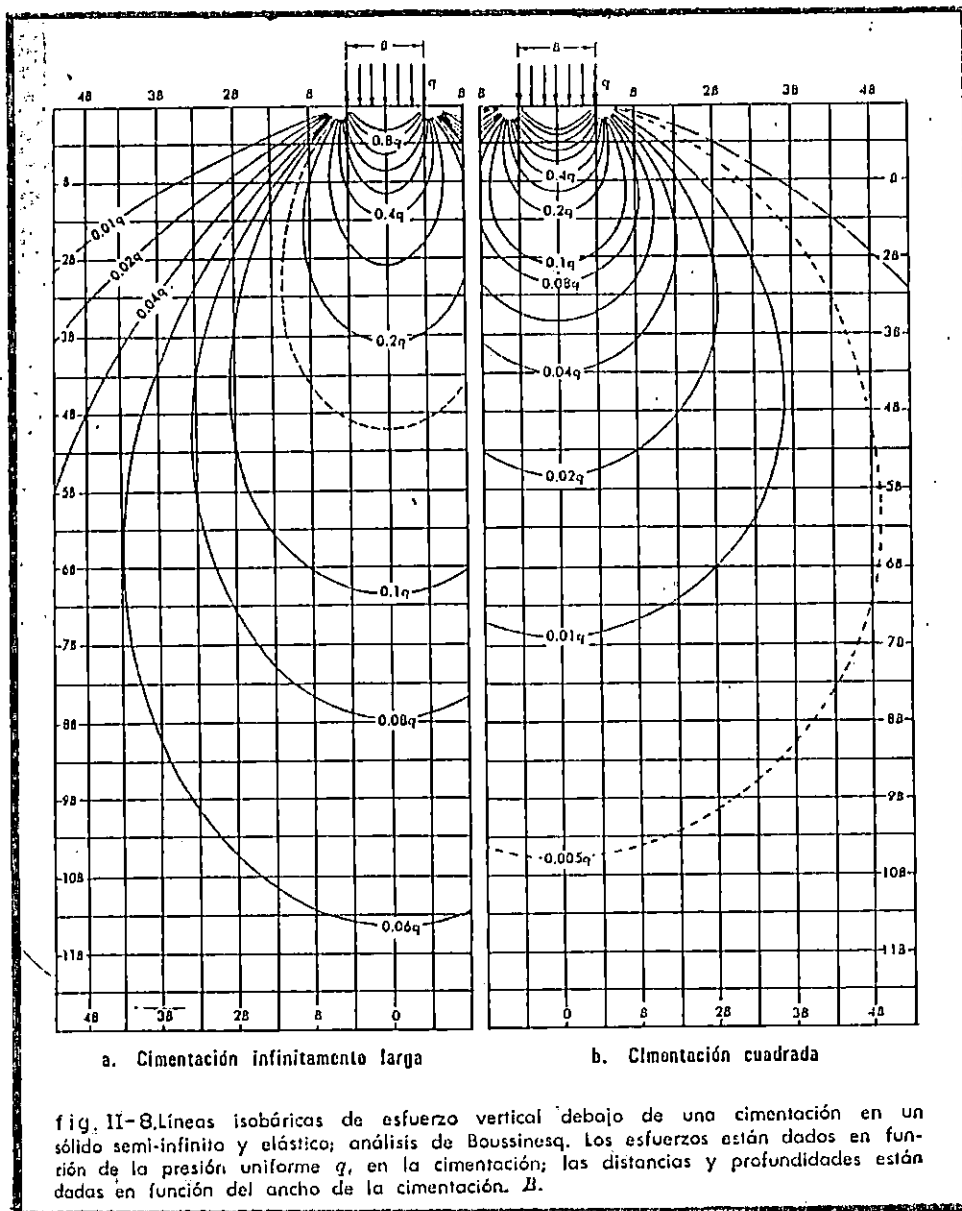
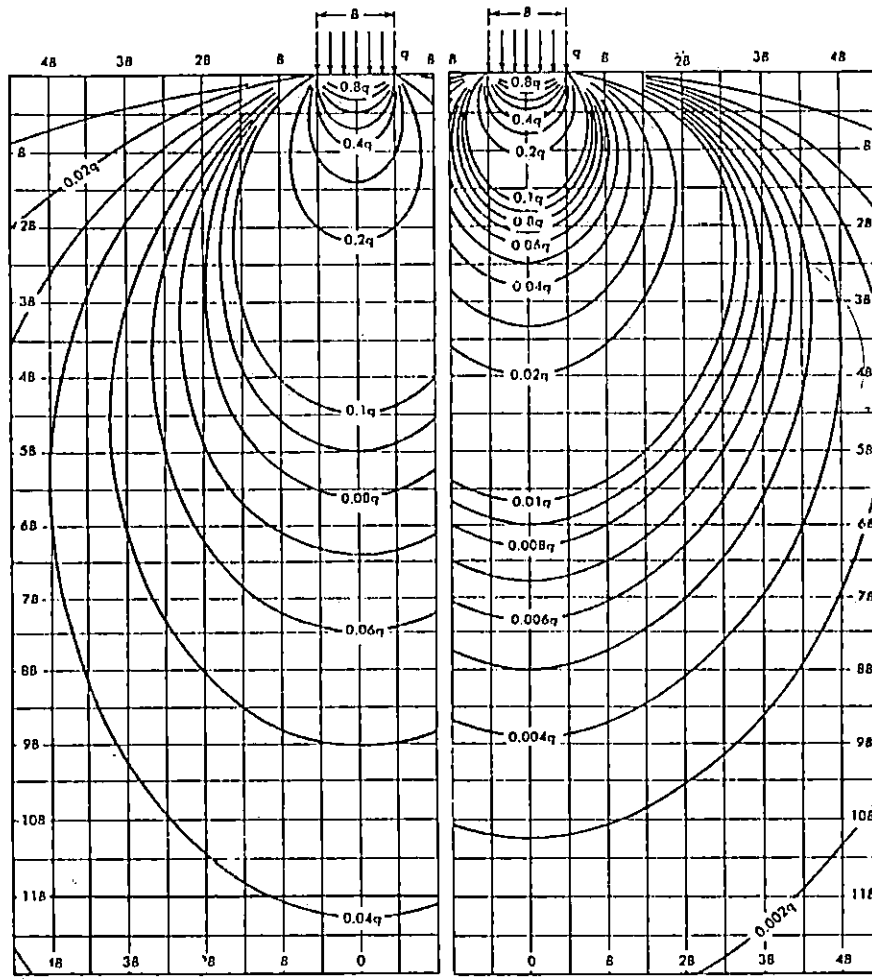


fig. II-8. Líneas isobáricas de esfuerzo vertical debajo de una cimentación en un sólido semi-infinito y elástico; análisis de Boussinesq. Los esfuerzos están dados en función de la presión uniforme  $q$ , en la cimentación; las distancias y profundidades están dadas en función del ancho de la cimentación,  $B$ .



a. Cimentación infinitamente larga

b. Cimentación cuadrada

Fig. II-9. Líneas isobáricas de esfuerzo vertical debajo de una cimentación en un material de finos estratos, semi-infinito y homogéneo; análisis de Westergaard. Los esfuerzos están dados en función de la presión uniforme  $q$ , en la cimentación; las distancias y profundidades están dadas en función del ancho de la cimentación,  $B$ .

Uso de las figuras II-8 y II-9.

1. Se calcula  $N_v = Z/B$

Donde  $Z$  = Profundidad a la que se desea conocer la presión que transmite una fundación.

2. En las figuras  $B$  = ancho de la fundación.

Se entra al eje de las ordenadas con " $N_v$ "; y al eje de las abscisas con " $NH$ ", de acuerdo a cualquiera de los casos siguientes:

a.  $NH = 0$ , cuando la ubicación del punto de interés coincide con el eje de la fundación.

b.  $NH = (B/2)/B$ , cuando el punto de interés este ubicado a una distancia  $B/2$  del eje de la fundación.

c.  $NH = r/B$ , cuando el punto de interés este ubicado a una distancia " $r$ " cualquiera del eje de la fundación.

3. Con " $NH$ " y " $N_v$ " se determina " $K$ ".

4. Se calcula  $q_s = K q_1$

Donde  $q_s$  = presión transmitida por la fundación a una profundidad cualquiera.

$q_1$  = presión transmitida por la fundación a nivel de desplante.

## **ASENTAMIENTO**

El asentamiento se define como el movimiento de una estructura dirigido hacia abajo y producido por sus cargas muertas y vivas y por otras fuerzas.

### **Causas de asentamientos:**

La tabla II-16 resume las principales características de cada forma de asentamiento.

## **HUNDIMIENTO**

El hundimiento se define como el movimiento dirigido hacia abajo de una superficie de terreno natural sobre la cual o junto a ella no se han construido estructuras que puedan producir un asentamiento de tal magnitud.

### **Causas de los Hundimientos**

Los hundimientos pueden ser instantáneos y violentos o graduales, y se pueden producir por fuerzas naturales o por actividades del hombre. La causa general de un hundimiento es la extracción o remoción de una fase semisólida o fluida de la corteza terrestre, a veces, pero no necesariamente, a profundidad considerable bajo la superficie del terreno. A menudo el efecto de erosión del agua es la causa de un hundimiento, la saturación total

TABLA II-14. CAUSAS DEL ASENTAMIENTO

Causa	Forma como se produce	Magnitud del asentamiento	Velocidad del asentamiento	
Carga estructural	Deformación (cambio de la forma de la masa de suelo)	Calcular por la teoría elástica (incluida parcialmente en la consolidación)	Instantánea	
	Consolidación: cambio en la relación de vacíos por el esfuerzo	Inicial	Curva esfuerzo-relación de vacíos	De la curva de tiempo
		Primaria	Curva esfuerzo-relación de vacíos	Calcular por la teoría de Terzaghi
		Secundaria	Calcular por la curva log. tiempo-asentamiento	Calcular por la curva log. tiempo-asentamiento
Carga debida al medio	Retracción debida al secamiento	Estimar por la curva de esfuerzo-relación de vacíos o humedad-relación de vacíos y límite de pérdida de humedad-límite de retracción	Igual a la velocidad de secamiento. Rara vez se puede estimar	
	Consolidación debida al descenso del nivel freático	Calcular por la curva de esfuerzo-relación de vacíos y cambio de esfuerzo	Calcular por la teoría de Terzaghi	
Independiente de la carga (aunque puede ser agravada por la carga) frecuentemente relacionada con el medio, pero no dependiente del mismo.	Reorientación de los granos; choque y vibración	Estimar el límite por compactación relativa (hasta 60-70%)	Errática, depende del choque y de la densidad relativa	
	Colapso de la estructura del suelo; pérdida de la ligazón entre los granos (saturación, deshielo, etcétera)	Estimar sensibilidad y posiblemente magnitud límite	Comienza con cambio de ambiente, velocidad errática	
	Desmoronamiento, erosión en aberturas, cavidades	Estimar sensibilidad, pero no magnitud	Errática; gradual o catastrófica, frecuentemente aumenta	
	Descomposición bioquímica	Estimar sensibilidad	Errática; frecuentemente decrece con el tiempo	
	Acción química	Estimar sensibilidad	Errática	
	Colapso de la masa: colapso de alcantarilla, mina, caverna	Estimar sensibilidad	Probablemente sea catastrófica	
	Distorsión de la masa, fluencia por cortante	Calcular sensibilidad por análisis de estabilidad	Errática: catastrófica a lenta	
	Expansión: heladas, expansión de la arcilla, acción química (se parece al asentamiento).	Estimar sensibilidad, algunas veces magnitud límite	Errática; aumenta con tiempo húmedo	



del suelo en la época invernal, y el sometimiento excesivo del suelo por peso de la estructura o a través de ella (sobrecargas).

## DESLIZAMIENTO Y DESPRENDIMIENTOS

Los desprendimientos de tierra ocurren en terreno inclinado en toda clase de materiales de suelo y roca. Un desprendimiento puede definirse como un movimiento hacia abajo y hacia el lado de una parte del suelo (cuña), con respecto a la parte que queda en el sitio. Este movimiento va acompañado por una fractura del suelo que vulnera la resistencia al esfuerzo cortante que liga la parte separada y la remanente de la masa a través de la superficie de deslizamiento.

Las características de los desprendimientos depende de la geología, topografía y clima de la región.

### Tipos de desprendimiento:

#### a. Desprendimientos Rotacionales:

En un material cohesivo más o menos homogéneo, un talud se romperá principalmente por debilitamiento de los esfuerzos cortantes, y la superficie de deslizamiento que se genera, será aproximadamente circular (o cilíndrico-circular); por lo tanto se

llaman desprendimientos rotacionales, y se dan en vertientes escarpadas y de longitud corta.

b. **Desprendimientos Traslacionales:**

Si el depósito de suelo o roca está estratificado, los estratos superiores pueden deslizarse con respecto a los estratos inferiores a lo largo de su línea de contacto (superficie de deslizamiento). Este tipo de desprendimiento, está caracterizado por la traslación del material separado más que por la rotación; se denominan desprendimientos traslacionales.

c. **Desprendimientos de Losas:**

Son un caso común de desprendimientos traslacionales, en los cuales la superficie de deslizamiento es aproximadamente paralela a la superficie del terreno; se dan en vertientes suaves y larga.

**CAUSAS DE LOS DESLIZAMIENTOS:**

La fuerza activa más común que tiende a destruir un talud (natural o artificial) es la "gravedad", el peso propio del material y el de las cargas super impuestas. La fuerza resistente (resistencia del material al esfuerzo

cortante) puede disminuir debido a un "exceso de humedad". La acción de las fuerzas gravitatorias y la disminución de la resistencia al esfuerzo cortante, actuando juntos o por separado, generalmente constituyen la causa del deslizamiento. Además de estos dos componentes comunes, existen varios hechos o concurrencia de hechos que facilitan la aparición de un deslizamiento; estos se llaman "factores contribuyentes".

#### TIPOS DE DESLIZAMIENTOS:

##### a. Deslizamiento de losas:

Ocurren en los estratos superiores que están trabados sin cohesión a los materiales subyacentes o estructuralmente son diferentes de las rocas estratificadas.

##### a.1. Deslizamientos de losa en rocas estratificadas:

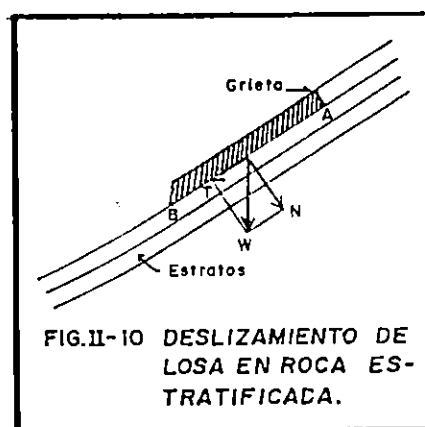
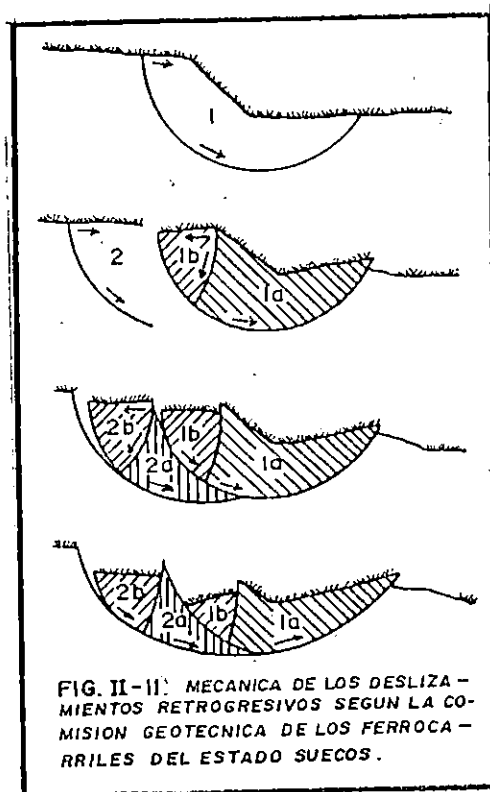


FIG.II-10 DESLIZAMIENTO DE LOSA EN ROCA ESTRATIFICADA.

a.2. Deslizamientos regresivos.

También se denominan "sucesivos" y "progresivos", se desarrollan provocando disminución de áreas de suelo útil y daños a su paso a las estructuras existentes. Están compuestos de una serie de simples deslizamientos generalmente rotacionales que se continúan sucesivamente. Se supone que cada deslizamiento simple afecta a la estabilidad del terreno detrás de él y de esta forma da lugar a otro deslizamiento.



a.3. Deslizamientos de losa leyes en los materiales de tierra:

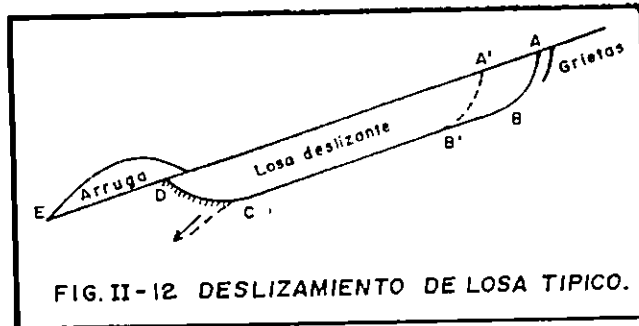


FIG. II-12 DESLIZAMIENTO DE LOSA TÍPICO.

a.4. Deslizamientos de losa en una rotura del talud: Ocurren en grandes taludes de material cohesivo, cuya capa superior es permeable y está sostenido por material impermeable.

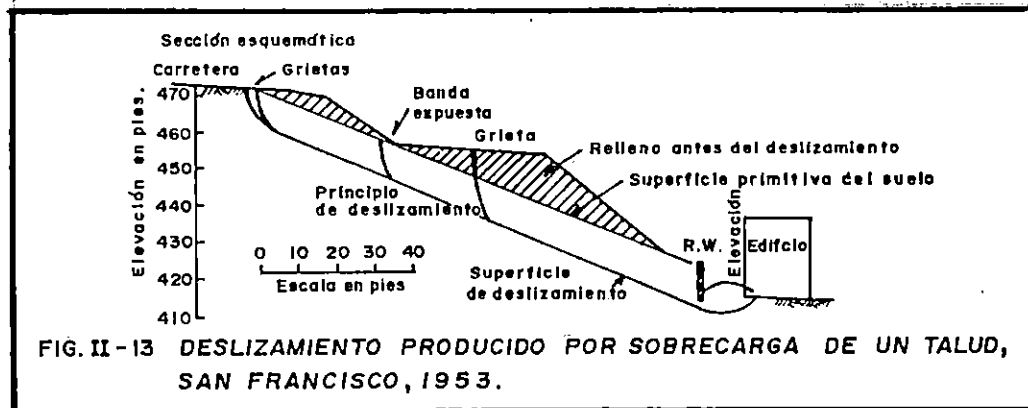


FIG. II-13 DESLIZAMIENTO PRODUCIDO POR SOBRECARGA DE UN TALUD, SAN FRANCISCO, 1953.

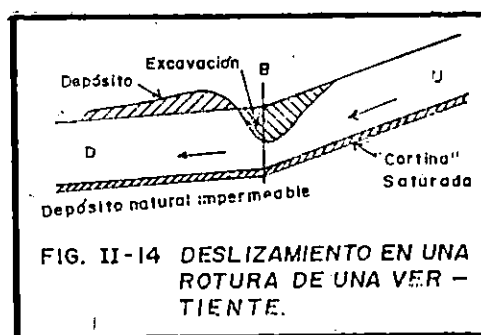
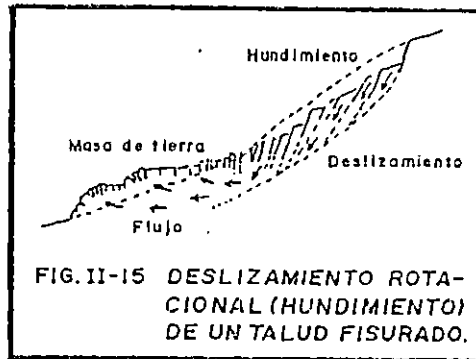
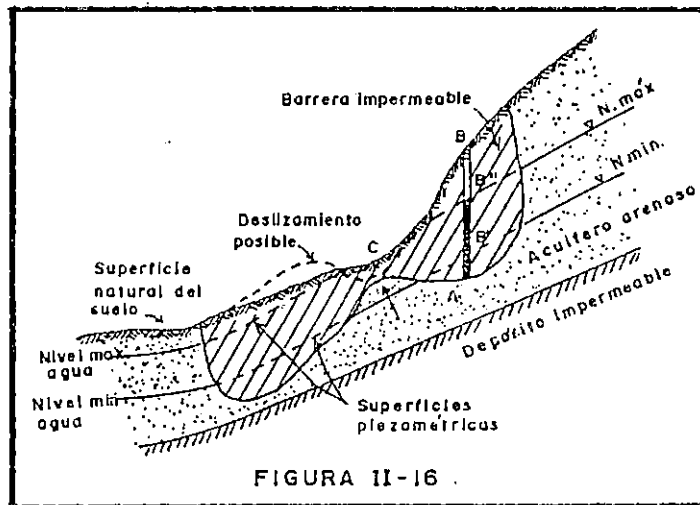


FIG. II-14 DESLIZAMIENTO EN UNA ROTURA DE UNA VERTICAL.

b. Deslizamientos Rotacionales:



c. Deslizamiento producido por presión intersticial:



## 2.4 TEORIA DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

Se define como capacidad de carga del suelo, a la presión para la cual los asentamientos de una fundación comienzan a ser muy grandes e imprevisibles debido a la falla por corte o pérdida de esfuerzo cortante en el suelo.

Las teorías que más se han acercado al comportamiento real de la capacidad de carga del suelo en fundaciones son las de la plasticidad, la cuales se basan en las siguiente suposiciones:

1. El material es homogéneo e isótropo.
2. No se considera el efecto del tiempo.
3. No se consideran los efectos de temperatura.
4. Se considera el suelo como un medio continuo.

Aunque existen teorías de capacidad de carga de suelos que se refieren a suelos con cohesión y fricción ( $C \neq 0$  ;  $\phi \neq 0$ ), es conveniente reducir tal estudio para suelos puramente cohesivos ( $C \neq 0$  ;  $\phi = 0$ ) y para suelos puramente friccionantes ( $C = 0$  ;  $\phi \neq 0$ ).

#### Suelos cohesivos

La figura II-17 muestra una superficie de falla del suelo, supuesta circular con centro "O" y radio "2b" igual al ancho del cimiento. Para tal situación, la carga máxima que puede tener el cimiento, sin falla, será :  $q = 2 \pi C = 6.28 C$ ; donde C: es la cohesión

Fellenius demostró que existe un círculo más crítico con centro en O', para que :  $q_{\max} = 5.5C$

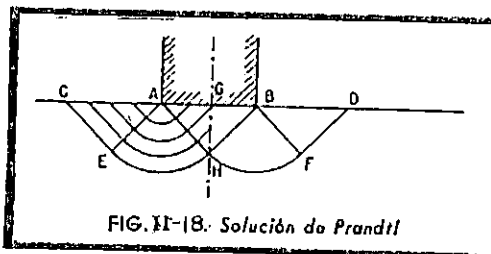
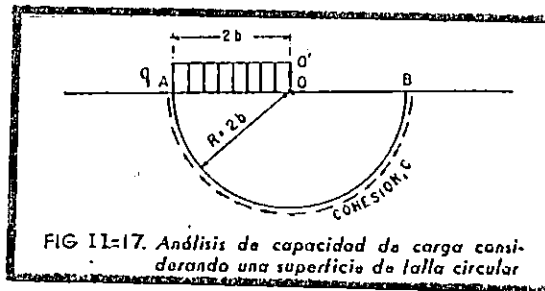
Así, la carga última real ( $q_u$ ), resulta comprendida entre los valores :

$$\pi C \leq q_u \leq 5.5C$$

Prandtl redujo este intervalo al estudiar el caso de la capacidad de carga de un medio semi-infinito, homogéneo, isótropo y rígido-plástico perfecto; el elemento de fundación lo consideró rígido de longitud infinita, de base plana. Consideró que el contacto entre el elemento y el medio era perfectamente liso, propuso el mecanismo de falla que se muestra en la figura II-18. Prandtl calculó la presión límite que puede colocarse en la superficie AB, y es igual a:

$$q_o = (\pi + 2)C < 5.5C$$

$$3.14 < q_o < 5.14C$$

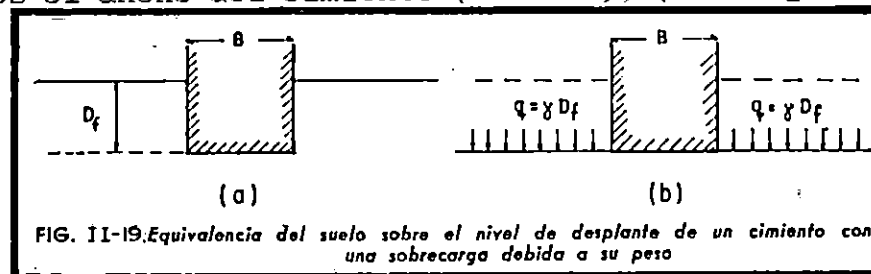




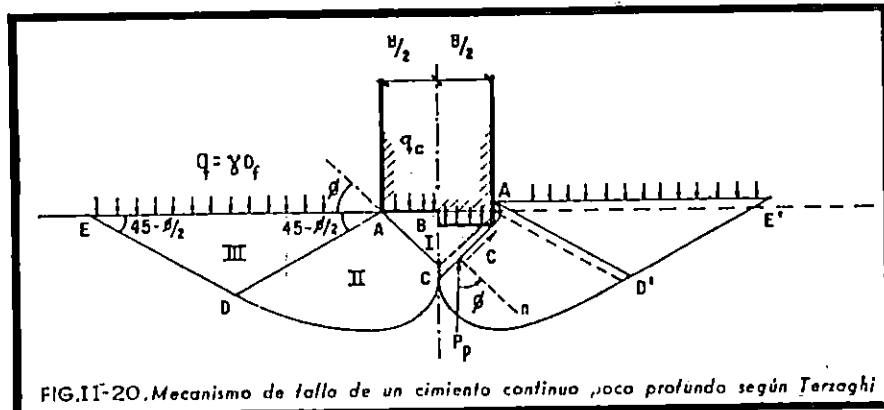
## CRITERIOS MAS USADOS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

### a. CRITERIO DE TERZAGHI.

Aplicado a toda clase de cimentaciones superficiales en cualquier suelo y para una profundidad menor que dos veces el ancho del cimiento ( $D_f < 2B$ ), (ver figura II-19).



Este criterio cubre el caso más general de suelos con "cohesión y fricción", y es el más usado para el cálculo de capacidad de carga para cimientos poco profundos. Entendiéndose como cimiento poco profundo aquel en que el ancho "B" es igual o mayor que la profundidad de desplante "Df". (ver figura II-19); considerando nula la resistencia al esfuerzo cortante arriba del nivel de desplante del cimiento.



Terzaghi propuso el mecanismo de falla mostrado en la fig. II-20, y plantea la siguiente ecuación para el cálculo de la capacidad de carga, considerando falla general o sea que todo el suelo entra en estado plástico en toda la zona en que actúa la presión y para cimiento poco profundo así:

$$q_c = CN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \quad (9)$$

Donde:  $q_c$  = presión máxima que puede dársele a un cimiento sin provocar falla (capacidad de carga).

$N_c, N_q, N_\gamma$  = coeficiente adimensionales que dependen solo de  $\phi$  y se denominan factores de capacidad de carga debidos a la cohesión, a la sobrecarga y al peso del suelo respectivamente.

$C$  = Cohesión

$D_f$  = profundidad de desplante del cimiento.

$\gamma$  = peso específico del suelo.

$B$  = ancho del cimiento.

Para falla local, Terzaghi substituyó en la ecuacion 9

$$C' = \frac{2}{3} C, \quad \tan \phi' = \frac{2}{3} \tan \phi \quad (10)$$

Propuso la capacidad de carga última para falla local así:

$$q_c = \frac{2}{3} CN'_c + \gamma D_f N'_q + \frac{1}{2} \gamma B N'_\gamma \quad (11)$$

Donde  $N'_c$ ,  $N'_q$ , y  $N'_\gamma$  = son coeficientes adimensionales para el caso de falla local.

Para zapata cuadrada propuso la siguiente fórmula:

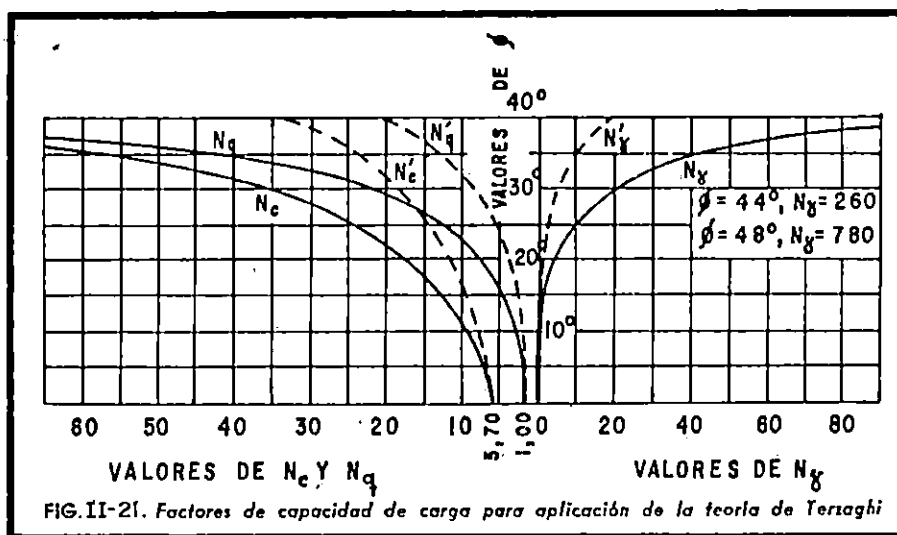
$$q_c = 1.3 CN_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B \gamma \quad (12)$$

y para zapata circular:

$$q_c = 1.3 CN_c + \gamma D_f N_q + 0.6 \gamma R N_\gamma \quad (13)$$

donde : R = radio del cimiento.

Los factores de capacidad de carga tanto para falla general como para falla local se obtienen de la fig. II-21 propuesta por Terzaghi.



Uso del gráfico.

Se entra al eje de las ordenadas con el valor del ángulo de fricción interna  $\phi$ , trazando una línea horizontal hasta donde intercepta la línea continua de  $N_c$ ,  $N_q$  o  $N_\gamma$ , luego se traza una línea vertical hasta interceptar el eje de las abscisas en donde se obtiene el valor respectivo.

De forma análoga se proceda para determinar los valores de  $N'_c$ ,  $N'_q$  o  $N'_\gamma$  (líneas punteadas).

Los rangos de valores de ángulos de fricción interna  $\phi$  para algunos tipos de suelos de San Salvador basados en la clasificación SUCS (referencia 3) son los siguientes:

TABLA No. II-15  
Angulo de fricción interna de los suelos de San Salvador

Tipo de suelo	Mínimo	Promedio	Máximo
SM, Arena limosa	30.1°		42.8°
ML, Limo arenoso	28.0°		41.0°
SM-ML, Arena limosa	32.0°		37.7°
SC	29.7°		45.0°
CL	29.7°		41.8°
SM-OL	28.2°		34.5°
ML-OL	29.9°		31.3°
SP	31.7°		44.6°
GP		45.0°	
SW		36.0°	
GC		36.8°	

Ref. 3

Para suelos puramente cohesivos, y cimiento infinito, se tiene que:

$$q_c = 5.7C + \gamma D_f \quad (14)$$

$$q_c = 2.85q_u + \gamma D_f \quad (15)$$

donde:  $q_u = 2C$

$q_u$  = resistencia al corte en el ensayo de corte directo.

Para zapata cuadrada queda:

$$q_c = 1.3 * 5.7C + \gamma D_f \quad (16)$$

$$q_c = 1.3 * 2.85q_u + \gamma D_f \quad (17)$$

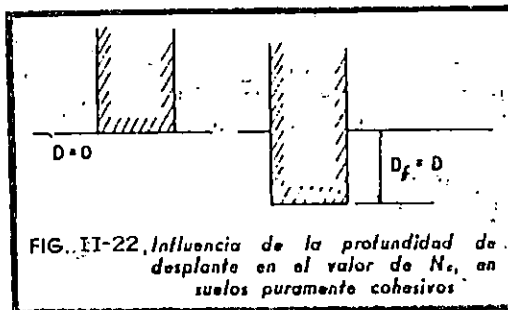
$$q_c = 2.85q_u \left(1 + 0.3 \frac{B}{L}\right) + \gamma D_f \quad (18)$$

#### b. CRITERIO DE SKEMPTON

Aplicado a suelos puramente cohesivos, en cimentaciones superficiales o profundas.

Considera que la superficie de falla generada por el "cimientto" profundo es el desplante del cimiento, lo cual implica que la capacidad de carga se incrementará puesto que la cohesión se desarrollará en una superficie mayor. Esta es la razón que marca la diferencia con el criterio

planteado por Terzaghi (ver fig. II-22)



Para el cálculo de capacidad de carga de suelos puramente cohesivos Skempton propone la siguiente expresión:

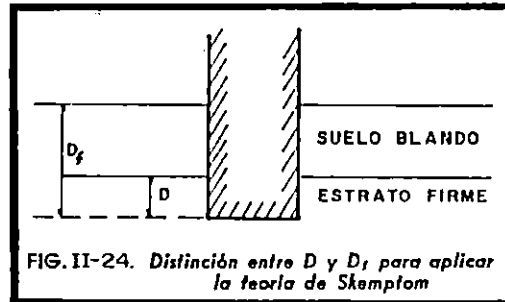
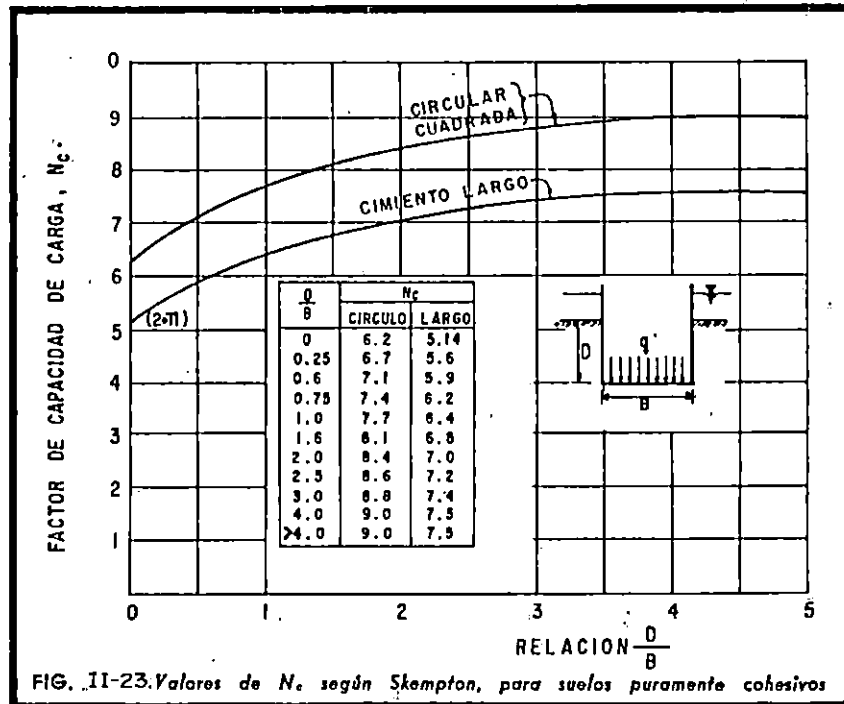
$$q_c = CN_c + \gamma D_f \quad (19)$$

Donde: C = Cohesión  
N<sub>c</sub> = Varía con la Relación D/B  
D = profundidad del cimiento = D<sub>f</sub>  
B = Ancho del cimiento.

En la fig. II-23 aparecen valores obtenidos por Skempton para N<sub>c</sub>, en el caso de cimientos largos y cimientos cuadrados o circulares.

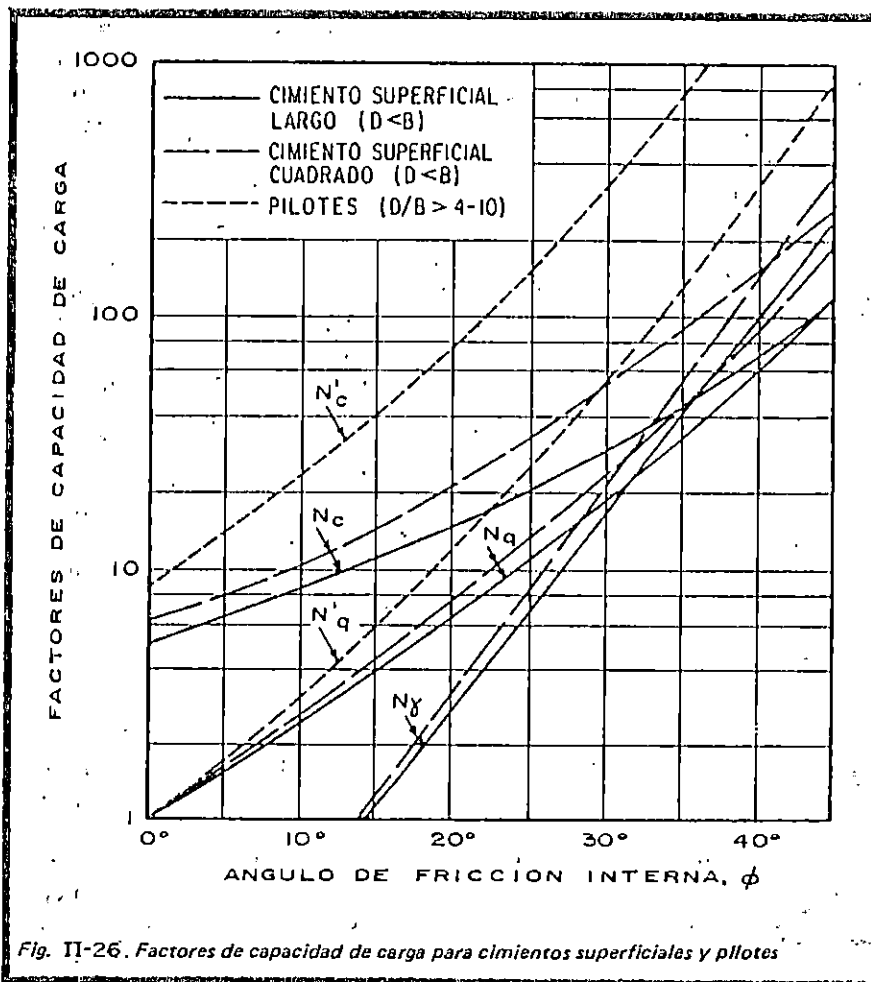
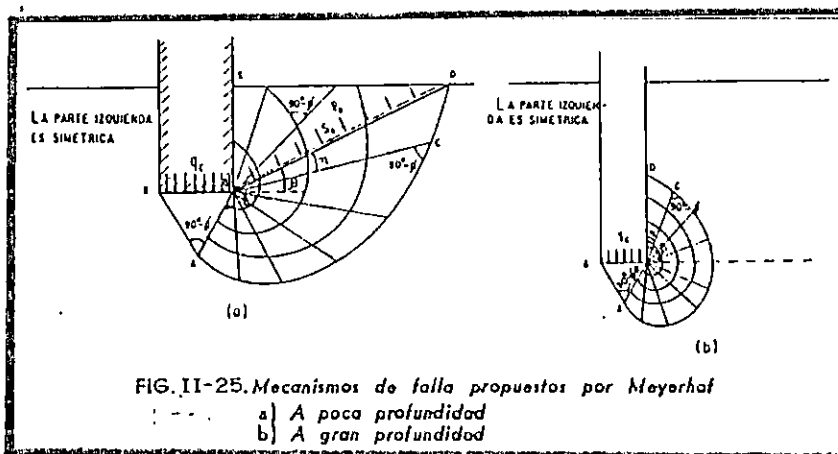
Para suelos heterogéneos estratificados el término D<sub>f</sub> de la ecuación (19) representa la presión del suelo al nivel de desplante, por lo que deberá calcularse tomando en cuenta los diferentes espesores de los estratos con sus respectivos pesos específicos más cualquier sobrecarga

distribuida en la superficie del suelo (ver fig. II-24).



### c. CRITERIO DE MEYERHOF

Es utilizado para determinar la capacidad de carga de cimientos profundos y superficiales en arenas y grava incluyendo cilindros y pilotes.



En cimientos superficiales en los que la resultante de las cargas es centrada y vertical, Meyerhof propuso para el caso de estos cimientos, los mecanismos de falla



mostrados en la fig. II-25, proponiendo la siguiente ecuación:

$$q_c = CN_c + P_o N_q + \frac{1}{2} \gamma BN_r \quad (20)$$

Donde:  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_r$  se obtienen de la fig. II-26, los cuales aparecen con líneas llenas (válidas para cimientos superficiales largos,  $B/L$ ).

Para el caso de cimientos superficiales circulares o cuadrados ( $B=L$ ) corresponden las líneas discontinuas de rayas largas.

Para el caso de cimientos superficiales rectangulares ( $B/L \neq 1$ ), Meyerhof propone que los factores se obtengan por interpolación de los casos mencionados anteriormente, o calculados de la siguiente forma:

$$S_c = 1 + 0.2 N\phi \frac{B}{L} \quad (21)$$

$$S_q = S_r = 1; \text{ para } \phi = 0.0 \quad (22)$$

$$S_q = S_r = 1 + 0.1 N\phi \frac{B}{L}; \text{ para } \phi > 10^\circ \quad (23)$$

Donde,  $N\phi = \text{tg}^2 (45^\circ - \phi/2)$

Para este caso el valor de  $\phi$  puede calcularse así:

$$\phi_r = (1.1 - 0.1 B/L) \phi_t$$

Donde:  $\phi_r$  = ángulo de resistencia en un cimiento rectangular de dimensiones B/L.

$\phi_t$  = ángulo obtenido en una prueba triaxial estándar de comprensión.

El valor de  $\phi_r$  sirve para determinar, de otra manera, los factores de capacidad de carga en cimientos rectangulares superficiales utilizando la fig. II-26. Estos factores deberán corregirse si se desea considerar la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, arriba del nivel de desplante. Para obtener los factores corregidos se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\delta_c = 1 + 0.2 \sqrt{(N\phi)} \frac{D}{B} \quad (24)$$

$$\delta_q = \delta_r = r; \text{ para } \phi = 0.0 \quad (25)$$

$$\delta_q = \delta_r = 1 + 0.1 \sqrt{(N\phi)} \frac{D}{B}; \text{ para } \phi > 10^\circ \quad (26)$$

Para cimientos superficiales en los que la resultante

de las cargas sea excéntrica, Meyerhof recomienda tratar estos problemas con las mismas fórmulas apuntadas anteriormente, modificando, para efecto de cálculo, el ancho del elemento de cimentación, así:

$$B' = B - 2e \quad e = \text{excentricidad} \quad (27)$$

Esta ecuación es válida para el caso de una carga actuando a una distancia "e" del eje longitudinal del cimiento.

En el caso de una cimentación rectangular con carga excéntrica en las dos direcciones (longitud y ancho), el criterio anterior se aplica independientemente a las dos dimensiones del cimiento.

Para el caso de cimientos circulares, el diámetro (D) reducido (D') se calcula así

$$D' = D - 2e \quad (28)$$

La carga total del cimiento ( $Q_{tot}$ ) se calcula así:

$$Q_{tot} = (\pi DD'/4) * q_c \quad (29)$$

La capacidad de carga por la punta de un pilote

aislado es expresado por Meyerhof, así:

$$q_c = CN_{c'} + \gamma DN_{q'} \quad (30)$$

Donde, D= profundidad a la que está el estrato resistente de apoyo. El pilote deberá penetrar en dicho estrato una cantidad D':

$$D' = 4B \operatorname{tg} (45^\circ + \phi/2) \quad (31)$$

TABLA N° II-16

Clasificación de los suelos de apoyo y carga admisible \*

Clase	Material	Valores máximos que se suponen para la carga admisible, kg/cm <sup>2</sup>
1	Roca dura sana.....	60
2	Roca de dureza media.....	40
3	Conglomerados cementados, «hardpan», que apoyan sobre roca.....	12
4	Grava compacta y formaciones de gravacantos gruesos; grava arenosa muy compacta.....	10
5	Roca blanda.....	8
6	Grava suelta y grava arenosa; arena compacta y arena con grava; suelos de arena con limo inorgánico muy compactos.....	6
7	Arcilla dura y seca consolidada.....	5
8	Arena suelta gruesa y media; arena fina semicompactada..	4
9	Suelos de arena-arcilla compactados.....	3
10	Arena fina suelta; suelos de arena-limo inorgánico semicompactados.....	2
11	Arcilla firme o semidura.....	1,5
12	Suelos sueltos saturados de arena-arcilla; arcilla semiblanda.....	1

\* Ref. 1

TABLA N°. II-17

Carga admisible del suelo a diferentes profundidades \*

Material	Capacidad de carga. $kg/cm^2$	
	Profundidad aproximada 90 cm	Profundidad aproximada 1,80 a 3,00 m
Limo blando y fango.....	0,1-0,2	0,2-0,5
Limo (húmedo, pero confinado).....	1-2	1,5-2
Arcilla blanda.....	1-1,5	1-1,5
Arcilla densa firme.....	2-2,5	2,5-3
Arcilla y arena mezcladas (firme)....	2-3	2,5-3,5
Arena fina (húmeda, pero confinada)....	2	2-3
Arena gruesa.....	3	3-4
Grava y arena gruesa.....	4-5	5-6
Grava cementada y arena gruesa....	5-6	6-8
Roca en mal estado.....	7-10	7-10
Roca firme sana.....	20-40	20-40

\* Ref. 1

## 2.5 ESTABILIDAD DE TALUDES

### GENERALIDADES

Un talud artificial es una estructura conformada principalmente de una masa de tierra; su estabilidad toma en cuenta principalmente la falla, la cual debe considerarse en el proyecto de las estructuras de tierra.

Cuando ocurren los deslizamientos de taludes es necesario hacer estudios de su estabilidad para determinar la causa de la falla. La falla tiene lugar cuando la resistencia del suelo es excedida por los esfuerzos cortantes que se producen en una superficie relativamente continua. Las fallas localizadas en un solo punto de la

masa de tierra no indican, necesariamente, que la masa de tierra sea inestable. La inestabilidad del talud se produce como resultado de la falla por esfuerzo cortante en una serie de puntos que definen una superficie de falla a lo largo de la cual se produce el movimiento.

En general, la inestabilidad de los taludes es consecuencia de factores que producen pérdida de los esfuerzos por la masa de suelo y/o disminución de la resistencia del suelo del talud.

#### CAUSAS DE INESTABILIDAD DE UN TALUD

a. Causas que producen aumento de esfuerzos.

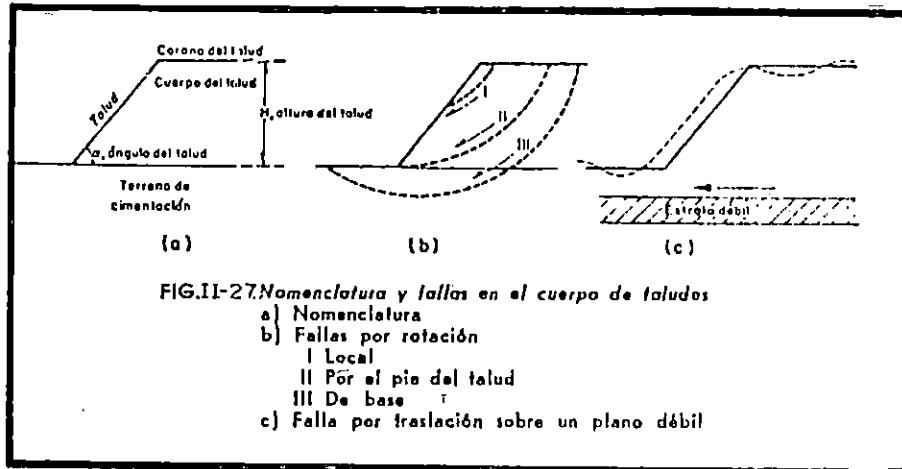
1. Las cargas externas, como un edificio, tanque de agua, tráfico, etc.
2. Aumentos del peso de la tierra por aumento de humedad.
3. La remoción de suelo por excavación, de cualquier parte constituyente de un talud (corona, cuerpo o pie).
4. Socavaciones producidas por derrumbes de cavernas o erosión por filtraciones.
5. El choque producido por terremoto o por una explosión.
6. Las grietas de tracción.
7. La presión del agua en las grietas.

- b. Causas que producen disminución de resistencia del suelo en un talud.
1. La expansión y retracción de las arcillas por absorción de agua.
  2. La presión del agua intersticial
  3. El choque, la vibración y la actividad sísmica.
  4. Deformación y falla progresiva en suelos sensibles.

La falla puede ser el resultado de cualquiera de estos factores, aislados o combinados. Por ejemplo, la deformación progresiva en las arenas sueltas saturadas causa un aumento en el esfuerzo neutro con la correspondiente pérdida de resistencia y posiblemente la rotura o colapso de la estructura del suelo.

Entre las fallas de masas de tierra más corrientes están las que se producen en taludes inestables en los que la fuerza de gravedad sobre la masa del suelo es la fuerza principal que tiende a producir la falla, y es superior a la fuerza cortante del suelo, la cual es la principal fuerza resistente.

## Fallas típicas en un talud.



Ref. 9

### La falla de "pie de talud"

Se produce en taludes de gran pendiente y en suelos que tienen un ángulo de fricción interna apreciable. La parte superior del talud cae formando frecuentemente una serie de escalones, mientras que el terreno situado cerca del extremo inferior del talud se comba hacia afuera cubriendo el extremo inferior del talud,

### La falla de base o profunda.

Se produce en arcillas blandas o que tengan numerosas vetas blandas. La parte superior del talud cae dejando un escarpe vertical mientras que el terreno a nivel situado más allá del pie del talud se levanta en comba.



La falla de talud de frente.

Es un caso especial de la falla de pie de talud en que la presencia de un estrato duro limita la extensión de la superficie de falla.

Existen varios métodos de análisis de estabilidad de taludes; en el anexo B se describe el "Método Sueco" y sus aplicaciones a diferentes tipos de suelo, en el cual se utilizan las siguientes hipótesis:

- a. La falla se supone que será circular.
- b. El análisis es bidimensional, respondiendo a un estado de deformación plana.
- c. Es válida la ley de resistencia de Mohr-Coulomb.
- d. La resistencia al esfuerzo cortante se distribulle por completo y al mismo tiempo en toda la superficie de deslizamiento.
- e. El factor de seguridad se define como la relación entre la resistencia promedio al esfuerzo cortante a lo largo de la superficie de falla y los esfuerzos cortantes actuantes medios en dicha superficie.

Otros métodos de análisis de estabilidad de taludes son:

a. Cálculo con el círculo de fricción (círculo  $\phi$ ).

En este método se utiliza la hipótesis de falla por rotación, y supone que la superficie de falla es un cilindro, cuya traza con el plano en el que se calcula es un arco de circunferencia.

b. Métodos de análisis considerando algún efecto lateral entre dovelas.

c. Análisis de estabilidad con superficies de falla no circulares.

d. Métodos de análisis en los que se consideran fallas por traslación.

e. Método de la espiral logarítmica.

En este método, se emplea como superficie de falla hipotética un arco de espiral logarítmica, mediante la cual se logra una distribución de esfuerzos a lo largo de la superficie de deslizamiento.

f. Método de Bishop.

Supone que las fuerzas sobre las cargas laterales de una dovela cualquiera tiene una resultante nula en la dirección vertical.

## 2.6 MUESTREO DEL SUELO

Las muestras que deben obtenerse de un sondeo de exploración depende de la finalidad para lo que se hace o sea del proyecto.

Para la correcta identificación y clasificación de un suelo o roca, son necesarias muestras representativas adecuadas para la clasificación visual y para la ejecución de un análisis físico y mecánicos.

Las muestras deben obtenerse de un sondeo de exploración y dependerá mucho de la experiencia para realizar dicho trabajo. Para la determinación de las propiedades descritas, la extracción de las muestras, se hace con herramientas y maquinarias según el tipo de ensayo que se quiere hacer.

De acuerdo al grado de alteración que sufre el suelo al obtener la muestra, se obtienen muestras alteradas y muestras inalteradas.

En las muestras alteradas se pueden hacer los siguientes ensayos:

### \* ENSAYOS A PERCUSION

Estos ensayos son utilizados para obtener muestras de suelo o roca muy meteorizada o desintegrada.

\* ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)

Este ensayo, es exploratorio preliminar. Por los tipos de suelo de El Salvador, en la práctica, sus resultados indican parámetros del suelo útiles para estimar el comportamiento que tendrá al transmitirle fuerzas.

El ensayo proporciona información útil en cuanto al subsuelo y su descripción; en nuestro medio, es el más ampliamente usado para fines de estudio de los suelos de El Salvador.

En los suelos puramente friccionantes, la prueba permite conocer la compacidad, que es una característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico. En suelos plásticos la prueba permite obtener una idea de la resistencia a la comprensión simple. El método lleva implícito un muestreo, que proporciona muestras alteradas representativas del suelo en estudio.

El equipo necesario para aplicar el procedimiento consta de un muestreador especial (muestreador o penetrómetro estándar) de dimensiones establecidas (fig. II-28)

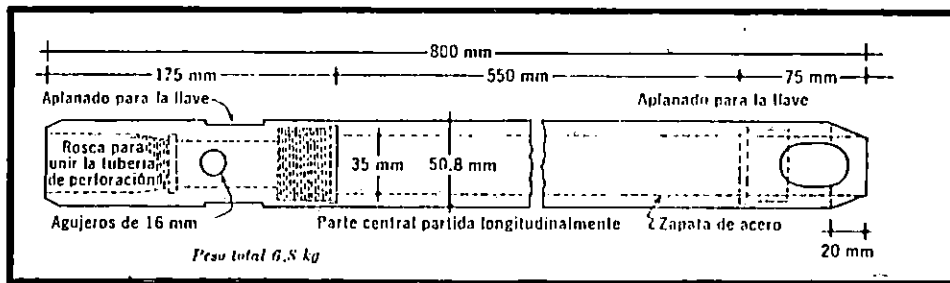


FIG.II-28, Muestreador SPT

Usualmente el penetrómetro es de media caña; para facilitar la extracción de la muestra que haya penetrado en su interior. El penetrómetro se enrosca al extremo de la tubería de perforación.

La prueba consiste en hacer penetrar la cuchara, a golpes dados por un martinete, de 63.5 kg (140 lbs) que cae desde 76 cm (30") verticalmente, contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 30.48 cm. (1 pie). El martinete hueco guiado por la misma tubería de perforación, en cada avance de 60 cm. debe retirarse el penetrómetro, removiendo al suelo de su interior el cual constituye la muestra.

La utilidad e importancia de la prueba de penetración estándar radica en las correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio en diversos suelos, sobre todo arenas, que permiten correlacionar la capacidad, el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), y el valor de la resistencia a la

compresión simple ( $q_u$ ) en arcillas, con el número de golpes necesarios en ese suelo que el penetrómetro estándar logre entrar los 30 cm. especificados.

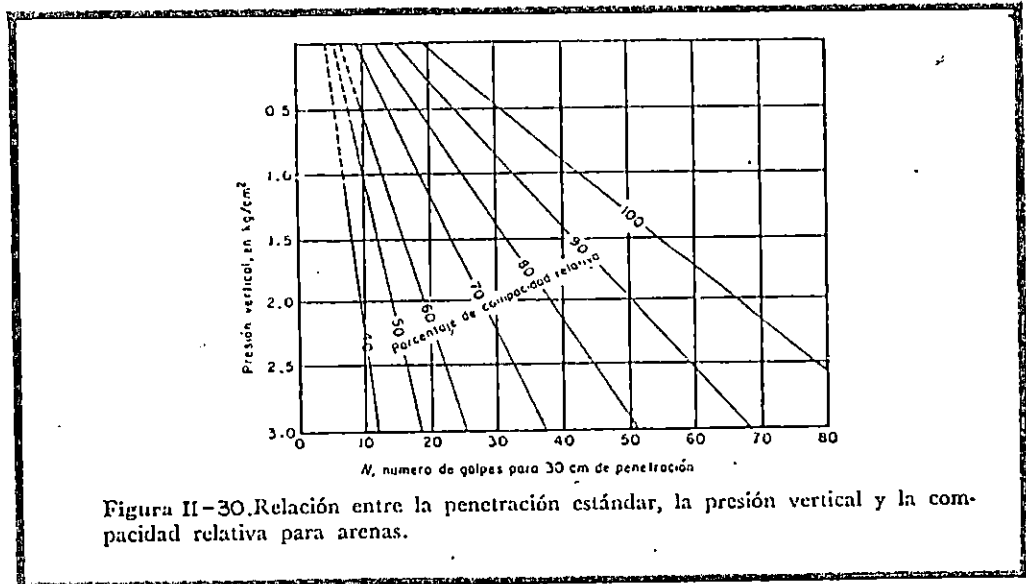
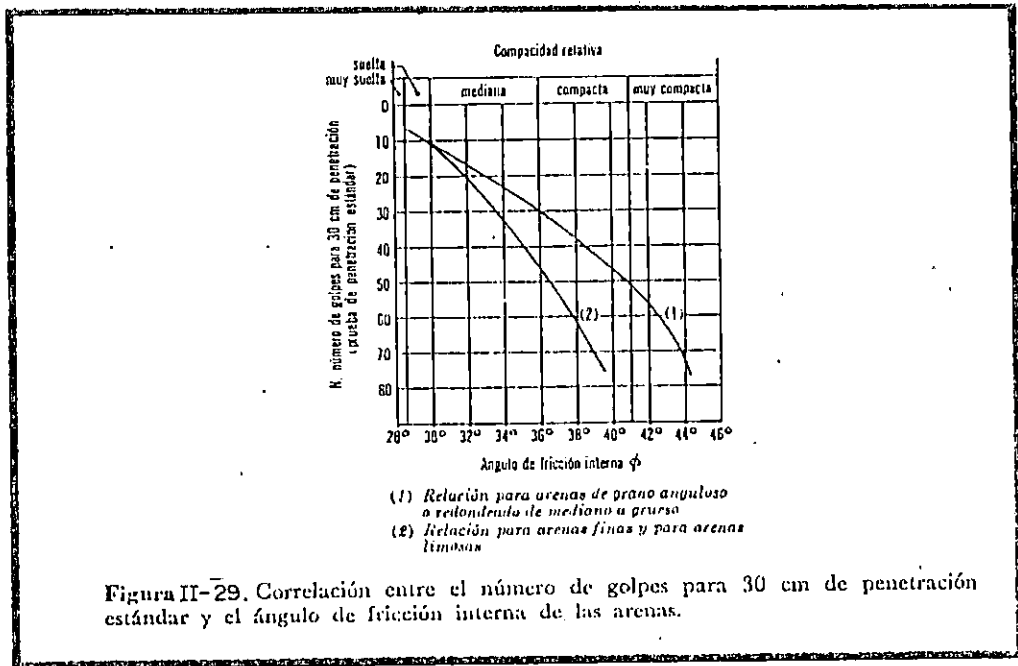


TABLA II-18

Correlación para arcillas

<i>Consistencia</i>	<i>No. de golpes, N</i>	<i>Resistencia a la compresión simple, <math>q_u</math></i>
—	—	<i>kg/cm<sup>2</sup></i>
Muy blanda	< 2	< 0.25
Blanda	2-4	0.25-0.50
Media	4-8	0.50-1.0
Firme	8-15	1.0 -2.0
Muy firme	15-30	2.0 -4.0
Dura	> 30	> 4.0

La figura II-29 presenta resultados experimentales que demuestran que a un número de golpes en la prueba de penetración estándar corresponden a diferentes compacidades relativas, según sea la presión vertical actuante sobre la arena, la cual, a su vez es función de la profundidad a que se hace la prueba.

**CONO DE PENETRACION**

Este método consiste en penetrar una punta cónica en el suelo y medir la resistencia que el suelo ofrece; existen diversos tipos de conos.

- a. Tipo Danés.
- b. Tipo Holandés.
- c. Tipo para ensaye dinámico.
- d. Tipo de inyección.

Dependiendo del procedimiento para hincar el cono en

el terreno, los métodos de incado son el estático y el dinámico. En los primeros las herramientas se hincan a presión, medida en la superficie por un gato apropiado; en el segundo el hincado se logra a golpes dados con un peso que cae, es normal usar un peso de 63.5 kg. con 76 cm. de caída.

Para este tipo de prueba no existen las correlaciones mencionadas como en el caso de la prueba estándar, por lo cual, los resultados son de muy dudosa interpretación, sin embargo, la prueba ha sido bastante utilizada por su economía y rapidez, pues en ella no existe muestreo.

#### ENSAYO POR ROTACION :

Este ensayo consiste básicamente en ejecutar un rozamiento circular, por medio del cual, se separa del resto del terreno un núcleo central llamado testigo, es usado para obtener muestras de roca.

En este método, dependiendo del estudio se pueden subdividir en dos grupos los procedimientos y equipos a utilizarse.

- a. Perforaciones de pequeño diámetro
- b. Perforaciones de gran diámetro.



a. **Perforaciones de pequeño diámetro**

Generalmente son las más usadas para fines de ingeniería civil, con las cuales se pueden obtener testigos hasta de 3 mts. de largo y de diámetros desde 1" hasta 6"; se pueden alcanzar profundidades hasta de 2000 pies (610 mts), pudiendo realizar sondeos con inclinaciones de 0° a 180°.

b. **Perforaciones de gran diámetro**

Generalmente se utiliza para la construcción de muchos tipos de pilotes, la diferencia con las perforaciones de pequeño diámetro es que no se puede realizar simultáneamente la rotación y la suspensión de la tubería de perforación; en este tipo de perforación la tubería no permite más que la rotación y la realización de sondeos casi verticales.

En muestreo inalterado se puede mencionar:

**POZO A CIELO ABIERTO (Hay recuperación)**

Este sondeo consiste en excavar con pico y pala un pozo de aproximadamente 1 mt. de ancho por 1.0 mt. a 1.5mt. de largo por 3.0 mt a 5.0 mt de profundidad, lo que permite observar los estratos que constituyen el subsuelo

a esta profundidad.

Para la toma de muestras, en una de las paredes del pozo se abre una ranura vertical de sección uniforme: aproximadamente de 20 cm. de ancho y 15 cm. de profundidad. El material excavado es totalmente colocado en un recipiente, si es muestreo integral; en caso contrario se escoge por separado el producto de cada una de las capas donde cambia el material.

En muchas ocasiones, este agujero es utilizado también para obtener un trozo de suelo de 30 cm. X 30cm. para realizar pruebas triaxiales. (ver fig. II-31 )

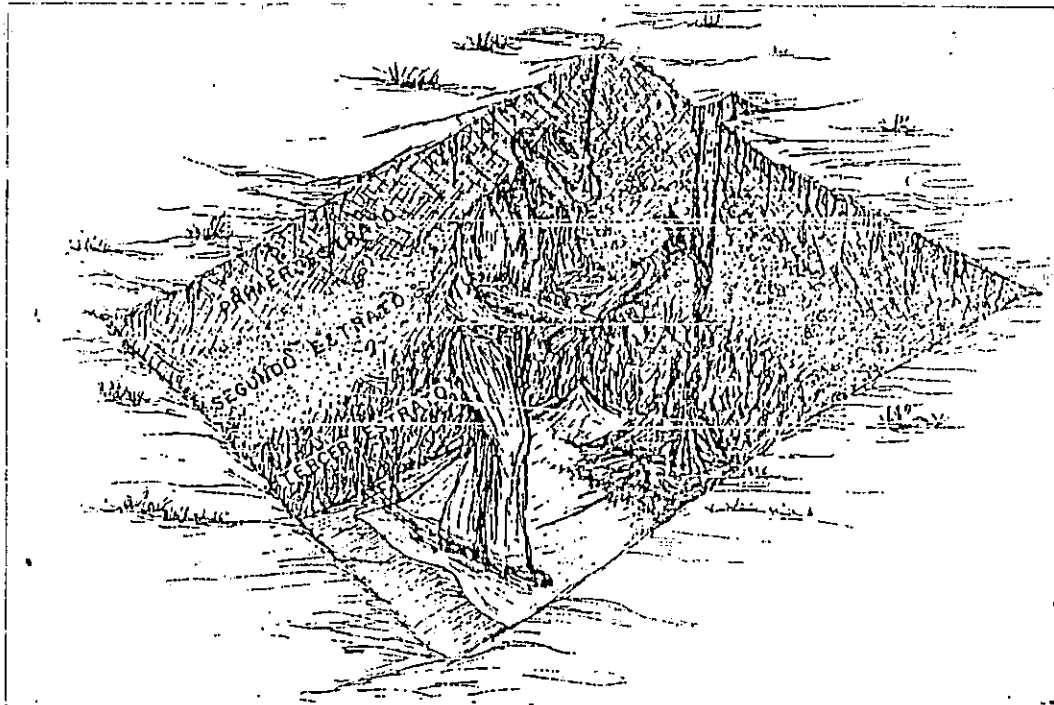


FIG. II-31

Obtención de una muestra inalterada de las paredes de un pozo a cielo abierto.

## SONDEO CON PALA POSTEADORA

La pala posteadora es utilizada generalmente en suelos que lo permitan ya que es un trabajo con fuerza manual. el propósito es obtener muestras o capas.

El procedimiento consiste en introducir la pala posteadora con movimiento de rotación: una vez llena, se saca y se deposita el material sobre una superficie limpia (lámina o lona). Esta operación se repite hasta llegar a la profundidad deseada, el producto de cada palada es colocado ordenadamente formando hileras de pequeños montones de materiales (ver fig. II-32).



FIG. II-32  
Ilustración de sondeo con posteadora manual

En el muestreo inalterado, se tienen los métodos indirectos, los cuales se aprovechan las propiedades físicas de los diferentes materiales que componen los estratos del suelo: los sondeos se realizan por medio de aparatos colocados en la superficie del terreno y en excepciones a pequeñas profundidades.

#### MÉTODOS GEOFÍSICOS

Estos métodos son usados para determinar profundidades de cambios de estratificación, no habiendo recuperación de muestras de suelo.

Entre los métodos geofísicos se pueden mencionar:

#### MÉTODO MAGNÉTICO

Este método se basa en la observación de las variaciones locales que se determinan dentro de los campos magnéticos que se desarrollan en el globo terrestre. las variaciones observadas pueden ser estructuras geológicas, tales como formaciones de rocas ígneas básicas, cuerpos mineralizados férricos u otros.

Es importante en una investigación magnética conocer la susceptibilidad magnética de los estratos de suelo de acuerdo a la clasificación usada en geofísica, la susceptibilidad puede ser de tres tipos:

- a. Ferromagnéticas verdaderas.
- b. Antiferromagnéticas.
- c. Ferromagnéticas.

#### RESISTIVIDAD ELECTRICA

Las propiedades eléctricas del subsuelo pueden explorarse eléctricamente o electromagnéticamente.

Los tres métodos puramente eléctricos, son:

- a. Polarización espontánea o autopotencial.
- b. Resistividad.
- c. Polarización inducida.

- a. Polarización espontánea o autopotencial

Se basa en la medición de las diferencias de potencial naturales que suelen existir en dos puntos cualesquiera del terreno.

b. Resistividad

Consiste en introducir al terreno corriente eléctrica (continua, conmutada o alterada de baja frecuencia) a través de dos electrodos (barras de hierro, o cable desnudo convenientemente tendido en el terreno), conectados a los terminales de una fuente portátil de fuerza electromotriz. Este método ha sido empleado principalmente en la búsqueda de formaciones acuíferas, en correlaciones estratigráficas en campos petrolíferos y la prospección de yacimientos minerales conductores.

#### METODOS SISMICOS

Se basan en el hecho real de que las ondas eléctricas viajan con velocidades diferentes, en medios diferentes. El principio consiste en iniciar tales ondas en un punto y determinar en un cierto número de puntos, el tiempo de llegada de la energía que ha sido refractada o reflejada por las discontinuidades existentes entre las diferentes formaciones.

*ANEXO II-A*

*TIPOS DE PRUEBAS TRIAXIALES*

## DIFERENTES TIPOS DE PRUEBAS TRIAXIALES

1. Prueba consolidada, drenada S(C,D) a prueba lenta.

En la primera etapa de esta prueba la muestra se deja consolidar, después de aplicar la presión de confinamiento  $\sigma_3$  durante 24 horas o más, hasta que se defina la consolidación secundaria. Cuando se haya alcanzado el 100% de consolidación se procede a la 2ª. etapa: dejando el drenaje libre. Se incrementa el esfuerzo desviador ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) hasta llegar a la ruptura, leyendo deformaciones y esfuerzos. Para esta segunda etapa se gráfica la deformación unitaria contra el esfuerzo desviador ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) y se determina el ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) máx, para  $\sigma_3$  dado (ver figura II-A1). Para encontrar la ley de resistencia del suelo se procede a efectuar dos pruebas más con distintas presiones de confinamiento lateral. Con los resultados de tres o más pruebas se trazan los círculos de Mohr como se muestra en las figuras N° II-A2 y II-A3.

En esta prueba se trabaja en función de los esfuerzos efectivos.



GRAFICOS DEL ESFUERZO DESVIADOR vs. DEFORMACION UNITARIA Y LEYES DE RESISTENCIA OBTENIDAS DE LA PRUEBA S(C,D).

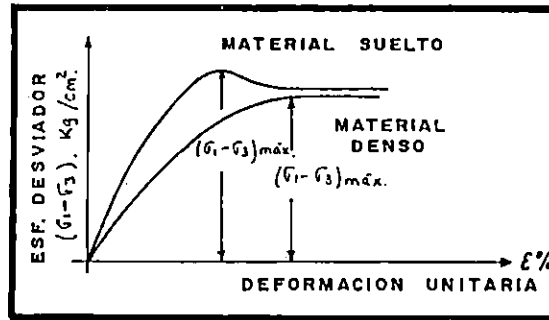


FIGURA II-A1

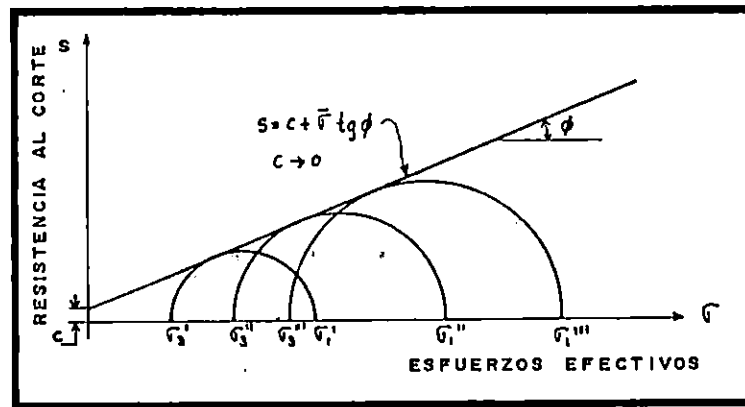


FIGURA II-A2

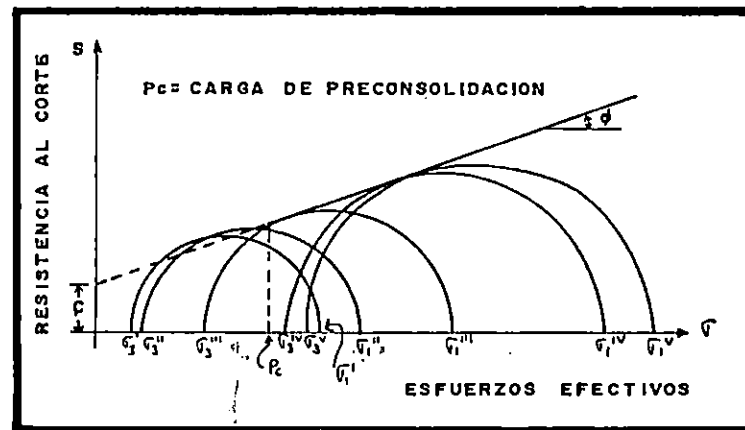


FIGURA II-A3

2. Prueba consolidada, no drenada R(C,V) o prueba consolidada rápida.

La primera etapa de esta prueba es similar a la anterior. En la segunda etapa, el drenaje se cierra y se incrementan los esfuerzos desviadores hasta llegar a la falla leyendo tanto las deformaciones como los esfuerzos.

Se gráfica la deformación unitaria contra los esfuerzos desviadores y se obtiene una gráfica similar a la mostrada en la figura No. II-A1.

Para obtener la ley de resistencia, es necesario realizar 3 o 4 pruebas con distintas presiones de confinamiento.

Para arcillas normalmente consolidadas o remoldeadas se obtienen curvas típicas como la mostrada en la figura N° II-A4.

En esta prueba se trabaja en término de los esfuerzos totales. Si durante la prueba se miden las presiones de poro inducidas, entonces se trabaja en término de los esfuerzos efectivos y la prueba R se vuelve S.

3. Prueba no consolidada, no drenada Q(U,U) o prueba rápida.

En esta prueba en la primera etapa se aplica consolidación a la muestra al aplicarle la presión confinante  $\sigma_3$ . Inmediatamente se incrementa el esfuerzo desviador, en la segunda etapa hasta alcanzar la falla.

Esta prueba de comprensión simple es un caso particular de la prueba Q(U,U), sólo que en este caso la presión de confinamiento  $\sigma_3 = 0$  y la ley de resistencia es como se muestra en la gráfica N° II-A5.

En la prueba Q(U,U) se trabaja en función de los esfuerzos totales (ver figura N° II-A6)

LEY DE RESISTENCIA OBTENIDAS DE LA PRUEBA Q(u,u)

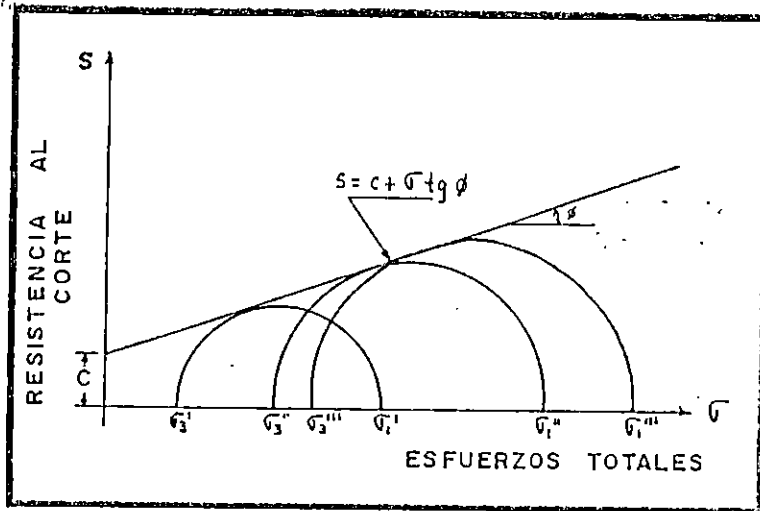


FIGURA II-A4

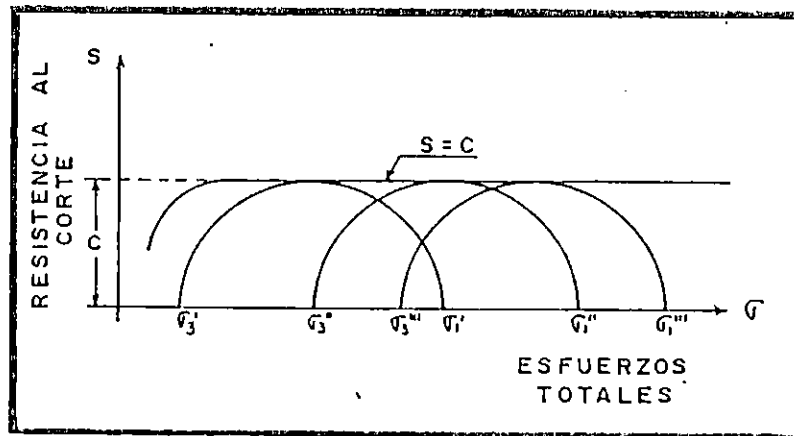


FIGURA II-A5

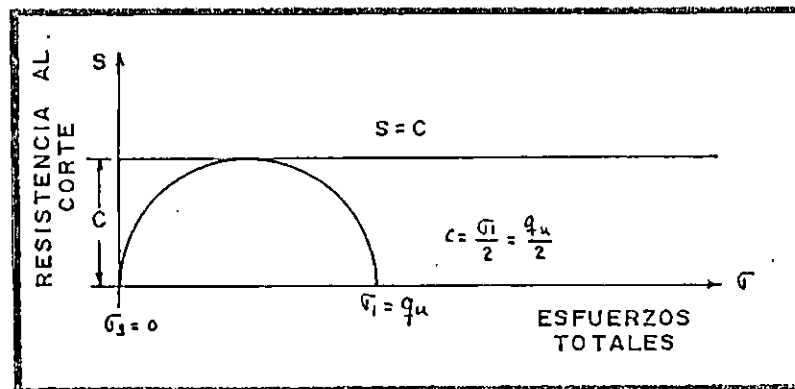


FIGURA II-A6

*ANEXO II-B*

*METODOS DE ANALISIS DE ESTABILIDAD  
DE TALUDES*

## METODO SUECO PARA EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Comprende todos los procedimientos de análisis de estabilidad respecto a la falla de rotación, en los que se considera que la superficie de falla es un cilindro, cuya traza con el plano en el que se calcula, es un arco de circunferencia.

### APLICACIONES DEL METODO SUECO

#### I.1 Suelos puramente cohesivos ( $\phi = 0$ ; $C \neq 0$ )

\* Consideraciones generales:

- a. El talud es homogéneo con su suelo de cimentación.
- b. La resistencia al esfuerzo cortante del suelo (S) se expresa con la ley:

$$S = C; c = \text{cohesión.}$$

- c. Se considera un suelo fino saturado.
- d. La prueba triaxial rápida (consolidada, no drenada) representa las condiciones críticas.
- e. El método es aplicable para estudiar la falla de base como la de pie del talud.

\* Descripción del método:

1. En la figura II-B1, un arco de circunferencia de centro "O" y radio "R" define la traza de una superficie hipotética de falla con el plano del papel. Las fuerzas que tienden a producir el deslizamiento de

la masa de tierra (fuerzas actuantes), son el peso del área ABCDA (espesor de talud normal al papel de magnitud unitaria) más cualquier sobrecarga que pudiera actuar sobre la corona del talud; así:

$$Mm = Wd; \quad \text{Donde } Mm = \text{momento motor.}$$

En esta expresión no se considera sobrecarga.

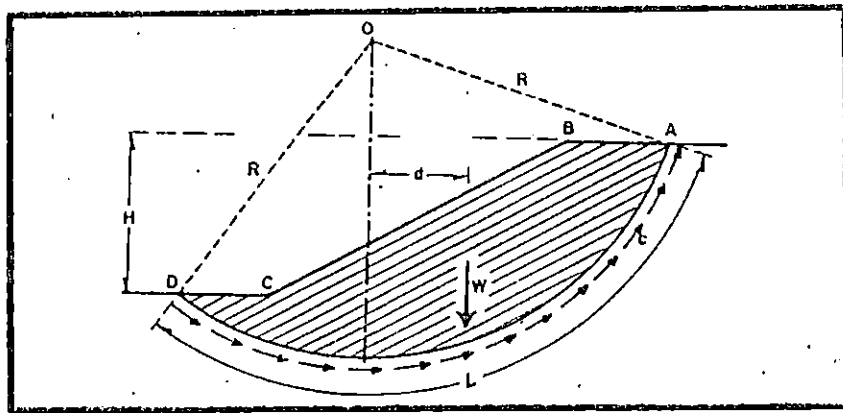


FIG. II-B1, Procedimiento de A. Casagrande para aplicar el método Sueco a un talud puramente cohesivo.

2. Las fuerzas que se oponen al deslizamiento de la masa de tierra son los efectos de la "cohesión" (C) a lo largo de toda la superficie de deslizamiento supuesta:

$$Mr = CLR; \quad Mr = \text{Momento resistente respecto a "o"}$$

3. En el instante de falla incipiente:  $M_m = M_r$   
 En general  $\Sigma Wd = CLR$ ,  
 Donde:  $\Sigma Wd =$  Suma algebraica de los momentos de todas las fuerzas actuantes, (pesos y sobrecargas)
4. El factor de seguridad (FS) que garantiza la seguridad del talud se calcula por la relación entre el momento resistente y el momento motor y será mayor o igual a 1.5 hasta 3.0
5. El procedimiento descrito es un método de tanteos; según el cual deberán escogerse otras superficies de fallas de diferentes radios y centros, calcular su factor de seguridad asociado comprobando que  $F_s > 1.5$

\* Consideraciones respecto al método antes descrito:

1. Talud "cohesivo" con terreno de cimentación homogéneo con él y semi-infinito (ver fig. II-B2)  
 Taylor demostró que la cohesión requerida para mantener la estabilidad tiene el siguiente valor:

$$C = N_e \gamma_m H$$

Donde:  $\gamma_m =$  peso específico del suelo que forma el talud y el terreno de cimentación.

H = Altura del talud.

$N_e =$  número de estabilidad del talud que se



trate, y es función de  $\beta$  cuando el círculo más crítico posible pase por el pie del talud.

$C$  = cohesión requerida para mantener la estabilidad.

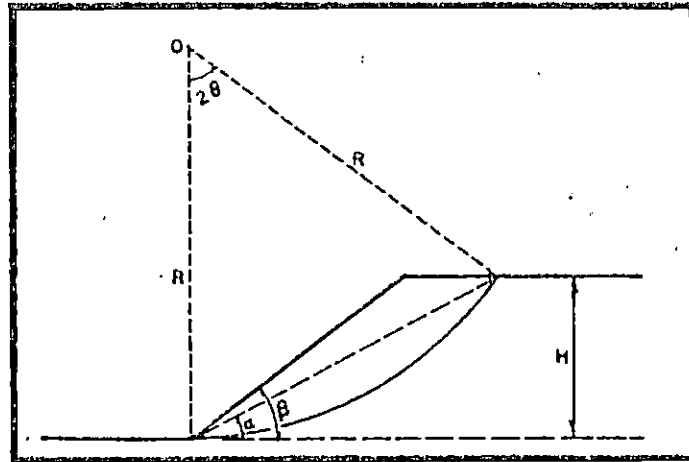


FIG. II-B2, Literales usadas en el análisis de taludes homogéneos "cohesivos"

Para  $\beta > 53^\circ$  la superficie de falla más crítica posible pasa por el pie del talud y si  $\beta < 53^\circ$  el círculo más crítico se presenta adelante del pie del talud (falla de base).

En la figura II-B3 se muestra un talud en falla de base con una superficie de falla circular cualquiera, que genera las secciones marcadas con número romanos.

El círculo más crítico posible es aquel que dé un factor de seguridad (FS) mínimo. Para encontrar este

círculo se analizaran dos condiciones:

- a. El centro del arco seleccionado se mueve sobre una horizontal.

Para este caso la longitud del arco hipotético no varía, pues los puntos "A" y "C" no abandonan sus respectivas horizontales. Por lo tanto se mantiene constante el momento resistente (CLR).

Si se considera como momento motor la expresión  $\Sigma Wd$ , por permanecer constante el momento resistente, el factor de seguridad mínimo se tendrá cuando el momento motor sea máximo, lo cual ocurre cuando  $a = b/2$ .

Para esta condición, el círculo de falla más crítico respecto a la falla de base será aquel cuyo centro esté en la vertical que pase por el centro del talud.

- b. Se fija el ángulo central  $2\theta$  y se mueve el centro sobre la vertical que pase por "O", el valor del radio variará como también el momento motor y el momento resistente, para lo cual, se obtiene que el radio del círculo más crítico resulta ser infinito.

Se puede demostrar, que para el caso del radio infinito  $2\theta = 133^\circ 30'$ , el centro del círculo sobre la vertical media del talud el número de estabilidad del talud ( $n_e$ ) resulta igual a 0.181.

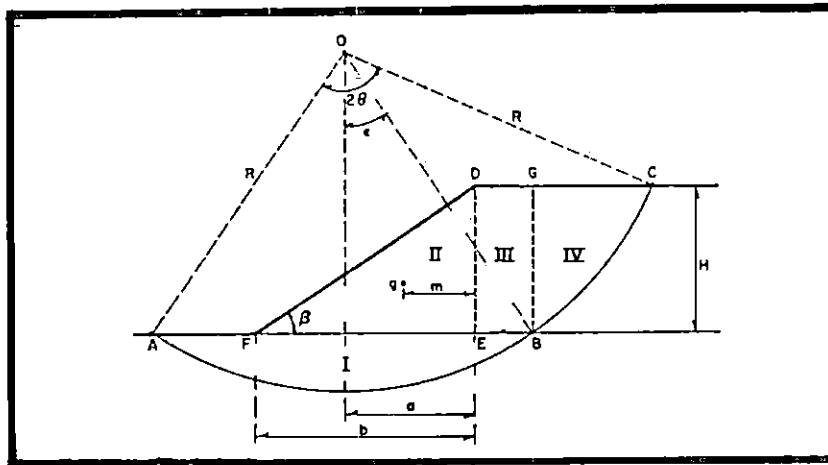


FIG. II-B3, esquema de un talud de material "cohesivo" homogéneo con el terreno de cimentación para determinar el círculo crítico de falla por la base.

Taylor dibujó una gráfica relacionando los valores del ángulo del talud  $\beta$  con los números de estabilidad obtenidos para ellos "Ne". El primer tramo curvo de la gráfica superior de la fig. II-B4 corresponde a círculos de falla por el pie del talud; el valor de  $Ne = 0.181$  define el tramo recto de la misma gráfica y corresponde al número de estabilidad para círculos más críticos posibles en falla de base. La intersección de los tramos recto y curvo "B" se produce  $\beta = 53^\circ$ .

Fellenius, observó que para las inclinaciones de talud siguientes la falla ocurre así:

- para  $\beta < 60^\circ$  : falla por pie del talud
- $53^\circ < \beta < 60^\circ$  : falla por la base del talud
- $\beta > 60^\circ$  : falla por el cuerpo del talud.

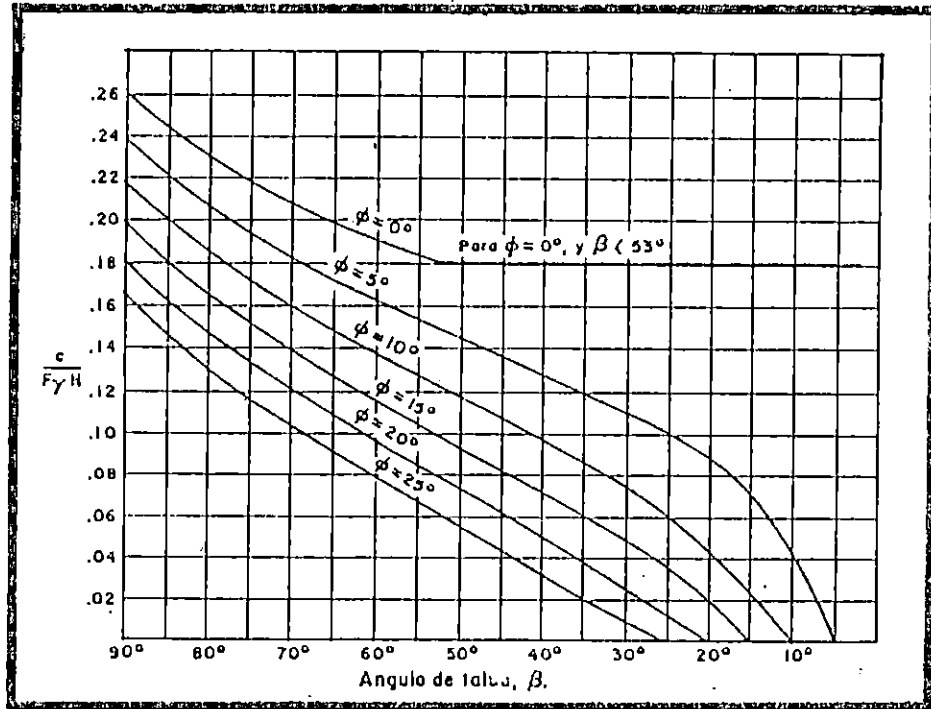
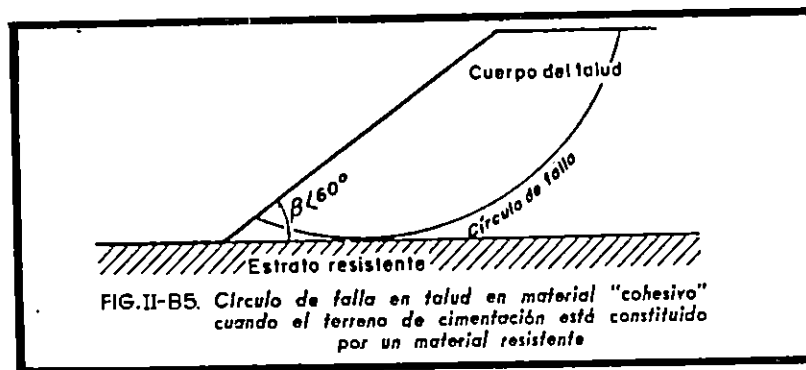


FIG. II-B4, Gráficas de Taylor para determinar los números de estabilidad  $N_s$

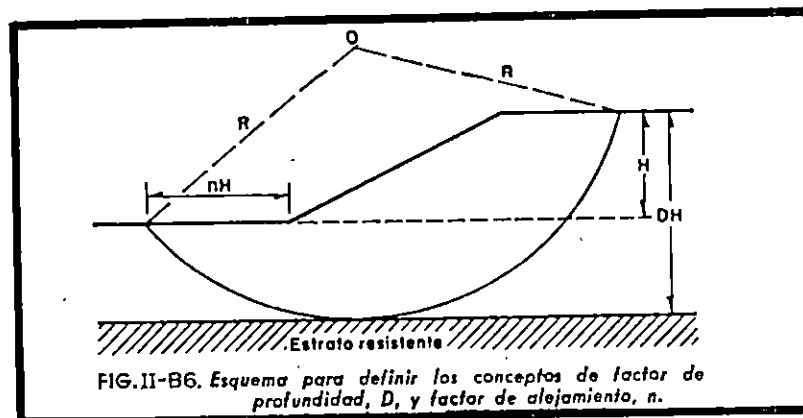
2. Talud "cohesivo" con terreno de cimentación homogéneo con él y limitado por un estrato resistente.

Se considera que el estrato resistente es horizontal. Cuando el estrato resistente se encuentra a una profundidad mayor que tres veces la altura del talud propiamente dicho, el número de estabilidad ( $N_s$ ) del círculo crítico, es muy cercano a 0.181 y sólo se justifica su cálculo para aquellos casos en que el estrato resistente está a profundidad comprendida entre cero (0) y  $3H$ .

Cuando el estrato resistente corresponde al nivel del terreno  $\beta < 60^\circ$ , la superficie crítica de deslizamiento sigue siendo tangente a dicho estrato resistente y se desarrolla como se muestra en la fig. II-B5.



En la fig. II-B6, se esquematiza el concepto de "factor profundidad D", el cual se utiliza para el análisis de las condiciones de estabilidad de un talud que cumpla las consideraciones ya planteadas.

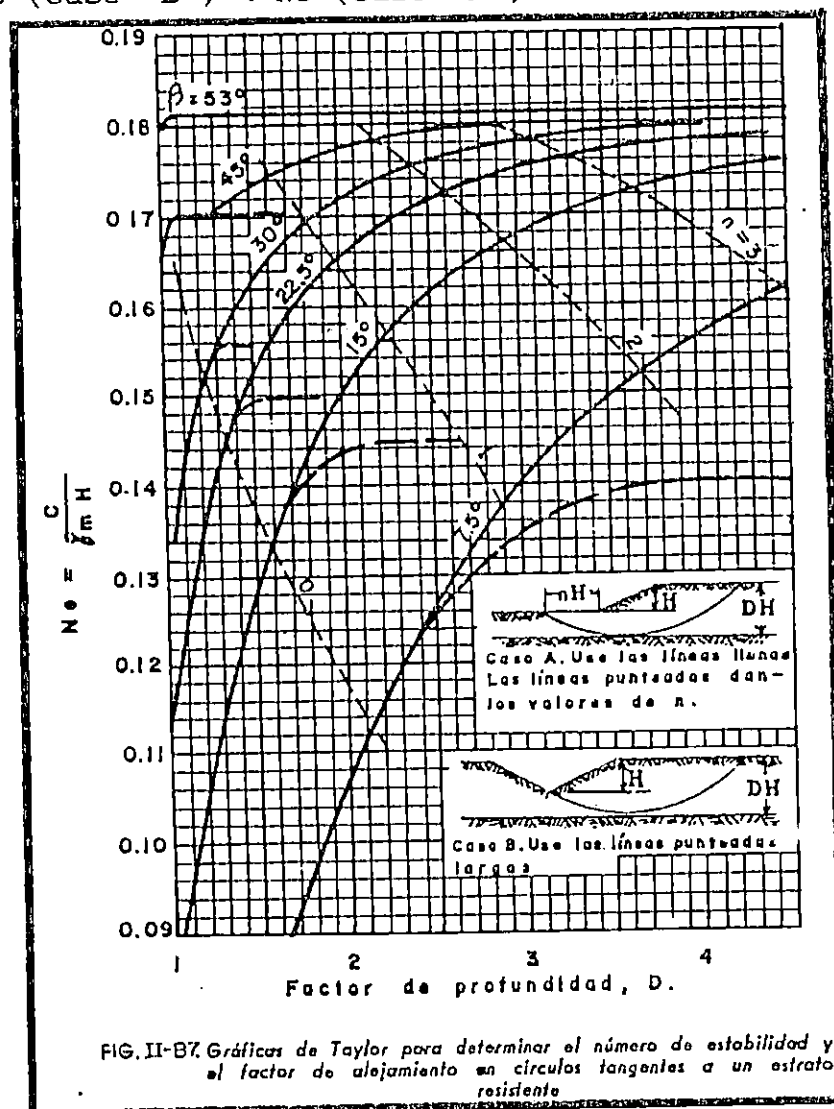


Taylor trazó las curvas que aparecen en la fig. II-B7, en la cual se consideran ángulos de talud desde  $7.5^\circ$  hasta

53°, con el valor "D" y usando la curva de "β" correspondiente puede obtenerse el valor de "Ne" y el "n"; factor de alejamiento; interpolando entre las curvas mostradas.

El valor de "nH" es la distancia horizontal, adelante del pie del talud, hasta donde la superficie de falla aflora.

Puede observarse en la fig. II-B7, que los taludes representados por el caso "B" (líneas punteadas largas) son más estables que los del caso "A" (líneas llenas), o sea que:  $N_e$  (caso "B") <  $N_e$  (caso "A")



## I.2 Suelos con "cohesión" y "fricción" ( $C = 0$ ; $\phi = 0$ )

### A. Análisis con esfuerzos totales.

#### \* Consideraciones generales:

- a. El método se aplica a círculos de falla de base por el pie del talud.
- b. En el análisis que se realizará, no se considera la presencia de flujo de agua.
- c. Se considera que el suelo en cuestión cumple la ley de resistencia al esfuerzo cortante (S) del tipo:  
$$S = C + \sigma \operatorname{tg} \phi$$

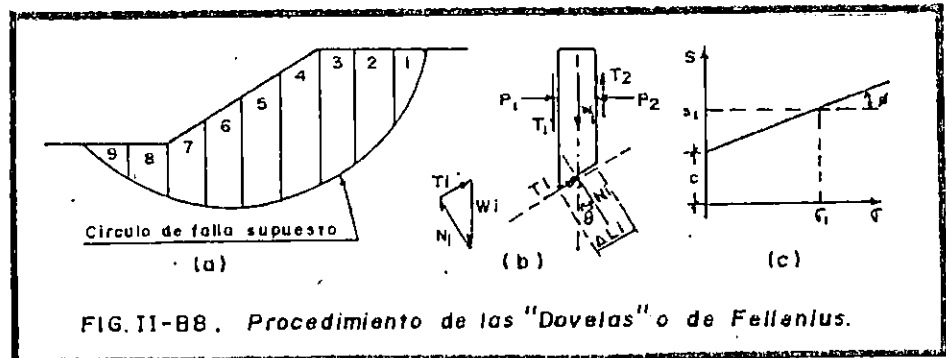
Donde, C = cohesión  
 $\phi$  = el ángulo de fricción interna  
 $\sigma$  = el esfuerzo normal total
- d. Se utilizará el método de las "Dovelas", debido a Fellenius (1927).
- e. El talud se considera de suelo homogéneo

#### \* Descripción del método:

1. Se propone un círculo de falla y la masa de tierra deslizante y se divide en "dovelas" (ver fig. II-BBa.)

Es de notar, que a mayor número de dovelas, se obtendrá mayor precisión del método.

El equilibrio de cada dovela puede analizarse como se muestra en la figura II-B8b, en la cual,



Donde:

- $W_i$  = peso de dovela de espesor unitario.
- $N_i$  y  $T_i$  = reacciones normal y tangencial del suelo a lo largo de la superficie de deslizamiento
- $P_1$  y  $P_2$  = fuerzas normales ejercidas por las dovelas adyacentes.
- $T_1$  y  $T_2$  = fuerzas tangenciales ejercidas por las dovelas adyacentes.

Se consideran las siguientes hipótesis:

- a. El efecto de las fuerzas  $P_1$  y  $P_2$  se contrarrestan entre sí.
- b. El momento producido por las fuerzas  $T_1$  y



T2 es despreciable.

c. Cada dovela actúa en forma independiente de las demás.

d. Ni y Ti equilibran a Wi.

2. Se hace un dibujo a escala, similar al mostrado en la fig. II-B9 en el que se traza el círculo de falla propuesto con su respectivo centro.

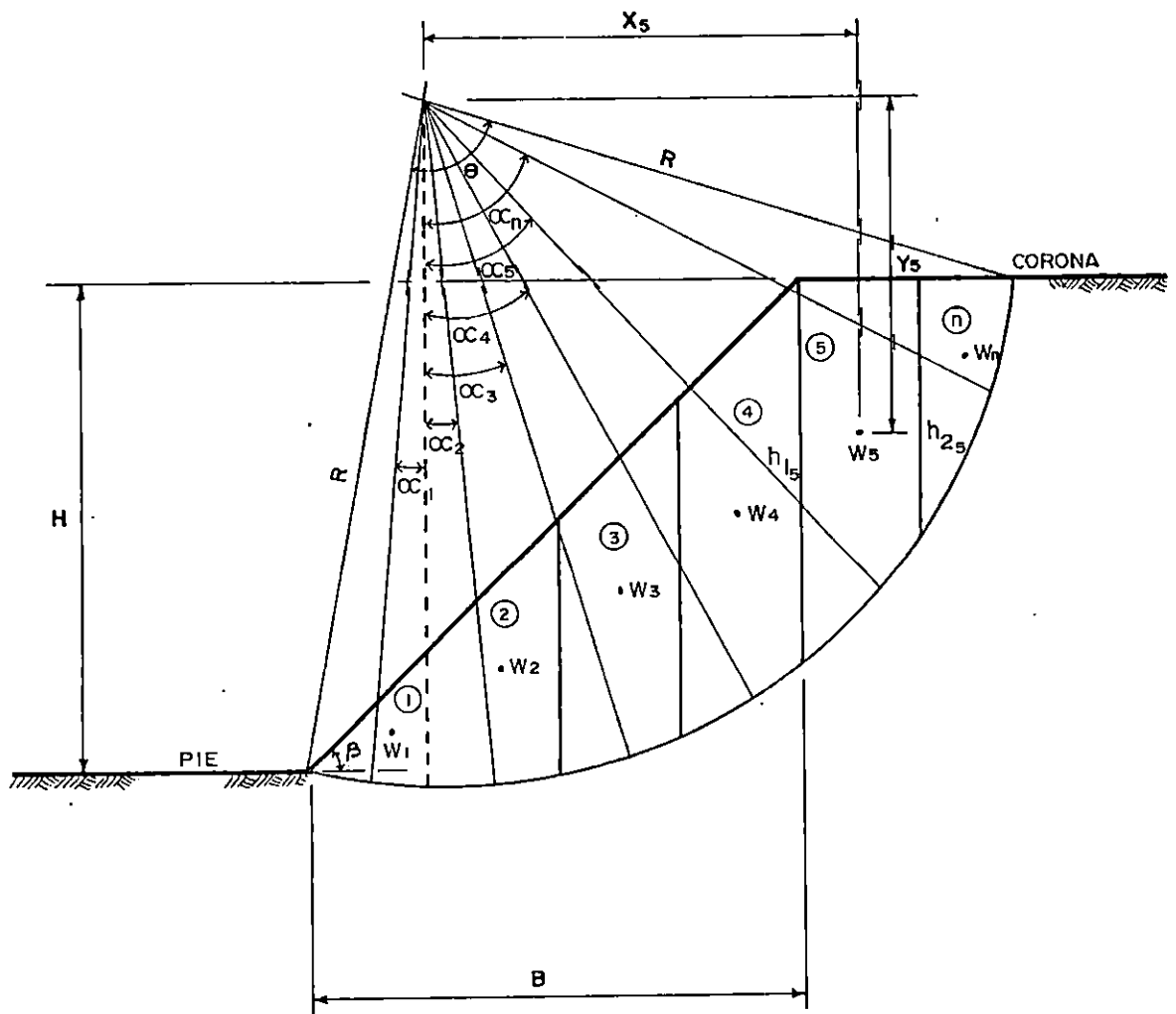


FIG. II-B9

3. Se calcula el peso de las dovelas, así:

$$W_i = A \times u \times m$$

donde,  $A$  = área de la dovela

$u$  = espesor unitario

$m$  = peso específico del suelo.

4. Se determina el ángulo  $\theta$ , para cada dovela, así:

$$\theta = \arctan \frac{R}{\Delta L_i}$$

5. Se calculan los valores de  $N_i$  y  $T_i$ :

$$T_i = W_i \text{ Sen } \theta$$

$$N_i = W_i \text{ Cos } \theta$$

6. Se calcula el valor del esfuerzo normal en la base de cada dovela:

$$\sigma = \frac{N_i}{\Delta L_i}$$

7. Se calcula el esfuerzo cortante ( $S_i$ ):

$$S_i = C + \sigma_i \tan \phi$$

8. La fuerza de fricción lo largo del plano de falla se calcula como:

$$F_{ri} = S_i * L_i$$

9. El factor de seguridad se calcula como:

$$FS = \frac{M_r}{M_m} = \frac{\sum F_{xi}}{\sum \tau_i} \geq 1.5$$

Para facilidad del cálculo se presente la siguiente tabla:

TABLA II-B1  
Tabla para el cálculo del factor de seguridad FS

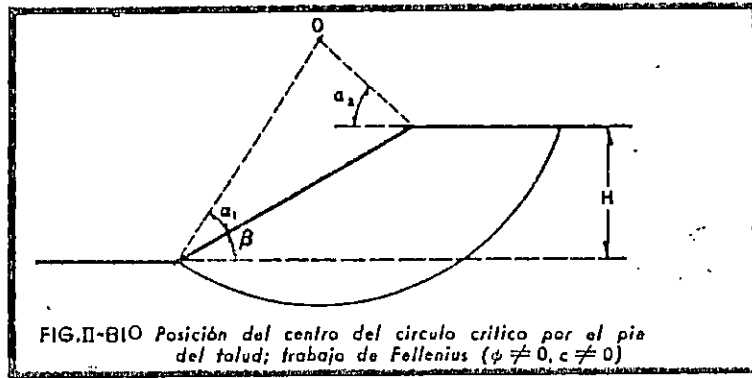
DOVELA N°	Wi (ton)	Li (m)	θ (°)	Ni (ton)	Ti (ton)	σ <sub>i</sub> T/m <sup>2</sup>	Si T/m <sup>2</sup>	Fr <sub>i</sub> Ton
1								
2								
3								
4								
n								
					Σ Ti			Σ Si <sub>i</sub>

El método de análisis descrito consiste en un procedimiento de tanteos, en el cual se fijan distintos círculos de falla, calculando el FS para cada uno, de manera que FS mín ≥ 1.5

\* Consideraciones respecto al método antes descrito:

1. Trabajos de Fellenius.

En la tabla II-B2 se presentan algunos círculos críticos por el pie del talud en suelos puramente "cohesivos" correspondientes a ángulos de talud, "β" (ver fig. II-B10).



Es necesario, en cada caso, comparar los factores de seguridad con los obtenidos analizando falla en la base del talud.

TABLA II-B2  
Suelos puramente cohesivos

Talud	$\beta$	$\alpha_1$	$\alpha_2$
1:0.58	60°	29°	40°
1:1.00	45°	28°	37°
1:1.50	33.8°	26°	35°
1:2.00 (o mayor)	26.6° (o menor)	25°	35°

Las posiciones fijadas por la tabla se refiere a círculos críticos por el pie del talud.

## 2. Trabajos de Taylor.

En la figura II-B11 se presentan curvas que relacionan el ángulo del talud ( $\beta$ ), con el número de estabilidad ( $N_e$ ), en función del ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), en círculos críticos correspondientes a la falla por el pie del talud. En el gráfico, se entra con el valor de " $\beta$ " y el valor de " $\phi$ " (obtenido en el laboratorio) para obtener un factor de " $N_e$ " correspondiente.

El factor de seguridad se calcula así:

$$FS = \frac{N_e C}{\gamma_m H}$$

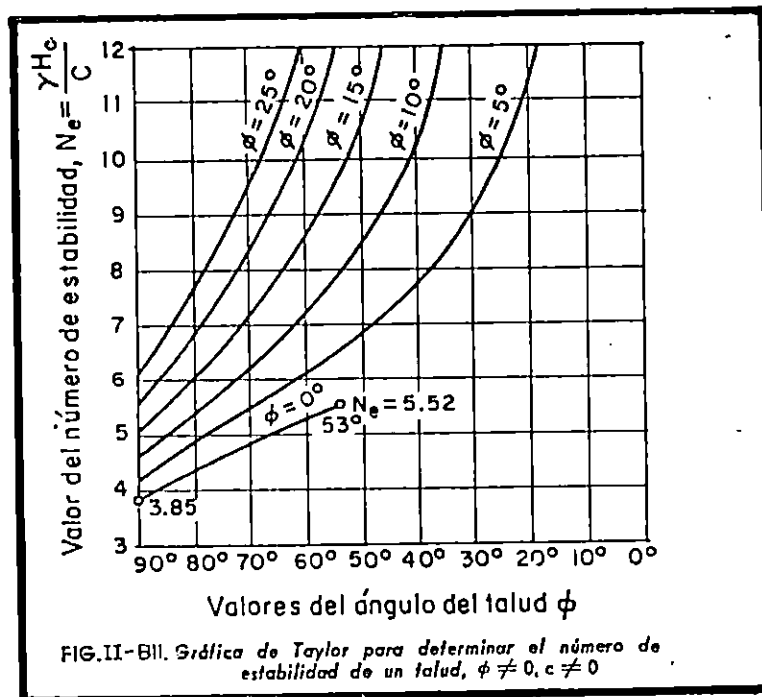
donde:

C = cohesión

$\gamma_m$  = peso específico del material.

H = altura del talud.

Este valor de Fs representa sólo una primera aproximación; al problema de estabilidad en círculos de falla por el pie del talud; será preciso estudiar la posibilidad de falla de base para llegar al círculo más crítico posible



3. Trabajos de Jambu.

El factor de seguridad ( $F_s$ ) asociado a círculos correspondientes a la falla por el pie del talud, se expresa así:

$$F_s = \frac{N_e C}{\gamma_m H}$$

Donde "Ne" es un número de estabilidad que se obtiene de la fig. II-B12, conociendo los valores de " $\beta$ " y el parámetro  $c\phi$ , así:

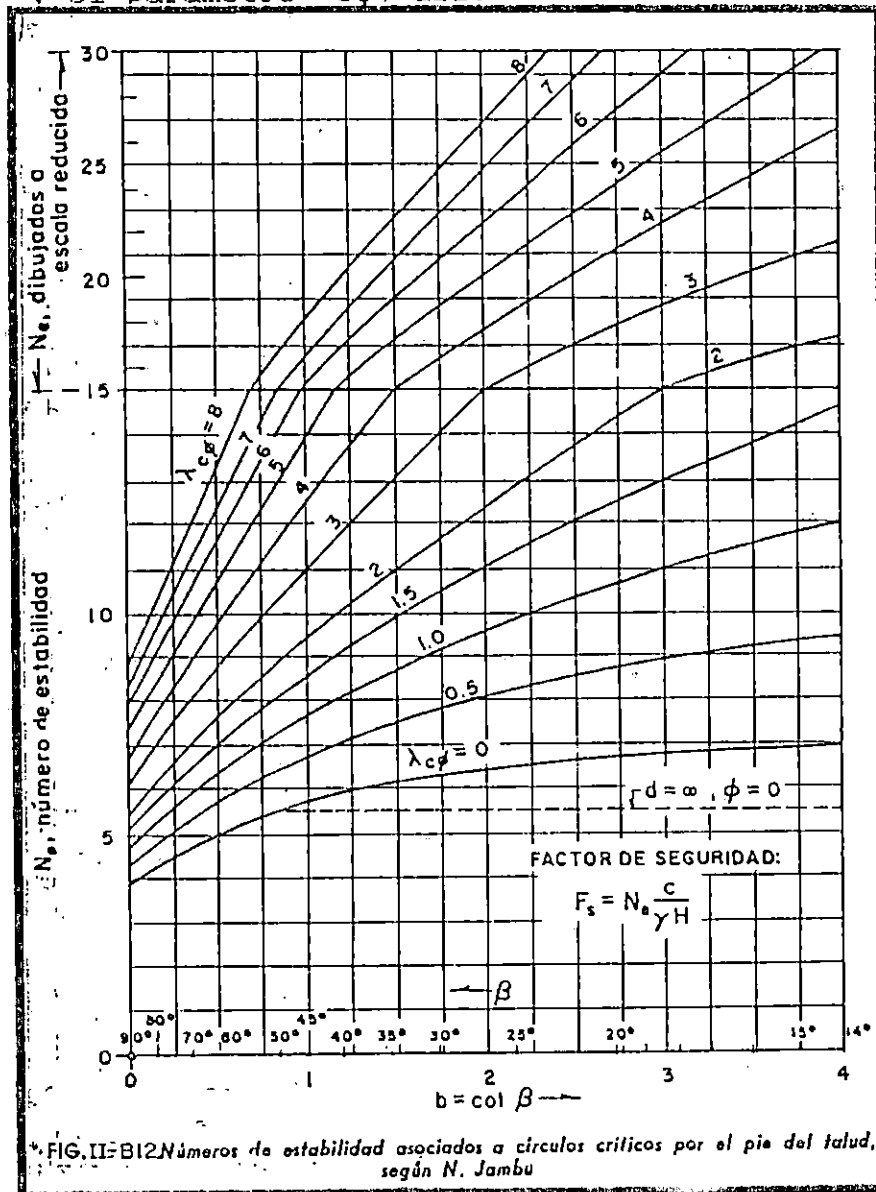
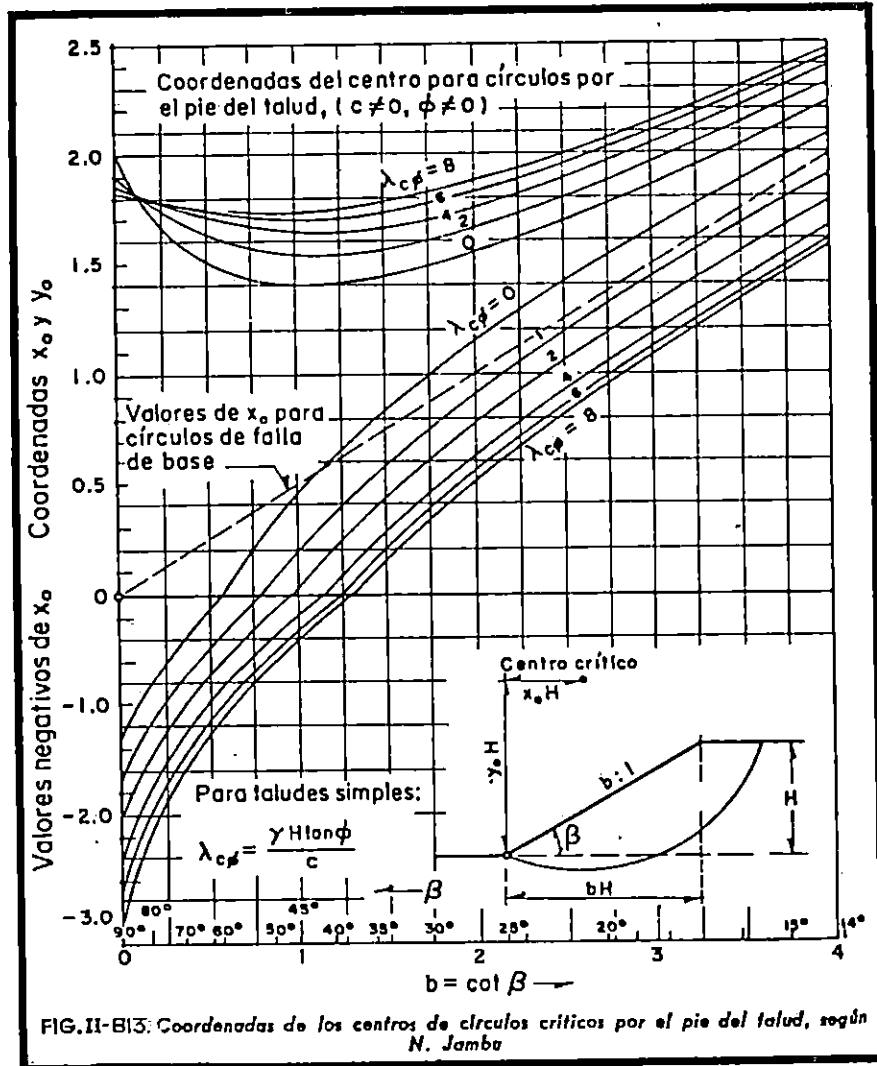


FIG. II-B12 Números de estabilidad asociados a círculos críticos por el pie del talud, según N. Jambu

En la fig. II-B13 se proporcionan los parámetros "Xo" y "Yo" que definen la posición de los centros de los círculos de pie del talud por medio de las relaciones:

$$X = X_o H \text{ (gráficas inferiores)}$$

$$Y = Y_o H \text{ (gráficas superiores)}$$



B. Análisis con esfuerzos efectivos.

\* Consideraciones generales:

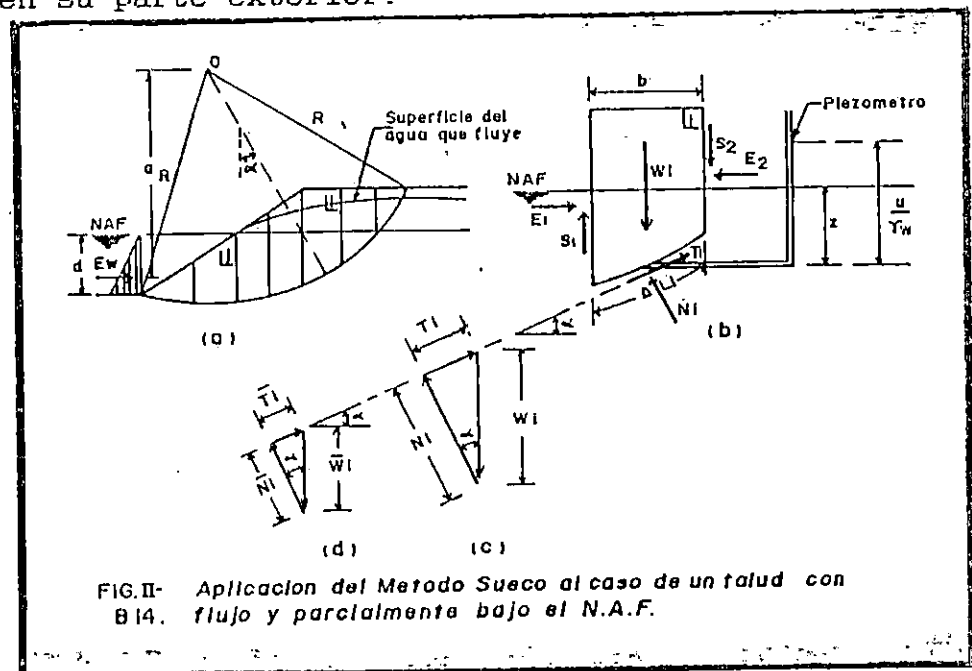
A este método se aplican las mismas condiciones planteadas para el análisis con esfuerzos totales ya descrito, a excepción del literal c, el que para este caso será:

$$S = C + \sigma' \operatorname{tg} \phi$$

donde  $\sigma'$  = esfuerzo normal efectivo.

El análisis puede ejemplificarse con base en el caso que se muestra en la fig. II-B14.

En la fig. II-B14a se muestra un talud sujeto a un flujo de agua atravesando su "cuerpo" y con un tirante de agua en su parte exterior.



Al aplicar el método sueco se ha supuesto un círculo



de falla como superficie de deslizamiento tentativa; el método se aplica con el uso de dovelas; en la fig. II-B14b, una de las dovelas muestra las fuerzas actuantes.

Las hipótesis consideradas en la descripción del método de las dovelas son aplicables aquí.

\* Descripción del método:

Se calcula  $\sigma_i$  utilizando cualquiera de las dos formas siguientes:

Para casos en que existan esfuerzos de tensión horizontal efectiva en los taludes (principalmente en las zonas próximas a su corona). Esto ocurre en taludes escarpados. Ver fig. II-B14.

Se calcula para cada dovela:

$$\sigma_i = \frac{W_i}{b_i} \cos^2 \alpha - u$$

Donde,  $b_i$  = Ancho de la dovela.  
 $W_i$  = peso de la dovela.  
 $u_i$  = presión del agua en la base de cada dovela.

Si no hay esfuerzos de tensión horizontal, como ocurre en taludes tendidos, o laderas naturales y artificiales, que se construyen para una larga vida, el análisis con esfuerzos efectivos, se calcula para cada dovela:

En el caso que la dovela esté totalmente cubierta de agua, su peso  $W_i$  lo constituye el peso propio de la dovela y el agua.

El método de las dovelas se aplica en forma análoga como en el caso "A" (análisis con esfuerzos totales).

El momento resistente ( $M_r$ ) y el momento motor ( $M_m$ ) se calculan así:

$$M_r = \sum S_i \Delta L_i$$

$$M_m = \sum W_i \sin \alpha = \sum \tau_i$$

Donde,  $W_i$  = peso total de cada dovela, incluyendo suelo y el agua contenida en él.

Si existe un tirante de agua en la parte exterior del talud (ver fig. II-B14) el momento motor será:

$$M_m = \sum (W_1 - Z_b \gamma_w) \sin \alpha$$

Donde,  $Z$  = desnivel entre el agua fuera del talud y la base de cada dovela.

$w$  = Peso específico del agua.

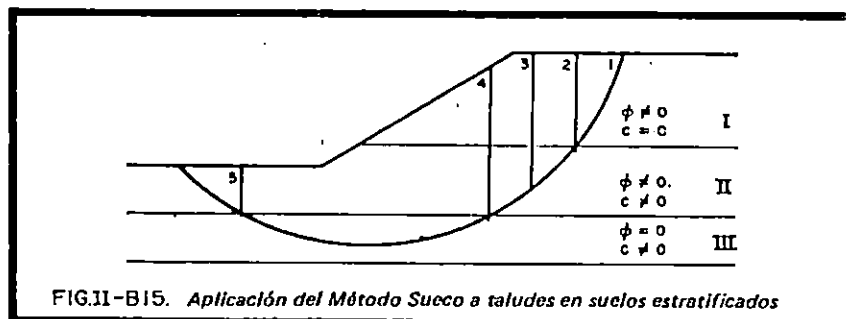
El factor de seguridad se define como:

$$FS = \frac{M_r}{M_m} \geq 1.5$$

Se continúa con el método de tanteos.

### I.3 Suelos estratificados

Se resuelve mediante una superposición de los casos tratados anteriormente fig. II-B15, por lo cual las hipótesis consideradas también son válidas.



\* Descripción del método:

1. Se supone un círculo de falla correspondiente a la masa de suelo deslizante, y esta se divide en dovelas.
2. Se debe procurar, que ninguna base de dovela caiga entre dos estratos.
3. Se calcula el peso de cada dovela multiplicando la parte del área de la dovela que caiga en cada estrato por el peso específico del suelo correspondiente.
4. Los momentos motor y resistente totales, se obtienen como la suma de los parciales calculados para cada estrato y de acuerdo a las características de su correspondiente material.
5. Se calcula el factor de seguridad (FS) correspondiente al círculo de falla elegido.
6. Usando otros arcos de circunferencia se llega al Fs mín., que no debe ser menor de 1.5.
7. En general, se puede seguir el procedimiento descrito anteriormente para el método de las dovelas.

CAPITULO III

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE  
LOS SUELOS

# CAPITULO III

## PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS SUELOS

### INTRODUCCION

En este capítulo se presentan los resultados del trabajo de campo realizado en las distintas comunidades. El cual se realizó por medio de la extracción de muestras alteradas através del ensayo de penetración estándar y la toma de muestras inalteradas por sondeo de pozo a cielo abierto.

### 3.1 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo comprendió la toma de muestras alteradas e inalteradas para lo cual se realizó lo siguiente:

\* Inspección de campo.

En cada una de las comunidades se realizaron tres visitas con el objeto de ampliar los conocimientos acerca de los problemas del suelo sobre el cual se asienta estas comunidades, efectuándose posteriormente una visita para la ubicación de sondeos de penetración estándar a realizar.

\* Toma de muestras.

Previo a la toma de muestras se hizo un plan de muestreo en el cual se ubicaron los sondeos a realizar, los cuales se realizaron en puntos donde se consideraron desfavorables en cuanto a condiciones naturales del terreno y del suelo.

Principalmente el muestreo lo constituyó la toma de muestras alteradas por medio de la prueba de penetración estándar (SPT), recuperando material a cada 50 cm.

La toma de muestras inalteradas se efectuó a través de pozos a cielo abierto obteniendo una muestra cúbica de 30 cm. de lado.

- \* La clasificación de campo se realizó durante el proceso de toma de muestras alteradas, siendo esta una clasificación preliminar "insitu".

### 3.2 TRABAJO DE LABORATORIO

En el laboratorio se realizaron los ensayos siguientes:

- \* Clasificación visual manual de los suelos según la norma de la ASTM (D-2488), este ensayo se realizó por

medio de lavado en la malla 200, observando características tales como: color, olor, porcentaje de arena, contenido de pomes plasticidad y compresibilidad.

- \* Contenido de humedad natural del suelo, según la norma de la ASTM (D-2216), este ensayo se realizó para cada una de las muestras obtenidas de la prueba SPT.
- \* Límites de consistencia según la norma de la ASTM (D-423 y D-424), a los suelos con características plásticas que presentaron dificultad en la clasificación manual visual, se les determinó el límite líquido y límite plástico para hacer uso de la carta de plasticidad de Casagrande.
- \* Contenido de materia orgánica, según la norma de la ASTM (D-2974), a los suelos considerados con un alto contenido de materia orgánica, se les determinó dicho porcentaje
- \* Análisis granulométrico, según la norma de la ASTM (D-422); al suelo que se consideró necesario se le efectuó este ensayo.



\* Prueba triaxial, según la norma de la ASTM (D-2858). a las muestras inalteradas obtenidas de campo se les hizo la prueba triaxial rápida (no consolidada, no drenada), para determinar los valores de la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), los cuales serán utilizados en los análisis posteriormente.

\* Determinación de las propiedades índices, se determinarán las propiedades índices de los suelos de donde se obtuvieron muestras inalteradas.

### 3.3 CRITERIOS DE ANALISIS

Los criterios de análisis para la ubicación de sondeos de exploración, se basaron en la problemática del suelo de las comunidades, y en el comportamiento histórico del subsuelo y/o en estudios geotécnicos realizados con anterioridad.

Los criterios usados para la clasificación de suelos son los considerados en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Se realizaron los ensayos de laboratorio que se consideraron necesarios para la clasificación acertada del suelo.

CUADRO RESUMEN TRABAJO DE CAMPO. COMUNIDAD LA ROCA

SON-DEOS	UBICACION	PROF (m.)	SUELO	OBSERVACIONES
1	Al costado oriente de talud norte	5.10	SM-OL ML-OL	Hasta una prof. de 50 cm., presenta mucho residuo de ripio y piedra, el recházo sobre roca se experimento a 5.10 m.
2	Al costado poniente del mismo talud	4.30	ML	a una prof. de 0.50 a 1.0 m. no se recuperó material, el recházo a 4.3 m.
3	Sobre pasaje, al sur poniente	2.50	SM-OL	El recházo sobre roca se experimento a una prof. de 2.50 m., intentando pasar con la punta.
4	Contiguo a casa comunal	4.50	SM	A una prof. de 3.50 m. se presento el problema de contracción de la arcilla, dificultando la extracción de la cuchara.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : La Roca

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No.1

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N.	CONSISTENCIA o COMPACIDAD			
0.50	15	2	3	MUY SUELTO	25.6	SM-OL	Arena limosa, color café, 60% de arena, con trazas de ripio tam. máx. 1" y pomez. orgánico.
		1					
1.00	5	4	3	MUY SUELTO	26.3	SM-OL	" "
		1					
		2					
1.50	22	6	2	MUY SUELTO	24.7	ML-OL	Limo arenoso, color gris café, 45% de arena con pomez tam. máx. 3/8", orgánico.
		1					
		1					
2.00	34	1	2	MUY SUELTO	27.1	ML-OL	" "
		1					
		1					
2.50	23	2	2	MUY SUELTO	32.8	ML-OL	" "
		1					
		1					
3.00	38	8	7	SUELTO	28.1	ML	Limo arenoso, color café claro, 25% de arena con pomez tamaño máximo 1/4".
		3					
		4					
3.50	41	5	14	SEMI SUELTO	35.8	ML	" "
		5					
		9					
4.00	43	9	7	SUELTO	46.6	ML-OL	Limo arenoso, color café os- curo, 40% de arena con po- mez tam. máx. 3/8", orgánico.
		5					
		2					
4.50	36	5	5	SUELTO	43.5	ML-OL	Limo arenoso, color café os- curo, 40% de arena con po- mez tam. máx. 3/8", orgánico, ligeramente plástico.
		2					
		3					
5.00	40	3	15	SEMI SUELTO	42.8	SC-OL	Arena arcillosa, color café, 30% de arcilla de mediana plast. con trazas de roca
		3					
		12					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : La Roca

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No.1

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA o COMPACIDAD			
							tamaño máximo de 1/2", orgánico.
5.50	60	50 RECHAZO	50	COMPACTO	17.2	SM	Arena limosa, color café claro, 60% de arena, inor- gánico.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**CONTENIDO NATURAL DE AGUA**

COMUNIDAD : La Roca LOCALIZACION: SAN SALVADOR SONDEO No. 1

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	1	69.8	57.8	12.0	11.0	46.8	25.6
1.00	2	49.8	41.6	8.2	10.4	31.2	26.3
1.50	3	75.4	62.6	12.8	10.8	51.8	24.7
2.00	4	95.8	77.6	18.2	10.5	67.1	27.1
2.50	5	69.4	55.2	14.2	11.9	43.3	32.8
3.00	6	65.0	53.4	11.6	12.1	41.3	28.1
3.50	7	68.6	53.4	15.2	11.0	42.4	35.8
4.00	8	61.4	45.8	15.6	10.2	35.6	46.6
4.50	9	80.4	59.8	20.6	12.4	47.4	43.5
5.00	10	66.6	50.2	16.4	11.9	38.3	42.8
5.50	11	63.8	56.0	7.8	10.6	45.4	17.2
		$W_{\text{máx}} = 46.6\%$	$W_{\text{mín}} = 17.2\%$			$W_{\text{prom}} = 31.9\%$	

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

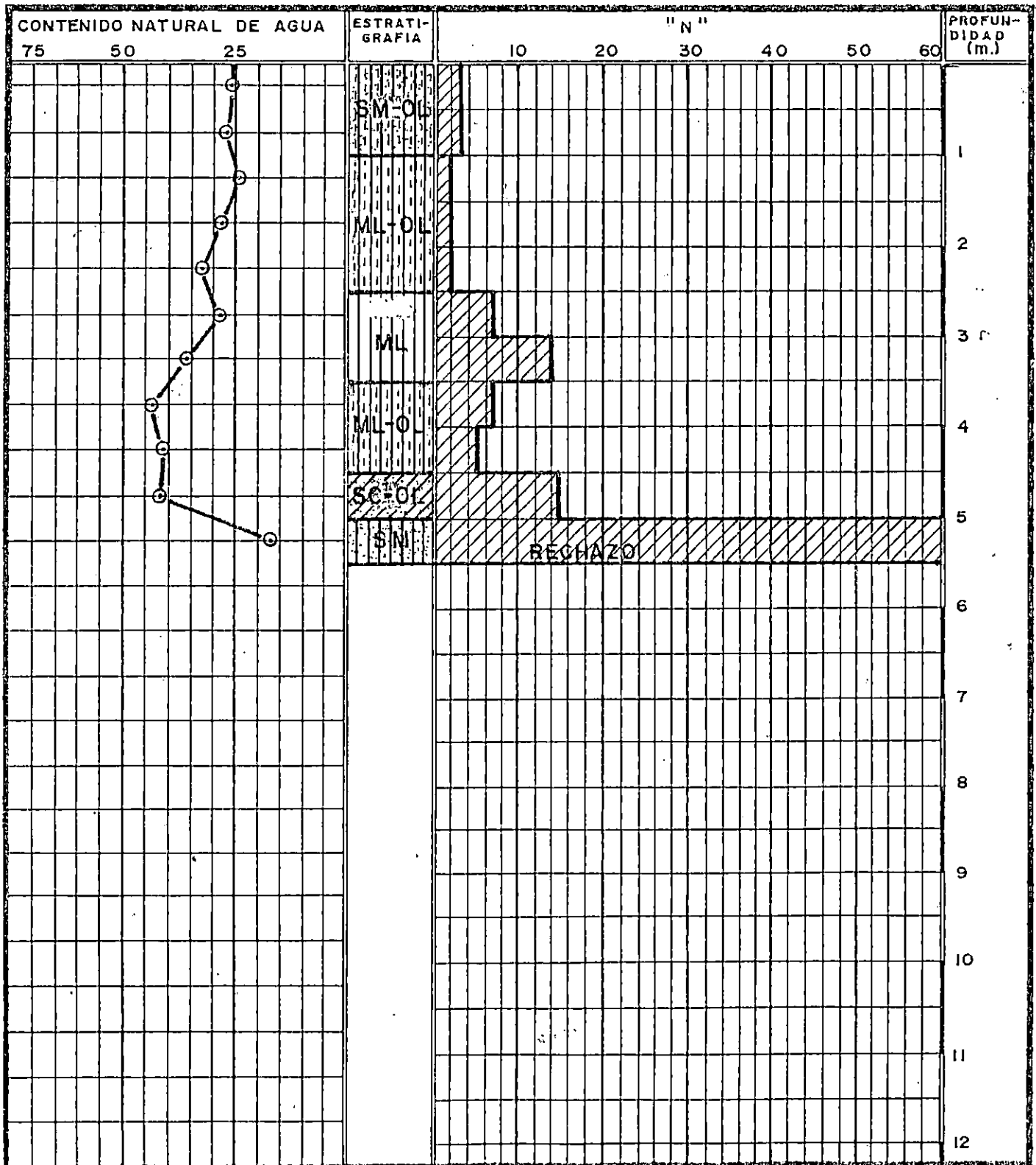
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : LA ROCA

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 1



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : La Roca

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No2

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50	29	6	6	SUELTO	24.1	ML	Limo arenoso, color café oscuro, 45% de arena con pomez tam. máx. 3/8", presencia de mat. orgánica, con trazas de madera y ripio.
		3					
		3					
1.00	-		-	-	-	-	No hubo recuperación.
1.50	23	6	3	MUY SUELTO	26.2	ML	Limo arenoso, color café oscuro, 40% de arena con pomez tam. máx. 1/4", con presencia de mat. orgánica, ligeramente plástico.
		2					
		1					
2.00	10	2	2	MUY SUELTO	31.0	ML	" "
		1					
		1					
2.50	24	3	5	SUELTO	41.7	ML	Limo arenoso, color café, 25% de arena, ligeramente orgánico.
		3					
		2					
3.00	32	6	9	SUELTO	41.1	ML	Limo arenoso, color café claro, 15% de arena con pomez.
		4					
		5					
3.50	42	8	11	SEMI SUELTO	36.7	ML	" "
		4					
		7					
4.00	5	12	13	SEMI SUELTO	36.9	ML	" "
		7					
		6					
4.50	10	15	40	COMPACTO	26.8	GP	Grava mal graduada, color café rojizo, desde angular a sub angular tam. máx. 1", con finos ligeramente plásticos.
		20					
		20					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### CONTENIDO NATURAL DE AGUA

COMUNIDAD : La Roca

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 2

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	12	58.6	49.4	9.2	11.2	38.2	24.1
1.00		No hubo recuperación.					
1.50	13	67.0	55.4	11.6	11.0	44.4	26.2
2.00	14	59.8	48.2	11.6	10.8	37.4	31.0
2.50	15	54.0	41.4	12.6	11.2	30.2	41.7
3.00	16	52.4	40.4	12.0	11.2	29.2	41.1
3.50	17	69.8	54.0	15.8	10.9	43.1	36.7
4.00	18	45.8	36.2	9.6	10.2	26.0	36.9
4.50	19	76.4	62.4	14.0	10.2	52.2	26.8
	$W_{\text{máx}} =$	41.7%	$W_{\text{min}} =$	24.1%	$W_{\text{prom}} =$	33.1%	



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

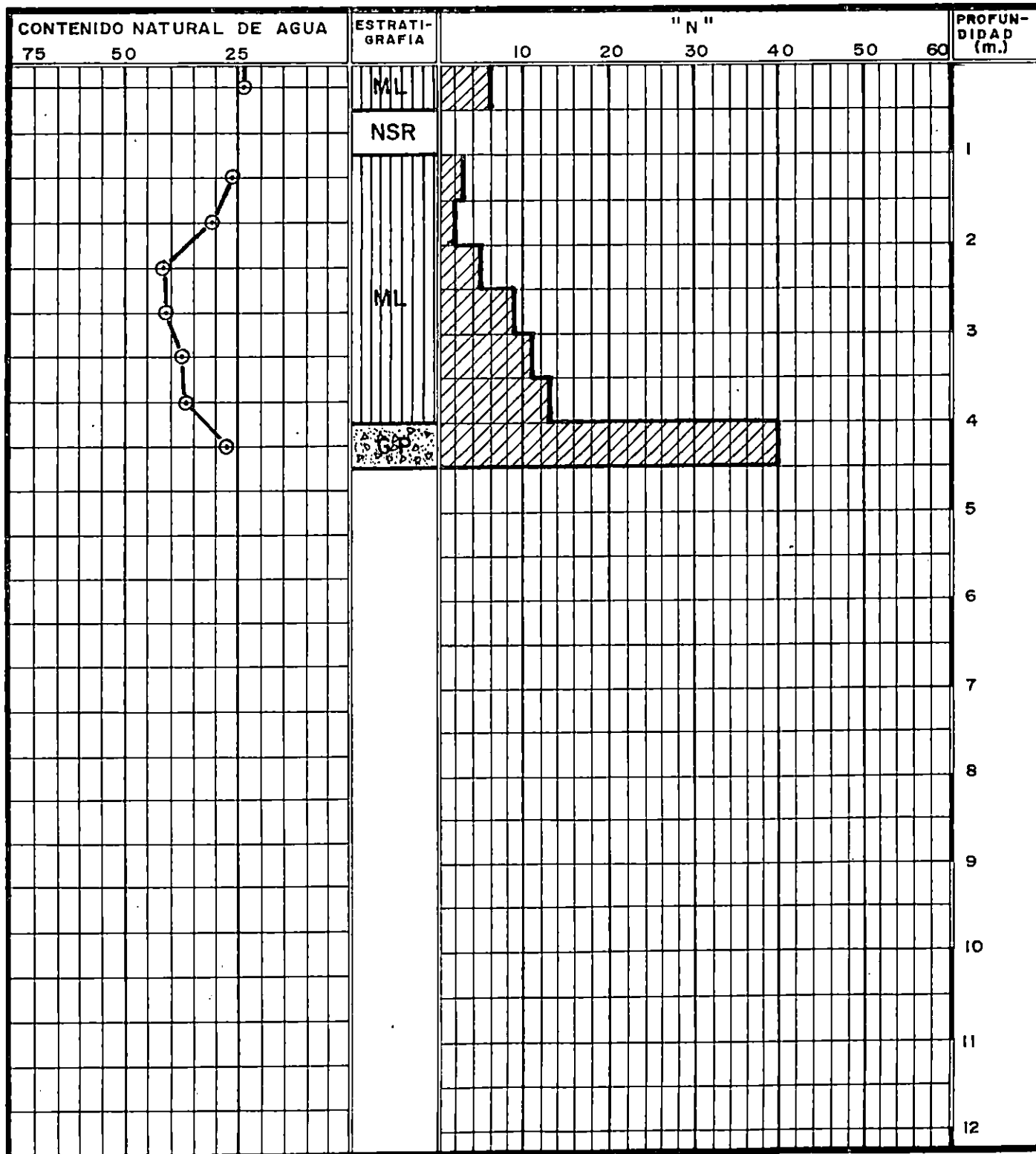
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : LA ROCA

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 2



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : La Roca

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 3

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA o COMPACTIDAD			
0.50	20	2	6	SUELTO	26.6	SM-OL	Arena limosa, color café,
		3					75% de arena con pomez,
		3					tam. máx. 1/4", orgánico.
1.00	13	7	12	SEMI SUELTO	33.6	SM-OL	" "
		7					" "
		5					" "
1.50	28	11	14	SEMI SUELTO	29.9	SM-OL	Arena limosa, color café,
		10					75% de arena con trazas de
		4					ripio tam. máx. 1", con pomez tam. máx. 3/8", orgánico.
2.00	38	16	24	SEMI COMPACTO	34.7	SM-OL	" "
		12					" "
		12					" "

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**CONTENIDO NATURAL DE AGUA**

COMUNIDAD : La Roca LOCALIZACION: SAN SALVADOR SONDEO N.º 3

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE N.º	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	20	48.4	40.4	8.0	10.3	30.1	26.6
1.00	21	44.6	36.2	8.4	11.2	25.0	33.6
1.50	22	88.8	71.0	17.8	11.4	59.6	29.9
2.00	23	77.6	60.2	17.4	10.0	50.2	34.7
	$W_{\text{máx}} = 34.7\%$		$W_{\text{min}} = 26.6\%$		$W_{\text{prom}} = 31.2\%$		

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

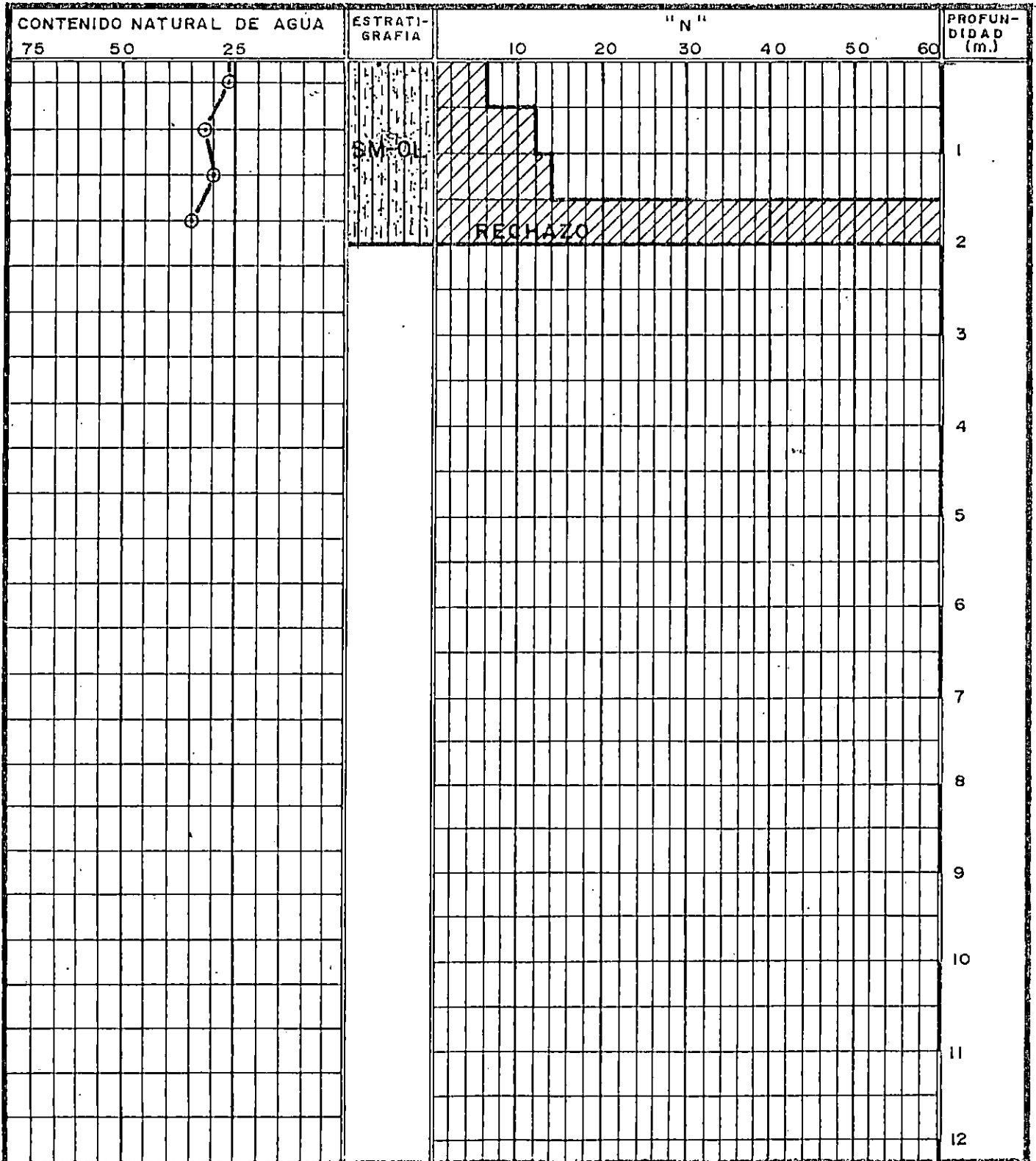
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : LA ROCA

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 3



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : La Roca

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No.4

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50	30	6	10	SUELTO	24.2	SM-OL	Arena limosa color café, 75% de arena con trazas de ripio tam. máx. 3/4" y pomez tam. máx. 1/4", organico.
		5					
		5					
1.00	45	8	9	SUELTO	28.6	ML	Limo arenoso, color café claro, 45% de arena con po- mez tam. máx. 1/4", ligera- mente organico.
		4					
		5					
1.50	44	4	7	SUELTO	35.2	ML	Limo arenoso, color café claro, 20% de arena, inor- gánico.
		3					
		4					
2.00	35	3	2	MUY SUELTO	31.7	SM	Arena limosa, color café claro, 70% de arena con pomez, inorgánico.
		1					
		1					
2.50	15	2	7	MEDIO	30.1	CL	Arcilla arenosa, color café oscuro, 30% de arena, inor- gánico.
		1					
		6					
3.00	40	5	5	MEDIA	45.7	CL	" "
		2					
		3					
3.50	27	23	20	MUY FIRME	41.8	CL	Arcilla arenosa, color gris 30% de arena con trazas de roca sub angular tam. máx. 1", inorgánico.
		11					
		9					
4.00	35	7	14	FIRME	46.5	CL	Arcilla arenosa, color ca- fé rojizo, 20% de arena, inorgánico.
		5					
		9					
4.50	35	13	15	FIRME	53.4	GP	Grava mal graduada, sub- angular con mezcla de arena arcillosa inorgánica.
		6					
		9					

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACION

"CAPACIDAD DE CARGA"

CONTENIDO NATURAL DE AGUA

COMUNIDAD : La Roca

LOCALIZACION: SAN SALVADOR

SONDEO No. 4

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	24	45.0	38.4	6.6	11.1	27.3	24.2
1.00	25	47.8	39.4	8.4	10.0	29.4	28.6
1.50	26	58.4	45.8	12.6	10.0	35.8	35.2
2.00	27	60.6	48.4	12.2	9.9	38.5	31.7
2.50	28	58.6	47.4	11.2	10.2	37.2	30.1
3.00	29	76.8	55.8	21.0	9.8	46.0	45.7
3.50	30	64.6	48.6	16.0	10.3	38.3	41.8
4.00	31	60.2	44.4	15.8	10.4	34.0	46.5
4.50	32	63.4	44.8	18.6	10.0	34.8	53.4
		$W_{m\acute{a}x} = 53.4\%$	$W_{m\grave{i}n} = 24.2\%$		$W_{prom} = 37.5\%$		

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA

COMUNIDAD : La Roca LOCALIZACION: San Salvador SONDEO No. 4

MUESTRA No. 1 CLASIFICACION: SM-OL

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

No. MUESTRA	1				
PROFUNDIDAD	0.50				
TARA	20.83				
PESO SUELO HUMEDO + TARA	54.93				
PESO SUELO SECO + TARA	43.42				
PESO SUELO HUMEDO (A)	34.10				
PESO SUELO SECO (B)	22.59				
PESO AGUA (A-B)	11.51				
% HUMEDAD (D)	33.7				

#### CONTENIDO DE CENIZA Y MATERIA ORGANICA

No. MUESTRA	1				
PESO SUELO HUMEDO (A)	34.10				
PESO SUELO CALCINADO + TARA	41.08				
TARA	20.83				
PESO DE SUELO CALCINADO (C)	20.25				
% CENIZA (E)	59.38				
% MATERIA ORGANICA	6.92				

FORMULAS :  $\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(A-B) \times 100}{A}$

$\% \text{ CENIZA} = \frac{C \times 100}{A}$

$\% \text{ MATERIA ORGANICA} = 100 - (D+E)$

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

La muestra contiene  
restos vegetales (rai-  
cillas) y restos de  
ripio.

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

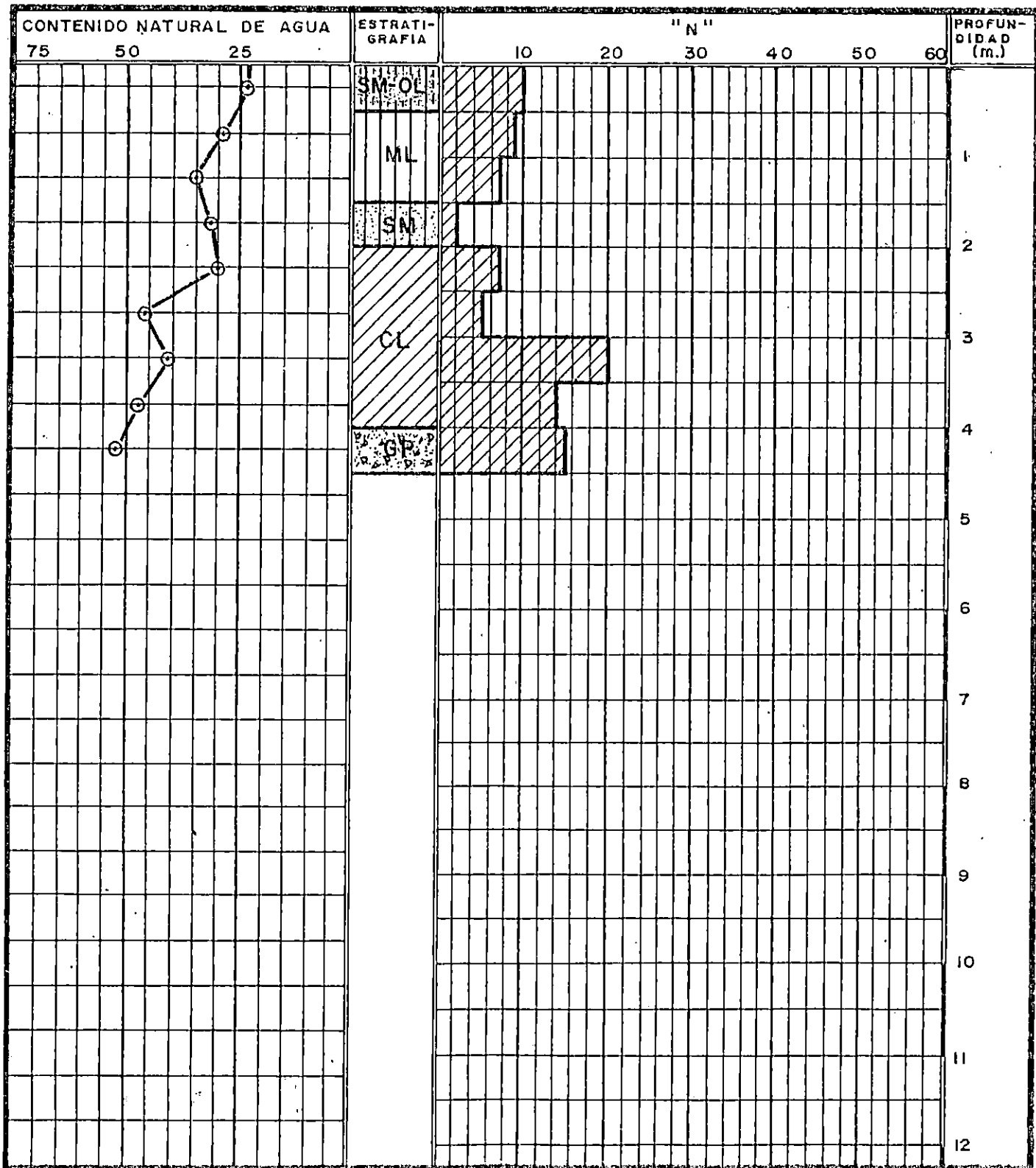
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : LA ROCA

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 4





CUADRO RESUMEN TRABAJO DE CAMPO, COMUNIDAD EL NAZARENO

SON- DEOS	UBICACION	PROF (m.)	SUE LO	OBSERVACIONES
1	Al sur, parte superior de talud	7.50	SM- OL  SM	A la profundidad de 1.5 a 2 m. y de 5 a 6 m. no se recuperó muestra, las muestras obtenidas son restos de basura con alto contenido de humedad.
2	Al centro parte superior de talud	9.50	SM- OL  ML	Similar a sondeo N° 1, encontrándose los mismos estratos de suelo, se profundizó hasta 9.5 m.
3	Zona central, parte superior de talud	9.00	SM- OL	Condiciones similares a sondeo 1 y 2, no se recuperó material a la profundidad de 3.5 a 5.5 m.
4	Al norte, parte superior	6.50	SM	Material encontrado sin materia orgánica, no se recuperó de 2 a 2.5 m.
5	Al oriente superior	7.50	SM	Materiales similares al anterior.
6	Al norte, inferior	5.00	SM	Materiales similares al anterior.
7	Al centro, inferior	9.50	SM+ B	El estrato de basura alcanza los 3.5 m.
8	Al costado sur, cuerpo talud	7.50	SM- OL	A la profundidad de 2.5 a 4 m. no se recuperó, el material contiene materia orgánica.
9	Zona central parte inferior de talud	8.50	SM+ B	El material encontrado posee un alto contenido de materia orgánica, se llegó a 8.5 m. y 80 golpes.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.1

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50		-	9	SUELTO	7.9	SM	Arena limosa, color gris claro, con 60% a 70% de arena.
		4					" "
		5					" "
1.00		6	11	SEMI SUELTO	12.0	SM	" "
		7					" "
		4					" "
1.50		4	8	SUELTO	12.2	SM	" "
		5					" "
		3					" "
2.00		3	3	-	-	NSR	No se recuperó
		2					
		1					
2.50		4	5	SUELTO	51.4	SM-OL + B	Arena limosa con materia en descomposición y basura, color negro.
		3					
		2					
3.00		5	9	SUELTO	24.0	SM	Arena limosa, color gris claro, con 65% de arena.
		4					
		5					
3.50		4	6	SUELTO	27.6	SM-OL + B	Arena limosa con basura mezclada, color gris oscuro, con 60% de arena.
		3					
		3					
4.00		6	6	SUELTO	38.7	SM-OL + B	" "
		3					" "
		3					" "
4.50		4	7	SUELTO	96.9	SM-OL + B	" "
		5					" "
		2					" "
5.00		7	9	SUELTO	50.3	SM-OL + B	" "
		5					" "
		4					" "
5.50		7	13	-	-	NSR	No se recuperó
		7					
		6					
6.00		6	9	-	-	NSR	No se recuperó
		4					
		5					

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 TRABAJO DE GRADUACION  
 "CAPACIDAD DE CARGA"

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO No. 1

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	P E N E T R A C I O N			%	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
6.50		5	12	-	-	NSR	No se recuperó
		7					
7.00		5	13	SEMI SUELTO	88.2	SM-OL + B	Arena limosa con basura mezclada, color gris oscu- ro, con 60% de arena.
		11					
		7					
7.50		6	30	SEMI COMPACTO	68.1	SM-OI + B	" "
		11					
		14					
		16					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

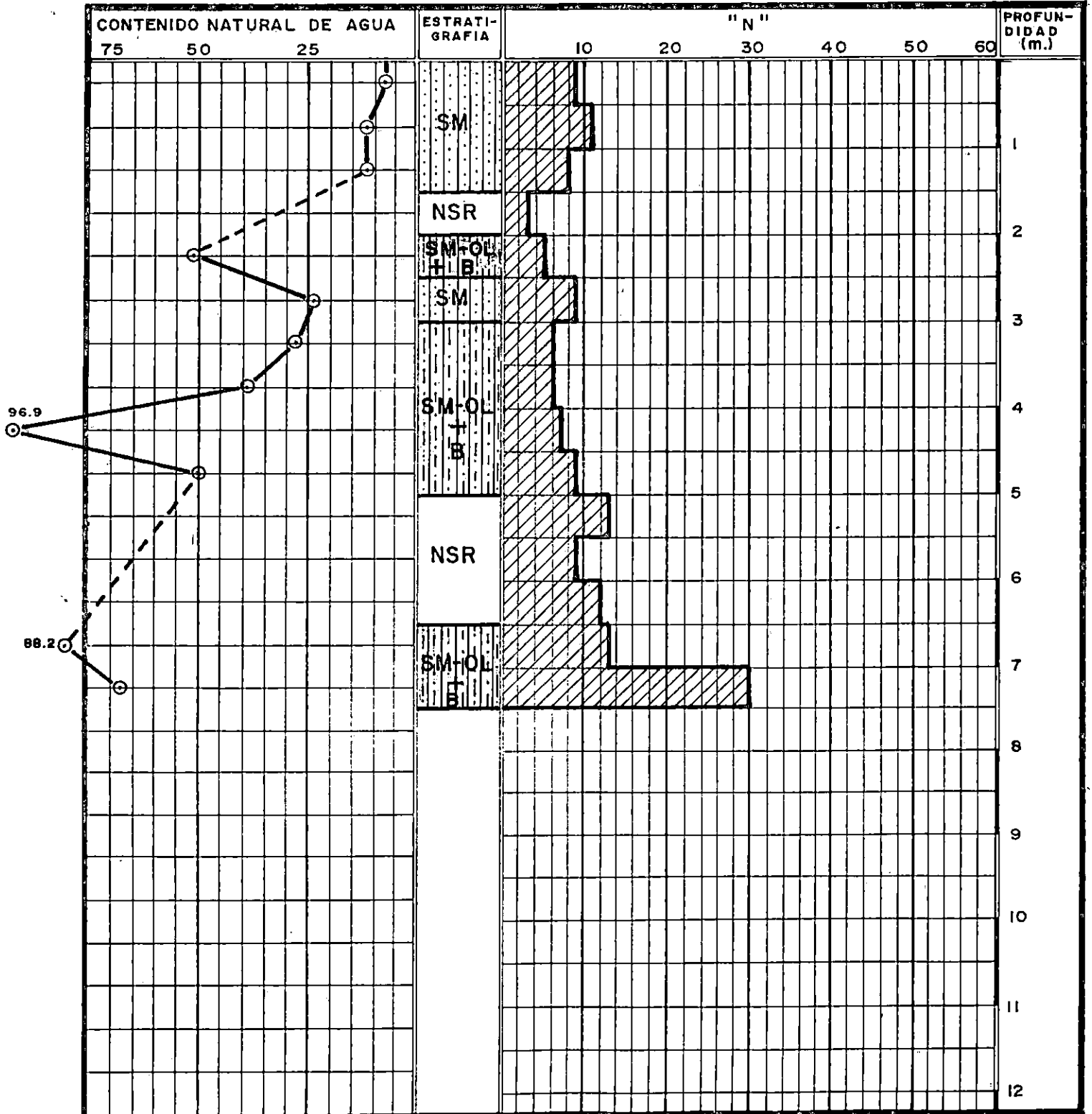
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : EL NAZARENO

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 1



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N°.2

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50		2	4	MUY SUELTO	17.1	SM	Arena limosa, color gris claro, con un 70% de arena con abundante pomez.
		2					
		2					
1.00		2	5	SUELTO	38.6	SM+B	Arena limosa mezclada con basura, color gris claro, con un 60% de arena.
		2					
		3					
1.50		5	7	SUELTO	37.7	SM-OI + B	Arena fina a media con limo orgánico, mezclado con basura, color gris oscuro, con 60% a 70% de arena. ( con alto olor a descomposición).
		3					
		4					
2.00		4	3	MUY SUELTO	37.9	SM-OI + B	" "
		1					
		2					
2.50		3	4	MUY SUELTO	39.1	SM-OI + B	" "
		2					
		2					
3.00		5	5	SUELTO	32.5	SM-OI + B	" "
		3					
		2					
3.50		9	9	SUELTO	26.9	SM-OI + B	" "
		5					
		4					
4.00		8	11	SEMI SUELTO	37.0	SM-OI + B	" "
		6					
		5					
4.50		8	9	SUELTO	57.8	SM-OI + B	" "
		5					
		4					
5.00		9	10	-	-	NSR	No se recuperó
		7					
		3					
5.50		8	8	-	-	NSR	No se recuperó
		4					
		4					

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO No. 2

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACTIDAD			
6.00		9	12	SEMI SUELTO	89.9	SM-OI + B	Arena fina a media con limo orgánico mezclado con basu- ra, color gris oscuro, con 70% de arena. (con alto olor a descompo- sición).
		5					
		7					
6.50		14	19	SEMI SUELTO	57.8	SM-OI + B	" "
		10					
		9					
7.00		17	16	-	-	NSR	No se recuperó.
		8					
		8					
7.50		15	14	-	-	NSR	" "
		8					
		6					
8.00		17	17	-	-	NSR	" "
		7					
		10					
8.50		15	22	-	-	NSR	" "
		10					
		12					
9.00		23	24	SEMI COMPACTO	41.7	SM-OI + B	Arena fina a media con limo orgánico mezclado con basu- ra, color gris oscuro, con 70% de arena. (con alto olor a descompo- sición).
		16					
		8					
9.50		8	15	-	-	NSR	No se recuperó.
		6					
		9					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

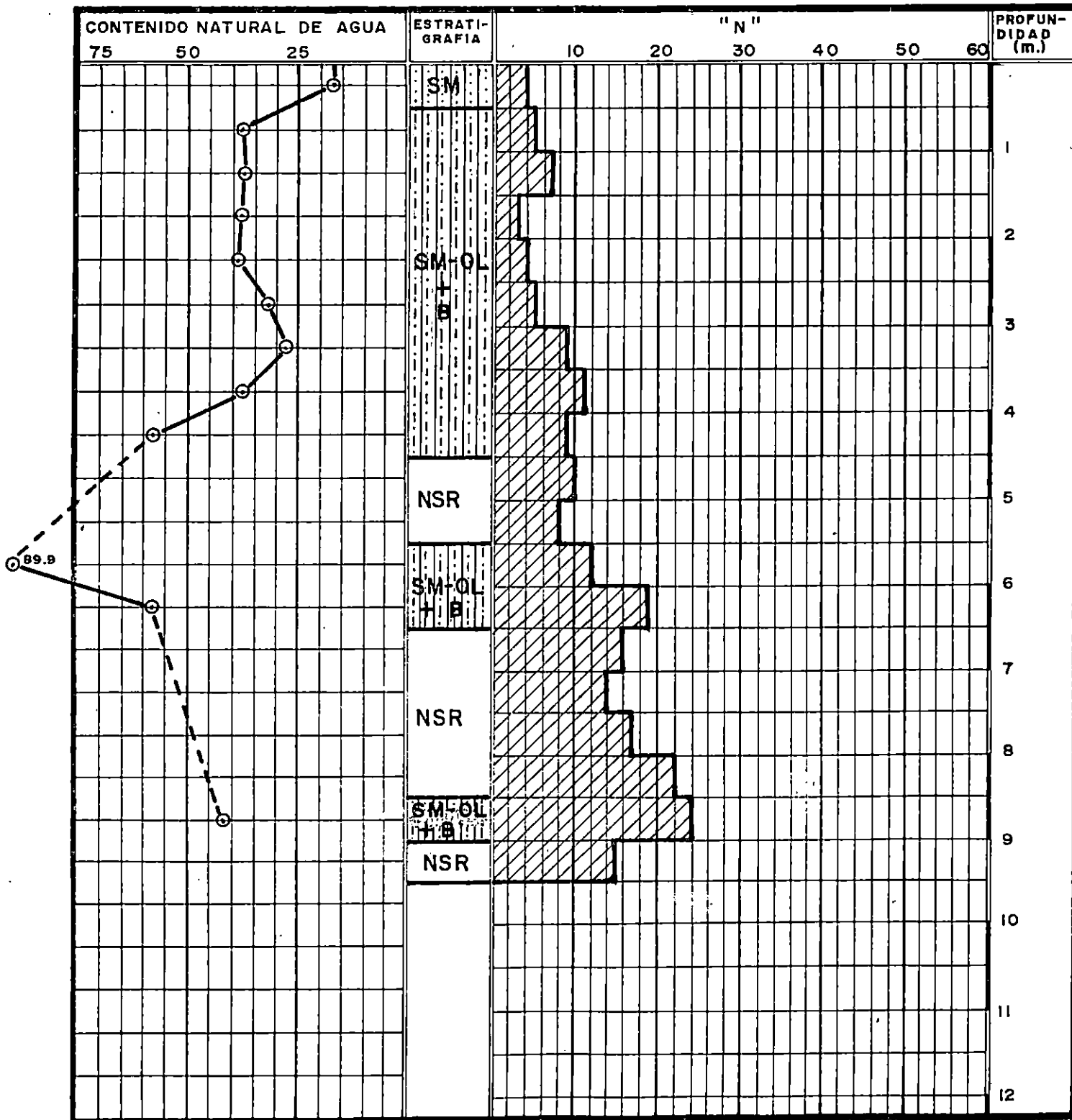
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : EL NAZARENO

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 2



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO No. 3

PROPUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50		5	16	SEMI SUELTO	19.3	SM	Arena limosa, color gris claro con un 55% a 60% de arena con abundante pomez.
		9					
		7					
1.00		11	11	SEMI SUELTO	21.8	SM	" "
		6					
		5					
1.50		6	10	SUELTO	25.9	SM+B	Arena limosa mezclada con basura, color gris claro, con un 60% a 70% de arena.
		5					
		5					
2.00		8	12	SEMI SUELTO	29.2	SM+B	" "
		6					
		6					
2.50		3	4	MUY SUELTO	95.6	SM-OI + B	Arena fina a media con limo orgánico, mezclado con basura, color negro, con 60% de arena.  (con alto olor a descomposición).
		2					
		2					
3.00		5	12	SEMI SUELTO	120.0	SM-OI + B	" "
		4					
		8					
3.50		8	8	SUELTO	42.6	SM-OI + B	" "
		5					
		3					
4.00		10	17	-	-	NSR	No se recuperó.
		9					
		8					
4.50		7	13	-	-	NSR	" "
		5					
		8					
5.00		8	14	-	-	NSR	" "
		5					
		9					
5.50		10	20	-	-	NSR	" "
		6					
		14					



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 3

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA o COMPACTIDAD			
6.00		34	47	COMPACTO	56.0	SM-OI + B	Arena fina a media con li- mo orgánico mezclado con basura, color negro, con 60% de arena. (con alto olor a descompo- sición).
		25					
		22					
6.50		30	38	Compacto	56.0	SM-OI + B	" " " " " "
		20					
		18					
7.00		20	26	Semicompacto	56.0	SM-OI + B	" " " " " "
		11					
		15					
7.50		20	29	SEMI COMPACTO	20.2	ML	Limo inorgánico con arena fina, color gris claro, 40% de arena.
		12					
		17					
8.00		20	29	SEMI COMPACTO	97.3	SM	Arena limosa, color gris claro, 50% de arena, con abundante pomez.
		15					
		14					
8.50		27	35	COMPACTO	14.1	SM	Arena limosa, color gris claro, con 55% de arena con abundante pomez.
		15					
		20					
9.00		25	27	SEMI COMPACTO	18.9	SM	" " " " " "
		13					
		14					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

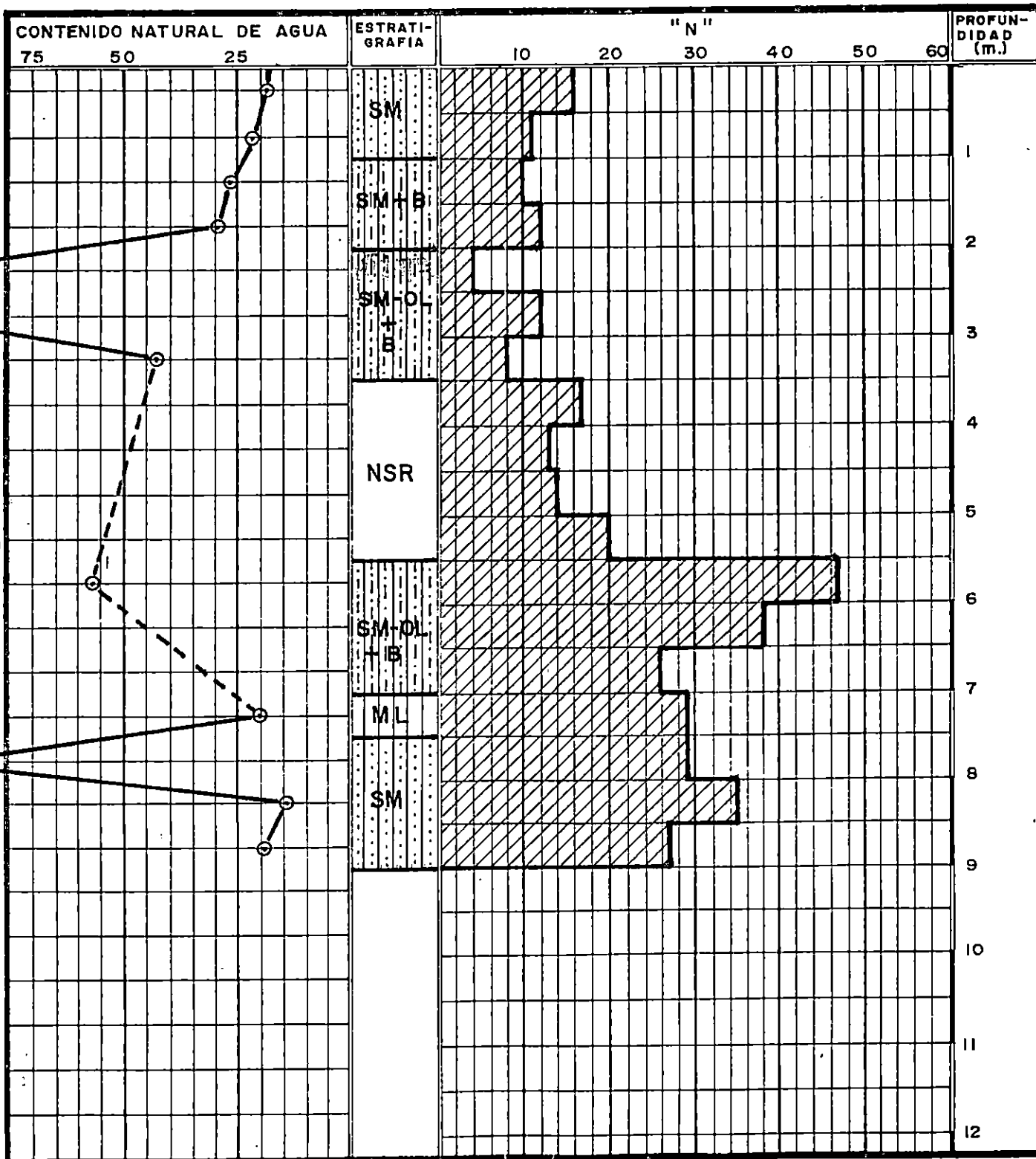
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : EL NAZARENO

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 3



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 4

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50		7	8	SUELTO	12.3	SM	Arena limosa, color gris claro, con un 55% a 75% de arena y abundante pomez.
		5					
		3					
1.00		4	5	SUELTO	8.7	SM	" "
		3					
		2					
1.50		4	4	MUY. SUELTO	9.2	SM	" "
		2					
		2					
2.00		2	6	SUELTO	13.8	SM	" "
		2					
		4					
2.50		8	7	-	-	NSR	No se recuperó.
		4					
		3					
3.00		4	10	SUELTO	13.8	SM	Arena limosa, color gris claro, con un 55% a 75% de arena y abundante pomez.
		3					
		7					
3.50		10	13	SEMI SUELTO	11.7	SM	" "
		6					
		7					
4.00		15	15	SEMI SUELTO	11.0	SM	" "
		6					
		9					
4.50		13	10	SUELTO	15.2	SM	" "
		3					
		7					
5.00		14	18	SEMI SUELTO	16.8	SM	" "
		8					
		10					
5.50		16	19	SEMI SUELTO	20.4	SM	" "
		10					
		9					
6.00		16	28	SEMI COMPACTO	12.9	SM	" "
		14					
		14					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION: San Salvador

SONDEO N.º 4

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CÚCHARA	N	CONSISTENCIA o COMPACIDAD			
6.50		30	45	COMPACTO	14.6	SM	Arena limosa, color gris clare, con un 55% a 75% de arena y abundante pomez.
		21					
		24					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

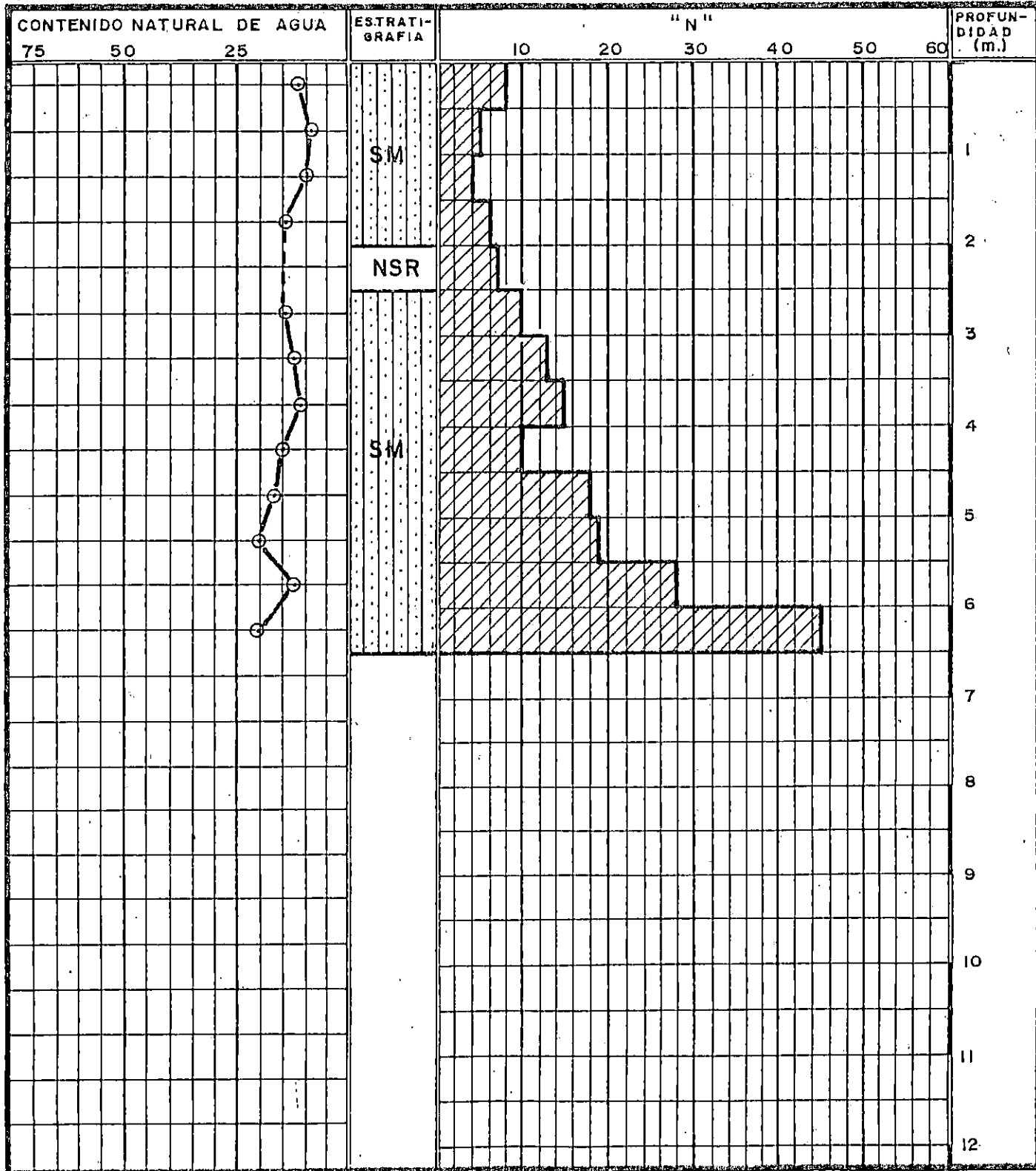
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : EL NAZARENO

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 4



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 5

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50		5	8	SUELTO	15.5	SM	Arena limosa, color gris claro, con un 60% a 75% de arena y abundante pomez.
		5					
		3					
		4					
1.00		3	5	SUELTO	21.5	SM	" "
		2					
		5					
1.50		4	6	SUELTO	21.6	SM	" "
		2					
		2					
2.00		2	5	SUELTO	21.5	SM	" "
		3					
		2					
2.50		2	3	MUY SUELTO	22.6	SM	" "
		1					
		4					
3.00		3	5	SUELTO	23.6	SM	" "
		2					
		5					
3.50		3	6	SUELTO	28.2	SM	" "
		3					
		3					
4.00		3	8	SUELTO	12.7	SP	Arena mal graduada, color gris.
		4					
		4					
4.50		3	4	MUY SUELTO	23.3	SM	Arena limosa, color gris claro, con un 60% a 75% de arena y abundante pomez.
		2					
		2					
5.00		5	7	SUELTO	24.2	SM	" "
		4					
		3					
5.50		5	6	SUELTO	24.4	ML	Limo arenoso, color gris claro, con 30% de arena.
		3					
		3					
6.00		7	16	SEMI SUELTO	21.3	SM	Arena limosa, color gris claro, con 60% a 80% de arena.
		7					
		9					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACION

"CAPACIDAD DE CARGA"

## REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 5

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACTIDAD			
6.50		15	24	SEMI COMPACTO	18.1	SM	Arena limosa, color gris claro, con 60% a 80% de arena.
		11					
		13					
7.00		21	38	COMPACTO	15.9	SM	" "
		16					
		22					
7.50		35	59	MUY COMPACTO	17.5	SM	" "
		23					
		36					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

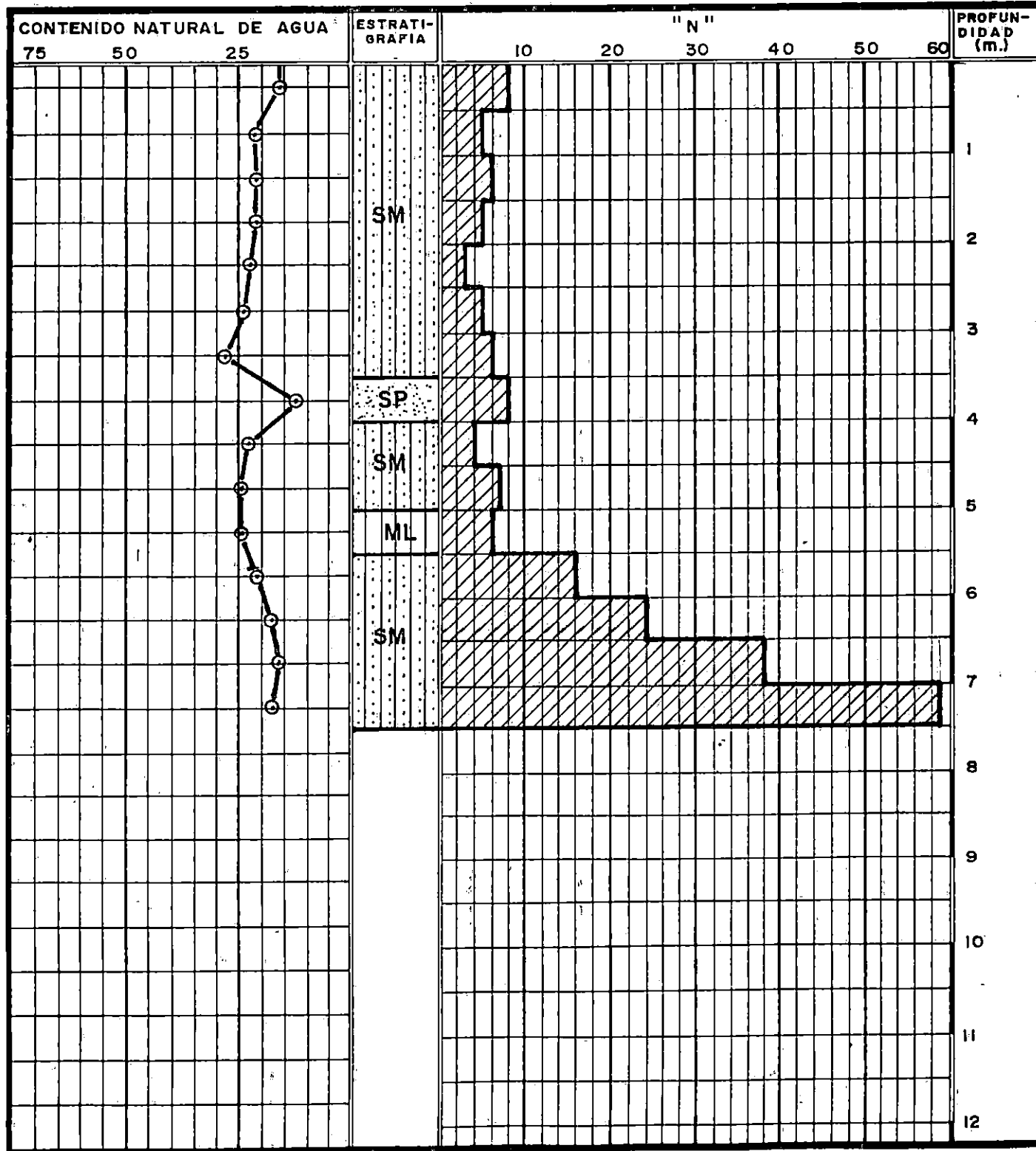
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : EL NAZARENO

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 5





**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION: San Salvador

SONDEO N.6

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACTIDAD			
0.50		2	6	SUELTO	12.5	SM	Arena limosa, color gris claro, con 60% a 75% de arena y abundante pomez.
		2					
		4					
1.00		7	40	COMPACTO	15.7	SM	" "
		19					
		21					
1.50		25	24	SEMI COMPACTO	18.1	SM	" "
		13					
		11					
2.00		15	16	SEMI SUELTO	22.3	SM	" "
		8					
		8					
2.50		13	23	SEMI COMPACTO	8.2	SP	Arena mal graduada, color gris.
		11					
		12					
3.00		11	16	SEMI SUELTO	19.3	SM	Arena limosa con media plasticidad, color gris oscuro con 55% a 60% de arena.
		6					
		10					
3.50		11	22	SEMI COMPACTO	31.1	SM	" "
		10					
		12					
4.00		21	30	SEMI COMPACTO	46.8	SM	" "
		19					
		11					
4.50		16	32	COMPACTO	28.9	SM	Arena limosa, color gris claro, con 75% a 80% de arena.
		10					
		22					
5.00		22	63	MUY COMPACTO	44.6	SM	" "
		32					
		31					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

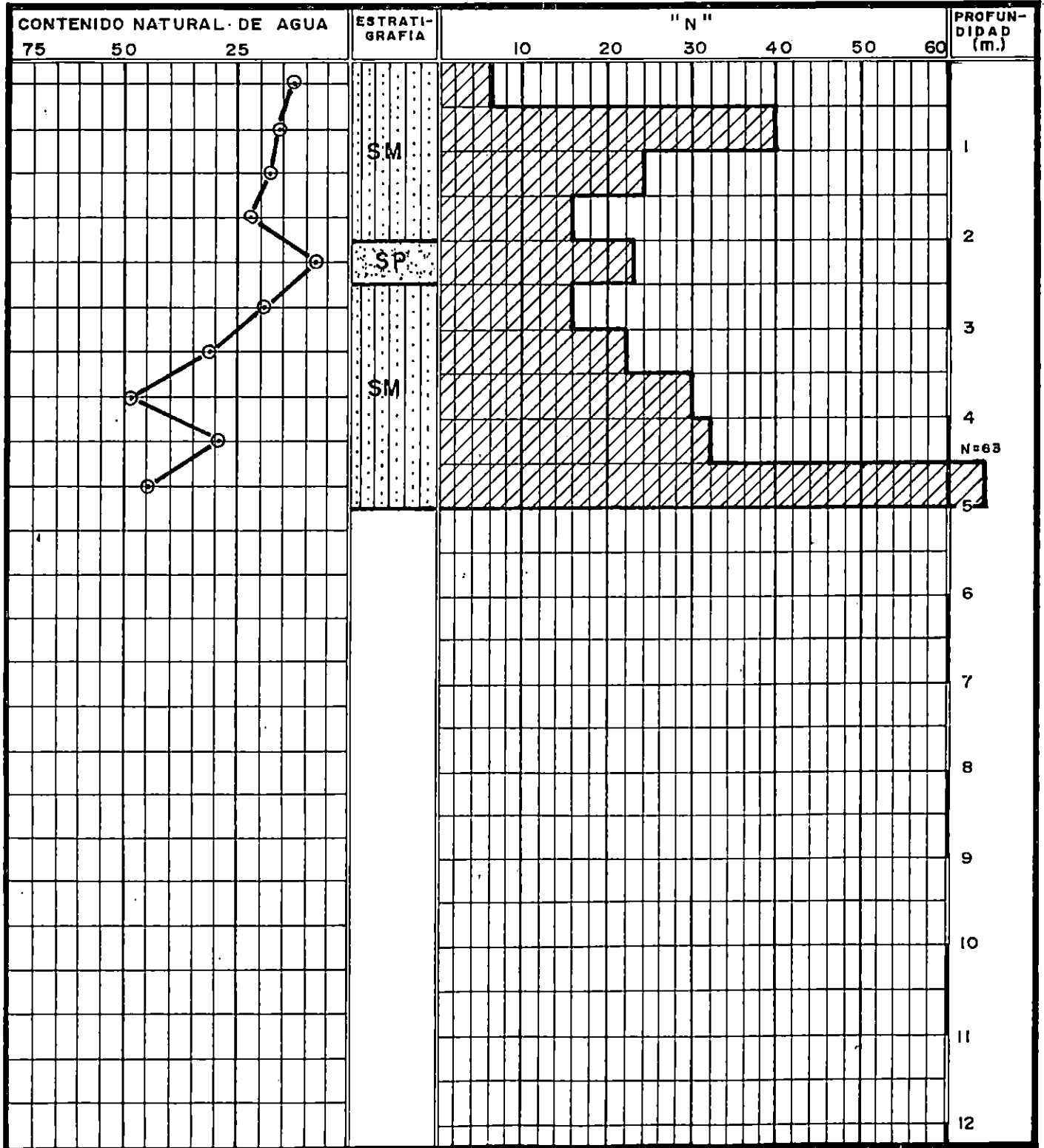
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : EL NAZARENO

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 6



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : El Nazaréno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 7

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50		3	4	MUY SUELTO	16.5	SM+B	Arena limosa mas basura, color gris claro, con 60% de arena.
		2					
		2					
1.00		8	9	SUELTO	17.7	SM+B	" "
		5					
		4					
1.50		4	6	SUELTO	20.8	SM+B	" "
		2					
		4					
2.00		7	14	SEMI SUELTO	22.2	SM+B	" "
		7					
		7					
2.50		7	6	SUELTO	20.7	SM+B	" "
		3					
		3					
3.00		4	9	SUELTO	25.0	SM+B	" "
		3					
		6					
3.50		8	9	SUELTO	27.3	SM+B	" "
		6					
		3					
4.00		5	7	SUELTO	20.0	SM	Arena limosa, color gris claro, con 60% a 80% de arena.
		3					
		4					
4.50		7	8	SUELTO	15.8	SM	" "
		3					
		5					
5.00		16	18	SEMI SUELTO	19.1	SM	" "
		9					
		9					
5.50		13	18	SEMI SUELTO	20.2	SM	" "
		9					
		9					
6.00		10	16	SEMI SUELTO	7.7	SP	Arena mal graduada, color gris.
		7					
		9					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 7

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
6.50		12	15	SEMI SUELTO	20.5	SM	Arena limosa, color gris claro, con 75% a 80% de arena.
		8					
		7					
7.00		11	17	SEMI SUELTO	21.9	SM	" "
		9					
		8					
7.50		10	16	SEMI SUELTO	20.7	SM	Arena limosa, color gris claro, con 85% de arena.
		7					
		9					
8.00		21	38	COMPACTO	16.2	SP	Arena mal graduada, color gris.
		17					
		21					
8.50		24	37	COMPACTO	21.9	SP	" "
		18					
		19					
9.00		13	23	SEMI COMPACTO	35.0	SM	Arena limosa, color gris claro, con 50% a 70% de arena.
		6					
		17					
9.50		21	58	MUY COMPACTO	19.0	SM	" "
		21					
		37					

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is too light to transcribe accurately.]

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

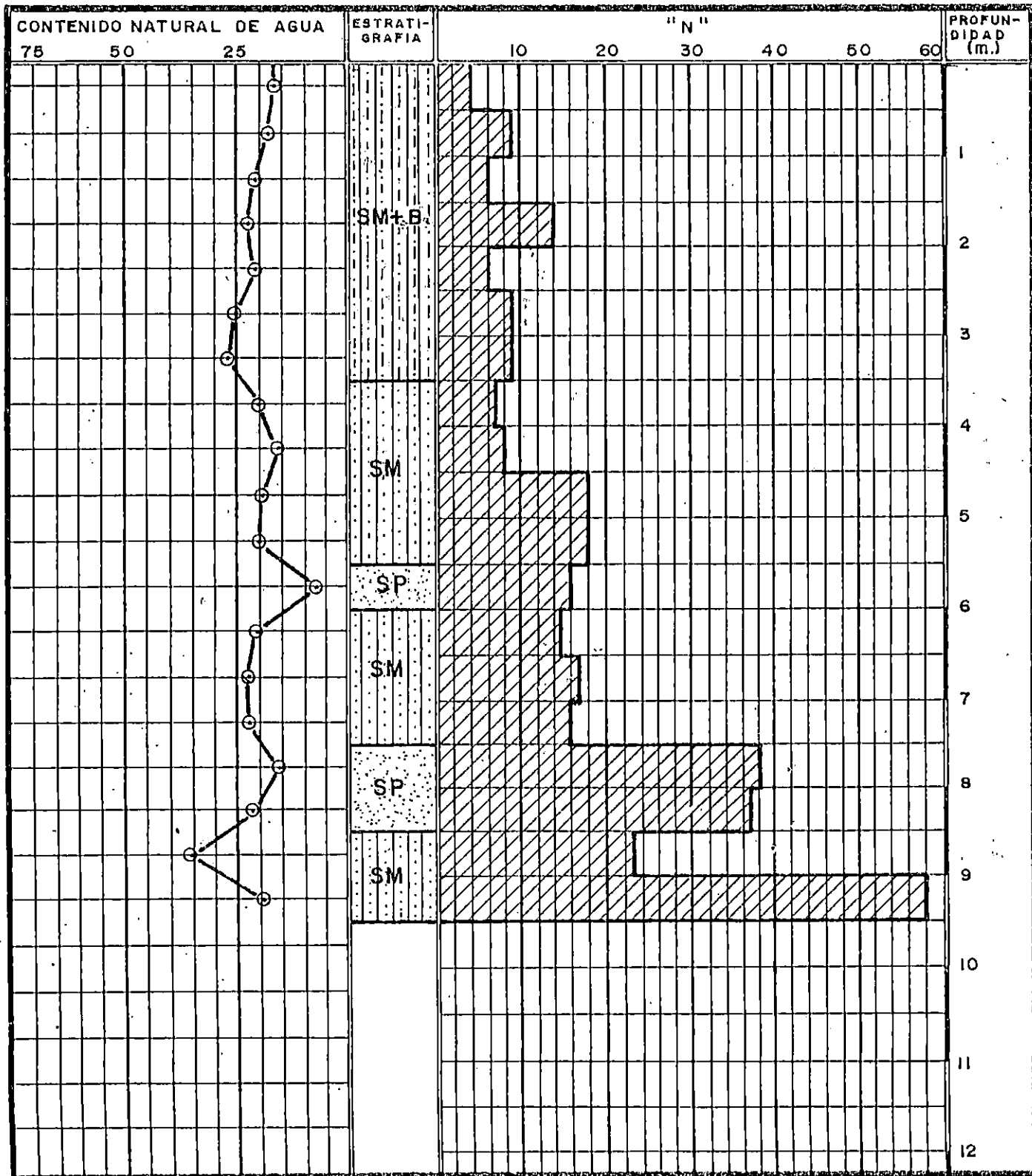
### "CAPACIDAD DE CARGA"

## COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : EL NAZARENO

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 7



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 8

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACTIDAD			
0.50	-	4	MUY SUELTO	29.6	SM-OI + B	Arena limosa con materia orgánica y basura, color gris oscuro, 60% de arena.	
	2						
	2						
1.00	1	2	MUY SUELTO	34.3	SM	Arena limosa, color gris, con 60% a 70% de arena.	
	1						
	1						
1.50	2	3	MUY SUELTO	31.7	SM	" "	
	2						
	1						
2.00	3	7	SUELTO	50.0	SM-OI	Arena limosa con materia orgánica, color negro, con 50% de arena.	
	4						
	3						
2.50	6	9	Suelto	41.8	SM	Arena limosa, color gris, con 80% de arena.	
	3						
	6						
3.00	15	32	-	-	NSR	No se recuperó	
	20						
	12						
3.50	17	6	-	-	NSR	" "	
	4						
	2						
4.00	6	7	-	-	NSR	" "	
	2						
	5						
4.50	8	7	SUELTO	46.0	SM-OI	Arena limosa con materia orgánica, color negro, con 60% a 85% de arena.	
	2						
	5						
5.00	9	14	SEMI SUELTO	43.4	SM-OI	" "	
	5						
	9						
5.50	23	28	SEMI COMPACTO	43.0	SM-OI	" "	
	18						
	10						
6.00	13	20	SEMI SUELTO	45.4	SM-OI	" "	
	9						
	11						

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 8

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACTIDAD			
6.50		16	26	SEMI COMPACTO	29.4	SM-OI	Arena limosa con materia
		10					orgánica, color negro, con
		16					60% a 85% de arena.
7.00		24	44	COMPACTO	18.2	SM-OI	" "
		20					" "
		24					" "
7.50		40	53	MUY COMPACTO	31.9	SM-OI	Arena limosa con materia
		28					orgánica, color negro, con
		25					75% de arena.



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

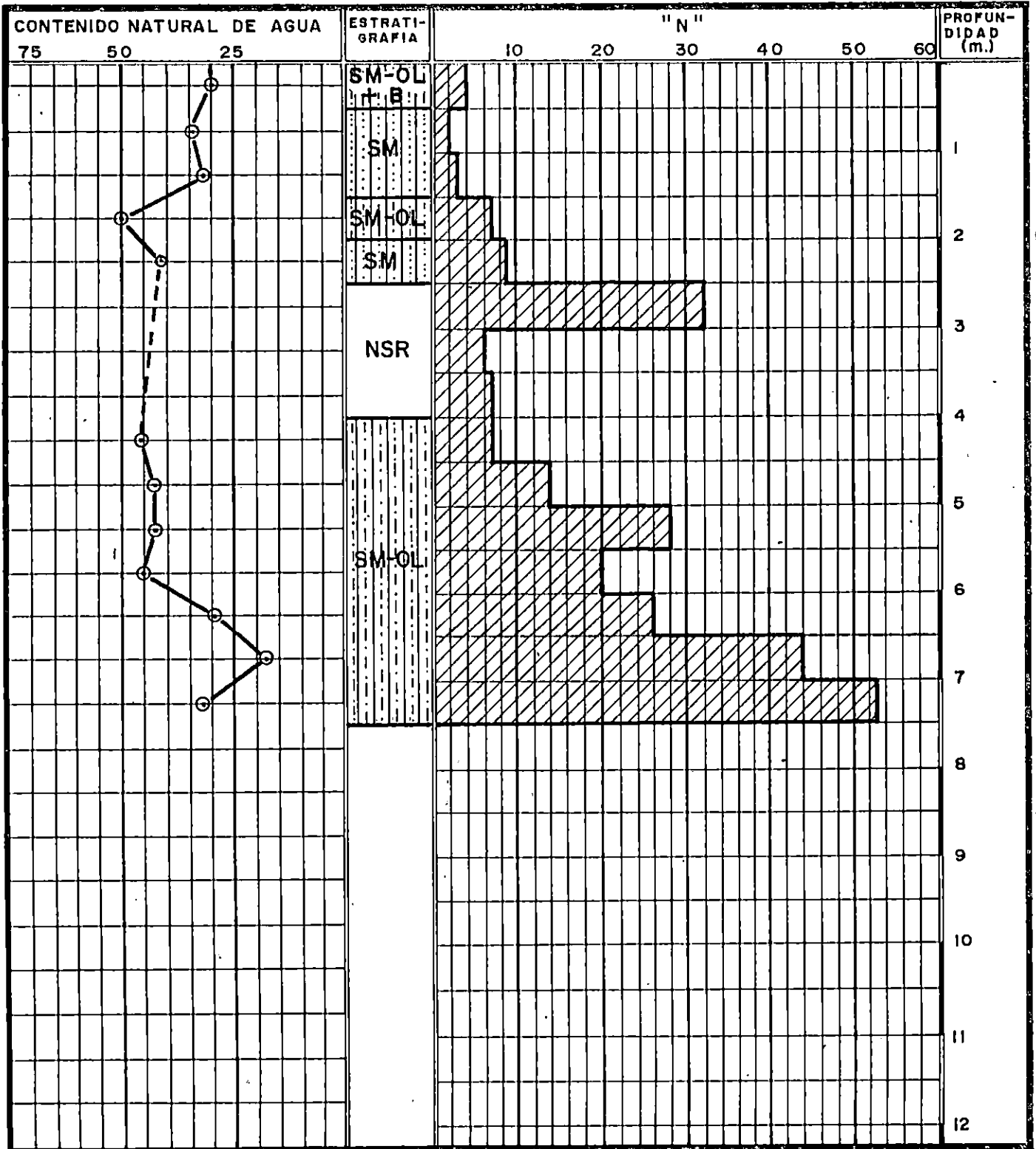
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : EL NAZARENO

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 8



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 9

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50	-	4	MUY SUELTO	16.9	SM+B	Arena limosa con basura, color gris claro, con 60% de arena.	
	2						
	2						
1.00	2	6	SUELTO	20.0	SM+B	" "	
	3						
	3						
1.50	6	8	SUELTO	21.9	SM+B	" "	
	3						
	5						
2.00	8	8	-	-	NSR	No se recuperó.	
	4						
	4						
2.50	6	3	MUY SUELTO	30.0	SM+B	Arena limosa con basura, color gris claro, con 60% de arena.	
	1						
	2						
3.00	4	4	MUY SUELTO	26.1	SM+B	" "	
	1						
	3						
3.50	3	5	SUELTO	27.0	SM-OI + B	Arena limosa con materia en descomposicion mas ba- sura, color gris oscuro, con 60% de arena.	
	2						
	3						
4.00	4	4	MUY SUELTO	40.6	SM-OI + B	" "	
	2						
	2						
4.50	2	2	MUY SUELTO	49.2	SM-OI + B	" "	
	1						
	1						
5.00	3	14	SEMI SUELTO	25.1	SP	Arena mal graduada, color gris.	
	6						
	8						
5.50	16	22	SEMI COMPACTO	36.2	SM	Arena limosa, color gris, con 70% a 75% de arena.	
	10						
	12						

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : El Nazareno

LOCALIZACION : San Salvador

SONDEO N.º 9

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	P E N E T R A C I O N			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
6.00		21	21	SEMI COMPACTO	29.2	SM	Arena limosa, color gris, con 70% a 75% de arena.
		9					
		12					
6.50		14	16	SEMI SUELTO	33.2	SM-OI + B	Arena limosa con materia en descomposición mas ba- sura, color gris oscuro, con 65% a 70% de arena.
		8					
		8					
7.00		5	5	SUELTO	25.0	SM-OI + B	" "
		3					
		2					
7.50		3	4	MUY SUELTO	33.1	SM-OI	Arena limosa con materia en descomposición, color negro, con 65% a 75% arena.
		2					
		2					
8.00		4	9	SUELTO	45.4	SM-OI	" "
		3					
		6					
8.50		24	80	MUY COMPACTO	29.7	SM-OI	" "
		30					
		50					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

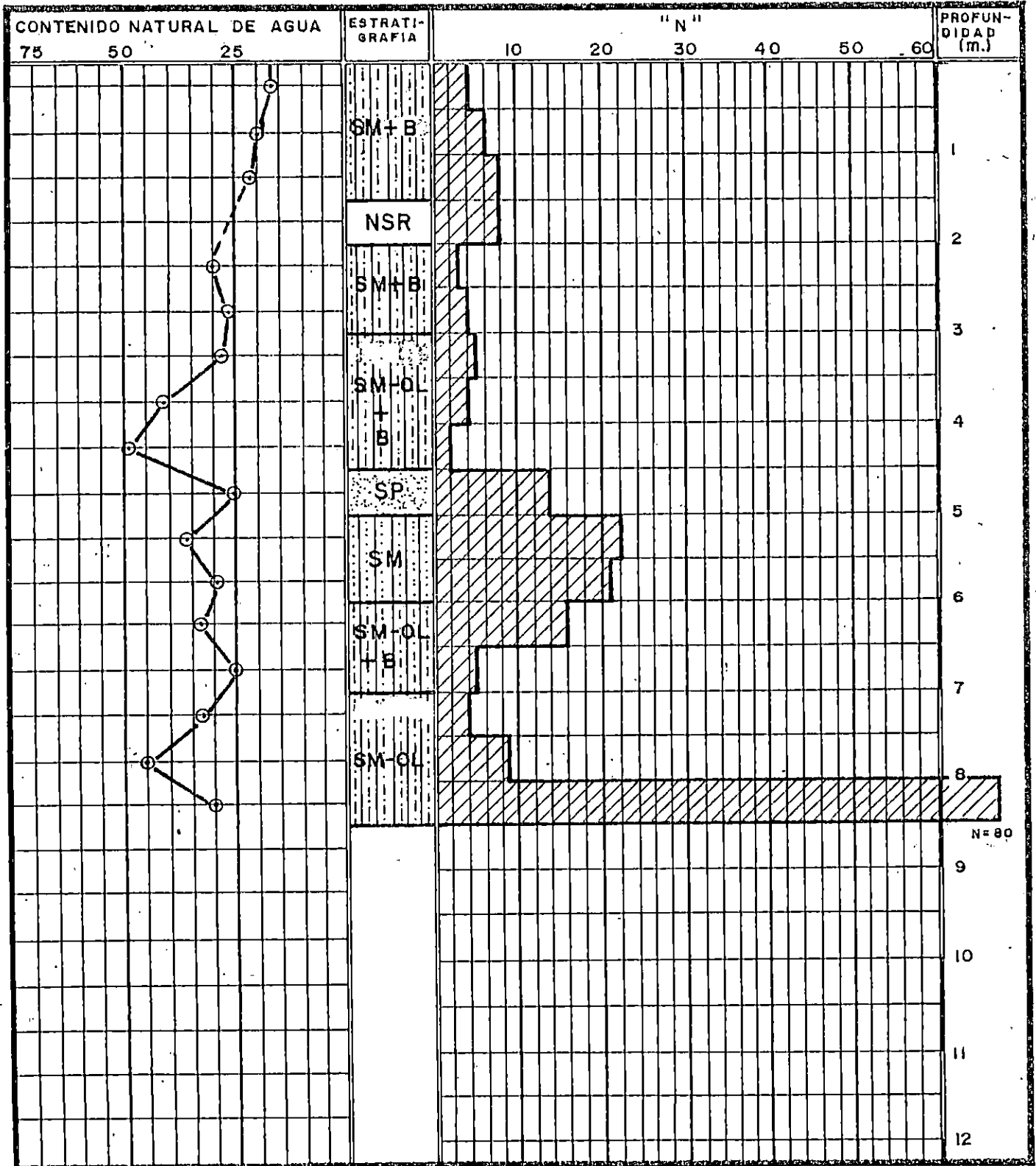
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : EL NAZARENO

LOCALIZACION : SAN SALVADOR

SONDEO No. 9



CUADRO RESUMEN TRABAJO DE CAMPO, COMUNIDAD SAPRISA

SON-DEOS	UBICACION	PROF (m.)	SUE LO	OBSERVACIONES
1	Sobre pasaje N°1 al costado sur, en la corona del talud.	7.00	MH CL	Sondeo efectuado con dificultad por la contracción de las arcillas, suelo mayormente encontrado, Limo Arcilloso MH, llegando hasta la profundidad de 7.0 m. con 62 golpes.
2	Al costado norte del mismo talud.	8.50	SC	A una prof. de 4.5 a 5.0 m. se encontro resto de material orgánico mezclado con plástico y ripio, se profundizó hasta 8.5 m. y 43 golpes.
3	Sobre calle principal al pie del talud, al norte.	6.00	SC CL	Sondeo alineado con sondeo 2, no se recupero material a la prof. de 3.0 a 3.5 m., se llevo a una prof. de 6 m. y 61 golpes.
4	Sobre la misma calle principal al costado sur.	4.50	MH	Alineado con sondeo N°1, llegando a 4.5 m. de prof. en este sondeo al igual que los demás se dio el problema de la contracción de las arcillas.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : Saprisa

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No. 1

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CÚCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACTIDAD			
0.50	40	7	7	SUELTO	42.9	MH	Limo arcilloso, color café 35% de arena con pomez, plasticidad media y alta compresibilidad (material meteorizado).
		4					
		3					
1.00	40	1	4	MUY SUELTO	37.8	MH	" "
		2					
		2					
1.50	40	2	4	MUY SUELTO	48.7	MH	" "
		2					
		2					
2.00	40	2	4	MUY SUELTO	36.5	MH	" "
		2					
		2					
2.50	40	2	9	SUELTO	50.6	MH	" "
		3					
		6					
3.00	40	13	27	SEMI COMPACTO	47.0	MH	" "
		12					
		15					
3.50	40	11	28	SEMI COMPACTO	47.2	MH	" "
		13					
		15					
4.00	40	21	36	COMPACTO	46.7	MH	Limo arcilloso, color café rojizo, 40% de arena con pomez, plasticidad media y alta compresibilidad.
		19					
		17					
4.50	40	17	42	COMPACTO	45.7	MH	" "
		22					
		20					
5.00	40	23	37	COMPACTO	45.4	MH	" "
		17					
		20					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : Saprisa

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No.1

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
5.50	40	22	42	COMPACTO	45.6	MH	Limo arcilloso, color café rojizo, 40% de arena con pomez, plasticidad media y alta compresibilidad.
		21					
		21					
5.60	10	22			49.6	SC-OL	Arena arcillosa, color café 45% de arena con pomez, 5% de grava tamaño máx. 3/8" sub-angular suave, plasticidad ligera y media compresibilidad, orgánico.
6.00	30	17	39	DURO	47.0	CL	Arcilla limosa, color café rojizo, 40% de arena con pomez, plasticidad y compresibilidad media.
		22					
6.50	40	28	56	DURO	41.8	CL	" "
		27					
		29					
7.00	40	32	62	DURO	41.8	CL	" "
		31					
		31					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### CONTENIDO NATURAL DE AGUA

COMUNIDAD : Saprisa LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO SONDEO No. 1

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	29	65.7	50.8	14.9	16.10	34.70	42.9
1.00	189	74.5	58.6	15.9	16.56	42.04	37.8
1.50	72	79.8	62.3	17.5	16.33	35.97	48.7
2.00	17	80.7	63.7	17.0	17.10	46.60	36.5
2.50	117	80.2	58.9	21.3	16.78	42.12	50.6
3.00	155	79.0	58.9	20.1	16.15	42.75	47.0
3.50	2	85.5	63.1	22.4	15.69	47.41	47.2
4.00	308	73.5	54.3	19.2	13.20	41.10	46.7
4.50	315	80.7	59.6	21.1	13.45	46.15	45.7
5.00	337	78.2	58.0	20.2	13.55	44.45	45.4
5.50	314	74.8	55.6	19.2	13.45	42.15	45.6
5.60	320	63.2	47.1	16.1	14.67	32.43	49.6
6.00	528	80.9	57.8	23.1	8.67	49.13	47.0
6.50	293	69.2	51.9	17.3	10.48	41.42	41.8
7.00	79	83.9	62.6	21.3	11.69	50.91	41.8
		$W_{\max} = 50.6\%$	$W_{\min} = 26.5\%$		$W_{\text{prom}} = 45.0\%$		



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### ANALISIS GRANULOMETRICO

COMUNIDAD: Saprisa LOCALIZACION: Ciudad Delgado  
 PERFORACION No. 1 MUESTRA No. \_\_\_\_\_ PROFUNDIDAD: 0.20-0.50 m.  
 DESCRIPCION DEL SUELO: SM, arena limosa, color rojizo.  
 PESO BRUTO: \_\_\_\_\_ TARA: \_\_\_\_\_ PESO NETO: 800.00 grs.

MALLA	Peso Retenido Parcial (Grs.)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que pasa La Malla.	OBSERVACIONES
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
No. 4					
PASA No. 4					
SUMAS					

MALLA	Peso Retenido Parcial (Grs.)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que pasa La Malla.	OBSERVACIONES
					Se observa que debido al alto grado de meteorización del suelo, todos los gruesos del
3/8"					suelo (gravas) se deshacen al menor
No. 4					contacto, por lo
No. 8					tanto, la granulometría normal del
No. 10					suelo, se ha alterado.
No. 20	23.38	3	3	97	
No. 30	-	-	-	-	
No. 40	117.54	15	18	82	
No. 60	176.25	22	40	60	
No. 100	141.00	18	58	42	
No. 200	83.00	10	68	32	
PASA No. 200	258.83	32	100	0	
SUMAS	800.00	100			

OBSERVACIONES: LOS GRANOS DEL SUELO SON FACILMENTE DESMORONABLES POR CONSIGUIENTE LA GRANULOMETRIA SE VIO ALTERADA; ESTA CONDICION ES CARACTERISTICA DE SUELOS ALTAMENTE METEORIZADOS.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"

ANALISIS GRANULOMETRICO

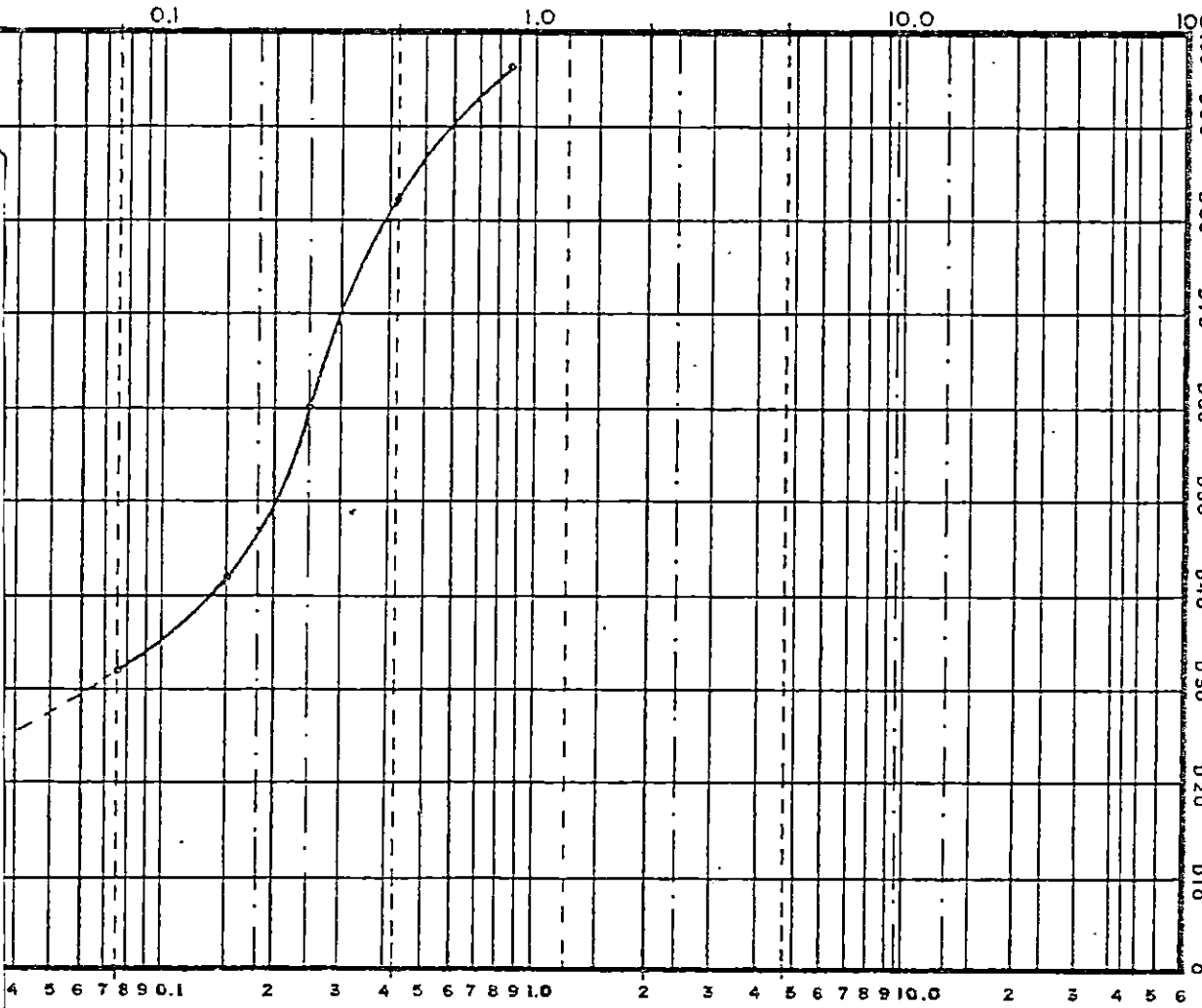
COMUNIDAD: SAPRISA UBICACION: C. DELGADO SONDEO No. 1-C PROF. 0.50-1.00

No. DE TAMIZ U.S.

200 140 100 80 60 50 40 30 20 16 10 8 4 3/8" 1/2" 3/4" 1" 1 1/2" 2" 3/4"

ESTACION TAMIZADO

LOG. Ø DE LAS PARTICULAS EN mm.



A R E N A S			G R A V A S		
F I N A S		M E D I A S	G R U E S A S		

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.25}{0.005} = 50.0$

COEFICIENTE CURVATURA  
 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = 2.88$

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA**

COMUNIDAD : Saprisa LOCALIZACION: Ciudad Delgado SONDEO No. 1  
 MUESTRA No. 12 CLASIFICACION: SC-OL

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Nº. MUESTRA	12					
PROFUNDIDAD	5.60					
TARA	26.92					
PESO SUELO HUMEDO + TARA	56.25					
PESO SUELO SECO + TARA	46.42					
PESO SUELO HUMEDO (A)	29.33					
PESO SUELO SECO (B)	19.50					
PESO AGUA (A-B)	9.83					
% HUMEDAD (D)	33.5					

**CONTENIDO DE CENIZA Y MATERIA ORGANICA**

Nº. MUESTRA	12					
PESO SUELO HUMEDO (A)	29.33					
PESO SUELO CALCINADO + TARA	45.18					
TARA	26.92					
PESO DE SUELO CALCINADO (C)	18.26					
% CENIZA (E)	62.3					
% MATERIA ORGANICA	4.2					

FORMULAS :  $\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(A-B) \times 100}{A}$   
 $\% \text{ CENIZA} = \frac{C \times 100}{A}$   
 $\% \text{ MATERIA ORGANICA} = 100 - (D+E)$

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### LIMITES DE ATTERBERG

COMUNIDAD : Saprisa LOCALIZACION: Ciudad Delgado SONDEO No. 1  
 MUESTRA No. 7 PROFUNDIDAD : 0.00-3.50 mts.

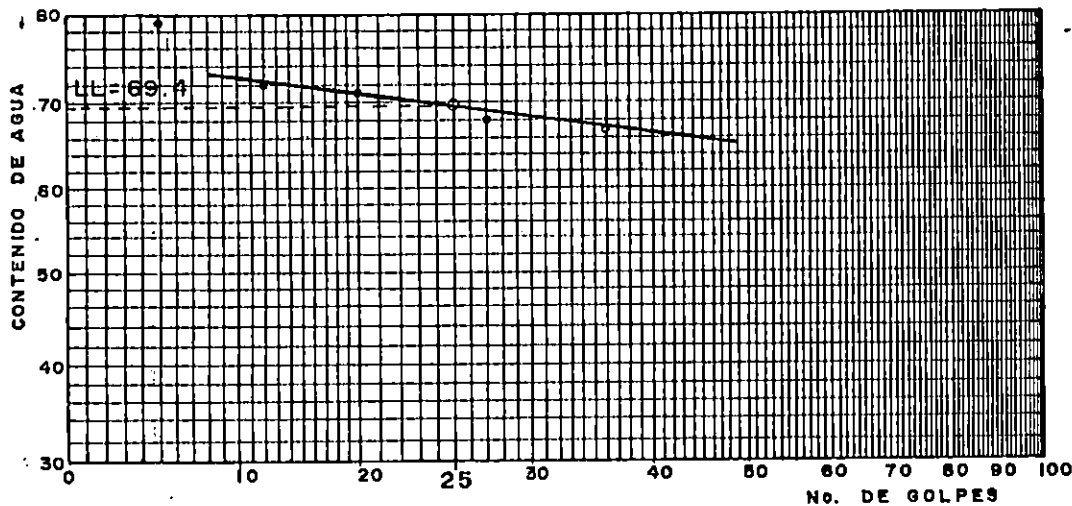
#### LIMITE PLASTICO (ASTM D-424)

PRUEBA No.				HUMEDAD NATURAL	
	1	2	3	1	2
CAPSULA No.	138	110	107		
TARA	9.85	9.78	9.39		
PESO HUMEDO + TARA	11.91	12.08	12.00		
PESO SECO + TARA	11.32	11.40	11.22		
PESO DE AGUA	0.59	0.68	0.78		
PESO SECO	1.47	1.62	1.83		
CONTENIDO DE AGUA %	40.1	42.0	42.6		

#### LIMITE LIQUIDO (ASTM D-423)

PRUEBA No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	5	12	20	27	36
CAPSULA No.	134	107	110	127	138
TARA	11.13	9.39	9.77	9.83	9.85
PESO HUMEDO + TARA	32.10	27.14	26.63	27.11	27.86
PESO SECO + TARA	22.83	19.69	19.64	20.09	20.61
PESO DE AGUA	9.27	7.45	6.99	7.02	7.25
PESO SECO	11.7	10.3	9.87	10.26	10.76
CONTENIDO DE AGUA %	79.2	72.3	70.8	68.4	67.4

#### CURVA DE FLUENCIA



MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 40

COLOR : Café rojizo  
 PLASTICIDAD: Media  
 CLASIFICACION: Limo arcilloso de alta compresibilidad.  
 SIMBOLO: MH

CONTENIDO NATURAL DE AGUA %	*
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	* <u>69.4</u>
LIMITE PLASTICO (L.P.)	* <u>41.6</u>
INDICE PLASTICO (I.P.)	* <u>27.8</u>
INDICE DE FLUENCIA (I.F.)	*
INDICE DE TENACIDAD (I.T.)	*

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

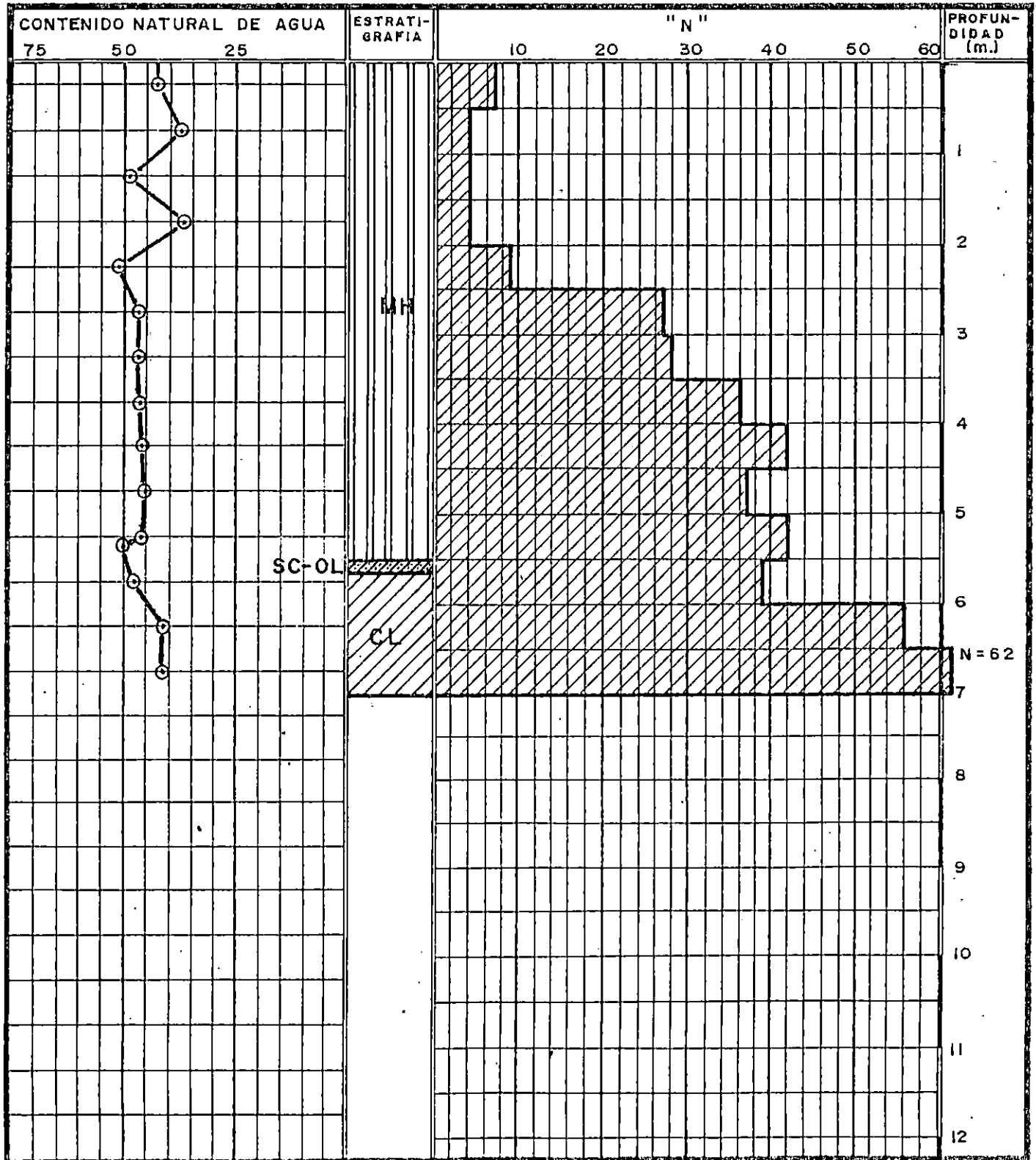
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : SAPRISA

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No. 1



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : Sapriza

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No.2

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50	30	5	12	FIRME	36.3	CL	Arcilla limosa, color café rojizo, 40% de arena con pomez y 3% de grava tamaño máx. 3/4" sub angular, plast. y compr. media, con finos orgánicos (con restos veget.).
		7					
		5					
1.00	40	2	3	Blando	31.3	CL	" "
		2					
		1					
1.50	40	2	6	SUELTO	33.1	SC	Arena arcillosa, color café rojizo, 55% de arena con pomez y 10% de grava tamaño máx. 1" subangular dura, plast. y compres. media.
		3					
		3					
2.00	40	4	8	SUELTO	27.1	SC	" "
		4					
		4					
2.50	40	5	16	SEMI SUELTO	26.2	SC	" "
		8					
		8					
3.00	40	7	14	SEMI SUELTO	35.3	SC	" "
		6					
		8					
3.50	30	8	8	SUELTO	26.6	SC	" "
		4					
		4					
4.00	20	3	8	SUELTO	21.3	SM-OL	Arena limosa, color café rojizo, 10% de arena con pomez y 1% de grava tam. máx. 3/4" subangular dura, con finos plasticos.
		3					
		5					
4.50	40	5	8	Suelto	40.0	OL	Limo orgánico, color gris, 35% de arena con pomez y 5% de grava tam. máx. 3/8"
		4					
		4					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : Saprisa

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No.2

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
							subangular suave y dura.
5.00	40	5	8	Suelto	38.3	SM OL	Arena limosa, color gris, 55% de arena con pomez y 5% de grava tam. máx. 1/2" subangular suave y dura (encontrándose en esta muestra restos de basura como: plásticos, fragmentos de tela etc).
		4					
		4					
5.50	40	2	8	Suelto	45.0	OL	Limo orgánico, color gris 35% de arena con pomez y 3% de grava tam. máx. 3/8" subangular suave y dura, con restos vegetales.
		3					
		5					
6.00	40	4	10	SUELTO	46.1	OL	" "
		5					
		5					
6.50	40	3	6	Suelto	57.8	OL	" "
		2					
		4					
7.00	35	1	9	SUELTO	40.4	SC	Arena arcillosa, color café rojizo, 60% de arena con pomez, plast. ligera y compr. media (material en proceso de meteorización).
		5					
		4					
7.50	40	10	28	SEMI COMPACTO	39.8	SC	" "
		11					
		17					
		11					
8.00	40	14	34	COMPACTO	38.8	SC	" "
		20					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

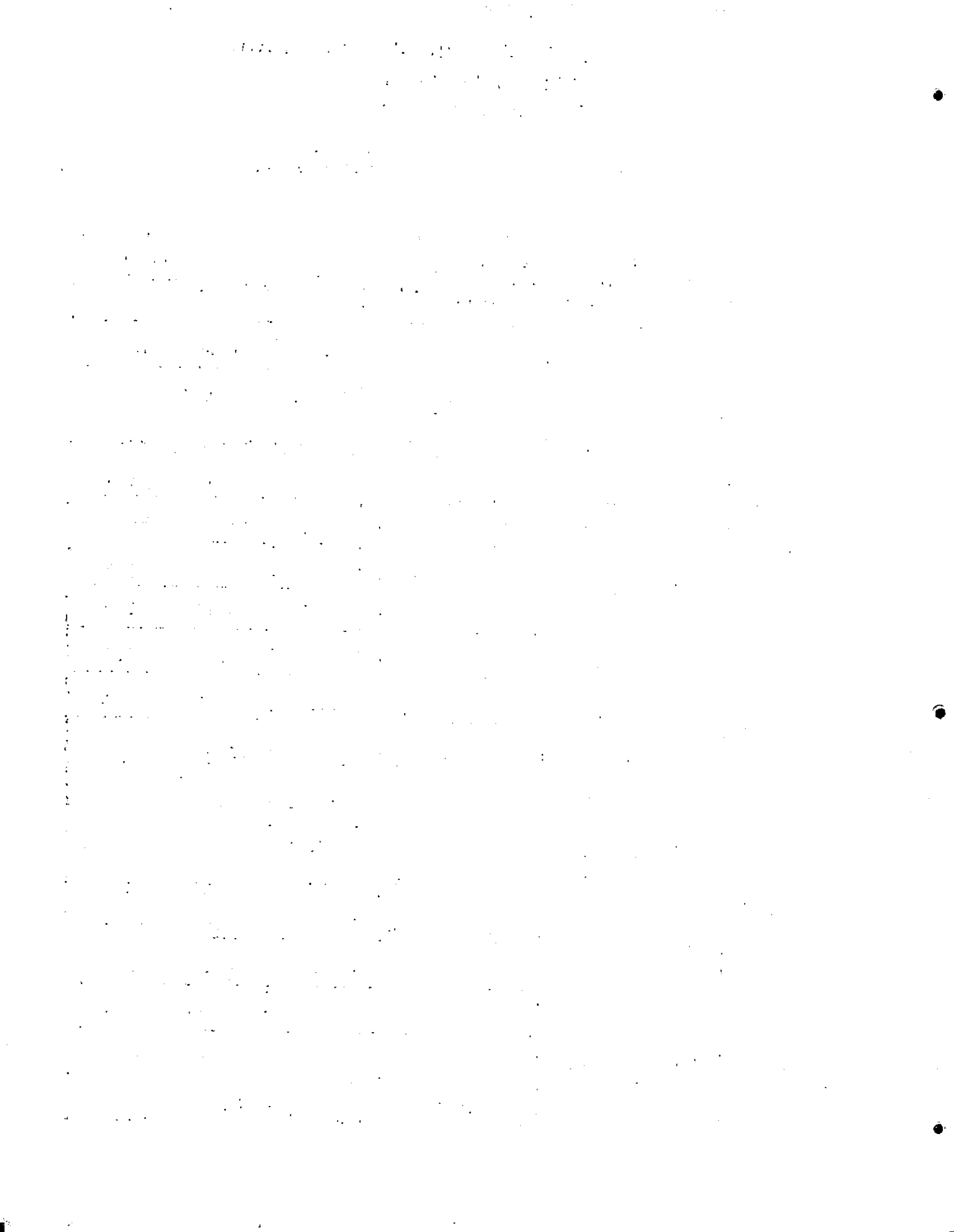
COMUNIDAD : Saprisa

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No.2

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA o COMPACIDAD			
8.50	40	16	43	COMPACTO	39.4	SC	Arena arcillosa, color café rojizo, 60% de arena con pomez, plast.ligera y compr. media (material en proceso de meteorización).
		17					
		26					





# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### CONTENIDO NATURAL DE AGUA

COMUNIDAD : Saprisa LOCALIZACION: CIUDAD DELGADO SONDEO No. 2

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	192	62.7	50.4	12.3	16.53	33.87	36.3
1.00	109	79.0	64.0	15.0	16.15	47.85	31.3
1.50	131	83.0	66.5	16.5	16.65	49.85	33.1
2.00	542	87.5	70.7	16.8	8.73	61.97	27.1
2.50	3	82.5	67.2	15.3	8.7	58.5	26.2
3.00	42	65.5	50.7	14.8	8.81	41.89	35.3
3.50	61	66.3	54.2	12.1	8.79	45.41	26.6
4.00	27	24.0	21.3	2.7	8.63	12.67	21.3
4.50	86	72.5	55.2	17.3	11.88	43.32	40.0
5.00	50	56.5	43.8	12.7	10.68	33.12	38.3
5.50	527	67.0	49.6	17.4	10.95	38.65	45.0
6.00	25	64.0	46.5	17.5	8.54	37.96	46.1
6.50	76	63.5	44.8	18.7	12.42	32.38	57.8
7.00	256	66.0	50.0	16.0	10.4	39.6	40.4
7.50	236	63.5	48.4	15.1	10.5	37.9	39.8
8.00	300	60.7	46.7	14.0	10.65	36.05	38.8
8.50	110	76.0	57.8	18.2	11.61	46.19	39.4
		$W_{\text{máx}} = 57.8\%$	$W_{\text{mín}} = 21.3\%$			$W_{\text{prom}} = 36.6\%$	

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

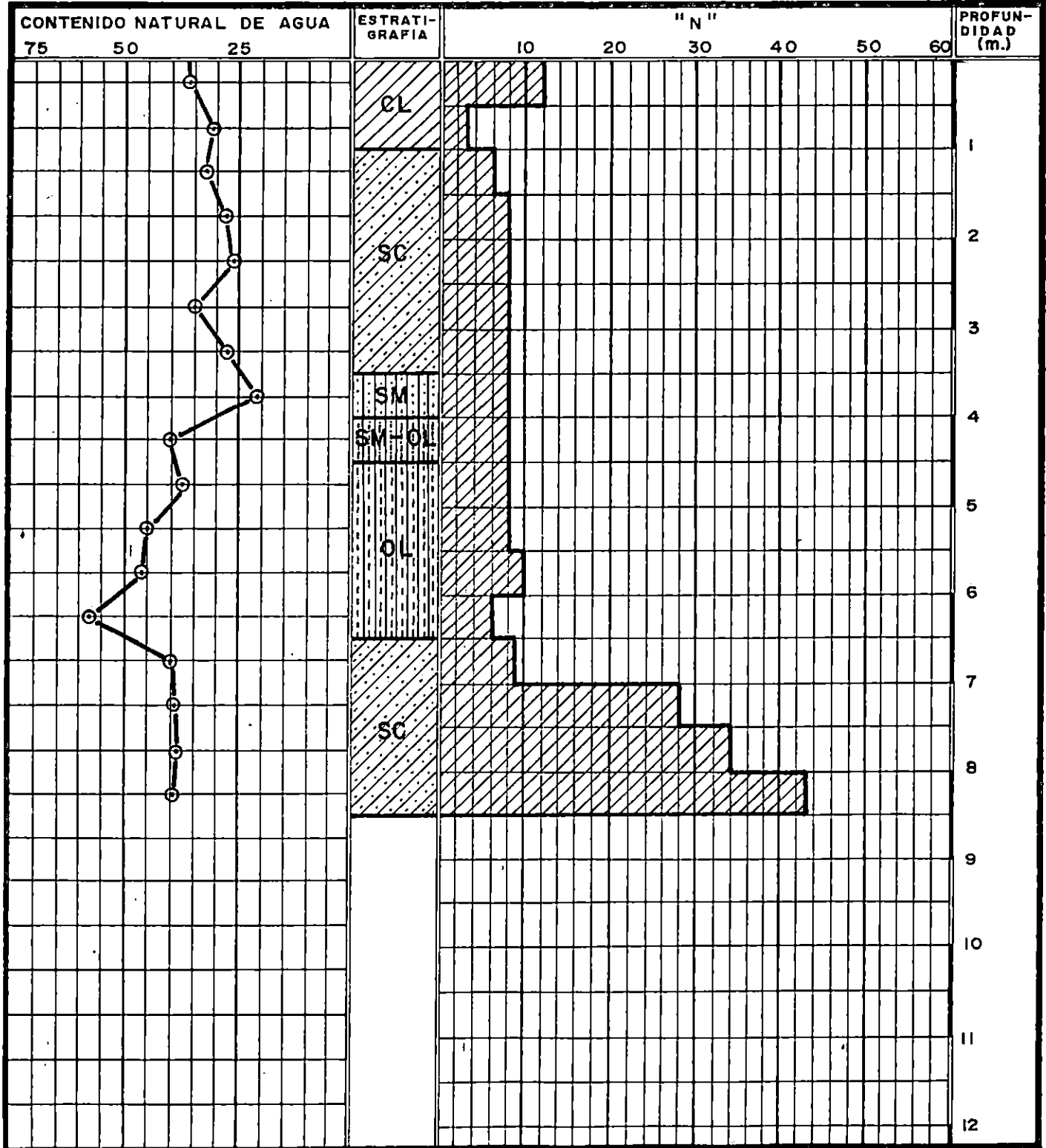
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : SAPRISA

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No. 2



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : Saprisa

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO N.º 3

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACTIDAD			
0.50	30	5	15	SEMI SUELTO	19.0	SC	Arena arcillosa, color café 55% de arena con pomez, plasticidad ligera y com- presibilidad media, con finos orgánicos.
		7					
		8					
1.00	40	8	21	SEMI COMPACTO	22.6	SC	" "
		6					
		15					
1.50	40	8	9	SUELTO	22.5	SC	" "
		5					
		4					
2.00	40	5	8	SUELTO	22.4	SC	" "
		4					
		4					
2.50	40	5	10	SUELTO	22.5	SC	" "
		5					
		5					
3.00	40	8	18	MUY FIRME	44.7	CL	Arcilla limosa, color café, 30% de arena con pomez, plast. y compr. media.
		9					
		9					
3.50		9	14		-	-	No se recuperó muestra, pasando con punta rompe guijarros.
		5					
		9					
4.00	40	22	36	DURO	48.8	CL	Arcilla limosa, color café 30% de arena con pomez, plast. y compr. media.
		18					
		18					
4.50	40	15	28	MUY FIRME	48.1	CL	" "
		15					
		13					
5.00	40	21	35	DURO	49.1	CL	" "
		16					
		19					
5.50	40	23	39	DURO	41.2	CL	" "
		21					
		18					

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 TRABAJO DE GRADUACION  
 "CAPACIDAD DE CARGA"

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : Saprisa

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No.3

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	P E N E T R A C I O N			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
6.00	40	23 28 33	61	DURO	36.3	CL	Arcilla limosa, color café, 30% de arena con pomez, plast. y compres. media.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"

**CONTENIDO NATURAL DE AGUA**

COMUNIDAD : Saprisa LOCALIZACION: CIUDAD DELGADO SONDEO No. 3

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	192	101.6	88.0	13.6	16.53	71.47	19.0
1.00	370	95.9	81.3	14.6	16.60	64.70	22.6
1.50	371	95.8	81.2	14.6	16.52	64.68	22.5
2.00	372	96.0	81.4	14.6	16.40	65.00	22.4
2.50	373	95.9	81.3	14.6	16.42	64.88	22.5
3.00	400	73.4	55.8	17.6	16.46	39.34	44.7
3.50	NO SE RECUPERO MUESTRA.						
4.00	48	84.4	62.0	22.4	16.11	45.89	48.8
4.50	109	87.0	64.0	23.0	16.15	47.85	48.1
5.00	131	72.3	53.8	18.5	16.65	37.65	49.1
5.50	122	82.8	63.3	19.5	15.95	47.35	41.2
6.00	78	92.5	72.2	20.3	16.25	55.95	36.3
	$W_{\text{máx}} = 49.1\%$		$W_{\text{min}} = 19.0\%$		$W_{\text{prom}} = 38.7\%$		

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

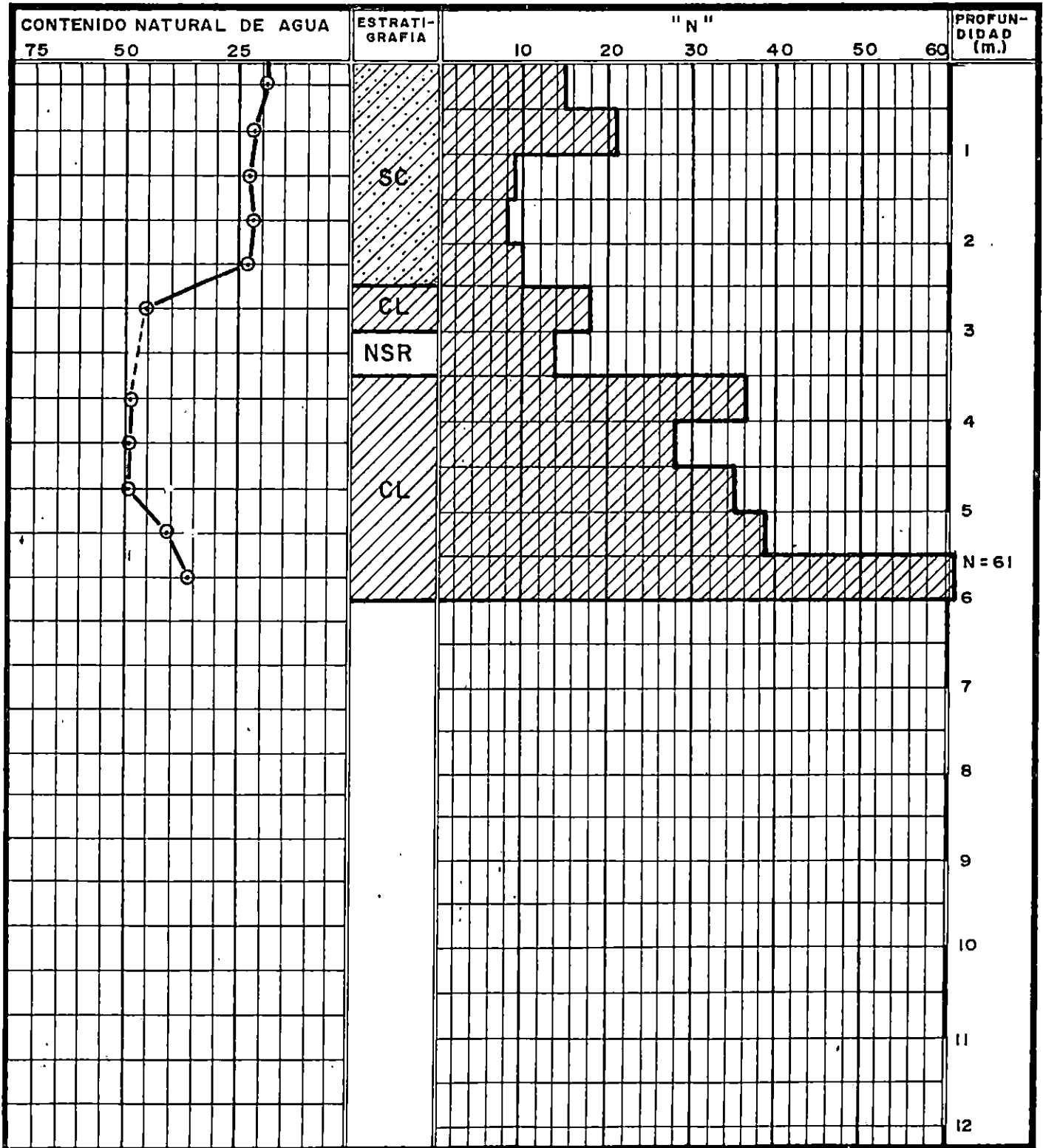
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : SAPRISA

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No. 3



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : Saprisa

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No.4

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	P E N E T R A C I O N			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACTIDAD			
0.50	40	11	23	SEMI COMPACTO	49.0	MH	Limo arcilloso, color café rojizo, 15% de arena con pomez, plast. y compr. alta.
		10					
		13					
1.00	40	20	38	COMPACTO	45.0	MH	" "
		19					
		19					
1.50	40	26	41	COMPACTO	47.1	MH	" "
		19					
		22					
2.00	40	22	34	COMPACTO	42.3	MH	" "
		18					
		16					
2.50	40	13	30	SEMI COMPACTO	40.2	MH	" "
		13					
		17					
3.00	40	23	34	COMPACTO	41.1	MH	" "
		17					
		17					
3.50	40	23	39	COMPACTO	40.7	MH	" "
		19					
		20					
4.00	40	22	41	COMPACTO	46.6	MH	" "
		19					
		22					
4.50	40	16	40	COMPACTO	38.5	MH	" "
		19					
		21					



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**CONTENIDO NATURAL DE AGUA**

COMUNIDAD : Saprisa LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO SONDEO N.º 4

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	48	72.6	54.0	18.6	16.11	37.89	49.0
1.00	131	70.4	53.7	16.7	16.65	37.05	45.0
1.50	400	82.0	61.0	21.0	16.46	44.54	47.1
2.00	192	79.0	60.4	18.6	16.53	43.87	42.3
2.50	78	77.6	60.0	17.6	16.25	43.75	40.2
3.00	76	76.2	57.6	18.6	12.42	45.18	41.1
3.50	119	69.9	52.9	17.0	11.22	41.68	40.7
4.00	110	74.2	54.3	19.9	11.61	42.69	46.6
4.50	86	98.2	74.2	24.0	11.88	62.32	38.5
		$W_{\max} = 49.0\%$	$W_{\min} = 38.5\%$		$W_{\text{prom}} = 43.3\%$		

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

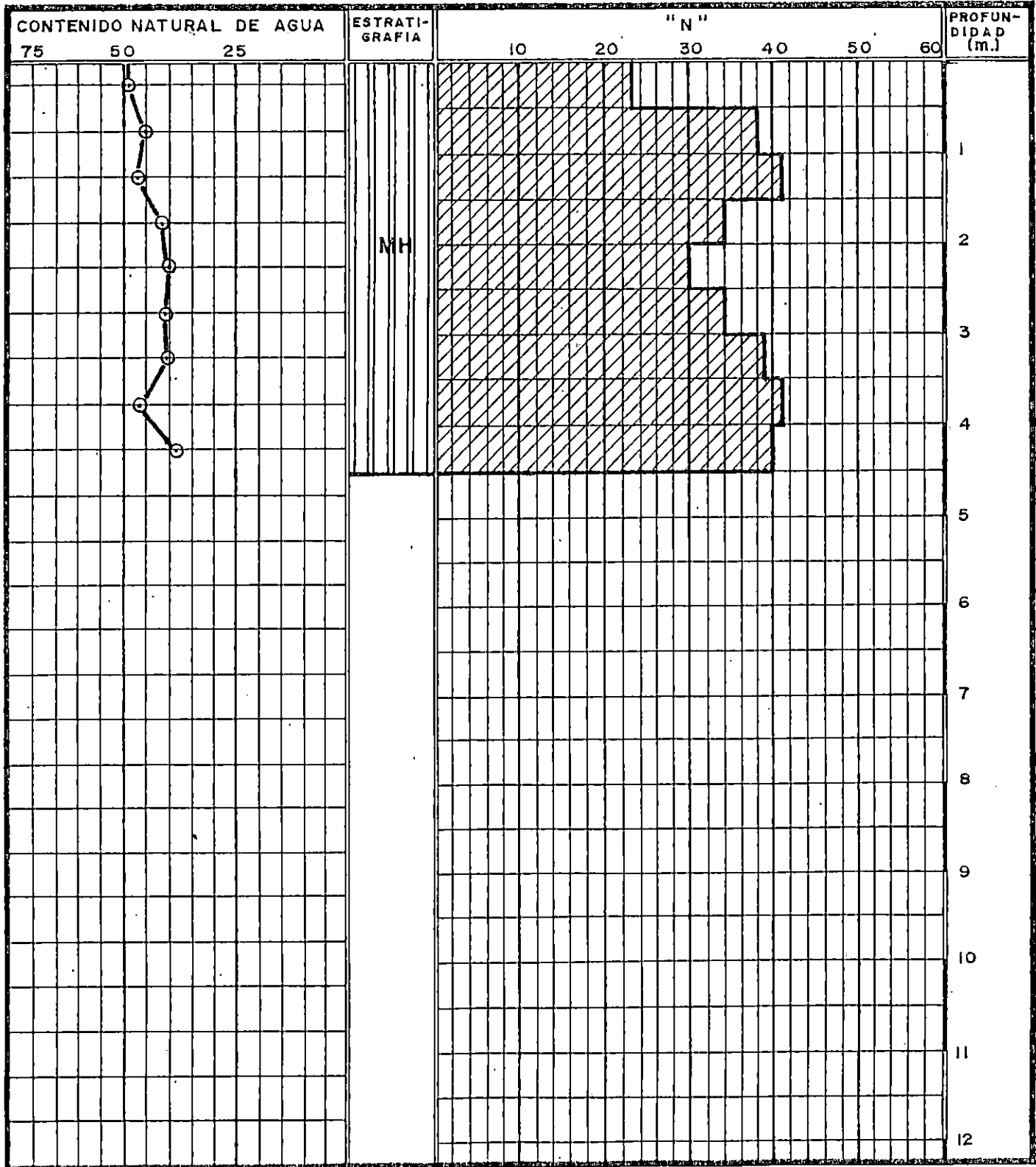
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : SAPRISA

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No. 4



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### ENSAYO TRIAXIAL

COMUNIDAD: Saprisa LOCALIZACION: Ciudad Delgado  
 ENSAYO No. 1 PROFUNDIDAD: 0.5 m.  
 DATOS INICIALES : DESCRIPCION : GL, Limo arcilloso, color café rojizo.  
 $D_s = \underline{3.70}$  cm.  $A_s = \underline{10.75}$  cm<sup>2</sup>  $W_{m_i} = \underline{130.70}$  gr.  
 $D_c = \underline{3.61}$  cm.  $A_s = \underline{10.24}$  cm<sup>2</sup>  $V_{m_i} = \underline{79.17}$  cm<sup>3</sup>  
 $D_l = \underline{3.68}$  cm.  $A_l = \underline{10.64}$  cm<sup>2</sup>  $\gamma_m = \underline{1.65V}$  ton/m<sup>3</sup>  
 $h = \underline{7.62}$  cm.  $A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_l}{6} = \underline{10.39}$  cm<sup>2</sup>  $\sigma_3 = \underline{0.5}$  Kg/cm<sup>2</sup>

TIEMPO	ANILLO CARGA	CARGA Kg.	MICROM. mm.	DEFORM. AXIAL mm.	DEFORM. UNIT. %	I-DEFOR. UNIT.	AREA CORRREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DESV. Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0	0	1	10.39	0
15	38	5.7912	15	0.015	0.0019	0.9980	10.41	0.556
30	84	12.8016	27	0.027	0.0035	0.9965	10.43	1.227
45	124	18.8976	42	0.042	0.0055	0.9945	10.45	1.808
60	156	23.7744	59	0.059	0.0077	0.9923	10.47	2.271
75	186	28.3464	76	0.076	0.0099	0.9900	10.49	2.702
90	198	30.1752	97	0.097	0.0127	0.9873	10.52	2.868
105	220	33.528	119	0.119	0.0156	0.9844	10.55	3.178
120	227	34.5948	140	0.140	0.0183	0.9816	10.58	3.260
135	227	34.5948	168	0.168	0.0220	0.9779	10.62	3.260
150	226	34.44	193	0.193	0.02532	0.9747	10.66	3.231
165	220	33.528	223	0.223	0.0292	0.9707	10.70	3.133
180	210	32.00	250	0.250	0.0328	0.967	10.74	2.979

$W_s = \underline{95.33}$  gr.  
 $S_s = \underline{2.69}$   
 $V_s = W_s / S_s = \underline{35.44}$  cm<sup>3</sup>  
 $\sigma_3 = \underline{0.50}$  Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_1 - \sigma_3 = \underline{3.26}$  Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_1 = \underline{3.76}$  Kg/cm<sup>2</sup>  
 $n = V_{vi} \times 100 / V_{mi} = 55.24 \%$

$W_{wl} = W_{m_i} - W_s = \underline{35.37}$  gr.  
 $W_i = \frac{W_{wl}}{W_s} \times 100 = \underline{37.10}$  %  
 $V_{vi} = V_{m_i} - V_s = \underline{43.73}$  cm<sup>3</sup>  
 $e_i = \frac{V_{vi}}{V_s} = \underline{1.23}$   
 $g_i = \frac{W_{wl}}{V_{vi}} \times 100 = \underline{80.88}$  %  
 $\gamma_d = \frac{h}{1 + W/100} = \underline{1.2042}$  ton/m<sup>3</sup>

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### ENSAYO TRIAXIAL

COMUNIDAD: Saprisa

LOCALIZACION: Ciudad Delgado

ENSAYO No. 2

PROFUNDIDAD: 0.5 m.

DATOS INICIALES:

DESCRIPCION: CL, Limo arcilloso, color café

D<sub>s</sub> = 3.45 cm.

A<sub>s</sub> = 9.35 cm<sup>2</sup>

W<sub>m</sub> = 119.30 gr.

rojizo.

D<sub>c</sub> = 3.36 cm.

A<sub>s</sub> = 8.87 cm<sup>2</sup>

V<sub>m</sub> = 73.13 cm<sup>3</sup>

D<sub>I</sub> = 3.18 cm.

A<sub>I</sub> = 7.94 cm<sup>2</sup>

γ<sub>m</sub> = 1.630 ton/m<sup>3</sup>

h = 8.31 cm.

A<sub>m</sub> =  $\frac{A_s + 4A_c + A_I}{6} = \underline{8.80}$  cm<sup>2</sup>

σ<sub>3</sub> = 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>

TIEMPO	ANILLO CARGA	CARGA Kg.	MICROM. mm.	DEFORM. AXIAL mm.	DEFORM. UNIT. %	I-DEFOR. UNIT.	AREA CORRREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DESV. Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0	0	1	8.80	0
15	39	5.94	13	0.013	1.56x10 <sup>-3</sup>	0.998	8.82	0.674
30	73	11.13	28	0.028	3.37x10 <sup>-3</sup>	0.9967	8.83	1.261
45	122	18.59	40	0.040	4.81x10 <sup>-3</sup>	0.995	8.84	2.102
60	175	26.67	51	0.051	6.14x10 <sup>-3</sup>	0.994	8.85	3.014
75	232	35.36	63	0.063	7.58x10 <sup>-3</sup>	0.992	8.87	3.986
90	284	43.28	74	0.074	8.9x10 <sup>-3</sup>	0.991	8.88	4.874
105	326	49.68	85	0.085	0.0102	0.989	8.89	5.588
120	343	52.27	106	0.106	0.0128	0.987	8.92	5.859
135	343	52.27	148	0.148	0.0178	0.982	8.93	5.856

W<sub>s</sub> = 87.14 gr.

W<sub>wl</sub> = W<sub>ml</sub> - W<sub>s</sub> = 32.16 gr.

S<sub>s</sub> = 2.69

W<sub>l</sub> =  $\frac{W_{wl}}{W_s} \times 100 = \underline{36.90}$  %

V<sub>s</sub> = W<sub>s</sub> / S<sub>s</sub> = 32.39 cm<sup>3</sup>

V<sub>vl</sub> = V<sub>ml</sub> - V<sub>s</sub> = 40.74 cm<sup>3</sup>

σ<sub>3</sub> = 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>

e<sub>l</sub> =  $\frac{V_{vl}}{V_s} = \underline{1.258}$

σ<sub>1</sub> - σ<sub>3</sub> = 5.86 Kg/cm<sup>2</sup>

g<sub>l</sub> =  $\frac{W_{wl}}{V_{vl}} \times 100 = \underline{78.94}$  %

σ<sub>1</sub> = 6.86 Kg/cm<sup>2</sup>

γ<sub>d</sub> =  $\frac{h}{1 + W/100} = \underline{1.191}$  ton/m<sup>3</sup>

n = V<sub>vl</sub> x 100 / V<sub>ml</sub> = 55.71 %

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### ENSAYO TRIAXIAL

COMUNIDAD: Sapriá LOCALIZACION: Ciudad Delgado

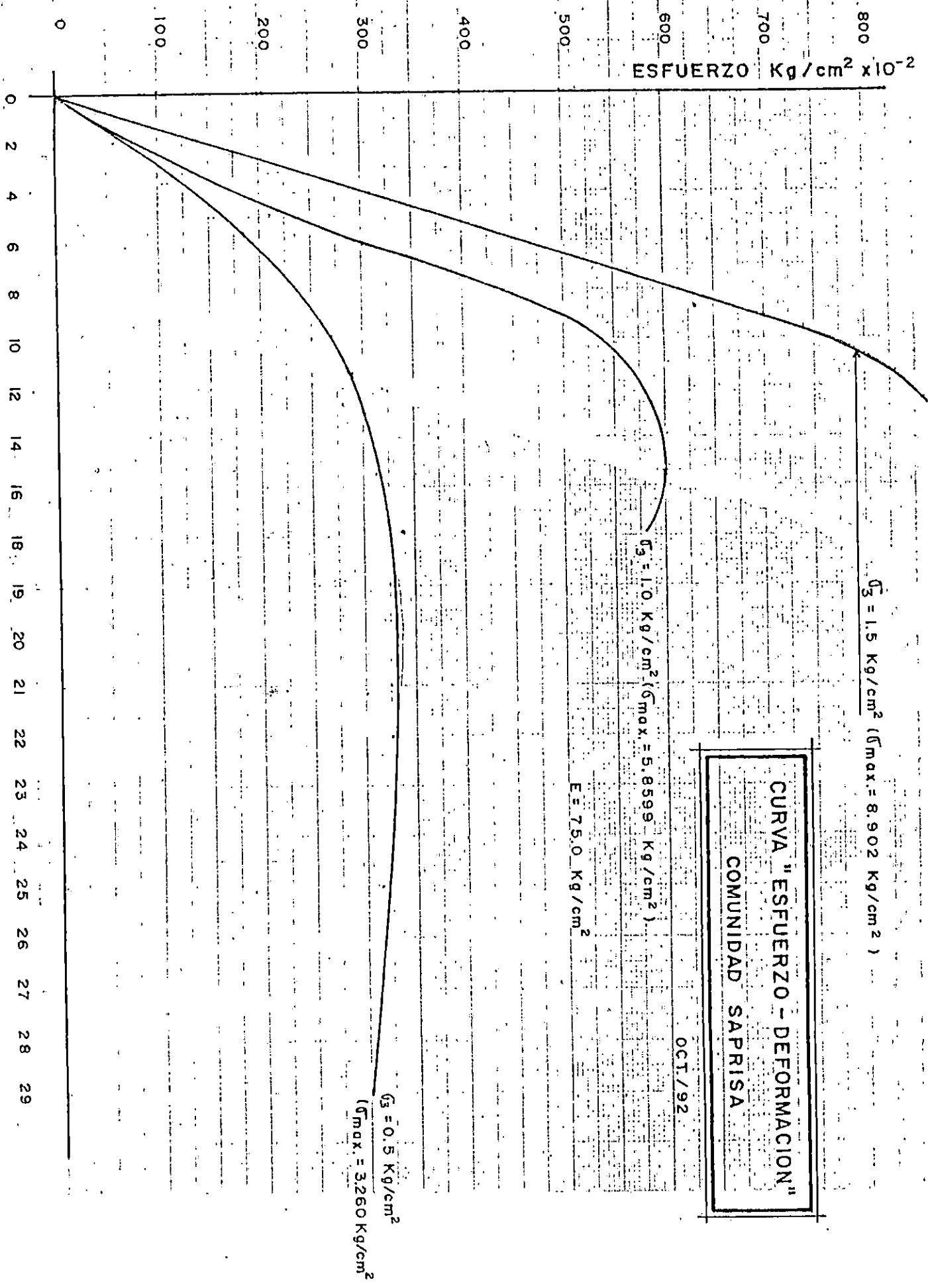
ENSAYO No. 3 PROFUNDIDAD: 0.5 m.

**DATOS INICIALES :** DESCRIPCION: CL, limo arcilloso, color café rojizo.  
 $D_s = \underline{3.34}$  cm.  $A_s = \underline{8.76}$  cm<sup>2</sup>  $W_{m_i} = \underline{94.70}$  gr.  
 $D_c = \underline{3.12}$  cm.  $A_c = \underline{7.65}$  cm<sup>2</sup>  $V_{m_i} = \underline{58.27}$  cm<sup>3</sup>  
 $D_l = \underline{3.38}$  cm.  $A_l = \underline{8.97}$  cm<sup>2</sup>  $\gamma_m = \underline{1.625}$  ton/m<sup>3</sup>  
 $h = \underline{7.23}$  cm.  $A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_l}{6} = \underline{8.06}$  cm<sup>2</sup>  $\sigma_3 = \underline{1.5}$  Kg/cm<sup>2</sup>

TIEMPO	ANILLO CARGA	CARGA Kg.	MICROM. mm.	DEFORM. AXIAL mm.	DEFORM. UNIT. %	I-DEFORM. UNIT.	AREA CORRREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DESV. Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0	0	1	8.06	0
15	12	1.828	22	0.022	$3.04 \times 10^{-3}$	0.997	8.08	0.226
30	14	2.134	47	0.047	$6.50 \times 10^{-3}$	0.994	8.11	0.263
45	55	8.382	62	0.062	$8.58 \times 10^{-3}$	0.991	8.13	1.031
60	103	15.697	74	0.074	0.0102	0.989	8.14	1.928
75	160	24.384	84	0.084	0.0116	0.988	8.15	2.990
90	223	33.985	93	0.093	0.0128	0.987	8.16	4.163
105	268	40.843	103	0.103	0.0142	0.986	8.18	4.99
120	325	49.53	111	0.111	0.0154	0.985	8.19	6.051
135	380	57.912	120	0.120	0.0166	0.983	8.20	7.066
150	432	65.836	131	0.131	0.0181	0.982	8.21	8.020
165	466	71.018	147	0.147	0.0203	0.979	8.23	8.632
180	482	73.457	168	0.168	0.0232	0.977	8.25	8.902

$W_s = \underline{69.58}$  gr.  
 $S_s = \underline{2.69}$   
 $V_s = W_s / S_s = \underline{25.87}$  cm<sup>3</sup>  
 $\sigma_3 = \underline{1.50}$  Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_1 - \sigma_3 = \underline{8.90}$  Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_1 = \underline{10.40}$  Kg/cm<sup>2</sup>  
 $n = V_{v_i} \times 100 / V_{m_i} = 55.60 \%$

$W_{w_i} = W_{m_i} - W_s = \underline{25.12}$  gr.  
 $W_l = \frac{W_{w_i}}{W_s} \times 100 = \underline{36.10}$  %  
 $V_{v_i} = V_{m_i} - V_s = \underline{32.40}$  cm<sup>3</sup>  
 $e_l = \frac{V_{v_i}}{V_s} = \underline{1.252}$   
 $G_l = \frac{W_{w_i}}{V_{v_i}} \times 100 = \underline{77.53}$  %  
 $\gamma_d = \frac{h}{1 + W/100} = \underline{1.194}$  ton/m<sup>3</sup>



CURVA "ESFUERZO - DEFORMACION"  
COMUNIDAD SAPRISA

DEFORMACION UNITARIA x 10<sup>-3</sup>

U. E. S.

TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"

FECHA: OCT. / 92  
OPERADOR: \_\_\_\_\_  
CALCULO: \_\_\_\_\_

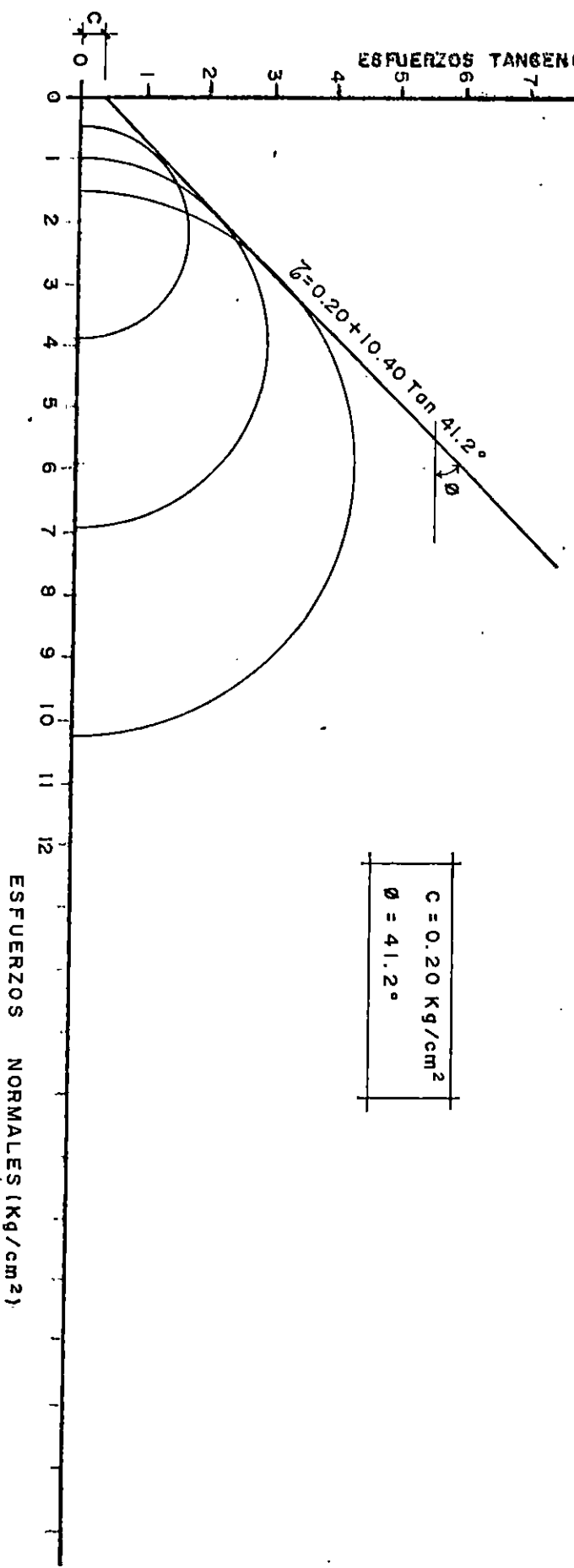
- NO CONSOLIDADA, NO DRENADA (q)
- CONSOLIDADA, NO DRENADA (R)
- CONSOLIDADA, DRENADA (S)

Eneayo No.	$\sigma_3$ Kg/cm <sup>2</sup>	$(\sigma_1 - \sigma_3)_{máx}$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_d$ Ton/m <sup>3</sup>
1	0.5	3.26	3.76	2.13	1.63	1.2042
2	1.0	5.86	6.86	3.93	2.93	1.1906
3	1.5	8.90	10.40	5.95	4.45	1.1940

LEY DE RESISTENCIA DEL SUELO

LUGAR: TALUD COMUNIDAD SAPRIÑA,  
CIUDAD DELGADO.  
PROFUNDIDAD: 0.5 m.  
MATERIAL: CL, LIMO ARCILLOSO,  
COLOR CAFE ROJIZO.

C = 0.20 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $\phi = 41.2^\circ$



CUADRO RESUMEN TRABAJO DE CAMPO. COMUNIDAD GUADALUPE

SON-DEOS	UBICACION	PROF (m.)	SUELO	OBSERVACIONES
1	Sobre pasaje N°1 al final costado poniente en cuerpo de talud.	8.50	SP SM	Se encontro varios estratos de suelos granulares, arena pomítica y un estrato de arcilla a la profundidad de 8 m., llegando hasta la profundidad de 8.5 m. con 42 golpes.
2	Sobre el mismo pasaje en la parte superior.	8.50	SP	Similar a sondeo N° 1, encontandose los mismos estratos de suelo, profundizó hasta 8.5 m. y 35 golpes.
3	Sobre calle principal al en el cuerpo del talud.	4.00	SC	En este sondeo no se pudo profundizar más de 4 m. y 78 golpes, se encontró un estrato con características arcillosas color gris claro a los 4 m.
4	Sobre la misma calle principal al pie del talud.	7.00	SM	Sondeo ubicado en zona de fuerte pendiente a mediado de calle principal. Con condiciones similares al sondeo 1 y 2, se llegó hasta 7 m. con 47 golpes.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : Guadalupe

LOCALIZACION : Ciudad Delgado

SONDEO No. 1

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50	40	2	2	MUY SUELTO	34.2	SM	Arena limosa, color café, 55% de arena, con pomez, con finos ligeramente org.
		1					
		1					
1.00	39	3	4	MUY SUELTO	29.3	ML	Limo arenoso, color café claro, 45% de arena, con pomez.
		2					
		2					
1.50	42	3	5	SUELTO	34.1	SM	Arena limosa, color café claro, 60% de arena, con pomez.
		2					
		3					
2.00	40	5	5	SUELTO	29.5	SM	" "
		2					
		3					
2.50	42	3	7	SUELTO	27.3	SM	" "
		3					
		4					
3.00	40	9	9	SUELTO	31.3	SM	Arena limosa, color gris café, 85% de arena, con pomez.
		5					
		4					
3.50	43	3	4	MUY SUELTO	36.0	SC	Arena arcillosa, color café oscuro, 65% de arena, de mediana y compresibilidad.
		2					
		2					
4.00	30	4	9	SUELTO	47.3	SC-OL	Arena arcillosa, color café 70% de arena, de mediana plasticidad y compresibi- lidad, orgánico.
		3					
		6					
4.50	40	8	9	SUELTO	31.7	GP	Grava mal graduada, color café, con finos ligeramen- te plásticos, tam. máx. 1"
		5					
		4					
5.00	37	8	12	SEMI SUELTO	43.3	GP	" "
		7					
		5					
5.50	35	11	13	SEMI SUELTO	43.4	SP	Arena mal graduada, color café, con alto porcentaje pomez.
		6					
		7					

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : Guadalupe

LOCALIZACION : Ciudad Delgado

SONDEO No. 1

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		BOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
6.00	40	9	12	SEMI SUELTO	52.9	SP	Arena pomítica, color café, tam. máx. 3/8".
		5					
		7					
6.50	43	9	14	SEMI SUELTO	62.6	SP	" "
		6					" "
		8					" "
7.00	41	11	16	SEMI SUELTO	55.6	SP	" "
		7					" "
		9					" "
7.50	31	17	18	SEMI SUELTO	53.9	SP	" "
		8					" "
		10					" "
8.00	39	14	24	SEMI COMPACTO	39.6	CL	Arcilla inorgánica, color café, de mediana plasticidad y mediana compresibilidad.
		10					
		14					
8.50	42	28	42	COMPACTO	42.0	ML	Limo arenoso, color café claro, 40% de arena, ligeramente plástico.
		18					
		25					

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA**

COMUNIDAD : Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado SONDEO No. 1  
 MUESTRA No. 7 CLASIFICACION: SC-OL

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

No. MUESTRA	7					
PROFUNDIDAD	3.50-4.00					
TARA	20.94					
PESO SUELO HUMEDO + TARA	71.64					
PESO SUELO SECO + TARA	59.80					
PESO SUELO HUMEDO (A)	50.70					
PESO SUELO SECO (B)	38.86					
PESO AGUA (A-B)	23.3					
% HUMEDAD (D)						

**CONTENIDO DE CENIZA Y MATERIA ORGANICA**

No. MUESTRA	7					
PESO SUELO HUMEDO (A)	50.70					
PESO SUELO CALCINADO + TARA	57.81					
TARA	20.94					
PESO DE SUELO CALCINADO (C)	36.87					
% CENIZA (E)	72.72					
% MATERIA ORGANICA	3.98					

FORMULAS :  $\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(A-B) \times 100}{A}$

$\% \text{ CENIZA} = \frac{C \times 100}{A}$

$\% \text{ MATERIA ORGANICA} = 100 - (D+E)$

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### LIMITES DE ATTERBERG

COMUNIDAD : Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado SONDEO No. 1  
 MUESTRA No. 15 PROFUNDIDAD : 7.50-8.00 mts.

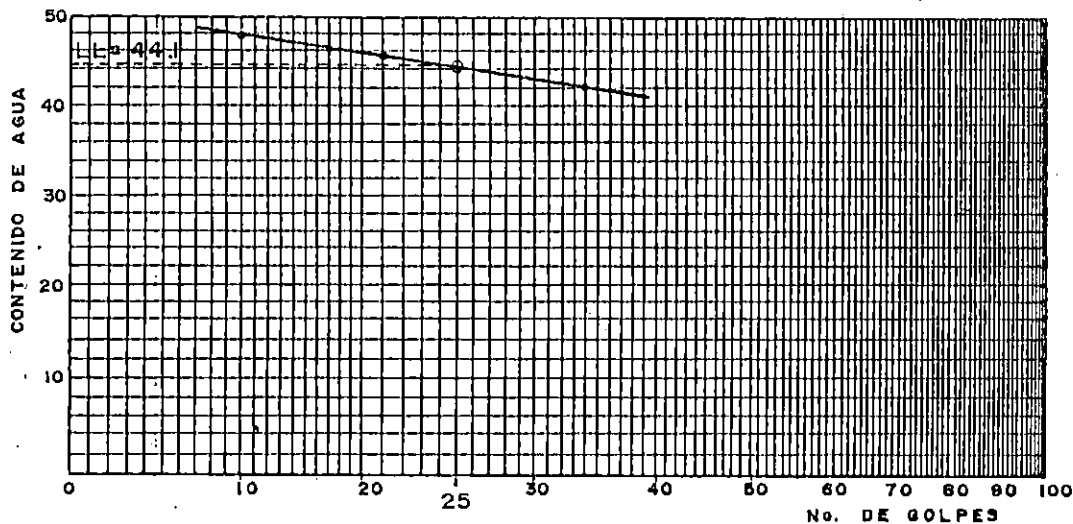
#### LIMITE PLASTICO (ASTM D-424)

PRUEBA No.				HUMEDAD NATURAL	
	1	2	3	1	2
CAPBULA No.	9	7			
TARA	24.6	30.82			
PESO HUMEDO + TARA	28.41	35.40			
PESO SECO + TARA	27.66	34.50			
PESO DE AGUA	0.75	0.90			
PESO SECO	3.06	3.68			
CONTENIDO DE AGUA %	24.5	24.5			

#### LIMITE LIQUIDO (ASTM D-423)

PRUEBA No.	1	2	3	4	8
Nº. DE GOLPES	34	27	14		
CAPSULA No.	4	5	12		
TARA	30.01	30.83	19.50		
PESO HUMEDO + TARA	40.57	43.06	28.80		
PESO SECO + TARA	37.45	39.24	25.77		
PESO DE AGUA	3.12	3.82	3.03		
PESO SECO	7.44	8.41	6.27		
CONTENIDO DE AGUA %	41.9	45.4	48.3		

#### CURVA DE FLUENCIA



MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 40

COLOR : Café

PLASTICIDAD: Media

CLASIFICACION: Arcilla inor-gánica.

SÍMBOLO: CL

CONTENIDO NATURAL DE AGUA % =	
LIMITE LIQUIDO (L.L.) =	44.1
LIMITE PLASTICO (L.P.) =	24.5
INDICE PLASTICO (I.P.) =	19.6
INDICE DE FLUENCIA (I.F.) =	
INDICE DE TENACIDAD (I.T.) =	

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### CONTENIDO NATURAL DE AGUA

COMUNIDAD : Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado SONDEO No. 1

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	27	50.4	40.2	10.2	10.4	29.8	34.2
1.00	83	51.4	42.0	9.4	9.9	32.1	29.3
1.50	31	54.1	44.6	12.1	9.1	35.5	34.1
2.00	54	49.0	40.0	9.0	9.5	30.5	29.5
2.50	38	52.4	43.1	9.3	9.0	34.1	27.3
3.00	44	54.3	43.8	10.5	10.3	33.5	31.3
3.50	24	59.9	46.8	13.1	10.4	36.4	36.0
4.00	64	51.4	38.1	13.3	10.0	28.1	47.3
4.50	4	57.7	46.2	11.5	9.9	36.3	31.7
5.00	25	56.3	42.3	14.0	10.0	32.3	43.3
5.50	10	44.5	34.0	10.5	9.8	24.2	43.4
6.00	3	47.0	34.1	12.9	9.7	24.4	52.9
6.50	58	49.7	34.5	15.2	10.2	24.3	62.6
7.00	55	51.5	36.6	14.9	9.8	26.8	55.6
7.50	48	49.4	35.5	13.9	9.7	25.8	53.9
8.00	94	59.7	45.7	14.0	10.3	35.4	39.6
8.50	36	65.0	48.8	16.2	10.2	38.6	42.0
	$W_{max} =$	62.6%	$W_{min} =$	27.3%	$W_{DIP} =$	40.8%	

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

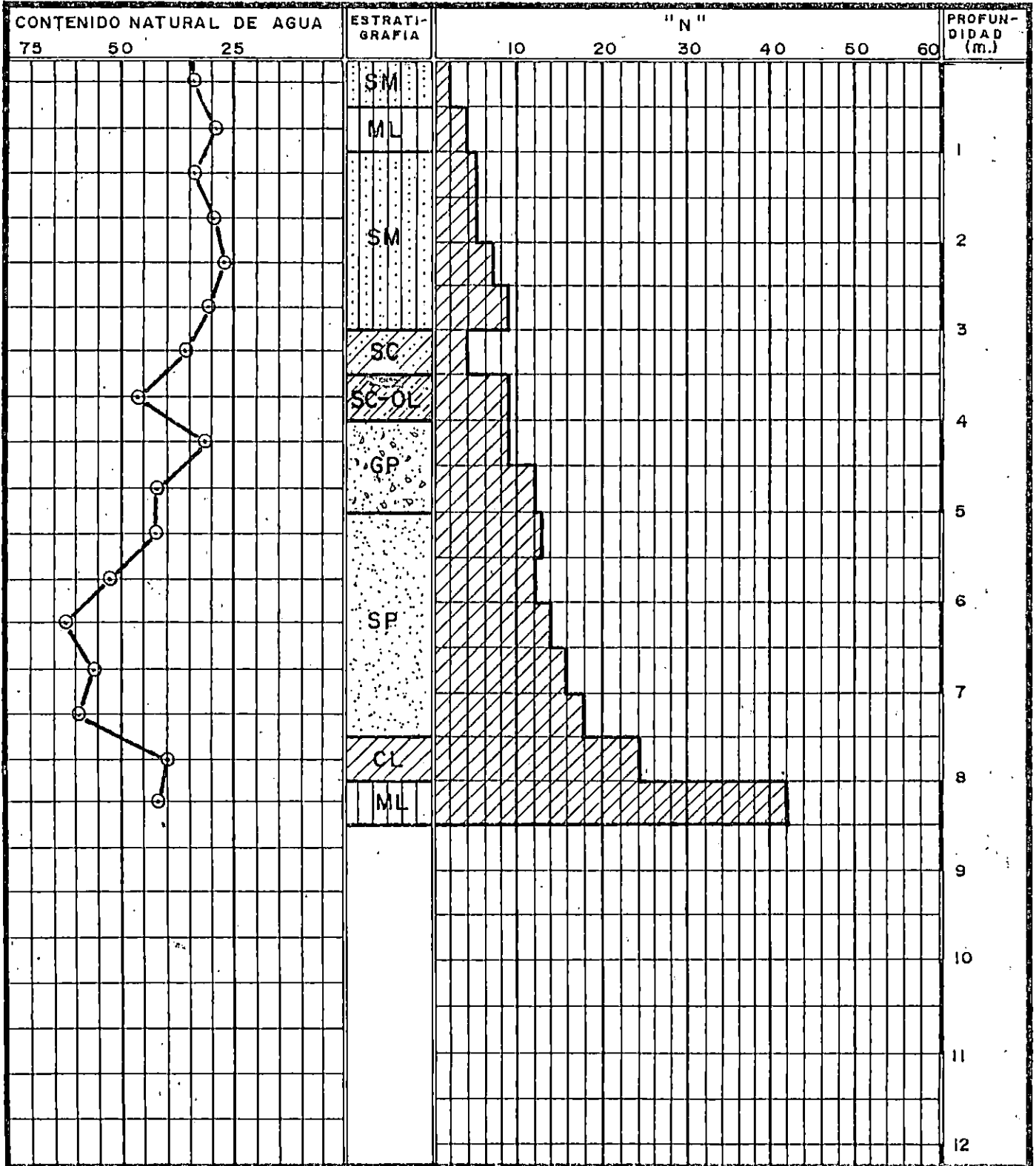
### "CAPACIDAD DE CARGA"

## COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : GUADALUPE

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No. 1



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : Guadalupe

LOCALIZACION : Ciudad Delgado

SONDEO N.º 2

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50	30	3	7	SUELTO	35.9	SC-OL	Mezcla de arena con arcilla mal graduada, color café, 75% de arena, medianamente plástico, orgánico.
		3					
		4					
1.00	40	3	6	SUELTO	37.9	SC-OL	" "
		2					
		4					
1.50	40	7	6	SUELTO	27.0	SP	Arena pomítica, color café claro, tam. máx. 1"
		3					
		3					
2.00	35	8	15	SEMI SUELTO	42.0	SP	" "
		8					
		7					
2.50	30	8	8	SUELTO	23.7	ML	Limo arenoso, color café, 45% de arena, con pomez, tam. máx. 1/4", ligeramente orgánico.
		4					
		4					
3.00	40	10	13	SEMI SUELTO	29.8	ML	Limo arenoso, color café claro, 45% de arena, con pomez tam. máx. 1/2", ligeramente plástico.
		8					
		5					
3.50	37	11	19	SEMI SUELTO	38.8	SP	Mezcla de arena mal graduada, con limo color café.
		9					
		10					
4.00	35	13	27	SEMI COMPACTO	36.8	SP	" "
		12					
		15					
4.50	43	20	23	SEMI COMPACTO	44.9	GP	Grava mal graduada, color gris café, con pomez, tam. máx. 3/8".
		10					
		13					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : Guadalupe

LOCALIZACION : Ciudad Delgado

SONDEO N.º 2

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
5.00	30	35	35	COMPACTO	28.2	SM	Arena limosa, color café rojiso, 75% de arena.
		16					
		19					
5.50	42	30	29	SEMI COMPACTO	38.1	SM	Arena limosa, color café rojiso, 75% de arena, con pomez tam. máx. 1/4".
		13					
		16					
6.00	10	19	18	SEMI SUELTO	44.5	SP	Arena pomítica mal gradua- da, color gris claro, tam. máx. 1/2".
		10					
		8					
6.50	45	18	24	SEMI COMPACTO	37.0	SP	" "
		11					
		13					
7.00	15	13	19	SEMI SUELTO	37.7	SP	" "
		10					
		9					
7.50	47	18	16	SEMI SUELTO	39.6	SP	" "
		9					
		7					
8.00	7	10	12	SEMI SUELTO	28.1	SP	" "
		6					
		6					
8.50	30	12	35	COMPACTO	32.2	CL	Arcilla inorgánica, color café, de mediana plastici- dad.
		10					
		25					



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA**

COMUNIDAD : Guadalupe LOCALIZACION : Ciudad Delgado SONDEO No. 2  
 MUESTRA No. 2 CLASIFICACION : SC-OL

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Nº. MUESTRA	2				
PROFUNDIDAD	1.00				
TARA	21.60				
PESO SUELO HUMEDO + TARA	51.80				
PESO SUELO SECO + TARA	44.00				
PESO SUELO HUMEDO (A)	30.20				
PESO SUELO SECO (B)	22.40				
PESO AGUA (A-B)	7.80				
% HUMEDAD (D)	25.8				

**CONTENIDO DE CENIZA Y MATERIA ORGANICA**

Nº. MUESTRA	2				
PESO SUELO HUMEDO (A)	30.20				
PESO SUELO CALCINADO + TARA	42.82				
TARA	21.60				
PESO DE SUELO CALCINADO (C)	21.22				
% CENIZA (E)	70.26				
% MATERIA ORGANICA	3.94				

FORMULAS :  $\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(A-B) \times 100}{A}$   
 $\% \text{ CENIZA} = \frac{C \times 100}{A}$   
 $\% \text{ MATERIA ORGANICA} = 100 - (D + E)$

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### LIMITES DE ATTERBERG

COMUNIDAD : Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado SONDEO No. 2

MUESTRA No. 17 PROFUNDIDAD : 8.00-8.50 mts.

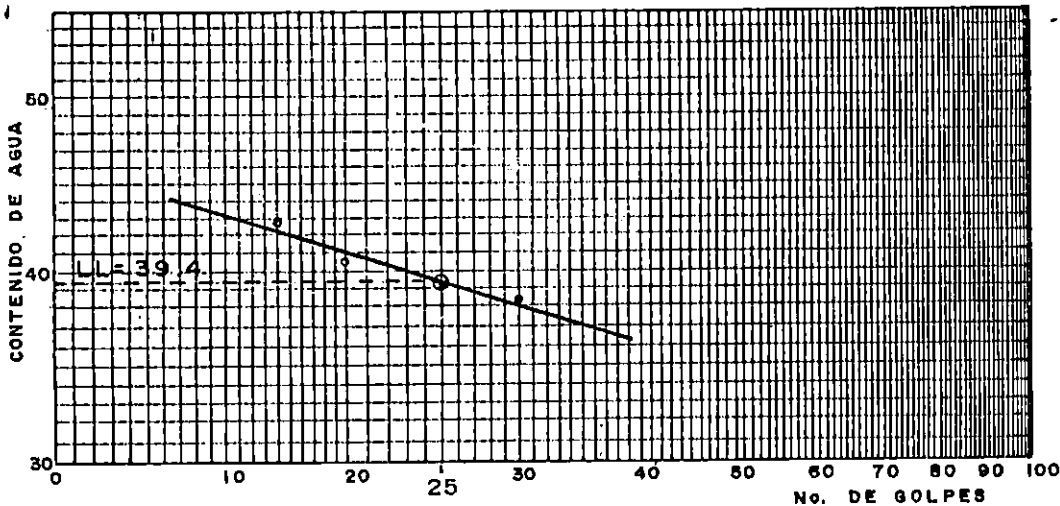
#### LIMITE PLASTICO (ASTM D-424)

PRUEBA No.				HUMEDAD NATURAL	
	1	2	3	1	2
CAPSULA No.	1	3			
TARA	29.81	30.83			
PESO HUMEDO + TARA	33.02	34.34			
PESO SECO + TARA	32.27	33.43			
PESO DE AGUA	0.75	0.91			
PESO SECO	2.46	2.60			
CONTENIDO DE AGUA %	30.5	32.7			

#### LIMITE LIQUIDO (ASTM D-423)

PRUEBA No.	1	2	3	4	6
No. DE GOLPES	30	20	14		
CAPSULA No.	6	8	2		
TARA	29.70	30.68	29.93		
PESO HUMEDO + TARA	37.60	41.76	39.28		
PESO SECO + TARA	35.42	38.58	36.48		
PESO DE AGUA	2.18	3.18	2.80		
PESO SECO	5.72	7.90	6.55		
CONTENIDO DE AGUA %	38.4	40.3	42.7		

#### CURVA DE FLUENCIA



MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 40

COLOR : Café

PLASTICIDAD: Media

CLASIFICACION: Arcilla inorganica,

SÍMBOLO: CL

CONTENIDO NATURAL DE AGUA %	=	
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	=	39.4
LIMITE PLASTICO (L.P.)	=	32.7
INDICE PLASTICO (I.P.)	=	4.5
INDICE DE FLUENCIA (I.F.)	=	
INDICE DE TENACIDAD (I.T.)	=	

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### CONTENIDO NATURAL DE AGUA

COMUNIDAD : Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado SONDEO No. 2

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	23	57.6	44.7	12.9	8.8	35.9	35.9
1.00	8	55.3	42.9	12.4	10.2	32.7	37.9
1.50	15	50.0	41.4	8.6	9.5	31.9	27.0
2.00	42	51.8	39.5	12.3	10.2	29.3	42.0
2.50	2	51.5	43.5	8.0	9.7	33.8	23.7
3.00	7	56.5	45.7	10.8	9.4	36.3	29.8
3.50	13	55.4	42.8	12.6	10.3	32.5	38.8
4.00	41	51.6	40.4	11.2	10.0	30.4	36.8
4.50	73	47.4	36.0	11.4	10.6	25.4	44.9
5.00	21	57.7	47.3	10.4	10.4	36.9	28.2
5.50	70	50.4	39.2	11.2	9.9	29.4	38.1
6.00	87	44.2	33.7	10.5	10.1	23.6	44.5
6.50	47	54.3	42.4	11.9	10.2	32.2	37.0
7.00	40	44.9	35.3	9.6	9.8	25.5	37.7
7.50	49	47.0	36.5	10.5	10.0	26.5	39.6
8.00	19	33.5	28.3	5.2	9.8	18.5	28.1
8.50	77	58.7	46.9	11.8	10.3	36.6	32.2
	$W_{max} =$	44.9%	$W_{min} =$	23.7%	$W_{prom} =$	35.4%	

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

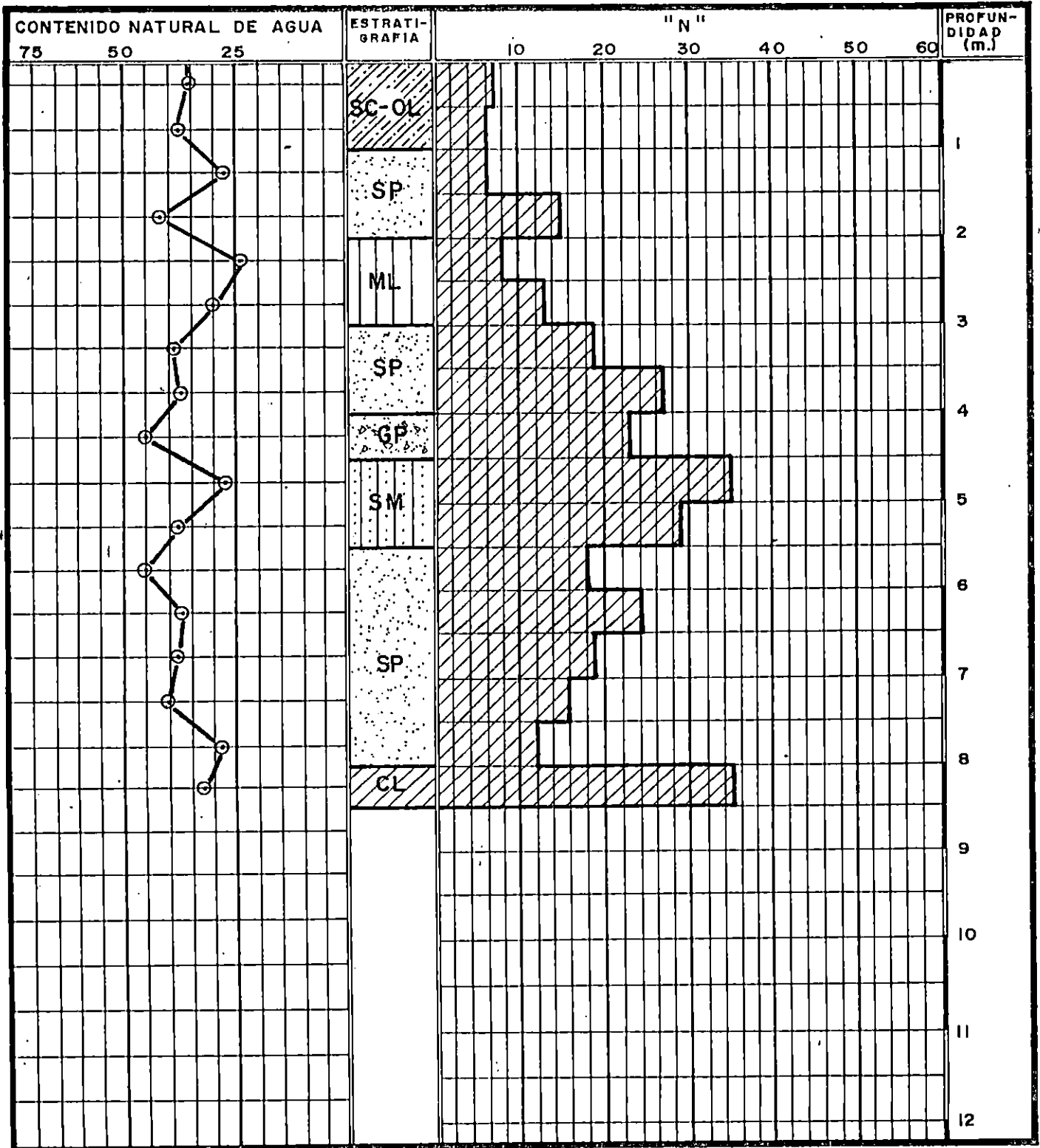
### "CAPACIDAD DE CARGA"

## COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : GUADALUPE

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No. 2



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

COMUNIDAD : Guadalupe

LOCALIZACION : Ciudad Delgado

SONDEO N.º 3

PROFUN- DIDAD MTS.	RECU- PERA- CION CM.	P E N E T R A C I O N			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA O COMPACIDAD			
0.50	35	7	11	SEMI SUELTO	26.9	SC	Mezcla de arena con arcilla, color café, 70% de arena, con pomez, tam. máx. 1/2"
		4					
		7					
1.00	37	8	14	SEMI SUELTO	28.4	SC	" "
		8					
		6					
1.50	40	12	17	SEMI SUELTO	28.7	SC	" "
		8					
		9					
2.00	40	16	17	SEMI SUELTO	34.4	SC	" "
		8					
		9					
2.50	43	15	26	SEMI COMPACTO	30.2	SC	" "
		14					
		12					
3.00	42	24	27	SEMI COMPACTO	27.7	SC	" "
		14					
		13					
3.50	48	16	46	COMPACTO	29.8	SM	Arena limosa, color café, 80% de arena, con pomez, tam. máx. 3/8"
		18					
		28					
4.00	48	48	78	MUY COMPACTO	49.5	ML	Limo arenoso, color gris, 25% de arena.
		34					
		44					

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### CONTENIDO NATURAL DE AGUA

COMUNIDAD : Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado SONDEO No. 3

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	16	55.6	45.9	9.7	9.8	36.1	26.9
1.00	20	54.9	44.8	10.1	9.2	35.6	28.4
1.50	28	48.6	39.9	8.7	9.6	30.3	28.7
2.00	34	56.3	44.5	11.8	10.2	34.3	34.4
2.50	74	50.2	40.7	9.5	9.2	31.5	30.2
3.00	6	56.3	46.2	10.1	9.7	36.5	27.7
3.50	79	60.0	48.6	11.4	10.3	38.3	29.8
4.00	92	68.3	48.9	19.4	9.7	39.2	49.5
	$W_{max} =$	49.5%	$W_{min} =$	26.9%	$W_{prom} =$	32.0%	

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

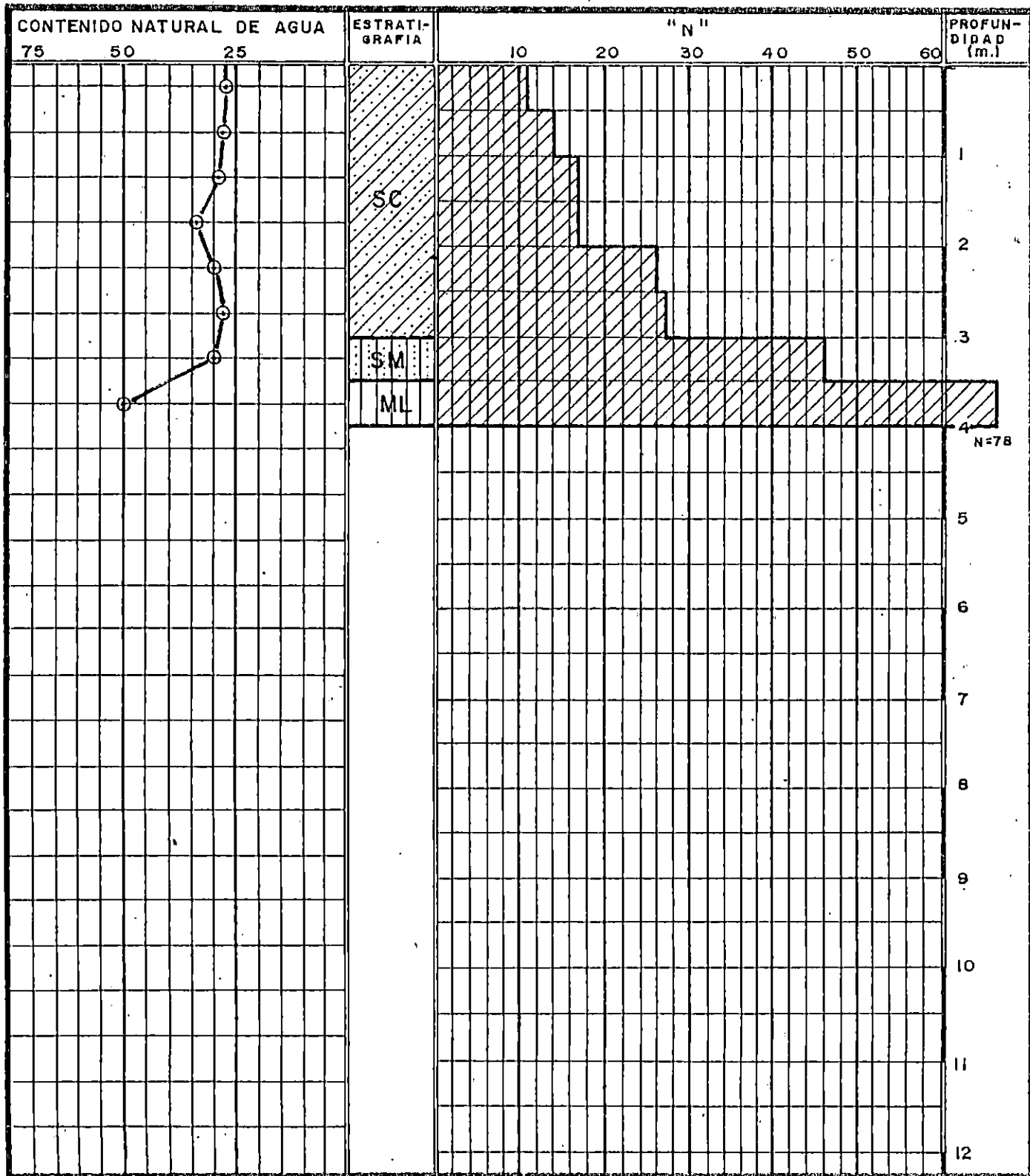
### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : GUADALUPE

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No. 3



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL**

COMUNIDAD : Guadalupe

LOCALIZACION : Ciudad Delgado

SONDEO N.º4

PROFUNDIDAD MTS.	RECUPERACION CM.	PENETRACION			% HUMEDAD	SIMBOLO	CLASIFICACION VISUAL
		GOLPES CUCHARA	N	CONSISTENCIA o COMPACIDAD			
0.50	30	2	3	MUY SUELTO	26.0	SM	Arena limosa, color café, 55% de arena, con pomez, ligeramente orgánico.
		1					
		2					
1.00	37	2	3	MUY SUELTO	33.0	SM-OL	Arena limosa, color café oscuro. 70% de arena, con alto cont. de mat. orgánica.
		1					
		2					
1.50	40	3	6	SUELTO	38.9	SM-OL	" "
		3					
		3					
2.00	40	4	5	SUELTO	29.8	SC-OL	Arena arcillosa, color café oscuro, 65% de arena, con materia orgánica.
		2					
		3					
2.50	41	7	16	SEMI SUELTO	30.3	SC-OL	" "
		7					
		9					
3.00	37	10	22	SEMI COMPACTO	42.8	SM	Arena limosa, color café, 65% de arena, con pomez, tam. máx. 3/8".
		9					
		13					
3.50	38	24	30	SEMI COMPACTO	39.3	SM	" "
		14					
		16					
4.00	36	15	21	SEMI COMPACTO	45.2	SP	Arena pomítica, mal graduada, color gris café, tam. máx. 1/2".
		10					
		11					
4.50	35	14	15	SEMI SUELTO	49.5	SP	" "
		8					
		7					
5.00	35	17	25	SEMI COMPACTO	29.8	SM	Arena limosa, color café claro, 60% de arena, con pomez tam. máx 3/8".
		13					
		12					
5.50	38	20	27	SEMI COMPACTO	26.5	SM	" "
		15					
		12					
6.00	38	28	46	COMPACTO	28.9	SM	" "
		17					
		29					





**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"CAPACIDAD DE CARGA"**

**CONTENIDO NATURAL DE AGUA**

COMUNIDAD : Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado SONDEO No. 4

PROFUNDIDAD	RECIPIENTE No.	PESO DE SUELO HUMEDO+TARA	PESO DE SUELO SECO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
0.50	100	58.0	48.2	9.8	10.5	37.7	26.0
1.00	29	48.0	38.6	9.4	10.1	28.5	33.0
1.50	82	57.7	44.5	13.2	10.6	33.9	38.9
2.00	81	54.3	44.2	10.1	10.3	33.9	29.8
2.50	68	62.3	50.2	12.1	10.3	39.9	30.3
3.00	14	52.6	39.8	12.8	9.9	29.9	42.8
3.50	30	55.5	42.9	12.6	10.8	32.1	39.3
4.00	12	47.7	35.9	11.8	9.8	26.1	45.2
4.50	93	40.4	30.0	10.4	9.0	21.0	49.5
5.00	72	58.3	47.2	11.1	10.0	37.2	29.8
5.50	69	61.4	50.7	10.7	10.3	40.4	26.5
6.00	22	61.0	49.6	11.4	10.2	39.4	28.9
6.50	91	49.6	40.0	8.7	10.5	30.4	28.6
7.00	90	64.7	52.2	12.5	9.7	42.5	29.4
	$W_{max} =$	49.5%	$W_{min} =$	26.0%	$W_{prom} =$	34.1%	

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACION

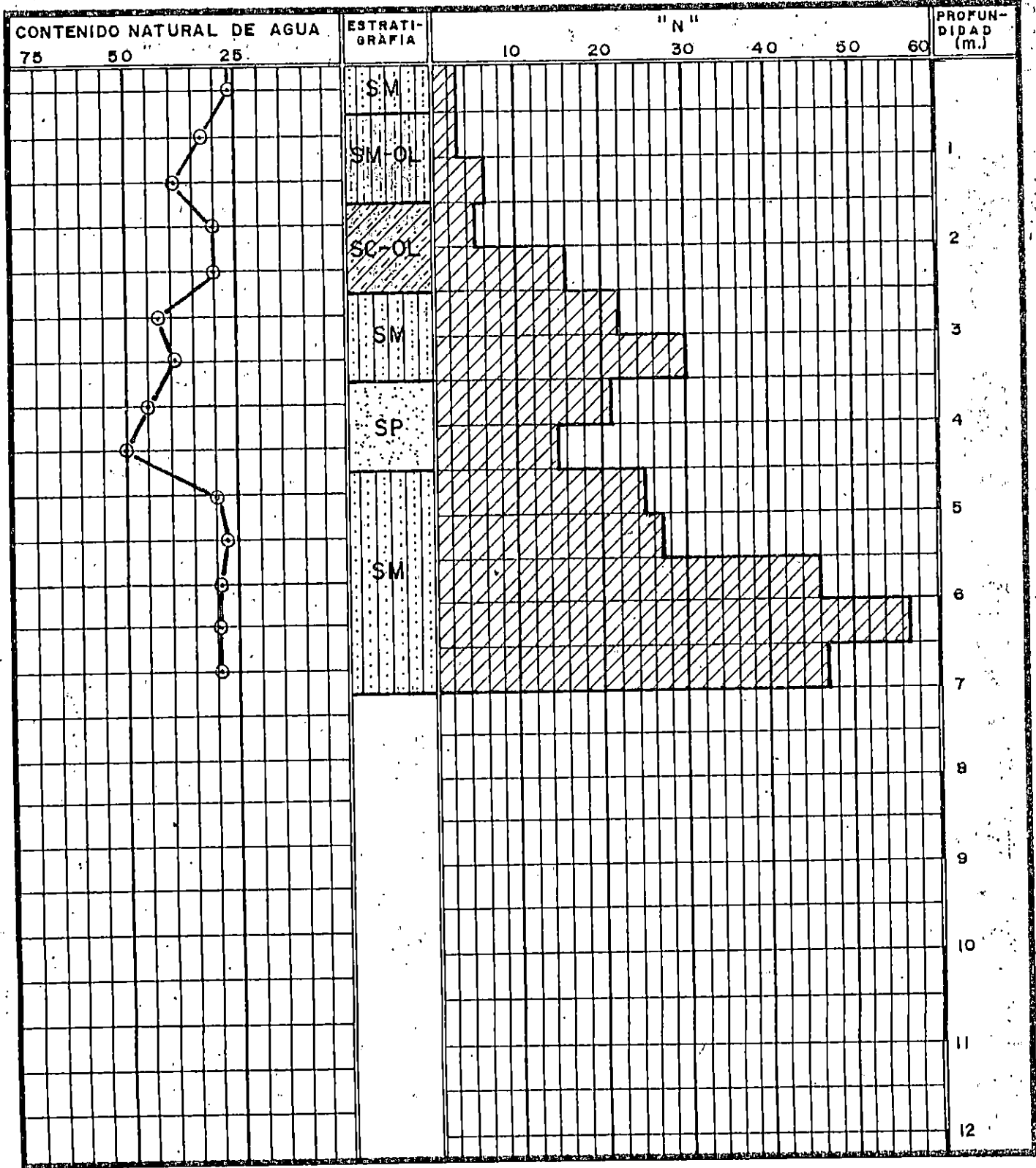
"CAPACIDAD DE CARGA"

## COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COMUNIDAD : GUADALUPE

LOCALIZACION : CIUDAD DELGADO

SONDEO No. 4



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### ENSAYO TRIAXIAL

COMUNIDAD: Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado

ENSAYO No. 1 PROFUNDIDAD: 1.0 a 1.5 m.

DATOS INICIALES : DESCRIPCION : SM, arena limosa, color café claro.

$D_s = \underline{7.017}$  cm.  $A_s = \underline{38.67}$  cm<sup>2</sup>  $W_{m_i} = \underline{870.40}$  gr.

$D_c = \underline{7.017}$  cm.  $A_s = \underline{38.67}$  cm<sup>2</sup>  $V_{m_i} = \underline{550.30}$  cm<sup>3</sup>

$D_l = \underline{7.017}$  cm.  $A_l = \underline{38.67}$  cm<sup>2</sup>  $\gamma_m = \underline{1.582}$  ton/m<sup>3</sup>

$h = \underline{14.23}$  cm.  $A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_l}{6} = \underline{38.67}$  cm<sup>2</sup>  $\sigma_3 = \underline{1.0}$  Kg/cm<sup>2</sup>

TIEMPO	ANILLO CARGA	CARGA Kg.	MICROM. mm.	DEFORM. AXIAL mm.	DEFORM. UNIT. %	I-DEFOR. UNIT.	AREA CO-REGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DESV. Kg/cm <sup>2</sup>
	9	3.63	48	0.048	0.0034	0.9966	38.80	0.09
	55	22.21	94	0.094	0.0066	0.9933	38.93	0.53
	113	45.63	134	0.134	0.0094	0.9905	39.04	1.17
	179	72.28	176	0.176	0.0124	0.9876	39.16	1.18
	257	103.78	219	0.219	0.0154	0.9846	39.27	2.64
	310	125.18	264	0.264	0.0186	0.9814	39.40	3.17
	358	144.56	305	0.305	0.0214	0.9786	39.52	3.66
	395	159.50	350	0.350	0.0246	0.9753	39.65	4.02
	417	168.38	394	0.394	0.0277	0.9723	39.77	4.23
	429	173.23	437	0.437	0.0305	0.9695	39.89	4.34
	433	174.85	481	0.481	0.0338	0.9661	40.03	4.37
	434	175.25	525	0.525	0.0369	0.9631	40.15	4.36
	432	174.44	568	0.568	0.0399	0.9600	40.28	4.33

$$W_s = \underline{746.21}$$
 gr.

$$S_s = \underline{2.30}$$

$$V_s = W_s / S_s = \underline{324.44}$$
 cm<sup>3</sup>

$$\sigma_3 = \underline{1.00}$$
 Kg/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \underline{4.37}$$
 Kg/cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \underline{5.37}$$
 Kg/cm<sup>2</sup>

$$n = V_{v1} \times 100 / V_{m1} = 41.04 \%$$

$$W_{w1} = W_{m1} - W_s = \underline{124.19}$$
 gr.

$$W_l = \frac{W_{w1}}{W_s} \times 100 = \underline{16.64}$$
 %

$$V_{v1} = V_{m1} - V_s = \underline{225.86}$$
 cm<sup>3</sup>

$$e_l = \frac{V_{v1}}{V_s} = \underline{0.696}$$

$$g_l = \frac{W_{w1}}{V_{v1}} \times 100 = \underline{54.98}$$
 %

$$\gamma_d = \frac{h}{1 + W/100} = \underline{1.356}$$
 ton/m<sup>3</sup>

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### ENSAYO TRIAXIAL

COMUNIDAD: Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado

ENSAYO No. 2 PROFUNDIDAD: 1.0 a 1.5 m.

DATOS INICIALES: DESCRIPCION: SM, arena limosa, color café cla-

$D_s = 7.013$  cm.  $A_s = 38.63$  cm<sup>2</sup>  $W_{m_i} = 855.50$  gr. ro.

$D_c = 7.013$  cm.  $A_s = 38.63$  cm<sup>2</sup>  $V_{m_i} = 548.51$  cm<sup>3</sup>

$D_l = 7.013$  cm.  $A_i = 38.63$  cm<sup>2</sup>  $\gamma_m = 1.560$  ton/m<sup>3</sup>

$h = 14.20$  cm.  $A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_i}{6} = 38.63$  cm<sup>2</sup>  $\sigma_3 = 2.0$  Kg/cm<sup>2</sup>

TIEMPO	ANILLO CARGA	CARGA Kg.	MICROM. mm.	DEFORM. AXIAL. mm.	DEFORM. UNIT. %	I-DEFOR. UNIT.	AREA CORRIGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DESV. Kg/cm <sup>2</sup>
	9	3.63	50	0.050	0.0035	0.9964	38.77	0.09
	13	5.25	92	0.092	0.0065	0.9935	38.77	0.14
	79	31.90	134	0.134	0.0094	0.9905	39.00	0.82
	147	59.36	174	0.174	0.0123	0.9817	39.11	1.52
	221	89.24	216	0.216	0.0152	0.9848	39.23	2.27
	297	119.93	260	0.260	0.0183	0.9817	39.35	3.05
	356	143.75	302	0.302	0.0213	0.9787	39.47	3.64
	426	172.02	345	0.345	0.0243	0.9757	39.59	4.35
	477	192.61	390	0.390	0.0275	0.9725	39.72	4.85
	517	208.76	432	0.432	0.0304	0.9695	39.85	5.24
	546	220.47	475	0.475	0.0335	0.9665	39.97	5.52
	569	229.76	518	0.518	0.0365	0.9635	40.09	5.73
	585	236.22	562	0.562	0.0396	0.9604	40.22	5.87
	596	240.66	606	0.606	0.0427	0.9573	40.35	5.96
	604	243.90	648	0.648	0.0456	0.9543	40.48	6.03
	610	246.32	692	0.692	0.0487	0.9512	40.61	6.07
	614	247.93	738	0.738	0.0520	0.9480	40.75	6.08
	618	249.55	780	0.780	0.0549	0.9450	40.88	6.10
	620	250.36	830	0.830	0.0586	0.9415	41.03	6.10
	622	251.16	870	0.870	0.0613	0.9387	41.15	6.10
	623.	251.57	915	0.915	0.0644	0.9355	41.29	6.09
	623	251.57	958	0.958	0.0675	0.9325	41.43	6.07

$W_s = 735.60$  gr.

$S_s = 2.30$

$V_s = W_s / S_s = 319.83$  cm<sup>3</sup>

$\sigma_3 = 2.00$  Kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_1 - \sigma_3 = 6.10$  Kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_1 = 8.10$  Kg/cm<sup>2</sup>

$n = V_v \times 100 / V_{m_i} = 41.69 \%$

$W_{w_i} = W_{m_i} - W_s = 119.90$  gr.

$W_l = \frac{W_{w_i}}{W_s} \times 100 = 16.30$  %

$V_{v_i} = V_{m_i} - V_s = 228.68$  cm<sup>3</sup>

$e_i = \frac{V_{v_i}}{V_s} = 0.715$

$G_i = \frac{W_{w_i}}{V_{v_i}} \times 100 = 52.43$  %

$\gamma_d = \frac{h}{1 + W/100} = 1.341$  ton/m<sup>3</sup>

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## TRABAJO DE GRADUACION

### "CAPACIDAD DE CARGA"

#### ENSAYO TRIAXIAL

COMUNIDAD: Guadalupe LOCALIZACION: Ciudad Delgado

ENSAYO No. 3 PROFUNDIDAD: 1.0 a 1.5 m.

DATOS INICIALES : DESCRIPCION : SM, arena limosa, color café clara.

$D_s = 7.093$  cm.  $A_s = 39.51$  cm<sup>2</sup>  $W_{m1} = 841.40$  gr.  $V_{m1} = 561.49$  cm<sup>3</sup>  $\gamma_m = 1.499$  ton/m<sup>3</sup>

$D_c = 7.093$  cm.  $A_s = 39.51$  cm<sup>2</sup>  $V_{m1} = 561.49$  cm<sup>3</sup>

$D_l = 7.093$  cm.  $A_i = 39.51$  cm<sup>2</sup>  $\gamma_m = 1.499$  ton/m<sup>3</sup>

$h = 14.21$  cm.  $A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_l}{6} = 39.51$  cm<sup>2</sup>  $\sigma_3 = 3.0$  Kg/cm<sup>2</sup>

TIEMPO	ANILLO CARGA	CARGA Kg.	MICROM. mm.	DEFORM. AXIAL mm.	DEFORM. UNIT. %	I-DEFOR. UNIT.	AREA CORRIGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DESV. Kg/cm <sup>2</sup>
	18	7.27	45	0.045	0.0032	0.9968	39.64	0.18
	155	62.59	130	0.130	0.0091	0.9909	39.87	1.57
	378	152.63	299	0.299	0.0210	0.9790	40.36	3.78
	534	215.63	431	0.431	0.0303	0.9697	40.75	5.29
	631	254.80	555	0.555	0.0391	0.9609	41.12	6.20
	693	279.83	687	0.687	0.0391	0.9517	41.51	6.74
	740	298.81	818	0.818	0.0576	0.9424	41.92	7.13
	776	313.35	952	0.952	0.0670	0.9330	42.35	7.40
	787	317.79	995	0.995	0.0700	0.9299	42.49	7.48
	797	321.83	1038	1.038	0.0730	0.9270	42.62	7.55
	804	324.66	1084	1.084	0.0763	0.9237	42.77	7.59
	814	328.69	1135	1.135	0.0799	0.9201	42.94	7.65
	820	331.12	1172	1.172	0.0825	0.9172	43.06	7.69
	826	332.54	1215	1.215	0.0855	0.9145	43.20	7.72
	832	335.96	1262	1.262	0.0888	0.9111	43.37	7.75
	839	338.79	1305	1.305	0.0918	0.9081	43.51	7.79
	843	340.40	1348	1.348	0.0949	0.9051	43.65	7.80
	848	342.42	1392	1.392	0.0980	0.9020	43.80	7.82
	853	344.44	1435	1.435	0.1010	0.8990	43.95	7.84
	856	345.65	1478	1.478	0.1040	0.8959	44.10	7.84
	856	345.65	1524	1.524	0.1042	0.8927	44.26	7.81

$W_s = 720.99$  gr.

$S_s = 2.30$

$V_s = W_s / S_s = 313.47$  cm<sup>3</sup>

$\sigma_3 = 3.00$  Kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_1 - \sigma_3 = 7.84$  Kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_1 = 10.84$  Kg/cm<sup>2</sup>

$n = V_{vi} \times 100 / V_{mi} = 44.16$

$W_{wi} = W_{mi} - W_s = 120.41$  gr.

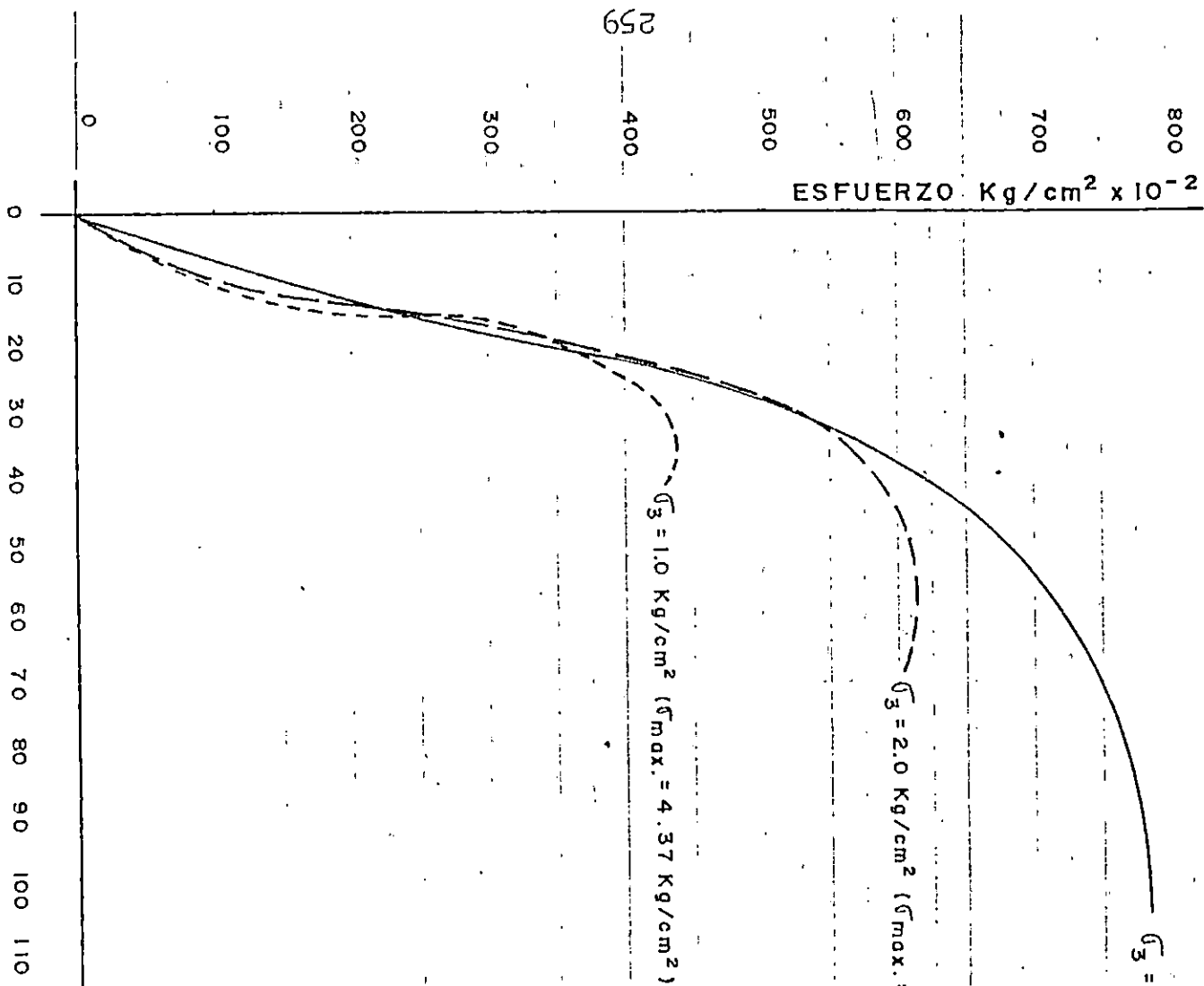
$W_i = \frac{W_{wi}}{W_s} \times 100 = 16.70$  %

$V_{vi} = V_{mi} - V_s = 248.02$  cm<sup>3</sup>

$e_i = \frac{V_{vi}}{V_s} = 0.791$

$G_i = \frac{W_{wi}}{V_{vi}} \times 100 = 48.55$  %

$\gamma_d = \frac{h}{1 + W/100} = 1.284$  ton/m<sup>3</sup>



CURVA "ESFUERZO - DEFORMACION"  
 COMUNIDAD GUADALUPE

E = 142.9 Kg/cm<sup>2</sup>

OCT / 92

DEFORMACION UNITARIA x 10<sup>-3</sup>

U. E. S.

TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"

FECHA: OCT. / 92  
OPERADOR: \_\_\_\_\_  
CALCULO: \_\_\_\_\_

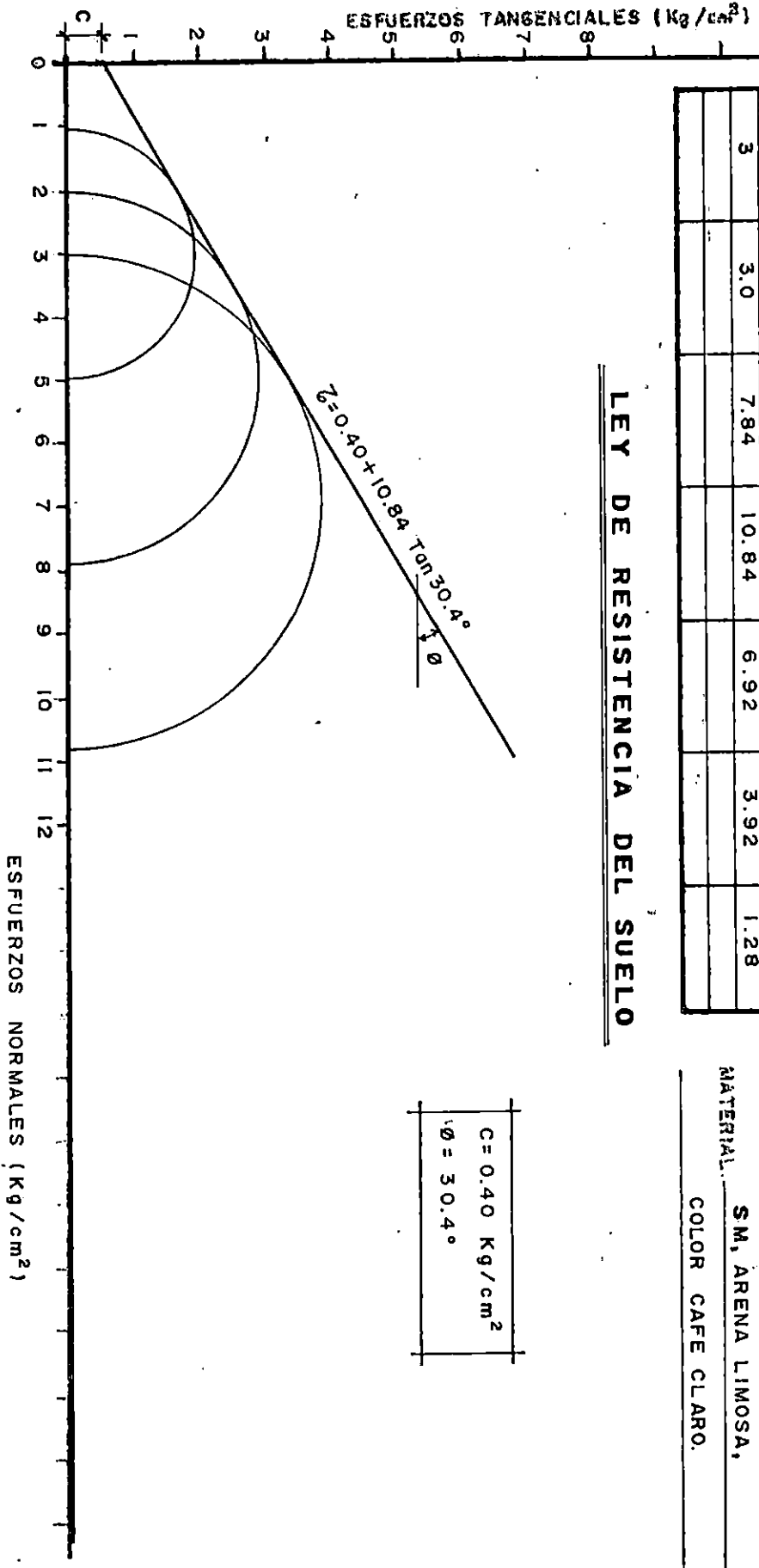
- NO CONSOLIDADA, NO DRENADA (g)
- CONSOLIDADA, NO DRENADA (R)
- CONSOLIDADA, DRENADA (S)

Ensayo No.	$\sigma_1$ Kg/cm <sup>2</sup>	$(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma d$ Ton/m <sup>3</sup>
1	1.0	4.37	5.37	3.19	2.19	1.36
2	2.0	6.10	8.10	5.05	3.06	1.34
3	3.0	7.84	10.84	6.92	3.92	1.28

LEY DE RESISTENCIA DEL SUELO

LUGAR: TALUD COMUNIDAD GUADALUPE,  
CIUDAD DELGADO.  
PROFUNDIDAD: 1.0 a 1.5 m.  
MATERIAL: S.M, ARENA LIMOSA,  
COLOR CAFE CLARO.

$C = 0.40 \text{ Kg/cm}^2$   
 $\phi = 30.4^\circ$





ANEXO III- A

PLANOS DE UBICACION DE SONDEOS

Y

PERFILES ESTRATIGRAFICOS



COLONIA

COLONIA MALAGA

"B"

S-2

S-2

PASAJE

20 19 18 17 16 15 14

S-3

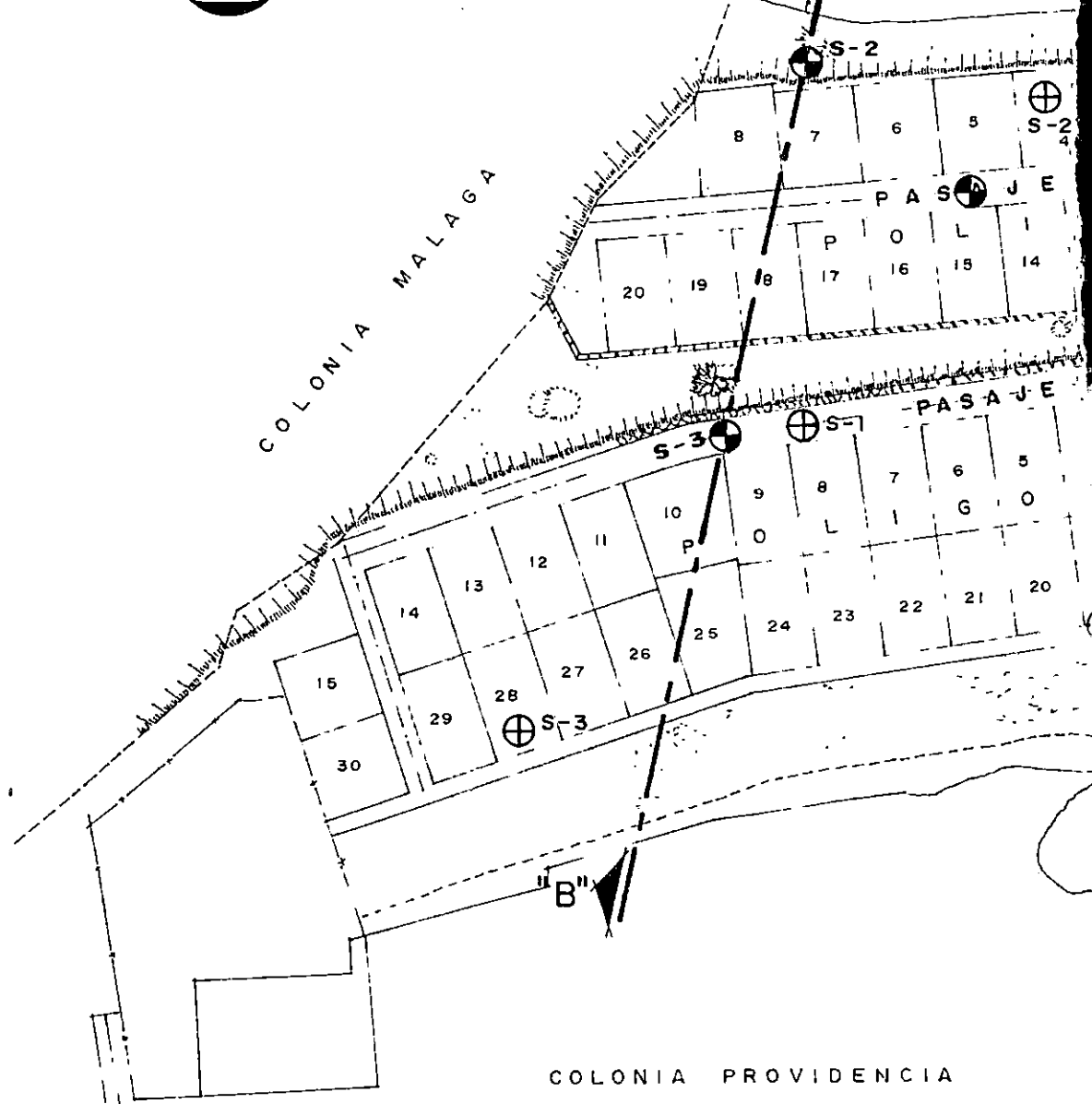
S-1

PASAJE

14 13 12 11 10 9 8 7 6 5  
15 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20

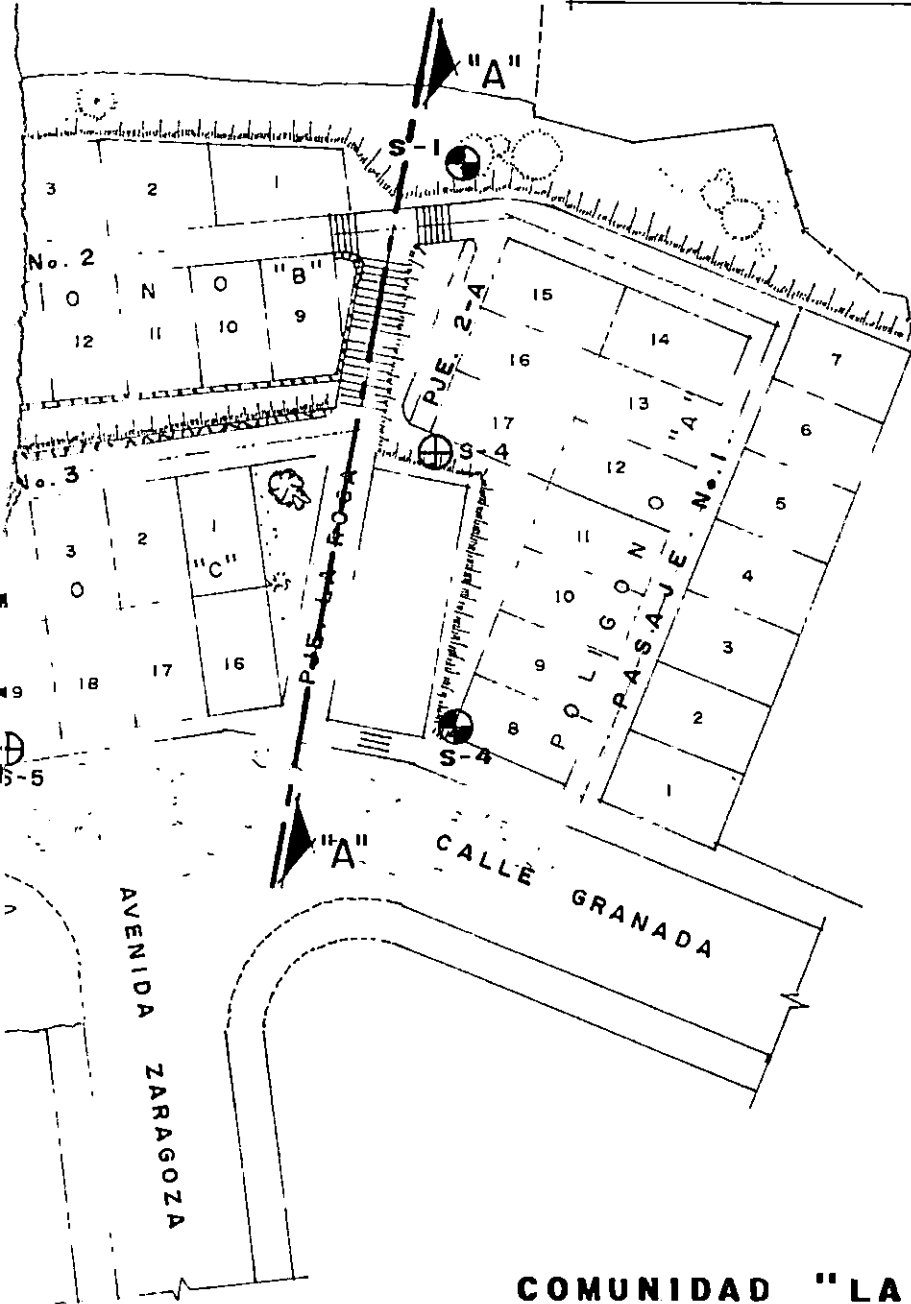
"B"

COLONIA PROVIDENCIA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 TRABAJO DE GRADUACION  
 "CAPACIDAD DE CARGA"  
 SEPTIEMBRE /1992

MALAGA



**COMUNIDAD "LA ROCA"**

- ⊕ SONDEOS HECHOS POR C.I.G.
- SONDEOS REALIZADOS (TRAB. GRAD.)

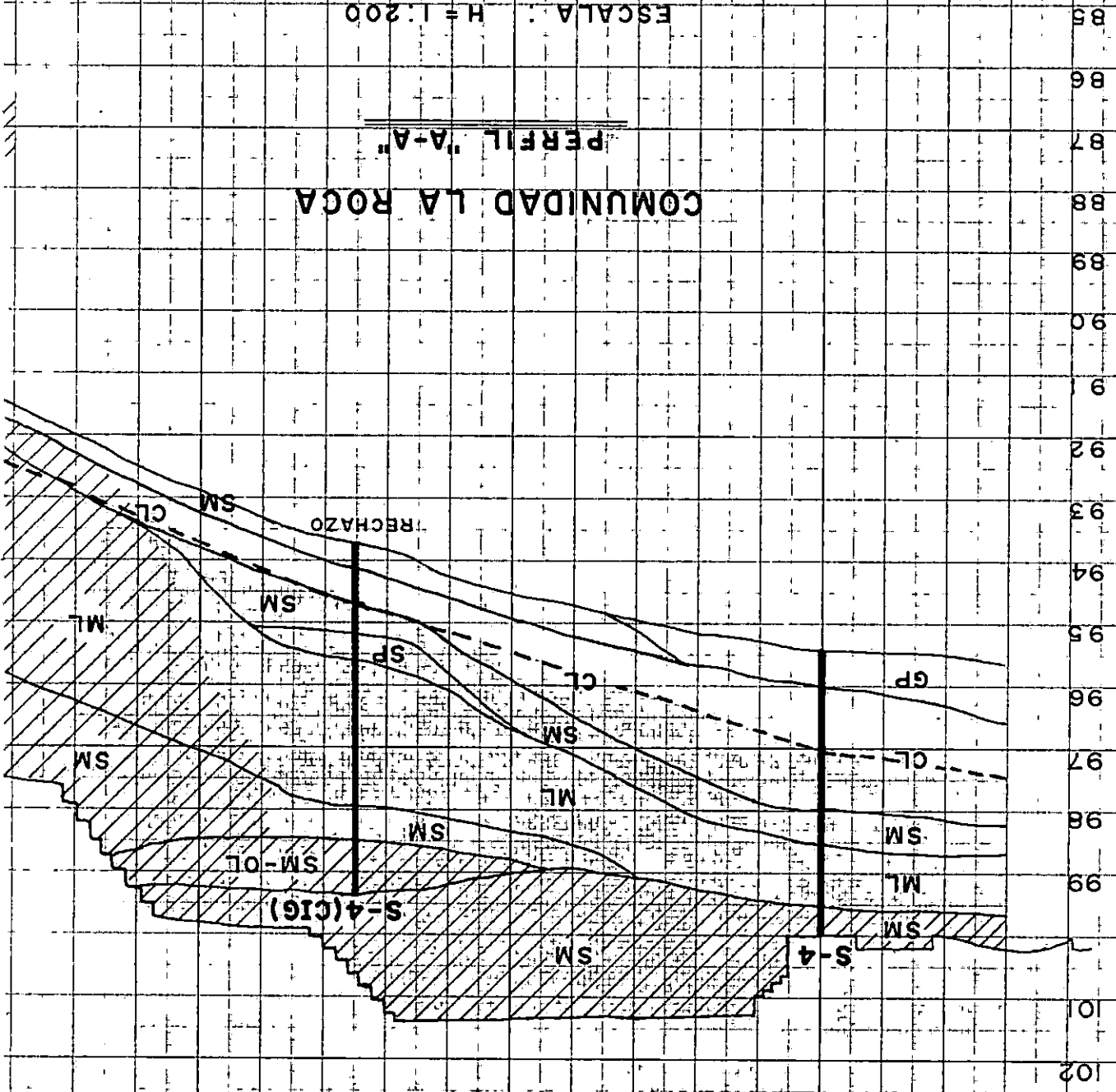
ESCALA 1:500



ESCALA : H = 1:200  
V = 1:100

PERFIL "A-A"

COMUNIDAD LA ROCA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"

OCT./92

102

101

100

99

98

97

96

95

94

93

92

91

90

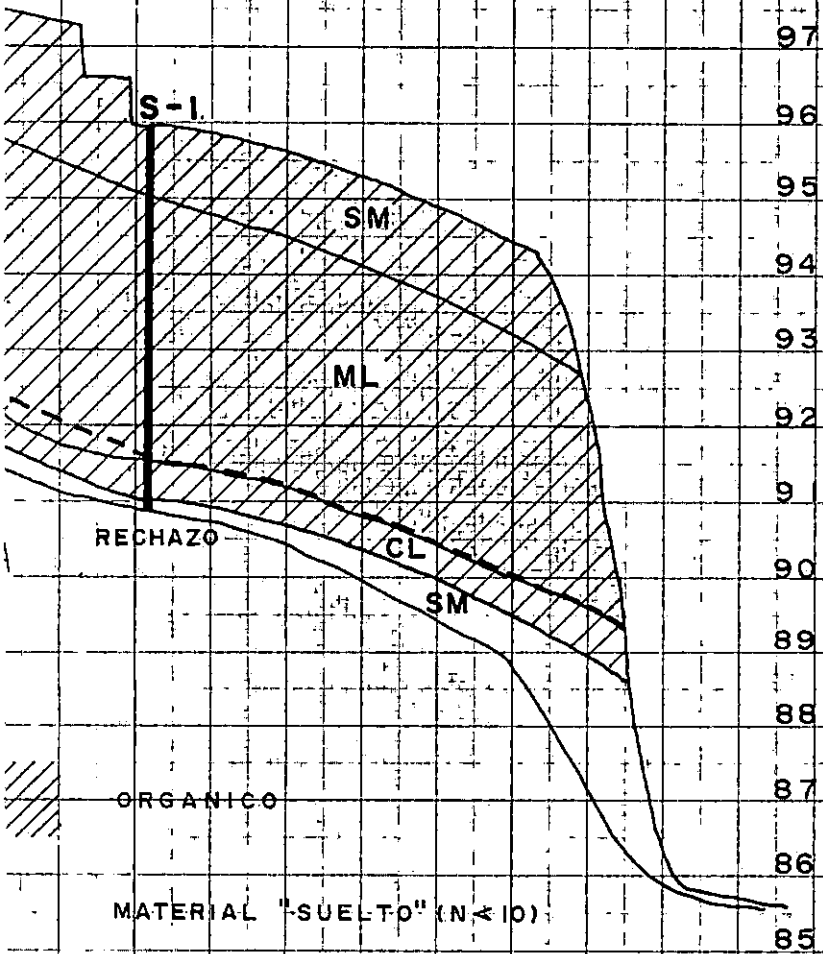
89

88

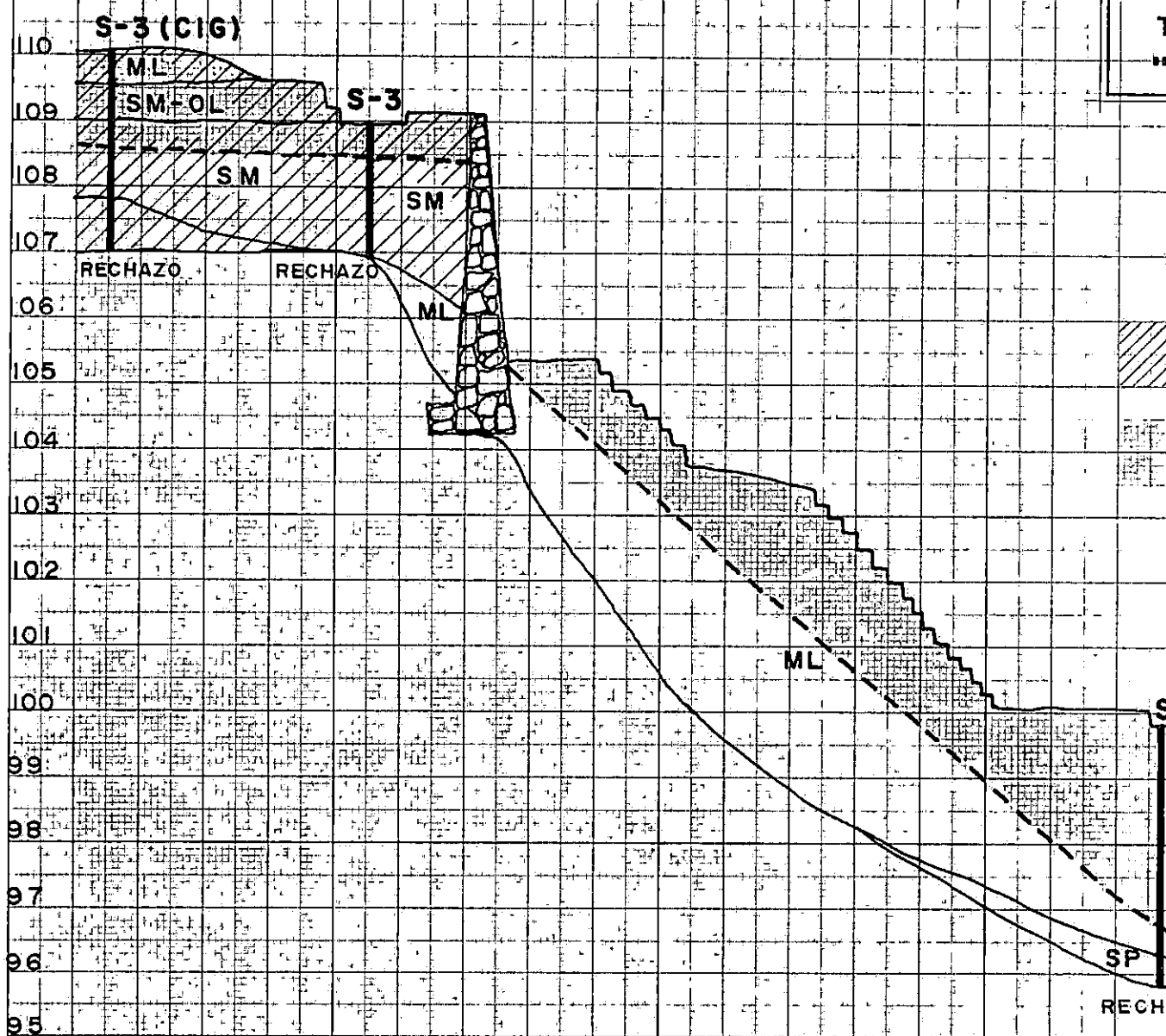
87

86

85



UNI  
T  
"



COMUNIDAD LA ROCA

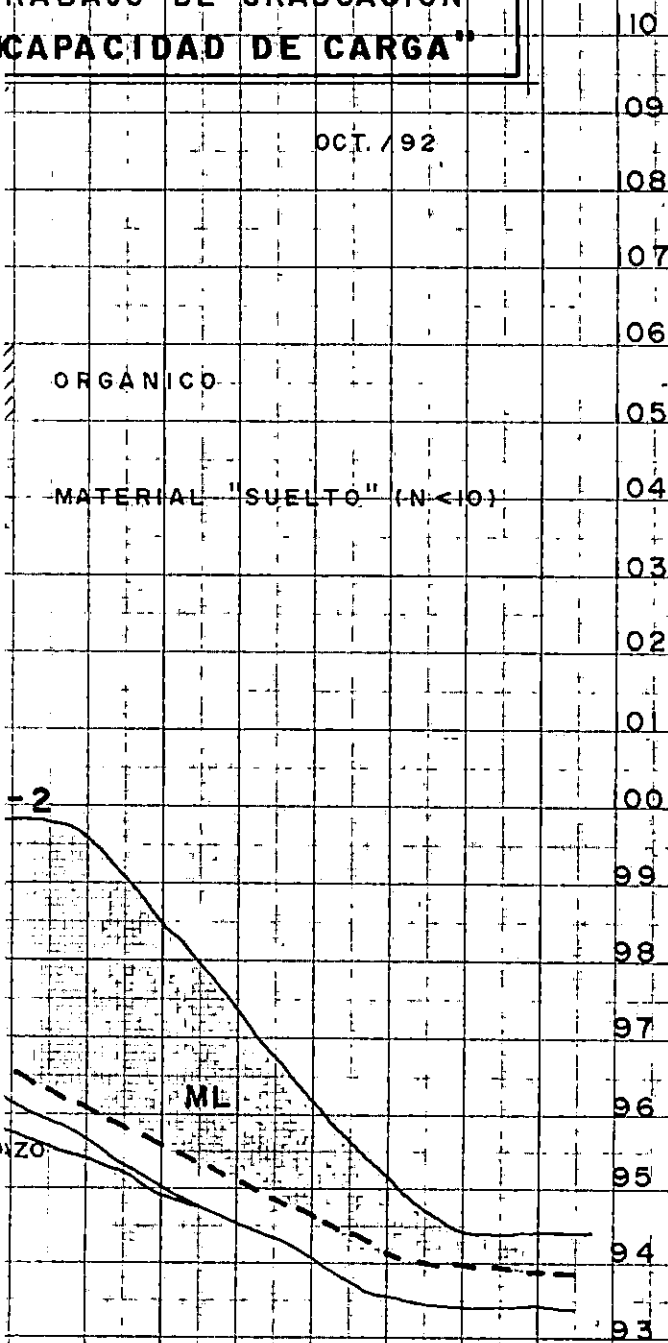
PERFIL "B-B"

ESCALA : H = 1:200

V = 1:100

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"

OCT. / 92

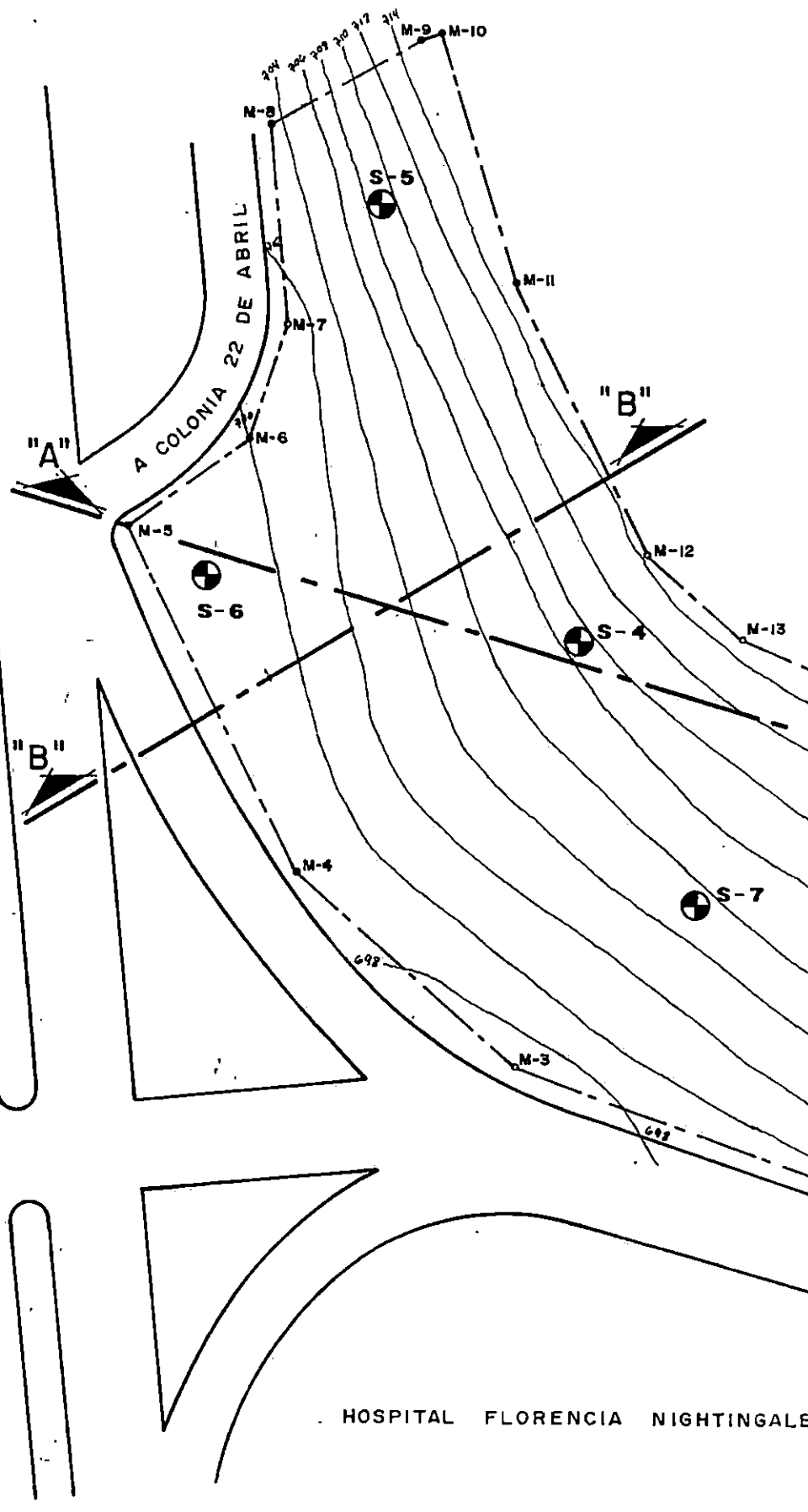




BOULEVARD DEL EJERCITO NACIONAL

A COLONIA 22 DE ABRIL

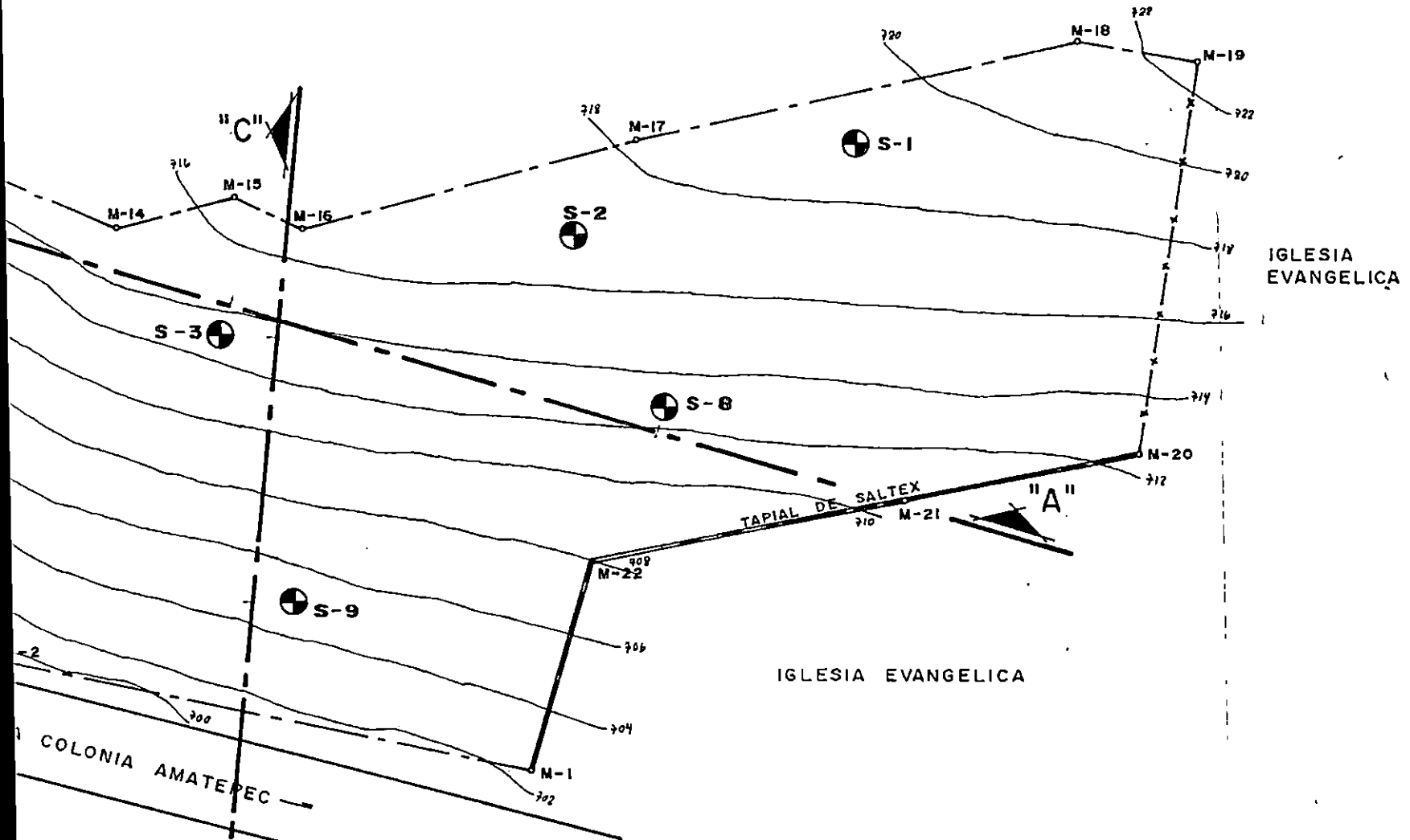
HOSPITAL FLORENCIA NIGHTINGALE





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 TRABAJO DE GRADUACION  
 "CAPACIDAD DE CARGA"  
 SEPTIEMBRE / 1992

COLONIA 22 DE ABRIL



COMUNIDAD "EL NAZARENO"

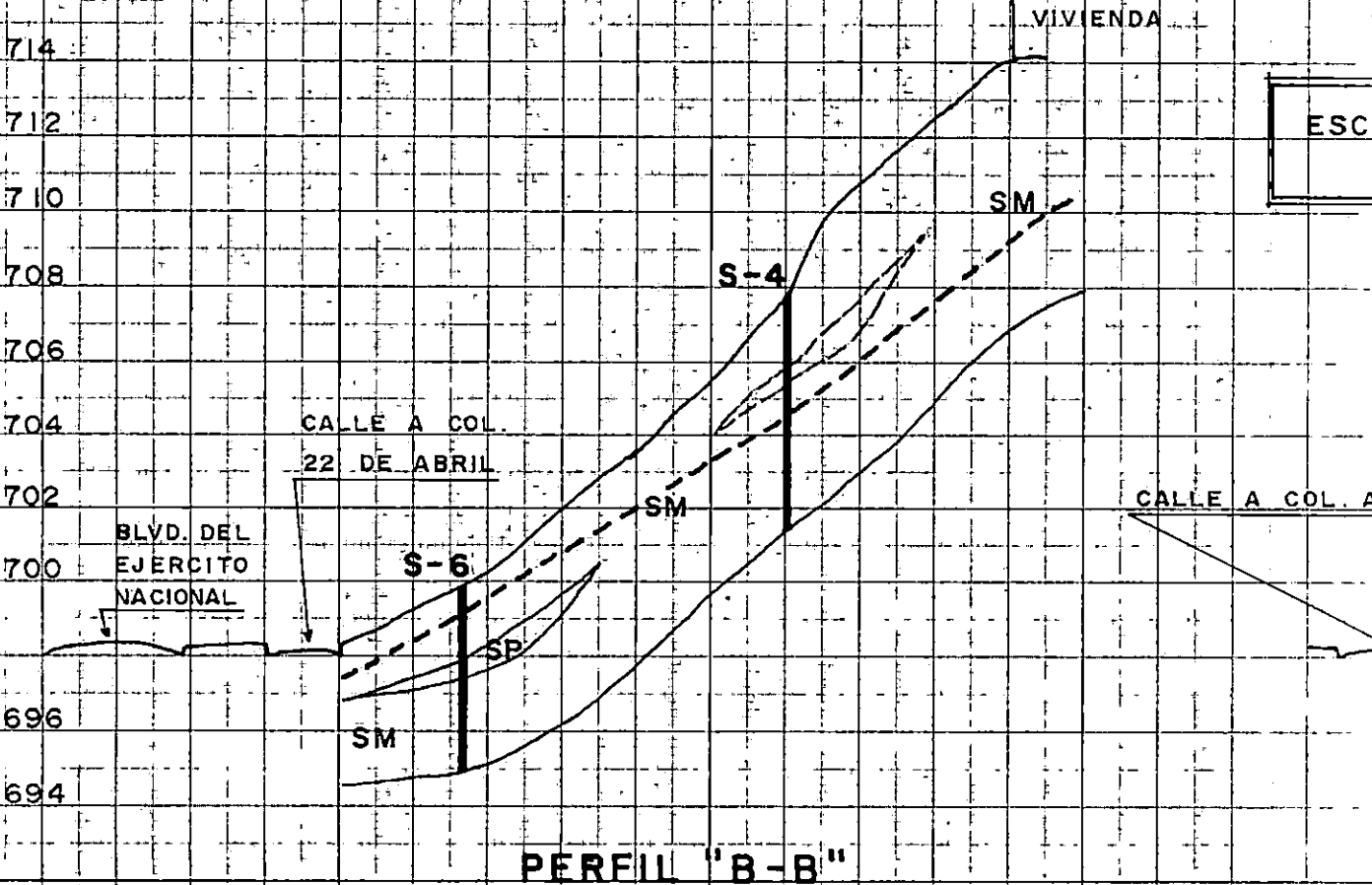
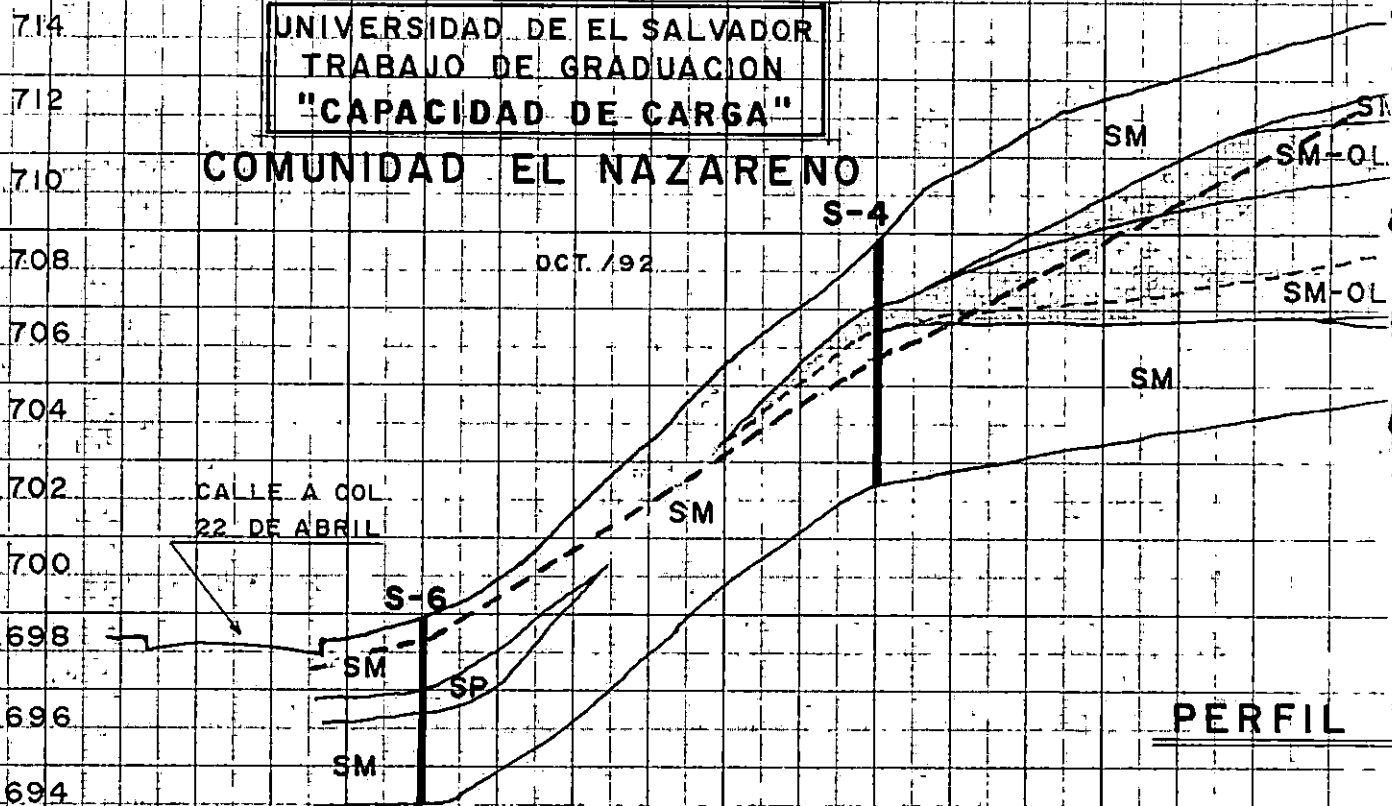
SONDEOS REALIZADOS

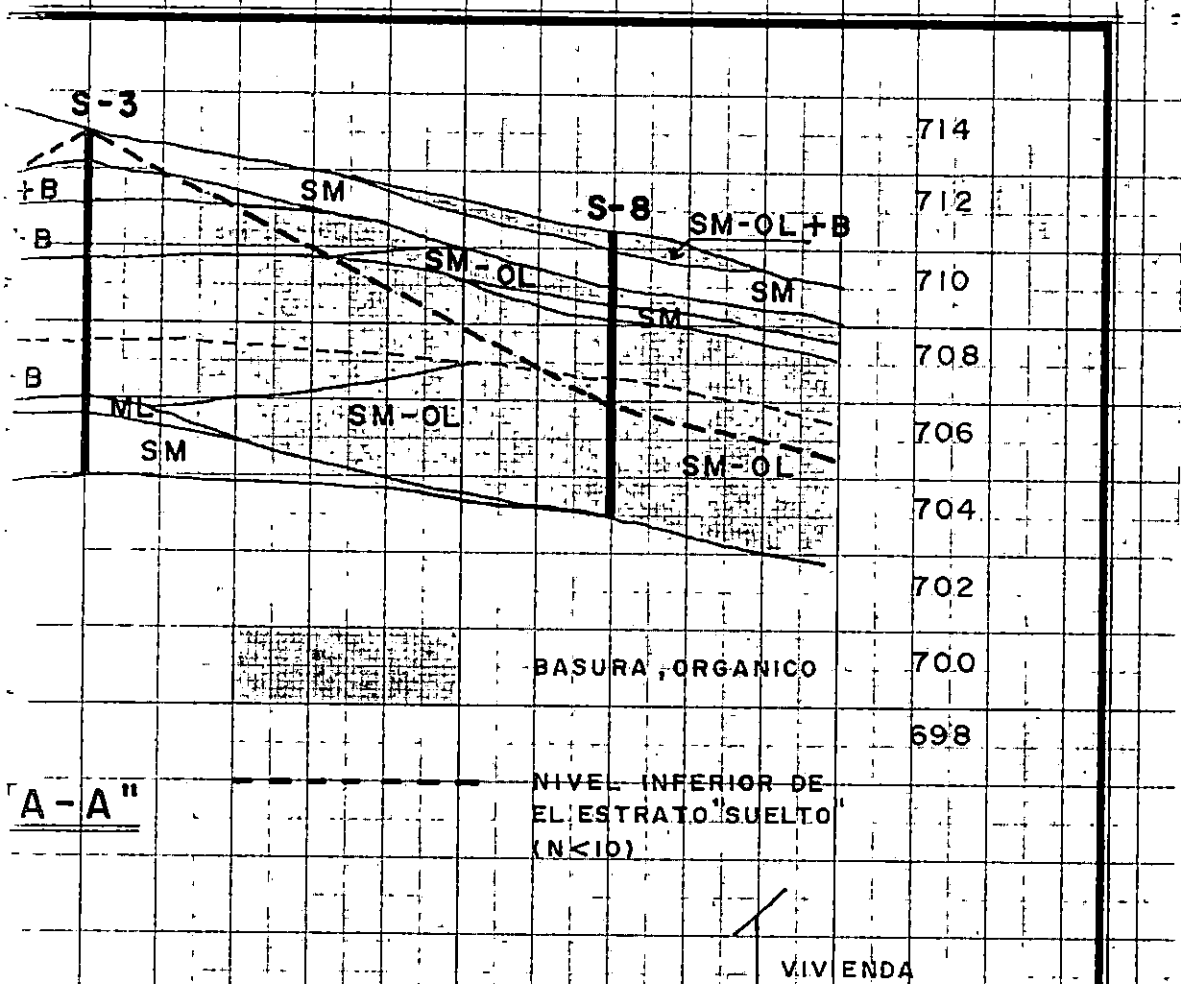
ESCALA 1:500

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"

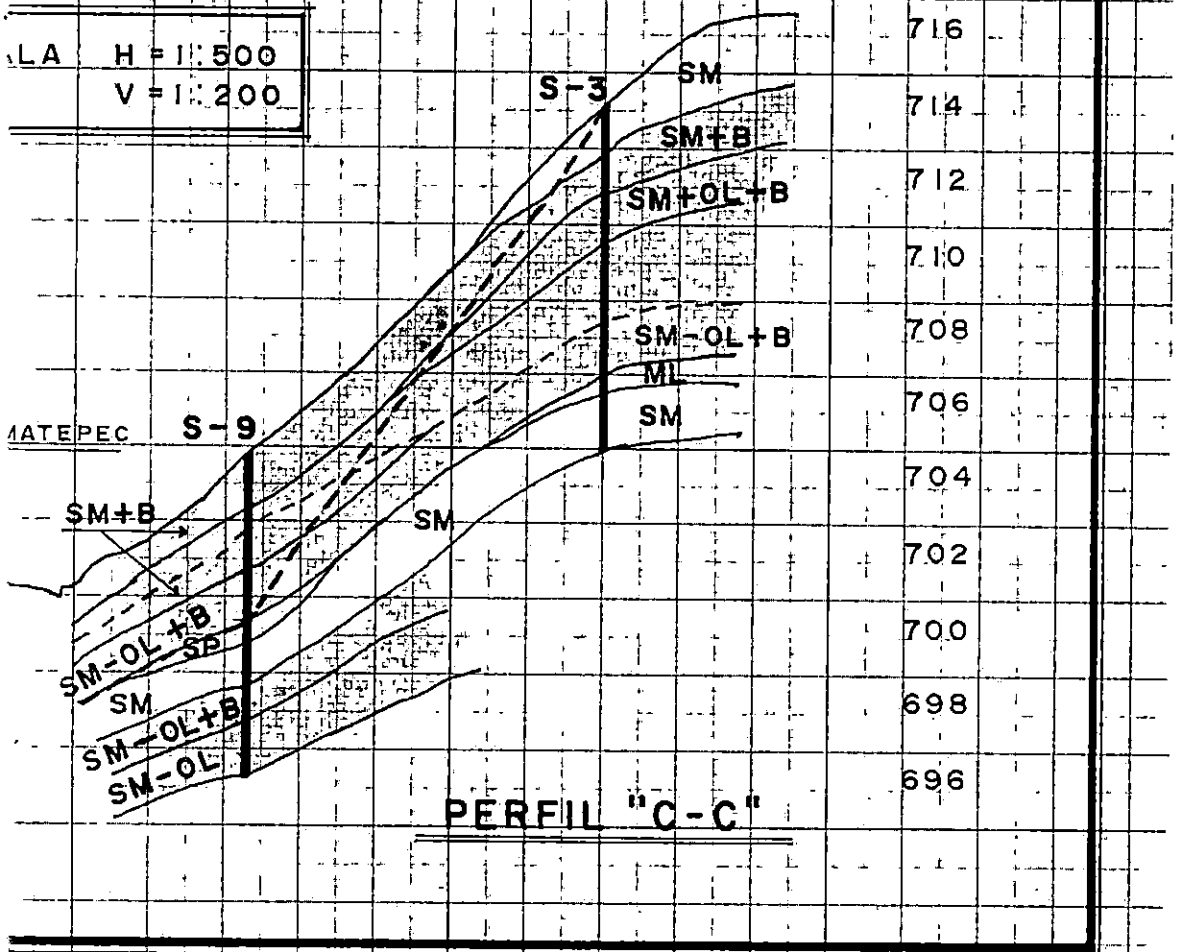
COMUNIDAD EL NAZARENO

OCT. 1992





LA H = 1:500  
V = 1:200



COLONIA SAN FERNANDO

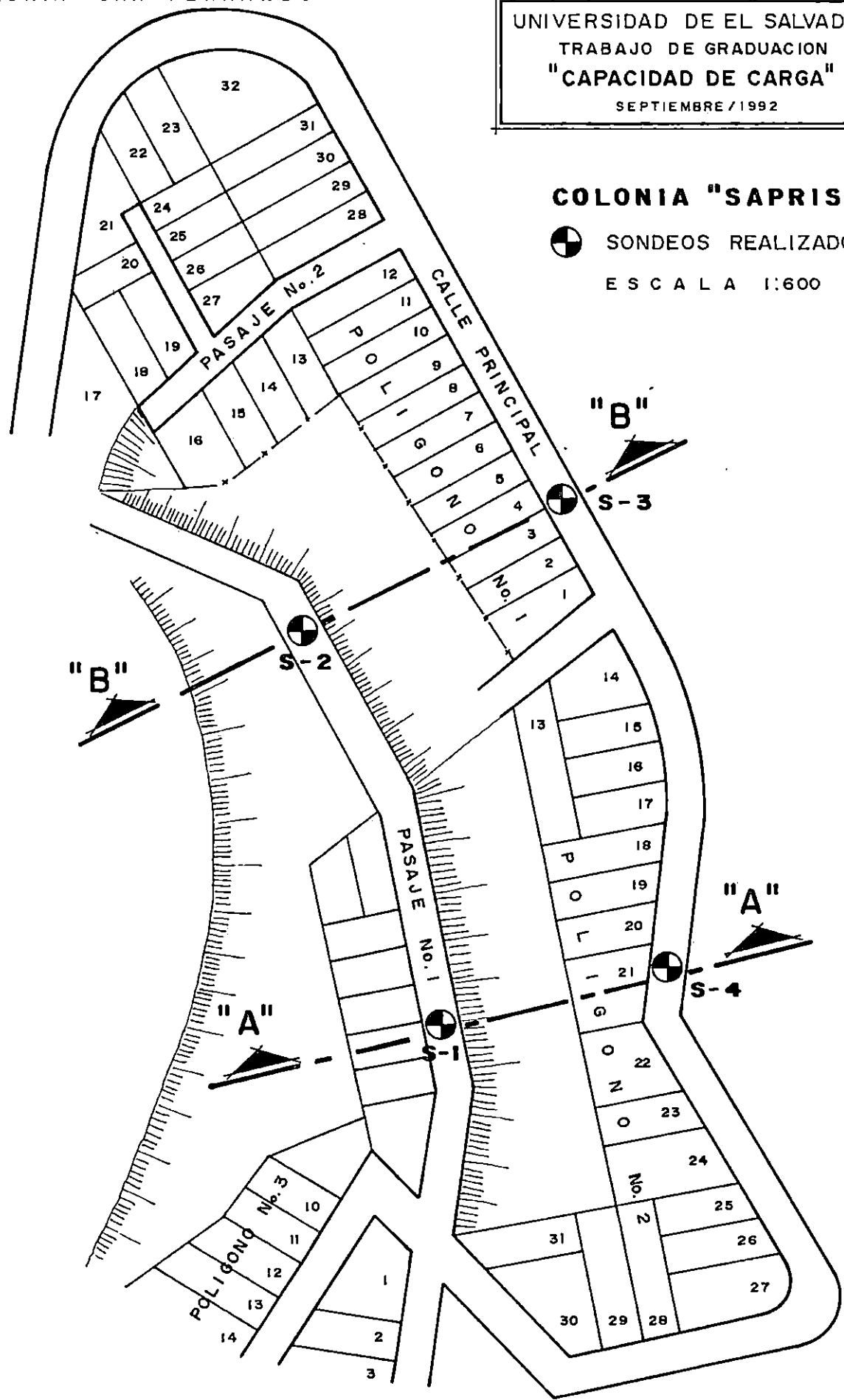
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"  
SEPTIEMBRE / 1992



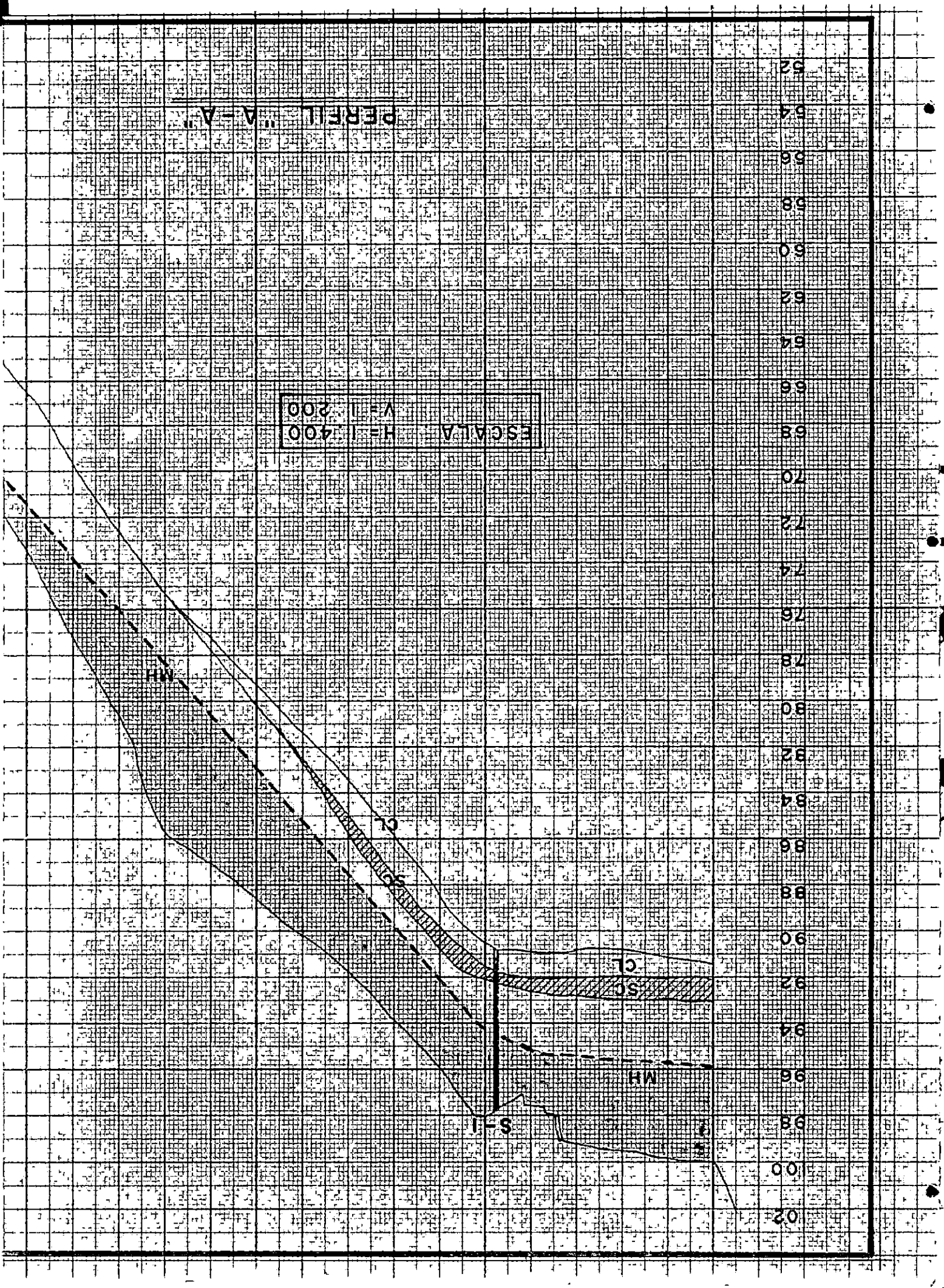
COLONIA LOS ALPES

COLONIA "SAPRISA"

SONDEOS REALIZADOS  
ESCALA 1:600



RIO ACELHUATE



ESCALA H=1:400 V=1:200

92  
94  
96  
98  
100  
102

PERFIL 'A-A'

C

M.H.

S-I

S.C.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 TRABAJO DE GRADUACION  
 "CAPACIDAD DE CARGA"

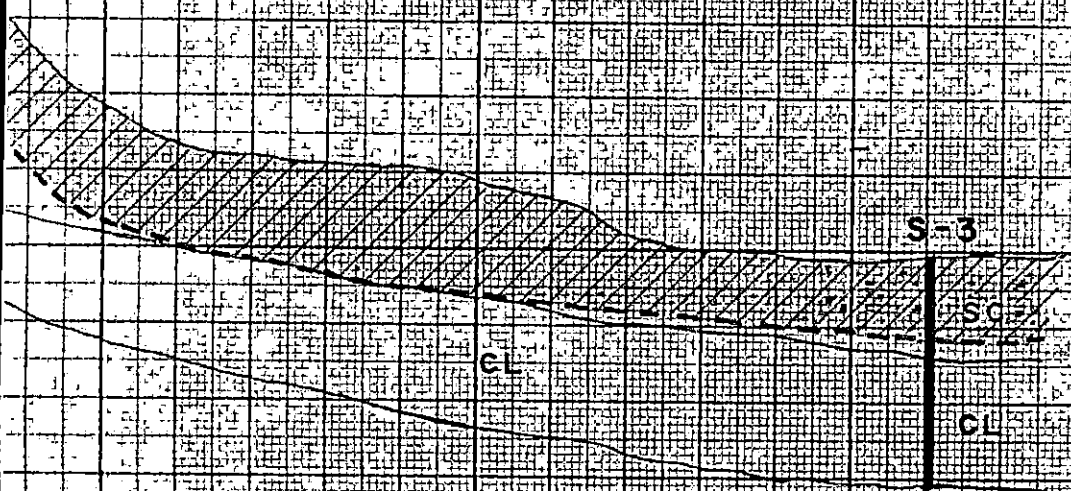
COMUNIDAD SAPRISA

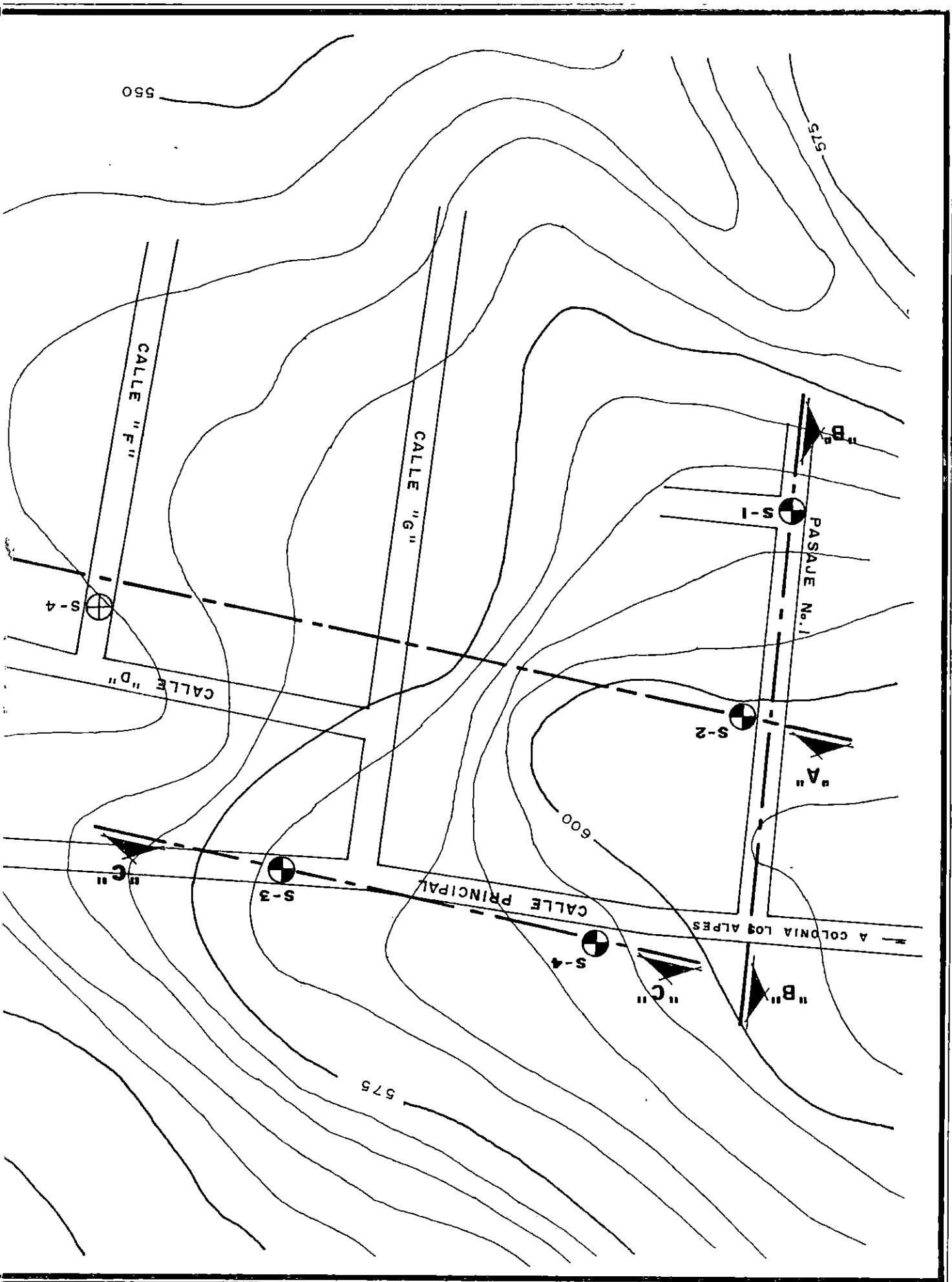
oct/92

10" (N ← 10)

ESCALA	H =	400
	V =	200

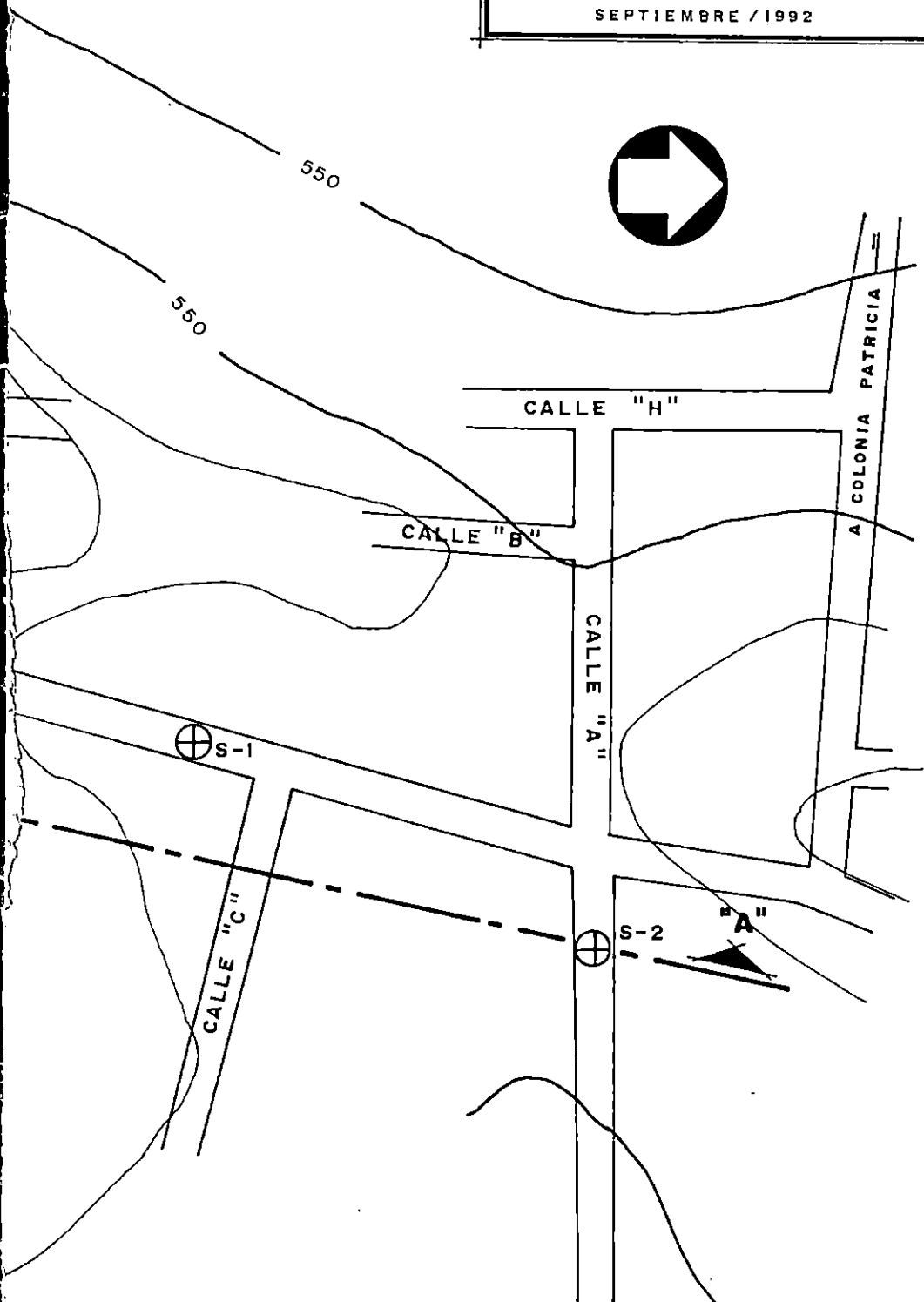
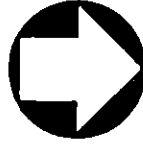
100  
 98  
 96  
 94  
 92  
 90  
 88  
 86  
 84  
 82  
 80  
 78  
 76  
 74  
 72  
 70  
 68  
 66  
 64  
 62  
 60  
 58  
 56  
 54  
 52  
 50







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"  
SEPTIEMBRE / 1992

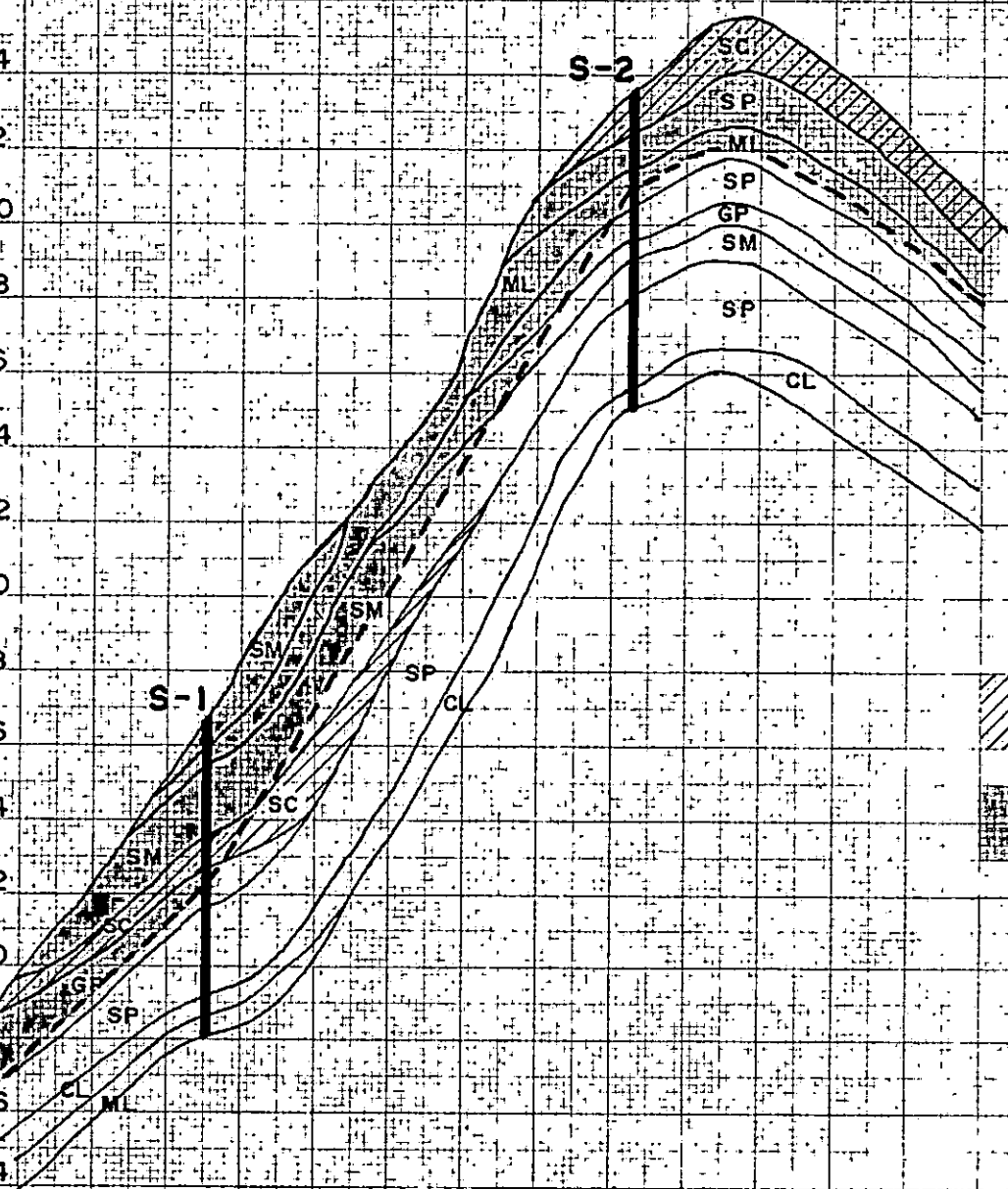


**COLONIA "GUADALUPE"**

- ⊕ SONDEOS HECHOS POR C.I.G.
- ⊕ SONDEOS REALIZADOS (T. GRAD)

ESCALA 1:1000

606  
604  
602  
600  
598  
596  
594  
592  
590  
588  
586  
584  
582  
580  
576  
574



ORGANICO  
MATERIAL

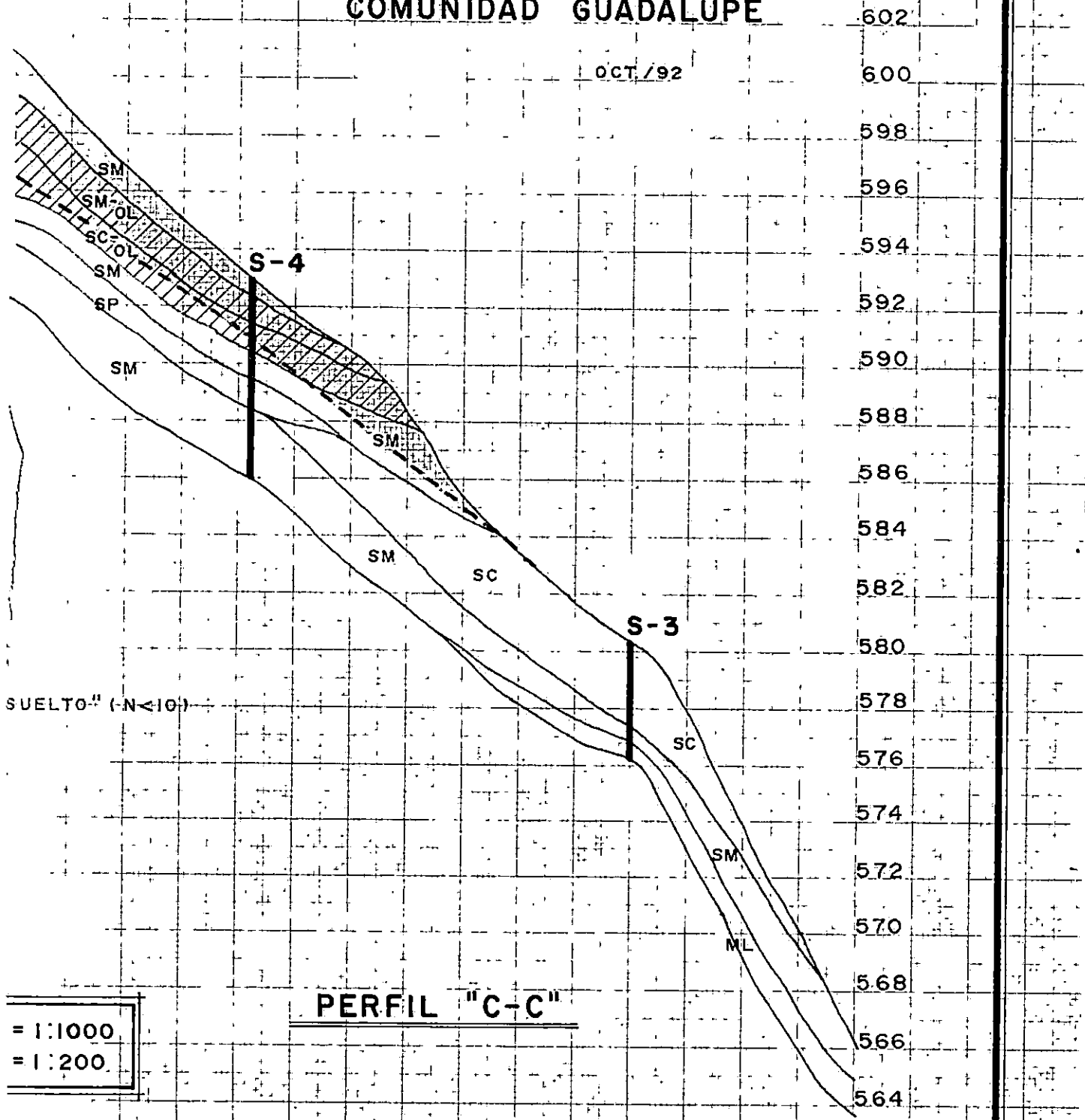
**PERFIL "B-B"**

ESCALA : F  
V

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
CAPACIDAD DE CARGA

COMUNIDAD GUADALUPE

OCT / 92



PERFIL "C-C"

= 1:1000  
= 1:200

CAPITULO IV

ANALISIS, RESULTADOS  
E INTERPRETACION

# CAPITULO IV

## ANALISIS, RESULTADOS E INTERPRETACION

### INTRODUCCION

En este capítulo se han hecho los cálculos de los parámetros necesarios para determinar la estabilidad del suelo, como son la estabilidad de taludes y la capacidad de carga del suelo.

#### 4.1 CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

##### Criterios de análisis

Para determinar la capacidad de carga del suelo se hicieron las siguientes consideraciones.

- a) El cimiento se considera con un ancho (B) igual a 40 cms., longitud infinita y profundidad de desplante (Df) igual a 50 cms.
- b) El peso específico del suelo ( $\gamma$ ) es igual a 1.7 Ton./m<sup>3</sup>
- c) La cohesión (C) es igual a cero.
- d) Se considera aceptable un valor de la capacidad de carga del suelo para vivienda mínima (o liviana) igual o mayor de 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>

e) Se utilizó el criterio de Terzaghi; para el caso de falla local, usando para el cálculo de capacidad de carga, la siguiente formula:

$$q_c = \frac{2}{3} cN'_c + \gamma D_f N'_q + \frac{1}{2} \gamma B N'_\gamma$$

Ejemplo de cálculo de la capacidad de carga usando el criterio de Terzaghi.

Comunidad la roca

Sondeo No. 1

Datos: "N" a 0.50 mt. = 3 "

Tipo de suelo = SM, según clasificación SUCS

Con el valor de "N" se obtiene el valor de  $\phi$ . Tomado de fig. II-29 = 28°

Factores de capacidad de carga:

Con el valor de " $\phi$ " de la fig. II-2 se obtienen los valores de  $N'_c=16$ ,  $N'_q=6$  y  $N'_\gamma=3$

$$q_c = \frac{2}{3}(0)(16) + (1.7 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3)(50 \text{ cm})(6) + \frac{1}{2}(1.7 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3)(40 \text{ cm})(3)$$

$$q_c = 0.612 \text{ Kg/cm}^2$$

Para los sondeos siguientes en cada comunidad, el proceso de cálculo descrito es similar al evaluar la capacidad de carga del suelo. (Ver Cuadro Resumen a continuación)

Fórmula utilizada

$$q_c = \frac{2}{3} cN'_c + \gamma D_r N'_q + \frac{1}{2} \gamma B N'_\gamma$$

CUADRO RESUMEN CALCULO CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

COMUNIDAD	SONDEO No.	"N" a 50 cm.	CLASIF. DEL SUELO 50 cm.	Valor de C	Valor de $\phi$ (Fig. II-29)	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA (Fig. II-21)			qc kg/cm <sup>2</sup>
						N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>γ</sub>	
LA ROCA	1	3	SM	0	28°	16	6	3	0.61
	2	6	ML	0	28°	16	6	3	0.61
	3	6	SM	0	28°	16	6	3	0.61
	4	10	SM	0	29.8°	18	8	6	0.88
EL NAZARENO	1	9	SM	0	29.6°	18	8	6	0.88
	2	4	SM	0	28°	16	6	3	0.61
	3	16	SM	0	31°	19	9	8	1.03
	4	8	SM	0	29.5°	17.	7.5	5.5	0.82
	5	8	SM	0	29.5°	5	7.5	5.5	0.82
	6	6	SM	0	28°	17.	6	3	0.61
	7	4	SM+B	0	28°	5	6	3	0.61
	8	4	(SM-OL)+B	0	28°	16	6	3	0.61
	9	4	SM+B	0	28°	16	6	3	0.61
SAPRISA	1	7	MH	0	29°	17	7	5	0.76
	2	12	ML	0	30°	18	8	6	0.88
	3	15	SC	0	30.8°	19	9	8	1.03
	4	23	MH	0	32.5°	22	11	9	1.24
GUADALUPE	1	2	SM	0	28°	16	6	3	0.61
	2	7	SC	0	29°	17	7	5	0.76
	3	11	SC	0	29.9°	18	8	6	0.88
	4	3	SM	0	28°	16	6	3	0.61

N. Número de golpes del ensayo SPT.

$\phi$ . Tomado de la figura II-29.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
"CAPACIDAD DE CARGA"

## 4.2 ESTABILIDAD DE TALUDES

### Criterios de análisis

Para determinar el factor seguridad FS, para falla rotacional, se hizo por el método de las dovelas propuesto por Fellenius, en el cual se hacen las consideraciones siguientes:

- a) En los suelos con estratos diversos, estos se han uniformizado para tener un solo valor del peso volumétrico del suelo.
- b) El análisis se hace para los suelos en su estado natural.
- c) El ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), se obtiene auxiliándose de la tabla de correlación para las arenas (Ver Tabla II-29) en la cual es necesario conocer el número de golpes de la prueba SPT.
- d) El peso volumétrico ( $\gamma$ ) y la cohesión (C) se obtuvieron de valores investigados para suelos con características similares en el área de San Salvador.



- e) En el análisis de estabilidad de taludes se han considerado los factores dinámicos por medio de los coeficientes sísmicos, según el Reglamento de Diseño Sísmico de El Salvador, (RDSES), así:

Zona I. Coeficiente sísmico horizontal  $C_{sh}=0.20$   
Coeficiente sísmico vertical  $C_{sv}=0.10$

Zona II. Coeficiente sísmico horizontal  $C_{sh}= 0.10$   
Coeficiente sísmico vertical  $C_{sv}= 0.05$

- f) En el caso que el talúd está limitado por un estrato rocoso, el análisis se ha efectuado para falla local, limitando la falla a dicho estrato; además, se analiza la posible falla por deslizamiento.

- g) El análisis se ha efectuado para varias superficies de falla posible en un mismo perfil, variando su radio sobre una vertical, incrementándolo o disminuyéndolo.

- h) Para la zonas que se efectuó muestreo inalterado y se le hizo la prueba triaxial, los valores de  $C$  y de  $\phi$ , son los que se consideran más desfavorables.

- i) El factor de seguridad mínimo aceptable para la

estabilidad de taludes, considerando factores dinámicos es de 1.2, para ambos casos, falla rotacional y deslizamiento.

- j) Para cada uno de los análisis, se presenta un cuadro resumen de los datos obtenidos de los dibujos a escala realizados. El factor de seguridad se determinó por medio de la fórmula.

$$FS = \frac{R[\sum N_i \tan \phi + (C \pi R \theta / 180)] + \sum M_{svl}}{R \sum T_i + \sum M_{sh} + \sum M_{svd}}$$

donde:

- R<sub>1</sub> : Radio de las dovelas  
 θ : Angulo de arco de las dovelas  
 φ : Angulo de fricción interna  
 C : Valor de cohesión  
 γ<sub>h</sub> : Peso volumétrico del suelo  
 h<sub>1</sub> y h<sub>2</sub> : Altura de las dovelas  
 b : ancho de dovela  
 α : Angulo de cada dovela  
 W<sub>i</sub> : Peso de cada una de las dovelas  
 W<sub>sh</sub> : Peso sísmico horizontal  
 W<sub>su</sub> : Peso sísmico vertical  
 N<sub>i</sub> : Valor de esfuerzo normal en la superficie de falla.

Ti	:	Valor de esfuerzo cortante en la superficie de falla
x	:	Valor de brazo horizontal de cada dovela
y	:	Valor de brazo vertical de cada dovela
Msh	:	Momento sísmico horizontal
Msud	:	Momento sísmico deslizante
Msvr	:	Momento sísmico resistente

(Ver figura II-B9)

#### CALCULO DE FACTORES DE SEGURIDAD (FS)

##### Comunidad la Roca:

En esta comunidad se analizan dos secciones transversales correspondientes al talud ubicado al costado norte de la misma.

##### a) Análisis de posibles fallas por deslizamiento:

Debido a las características del subsuelo que se encuentra sobre un estrato rocoso con pendiente variada, se analiza la posible falla por deslizamiento en el contacto suelo-roca, para lo cual se hace uso de la fórmula.

$$F_s = \frac{F_r \text{ (Fuerza Resistente)}}{F_a \text{ (Fuerza Actuante)}}$$

$$F_r = f \tan \phi A'$$

$$F_a = W \sin \alpha$$

$$f = \frac{(W \cos \alpha)}{A'}$$

Donde:

W = Peso específico del suelo.

$\phi$  = Angulo de fricción interna del suelo.

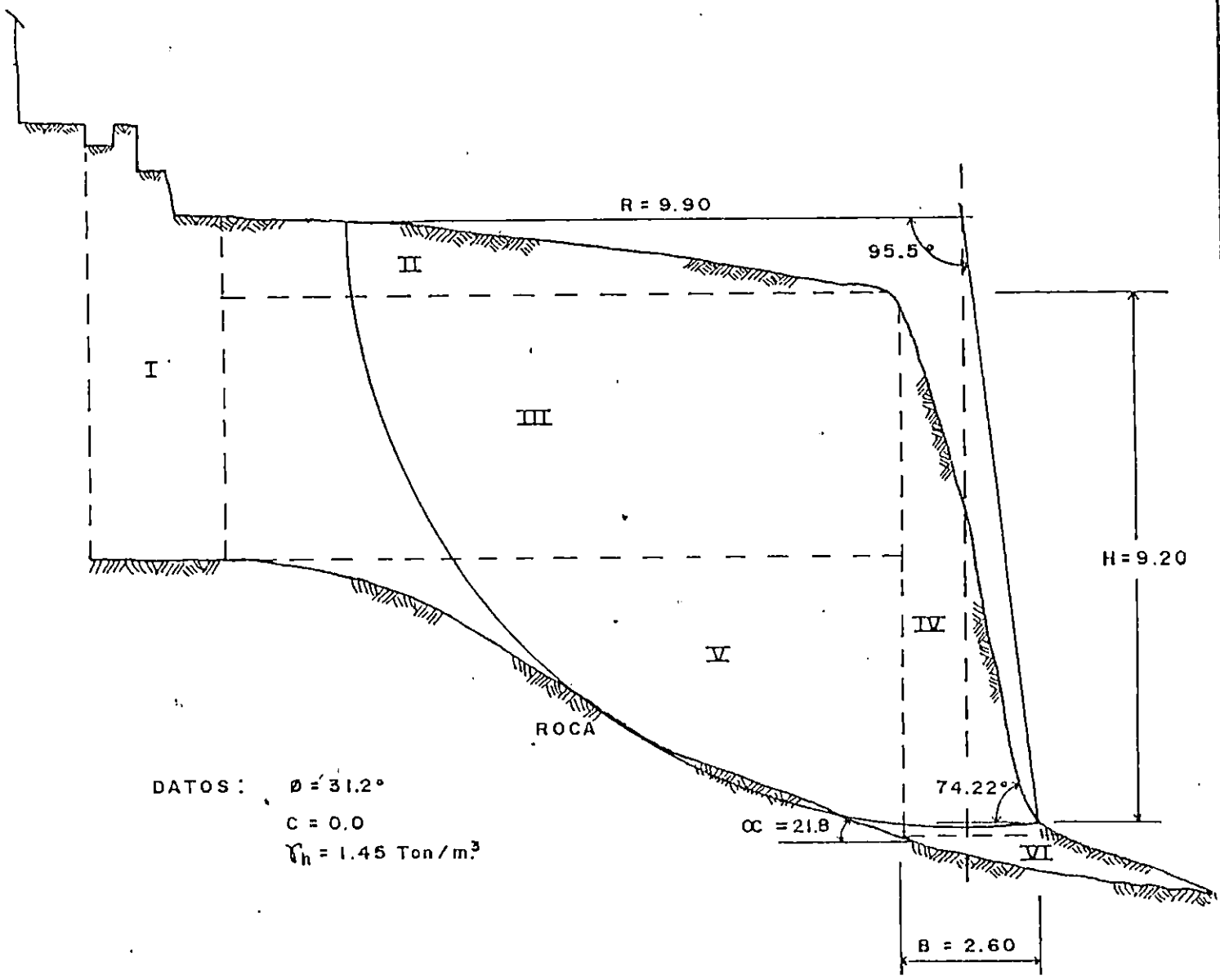
A' = Area del plano de contacto.

$\alpha$  = Angulo de inclinación del plano de contacto con respecto a la horizontal.

b) Análisis por falla rotacional limitada por estrato resistente:

Se hace el análisis considerando posibles fallas por rotación en la parte de la corona y cuerpo del talud, limitado por el estrato de la roca.

COMUNIDAD LA ROCA  
 PERFIL "A-A"  
 ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.

TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ

ESCALA : INDICADA  
 FECHA : NOV / 1992

Calculo de falla por deslizamiento:

Perfil A-A

Areas:

$$A_I = 2.20 \times 6.30 = 13.86 \text{ m}^2$$

$$A_{II} = 1.30 \times 10.70/2 = 6.96 \text{ m}^2$$

$$A_{III} = 10.55 \times 4.30 = 45.37 \text{ m}^2$$

$$A_{IV} = 2.20 \times 8.80/2 = 9.68 \text{ m}^2$$

$$A_v = 10.60 \times 4.40/2 = 23.32 \text{ m}^2$$

---

$$A = 99.19 \text{ m}^2$$

$$W_t = A_t \times \gamma_h = 99.19 \times 1.10 = 168.62$$

$$\phi = 31.2$$

$$\beta = 71.77^\circ$$

$$\alpha = 21.80^\circ$$

$$F_a = W \sin \alpha \quad (\text{Fuerza actuante})$$

$$F_a = 168.62 \text{ Sen } 21.80^\circ$$

$$F_a = 62.62 \text{ Ton.}$$

$$F_R = \tau \text{ Tg } \phi \text{ A}' \quad (\text{Fuerza resistente})$$

$$A' = \text{Area de plano deslizante}$$

$$\tau = (W \text{ Cos } \alpha) / A'$$

$$F_R = (W \text{ Cos } \alpha) / A' \times \text{Tg } \phi \text{ A}'$$

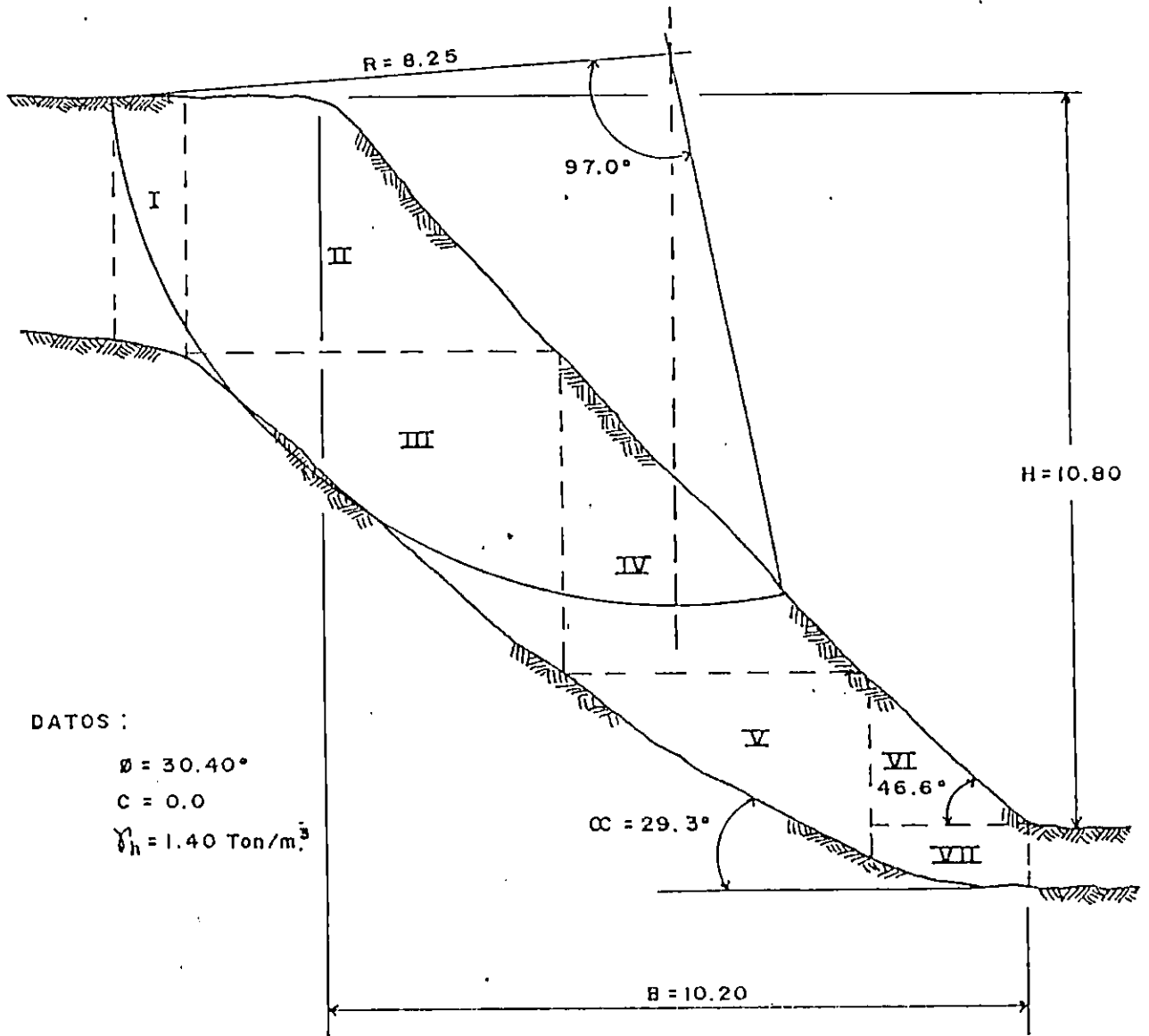
$$F_R = W \text{ cos } \alpha \times \text{tg } \phi$$

$$F_R = 168.62 \text{ Cos } (21.8) \times \text{Tg } (31.2)$$

$$F_R = 94.82 \text{ Ton}$$

$$F_s = F_R / F_a = 94.82 / 62.62 = 1.51 \text{ (Estable)}$$

COMUNIDAD LA ROCA  
 PERFIL "B-B"  
 ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.

TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE, Q.  
 ODINEZ G.  
 A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ

ESCALA : INDICADA  
 FECHA : NOV / 1992

### Perfil B-B

Areas:

$$A_I = 3.0 \times 3.90 = 13.86 \text{ m}^2$$

$$A_{II} = 3.50 \times 3.80/2 = 6.65 \text{ m}^2$$

$$A_{III} = 5.50 \times 4.80/2 = 13.20 \text{ m}^2$$

$$A_{IV} = 4.50 \times 4.70/2 = 10.58 \text{ m}^2$$

$$A_V = 4.50 \times 2.80/2 = 2.53 \text{ m}^2$$

$$A_{VI} = 2.30 \times 2.20/2 = 2.53 \text{ m}^2$$

$$A_{VII} = 2.30 \times 1.0 = 2.30 \text{ m}^2$$

---

$$A = 53.26 \text{ m}^2$$

$$Wt = At \times \tau h = 53.26 \times 1.70 = 90.54 \text{ Ton}$$

$$\phi = 30.4^\circ$$

$$\beta = 46.6^\circ$$

$$\alpha = 29.3^\circ$$

$$F_a = W \sin \alpha = 90.54 \sin 29.3 = 44.31 \text{ Ton}$$

$$F_a = W \sin \alpha = 90.54 \sin 29.3 = 44.31 \text{ Ton}$$

$$F_R = W \cos \alpha \times \text{Tg } \phi$$

$$F_R = 90.54 \cos (29.3) \times \text{Tg}(30.4^\circ)$$

$$F_R = 46.32 \text{ Ton.}$$

$$F_s = F_R/F_a = 46.32/44.31 = 1.05 \text{ (Inestable)}$$



b. Análisis por falla rotacional.

COMUNIDAD LA ROCA, PERFIL A-A

phi= 31.20 TAN(phi) 0.61  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R= 9.90  
 Theta= 95.50

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	3.80	0.80	1.52	2.58
2.00	3.80	5.40	1.00	4.60	7.82
3.00	5.40	6.50	1.00	5.95	10.12
4.00	6.50	7.30	1.00	6.90	11.73
5.00	7.30	7.90	1.00	7.60	12.92
6.00	7.90	8.10	1.00	8.00	13.60
7.00	8.10	8.40	1.00	8.25	14.03
8.00	8.40	8.60	1.00	8.50	14.45
9.00	8.60	8.30	1.00	8.45	14.37
10.00	8.30	5.00	1.00	6.65	11.31
11.00	5.00	0.00	1.20	3.00	5.10

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	2.58	78.80	0.52	0.26	0.50	2.53	4.70	0.55	0.28	1.21	
2.00	7.82	62.10	1.56	0.78	3.66	6.91	4.25	1.25	1.96	3.32	
3.00	10.12	50.50	2.02	1.01	6.43	7.80	3.75	1.15	2.33	3.79	
4.00	11.73	41.80	2.35	1.17	8.74	7.82	3.25	1.73	4.06	3.81	
5.00	12.92	34.60	2.58	1.29	10.63	7.34	2.75	1.90	4.91	3.55	
6.00	13.60	28.00	2.72	1.36	12.01	6.38	2.25	2.30	6.26	3.06	
7.00	14.03	21.70	2.81	1.40	13.03	5.19	1.75	2.45	6.87	2.45	
8.00	14.45	15.00	0.20	1.45	13.96	3.74	1.25	2.60	0.52	1.81	
9.00	14.37	8.80	2.87	1.44	14.20	2.20	0.75	2.73	7.84	1.08	
10.00	11.31	3.30	2.26	1.13	11.29	0.65	0.25	3.32	7.51	0.28	
11.00	5.10	-3.10	1.02	0.51	5.09	-0.28	0.18	4.45	4.54		0.09
SUMATORIAS					99.55	50.29			47.07	24.38	0.09

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 1.05 < 1.20 INESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B. I. CISNEROS MENENDEZ	FECHA : NOV. / 1992

COMUNIDAD LA ROCA PERFIL B-B

phi= 30.40 TAN(phi): 0.59  
 C= 0.00 Cah= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R= 8.25  
 Theta= 97.00

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	3.30	1.00	1.65	2.81
2.00	3.30	4.80	1.00	4.05	6.89
3.00	4.80	5.60	1.00	5.20	8.84
4.00	5.60	5.50	1.00	5.55	9.43
5.00	5.50	4.70	1.00	5.10	8.67
6.00	4.70	3.90	1.00	4.30	7.31
7.00	3.90	3.10	1.00	3.50	5.95
8.00	3.10	1.90	1.20	3.00	5.10
9.00	1.90	0.00	1.50	1.43	2.42

DOVELA	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	2.81	84.50	0.56	0.28	0.27	2.79	7.50	1.60	0.90	2.10	
2.00	6.89	66.00	1.38	0.69	2.80	6.29	6.60	2.80	3.86	4.51	
3.00	8.84	55.50	1.77	0.88	5.01	7.29	5.70	3.20	5.66	5.04	
4.00	9.43	46.00	1.89	0.94	6.55	6.79	4.70	4.00	7.55	4.43	
5.00	8.67	37.80	1.73	0.87	6.85	5.31	3.70	4.90	8.50	3.21	
6.00	7.31	30.00	1.46	0.73	6.33	3.66	2.70	5.80	8.48	1.97	
7.00	5.95	23.00	1.19	0.60	5.48	2.32	1.70	6.40	7.62	1.01	
8.00	5.10	5.00	1.02	0.51	5.08	0.44	0.60	7.10	7.24	0.31	
9.00	2.42	-5.00	0.48	0.24	2.41	-0.21	0.50	7.80	3.78		0.12
SUMATORIAS					40.78	34.68			53.57	22.62	0.12

FACTOR DE SEGURIDAD F<sub>S</sub> = 0.55 < 1.20 INESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV /1992
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B. I. CISNEROS MENENDEZ	

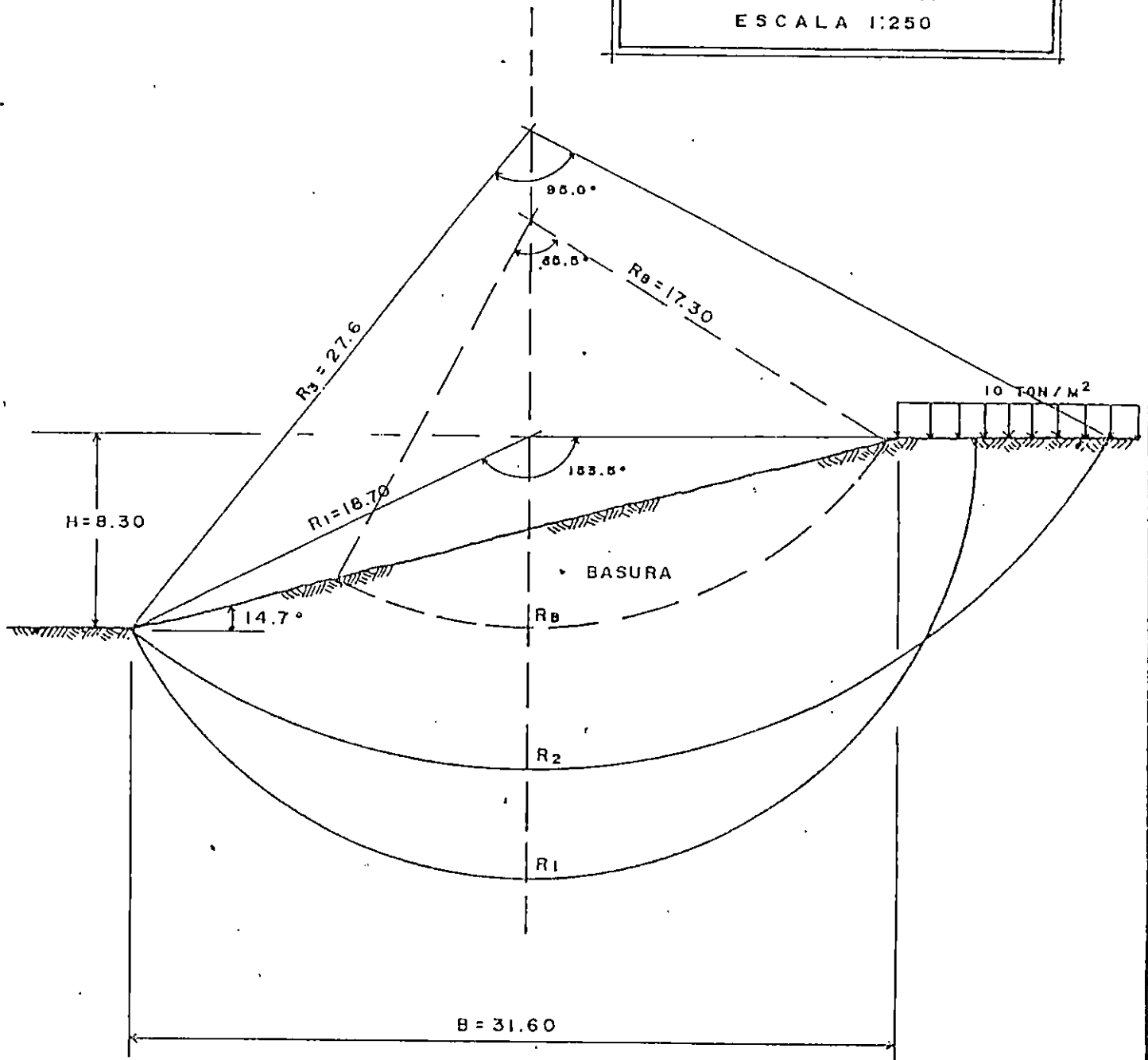
## Comunidad El Nazareno

Se analizan dos secciones transversales y una sección longitudinal en las zonas más críticas del talud. En este análisis, se consideró un valor de sobrecarga igual a 10 Ton/m<sup>2</sup> ejercida por las viviendas de tipo "formal" ubicadas en la corona del talud; Se realizó el análisis para falla local en la superficie de contacto del estrato de basura y el estrato terroso.

Para fines de cálculo se utiliza un peso volumétrico de la basura igual a 1.0 Ton/m<sup>3</sup>, y para el material terroso un peso volumétrico igual a 1.7 ton/m<sup>3</sup>.

Para determinar la zona crítica del deslizamiento, se hace el análisis para diferentes superficies de falla, incrementando o disminuyendo el radio sobre una línea vertical trazada en la parte media del talud.

COMUNIDAD EL NAZARENO  
 PERFIL "A-A"  
 ESCALA 1:250



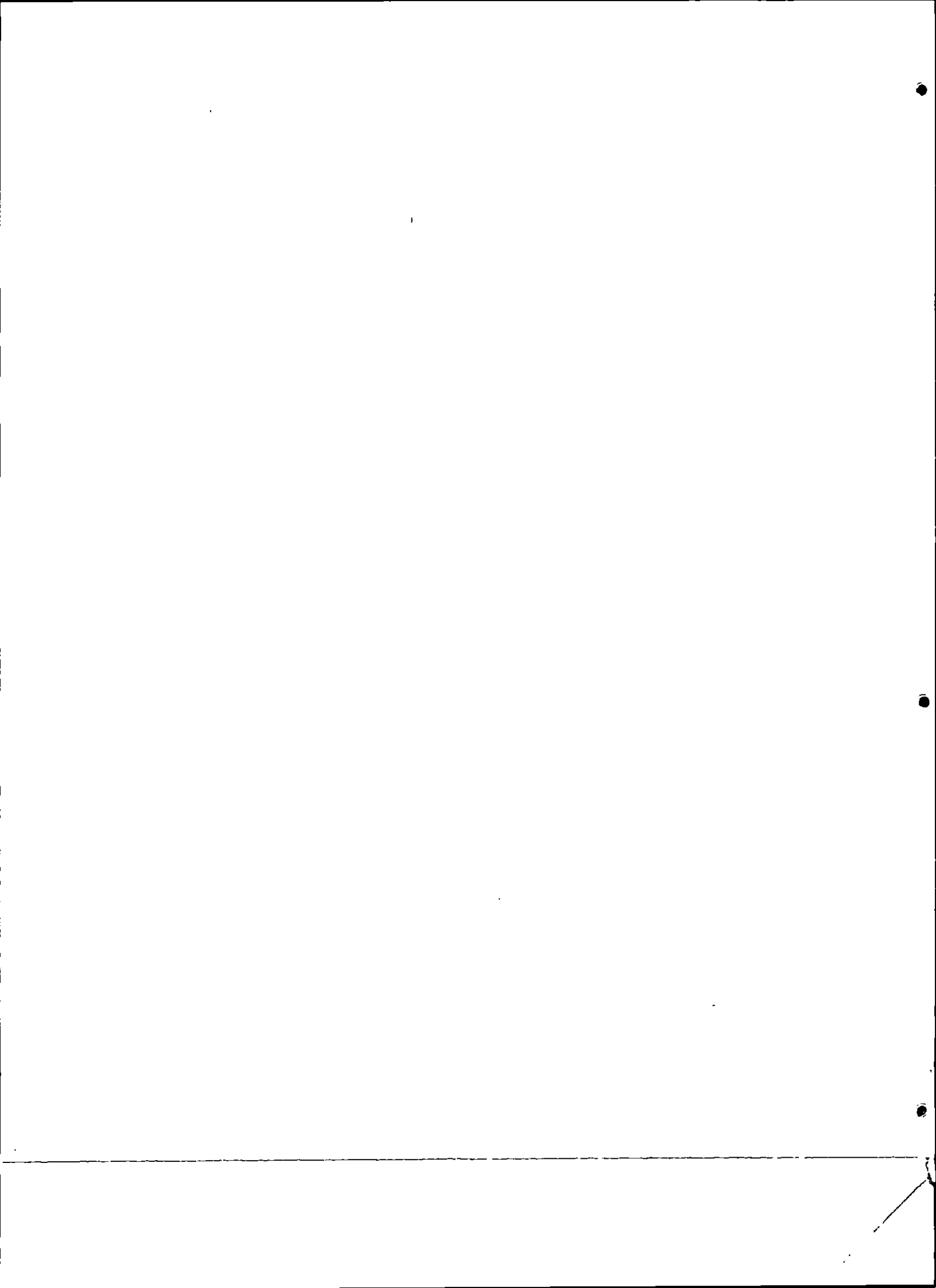
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.

TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE O.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Dr. B.I. CISNEROS MENENDEZ

ESCALA : INDICADA  
 FECHA : NOV/1992



COMUNIDAD EL NAZARENO, PERFIL A-A

phi= 20.00 TAN(phi) 0.36  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.00 Csv= 0.10  
 R1= 18.70  
 Theta= 153.50

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	9.60	2.60	12.48	12.48
2.00	9.60	13.40	4.00	46.00	46.00
3.00	13.40	15.00	4.00	56.80	56.80
4.00	15.00	15.20	4.00	60.40	60.40
5.00	15.20	14.60	4.00	59.60	59.60
6.00	14.60	0.00	4.00	29.20	29.20
7.00	13.00	10.40	4.00	46.80	46.80
8.00	10.40	7.00	4.00	34.80	34.80
9.00	7.00	0.00	4.40	15.40	15.40

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	12.48	74.50	2.50	1.25	3.34	12.03	17.00	3.00	7.49	21.22	
2.00	46.00	49.50	9.20	4.60	29.87	34.98	14.00	6.20	57.04	64.40	
3.00	56.80	32.50	11.36	5.68	47.90	30.52	10.00	8.50	96.56	56.80	
4.00	60.40	19.00	12.08	6.04	57.11	19.66	6.10	19.00	229.52	36.84	
5.00	59.60	6.00	11.92	5.96	59.27	6.23	2.00	20.00	238.40	11.92	
6.00	29.20	-6.50	5.84	2.92	29.01	-3.31	2.00	20.60	120.30		5.84
7.00	46.80	-19.00	9.36	4.68	44.25	-15.24	5.90	20.70	193.75		27.61
8.00	34.80	-33.00	6.96	3.48	29.19	-18.95	10.00	20.30	141.29		34.80
9.00	15.40	-51.50	3.08	1.54	9.59	-12.05	13.40	19.20	59.14		20.61
SUMATORIAS					309.53	53.87			1143.49	191.18	88.89

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 0.93 < 1.2 INESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS "</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	FECHA : NOV./1992



COMUNIDAD EL NAZARENO, PERFIL A-A

phi= 20.00 TAN(phi) 0.36  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.00 Csv= 0.10  
 R3= 27.60  
 Theta= 95.00

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	5.10	3.80	9.69	9.69
2.00	5.10	9.00	5.00	35.25	35.25
3.00	9.00	10.20	5.00	48.00	48.00
4.00	10.20	10.20	5.00	51.00	51.00
5.00	10.20	9.30	5.00	48.75	48.75
6.00	9.30	7.50	5.00	42.00	42.00
7.00	7.50	4.70	5.00	30.50	30.50
8.00	4.70	0.00	6.00	14.10	14.10

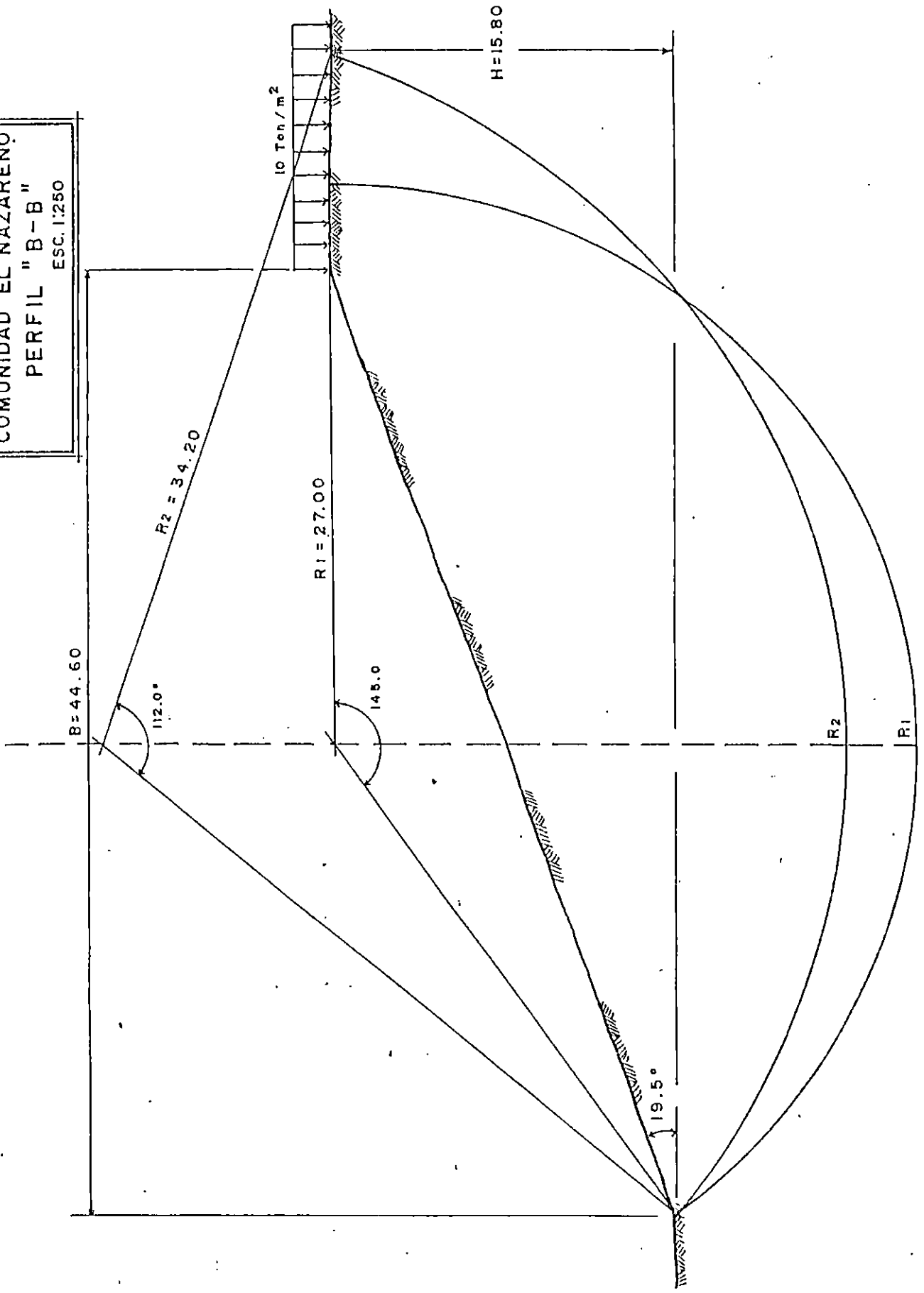
DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	9.69	53.20	1.94	0.97	5.80	7.76	21.30	15.60	30.23	20.61	
2.00	35.25	40.00	7.05	3.53	27.00	22.66	17.50	17.50	123.38	61.69	
3.00	48.00	27.20	9.60	4.80	42.69	21.94	12.50	19.60	188.16	60.00	
4.00	51.00	16.00	10.20	5.10	49.02	~14.06	7.50	21.30	217.26	38.25	
5.00	48.75	5.30	9.75	4.88	48.54	4.50	2.50	22.60	220.35	12.19	
6.00	42.00	-5.30	8.40	4.20	41.82	-3.88	2.50	23.30	195.72		10.50
7.00	30.50	-15.90	6.10	3.05	29.33	-8.36	7.50	23.50	143.35		22.88
8.00	14.10	-28.20	2.82	1.41	12.43	-6.66	12.00	23.10	65.14		16.92
SUMATORIAS					256.65	52.02			1183.59	192.76	50.30

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 0.92 < 1.2 INESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	FECHA : NOV. /1992



COMUNIDAD EL NAZAREÑO  
 PERFIL "B-B"  
 ESC. 1:250



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.

TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV 7 1992
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	

COMUNIDAD EL NAZARENO, PERFIL B-B

phi= 20.00 TAN(phi) 0.36  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.00 Csv= 0.10  
 R1= 27.00  
 Theta= 145.00

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	12.00	2.80	16.80	26.80
2.00	12.00	17.00	4.00	58.00	68.00
3.00	17.00	19.30	4.00	72.60	72.60
4.00	19.30	20.40	4.00	79.40	79.40
5.00	20.40	20.60	4.00	82.00	82.00
6.00	20.60	20.00	4.00	81.20	81.20
7.00	20.00	19.00	4.00	78.00	78.00
8.00	19.00	0.00	4.00	38.00	38.00
9.00	17.20	14.80	4.00	64.00	64.00
10.00	14.80	11.60	4.00	52.80	52.80
11.00	11.60	7.80	4.00	38.80	38.80
12.00	7.80	0.00	5.80	22.62	22.62

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	26.80	76.50	5.36	2.68	6.26	26.06	24.80	4.20	22.51	66.46	
2.00	68.00	56.00	13.60	6.80	38.02	56.37	22.00	7.70	104.72	149.60	
3.00	72.60	42.30	14.52	7.26	53.70	48.86	18.00	10.50	152.46	130.68	
4.00	79.40	31.50	15.88	7.94	67.70	41.49	14.00	12.70	201.68	111.16	
5.00	82.00	21.80	16.40	8.20	76.14	30.45	10.00	14.40	236.16	82.00	
6.00	81.20	12.50	16.24	8.12	79.28	17.57	6.00	15.80	256.59	48.72	
7.00	78.00	4.00	15.60	7.80	77.81	5.44	2.00	16.80	262.08	15.60	
8.00	38.00	-4.50	7.60	3.80	37.88	-2.98	2.00	17.60	133.76		7.60
9.00	64.00	-13.30	12.80	6.40	62.28	-14.72	6.00	17.90	229.12		38.40
10.00	52.80	-22.50	10.56	5.28	48.78	-20.21	10.00	18.00	190.08		52.80
11.00	38.80	-32.20	7.76	3.88	32.83	-20.68	14.00	17.70	137.35		54.32
12.00	22.62	-46.00	4.52	2.26	15.71	-16.27	17.90	16.90	76.46		40.19
SUMATORIAS					596.39	151.39			2002.97	604.22	193.61

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 0.89 < 1.2 INESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	FECHA : NOV./1992

COMUNIDAD EL NAZARENO, PERFIL B-B

phi= 20.00 TAN(phi) 0.36  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.00 Csv= 0.10  
 R2= 34.20  
 Theta= 112.00

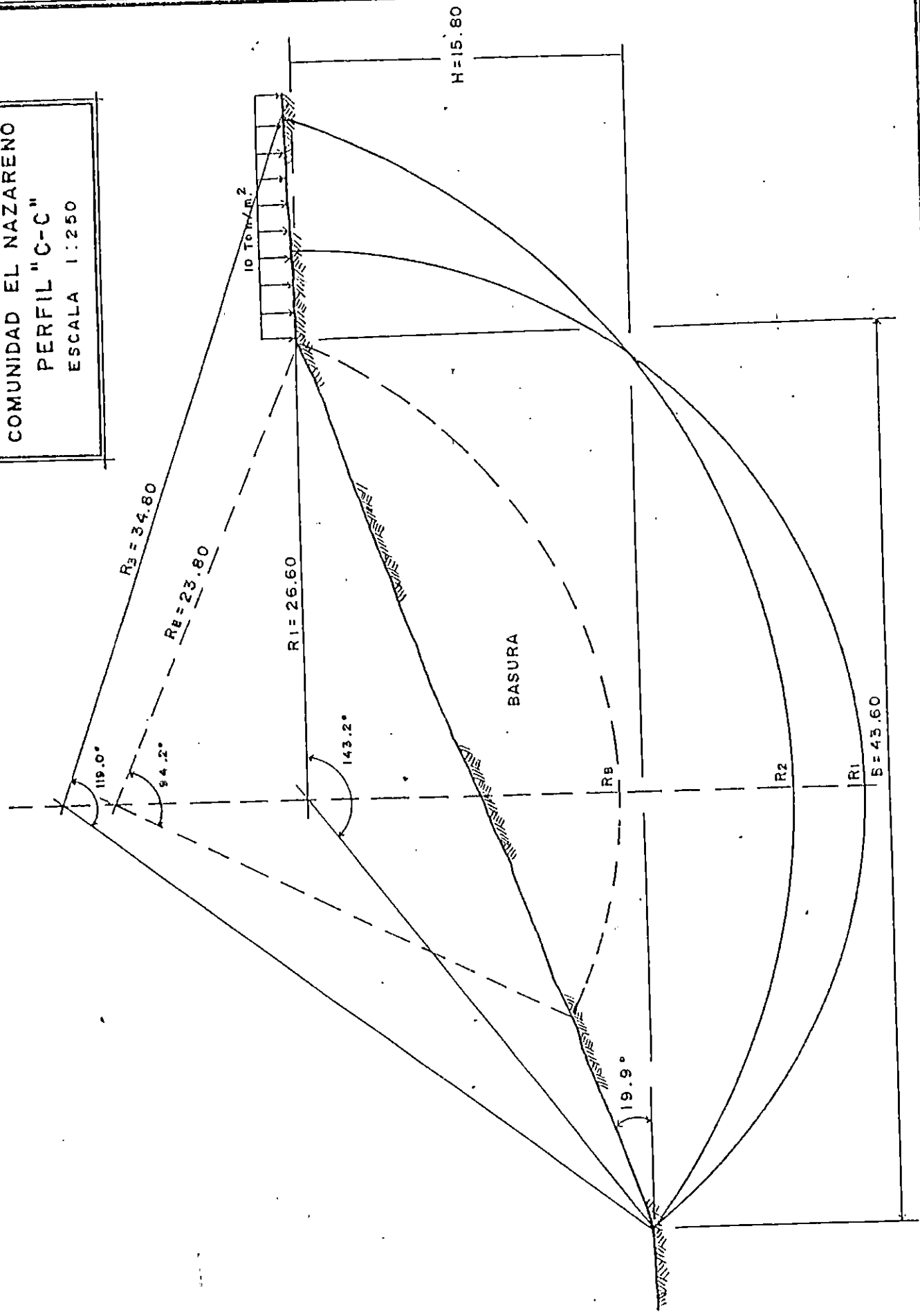
DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	6.20	2.60	8.06	8.06
2.00	6.20	12.70	5.00	47.25	47.25
3.00	12.70	16.50	5.00	73.00	73.00
4.00	16.50	17.70	5.00	85.50	85.50
5.00	17.70	17.90	5.00	89.00	89.00
6.00	17.90	17.40	5.00	88.25	88.25
7.00	17.40	16.00	5.00	83.50	83.50
8.00	16.00	0.00	5.00	40.00	40.00
9.00	13.90	11.00	5.00	62.25	62.25
10.00	11.00	7.00	5.00	45.00	45.00
11.00	7.00	2.60	5.00	24.00	24.00
12.00	2.60	0.00	2.20	2.86	2.86

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	8.06	66.40	1.61	0.81	3.23	7.39	308.00	12.90	20.79	248.25	
2.00	47.25	54.00	9.45	4.73	27.77	38.23	27.50	15.60	147.42	129.94	
3.00	73.00	41.30	14.60	7.30	54.84	48.18	22.50	18.50	270.10	164.25	
4.00	85.50	31.00	17.10	8.55	73.29	44.04	17.60	20.90	357.39	150.48	
5.00	89.00	21.50	17.80	8.90	82.81	32.62	12.60	23.10	411.18	112.14	
6.00	88.25	13.00	17.65	8.83	85.99	19.85	7.60	24.70	435.96	67.07	
7.00	83.50	4.50	16.70	8.35	83.24	6.55	2.60	25.90	432.53	21.71	
8.00	40.00	-4.20	8.00	4.00	39.89	-2.93	2.40	26.80	214.40		9.60
9.00	62.25	-12.40	12.45	6.23	60.80	-13.37	7.30	27.30	339.89		45.44
10.00	45.00	-21.50	9.00	4.50	41.87	-16.49	12.60	27.50	247.50		56.70
11.00	24.00	-30.70	4.80	2.40	20.64	-12.25	17.60	27.10	130.08		42.24
12.00	2.86	-37.60	0.57	0.29	2.27	-1.75	20.70	26.60	15.22		5.92
SUMATORIAS					576.63	150.06			3022.45	893.84	159.90

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 0.80 < 1.2 INESTABLE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.		
TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	FECHA : NOV./1992

COMUNIDAD EL NAZARENO  
 PERFIL "C-C"  
 ESCALA 1:250



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.  
 TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE O.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Dr. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Dr. E.O. VIDES MEJIA.  
 Dr. D.I. CISNEROS MENENDEZ

ESCALA : INDICADA  
 FECHA : NOV / 1993

COMUNIDAD EL NAZARENO, PERFIL C-C

phi= 20.00 TAN(phi) 0.36  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.00 Csv= 0.10  
 R1= 26.60  
 Theta= 143.20

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	11.00	2.40	13.20	23.20
2.00	11.00	16.50	4.00	55.00	65.00
3.00	16.50	18.80	4.00	70.60	80.60
4.00	18.30	20.00	4.00	77.60	77.60
5.00	20.00	20.20	4.00	80.40	80.40
6.00	20.20	19.60	4.00	79.60	79.60
7.00	19.60	18.30	4.00	75.80	75.80
8.00	18.30	0.00	4.00	36.60	36.60
9.00	16.60	14.30	4.00	61.80	61.80
10.00	14.30	11.20	4.00	51.00	51.00
11.00	11.20	7.40	4.00	37.20	37.20
12.00	7.40	0.00	5.40	19.98	19.98

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	23.20	78.00	4.64	2.32	4.82	22.69	25.00	3.70	17.17	58.00	
2.00	65.00	57.50	13.00	6.50	34.92	54.82	22.20	7.30	94.90	144.30	
3.00	80.60	43.50	16.12	8.06	58.47	55.48	18.20	10.30	166.04	146.69	
4.00	77.60	32.00	15.52	7.76	65.81	41.12	14.00	12.60	195.55	108.64	
5.00	80.40	22.50	16.08	8.04	74.28	30.77	10.10	14.40	231.55	81.20	
6.00	79.60	13.00	15.92	7.96	77.56	17.91	6.00	15.80	251.54	47.76	
7.00	75.80	4.20	15.16	7.58	75.60	5.55	2.00	16.90	256.20	15.16	
8.00	36.60	-4.50	7.32	3.66	36.49	-2.87	2.00	17.60	128.83		7.32
9.00	61.80	-13.00	12.36	6.18	60.22	-13.90	5.90	18.00	222.48		36.46
10.00	51.00	-22.30	10.20	5.10	47.19	-19.35	9.90	18.10	184.62		50.49
11.00	37.20	-32.00	7.44	3.72	31.55	-19.71	13.90	17.70	131.69		51.71
12.00	19.98	-45.30	4.00	2.00	14.05	-14.20	17.60	16.90	67.53		35.16
SUMATORIAS					580.95	158.30			1948.10	601.76	181.14

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 0.85 < 1.2 INESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	FECHA : NOV. / 1992

COMUNIDAD EL NAZARENO, PERFIL C-C

phi= 20.00 TAN(phi) 0.36  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.00 Csv= 0.10  
 RB= 23.80  
 Theta= 94.20

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	6.00	5.80	17.40	27.40
2.00	6.00	7.60	4.00	27.20	37.20
3.00	7.60	8.20	4.00	31.60	41.60
4.00	8.20	7.70	4.00	31.80	31.80
5.00	7.70	6.40	4.00	28.20	28.20
6.00	6.40	4.80	4.00	22.40	22.40
7.00	4.80	2.40	4.00	14.40	14.40
8.00	2.40	0.00	2.90	3.48	3.48

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	27.40	55.00	5.48	2.74	15.72	22.44	18.00	12.70	69.60	49.32	
2.00	37.20	36.70	7.44	3.72	29.83	22.23	14.10	15.70	116.81	52.45	
3.00	41.60	25.20	8.32	4.16	37.64	17.71	10.10	17.60	146.43	42.02	
4.00	31.80	15.00	6.36	3.18	30.72	8.23	6.10	19.30	122.75	19.40	
5.00	28.20	5.00	5.64	2.82	28.09	2.46	2.00	20.50	115.62	5.64	
6.00	22.40	-4.50	4.48	2.24	22.33	-1.76	1.90	20.90	93.63		4.26
7.00	14.40	-14.50	2.88	1.44	13.94	-3.61	5.90	21.20	61.06		8.50
8.00	3.48	-22.80	0.70	0.35	3.21	-1.35	8.90	21.30	14.82		3.10
SUMATORIAS					181.47	66.37			740.72	168.83	15.85

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 0.63 < 1.2 INESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.	FECHA : NOV./1992

COMUNIDAD EL NAZARENO, PERFIL C-C

phi= 20.00 TAN(phi) 0.36  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.00 Csv= 0.10  
 R3= 34.80  
 Theta= 119.00

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	9.00	4.60	20.70	30.70
2.00	9.00	13.40	4.00	44.80	54.80
3.00	13.40	15.80	4.00	58.40	68.40
4.00	15.80	17.00	4.00	65.60	65.60
5.00	17.00	17.20	4.00	68.40	68.40
6.00	17.20	17.20	4.00	68.80	68.80
7.00	17.20	16.40	4.00	67.20	67.20
8.00	16.40	0.00	4.00	32.80	32.80
9.00	15.00	13.40	4.00	56.80	56.80
10.00	13.40	11.20	4.00	49.20	49.20
11.00	11.20	8.60	4.00	39.60	39.60
12.00	8.60	5.60	5.40	38.34	38.34
13.00	5.60	0.00	5.40	15.12	15.12

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	30.70	62.30	6.14	3.07	14.27	27.18	29.60	14.50	89.03	90.87	
2.00	54.80	49.00	10.96	5.48	35.95	41.36	26.20	17.10	187.42	143.58	
3.00	68.40	39.70	13.68	6.84	52.63	43.69	22.50	19.40	265.39	153.90	
4.00	65.60	31.50	13.12	6.56	55.93	34.28	18.20	21.40	280.77	119.39	
5.00	68.40	24.00	13.68	6.84	62.49	27.82	14.00	23.10	316.01	95.76	
6.00	68.80	16.50	13.76	6.88	65.97	19.54	10.10	24.60	338.50	69.49	
7.00	67.20	10.00	13.44	6.72	66.18	11.67	6.00	25.80	346.75	40.32	
8.00	32.80	3.50	6.56	3.28	32.74	2.00	2.00	26.80	175.81	6.56	
9.00	56.80	-3.50	11.36	5.68	56.69	-3.47	2.00	27.60	313.54		11.36
10.00	49.20	-10.00	9.84	4.92	48.45	-8.54	5.90	28.10	276.50		29.03
11.00	39.60	-17.00	7.92	3.96	37.87	-11.58	9.90	28.40	224.93		39.20
12.00	38.34	-23.50	7.67	3.83	35.16	-15.29	13.90	28.30	217.00		53.29
13.00	15.12	-32.50	3.02	1.51	12.75	-8.12	17.60	28.00	84.67		26.61
SUMATORIAS					577.08	160.54			3116.31	719.87	159.50

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 0.78 < 1.2 INESTABLE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.

TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.

ESCALA : INDICADA

FECHA : NOV. / 1992

## Comunidad Saprisa

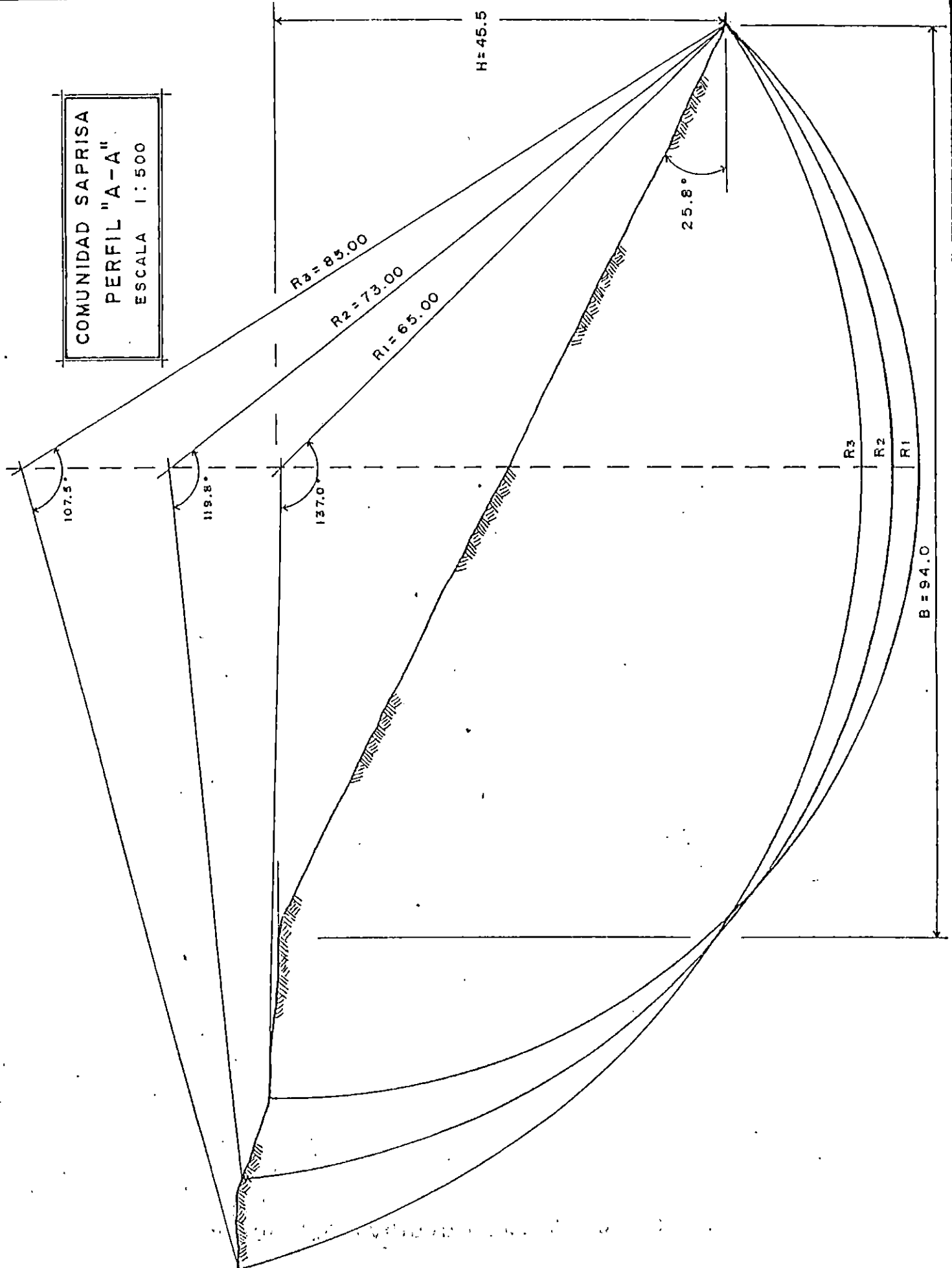
Se analizan dos secciones transversales de los taludes, para los cuales se ha considerado un estrato de suelo homogéneo, resultado obtenido de los ensayos de perforación estándar y de los ensayos realizados a la muestra inalterada obtenida de esta zona.

Se han considerado tres superficies de falla por rotación para cada una de las secciones analizadas, variando su radio en la vertical que pasa por la parte media del talud.

En este análisis, no se considera sobrecarga ejercida por las viviendas situadas en la parte de la corona y el pie del talud, ya que la carga transmitida por éstas es relativamente bajas por estar bastante separadas una vivienda de la otra, además de estar construidas con materiales de peso liviano.



COMUNIDAD SAPRISA  
 PERFIL "A-A"  
 ESCALA 1:500



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.  
 TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. H.A. GUZMAN H.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Br. D.L. CISNEROS MENENDEZ

ESCALA : INDICADA  
 FECHA : NOV / 1993

COLONIA SAPRISA, PERFIL A-A

phi= 30.00 TAN(phi) 0.58  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 PS= 1.70 Csv= 0.10  
 R1= 65.00  
 Theta= 137.00

DOV.	h1	h2	b	V	WI
1.00	0.00	24.80	4.50	55.80	94.86
2.00	24.80	41.60	10.00	332.00	564.40
3.00	41.60	48.00	10.00	448.00	761.60
4.00	48.00	49.50	10.00	487.50	828.75
5.00	49.50	49.00	10.00	492.50	837.25
6.00	49.00	46.00	10.00	475.00	807.50
7.00	46.00	41.70	10.00	438.50	745.45
8.00	41.70	36.50	10.00	391.00	684.70
9.00	36.50	29.20	10.00	328.50	558.45
10.00	29.20	20.00	10.00	246.00	418.20
11.00	20.00	9.10	10.00	145.50	247.35
12.00	9.10	0.00	6.50	29.58	50.28

DOV.	WI	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	94.86	79.10	18.97	9.49	17.94	93.15	61.50	7.00	132.80	583.39	
2.00	564.40	59.60	112.88	56.44	285.60	486.80	55.00	15.50	1749.64	3104.20	
3.00	761.60	40.00	152.32	76.16	583.42	489.55	45.00	23.50	3579.52	3427.20	
4.00	828.75	33.50	165.75	82.88	691.08	457.42	35.00	29.50	4889.63	2900.63	
5.00	837.25	23.20	167.45	83.73	769.55	329.83	25.00	35.00	5860.75	2093.13	
6.00	807.50	13.80	161.50	80.75	784.19	192.62	15.00	39.00	6298.50	1211.25	
7.00	745.45	5.00	149.09	74.55	742.61	64.97	5.00	42.00	6261.78	372.73	
8.00	684.70	-3.90	132.94	68.47	663.16	-45.21	5.00	44.50	5915.83		332.35
9.00	558.45	-12.80	111.69	55.85	544.57	-123.72	15.00	46.30	5171.25		837.68
10.00	418.20	-22.50	83.64	41.82	386.37	-160.04	25.00	47.30	3956.17		1045.50
11.00	247.35	-33.00	49.47	24.74	207.44	-134.72	35.00	47.30	2339.93		865.73
12.00	50.28	-42.00	10.06	5.03	37.36	-33.64	43.00	46.00	462.55		216.19
SUMATORIAS					5713.30	1617.00			46618.35	13692.51	3297.44

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 1.32 > 1.20 ESTABLE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.		
TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS "		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE O.	PRESENTAN : Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.	FECHA : NOV./1992

COLONIA SAPRISA, PERFIL A-A

phi= 30.00 TAN(phi)= 0.58  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R2= 73.00  
 Theta= 119.80

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	16.20	4.50	36.45	61.96
2.00	16.20	37.20	10.00	267.00	453.90
3.00	37.20	43.30	10.00	402.50	684.25
4.00	43.30	45.30	10.00	443.00	753.10
5.00	45.30	45.20	10.00	452.50	769.25
6.00	45.20	44.00	10.00	446.00	758.20
7.00	44.00	40.70	10.00	423.50	719.95
8.00	40.70	35.60	10.00	391.50	648.55
9.00	35.60	30.40	10.00	330.00	561.00
10.00	30.40	23.30	10.00	268.50	456.45
11.00	23.30	13.50	10.00	184.00	312.80
12.00	13.50	0.00	12.00	81.00	137.70

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	61.96	79.70	12.39	6.20	11.08	60.97	68.20	16.50	204.48	422.60	
2.00	453.90	60.40	90.78	45.39	224.20	394.66	62.20	24.40	2215.03	2823.26	
3.00	684.25	46.50	136.85	68.49	471.01	496.34	52.00	31.50	4310.78	3558.10	
4.00	753.10	35.10	150.62	75.31	616.15	493.04	41.50	37.30	5618.13	3125.37	
5.00	769.25	26.10	153.85	76.93	690.81	338.42	32.00	42.10	6477.09	2461.60	
6.00	758.20	17.90	151.64	75.82	721.50	233.04	22.10	46.50	7051.26	1675.62	
7.00	719.95	9.80	143.99	71.99	709.44	122.54	12.30	50.00	7199.50	885.54	
8.00	648.55	1.70	129.71	64.86	648.26	19.24	2.20	53.50	6939.49	142.68	
9.00	561.00	-6.30	112.20	56.10	557.61	-61.56	7.60	54.70	6137.34		426.36
10.00	456.45	-14.40	91.29	45.65	442.11	-113.51	17.80	56.30	5139.63		812.48
11.00	312.80	-23.00	62.56	31.28	287.93	-122.22	28.20	57.00	3565.92		882.10
12.00	137.70	-32.60	27.54	13.77	116.01	-74.19	36.60	57.10	1572.53		503.98
SUMATORIAS					5496.11	1726.77			56491.17	15094.77	2624.92

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 1.19 ~ 1.20 ESTABLE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.		
TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE G.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV./1992
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.	

COLONIA SAPRISA, PERFIL A-A

phi= 30.00 TAN(phi) 0.58  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 PS= 1.70 Csv= 0.10  
 R3= 85.00  
 Theta= 107.50

DOV.	h1	h2	b	V	WI
1.00	0.00	24.50	11.50	140.88	239.49
2.00	24.50	34.50	10.00	295.00	501.50
3.00	34.50	43.00	10.00	387.50	658.75
4.00	43.00	45.50	10.00	442.50	752.25
5.00	45.50	45.30	10.00	454.00	771.80
6.00	45.30	43.50	10.00	444.00	754.80
7.00	43.50	40.00	10.00	417.50	709.75
8.00	40.00	35.50	10.00	377.50	641.75
9.00	35.50	30.50	10.00	330.00	561.00
10.00	30.50	24.00	10.00	272.50	463.25
11.00	24.00	16.50	10.00	202.50	344.25
12.00	16.50	6.50	10.00	115.00	195.50
13.00	6.50	0.00	6.50	21.13	35.91

DOV.	WI	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	239.49	65.40	47.90	23.95	99.69	217.75	73.80	31.00	1484.82	1767.42	
2.00	501.50	50.20	100.30	50.15	321.01	385.29	65.00	38.80	3891.64	3259.75	
3.00	658.75	40.50	131.75	65.88	500.92	427.82	55.00	44.50	5862.88	3623.13	
4.00	752.25	32.00	150.45	75.23	637.94	398.63	45.00	50.00	7522.50	3385.13	
5.00	771.80	24.30	154.36	77.18	703.42	317.61	35.00	54.50	8412.62	2701.30	
6.00	754.80	17.00	150.96	75.48	721.82	220.68	25.00	59.00	8906.64	1887.00	
7.00	709.75	10.00	141.95	70.98	698.97	123.25	15.00	62.50	8871.88	1064.63	
8.00	641.75	3.50	128.35	64.18	640.55	39.18	5.00	65.50	8406.93	320.88	
9.00	561.00	-3.50	112.20	56.10	559.95	-34.25	5.00	68.40	7674.48		280.50
10.00	463.25	-10.00	92.85	46.33	456.21	-80.44	15.00	70.30	6513.30		694.88
11.00	344.25	-17.00	68.85	34.43	329.21	-100.65	25.00	71.50	4922.78		860.63
12.00	195.50	-24.50	39.10	19.55	177.90	-81.07	35.00	72.00	2815.20		684.25
13.00	35.91	-30.50	7.18	3.59	30.94	-18.23	43.00	71.50	513.55		
SUMATORIAS					5878.54	1815.58			75799.20	18009.22	2520.25

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 1.18 ~ 1.20 ESTABLE

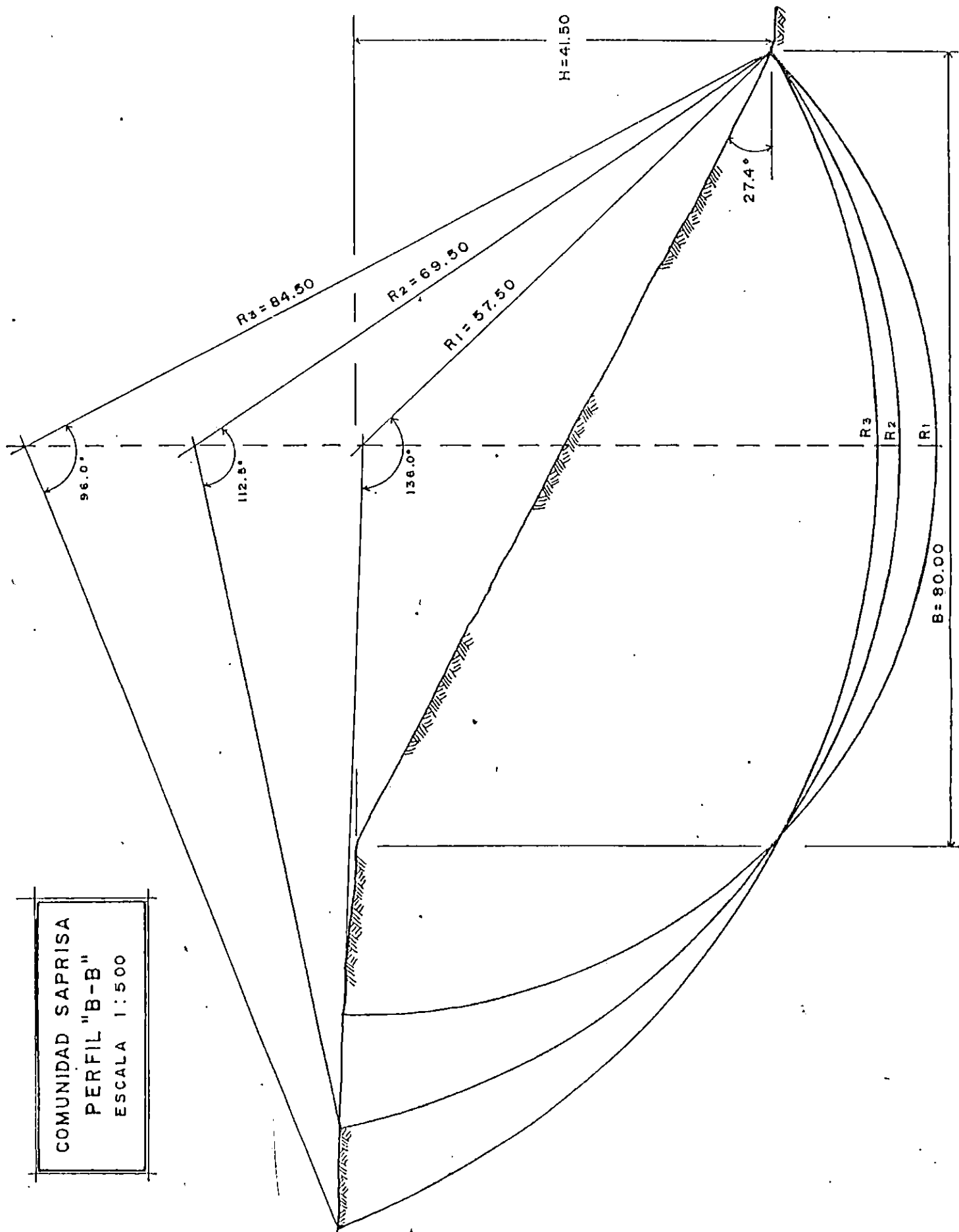
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.

TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.

ESCALA : INDICADA  
 FECHA : NOV./1992



COMUNIDAD SAPRISA  
 PERFIL "B-B"  
 ESCALA 1:500

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.

TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAYERDE O.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Br. D.I. CISNEROS MENENDEZ

ESCALA : INDICADA

FECHA : NOV / 1992

COLONIA SAPRISA, PERFIL B-B

phi= 30.00 TAN(phi)= 0.58  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R1= 57.50  
 Theta= 136.00

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	29.00	7.00	101.50	172.55
2.00	29.00	41.50	10.00	352.50	599.25
3.00	41.50	44.00	10.00	427.50	726.75
4.00	44.00	44.00	10.00	440.00	748.00
5.00	44.00	41.30	10.00	426.50	725.05
6.00	41.30	37.00	10.00	391.50	665.55
7.00	37.00	30.80	10.00	339.00	576.30
8.00	30.80	22.60	10.00	267.00	453.90
9.00	22.60	12.50	10.00	175.50	298.35
10.00	12.50	0.00	10.00	62.50	106.25

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	172.55	76.00	34.51	17.26	41.74	167.42	52.30	9.00	310.59	902.44	
2.00	599.25	52.20	119.85	59.93	367.28	473.50	45.00	17.00	2037.45	2696.63	
3.00	726.75	37.80	145.95	72.68	574.24	445.43	35.00	23.50	3415.73	2543.63	
4.00	748.00	21.00	149.60	74.80	698.32	268.06	25.00	29.00	4338.40	1870.00	
5.00	725.05	15.00	145.01	72.51	700.34	187.66	15.00	34.00	4930.34	1087.58	
6.00	665.55	5.00	133.11	66.56	663.02	58.01	5.00	37.30	4965.00	332.78	
7.00	576.30	-5.00	115.26	57.63	574.11	-50.23	5.00	40.00	4610.40		288.15
8.00	453.90	-15.00	90.78	45.39	438.43	-117.48	15.00	41.50	3767.37		680.85
9.00	298.35	-26.00	59.67	29.84	288.16	-130.79	25.00	42.30	2524.04		745.88
10.00	106.25	-37.50	21.25	10.63	84.29	-64.68	35.00	41.50	881.88		371.88
SUMATORIAS					4409.94	1236.91			31781.19	9433.04	2086.75

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 1.33 > 1.2 ESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE O. ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G. ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR. Br. E.O. VIDES MEJIA. Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	ESCALA : INDICADA FECHA : NOV./1992

COLONIA SAPRISA, PERFIL B-B

phi= 30.00 TAN(phi)= 0.58  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R2= 69.50  
 Theta= 112.50

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	19.00	7.40	70.30	119.51
2.00	19.00	32.50	10.00	257.50	437.75
3.00	32.50	40.80	10.00	366.50	623.05
4.00	40.80	41.30	10.00	410.50	697.85
5.00	41.30	40.30	10.00	408.00	693.60
6.00	40.30	37.70	10.00	390.00	663.00
7.00	37.70	33.00	10.00	353.50	600.95
8.00	33.00	27.20	10.00	301.00	511.70
9.00	27.20	19.60	10.00	234.00	397.80
10.00	19.60	10.70	10.00	151.50	257.55
11.00	10.70	0.00	10.00	53.50	90.95

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	119.51	68.50	23.90	11.95	43.80	111.19	62.30	17.90	427.85	744.55	
2.00	437.75	52.50	87.55	43.78	266.48	347.29	55.00	24.20	2118.71	2407.63	
3.00	623.05	40.50	124.61	62.31	473.77	404.64	45.00	29.70	3700.92	2803.73	
4.00	697.85	30.20	139.57	69.79	603.13	351.03	35.00	34.70	4843.08	2442.48	
5.00	693.60	21.00	138.72	69.36	647.53	248.56	25.00	39.50	5479.44	1734.00	
6.00	663.00	12.30	132.60	66.30	647.78	141.24	15.00	43.60	5781.36	994.50	
7.00	600.95	3.70	120.19	60.10	599.70	38.78	5.00	47.00	5648.93	300.48	
8.00	511.70	-4.40	102.34	51.17	510.19	-39.26	5.00	49.80	5096.53		255.85
9.00	397.80	-12.50	79.56	39.78	388.37	-86.10	15.00	51.50	4097.34		596.70
10.00	257.55	-21.20	51.51	25.76	240.12	-93.14	25.00	52.70	2714.58		643.88
11.00	90.95	-30.20	18.19	9.10	78.61	-45.75	33.40	53.00	964.07		303.77
SUMATORIAS					4499.49	1378.50			40872.80	11427.35	1800.20

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 1.24 > 1.20 ESTABLE

<p align="center"><b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b></p>		
<p align="center"><b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b></p>		
<p>COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE O.</p> <p>ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.</p> <p>ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.</p>	<p>PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.</p> <p>Br. E.O. VIDES MEJIA.</p> <p>Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.</p>	<p>ESCALA : INDICADA</p> <p>FECHA : Nov./1992</p>

COLONIA SAPRISA, PERFIL B-B

phi= 30.00 TAN(phi)= 0.58  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R3= 84.50  
 Theta= 96.00

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	16.00	8.00	64.00	108.80
2.00	16.00	27.50	10.00	217.50	369.75
3.00	27.50	36.00	10.00	317.50	539.75
4.00	36.00	41.50	10.00	387.50	658.75
5.00	41.50	41.00	10.00	412.50	701.25
6.00	41.00	39.00	10.00	400.00	680.00
7.00	39.00	35.50	10.00	372.50	633.25
8.00	35.50	31.00	10.00	332.50	565.25
9.00	31.00	25.00	10.00	280.00	476.00
10.00	25.00	18.00	10.00	215.00	365.50
11.00	18.00	5.70	10.00	118.50	201.45
12.00	9.50	0.00	10.00	47.50	80.75

DOV.	Wi	ALFA	Wah	Wav	Ni	Ti	X	Y	Msh	Mvcd	Msvr
1.00	108.80	62.00	21.76	10.88	51.08	96.06	72.70	36.80	800.77	790.98	
2.00	369.75	51.00	73.95	36.98	232.69	287.35	65.00	44.50	3290.78	2403.38	
3.00	539.75	41.00	107.95	53.98	407.35	354.11	55.00	48.00	5181.60	2968.63	
4.00	658.75	32.30	131.75	65.88	556.82	352.01	45.00	52.20	6877.35	2964.38	
5.00	701.25	24.70	140.25	70.13	637.09	293.03	35.00	56.00	7854.00	2454.38	
6.00	680.00	17.50	136.00	68.00	648.53	204.48	25.00	60.80	8268.80	1700.00	
7.00	633.25	10.00	126.65	63.33	623.63	109.96	15.00	65.00	8232.25	949.88	
8.00	565.25	3.50	113.05	56.53	564.20	34.51	5.00	68.00	7687.40	282.63	
9.00	476.00	-3.50	95.20	47.60	475.11	-29.06	5.00	70.50	6711.60		238.00
10.00	365.50	-10.00	73.10	36.55	359.95	-63.47	15.00	72.50	5299.75		548.25
11.00	201.45	-17.00	40.29	20.15	192.65	-58.90	25.00	74.00	2981.46		503.63
12.00	80.75	-24.00	16.15	8.08	73.77	-32.84	35.00	74.40	1201.56		282.63
											0.00
											0.00
SUMATORIAS					4822.86	1547.24			64387.31	14514.23	1572.50

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 1.13 < 1.20 INESTABLE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.		
TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV./1992
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	

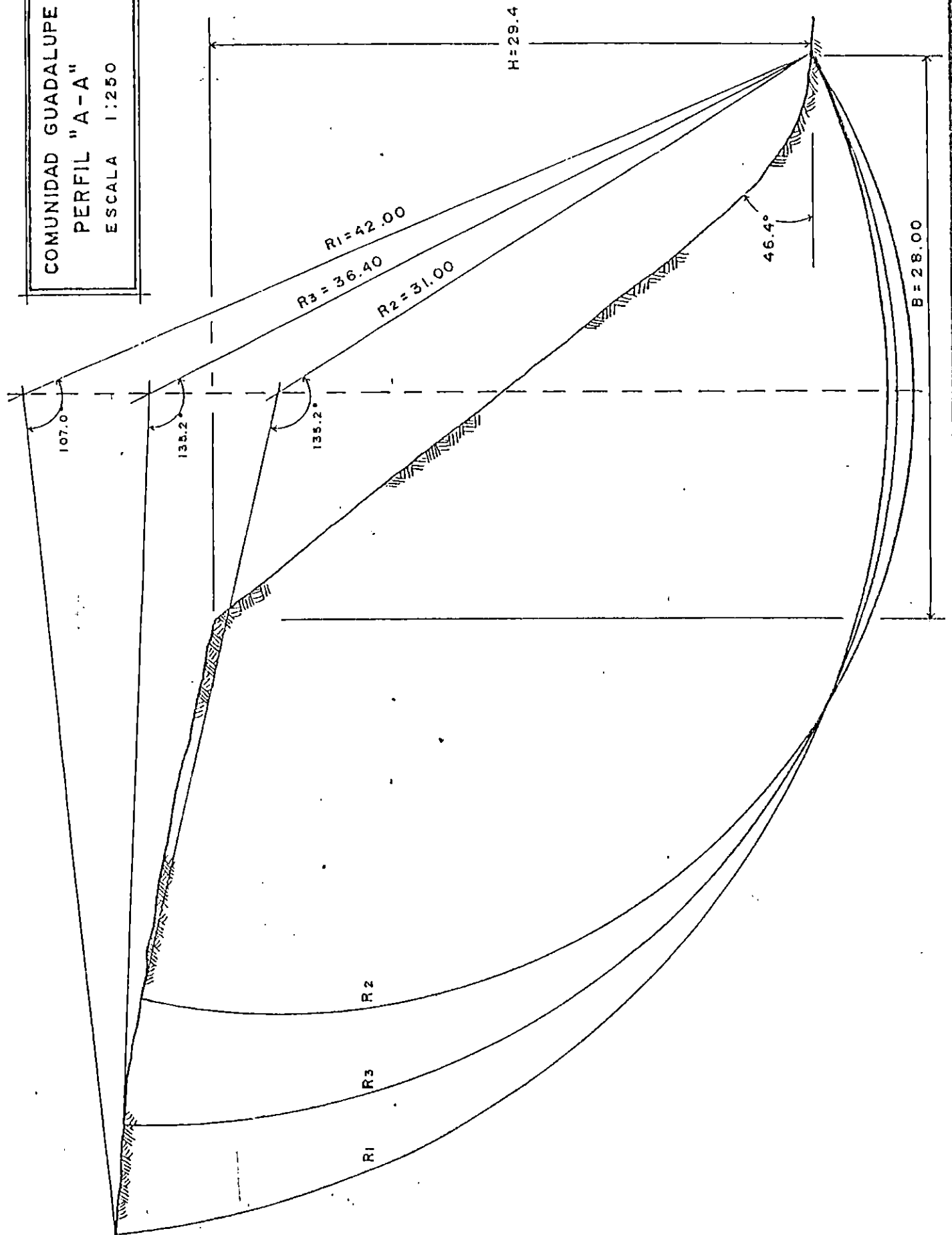


## Comunidad Guadalupe

En esta comunidad se analizan tres secciones transversales de taludes, en los cuales se considera la necesidad de determinar su factor de seguridad haciendo uso de diferentes radios para posibles superficies de falla por rotacion. Las secciones antes mencionadas son las correspondientes a las zonas más críticas ubicadas al costado sur y surponiente de la corona del deslizamiento experimentado en años anteriores.

Para fines de cálculos, se ha considerado suelo homogéneo de característica granular con peso volumétrico de 1.7 Ton./m<sup>3</sup>, despreciando la poca cohesión existente en las capas de estrato arcilloso.

COMUNIDAD GUADALUPE  
 PERFIL "A-A"  
 ESCALA 1:250



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.  
 TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Br. D.I. CISNEROS MENENDEZ

ESCALA : INDICADA  
 FECHA : NOV / 1992

COLONIA GUADALUPE, PERFIL A-A

$\phi = 30.40$  TAN( $\phi$ ) = 0.59  
 $C = 0.00$  Csh = 0.20  
 $Ph = 1.70$  Csv = 0.10  
 $R1 = 42.00$   
 $\Theta = 107.00$

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	17.10	5.90	50.45	85.76
2.00	17.10	21.90	4.00	78.00	132.60
3.00	21.90	25.00	4.00	93.80	159.46
4.00	25.00	27.80	4.00	105.60	179.52
5.00	27.80	29.50	4.00	114.60	194.82
6.00	29.50	30.40	4.00	119.80	203.66
7.00	30.40	31.00	4.00	122.80	208.76
8.00	31.00	27.20	4.00	116.40	197.88
9.00	27.20	23.00	4.00	100.40	170.68
10.00	23.00	18.20	4.00	82.40	140.08
11.00	18.20	13.00	4.00	62.40	106.08
12.00	13.00	7.50	4.40	45.10	76.67
13.00	7.50	2.80	4.00	20.60	35.02
14.00	2.80	0.00	4.40	6.16	10.47

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	85.76	71.70	17.15	8.58	26.93	81.42	38.00	9.00	154.36	325.87	
2.00	132.60	54.50	26.52	13.26	77.00	107.95	33.90	14.60	387.19	449.51	
3.00	159.46	46.00	31.89	15.95	110.77	114.71	30.00	17.30	551.73	478.38	
4.00	179.52	38.50	35.90	17.95	140.49	111.75	25.90	19.60	703.72	464.96	
5.00	194.82	32.80	38.96	19.48	163.76	105.54	21.90	21.30	829.93	426.66	
6.00	203.66	25.50	40.73	20.37	183.82	87.68	17.90	22.80	928.69	364.55	
7.00	208.76	19.30	41.75	20.88	197.03	69.00	12.90	24.10	1006.22	269.30	
8.00	197.88	13.50	39.58	19.79	192.41	46.19	9.80	26.10	1032.93	193.92	
9.00	170.68	8.00	34.14	17.07	169.02	23.75	5.80	28.80	983.12	98.99	
10.00	140.08	2.80	28.02	14.01	139.91	6.84	2.00	31.40	879.70	28.02	
11.00	106.08	-3.00	21.22	10.61	105.93	-5.55	2.20	34.00	721.34		23.34
12.00	76.67	-8.50	15.33	7.67	75.83	-11.33	6.20	36.30	556.62		47.54
13.00	35.02	-13.80	7.00	3.50	34.01	-8.35	10.20	38.00	266.15		35.72
14.00	10.47	-20.00	2.09	1.05	9.84	-3.58	13.30	39.00	81.68		13.93
SUMATORIAS					1626.75	726.02			9083.40	3100.17	120.52

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 0.95 < 1.20 INESTABLE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.		
TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE O.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA.
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV. 7/1992
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.	

COLONIA GUADALUPE, PERFIL A-A

phi= 30.40 TAN(phi) 0.59  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R2= 31.00  
 Theta= 135.20

DOV.	h1	h2	b	V	WI
1.00	0.00	20.40	2.80	28.56	48.55
2.00	20.40	25.80	4.00	92.40	157.08
3.00	25.80	28.80	4.00	109.20	185.64
4.00	28.80	30.80	4.00	119.20	202.64
5.00	30.80	32.10	4.00	125.80	213.86
6.00	32.10	28.50	4.00	121.20	206.04
7.00	28.50	24.40	4.00	105.80	179.86
8.00	24.40	19.80	4.00	88.40	150.28
9.00	19.80	14.40	4.00	68.40	116.28
10.00	14.40	8.70	4.00	46.20	78.54
11.00	8.70	3.00	4.00	23.40	39.78
12.00	3.00	0.00	4.40	6.60	11.22

DOV.	WI	ALFA	Wsh	Wsv	NI	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	48.55	86.80	9.71	4.86	2.71	48.48	28.60	0.40	3.88	138.86	
2.00	157.08	57.00	31.42	15.71	85.55	131.74	25.80	5.40	169.65	405.27	
3.00	185.64	45.10	37.13	18.56	131.04	131.50	22.00	8.10	300.74	408.41	
4.00	202.64	35.00	40.53	20.26	165.99	116.23	18.00	14.90	603.87	364.75	
5.00	213.86	26.50	42.77	21.39	191.39	95.42	13.90	12.00	513.26	297.27	
6.00	206.04	18.50	41.21	20.60	195.39	65.38	9.90	14.30	589.27	203.98	
7.00	179.86	10.80	35.97	17.99	176.67	33.70	5.90	17.30	622.32	106.12	
8.00	150.28	3.50	30.06	15.03	150.00	9.17	1.90	19.90	598.11	28.55	
9.00	116.28	-4.00	23.26	11.63	116.00	-8.11	2.20	22.50	523.26		25.58
10.00	78.54	-11.50	15.71	7.85	76.96	-15.66	6.30	24.70	387.99		49.48
11.00	39.78	-19.50	7.96	3.98	37.50	-13.28	10.20	26.40	210.04		40.58
12.00	11.22	-27.00	2.24	1.12	10.00	-5.09	13.80	26.80	60.14		15.48
SUMATORIAS					1339.20	589.48			4582.53	1953.20	131.12

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 0.99

1.20

INESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV./1992
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	

COLONIA GUADALUPE, PERFIL A-A

phi= 30.40 TAN(phi) 0.59  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R3= 36.40  
 Theta= 135.20

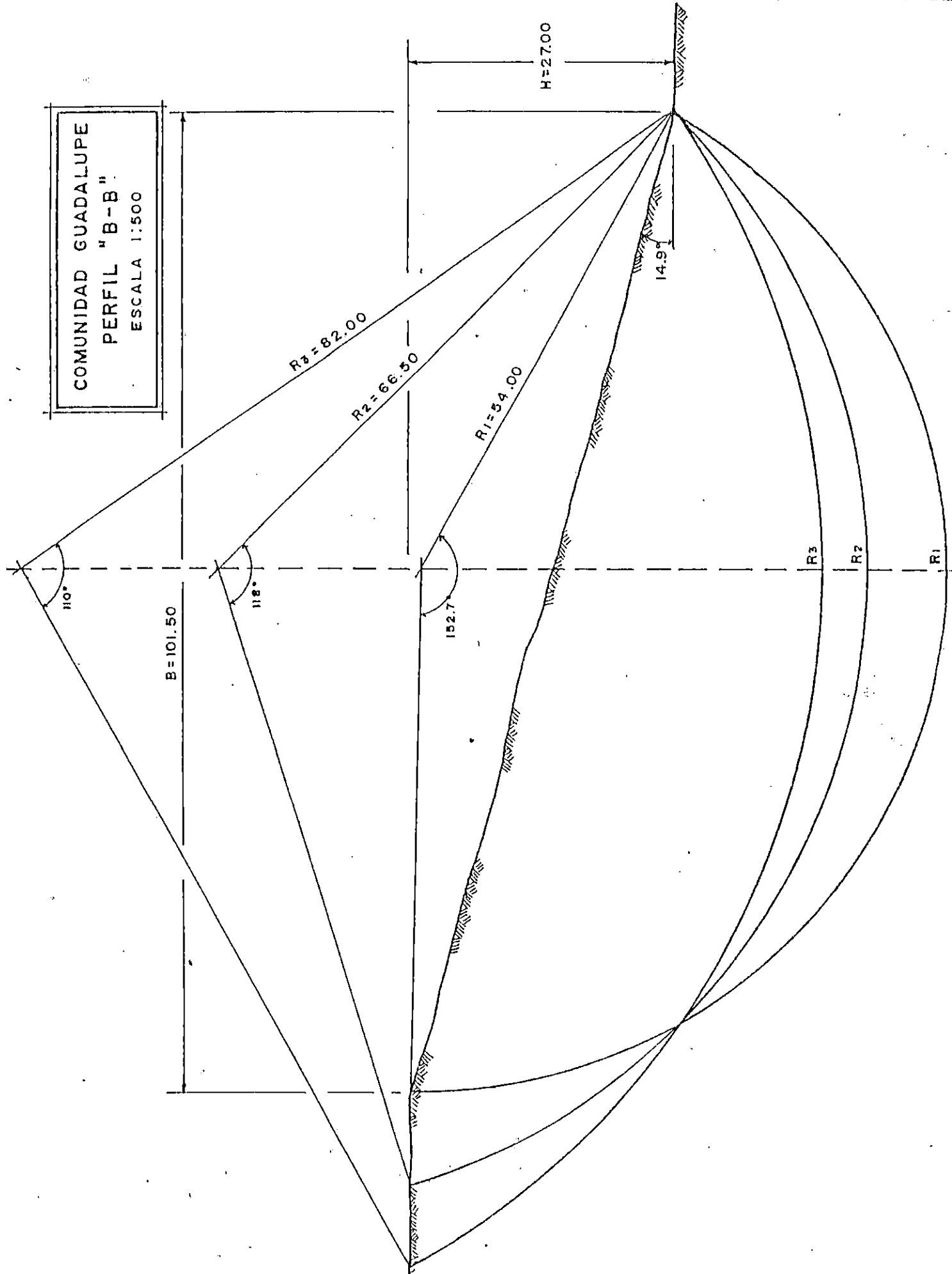
DOV.	h1	h2	b	V	WI
1.00	0.00	23.70	8.60	101.91	173.25
2.00	23.70	27.20	4.00	101.80	173.06
3.00	27.20	29.40	4.00	113.20	192.44
4.00	29.40	30.70	4.00	120.20	204.34
5.00	30.70	31.60	4.00	124.60	211.82
6.00	31.60	27.90	4.00	119.00	202.30
7.00	27.90	23.70	4.00	103.20	175.44
8.00	23.70	19.00	4.00	85.40	145.18
9.00	19.00	13.80	4.00	65.60	111.52
10.00	13.80	8.10	4.00	43.80	74.46
11.00	8.10	2.60	4.00	21.40	36.38
12.00	2.60	0.00	4.40	5.72	9.72

DOV.	WI	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Tl	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	173.25	71.40	34.65	17.32	55.26	164.20	30.60	7.90	273.73	530.14	
2.00	173.06	45.50	34.61	17.31	121.30	123.44	26.00	12.70	439.57	449.96	
3.00	192.44	37.00	38.49	19.24	153.69	115.81	22.00	14.80	569.62	423.37	
4.00	204.34	29.50	40.87	20.43	177.85	100.62	18.00	16.50	674.32	367.81	
5.00	211.82	22.50	42.36	21.18	195.70	81.06	13.90	18.00	762.55	294.43	
6.00	202.30	15.50	40.46	20.23	194.94	54.06	9.90	20.20	817.29	200.28	
7.00	175.44	9.40	35.09	17.54	173.08	28.65	5.90	23.00	807.02	103.51	
8.00	145.18	3.00	29.04	14.52	144.98	7.60	1.90	25.70	746.23	27.58	
9.00	111.52	-3.40	22.30	11.15	111.32	-6.61	2.20	28.20	628.97		24.53
10.00	74.46	-9.60	14.89	7.45	73.42	-12.42	6.30	30.30	451.23		46.91
11.00	36.38	-16.10	7.28	3.64	34.95	-10.09	10.20	32.20	234.29		37.11
12.00	9.72	-23.30	1.94	0.97	8.93	-3.85	13.80	32.80	63.79		13.42
											0.00
											0.00
SUMATORIAS					1445.42	642.48			6468.62	2397.07	121.97

FACTOR DE SEGURIDAD FS 0.97 < 1.20 INESTABLE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.		
TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV. / 1992
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.	

COMUNIDAD GUADALUPE  
 PERFIL "B-B"  
 ESCALA 1:500



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.  
 TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ

ESCALA : INDICADA  
 FECHA : NOV / 1992

COLONIA GUADALUPE, PERFIL B-B

phi= 31.60 TAN(phi) 0.62  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R1= 54.00  
 Theta= 152.70

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	19.00	3.50	33.25	56.53
2.00	19.00	32.50	10.00	257.50	437.75
3.00	32.50	39.00	10.00	357.50	607.75
4.00	39.00	41.50	10.00	402.50	684.25
5.00	41.50	42.00	10.00	417.50	709.75
6.00	42.00	40.00	10.00	410.00	697.00
7.00	40.00	36.50	10.00	382.50	650.25
8.00	36.50	31.20	10.00	338.50	575.45
9.00	31.20	23.40	10.00	273.00	464.10
10.00	23.40	12.00	10.00	177.00	300.90
11.00	12.00	0.00	7.50	45.00	76.50

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni.	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	56.53	80.00	11.31	5.65	9.82	55.67	51.20	6.00	67.83	289.41	
2.00	437.75	58.20	87.55	43.78	230.67	372.04	45.00	14.50	1269.48	1969.88	
3.00	607.75	41.10	121.55	60.78	457.98	399.52	35.00	22.50	2734.88	2127.13	
4.00	684.25	27.80	136.85	68.43	605.27	319.13	25.00	27.30	3736.01	1710.63	
5.00	709.75	16.00	141.95	70.98	682.26	195.63	15.00	30.70	4357.87	1064.63	
6.00	697.00	5.50	139.40	69.70	693.79	66.80	5.00	33.00	4600.20	348.50	
7.00	650.25	-5.50	130.05	65.03	647.26	-62.32	5.00	34.10	4434.71		325.13
8.00	575.45	-16.00	115.09	57.55	553.16	-158.62	15.00	34.50	3970.61		863.18
9.00	464.10	-27.50	92.82	46.41	411.66	-214.30	25.00	34.00	3155.88		1160.25
10.00	300.90	-40.50	60.18	30.09	228.81	-195.42	35.00	31.50	1895.67		1053.15
11.00	76.50	-54.20	15.30	7.65	44.75	-62.05	43.70	27.90	426.87		334.31
SUMATORIAS					4565.42	716.09			30649.98	7510.16	3736.01

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 2.04 > 1.20 ESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	FECHA : NOV./1992

COLONIA GUADALUPE, PERFIL B-B

phi= 30.40 TAN(phi) 0.59  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R2= 66.50  
 Theta= 118.00

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	9.00	3.50	15.75	26.78
2.00	9.00	22.50	10.00	157.50	267.75
3.00	22.50	29.00	10.00	257.50	437.75
4.00	29.00	33.10	10.00	310.50	527.85
5.00	33.10	34.30	10.00	337.00	572.90
6.00	34.30	34.00	10.00	341.50	580.55
7.00	34.00	32.40	10.00	332.00	564.40
8.00	32.40	29.00	10.00	307.00	521.90
9.00	29.00	23.80	10.00	264.00	448.80
10.00	23.80	17.30	10.00	205.50	349.35
11.00	17.30	8.80	10.00	130.50	221.85
12.00	8.80	0.00	7.50	33.00	56.10

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	26.78	68.50	5.36	2.68	9.81	24.91	61.20	22.50	120.49	163.86	
2.00	267.75	56.50	53.55	26.78	147.78	223.27	55.00	28.50	1526.18	1472.63	
3.00	437.75	42.50	87.55	43.78	322.74	295.74	45.00	35.50	3108.03	1969.88	
4.00	527.85	31.50	105.57	52.79	450.07	275.80	35.00	40.50	4275.59	1847.48	
5.00	572.90	21.50	114.58	57.29	533.04	209.97	25.00	44.50	5098.81	1432.25	
6.00	580.55	13.00	116.11	58.06	565.67	130.60	15.00	48.00	5573.28	870.83	
7.00	564.40	4.00	112.88	56.44	563.03	39.37	5.00	50.00	5644.00	282.20	
8.00	521.90	-4.50	104.38	52.19	520.29	-40.95	5.00	51.00	5323.38	260.95	
9.00	448.80	-13.00	89.76	44.88	437.30	-100.96	15.00	51.30	4604.69		673.20
10.00	349.35	-22.00	69.87	34.93	323.91	-130.87	25.00	51.00	3563.37		873.38
11.00	221.85	-31.00	44.37	22.19	190.16	-114.26	35.00	49.80	2209.63		776.48
12.00	56.10	-40.50	11.22	5.61	42.66	-36.43	43.75	47.50	532.95		245.44
SUMATORIAS					4106.45	776.19			41580.38	8300.06	2568.49

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 1,61 > 1.2 ESTABLE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.		
TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE O.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV./1992
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	



COLONIA GUADALUPE, PERFIL B-B

phi= 30.40 TAN(phi) 0.59  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R3= 82.00  
 Theta= 110.00

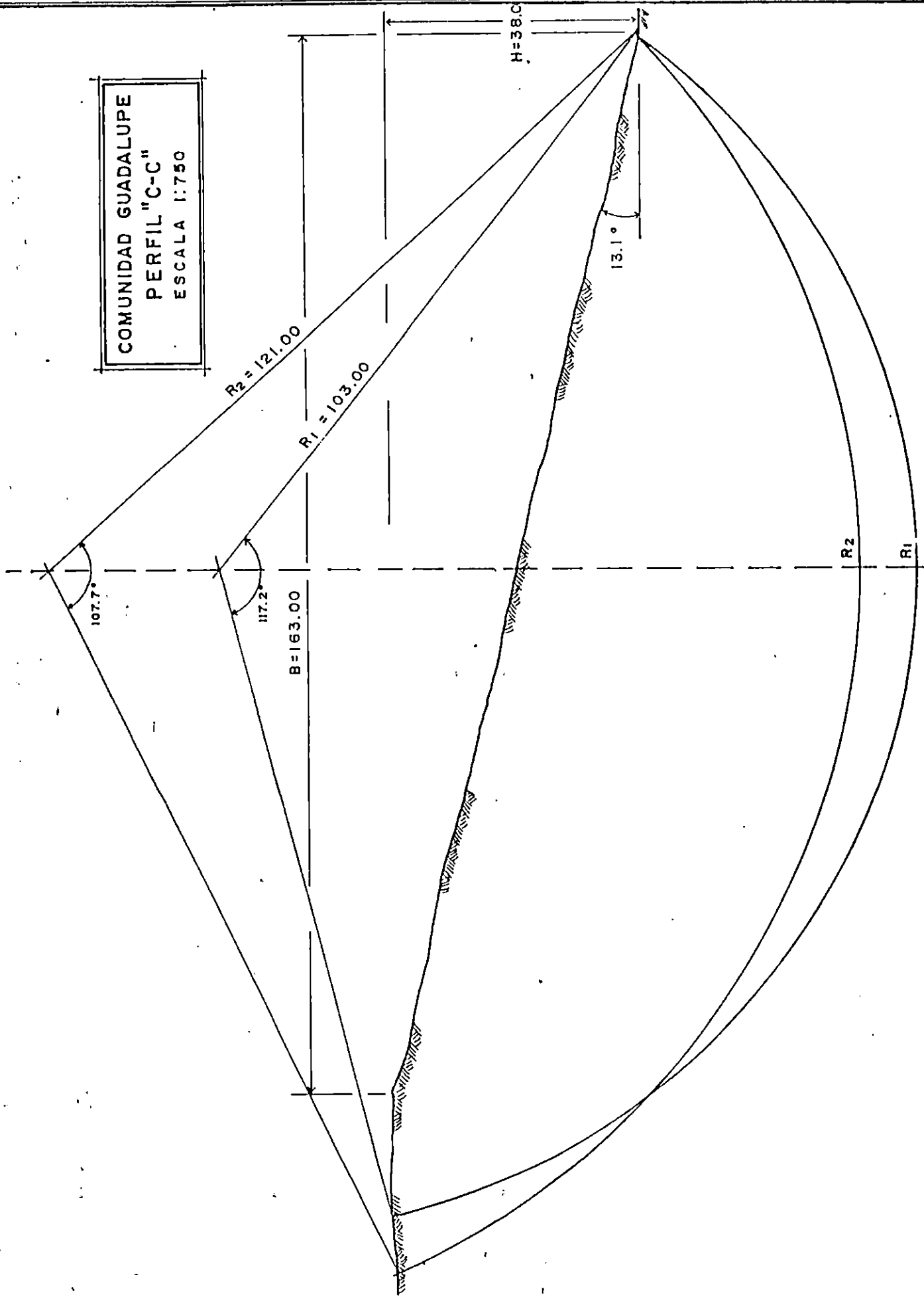
DOV.	h1	h2	b	V	WI
1.00	0.00	11.80	10.00	59.00	100.30
2.00	11.80	23.70	10.00	177.50	301.75
3.00	23.70	32.20	10.00	279.50	475.15
4.00	32.20	37.00	10.00	346.00	588.20
5.00	37.00	39.00	10.00	380.00	646.00
6.00	39.00	39.50	10.00	392.50	667.25
7.00	39.50	39.00	10.00	392.50	667.25
8.00	39.00	36.60	10.00	378.00	642.60
9.00	36.60	33.50	10.00	350.50	595.85
10.00	33.50	29.20	10.00	313.50	532.95
11.00	29.20	23.30	10.00	262.50	446.25
12.00	23.30	16.00	10.00	196.50	334.05
13.00	16.00	6.30	10.00	111.50	189.55
14.00	6.30	0.00	14.00	44.10	74.97

DOV.	WI	ALFA	Wsh	Wsv	NI	TI	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	100.30	62.50	20.06	10.03	46.31	88.97	72.00	35.50	712.13	722.16	
2.00	301.75	52.00	60.35	30.18	185.78	237.78	64.80	41.20	2486.42	1955.34	
3.00	475.15	42.00	95.03	47.52	353.10	317.94	54.90	46.80	4447.40	2608.57	
4.00	588.20	33.30	117.64	58.82	491.62	322.94	44.80	51.30	6034.93	2635.14	
5.00	646.00	24.20	129.20	64.60	589.23	264.81	34.80	55.00	7106.00	2248.08	
6.00	667.25	18.00	133.45	66.73	634.59	206.19	25.00	58.50	7806.83	1668.13	
7.00	667.25	10.60	133.45	66.73	655.86	122.74	14.60	61.10	8153.80	974.19	
8.00	642.60	3.50	128.52	64.26	641.40	39.23	4.80	63.00	8096.76	308.45	
9.00	595.85	-3.50	119.17	59.59	594.74	-36.38	5.00	64.20	7650.71		297.93
10.00	532.95	-10.50	106.59	53.30	524.03	-97.12	15.20	65.00	6928.35		810.08
11.00	446.25	-17.70	89.25	44.63	425.13	-135.68	25.20	65.00	5801.25		1124.55
12.00	334.05	-25.00	66.81	33.41	302.75	-141.18	35.10	64.30	4295.88		1172.52
13.00	189.55	-33.00	37.91	18.96	158.97	-103.24	45.20	62.50	2369.38		856.77
14.00	74.97	-40.00	14.99	7.50	57.43	-48.19	52.00	61.00	914.63		389.84
SUMATORIAS					5660.94	1038.82			72804.47	13120.05	4651.68

FACTOR DE SEGURIDA FS = 1.63 > 1.20 ESTABLE

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN : Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV. / 1992
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.	

COMUNIDAD GUADALUPE  
 PERFIL "C-C"  
 ESCALA 1:750



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.

TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"

COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.  
 ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.  
 ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.

PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.  
 Br. E.O. VIDES MEJIA.  
 Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ

ESCALA : INDICADA  
 FECHA : NOV / 1992

COLONIA GUADALUPE, PERFIL C-C  
FALLA POR LA BASE DE TALUD

phi= 33.70 TAN(phi) 0.67  
C= 0.20 Csh= 0.20  
Ph= 1.70 Csv= 0.10  
R<sub>i</sub>= 103.00  
Theta= 117.20

DOV.	h1	h2	b	V	Wi
1.00	0.00	17.50	7.50	65.63	111.56
2.00	17.50	35.00	15.00	393.75	669.38
3.00	35.00	44.50	15.00	596.25	1013.63
4.00	44.50	50.50	15.00	712.50	1211.25
5.00	50.50	52.30	15.00	771.00	1310.70
6.00	52.30	52.00	15.00	782.25	1329.83
7.00	52.00	49.80	15.00	763.50	1297.95
8.00	49.80	45.00	15.00	711.00	1208.70
9.00	45.00	37.70	15.00	620.25	1054.43
10.00	37.70	29.00	15.00	500.25	850.43
11.00	29.00	17.00	15.00	345.00	586.50
12.00	17.00	0.00	15.00	127.50	216.75

DOV.	Wi	ALFA	Wsh	Wsv	Ni	Ti	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	111.56	65.50	22.31	11.16	46.26	101.52	92.20	39.70	885.81	1028.61	
2.00	669.38	53.10	133.88	66.94	401.91	535.29	82.40	38.30	5127.41	5515.65	
3.00	1013.63	40.80	202.73	101.36	767.31	662.32	67.50	58.00	11758.05	6841.97	
4.00	1211.25	30.00	242.25	121.13	1048.97	605.63	52.00	65.50	15867.38	6298.50	
5.00	1310.70	21.20	262.14	131.07	1222.00	473.98	37.50	70.50	18180.87	4915.13	
6.00	1329.83	12.40	265.97	132.98	1298.80	285.56	22.30	74.90	19920.78	2965.51	
7.00	1297.95	4.30	259.59	129.80	1294.30	97.32	7.20	77.40	20092.27	934.52	
8.00	1208.70	-4.00	241.74	120.87	1205.76	-84.31	7.30	79.20	19145.81		882.35
9.00	1054.43	-12.50	210.89	105.44	1029.43	-228.22	22.50	80.10	16891.89		2372.46
10.00	850.43	-21.30	170.09	85.04	792.33	-308.92	37.50	79.50	13521.76		3189.09
11.00	586.50	-30.40	117.30	58.65	505.86	-296.79	52.50	77.40	9079.02		3079.13
12.00	216.75	-41.00	43.35	21.68	163.58	-142.20	65.00	74.20	3216.57		1408.88
SUMATORIAS					9776.51	1701.18			153987.60	28499.88	10931.90

FACTOR DE SEGURIDA FS = 1.93 > 1.2 ESTABLE

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.		
TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE Q.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	
ASESOR : ING. M. A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ.	FECHA : NOV./1992

COLONIA GUADALUPE, PERFIL C-C

phi= 30.00 TAN(phi) 0.58  
 C= 0.00 Csh= 0.20  
 Ph= 1.70 Csv= 0.10  
 R<sub>2</sub>= 121.00  
 Theta= 107.70

DOV.	h1	h2	b	V	WI
1.00	0.00	10.00	3.00	15.00	25.50
2.00	10.00	30.00	15.00	300.00	510.00
3.00	30.00	42.50	15.00	543.75	924.38
4.00	42.50	49.00	15.00	686.25	1166.63
5.00	49.00	53.00	15.00	765.00	1300.50
6.00	53.00	55.00	15.00	810.00	1377.00
7.00	55.00	54.00	15.00	817.50	1389.75
8.00	54.00	51.50	15.00	791.25	1345.13
9.00	51.50	47.00	15.00	738.75	1255.88
10.00	47.00	40.50	15.00	656.25	1115.63
11.00	40.50	32.00	15.00	543.75	924.38
12.00	32.00	21.00	15.00	397.50	675.75
13.00	21.00	8.00	15.50	224.75	382.08
14.00	8.00	0.00	7.50	30.00	51.00

DOV.	WI	ALFA	Wsh	Wsv	NI	TI	X	Y	Msh	Msvd	Msvr
1.00	25.50	63.00	5.10	2.55	11.58	22.72	106.00	53.00	270.30	270.30	
2.00	510.00	54.00	102.00	51.00	299.77	412.60	97.50	60.00	6120.00	4972.50	
3.00	924.38	44.50	184.88	92.44	659.31	647.90	82.50	64.00	11832.00	7626.09	
4.00	1166.63	34.00	233.33	116.66	967.18	652.37	67.50	77.00	17966.03	7874.72	
5.00	1300.50	18.00	260.10	130.05	1236.85	401.88	52.50	83.00	21588.30	6827.63	
6.00	1377.00	26.00	275.40	137.70	1237.64	603.64	37.50	87.50	24097.50	5163.75	
7.00	1389.75	11.00	277.95	138.98	1364.22	265.18	22.50	91.50	25432.43	3126.94	
8.00	1345.13	3.50	269.03	134.51	1342.62	82.12	7.50	95.00	25557.38	1008.84	
9.00	1255.88	-3.50	251.18	125.59	1253.53	-76.67	7.50	96.00	24112.80		941.91
10.00	1115.63	-11.00	223.13	111.56	1095.13	-212.87	22.50	96.50	21531.56		2510.16
11.00	924.38	-18.00	184.88	92.44	879.13	-285.65	37.50	96.00	17748.00		3466.41
12.00	675.75	-26.00	135.15	67.58	607.36	-296.23	52.50	94.50	12771.68		3547.69
13.00	382.08	-34.00	76.42	38.21	316.75	-213.65	67.50	92.50	7068.39		2579.01
14.00	51.00	-40.50	10.20	5.10	38.78	-33.12	77.50	90.00	918.00		395.25
SUMATORIAS					11309.84	1970.21			217014.35	36870.77	13440.41

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 1.64 > 1.2 ESTABLE

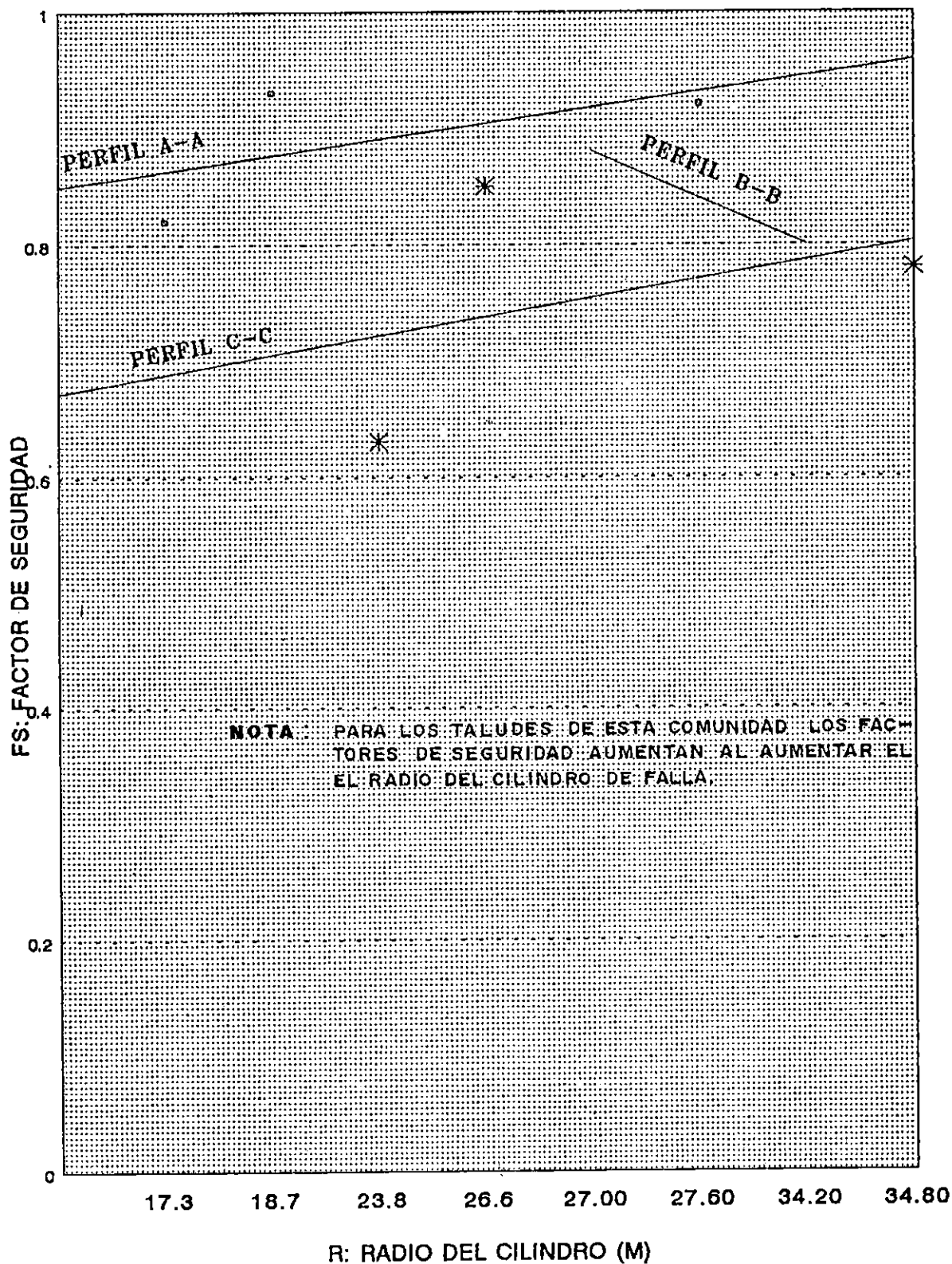
<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR - FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.</b>		
<b>TRABAJO DE GRADUACION : "CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS"</b>		
COORDINADOR : ING. J.M. LANDAVERDE O.	PRESENTAN: Br. J.R. CERNA AGUILAR.	ESCALA : INDICADA
ASESOR : ING. R.E. GODINEZ G.	Br. E.O. VIDES MEJIA.	FECHA : NOV./1992
ASESOR : ING. M.A. GUZMAN U.	Br. B.I. CISNEROS MENENDEZ	

## RESUMEN DEL ANALISIS DE FALLA DE LOS TALUDES

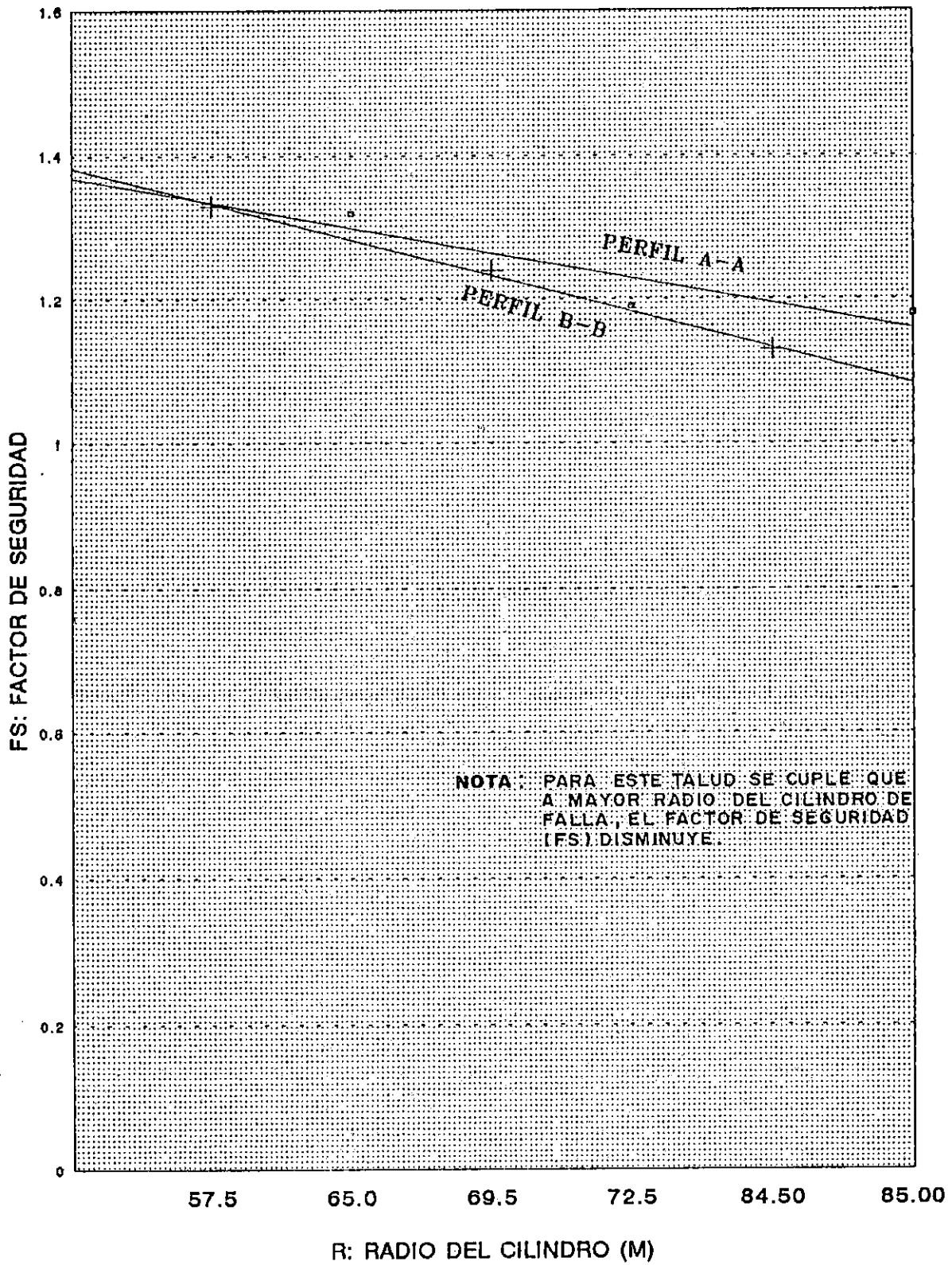
	DESLIZAMIENTO	ROTACIONAL
COMUNIDAD LA ROCA	AA $F_s = 1.51$ ESTABLE BB $F_s = 1.05$ INESTABLE	AA $F_s = 1.05$ INESTABLE R=9.90 BB $F_s = 0.55$ INESTABLE R=8.25
COMUNIDAD EL NAZARENO	No se analizó falla por deslizamiento, por las características propias del subsuelo en el cual no existe una superficie de contacto.	AA $F_s=0.93$ INESTABLE R1=18.70 AA $F_s=0.92$ INESTABLE R2=27.60 AA $F_s=0.82$ INESTABLE R3=17.30 BB $F_s=0.88$ INESTABLE R1=27.00 BB $F_s=0.80$ INESTABLE R2=34.20 CC $F_s=0.65$ INESTABLE R1=26.60 CC $F_s=0.78$ INESTABLE R2=34.80 CC $F_s=0.63$ INESTABLE R3=23.80
COMUNIDAD SAPRISA	El subsuelo presenta características de suelo homogéneo, en el cual no existe superficie de contacto.	AA $F_s=1.32$ ESTABLE R1=65.00 AA $F_s=1.19$ ESTABLE R2=72.50 AA $F_s=1.18$ ESTABLE R3=85.00 BB $F_s=1.33$ ESTABLE R1=57.50 BB $F_s=1.24$ ESTABLE R2=69.50 BB $F_s=1.13$ ESTABLE R3=84.50
COMUNIDAD GUADALUPE	No se analizó falla por deslizamiento por ser suelos muy heterogéneos, sin una superficie de contacto definida.	AA $F_s=0.95$ INESTABLE R1=42.00 AA $F_s=0.99$ INESTABLE R2=31.00 AA $F_s=0.97$ INESTABLE R3=36.40 BB $F_s=2.04$ ESTABLE R1=54.00 BB $F_s=1.61$ ESTABLE R2=66.50 BB $F_s=1.63$ ESTABLE R3=82.00 CC $F_s=1.66$ ESTABLE R1=103.0 CC $F_s=1.64$ ESTABLE R2=121.0

El factor de seguridad mínimo por deslizamiento y falla rotacional del talud es igual a 1.2

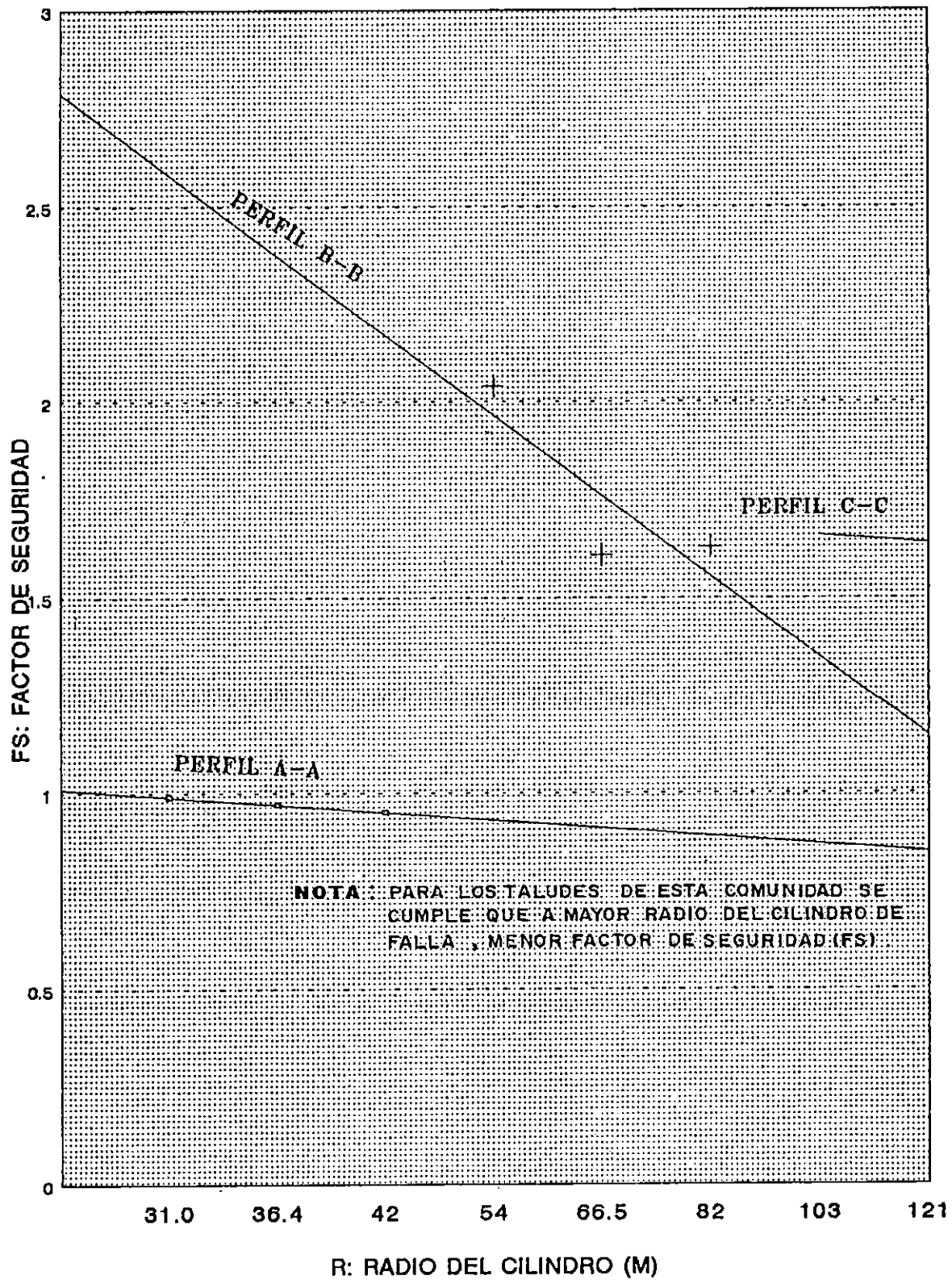
# ESTABILIDAD DE TALUD COMUNIDAD EL NAZARENO



# ESTABILIDAD DE TALUD COMUNIDAD SAPRISA



# ESTABILIDAD DE TALUD COMUNIDAD GUADALUPE





# INTERPRETACION DE RESULTADOS Y SOLUCIONES PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS EN LAS COMUNIDADES CRITICAS ESTUDIADAS

## COMUNIDAD LA ROCA

### 1. Condiciones del Sub-suelo

El subsuelo está constituido por depósitos naturales consistentes en su mayoría por suelos granulares, siendo éstos, en mayor cantidad arenas limosas (SM) y limosos arenosos (ML), y en menor escala suelos con características arcillosas. En el sector norte de la Comunidad, existen zonas constituidas por suelos removidos, producto de los trabajos de terracería realizados durante la construcción de la urbanización. Los estratos de suelo antes mencionados sobreyacen a una estructura de domo, rocosa basáltica de apariencia lajosa y triturada, de espesor desconocido además de desechos rocosos muy angulosos, encontrándose a una profundidad de 0.50 m. en el sector norte y a 5.10 m. en la zona de la corona de los taludes.

Los resultados obtenidos de la capacidad de carga del suelo en esta comunidad son relativamente bajos, ya que varían desde 0.612 Kg/cm<sup>2</sup> hasta 0.864 Kg/cm<sup>2</sup>.

La compacidad del suelo en el sector norte varía desde "muy suelto" hasta "suelto" llegando hasta una condición de rechazo.

Los contenidos críticos de humedad del suelo son los siguientes:

Sondeo No.	Prof. (m)	W <sub>máx</sub> (%)	Condición
1	3.50-5.0	46.6	Saturado
2	2.50-4.0	41.7	Saturado
3	1.50-2.0	34.7	Saturado
4	1.50-4.50	53.4	Saturado

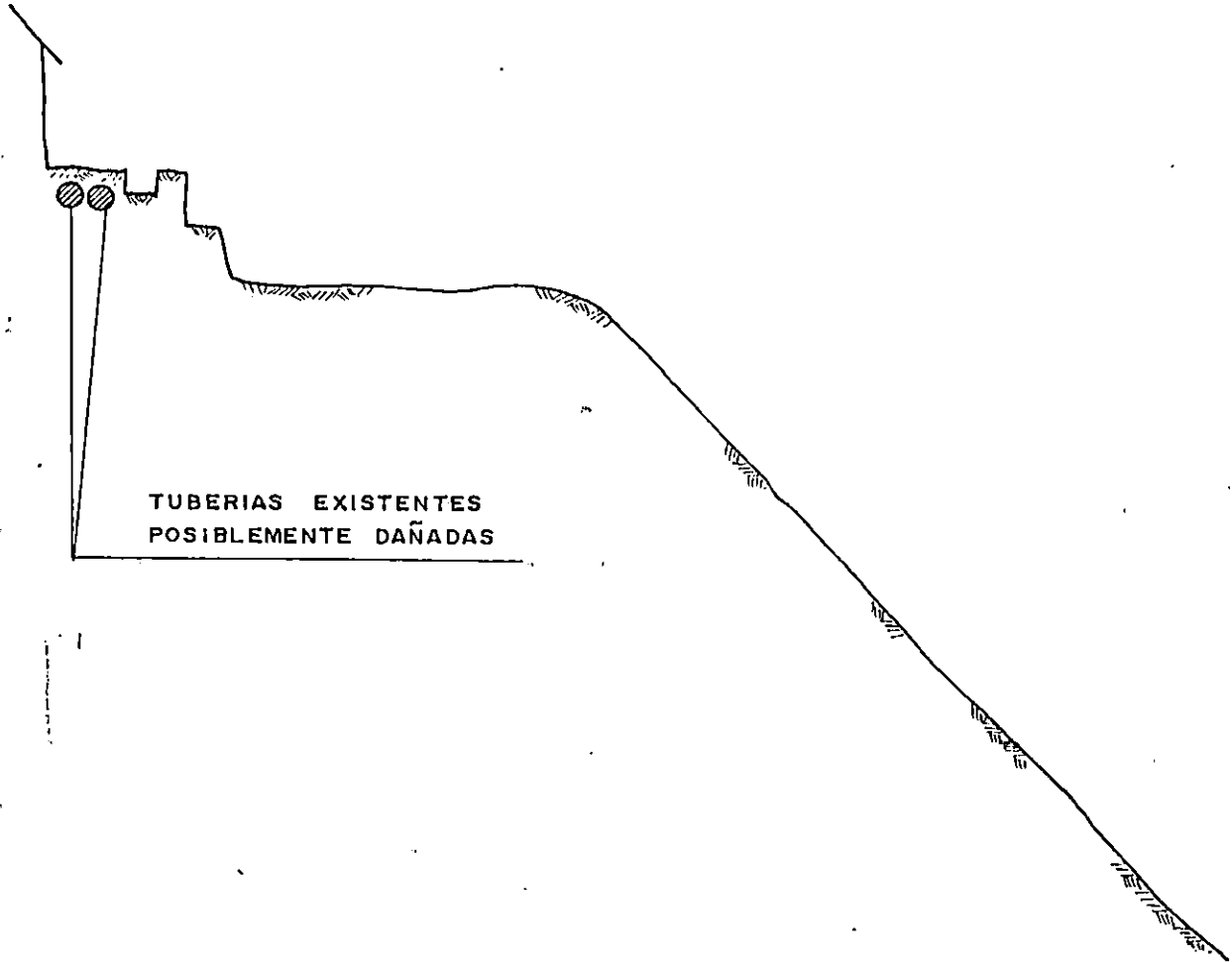
A partir de una profundidad de 2 m., en la zona de los taludes, los contenidos de humedad son altos (comparados con los valores normales (menores de 25%) que presentan los suelos de San Salvador), alcanzando un valor de 46.6%.

En el sondeo No. 4 se encontró un estrato de material fino con alto contenido de materia orgánica (contenido de materia orgánica = 6.9%), de espesor igual a 30 centímetros.

## 2. Condiciones de drenaje

Las condiciones de drenaje pluvial superficial son aceptables ya que su infraestructura se encuentra en buen

COMUNIDAD LA ROCA



TUBERIAS EXISTENTES  
POSIBLEMENTE DAÑADAS

PERFIL DEL TALUD NORTE

estado y el diseño es adecuado. En lo que respecta al drenaje pluvial por alcantarilla, existe la posibilidad de que se encuentre dañado físicamente a raíz del terremoto del 10 de octubre de 1986, lo que provoca la saturación del suelo en esta zona (Norte).

### 3. Condición de los taludes

La superficie de los taludes se encuentran desprotegida del intemperismo debido a que su vegetación es escasa. Los taludes del sector norte carecen de obras de protección lo que contribuye a su inestabilidad.

Del análisis realizado para la evaluación de la estabilidad de taludes para posible falla por deslizamiento se obtuvo factores de seguridad de 1.51 para el perfil A-A, siendo estable, y de 1.05 para el perfil B-B siendo inestable.

Los factores de seguridad obtenidos para el análisis de falla por rotación, cuando hay un estrato resistente, son 0.97 para el perfil A-A y 0.50 para el perfil B-B respectivamente, siendo en ambos perfiles inestables los taludes.

## PARAMETROS OBTENIDOS

COMUNIDAD LA ROCA

VALORES DE "N"

SONDEO	PROFUNDIDAD										
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50
1	3	3	2	2	2	7	14	7	5	15	50
2	6	—	3	2	5	9	11	13	40	—	—
3	6	12	14	24							
4	10	9	7	2	7	5	20	14	15		

CONTENIDO DE HUEMDAD (%)

SONDEO	PROFUNDIDAD										
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50
1	25.6	26.3	24.7	27.1	32.8	28.1	35.8	46.6	43.5	42.8	17.2
2	24.1	—	26.2	31.0	41.7	41.1	36.7	36.9	26.8	—	—
3	26.6	33.6	29.9	34.7							
4	24.2	28.6	35.2	31.7	30.1	45.7	41.8	46.5	53.4		

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DEL SUELO (Kg/cm<sup>2</sup>)

SONDEO	PROFUNDIDAD										
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50
1	0.30	0.30	0.20	0.2	0.20	0.70	1.40	0.70	0.50	1.50	5.00
2	0.60	—	0.30	0.2	0.50	0.90	1.10	1.30	4.00	—	—
3	0.60	1.20	1.40	2.40							
4	1.00	0.90	0.7	0.20	0.70	0.50	2.00	1.40	1.50		

ANGULO DE FRICCION INTERNA  $\phi$  EN GRADOS

SONDEO	PROFUNDIDAD										
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50
1	28	28	28	28	28	29	31	29	28.5	31.2	36.8
2	28.7	—	28	28	28.5	29.8	30.2	30.8	35.2	—	—
3	28.7	30.4	31.0	32.8							
4	30	29.8	29	28	29.8	28.5	32	31.0	31.2		

#### 4. Soluciones propuestas

##### 1. Recomendaciones para mejorar las condiciones del subsuelo.

Dadas las condiciones desfavorables que presenta el subsuelo para soportar las cargas transmitidas por la estructura, se deduce que no se realizaron los trabajos correctivos necesarios, previos a la construcción de las viviendas, a fin de mejorar las condiciones mecánicas del suelo de cimentación.

A la fecha, las viviendas no presentan daños originados por las malas condiciones del sub-suelo; si en el futuro se observaran daños físicos en las viviendas y se comprueba que tales daños son originados por fallas del subsuelo, se recomienda restituir el suelo bajo la fundación de las viviendas con el sistema de aplicación de suelo cemento fluido de acuerdo al detalle siguiente y a la secuencia constructiva siguiente (ver página 331):

Se definen dos casos:

##### Caso 1

Si el daño observado a lo largo de la cimentación es local y menor de 1.5 m:

1. Delimitar el tramo a restituir.
2. Excavar en las zonas laterales del cimiento, de acuerdo al detalle mostrado.
3. Preparar la mezcla suelo-cemento-agua según el diseño realizado en laboratorio.
4. Colocar la mezcla preparada dentro del zanja excavado, vibrándolo adecuadamente, hasta que el material colocado alcance una altura de por lo menos 5 cms. de espesor sobre el nivel inferior de la fundación.

Caso 2:

Si el daño observado a lo largo de la cimentación es mayor que 1.5 m:

Deberá realizarse la restitución en tramos alternos de un metro de longitud, hasta completar el proceso en toda la vivienda.

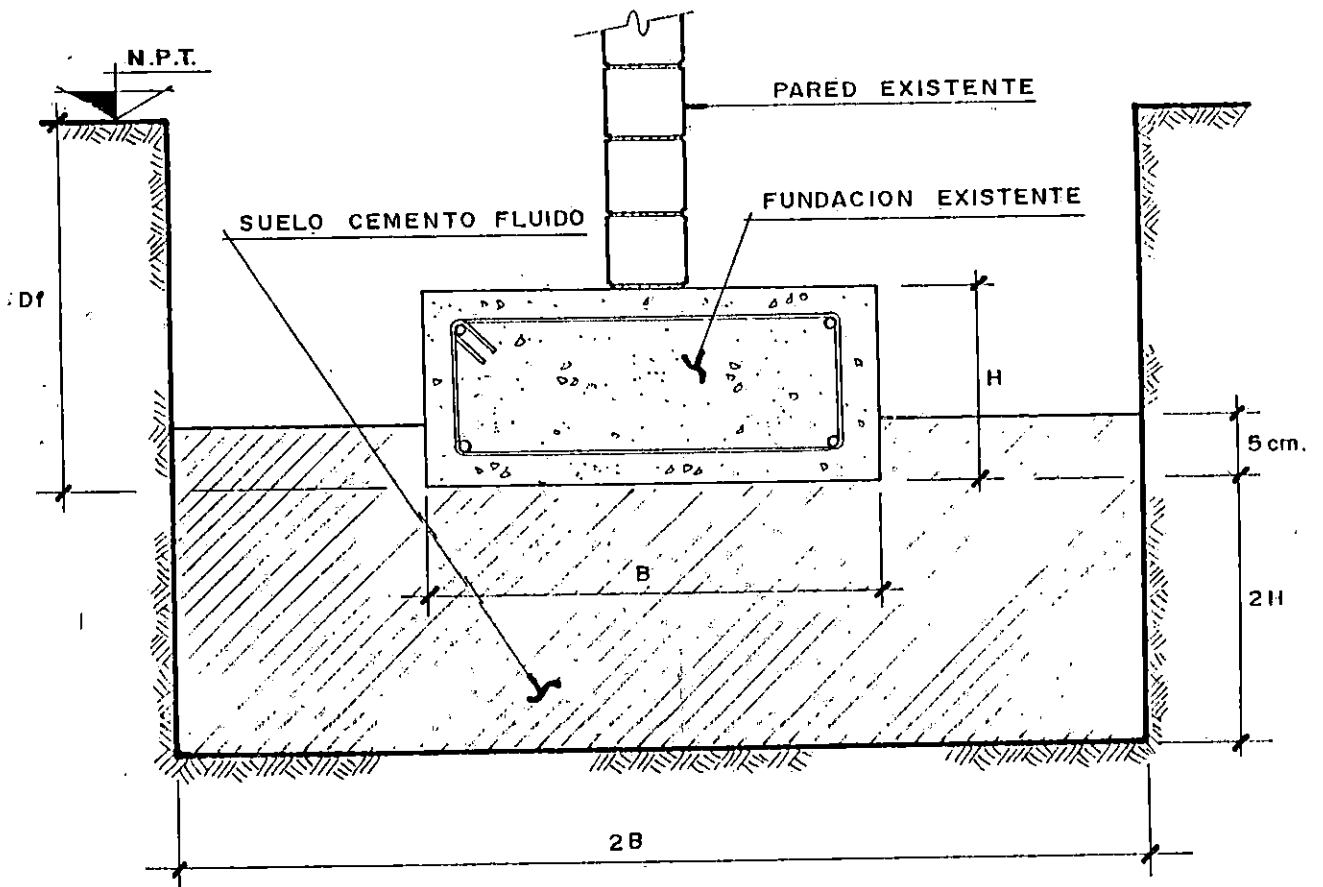
Proceder en forma similar a la secuencia descrita para el caso 1.

2. Recomendaciones para garantizar la estabilidad de los taludes.

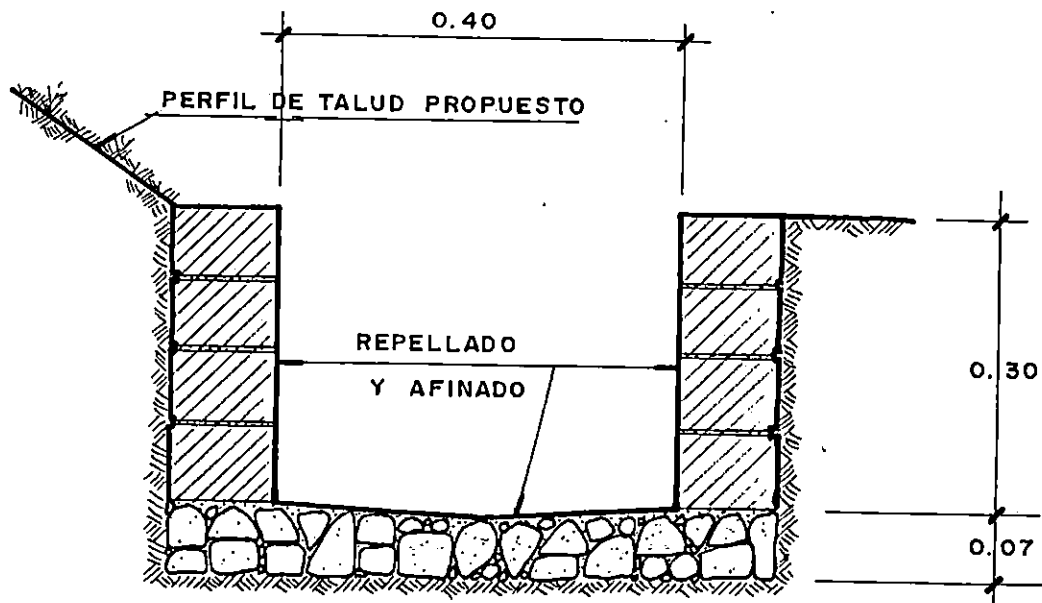
- a) Revisar el estado actual de las tuberías de aguas lluvias y aguas negras ubicadas a lo largo de la corona de los taludes.
- b) Reducir la inclinación de los taludes hasta lograr una inclinación de  $35^{\circ}$  respecto a la horizontal.
- c) Revestir la superficie del cuerpo de los taludes con grama natural sembrada en maquetas y en combinación con algunos arbustos, a fin de evitar la erosión.
- d) Construir canaletas revestidas con mortero (ver detalle) al pie de los taludes.

Es importante que la dirección, coordinación y supervisión de los trabajos correctivos propuestos en la comunidad, realicen profesionales de la Ingeniería Civil.

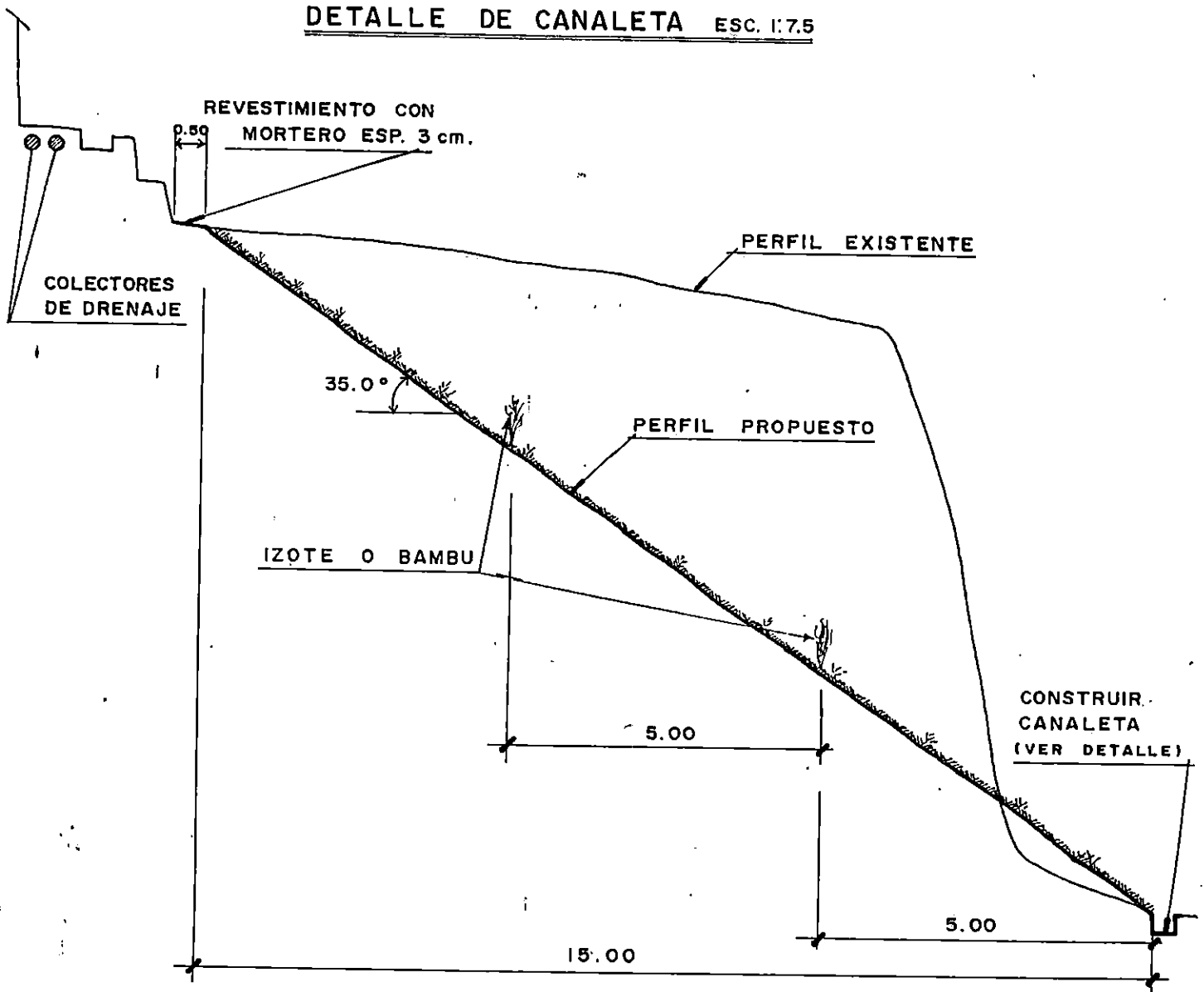




DETALLE PARA RESTITUIR EL SUELO BAJO LA FUNDACION  
DE LAS VIVIENDAS . SIN ESCALA



DETALLE DE CANALETA ESC. 1:7.5



SECCION TRANSVERSAL DE TALUD ESCALA 1:100

## COMUNIDAD EL NAZARENO

### 1. Condiciones del sub-suelo

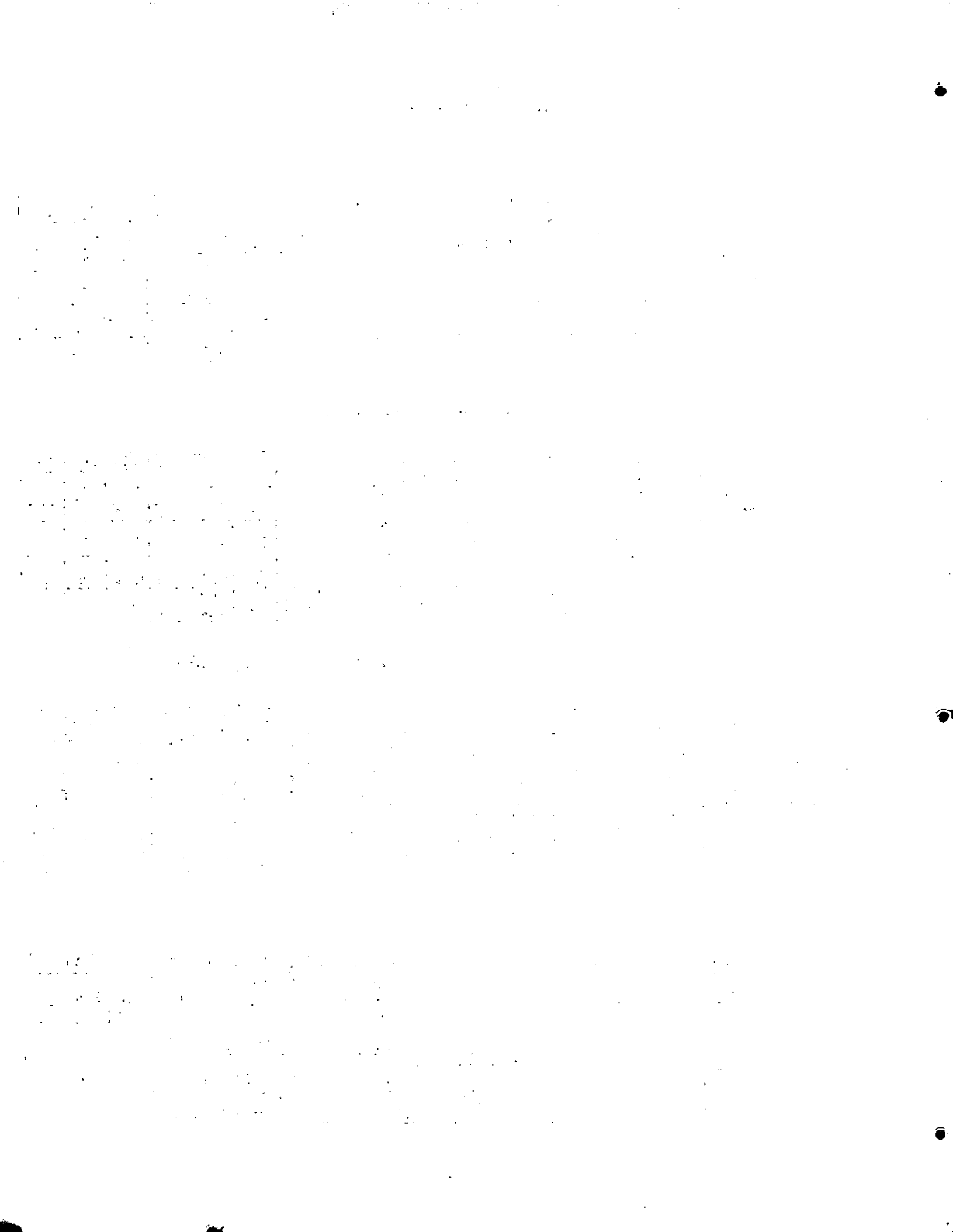
Para la descripción de las condiciones del subsuelo, el área sondeada se divide básicamente en tres partes para una mejor identificación (Ver plano anexo); sin embargo para fines de solución, se delimitan cuatro zonas.

#### Zona A.

Comprende la zona de los sondeos 4,5,6, constituida en su totalidad por suelos granulares, siendo éstos en un 95% por arenas limosas y un 5% de arenas gravosas y limos arenosos sin presencia de materia orgánica.

Los valores de compacidad varían desde suelto hasta muy compacto. Determinándose lo más crítico en la zona de los sondeos 4 y 5, en la cual la condición suelta se presenta desde 0.00 hasta 5.50 mts.

Los contenidos de humedad natural del suelo se consideran normales, varían desde 8.2% hasta 31.3%, a excepción de las humedades obtenidas a las profundidades de 4 a 5 mts., cuyos valores son 46.80% y 44.60% respectivamente.



PARAMETROS OBTENIDOS

COMUNIDAD EL NAZARENO

VALORES DE 'N'

SONDEO	PROFUNDIDAD																			
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	
1	9	11	8	3	5	9	6	6	7	9	13	9	12	13	30					
2	4	5	7	3	4	5	9	11	9	10	8	12	19	16	14	17	22	24	15	
3	16	11	10	12	4	12	8	17	13	14	20	47	38	26	29	29	35	27		
4	8	5	4	6	7	10	13	15	10	18	19	28	45							
5	8	5	6	5	3	5	6	8	4	7	6	16	24	38	59					
6	6	40	24	16	24	16	22	30	32	63										
7	4	9	6	14	6	9	9	7	8	18	18	16	15	17	16	38	37	23	58	
8	4	2	3	7	9	32	6	7	7	14	28	20	26	44	53					
9	4	6	8	8	3	4	5	4	2	14	22	21	16	5	4	9	80			

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

SONDEO	PROFUNDIDAD																			
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	
1	7.9	12	12.2	-	51.4	24	27.6	38.7	96.9	50.3	-	-	-	68.2	68.1					
2	17.1	38.6	37.7	37.9	39.1	32.5	26.9	37	57.8	-	-	69.9	57.8	-	-	-	-	41.7		
3	19.3	21.8	25.9	29.2	95.6	120	42.6	-	-	-	-	56	56	56	20.2	97.3	14.1	18.9		
4	12.3	8.7	9.2	13.8	-	13.8	11.7	11	15.2	16.8	20.4	12.9	14.8							
5	15.5	21.5	21.6	21.5	22.6	23.6	28.2	12.7	23.3	24.2	24.4	21.3	18.1	15.9	17.5					
6	12.5	15.7	18.1	22.3	8.2	19.3	31.1	46.8	28.9	44.6										
7	16.5	17.2	20.8	22.2	20.7	15	27.3	20	15.8	19.1	20.2	7.7	20.5	21.9	20.7	16.2	21.9	35	19	
8	29.6	34.3	31.7	50	41.8	-	-	-	46	43.4	43	45.4	29.4	18.2	31.9					
9	16.9	20.0	21.9	-	30.0	26.1	27.0	40.6	49.2	25.1	36.2	29.2	33.2	25	45.4	29.7				

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DEL SUELO (kg/cm<sup>2</sup>)

SONDEO	PROFUNDIDAD																			
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	
1	0.90	1.10	0.80	0.30	0.50	0.90	0.60	0.60	0.70	0.90	1.30	0.90	1.20	1.30	3.00					
2	0.40	0.50	0.70	0.30	0.40	0.50	0.90	1.10	0.90	1.00	0.80	1.20	1.90	1.60	1.40	1.70	2.20	2.40	1.50	
3	1.60	1.10	1.00	1.20	0.40	1.20	0.80	1.70	1.30	1.40	2.00	4.70	3.80	2.60	2.90	2.90	3.50	2.70		
4	0.80	0.50	0.40	0.60	0.70	1.00	1.30	1.50	1.00	1.80	1.90	2.80	4.50							
5	0.80	0.50	0.60	0.50	0.30	0.50	0.60	0.80	0.40	0.70	0.60	1.60	2.40	3.80	5.9					
6	0.60	4.00	2.40	1.60	2.40	1.60	2.20	3.00	3.20	6.30										
7	0.40	0.90	0.60	1.40	0.60	0.90	0.90	0.70	0.80	1.80	1.80	1.60	1.50	1.70	1.60	3.80	3.70	2.30	5.80	
8	0.40	0.20	0.30	0.70	0.90	3.20	0.60	0.70	0.70	1.40	2.80	2.00	2.60	4.40	5.30					
9	0.40	0.60	0.80	0.80	0.30	0.40	0.50	0.40	0.20	1.40	2.20	2.10	1.60	0.50	0.40	0.90	8.0			

ANGULO DE FRICCION INTERNA φ EN GRADOS

SONDEO	PROFUNDIDAD																			
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	
1	29.8	30.2	29.5	28	28	29.8	28.7	28.7	29	29.8	30.6	29.8	30.4	30.6	33.7					
2	28	28	29	28	28	28	29.8	30.2	29.8	30	29.5	30.4	31.9	31.4	31	31.6	32.5	32.8	31.2	
3	31.4	30.2	30	30.4	28	30.4	29.5	31.6	30.6	31	32	36.4	34.8	33.2	33.6	33.6	34.5	33.3		
4	29.5	28	28	28.7	29	30	30.6	31.2	30	31.8	31.9	33.5	36							
5	29.5	28	28.7	28	28	28	28.7	29.5	28	29	28.7	31.4	32.8	34.9	37.9					
6	28.7	35.3	32.8	31.4	32.8	31.4	32.5	33.7	34.1	38.5	-									
7	28	29.8	28.7	31	28.7	29.8	29.8	29	29.5	31.8	31.8	31.4	31.2	31.6	31.4	34.8	34.8	32.6	37.8	
8	28	28	28	29	29.8	34.1	28.7	29	29	31	33.5	32	33.2	35.6	36.6					
9	28	28.7	29.5	29.5	28	28	28	28	28	31	32.5	32.3	31.4	28	28	29.8	40			

### Zona B.

Comprende la zona de los sondeos 1,2,3,7 y 9, se caracteriza principalmente por estar constituida por estratos de material orgánico mezclado con basura, con espesor que varía desde 3.0 mts hasta 9.00 mts., para lo cual en algunos sondeos no se logró determinar su profundidad total. La condición mas crítica se presenta en las zonas de los sondeos 1,2 y 3.

La compacidad del suelo se encuentra en una condición suelta hasta una profundidad de 2.0 mts., excepto la zona de los sondeos 1 y 2 donde dicha profundidad alcanza el valor de 5.0 mts.

Los contenidos de humedad natural del suelo, son muy variados siendo el valor más crítico de 120%, localizada a una profundidad de 3 mts. en el sondeo No. 3. En los sondeos 1,2 y 3, predominan los suelos en condición de saturación, a excepción de los contenidos de humedad del sondeo No. 7, cuyos valores son normales (menores de 25%).

### Zona C.

Subsuelo compuesto por un pequeño estrato superficial de basura, sobrepuesto a un estrato de arena limosa con material orgánico, cuyo espesor supera los 7.50 m.

La compacidad se encuentra en una condición suelta hasta una profundidad de 5 mts., aumentando con la profundidad. Las condiciones de humedad natural del suelo, se presenta en estado saturado (mayor de 30%) hasta una profundidad de 6 m.

En general a 0.50 m. de profundidad, la capacidad de carga del suelo de esta comunidad varia desde 0.612 Kg/cm<sup>2</sup> hasta 0.884 Kg/cm<sup>2</sup>, a excepción de la zona donde se localiza el sondeo #3 el cual tiene un valor de 1.037 Kg/cm<sup>2</sup>.

## 2. Condiciones de drenaje

No hay un sistema adecuado de evacuación de aguas pluviales ni de aguas negras, las cuales son evacuadas por escorrentía superficial y la eliminación de escretas por medio de fosas profundas.

Los altos contenidos de humedad natural del suelo en las zonas antes descritas, son producto de la infiltración del agua superficial a través de los estratos de basura, acelerando de esta manera la descomposición química de los materiales y la generación de emanación de gases,

ZONA "A"	: SUELO SUELTO .
ZONA "B"	: BASURA + ORGANICO.
ZONA "C"	: ORGANICO.



336 - A

BOULEVARD DEL EJERCITO NACIONAL

COLONIA 22 DE ABRIL

COLONIA 22 DE ABRIL

ZONA "A"

ZONA "B"

ZONA "C"

HOSPITAL FLORENCIA NIGHTINGALE

COLONIA ANATEPEC

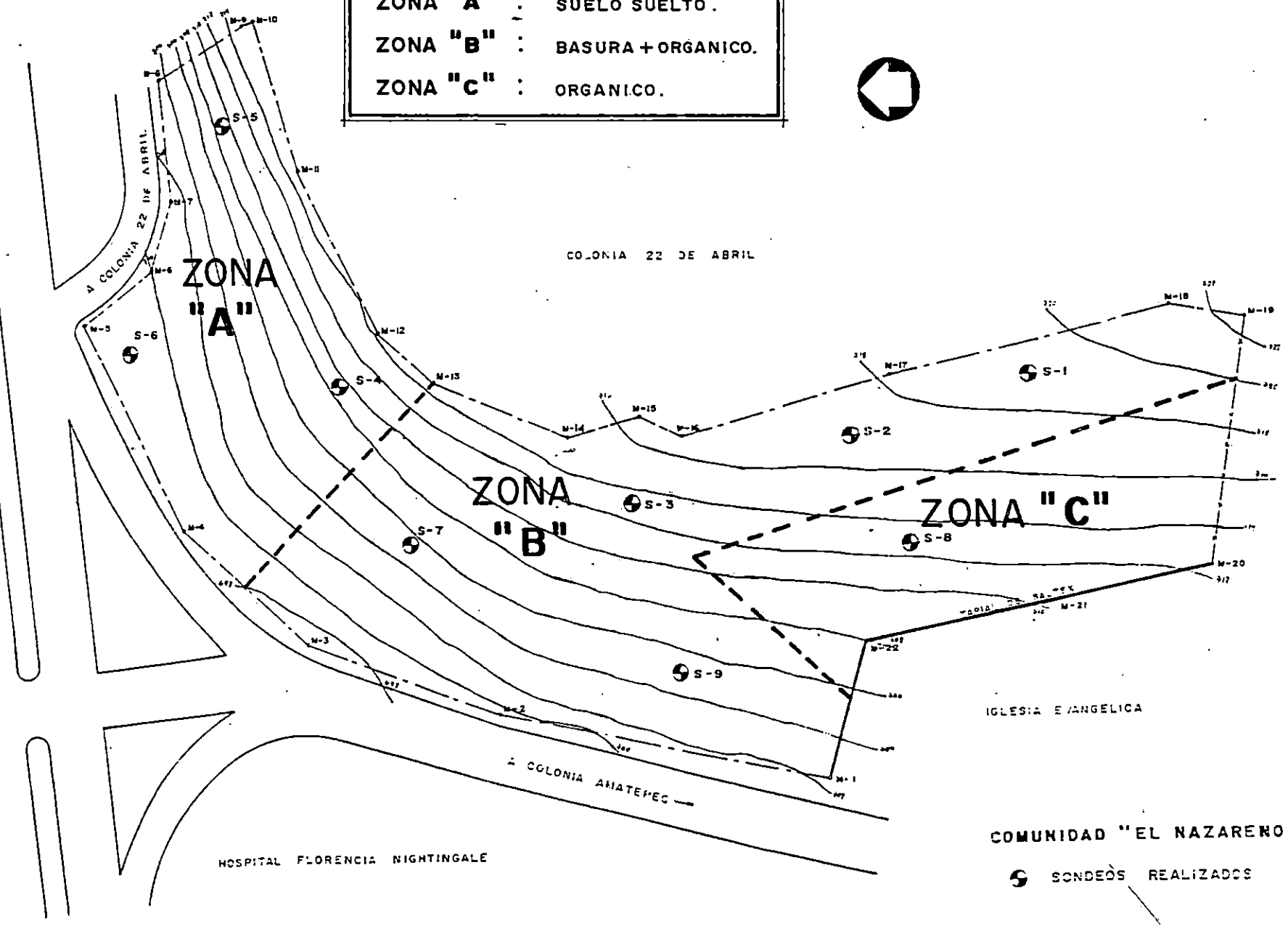
IGLESIA EVANGELICA

COMUNIDAD "EL NAZARENO"

SONDEOS REALIZADOS

PLANO DE ZONIFICACION DE CONDICIONES DEL SUBSUELO

SIN ESCALA





produciendo un incremento en la inestabilidad de los mismos.

### 3. Condición de los taludes

Los taludes se encuentran en una condición de inestabilidad, la cual se atribuye a los siguientes factores: saturación del suelo debido a la falta de drenajes, sobrecarga transmitida por las viviendas en la corona de los taludes y los estratos de basura de espesor considerable de 3 a 9 m.

Del análisis de estabilidad de taludes, los factores de seguridad obtenidos son 0.75, 0.67 y 0.74 para el perfil A-A, siendo inestables para todos los casos. Para el perfil B-B los resultados obtenidos son 0.67 y 0.76 (inestable). Para el perfil C-C los resultados son 0.73, 0.54 y 0.76 (inestable).

### 4. Soluciones propuestas

Debido a que la condición geológica del subsuelo de la zona explorada no es una condición natural del suelo, sino el producto del desalojo de la basura de San Salvador, que se originó como una forma de utilizar el espacio físico

existente, convirtiéndose en el botadero oficial de la ciudad durante muchos años sin tratamiento alguno y que posteriormente se le diera tratamiento como un relleno sanitario pero sin cumplir con las normas exigidas, por consiguiente, se recomienda las siguientes soluciones para la cimentación de las viviendas:

1. Cimentación superficial sobre suelos restituidos.
2. Cimentación profunda por medio del uso de pilotes.
3. Cimentación superficial sobre suelos de baja resistencia.

La solución N°1 es aplicable al área de influencia del sondeo N°6 (ver plano anexo). Se recomienda sobreexcavar una capa de espesor variable desde 0.00 m. hasta 2.00 m. de acuerdo a la sección transversal 1-1, y recuperar el nivel de cimentación haciendo uso del material sobreexcavado. Después de efectuar la compactación respectiva se podrá considerar una capacidad de carga admisible del suelo de 1.4 kg/cm<sup>2</sup>.

La solución N°2 es aplicable a la zona de influencia de los sondeos N°1, 2, 3, 7 y 9 y se refiere al uso de pilotes de concreto reforzado colados "In-Situ", con el cual se pretende transmitir las cargas a estratos que

SOLUCION 1 : CIMENTACION SUPERFICIAL SOBRE SUELOS RESTITUIDOS.

SOLUCION 2 : CIMENTACION PROFUNDA POR MEDIO DE PILOTES.

SOLUCION 3 : CIMENTACION SUPERFICIAL SOBRE SUELOS DE BAJA RESISTENCIA.



BOULEVARD DEL EJERCITO NACIONAL

COLONIA 22 DE ABRIL

COLONIA AMATEPEC

HOSPITAL FLORENCIA NIGHTINGALE

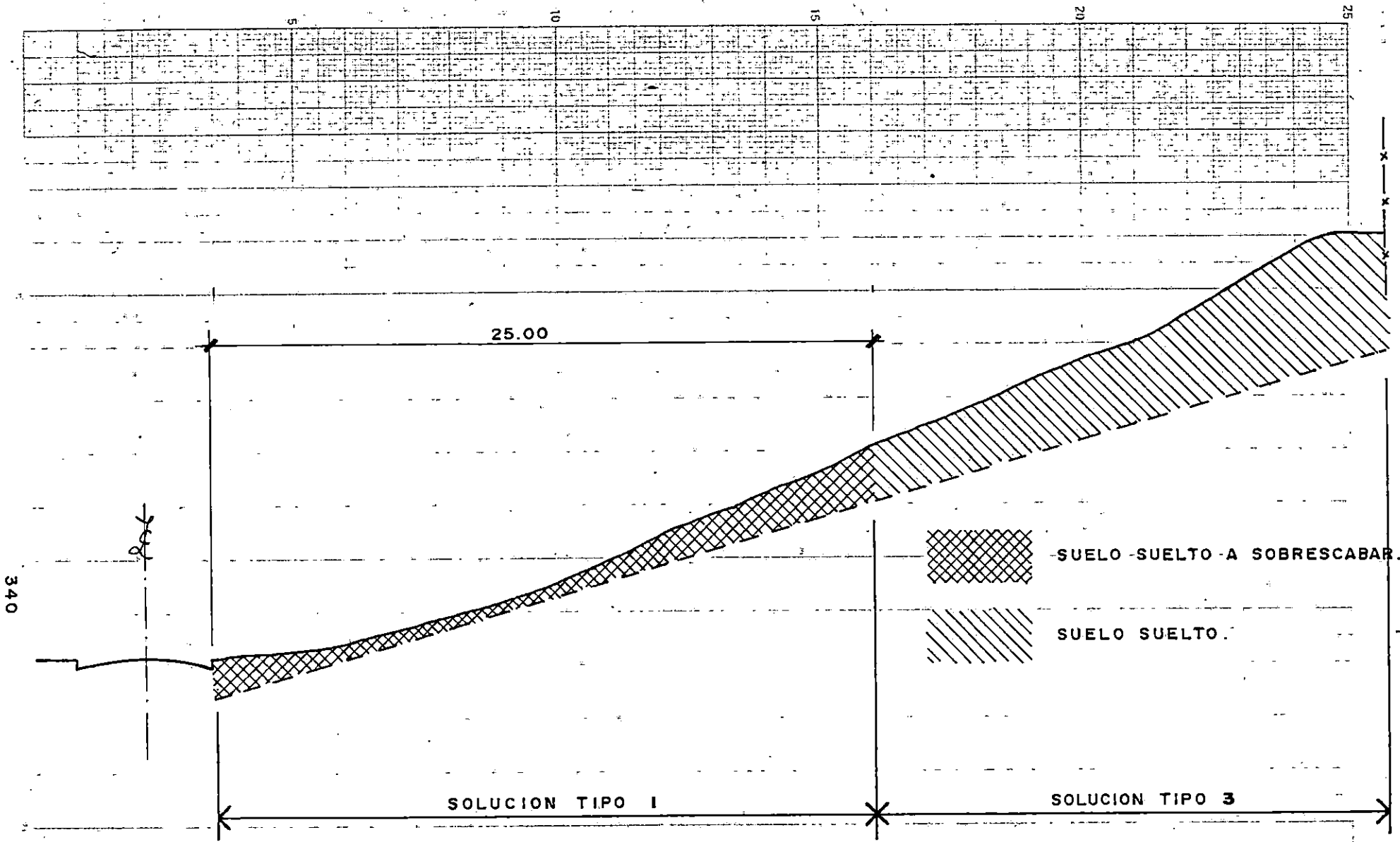
IGLESIA EVANGELICA

COMUNIDAD "EL NAZARENO"

SONDEOS REALIZADOS

PLANO DE SOLUCIONES DE CIMENTACION PROPUESTAS

SIN ESCALA



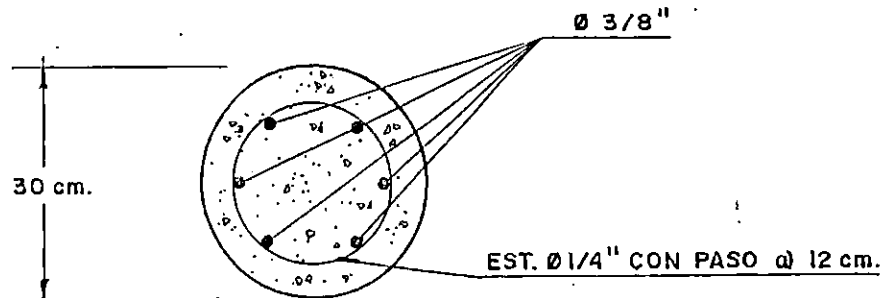
COMUNIDAD "EL NAZARENO"  
 PERFIL I-I

ESCALAS H = 1:200  
 V = 1:20

presenten buenas condiciones de resistencia.

Se recomienda que los pilotes deban penetrar al menos 0.60 m. en los estratos resistentes.

El armado de los pilotes, salvo que el análisis estructural indique otra recomendación, se propone utilizar el siguiente detalle.



SIN ESCALA

Se recomienda que el concreto de los pilotes sea de peso volumétrico normal y con una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

La solución N°3 es aplicable a la zona de influencia de los sondeos N°4, 5 y 8 (ver plano anexo).

En la zona de influencia del sondeo N°8, deberá retirarse una capa superficial de 0.50 m. de espesor.

En la zona de los tres sondeos mencionados anteriormente se recomienda recompactar la superficie

de cimentación y colocar una capa de suelo-cemento de 0.40 m. de espesor en proporción volumétrica 20:1 debidamente compactado en capas no mayores de 0.15 m. de espesor.

Se recomienda realizar una limpieza general superficial de espesor de 0.30 m. previo a los trabajos a realizar.

Si es necesario la utilización de un banco de préstamo, se recomienda utilizar suelos de características granulares (SM, ML), que presente características de limpieza y sin presencia de materia orgánica.

Evitar empozamientos de agua en las excavaciones para cimentación y drenajes, principalmente si los trabajos se desarrollan en época lluviosa.

En las zonas donde se realice el tipo de cimentación profunda por medio de pilotes, se recomienda utilizar tuberías de material flexible (PVC) y asentarlas sobre una capa de suelo-cemento con un ancho y alto de 0.30 m. en una proporción volumétrica de 30:1.

Para los pisos de las viviendas y accesos peatonales, se recomienda la restitución del material suelo u

orgánico hasta la profundidad de 0.50 m. recuperando el nivel en dos capas, la inferior de 0.30 m. de espesor de suelo sano adecuadamente compactado por medios manuales ó mecánicos, en capas de 15 cm.; la capa superior será una mezcla en proporción volumétrica 30:1.

Se recomienda realizar obras de protección superficial con el propósito de evitar la infiltración de las aguas lluvias.

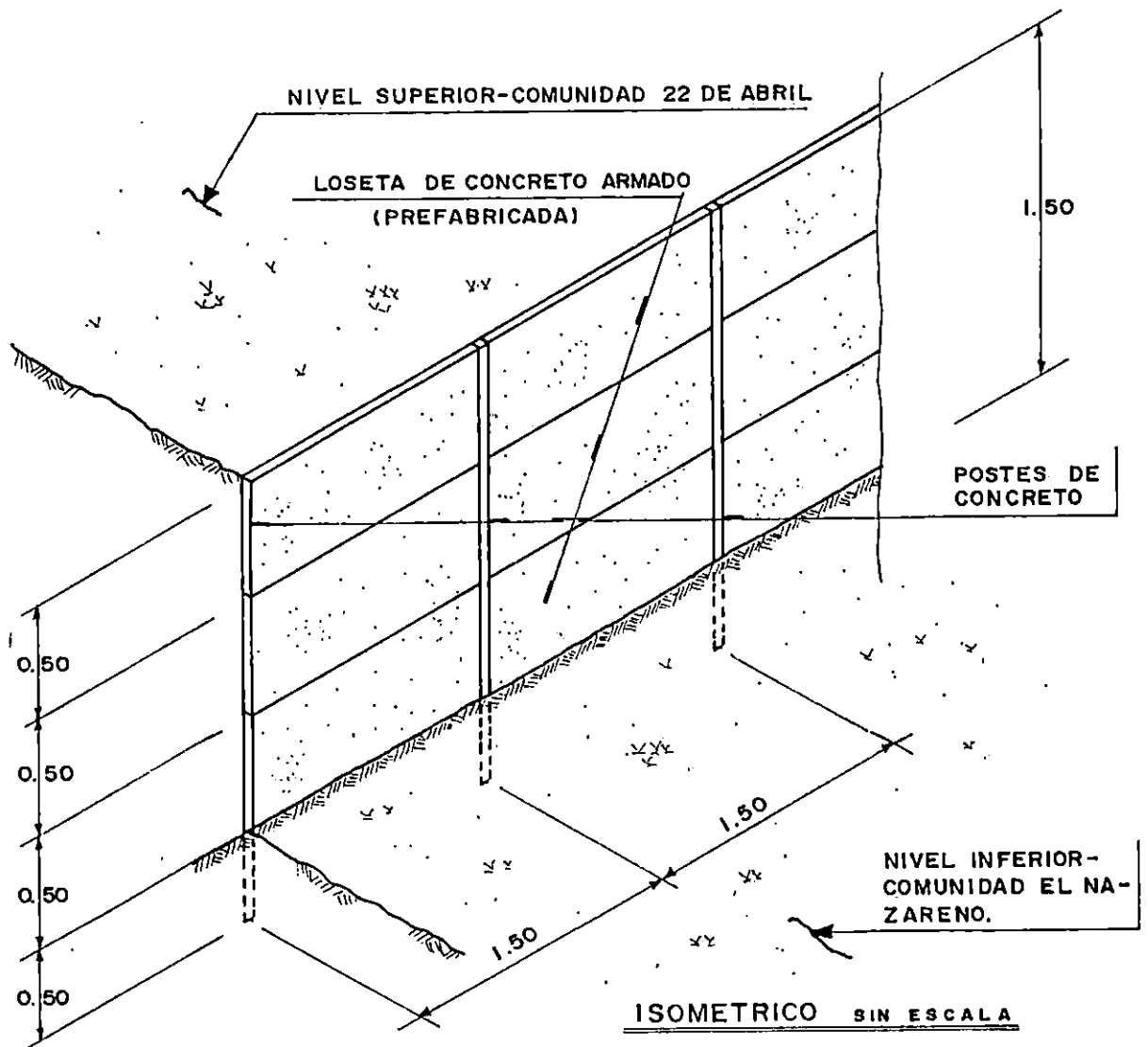
Se recomienda sellar con cualquier método eficiente las letrinas tipo fosas existentes en el lugar.

Se recomienda usar un sistema de cimentación consistente en solera corrida desplantada a 0.50 m. de profundidad respecto al nivel de piso terminado.

Colocar seis respiraderos consistentes en tubos flexibles de 4" (PVC) perforados, colocados verticalmente para desalojar las emanaciones de gases producidos por la descomposición química de la basura en la zona "B", debidamente distribuídos.

Colocar un sistema de protección en la parte superior

del talud consistente en losetas colocadas verticalmente apoyadas en postes con una altura no mayor de 1.50 m. (ver detalle).



El sistema de construcción será del tipo liviano de una planta (bloque saltex de 10 x 20 x 40 cm.), reduciendo así las cargas transmitidas al suelo previamente tratado.



## COMUNIDAD SAPRISA

### 1. Condiciones del subsuelo

El subsuelo esta constituido por estratos de materiales con características plásticas (Ll=69.4%, Lp=41.6%, Ip=27.8%), producto de la descomposición de la roca expuesta al intemperismo, estos son clasificados como; limo arcilloso (MH), arena arcillosa (SC), Arcilla Limosa (CL) y un estrato de 2.50 mts de espesor Limo Orgánico (OL), localizado en la zona del sondeo No. 2.

En la zona de la corona de los taludes, existe un estrato superficial suelto de espesor igual 2.5 mts, presentándose la condición más crítica en la zona del sondeo No. 2, el cual presenta una condición suelta hasta la profundidad de 7 mt.

En la zona del pie de los taludes al costado norte, la condición suelta se encuentra a una profundidad de 0 a 2.50 mts.

Los resultados obtenidos de la capacidad de carga del suelo están enmarcados de igual forma en dos zonas: en el

sector de la corona de los taludes los valores obtenidos son 0.765 y 0.884 Kg/cm<sup>2</sup> y la zona del pie de los taludes los valores son 1.037 y 1.241 Kg/cm<sup>2</sup>.

Las condiciones críticas de humedad encontradas son:

Sondeo No.	Prof. (m)	W <sub>máx</sub> (%)	Condición
1	1.00-7.00	50.6	Saturado
2	4.50-7.00	57.8	Saturado
3	3.00-5.50	49.1	Saturado
4	0.00-4.50	49.0	Saturado

En la zona del sondeo 1, se encuentra a una profundidad de 5.60 mts, un estrato de material con alto contenido de materia orgánica igual a 4.2% de espesor igual a 0.40 mts).

## 2. Condiciones de drenaje

Las condiciones de drenaje en la zona de la corona de los taludes es deficiente debido a que las canaletas están semidestruidas produciendo escorrentía superficial sobre el cuerpo de los taludes, provocando estados de erosión y fallas como pequeños caídos (gradas o terracetas) en dichas zonas.

## PARAMETROS OBTENIDOS

COMUNIDAD SAPRISA

### VALORES DE 'N'

PROFUNDIDAD

SONDEO	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
1	7	4	4	4	9	27	28	36	42	37	42	39	56	62			
2	12	3	6	8	16	14	8	8	8	8	8	10	6	9	28	34	43
3	15	21	9	8	10	18	14	36	28	35	39	61					
4	23	38	41	34	30	34	39	41	40								

### CONTENIDO DE HUEMDAD (%)

PROFUNDIDAD

SONDEO	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
1	42.9	37.80	48.70	36.50	50.60	47.00	47.20	46.70	45.70	45.40	45.60	47.00	41.80	41.80			
2	36.30	31.30	33.10	27.10	26.20	35.30	26.60	21.30	40.00	38.30	45.00	46.10	57.80	40.40	39.80	38.80	39.40
3	19.00	22.60	22.50	22.40	22.50	44.70	—	48.80	48.10	49.10	41.20	36.30					
4	49.00	45.00	47.10	42.30	40.20	45.7	40.70	46.60	38.50								

### CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DEL SUELO (kg /cm<sup>2</sup>)

PROFUNDIDAD

SONDEO	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
1	0.70	0.40	0.40	0.40	0.90	2.70	2.80	3.60	4.20	3.70	4.20	3.90	5.60	6.20			
2	1.20	0.30	0.60	0.80	1.60	1.40	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	1.00	0.60	0.90	2.80	3.40	4.30
3	1.50	2.10	0.90	0.80	1.00	1.60	1.40	3.60	2.80	3.50	3.90	6.10					
4	2.30	3.80	4.10	3.40	3.00	3.40	3.90	4.10	4.00								

### ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA $\phi$ EN GRADOS

PROFUNDIDAD

SONDEO	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
1	29	28	28	28	29.8	33.6	33.8	34.7	35.5	34.8	35.5	35.1	37.4	38.2			
2	30.4	28	28.7	29.5	31.4	31.0	33.5	29.5	29.5	29.5	29.5	30.0	28.7	29.8	33.5	34.4	35.8
3	31.2	32.3	29.8	29.5	30.0	31.8	31.0	34.6	33.5	34.5	35.2	38.2					
4	32.6	34.9	35.5	34.4	33.7	34.4	35.2	35.5	35.3								

### 3. Condición de los taludes

Los resultados obtenidos del análisis de estabilidad de taludes evidencian condiciones estables para los taludes ( $FS \geq 1.2$ ). Existen zonas en el cuerpo de los taludes desprovistos de vegetación.

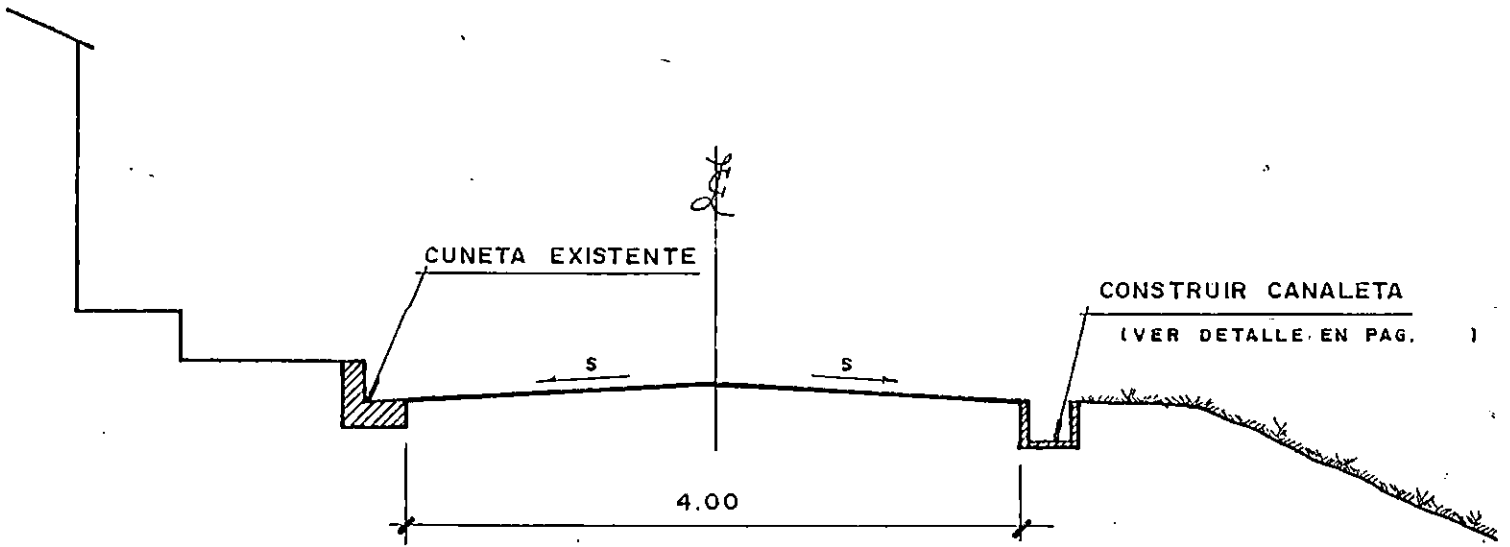
Los caídos (gradas o terracetas) son producto de la falta de vegetación y la acción de la escorrentía superficial, sobre un estrato en condición suelta. Este fenómeno no incide en la estabilidad de los taludes ya que esta condición se da a nivel superficial.

En el análisis de estabilidad de taludes los resultados obtenidos son 1.32, 1.19 y 1.18, para el perfil A-A (estable). Para el perfil B-B los resultados son 1.33, 1.24 y 1.13 considerándose estable.

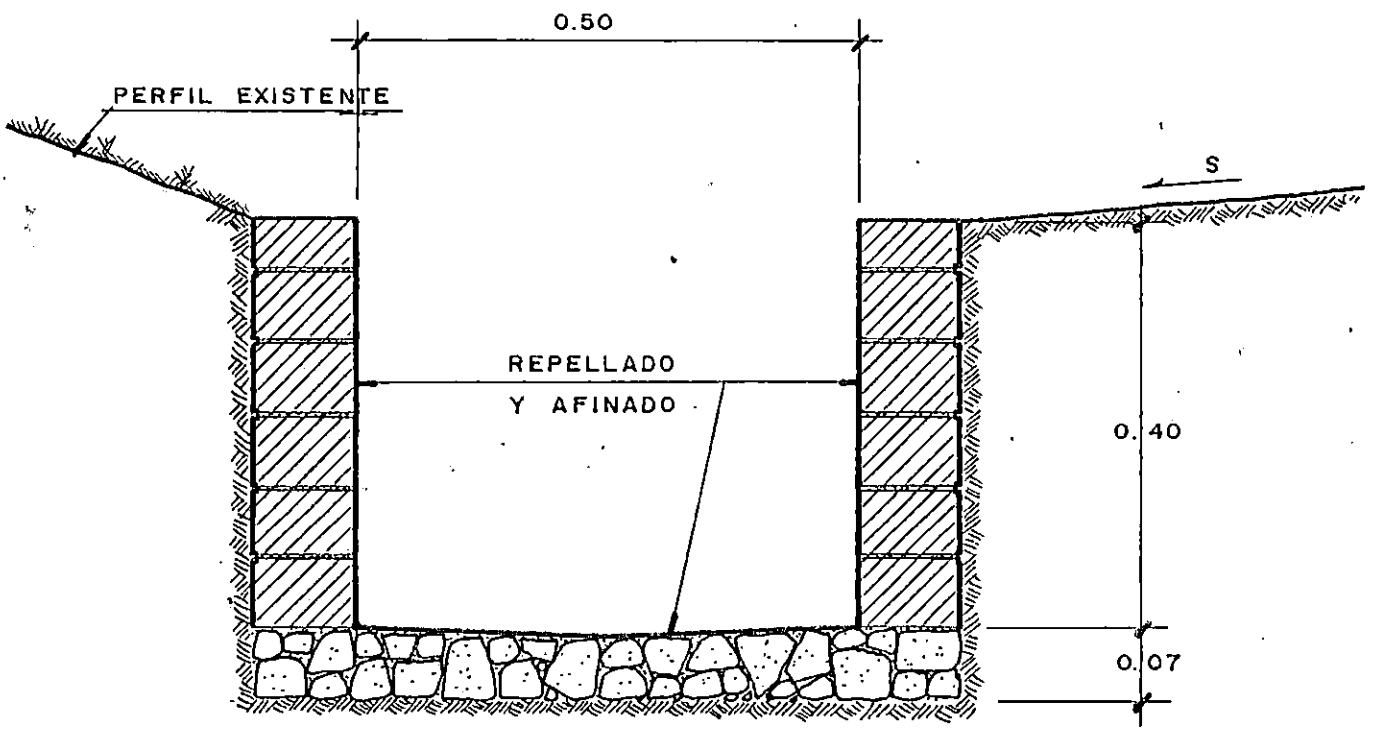
### 4. Soluciones propuestas

En general, los taludes presentan condiciones de estabilidad; por lo cual, las recomendaciones son enfocadas a los problemas erosivos existentes en ellos.

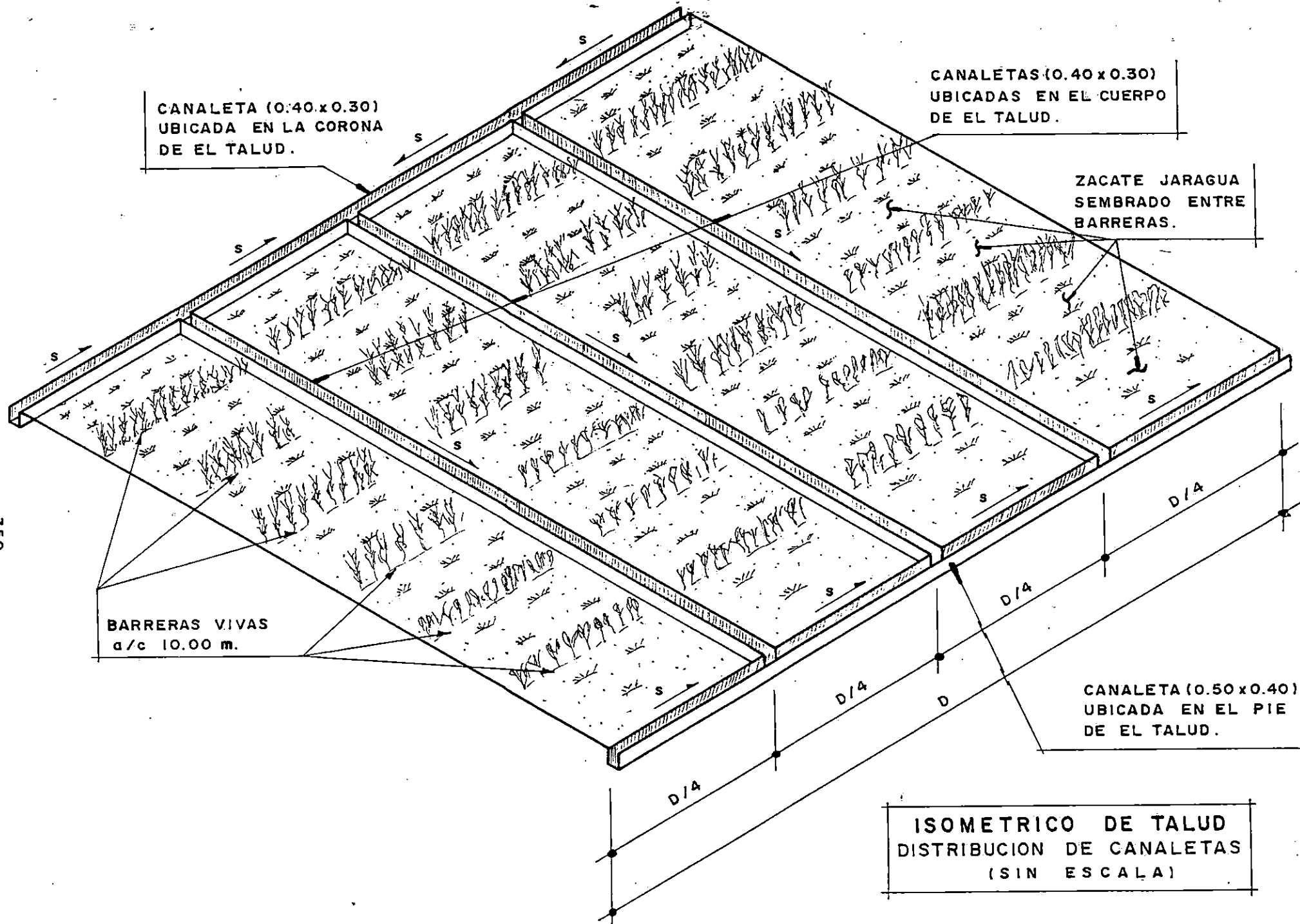
- a) Mejorar las obras de recolección de aguas pluviales del Pasaje No. 1 con canaletas según se detalla:



SECCION TRANSVERSAL DE PASAJE No. 1 ESCALA 1:50



DETALLE DE CANALETA UBICADA AL PIE DE LOS TALUDES ESC. 1:7.5



Construir tres canaletas escalonadas repartidas a igual distancia horizontal, transversalmente a los taludes, tal que recojan el agua pluvial del Pasaje No. 1; al mismo tiempo, esta será recolectada a una canaleta, ubicada al pie de los taludes, con sección de 0.50 m de ancho x 0.4 m de ancho x 0.40 m de alto (ver detalle, pag. 349).

- b) Construir en la superficie del cuerpo de los taludes barreras vivas dobles o triples con hileras de plantas perennes y de crecimiento denso, sembradas a través de la pendiente del terreno, en contorno o curvas de nivel, su función será reducir la velocidad del agua de escorrentía y disminuir el arrastre del suelo. Las áreas entre barreras serán protegidas con zacate jaraguá (ver detalle Pág. 350).

## COLONIA GUADALUPE

### 1. Condiciones del sub-suelo

El subsuelo está constituido por materiales heterogéneos y misceláneos, consistentes en suelos granulares tales como arenas limosas (SM), limos arenosos

(ML), grava mal graduada (GP), arenas pomíticas (SP), arenas arcillosas (SC), localizándose un estrato de espesor igual a 2.00 mt de material orgánico en la zona del sondeo 4.

En la zona del sondeo 3 se localiza un estrato de espesor igual a 3.00 mts de mezcla de arena con arcilla.

La compacidad en condiciones de suelto a muy suelto se encuentra en la zona de los sondeos 1,2 y 4 desde 0.00 mts. hasta una profundidad de 3.00 mts.

La capacidad de carga de esta comunidad los resultados obtenidos son de 0.612 a 0.884 Kg/cm<sup>2</sup>, similares a los resultados obtenidos la comunidad La Roca.

Los contenidos de humedad criticos del suelo son los siguientes:

Sondeo No.	Prof. (m)	W <sub>máx</sub> (%)	Condición
1	3.50-8.50	62.6	Saturado
2	3.50-4.50	44.9	Saturado
3	5.50-7.50	49.5	Saturado
4	3.50-4.00	49.5	Saturado

En la zona de los sondeos 1 y 2 se encuentran estratos con alto contenido de materia orgánica (mayores que 2.5%),



## PARAMETROS OBTENIDOS

COMUNIDAD GUADALUPE

### VALORES DE "N"

SONDEO	PROFUNDIDAD																
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
1	2	4	5	7	7	9	4	9	9	12	13	12	14	16	18	24	42
2	7	6	6	15	8	19	19	27	23	35	29	18	24	19	16	12	35
3	11	14	17	17	26	27	46	38									
4	3	3	6	5	16	22	30	21	15	25	27	46	57	47			

### CONTENIDO DE HUENDAD (%)

SONDEO	PROFUNDIDAD																
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
1	34.20	24.30	34.10	29.50	27.30	31.30	36.00	47.30	31.70	43.30	43.4	52.90	62.60	55.60	53.90	29.60	42.00
2	35.90	37.90	27.00	42.00	23.70	29.80	38.80	36.80	44.90	28.20	38.1	44.50	37.00	37.70	39.60	28.10	32.20
3	26.90	28.40	28.10	34.40	30.20	27.70	29.8	49.50									
4	26.00	33.00	38.90	29.80	30.3	42.80	39.30	45.20	49.50	29.80	26.5	28.90	28.60	29.40			

### CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DEL SUELO (kg/cm<sup>2</sup>)

SONDEO	PROFUNDIDAD																
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
1	0.20	0.40	0.50	0.70	0.70	0.90	0.40	0.90	0.90	1.20	1.30	1.20	1.40	1.60	1.80	2.40	4.20
2	0.70	0.60	0.60	1.50	0.80	1.30	1.90	2.70	2.30	3.50	2.90	1.80	2.40	1.90	1.60	1.20	3.50
3	1.10	1.40	1.70	1.70	2.60	2.70	4.60	3.80									
4	0.30	0.30	0.60	0.50	1.60	2.20	3.00	2.10	1.50	2.50	2.70	4.60	5.70	4.70			

### ANGULO DE FRICCION INTERNA $\phi$ EN GRADOS

SONDEO	PROFUNDIDAD																
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
1	28	28	28	29	29	29.8	28	29.8	29.8	30.4	30.6	31.4	31	31.4	31.8	32.6	35.6
2	29	28.7	28.7	31.2	29.5	30.6	31.9	33.3	32.6	34.5	33.6	31.8	32.8	31.9	31.4	30.4	34.5
3	30.2	31	31.6	31.6	33.2	33.3	36.2	34.9									
4	28	28	28.7	28	31.4	32.5	33.7	32.3	31.2	33	33.3	36.2	37.7	36.4			

los cuales se presentan a continuación:

Sondeo No.	Profundidad (m)	% Mat. Orgánica
1	3.00-4.00	3.98
2	0.00-1.00	3.94

El subsuelo esta constituido también por suelos con características plásticas de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Sondeo No.	Profundidad (mts)	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
1	7.50-8.00	44.1	24.5	19.6
2	8.00-8.50	39.4	32.7	4.50

## 2. Condiciones de drenaje

El tipo de drenaje es de escorrentía superficial por medio de canaletas a ambos lados en los pasajes localizados a lo largo de los taludes, no existe alcantarilla sanitaria, la eliminación de escretas es por medio de letrinas tipo fosa profunda.

El agua que escurre de la parte superior de los taludes

produce erosión y socavación en la parte baja de estos.

### 3. Condición de los taludes

Del análisis efectuado para la estabilidad de los taludes, resulta inestable el talud correspondiente al perfil A-A, ( $F_s \leq 1.2$ ) causado por la fuerte inclinación, y la falta de confinamiento lateral al pie del mismo, resultado de otros deslizamientos ocurridos en el mismo sitio

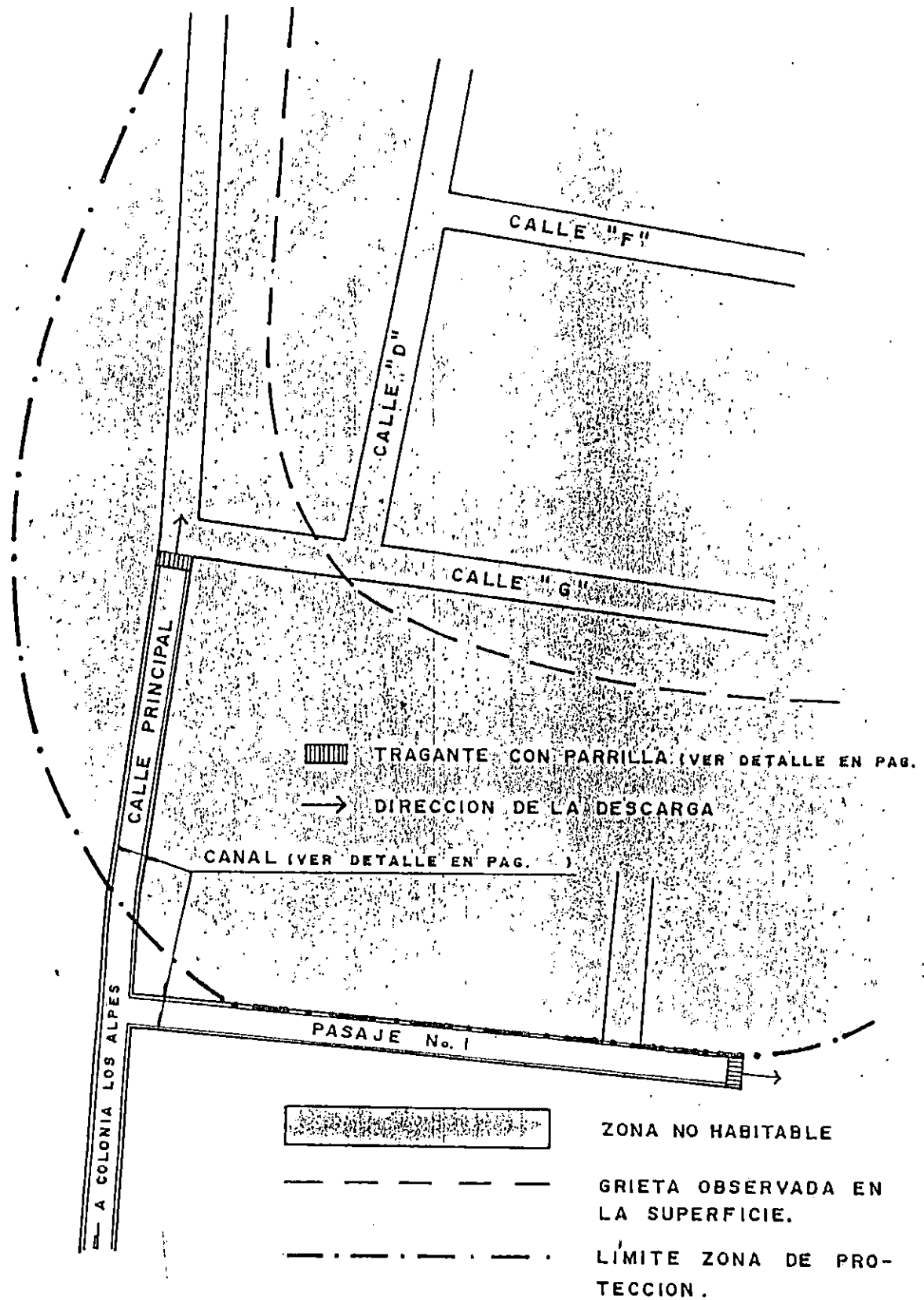
Los taludes correspondientes a los perfiles B-B y C-C poseen características de estabilidad ( $F_s \geq 1.2$ ).

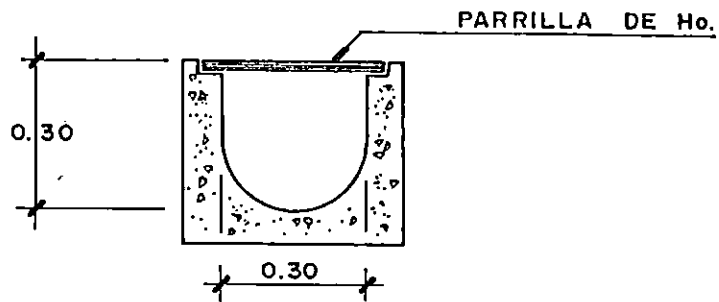
Los factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad de taludes son: 0.99, 0.97 y 0.95 para el perfil A-A (inestable). Para el perfil B-B los valores obtenidos son: 2.04, 1.61 y 1.63 (estable). Para el perfil C-C los valores son: 1.64 y 1.66 (estable).

### 4. Soluciones propuestas

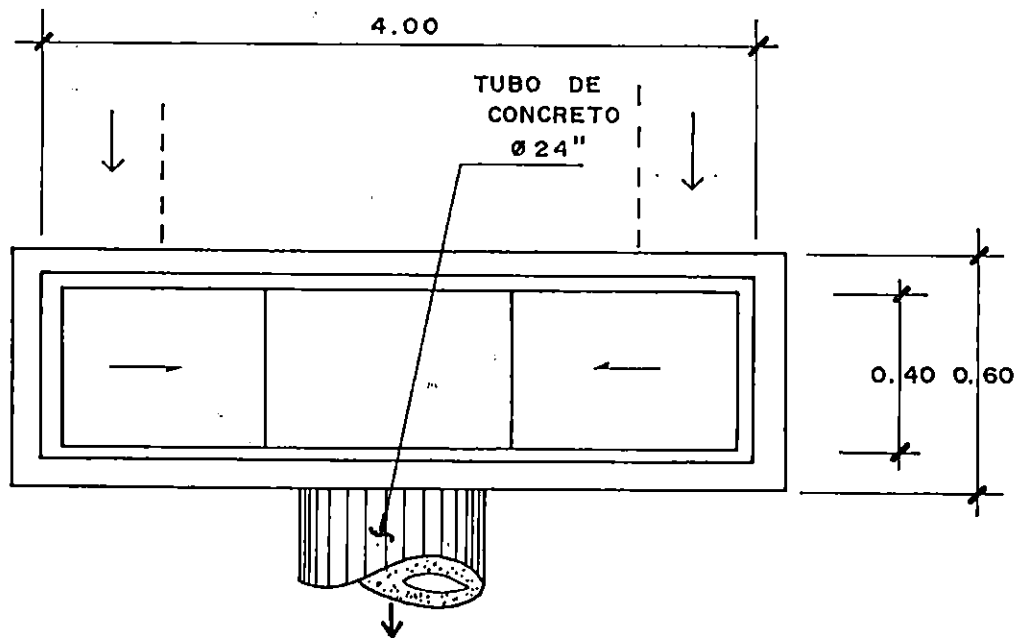
#### 1. Delimitar una zona de protección.

Como resultado del análisis de estabilidad de los taludes, se determina una zona de alto riesgo (ver plano

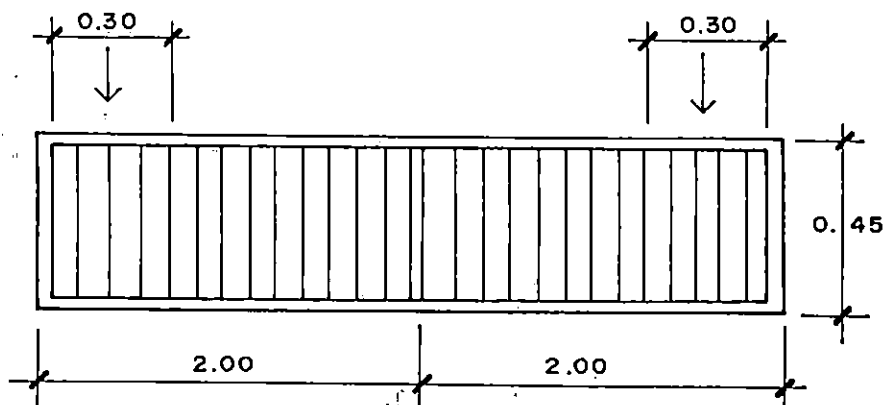




SECCION DE CANAL DE  
AGUAS LLUVIAS. SIN ESC.



PLANTA DE TRAGANTES DE  
AGUAS LLUVIAS A UBICARSE  
EN PASAJES. SIN ESCALA



PARRILLA DE TRAGANTES EN  
PASAJES. SIN ESCALA

anexo); por consiguiente, se delimita una zona de protección en la cual las viviendas existentes dentro de esta zona tendrán que ser reubicadas a sectores que cumplan por lo menos con los requisitos mínimos de seguridad y servicialidad. En caso de reubicar estas viviendas en zonas dentro y/o cercanas a la Comunidad, deberá tomarse en consideración las siguientes recomendaciones:

- a) Cimentar las viviendas a una profundidad igual a 0.50 m. bajo el nivel de piso terminado.
- b) Utilizar los sistemas de solera "corrida" y mampostería de bloque de concreto para la construcción de fundaciones y paredes respectivamente.
- c) Recompatar la superficie de cimentación y colocar una capa de suelo-cemento de 40 cms. de espesor en proporción volumétrica 20:1, y con un ancho igual a dos veces el ancho del cimiento.

El suelo-cemento deberá compactarse adecuadamente en capas no mayores de 15 cm. de espesor.

- 2- Mejorar condiciones de drenaje pluvial en los pasajes.

Con el propósito de disminuir la velocidad con la que se están deteriorando los taludes a causa de la erosión, se recomienda reparar el sistema de drenaje pluvial en los pasajes a través de canaletas en ambos lados. Al final de cada pasaje construir una canaleta transversal con parrilla que recoja el agua de las canaletas, la cual será drenada por el sistema de alcantarillas, hasta una zona donde no perjudique el suelo a causa de la erosión y socavación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONSIDERACIONES GENERALES

- 1- Actualmente, un obstáculo que encuentran las comunidades marginales para cambiar sus condiciones de habitabilidad es el problema de la tenencia de las tierras; estas han perdido su valor comercial, ya que no son consideradas en la oferta y la demanda; además, algunas están condicionadas por las características naturales propias del terreno.
- 2- Los trámites para la obtención de la tierra urbana en propiedad, son engorrosos y tardados. Su precio no se valúa tomando en cuenta las condiciones socio-económicas de la población.
- 3- El déficit habitacional es creciente y desigual. Según MIPLAN, en la actualidad la producción de vivienda tipo mínima destinada para la población de menores ingresos económicos ha sido insuficiente para cubrir la necesidad

de nuevas viviendas solo para el crecimiento de la población denominada marginal.

- 4- El financiamiento para la construcción de viviendas, carece de mecanismos que permitan la accesibilidad a créditos para la construcción de viviendas populares, los trámites que se siguen son engorrosos y tardados. Además, hay una serie de requisitos que no reúne la población marginal, para ser sujetos de financiamiento. El problema del financiamiento popular es de carácter estructural, por lo que debe ser relacionado con otros aspectos tales como: tenencia de la tierra, nivel de ingresos, etc., por consiguiente se considera que hay que generar modelos de financiamiento para vivienda, tendientes a mejorar la calidad de vida de la población marginal apegados a la realidad nacional.
  
- 5- Urge crear e impulsar programas efectivos de participación en los cuales los habitantes de las zonas marginales formen parte de la reconstrucción de sus propias viviendas, ya que hay muchas comunidades en las cuales los problemas de vivienda, servicios básicos, mejoras físicas, organización, etc., pueden ser resueltos satisfactoriamente por sus propios habitantes.

## CONCLUSIONES

- 1- Un alto porcentaje de las comunidades en San Salvador se ubican en las riveras de los ríos, quebradas, partes bajas de los cerros y en general en zonas no aptas para la construcción de viviendas (ver ref. 19).
- 2- Los suelos de San Salvador en su mayoría están compuestos por arenas limosas y limos arenosos (tierra blanca), los cuales son susceptibles a la acción del agua como erosión, socabación, tubificación y a disminuir rápidamente su resistencia al aumentar el contenido de la humedad hasta el grado de saturación.
- 3- La estabilidad del suelo es fundamental para la construcción de viviendas, ya que la seguridad y durabilidad de la estructura, depende del suelo sobre el cual esta se cimienta, y es finalmente el responsable de que se mantenga erigida, mientras las fuerzas eventuales no la vengzan.
- 4- La capacidad de carga del suelo sobre el cual se cimientan las viviendas de las comunidades marginales en el AMSS, no alcanza la admisibilidad para considerarlo

estable para las fundaciones.

- 5- La mayoría de los taludes (laderas) que son objeto de asentamientos populares, son vulnerables a los fenómenos naturales (sismo, lluvia, intemperismo, etc.).
- 6- La inestabilidad de los taludes en zonas de asentamiento popular es provocado en gran parte por el deterioro causado por la mano del hombre.
- 7- En la construcción de las viviendas en las comunidades estudiadas no se realizaron las medidas correctivas al suelo a fin de mejorar sus propiedades mecánicas.
- 8- Las características y propiedades físico-mecánicas desfavorables de los suelos de el AMSS varían de un lugar a otro. Así mismo, los problemas en determinadas zonas presentan esta misma tendencia, por lo que no es posible tipificar las soluciones presentadas a la problemática del suelo en las comunidades.  
En consecuencia, según sea la naturaleza del problema en el suelo, así serán las recomendaciones en la solución de los problemas.

9- La restitución de suelos, cuando estos carecen de propiedades aceptables para soportar cargas gravitacionales y dinámicas, esta constituye una solución eficiente para minimizar los asentamientos potenciales en el terreno, y garantizar la estabilidad de la cimentación. El objetivo será lograr un estrato compacto, capaz de soportar las cargas de diseño sin provocar variaciones de volumen.

10- En base a los parámetros del suelo obtenidos en el laboratorio, se concluye que la capacidad de carga de los suelos sobre el cual se ubican los asentamientos populares de el AMSS es baja y no apta para la construcción de viviendas, debido a que:

- a) No se realizaron trabajos correctivos del suelo previos a la construcción de viviendas.
- b) Estas comunidades no cuentan con la infraestructura adecuada para una eficiente recolección y evacuación de las aguas lluvias, servidas y negras.

11- De los resultados del análisis de estabilidad de taludes se concluye que: aunque se observen condiciones físicas desfavorables de los taludes (laderas), no implica que estos sean inestables (ver resultados del análisis de estabilidad de taludes Cap. IV). Por ejemplo en la Comunidad Saprisa los taludes son estables y el problema es de protección superficial.

## RECOMENDACIONES

- 1- Establecer políticas tendientes a solucionar el problema de vivienda de la población de más bajos ingresos, a través de programas ejecutados por las ONG'S.
- 2- Debido a que en el AMSS predominan los suelos arenosos y/o limosos, se recomienda dar una adecuada protección a los taludes (laderas), por medio de revestimientos vegetales.
- 3- Si se pretende utilizar el suelo como agente estabilizante, debe considerarse la utilización de suelos que se encuentren en las cercanías de la comunidad, de manera que resulte económico el procedimiento de restitución de suelo. Preferentemente el suelo debe ser SM o ML (tierra blanca) libre de materia orgánica.
- 4- Es recomendable desarrollar un estudio a nivel del AMSS, para la demarcación de zonas de alto riesgo en las cuales no debe o debería existir viviendas. Este estudio deberá ser resultado de un esfuerzo conjunto de las siguientes instituciones: MOP, FNV, FONAVIPO, VMVDV, MIPLAN, COEN.

5- El sistema de recimentación mediante la restitución de suelo bajo la estructura existente, exige una supervisión muy cuidadosa, y un minucioso análisis de las cargas soportadas, para el adecuado apuntalamiento de la estructura en el momento de realizarse la restitución con el objeto de evitar asentamientos diferenciales. Por tanto se recomienda un estricto control de supervisión durante la ejecución de los procesos constructivos para mejorar las condiciones mecánicas de los suelos que así lo requieran.

6- En el caso de asentamientos populares ubicados sobre suelos de muy baja capacidad de carga, altos contenidos de materia orgánica, basura, ripio, son aplicables las soluciones particulares expuestas en este Trabajo de Graduación que se refieren a la Comunidad El Nazareno.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.0 C.W. Dunham. (1969). Cimentaciones de Estructuras. Segunda Edición. Mc. Graw Hill.
- 2.0 Mecánica de Suelos. (1974). Instructivo para Ensayo de Suelos. Secretaría de Recursos Hidráulicos de México.
- ✓ 3.0 Caledonio Romero, Ana María. y otros. (1984). Estudio de las Propiedades Mecánicas de los Suelos en el Area Metropolitana de San Salvador. Trabajo de Graduación Ing. Civil. UPES.
- 4.0 Zepeda Cerrato, José Humberto. y otros. (1970). Análisis de Estabilidad de Taludes Aplicados a Presas de Tierra. Proyecto de Graduación Ing. Civil. UES.
- 5.0 Burgos Oviedo, Ricardo. y otros. (1974). Aplicaciones de la Mecánica de Suelos a Problemas Prácticos de Ingeniería. Seminario de Graduación Ing. Civil. UES.
- 6.0 George B. Sowers and George F. Sowers. (1972). Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Editorial Limusa. México.

- 7.0 Juárez Badillo - Rico Rodríguez. (1970). Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Tomo I. Editorial Limusa. México.
- 8.0 D.P. Krynine and W.R. Judd. (1957). Principios de Geología y Geotécnia para Ingenieros. Editorial Mc Graw Hill.
- 9.0 Juárez Badillo - Rico Rodríguez. (1979). Mecánica de Suelos Tomo II. Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos. Editorial Limusa. México.
- 10.0 Raph B. Peck. (1974). Ingeniería de Cimentaciones. Editorial Limusa. México.
- 11.0 Landaverde Quijada, José Miguel. y otros. (1976). Estudios de Suelos Compactados en el Area de San Salvador. Seminario de Graduación Ing. Civil. UES.
- 12.0 Paz Alegria, Alvaro. (1974). Aplicaciones de la Mecánica de Suelos a Problemas Prácticos de Ingeniería. Seminario de Graduación Ing. Civil. UES.

- 13.0 Harrouch Herrarte, David. y otros. (1982). Algunas Aplicaciones Prácticas de los Sondeos y Perforaciones en obras de la Ingeniería Civil. Trabajo de Graduación Ing. Civil. UES.
- 14.0 Ramírez Menjívar, Juan Tobías. y otros. (1990). Restitución y Estabilización de Suelos. Trabajo de Graduación Ing. Civil. UES.
- 15.0 Córdova Velázquez, Carlos Atilio. y otros. (1992). Criterios Básicos para el Análisis y Diseño de Obras de Protección en Proyectos de Urbanización. Trabajo de Graduación Ing. Civil. UES.
- 16.0 Alas López, José Humberto. y otros. (1982). Análisis de la Problemática Habitacional de los Asentamientos Populares. Tesis Ing. Civil. UCA.
- 17.0 Montes, Segundo. (1981). El Agro Salvadoreño (1973-1980). Boletín del Departamento de Ciencias Políticas de la UCA.
- 18.0 Gómez Menjívar, José René. y otros. (1985). Rehabilitación de la Comunidad Marginal La Roca. Tesis Ing. Civil UCA.

19.0 Ministerio de Obras Pública. VMVDU. Informe de la Producción e Inversión en el Sector Vivienda 1989. Plan Quinquenal de la Vivienda (1989 a 1994).

20.0 Ministerio de Obras Públicas. VMVDU. Informe del Primer Semestre de la Producción e Inversión en el Sector vivienda. (1989). Plan Nacional de la Vivienda 1990-1994.

21.0 FUNDASAL. (1988). Primer Congreso Habitat y Cambio Social. Memoria Compilada. San Salvador.

22.0 FUNDASAL (1991). Segundo Congreso Habitat y Cambio Social. Memoria Compilada, San Salvador.