

T
553.6
M425.



ESCUOLA SUPERIOR POLITÉCNICA
DEL LITORAL

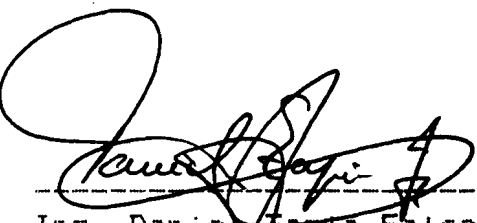
FACULTAD DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y
PETROLEOS

"ESTUDIO DE LA COMPACTACION DE LOS SUELOS RESIDUA--
LES EN EL PROYECTO HIDRAULICO SOBRE EL RIO BABA."

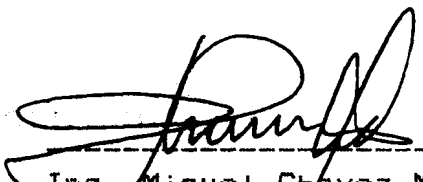
TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO GEOTECNICO
PRESENTADA POR
DAVID ENRIQUE MATAMOROS CAMPOSANO

GUAYQUIL - ECUADOR

1987



Ins. Daniel Tapia Falcon
Decano de la FIGMP



Ins. Miguel Chavez Moncayo
Director de Tesis



Ins. Raúl Maruri Diaz
Miembro del Tribunal



Ins. Julián Coronel Ramirez
Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Miguel Angel Chavez por haber inspirado a la idea para la realización de este trabajo. A todos los profesores de la especialización de Ingeniería Geotécnica en la Facultad de Geología, Minas y Petróleos, por haber compartido sus conocimientos con mi persona. Y a la ESPOL por haberme acogido en su seno.

DEDICATORIA

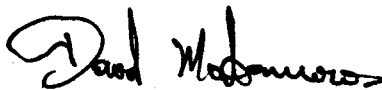


A MIS PADRES
A MIS HERMANOS
A MI ESPOSA
A MI HIJA

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral."

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)



DAVID ENRIQUE MATAMOROS CAMPOSANO

RESUMEN

Los suelos residuales estudiados se encuentran distribuidos en las márgenes del río Baba a unos 40 kms. de la ciudad de Quevedo, hacia el norte; y conformarán una parte del cuerpo de la presa que se proyecta construir en ese mismo punto; siendo esta presa, al igual que el proyecto "Daule-Peripa", otra obra de desarrollo de la Cuenca del Río Guayas.

Para realizar el estudio, se recolectaron varias muestras a las cuales se sometió a varios ensayos de compactación, determinación de diversas propiedades geomecánicas, así como la determinación de su contenido mineralógico. Después de procesar los resultados experimentales, se encontraron varias constantes, las cuales ayudaron a clasificar de una manera real estos suelos y a visualizar mejor el comportamiento geotécnico de los mismos.

En base a los resultados obtenidos en estos estudios y a otros estudios realizados anteriormente en este mismo tipo de suelos, se logró confirmar el buen comportamiento que presentan al momento de usarlos como material de construcción en las obras geotécnicas que requieran el uso de los mismos, siempre y cuando se tomen ciertas precauciones y condiciones preestablecidas en este estudio.

INDICE GENERAL

	Pag.
Resumen	VI
Indice General	VII
Indice de Abreviaturas	XI
Indice de Figuras	XII
Indice de Tablas	XIV
Introducción	15
Justificación Social	15
Objetivo	17
Metodología	17
I. REVISION DE LA INFORMACION	19
1.1 Localización del área de la presa	19
1.2 Geología Regional	20
1.3 Geología Local	21
1.3.1 Formaciones Geológicas	21
1.3.2 Tectónica y Sismicidad	24
1.4 Estudios de Mecánica de Suelos realizados	24
1.5 Conocimientos teóricos sobre suelos residuales ..	28
1.5.1 Concepto	28
1.5.2 Características	29
1.5.3 Propiedades	29
1.6 Compactación de suelos residuales en otros	
lugares	30
1.6.1 A nivel nacional	30
1.6.2 A nivel internacional	31

1.7 Descripción General del Proyecto "Baba"	33
1.8 Procesamiento de Datos Basicos y Deducciones	
Preliminares	35
1.8.1 Origen de los Suelos Baba	35
1.8.2 Geomorfología	35
II. PROSPECCION GEOLOGICA-GEOTECNICA DE LOS SITIOS	
DE PRESTAMO	38
2.1 Ubicación de las áreas de Préstamo	38
2.2 Prospección mediante calicatas y barrenado	38
2.3 Procedimiento de muestreo	39
2.4 Descripción de la litología encontrada en las zonas de préstamo	40
2.5 Zonificación Preliminar de las áreas de prés- tamo	43
III. ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS RESIDUALES	45
3.1 Selección del tipo de ensayo de laboratorio	45
3.2 Determinación de las propiedades índice y geo- mecánicas	46
3.2.1 Humedad Natural	46
3.2.2 Gravedad Específica	47
3.2.3 Límites de Atterberg	48
3.2.4 Análisis Granulométrico e Hidrométrico	50
3.3 Clasificación de los suelos segun la Carta de plasticidad	51

	Pag.
3.4 Ensayos Proctor Estandar	52
3.5 Ensayos Proctor Modificado	53
3.6 Ensayos CBR	56
3.7 Ensayos Proctor No normalizados	61
3.8 Ensayos diversos: Análisis Mineralógico y otros	64
3.8.1 Análisis Mineralógico	64
3.8.2 Análisis Térmico Diferencial	65
3.8.3 Ensayo al Azul de Metileno	67
IV. PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES ...	72
4.1 Determinación de una línea de plasticidad pa- ra estos suelos	72
4.2 Clasificación real de los suelos residuales en el área de préstamo	74
4.3 Criterio para la obtención de una densidad se- ca máxima real	76
4.4 Influencia de los constituyentes mineralógicos de los suelos residuales Baba en el comporta- miento de los mismos	80
4.5 Otras correlaciones	81
4.5.1 Identificación mineralógica en base a la Carta de Plasticidad	81
4.5.2 Identificación Mineralógica en base a la actividad de las arcillas	83
4.5.3 Relación de vacíos y Porosidad vs. la hume-	

	Pag.
dad de compactación	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
APENDICES	88
BIBLIOGRAFIA	138



BIBLIOTECA

INDICE DE ABREVIATURAS

A	= Actividad de las arcillas
AASHO	= American Association of State Highway Officials
ASTM	= American Standard of Testing Materials
CBR	= California Bearing Ratio
CEDEGE	= Comisión de Desarrollo de la Cuenca del Guayas
CH	= Arcilla de alta plasticidad
CL	= Arcilla de baja plasticidad
e max	= Relación de vacíos máxima
e min	= Relación de vacíos mínima
G s	= Gravedad específica de los sólidos
IP	= Índice de plasticidad
LL	= Límite Líquido
MH	= Limo de alta plasticidad
ML	= Limo de baja plasticidad
n	= Porosidad
R c	= Relación de Compactación
S	= Grado de Saturación del suelo
S max	= Grado de Saturación máxima del suelo
VA	= Valor de azul de Metileno
γ_d	= Densidad seca del suelo
γ_d max	= Densidad seca máxima del suelo
γ_m	= Densidad húmeda del suelo
ω	= Contenido de humedad natural
ω_o	= Contenido de humedad inicial
ω_{opt}	= Contenido de humedad óptimo

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCION	PAG.
3.1	Variación mensual del contenido de humedad natural en los suelos residuales "Baba"	47
3.2	Clasificación de los suelos residuales "Baba" de acuerdo a la carta de plasticidad	54
3.3	Influencia del secado previo de la muestra sobre la clasificación de estos suelos	54
3.4	Influencia del secado previo de la muestra sobre el ensayo Proctor Estandar	55
3.5	Curva del ensayo Proctor Modificado	55
3.6	Variación de la carga de penetración del pistón en el ensayo CBR, para una muestra compactada según el ensayo Proctor Modificado	59
3.7	Variación de la carga de penetración del pistón en el ensayo CBR, para una muestra compactada según el ensayo Proctor No normalizado B	59
3.8	Variación del CBR de acuerdo a la humedad de compactación de la muestra	60
3.9	Variación del CBR de acuerdo a la densidad seca de la muestra compactada	60
3.10	Curva del ensayo Proctor A	62
3.11	Curva del ensayo Proctor B	63
3.12	Curva del ensayo Proctor C	63

FIGURA	DESCRIPCION	PAG.
3.13	Curvas del Análisis Térmico Diferencial	68
3.14	Relaciones lineales usadas en el ensayo al azul de metileno	71
4.1	Clasificación de los suelos residuales "Baba" de acuerdo a una línea de plastici- dad obtenida en la zona	75
4.2	Curvas de compactación variando la energía de compactación	79
4.3	Relación de compactación respecto al ensa- yo Proctor Modificado	79
4.4	Identificación Mineralógica de acuerdo a la carta de plasticidad	82
4.5	Curva de relación de vacíos y porosidad en función de la humedad de compactación	85

INDICE DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCION	PAG.
1.1	Columna litológica de las formaciones presentes en la zona de estudio	26
1.2	Parámetros geomecánicos obtenidos en estudios anteriores	27
3.1	Variación mensual del contenido de humedad natural	47
3.2	Influencia del secado previo de la muestra sobre los límites de Atterberg	49
3.3	Límites de Atterberg de las tres capas de suelos residuales existentes en Baba	49
3.4	Valores obtenidos en el ensayo CBR para los dos tipos de energía de compactación utilizados	58
3.5	Contenido mineralógico de estos suelos	65
4.1	Relación de compactación respecto al ensayo Proctor Modificado	78
4.2	Actividad de diferentes minerales arcillosos conocidos	83
4.3	Identificación mineralógica de los suelos "Baba" en base a la actividad	84

yecto en importancia y la única posibilidad de embalsamiento en la subcuenca del río Vinces constituye justamente la presa Baba.

Consecuentemente, el proyecto, el cual estamos tratando, se constituirá en un proyecto para ejecución en los próximos años por lo que es necesaria la participación de una tecnología nacional la cual ha venido incrementándose desde la pasada década; constituyendo este hecho, un aspecto muy importante para la reducción de los costos de estudio, diseño y construcción de tales obras, dadas las condiciones económicas del país.

Uno de los rubros más importantes en la construcción de presas de tierra, según ha sido prediseñado para el proyecto Baba, constituye la explotación y acarreo de los suelos de mayor volumen en el cuerpo de la presa. Si se establece una comparación con el cuerpo de la presa Daule-Peripa, se encontrará que en dicho proyecto se está utilizando materiales transportados desde varias decenas de kilómetros al sitio de obra, encareciendo notablemente los costos de construcción.

El cuerpo de la presa Daule-Peripa pudo haberse construido con suelos residuales que se encuentran en cantidades abundantes en el área de presa, sin embargo existieron dudas respecto al comportamiento de estos suelos por lo que no fueron utilizados.

Justamente, esta investigación tiene como finalidad permitir la utilización de los suelos residuales del área del proyecto de presa Baba.

OBJETIVO

El presente trabajo pretende obtener resultados confiables a partir de una investigación, tanto de campo, como de laboratorio. Se trata de presentar las posibles soluciones al problema que entraña la compactación de los suelos residuales, mediante la determinación de relaciones experimentales y un análisis deductivo de la información existente.

METODOLOGIA

El desarrollo de este tema de investigación seguirá un proceso evolutivo y secuencial en toda su existencia; teniendo como guía de trabajo los siguientes pasos:

1. Revisión exhaustiva de la bibliografía existente en relación al área del proyecto hidráulico Baba y al estudio del comportamiento de suelos residuales en obras similares.
2. Procesamiento de la información obtenida en la etapa anterior y elaboración de deducciones preliminares.
3. obtención de muestras representativas de los diferentes tipos de suelos de la zona a través de salidas de campo.
4. Obtención de parámetros geomecánicos y propiedades índices de los suelos a través de ensayos de laboratorio generales realizados en las muestras obtenidas en el campo.
5. Realización de ensayos de compactación en el laboratorio tanto normalizados sobre muestras casi inalteradas de suelos y muestras preparadas de mezclas de suelos.
6. Análisis y procesamiento de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y especialmente de los ensayos de com-

pactación.

7. Elaboración de las conclusiones respecto al comportamiento de los suelos residuales frente a la compactación, y formulación de las respectivas recomendaciones y posibles soluciones que se den al problema.

Cabe señalar que el presente estudio no es el único que se ha hecho en este proyecto hidráulico, existiendo investigaciones anteriores realizadas por CEDEGE(4) y por la ESPOL(17) y la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL(6), las cuales han señalado caminos a seguir en el tema específico tratado en esas investigaciones. La meta principal de este trabajo no es competir ni repetir investigaciones anteriores, sino servir de complemento a todos los estudios ya realizados en el proyecto hidráulico Baba.



BIBLIOTECA

I. REVISION DE LA INFORMACION

1.1 LOCALIZACION DEL AREA DE PRESA

Los estudios anteriormente realizados en la zona del proyecto se dedicaron entre otras cosas a seleccionar el sitio definitivo de implementación de la presa sobre el río Baba.

El presente trabajo toma como punto de partida, el sitio de presa seleccionado en la investigación hecha por CEDEGE. Según las conclusiones obtenidas en este trabajo, el cuerpo de la presa se lo implementaría, debido a las óptimas condiciones geológicas y geotécnicas, en el sitio signado como alternativa BC2, sobre el río Baba a unos 40 kms. al noreste de la ciudad de Quevedo, en línea recta (ver planos No. 1 y 1a).

Topográficamente, la presa estaría implementada en las siguiente coordenadas:

79° 25' 23" Longitud Oeste

0° 40' 16" Latitud Sur

Y el área de embalse estaría dentro de lo que se denomina la Subcuenca del río Quevedo, ubicada al Noroeste de la Cuenca del río Guayas (ver plano No. 1).

Debido a la cercanía con la carretera Quevedo-Sto. Domingo el acceso al sitio de presa se lo puede hacer de la siguiente manera: viajando de Quevedo a Santo Domingo, se toma un desvío existente a la altura del km. 41 en la población Atahualpa hacia la derecha; de ahí se continúa por

un camino de aproximadamente 3.5 kms. de longitud hasta llegar al sitio de presa (ver plano No. 1a). El camino es bueno en el verano y regular en el invierno.

1.2 GEOLOGIA REGIONAL (4)

A gran escala el área del proyecto se encuentra ubicado en la parte Noroccidental de la Cuenca del río Guayas, la misma que constituye una depresión tectónica que está directamente relacionada tanto con la cordillera de los Andes como con las cordilleras costeras que constituyen los límites oriental y occidental respectivamente. El límite norte constituye la llamada Cuenca Esmeraldas. Toda el área es circundada por numerosos ríos y riachuelos de regular importancia, convirtiendo a la zona en una gran llanura aluvial (ver plano No. 3).

El proyecto Baba es incidido más directamente por la Cordillera Occidental de los Andes, en donde se origina su cuenca de drenaje, en términos globales, la Cuenca del río Guayas constituye una gran cubeta de depositación cuyo basamento rocoso está conformado por rocas básicas y ultrabásicas de fondo marino conocidas como Complejo Piñón (edad Jurásica). Sobre este basamento se han depositado a través de los tiempos geológicos tanto sedimentos terciarios como cuaternarios, a manera de depósitos aluviales como también depósitos coluviales, siendo obviamente estos últimos los más superficiales. En el área de nuestro interés los sedimentos depositados se han originado directa-

mente en las rocas ígneas intrusivas y extrusivas que conforman la Cordillera Occidental de los Andes.

Debido a la relativa poca distancia de transporte, los sedimentos son clásticos y angulosos, y difieren notablemente de otros sedimentos que se pueden encontrar en la zona baja de la Cuenca (Guayas) donde prevalecen los suelos transportados, principalmente suelos finos.

Uno de los parámetros más influyentes en todo el costado oriental de la cuenca del Guayas, lo constituye el clima el cual ha incidido desde el pasado geológico en la alteración tanto de suelos como de rocas, fenómeno conocido como meteorización.

1.3 GEOLOGIA LOCAL (17)

1.3.1 FORMACIONES GEOLOGICAS

En el área del proyecto se encuentran las siguientes formaciones geológicas y depósitos de suelos: formación Macuchi, formación Baba (*), terrazas indiferenciadas, depósitos aluviales y coluviales (ver plano No. 2).

De las citadas formaciones, únicamente la formación Macuchi consiste de rocas ígneas extrusivas principalmente, en tanto que la formación Baba ha sido definida como sedimentaria volcánica, es decir que está constituida por materiales granulares clásticos originados en la formación Macuchi y que gracias a la diagénesis y su cementante arcilloso se han transformado en rocas sedimentarias, básicamente masivas y formando bancos.

(*) Esta denominación fue propuesta en el estudio de CEDEGE.

Un aspecto primordial en el área del proyecto, constituye la presencia de importantes depósitos de suelos residuales, denominados generalmente terrazas indiferenciadas. Estas terrazas no son otra cosa que acumulaciones de suelos meteorizados que se han producido por la alteración de las rocas de la formación Baba, de la formación Macuchi y en muchos casos por la meteorización de los suelos coluviales.

Los depósitos aluviales y coluviales, en especial los primeros, son las acumulaciones de suelos más recientes que se encuentran en la zona y dada la posición de la subcuenca, dichos materiales son clásticos formados por boleos, gravas y arenas medias. Una definición concreta de las formaciones geológicas y depósitos antes mencionados es la siguiente.

FORMACION MACUCHI

Se la localiza geológicamente entre el Cretácico Superior y el Eoceno. La litología de esta formación comprende rocas básicas hasta ultrabásicas, tales como andesitas, basaltos y diabasas, estas rocas varían en textura, así vemos que los basaltos se presentan con una textura afanítica, mientras que las diabasas contienen fenocristales milimétricos dándole una textura porfirítica.

FORMACION BABA

Geológicamente se la localiza entre el Terciario Super-

rior (Plioceno) y el Cuaternario Inferior (Pleistoceno). Topográficamente, se la ubica en la margen derecha del río Baba en toda su extensión. Su litología comprende las arcillas residuales rojizas en la superficie, pasando por los estratos masivos de toba aglomerática, hasta capas de arenisca tobácea y conglomerados de matriz limosa. Estos depósitos son el producto de emisiones volcánicas desde la cordillera y que han sido removidos y resedimentados por el sistema fluvial existente.

TERRAZAS INDIFERENCIADAS

Estos depósitos se los ubica en la margen izquierda del río Baba hacia la parte media inferior del embalse de la presa. Geológicamente se las localiza en el Pleistoceno. La litología de estas terrazas comprende estratos superficiales de arcilla limosa café, ceniza volcánica, tobas muy compactas y ocasionalmente lentes de conglomerados. El origen de estos depósitos es vulcano-sedimentario.

DEPOSITOS COLUVIALES Y ALUVIALES

Los depósitos coluviales se localizan hacia el Noreste y Norte de la cuenca del río Baba, y están constituidos por arcillas sueltas envolviendo clastos de roca volcánica. Los depósitos aluviales se los ubica a lo largo de todo el cauce del río y sus afluentes, y están constituidos por gravas de roca volcánica envueltas en una matriz areno-limosa.

En base a esta información geológica y otros datos de campo se puede elaborar una columna estratigráfica. La tabla 1.1 presenta la columna elaborada por CEDEGE para el estudio preliminar de la presa Baba.

1.3.2 TECTONICA Y SISMICIDAD

En el sitio del proyecto de presa Baba no existen al parecer sistemas de fallas activas (4,17), sin embargo, se conoce a nivel de tectónica regional que la cordillera Andina está controlada por grandes fallas de cabalgamiento, las cuales pueden entrar en actividad sísmica en cualquier momento.

En consecuencia, es muy necesario la realización de estudios especializados dentro del área sísmo-tectónica, los cuales no han sido realizados hasta el momento. Es indudable que las aceleraciones que puedan generarse en eventos sísmicos tendrá mucha incidencia en los análisis de estabilidad de los suelos residuales en Baba.

1.4 ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS REALIZADOS

Se han realizado estudios de suelos en los trabajos referidos anteriormente (4,6,17). En estos estudios, se lograron distinguir tres capas bien diferenciadas de suelos residuales, las cuales son:

- a) Un suelo superficial color café oscuro, de 1.0 a 1.5 m. de espesor, se presenta como un limo arcilloso de dureza al secado de media a baja, medianamente plástico.

- b) Inmediatamente después, encontramos un suelo residual de color amarillo rojizo con un espesor que fluctúa entre los 2 y 4 mt. Se presenta como una arcilla limosa plástica, de dureza alta, húmeda y de consistencia media.
- c) Por último, se presenta un suelo de color amarillo pardo con clastos de roca volcánica que se incrementan con la profundidad. Estos fragmentos se encuentran envueltos en una matriz arcillosa altamente plástica y poco húmeda.

Estos tres diferentes tipos de suelo se los sometió a los siguientes tipos de ensayo de laboratorio:

1. Contenido de humedad.
2. Obtención de los límites de consistencia (límites líquido, plástico y de contracción).
3. Análisis Granulométrico.
4. Densidad de Sólidos.
5. Ensayos de Compresión Simple.
6. Ensayos de Compresión Triaxial tipo UU.
7. Ensayos de Compactación Proctor Estandar.
8. Ensayos de Permeabilidad.

Los resultados obtenidos en los trabajos anteriores se los resume en la tabla 1.2.



ERA	PERIODO	SERIE	DESCRIPCION LITOLOGICA	DEFINICION	POTENCIA (mtr.)
C	C	H			
E	U	O	gravas y	Depósitos	?
	A	L	arenas	aluviales	
N	T	O			
	E	C	arcillas	Depósitos	
	R	E	con clastos	coluviales	?
O	N	N	superficiales		
	A				
Z	R	PLEIS	arcillas li-	Terrazas	
	I	TOCE-	mosas, tobas	indiferen-	100
O	O	NO	volcánicas.	ciadas	
I			arcillas li-		
			mosas, arenis-	Formación	100
C	TERCIA-	PLIO-	cas tobaceas,	Baba	
	RIO	CENO	conglomerados		
A					
		EOCENO	granodiorita	Intrusivo	?
MESO-	SECUN-	CRETA-	andesitas,		
ZOICA	DARIO	CICO	diabasas y	Formación	
		SUPE-	tobas bre-	Macuchi	3200
		RIOR	chosas.		

Tabla 1.1 Columna Litológica de las formaciones existentes.

TIPO DE SUELO	color café	color amari-	color amari-
\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	oscuro	llo rojizo	llo pardo
TIPO DE ENSAYO			
Profundidad(mt.)	0.00 - 1.50	1.50 - 3.50	Más de 3.50
Humedad Natural	34 % - 56 %	45 % - 74 %	33 % - 43 %
Pasante de Tamiz # 200 (%)	65 - 72	71 - 90	52 - 93
Límite Líquido (%)	39 - 50	71 - 104	100 - 120
Índice de plas- ticidad (%)	10 - 20	23 - 66	60 - 80
Límite de con- tracción (%)	21 - 27	-	-
S . U . C . S .	ML - CL	CH - MH	CH - GC
Gravedad Espec.	2.69 - 2.76	2.11 - 2.83	-
Compresión Simple (kg/cm ²)	-	1.00 - 1.55	0.31 - 1.07
Deformación (%)	-	32 - 60	43
Densida Seca Máxima (ton/m ³)	0.93 - 1.20	0.70 - 1.50	-
Humedad Opt. (%)	28 - 46	27 - 50	-
Permeabilidad (cm/seg)	5.0 * 10E-4	1.0 * 10E-4	4.0 * 10E-4
Cohesión(kg/cm ²)	0.40 - 0.60	0.50 - 1.20	-
Ángulo de fricción (°)	4 - 7	12 - 16	-

Tabla 1.2 Parámetros Geomecánicos hechos en otros estudios.

1.5 CONOCIMIENTOS TEORICOS SOBRE SUELOS RESIDUALES

Antes de pasar a describir la experiencia obtenida en otros proyectos sobre la compactación de suelos residuales es menester describir con más detalle lo que es un suelo residual.

1.5.1 CONCEPTO

Según el concepto más simple, el suelo residual es aquel suelo que se forma a partir de la meteorización de la roca in-situ y que permanece sin sufrir transporte alguno. Cuando estos suelos son formados en regiones de clima tropical, reciben el nombre de Suelos Tropicales y más aún, los suelos residuales tropicales pueden ser lateríticos o no. Para que se de un suelo laterítico existen una serie de condiciones que no siempre son satisfechas. De lo que si se puede estar seguro es de que no hay laterización fuera de las regiones tropicales. Los factores suficientes y necesarios para ocasionar la laterización (9) son:

- a) Existencia de un material rocoso parental preferentemente de composición básica a intermedia que contenga minerales del tipo ferro alumino silicatos.
- b) Cantidad y clase de vegetación y en consecuencia, materia orgánica y residuos húmicos formados.
- c) El perfil inicial de meteorización del subsuelo debe ser permeable para permitir la lixiviación.
- d) La zona debe tener una precipitación pluviométrica

alta y preferentemente de tipo monzónico.

- e) El clima debe ser cálido durante el día y frío en la noche.
- f) El nivel freático debe ser variable especialmente en donde la topografía sea plana.
- g) Los procesos de lixiviación deben ser alternados (suelo ácido - suelo alcalino)

1.5.2 CARACTERISTICAS

Existen cinco características comunes en todos los suelos residuales para poder lograr una identificación segura:

1. En la mayoría de los casos existe un considerable espesor del suelo residual.
2. El contacto suelo-roca es bastante irregular.
3. Generalmente se encuentran rocas sueltas incluidas en la matriz arcillosa.
4. Por lo general, el perfil de meteorización posee antes de llegar a la roca meteorizada, una capa de material arcilloso plástico de 2 a 5 metros de espesor.
5. Se encuentran también marcas de fracturas, las cuales se consideran como rasgos secundarios heredados de la roca madre.

1.5.3 PROPIEDADES

Los suelos residuales generalmente varían su color de marrón a rojo sin que esta propiedad sea necesariamente un parámetro de identificación de los mismos.

Además, el comportamiento físico de los suelos residuales, según pruebas hechas en el laboratorio, es totalmente diferente del comportamiento de otros tipos de suelo; y es más notorio todavía que las propiedades físicas de los suelos residuales cambian con las condiciones de ensayo, por lo que estos suelos pueden exhibir propiedades específicas cuando son probados en su estado natural, mientras que por otro lado, exhiben propiedades que son completamente diferentes cuando son ensayados después de que el material ha sido secado al aire y más aún si ha sido secado al horno.

Otra característica de estos suelos es que no soportan una manipulación excesiva ya que sus propiedades mecánicas sufren cambios irreversibles.

Todas estas propiedades descritas anteriormente, hacen del suelo residual un suelo aparentemente no apto para propósitos ingenieriles; pero en la práctica se ha demostrado que estos suelos se comportan de manera óptima siempre y cuando en la etapa de determinación de parámetros y etapa constructiva, se tomen en cuenta ciertas variantes a las especificaciones estandarizadas que se aplican a suelos transportados.

1.6 COMPACTACION DE SUELOS RESIDUALES EN OTROS LUGARES

1.6.1 A NIVEL NACIONAL

En el Ecuador, se ha logrado comprobar la funcionalidad de los suelos residuales en pocos proyectos ya que se

los compactó con cuidado y siguiendo un control específico a cada suelo. Entre los pocos proyectos de compactación y tratamiento de suelos residuales realizados con éxito en el Ecuador tenemos:

- Utilización de suelos residuales en la sub-base de la mayoría de los tramos de la vía Babahoyo-Sto. Domingo. Estos suelos fueron compactados a menos del 90% de la densidad seca máxima del ensayo Proctor Standard y hasta la actualidad la carretera se ha comportado de manera óptima y es considerada como una de las mejores y más funcionales del país. (10,15)
- Tratamiento de suelos residuales como suelo de fundación de las torres de transmisión de la línea Quevedo-Sto. Domingo (10,15)
- Tratamiento de suelos residuales como suelo de fundación de las torres de transmisión de la línea Cochancay-Suscal. (10,15)

1.6.2 A NIVEL INTERNACIONAL

Debido al avance científico y tecnológico en el campo de la Mecánica de Suelos en otros países, la posibilidad de incrementar la experiencia en la compactación de suelos residuales es grande. Muchos han sido los proyectos en los cuales el estudio de los suelos residuales ha jugado un papel preponderante, entre los cuales tenemos.

- Proyecto de carretera San Juan-Pico del Este (Puerto Rico). Carretera de 18 kms. a través de una zona montañosa, usando suelos derivados de la descomposición

de tobas andesíticas. (12)

- Represa de Waimea (Hawaii, 1954). Los materiales del terraplen consistieron de suelos de origen volcánico. Las normas exigían compactar el suelo al 90% de la densidad máxima del ensayo Proctor Standard, pero como la humedad natural era mucho más alta que la humedad óptima y además las condiciones climáticas no permitían un secado efectivo del material, entonces no hubo más remedio que tomar la máxima densidad que se podía obtener en el campo y que representó el 50% de la densidad seca máxima del ensayo Proctor Standard del Laboratorio. Hasta la fecha dicha presa es funcional. (12)

- Proyecto de Línea Ferroviaria (Liberia). El material usado como relleno de los terraplenes es el producto de la descomposición del granito. (12)
- Presa Raúl Leoni (Venezuela). Terminada en 1986. Los materiales usados para la construcción de los diques que asegurarán la cota de embalse, corresponden a suelos derivados de la descomposición de Gneiss. (12)
- Línea de Transmisión Adrianópolis-Grajáu (Río de Janeiro-Brasil) terminada en 1978. Se usaron suelos residuales provenientes de la meteorización de Gneiss como material de fundación de las torres de transmisión. (14)
- Presa Tucuruí (región Amazónica, Brasil). Terminada en 1983. Se compactaron suelos residuales de diferen-

te origen geológico para conformar el cuerpo de la presa. (18)

1.7 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO BABA

El objetivo primordial del proyecto es el de disponer de un embalse de aproximadamente 1500 millones de metros cúbicos para así regular los caudales de los ríos existentes en la cuenca de drenaje, así como también hacer un trasvase hacia la Presa Daule-Peripa.

El cuerpo de la presa comprende una longitud aproximada de 900 metros y una altura de 50 metros, la presa estaría asentada sobre materiales aluviales (ver plano 4A).

En base a los estudios realizados, se determinó que el mayor volumen del cuerpo de la presa podría estar conformado por suelos residuales compactados obtenidos en las áreas de préstamo, circundantes al eje de la presa, los mismos que actuarían como un núcleo de gran anchura, asegurando la impermeabilidad de la presa. Los taludes a ambos lados de la presa son de 1:1 consiguiéndose así una buena estabilidad. Sobre los espaldones se dispondrá de los siguientes materiales para así conseguir una protección contra la erosión:

- a) Arena Limosa.
- b) Grava limosa.
- c) Finalmente enrocado de diametro mayor a los 30 cm.

En el diseño de la presa también se considera la construcción de una pantalla para bloquear el flujo bajo el

cuerpo de la presa; la pantalla atravesaría el aluvial hasta llegar al lecho rocoso. La pantalla estaría construida principalmente por inyecciones de cemento y bentonita.

Para asegurar el nivel de embalse (cota 150), el proyecto requeriría además de terraplenes de poca altura (diques), los cuales se asentarían sobre las gruesas capas de suelo residual. Las alturas de estos terraplenes variarían entre los 5 y los 20 metros; y los materiales con los que se construirían estos diques son los mismos usados en la construcción del cuerpo de la presa; además, estos diques también llevarán espaldones de material rocoso el cual servirá como drenaje y protector contra la erosión.

Además de estas obras sería necesario construir también una obra de derivación y toma que ayudaría al proceso constructivo. Estaría localizada en la margen derecha a la altura del sitio de presa en una estrangulación natural del río que comunica el cauce en un tramo aguas arriba del eje de la presa con otro tramo aguas abajo.

Otra obra complementaria es el vertedor y el mecanismo para realizar el trasvase hacia la cuenca Daule-Peripa. Por ahora están planteadas tres alternativas de ubicación lo mas alejadas posibles de la presa (ver plano 4A)

En resumen, el dimensionamiento de la presa, dique y reservorio es el siguiente:

Longitud del eje de presa.....	2000 mtrs.
Longitud de la presa.....	900 mtrs.
Longitud de los diques.....	1100 mtrs.
Altura de la presa.....	50 mtrs.
Area del reservorio.....	57.8 Kms.2
Volumen del embalse.....	1500M mtr3
Cota máxima de embalse.....	150
Area de la cuenca de drenaje.....	1494 Km2

1.8 PROCESAMIENTO DE DATOS BASICOS Y DEDUCCIONES PRELIMINARES

1.8.1 ORIGEN DE LOS SUELOS BABA

Desde el punto de vista de la génesis, se llega a la conclusión de que los suelos residuales presentes en el área de estudio provienen principalmente de la descomposición de areniscas, tobas y cenizas volcánicas, conjunto denominado formación Baba (4), y en menor grado de la descomposición de rocas básicas a ultrabásicas de la formación Macuchi. Este tipo de litología genera suelos conformados básicamente por minerales arcillosos hidratados que son susceptibles de cambios intrínsecos de sus propiedades al someterlos a variaciones de temperatura (montmorillonita, illita, entre otros).

1.8.2 GEOMORFOLOGIA

La Cuenca de Drenaje del proyecto de presa "Baba" cubre un área de 1494 km² y tiene forma aproximadamente triangular. En la cuenca se distingue una geomorfología va-

riable, desde las altas montañas al Este de la zona, hasta las terrazas de altura media y depósitos aluviales al Oeste.

La zona montañosa es de altura variable entre 200 y 2500 m.s.n.m., y está conformada por rocas duras basálticas y ocupan la mayor parte de la cuenca.

Las terrazas se presentan en dos niveles, una superior constituída por arcilla limosa café de altura hasta los 160 m.s.n.m. y una terraza media constituída por arcilla limo-arenosa.

Los lechos de inundación incluyen las terrazas aluviales en formación, observándose en éstas, estratos de limo arena y conglomerados poco cementados.

Los principales tributarios del río Baba son: río Toachi, río Damisa, río Bimbe, río Ila, río Bolo, entre otros. Estos ríos tienen su nacimiento en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, conformándose un drenaje en el sitio de presa, en donde se tiene el quinto orden geomorfológico.

El patrón de drenaje existente en la zona rocosa es el dendrítico y en las terrazas se tiene un patrón dendrítico subparalelo, dando origen a formación de valles en V y quebradas que determinan una topografía irregular.

El río Baba en su recorrido de N-S se desvía hacia el SW a la altura de su unión con el río Toachi, debido en parte a la resistencia que presentan las rocas de la Formación Macuchi, abriéndose paso en rocas de más fácil erodabilidad como lo son las de la formación Baba.

II. PROSPECCION GEOLOGICA-GEOTECNICA

DE LOS SITIOS DE PRESTAMO

2.1 UBICACION DE LAS AREAS DE PRESTAMO DE SUELOS RESIDUALES

Debido a las características de la investigación, la prospección de campo se la realizó únicamente en los sitios de préstamo de suelos residuales. Estos sitios se encuentran ubicados en los alrededores del eje de la presa (ver plano No.6), distribuidos de la siguiente manera:

- Hacia la margen izquierda se encuentran tres sitios, uno ubicado junto al estribo izquierdo de la presa y los otros dos ubicados aguas arriba del eje de la presa.
- Hacia la margen derecha se encuentran dos sitios, uno ubicado en el empotramiento derecho y el otro aguas arriba del eje de la presa.

Todos estos sitios representan una superficie total de 136 hectáreas aproximadamente, involucrando un volumen cercano a los 4 millones de metros cúbicos. Cabe señalar que el acceso a los mismos se lo hace de igual forma que para ingresar al sitio de presa (ver numeral 1.1), este acceso es carrozable y desde el sitio de presa hasta las áreas de préstamo existe una distancia promedio de 500 metros.

2.2 PROSPECCION MEDIANTE CALICATAS Y BARRENADO

La prospección mediante calicatas se la realizó en 16 calicatas distribuidas en las 5 áreas de préstamo de suelos residuales; de las cuales, 10 calicatas fueron realizadas

en los anteriores trabajos y las otras 6 se las realizaron durante el desarrollo de esta investigación. Las calicatas fueron realizadas a mano y son cuadrados de 1 metro de lado, la profundidad de estas calicatas es variable y en algunos casos llegan hasta los 3 metros.

La toma de datos realizadas en las calicatas se centró principalmente en la descripción litológica tomando en cuenta la variación de color, espesor, consistencia y granulometría; las calicatas también sirvieron para la toma de muestras alteradas.

No se tomaron muestras inalteradas ya que debido al propósito de la investigación no era indispensable.

Para incrementar la densidad de la investigación se realizaron 3 perforaciones por barrenado a mano, tomando también muestras alteradas cada metro para así obtener una mejor descripción de los suelos. Debido al tipo de perforación, se pasa la capa de suelo y después se para la perforación en el momento de encontrar fragmentos de roca.

2.3 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

De las calicatas se obtuvieron muestras alteradas que se guardaron en fundas y recipientes plásticos para así poder conservar la humedad natural; estas muestras fueron tomadas a diferentes profundidades de acuerdo a las capas de suelos que se consideraban homogéneas. En estas muestras se realizaron ensayos de determinación de humedades y propiedades índices. También se procedió a la toma de

muestras integrales en sacos de yute con las cuales se realizaron los ensayos de compactación.

Las muestras obtenidas de las perforaciones por barrenado se las conservó en fundas plásticas y más tarde se realizaron ensayos de propiedades índice, determinación de humedades y obtención de la compresión no confinada. Por lo general en todas las perforaciones se realizó muestreo cada metro, pero cuando el estrato era potente se tomaba muestras al cambiar el material.

Tanto en las calicatas como en las perforaciones se desechó la capa vegetal y la capa de suelo que tenía una gran cantidad de clastos de roca; ya que estos dos materiales no son los que serán estudiados en esta investigación.

2.4 DESCRIPCION DE LA LITOLOGIA ENCONTRADA EN LA ZONAS DE PRESTAMO

Generalmente en toda la zona del sitio de presa, se observa una notable semejanza en los perfiles de los suelos; así encontramos típicamente un suelo residual superficial color café oscuro y un amarillo rojizo inferior que se profundiza. Los préstamos se tienen en 5 sitios como se indicó anteriormente (plano No.6). En la terraza de la margen derecha del río Baba, se encuentran ubicados el sitio 1 y el sitio 2. La zona 1 está ubicada en la terraza media y presenta suelos residuales de poco espesor, de acuerdo a las diferentes calicatas y perforaciones esta zona presenta el siguiente perfil típico:

PROFUNDIDAD (metros)	DESCRIPCION LITOLOGICA
0.00 a 0.40	Capa vegetal (arcilla limosa)
0.40 a 1.10	Arcilla limosa color café oscuro, plástica, de dureza media a baja y de consistencia baja
1.10 a 3.00	Arcilla amarilla rojiza, plástica, de dureza alta, con una consistencia media
Más de 3.00	Fragmentos de roca volcánica envueltos en una matriz tobácea de color amarillo

El sitio 2 está ubicado en la terraza alta de la margen derecha del río Baba, se caracteriza por tener un espesor de suelo residual mucho mayor y por consiguiente presenta un mayor volumen para material de préstamo. El perfil típico de toda la zona es el siguiente:

PROFUNDIDAD (metros)	DESCRIPCION LITOLOGICA
0.00 a 0.30	Capa vegetal (arcilla limosa)
0.30 a 1.00	Arcilla limosa color café oscuro, poco plástica, de dureza y consistencia baja.
1.00 a 5.00	Arcilla amarilla rojiza, plástica, de dureza al secado alta y de consistencia media.
Más de 5.00	Toba de color amarillo, con fragmentos de roca volcánica.

El sitio 3 está ubicado hacia la parte izquierda del eje de la presa; por efecto de la saturación casi permanente, las características del suelo varían, presentándose entre las capas una arcilla color verdosa. Una descripción de la litología en esta zona es la siguiente:

PROFUNDIDAD (metros)	DESCRIPCION LITOLOGICA
0.00 a 0.30	Capa vegetal (arcilla limosa)
0.30 a 1.00	Arcilla limosa café oscura, baja plasticidad, dureza y consistencia media
1.00 a 3.00	Arcilla amarillo rojiza, plástica, dureza alta, consistencia media a semidura
3.00 a 4.00	Arcilla verdosa plástica, de dureza alta y consistencia blanda.
Más de 4.00	Arcilla limosa amarilla plástica.

En la terraza media localizada hacia la margen izquierda del río Baba se ubica el sitio 4, ésta zona se encuentra muy cerca del eje de la presa. El perfil típico promedio de esta zona es el siguiente:

PROFUNDIDAD (metros)	DESCRIPCION LITOLOGICA
0.00 a 0.30	Capa vegetal (arcilla limosa)
0.30 a 1.10	Arcilla limosa café oscura, poco plástica y de dureza media.
1.10 a 4.00	Arcilla amarilla rojiza, plástica, dureza alta y de consistencia media.
Más de 4.00	Arcilla amarilla plástica con fragmentos de roca volcánica.

El sitio 5 se ubica en la terraza alta de la margen izquierda del río Baba, aquí se observa un mayor espesor del suelo superficial café oscuro y en general estos suelos residuales presentan un mayor grado de consolidación. El perfil típico de esta zona es el siguiente:

PROFUNDIDAD (metros)	DESCRIPCION LITOLÓGICA
0.00 a 0.30	Capa vegetal (limo arenoso)
0.30 a 1.50	Limo arcillo arenoso color café amarillento, poco plástico y de dureza baja.
1.50 a 3.00	Arcilla amarilla rojiza, plástica, de consistencia media y de dureza media.
Más de 3.00	Arcilla amarilla plástica, con fragmentos de roca volcánica.

2.5 ZONIFICACION PRELIMINAR DE LAS AREAS DE PRESTAMO

El reconocimiento de campo y la realización de calicatas permiten seleccionar tentativamente varias áreas de préstamo, las mismas que ya fueron indicadas en los estudios geotécnicos preliminares del proyecto Baba. (4, 6 y 17)

Es posible acotar adicionalmente que todas las áreas de préstamo son terrazas denominadas por la Dirección de Geología y Minas, como terrazas indiferenciadas, las cuales no son inundables por el río.

De acuerdo al estudio detallado de los perfiles típicos de las cinco zonas de préstamo, se puede determinar la existencia de 4 diferentes tipos de materiales; de los cuales necesariamente hay que excluir a dos de ellos, la capa vegetal y la última capa de suelo. La capa vegetal se la excluye debido a que posee materia orgánica la cual al descomponerse puede dejar vacíos en el suelo. La última capa se la desecha también debido a que posee clastos y

fragmentos de roca que pueden en un momento dado disminuir la calidad de la compactación del núcleo.

Por lo tanto, el material a usarse en la compactación del núcleo de la presa deberá ser extraído de los horizontes de suelo comprendidos entre los 0.30 mtrs. a los 3.50 mts. de profundidad aproximadamente. Cabe señalar que las áreas de préstamo se encuentran a una distancia promedio de 500 metros del eje de la presa, facilitando así las labores constructivas y haciendo más económico el proceso constructivo.

III. ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS RESIDUALES

3.1 SELECCION DE LOS TIPOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

La selección del tipo de ensayo a seguir en la caracterización de un determinado tipo de suelo residual depende de ciertas condiciones y criterios que se tengan en el comportamiento de estos suelos. Por lo general, los suelos residuales son extremadamente sensitivos a la pérdida de humedad y a un manipuleo exagerado, lo cual produce cambios en su comportamiento y en base a esto resulta imposible caracterizarlos con los métodos de análisis tradicionales y estandarizados.

Ya que a la fecha no existen ensayos exclusivos para suelos residuales, se hace necesario para su caracterización, usar los ensayos estandarizados con ciertas variantes y recomendaciones que sin cambiar el sentido al ensayo mas bien toman en cuenta la "inestabilidad" experimental de estos suelos.

En este trabajo, se tomó en cuenta las recomendaciones y modificaciones a los ensayos tradicionales sugeridas en el COMPENDIUM 10: "Compactación de Suelos Viales" de la enciclopedia TRANSPORTATION TECHNOLOGY SUPPORT FOR DEVELOPING COUNTRIES (1979).

Además se realizó el ensayo al Azul de Metileno, el cual no ha sido estandarizado todavía y que fue tomado de las Memorias del Congreso sobre Suelos Tropicales realizado en Brasil (1985).

Antes de realizar los ensayos, se procedió a la calibración y ajuste de todos los equipos que se iban a usar para así obtener diferentes tipos de curvas de calibración si era el caso, los cuales más tarde serían de mucha utilidad en los cálculos subsecuentes (ver anexo D).

3.2 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INDICE Y GEOMECHANICAS

3.2.1 HUMEDAD NATURAL

El procedimiento seguido en la determinación de la humedad Natural de estas muestras de suelo residual fue el mismo que se usa en cualquier clase de suelo (ASTM D2216-80; AASHTO T86-70).

Es decir que la muestra obtenida en el campo es pesada, secada al horno a 105 C durante 24 horas y por último pesada después de sacarla del horno.

Durante el proceso investigativo, se tomaron humedades naturales tanto en la estación seca (Septiembre-Octubre) como en la estación lluviosa (Diciembre-Abril-Mayo-Junio) con el objetivo de ver la variación de humedad natural de estos suelos respecto a la variación pluviométrica o climática anual en esa zona.

Para un mismo suelo, color café oscuro ubicado entre la superficie y una profundidad de 1.50 mtrs., se obtuvo una variación de humedad esquematizada en la tabla y figura 3.1. En base a la figura, se puede observar que los menores rangos de humedad se presentan entre los meses de Mayo a Octubre.

MES	dici.	abril	mayo	junio	sept.	octu.
(%)	100	76	54	42	39	51

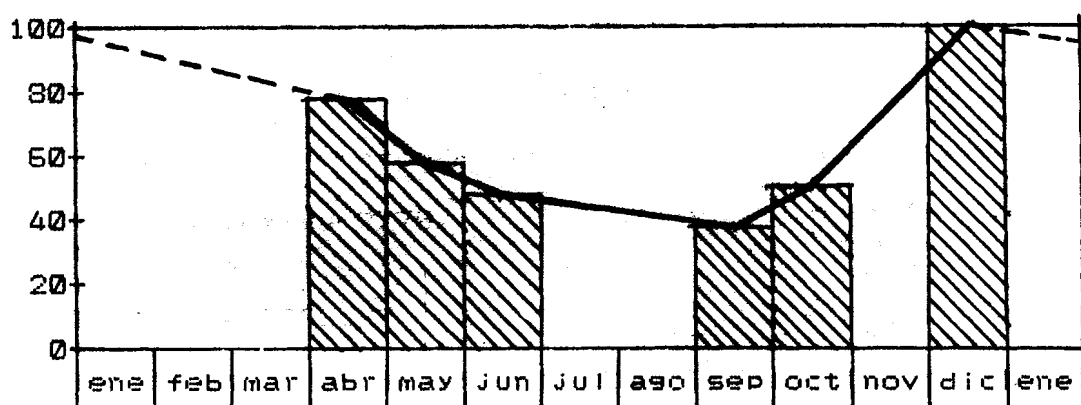


fig. 3.1 Variación anual del contenido de humedad natural

3.2.2 GRAVEDAD ESPECIFICA

El procedimiento de ensayo usado fue el signado como ASTM D854-58 y AASHTO T100-70, con la variante de que en vez de usar la muestra de suelo secada previamente, se utilizó la muestra con el contenido de humedad natural registrado en el campo. Para poder justificar el uso de esta variante en el procedimiento de ensayo, se realizaron dos pruebas en una misma muestra de suelo color café oscuro; la primera prueba se la realizó secando la muestra previamente al horno y la otra prueba se la realizó sin secado previo.

La gravedad específica obtenida en la primera prueba es de 2.51, mientras que la segunda prueba es de 2.475; de estos dos valores el que mejor refleje las características del suelo es el obtenido en la segunda prueba ya que al no permitir la evaporación del agua en la muestra, ésta conserva intactas todas sus propiedades.

Tomando en cuenta los valores obtenidos en todas las muestras ensayadas, se establece que en la primera capa (0.00 a 1.50 mtrs. de profundidad) se tiene una gravedad específica promedio de 2.43, en la segunda capa (1.50 a 3.50 mtrs. de profundidad) se tiene un valor promedio de 2.69 y en la tercera capa (3.50 mtrs en adelante) se tiene un valor de 2.78.

3.2.3 LIMITES DE ATTERBERG

Los ensayos de obtención de Límite Líquido (ASTM D423-66 y AASHTO T89-68) y Límite Plástico (ASTM D424-59, AASHTO T90-70) se los realizaron con tres variantes: la primera variante usa una muestra de suelo a partir de la humedad natural, la segunda usa una muestra secada al medio ambiente y por último se usa una muestra de suelo secada previamente en el horno.

En los tres tipos de prueba, realizados en el primer estrato de suelo residual existente en el área, esto es el suelo color café oscuro, se obtuvieron resultados diferentes, observándose una disminución de los límites respectivos a medida que la muestra cambia su estado húmedo a seco. Estos resultados se resumen en la tabla 3.2

El valor más representativo del suelo es el obtenido en la prueba que usa la muestra con contenido de humedad natural por la misma razón explicada en el tema anterior. Analizando los valores obtenidos en la tabla, se puede verificar la influencia que tiene sobre el ensayo, el hecho de que si se usan las muestras sin secado pre-

vio o si se usan las muestras secándolas previamente. Más tarde se verá que no solamente se obtienen cambios en los valores numéricos sino también en el tipo de clasificación geotécnica de estos suelos.

\CONDICION DE LA HUMEDAD\EXPUESTA\EXPUESTA\			
-----\MUESTRA\NATURAL\AL MEDIO\AL HORNO\			
ENSAYO -----\ AMBIENTE			
----- ----- ----- -----			
LIMITE LIQUIDO	66	48	42
-----	-----	-----	-----
LIMITE PLASTICO	46	42	40
-----	-----	-----	-----
INDICE DE PLAST.	20	6	2

TABLA 3.2 Influencia del secado en los límites de Atterberg.

En la tabla 3.3 se presentan los límites promedios (LL, LP y IP) de los suelos residuales Baba considerando las modificaciones anteriores, esto es ensayando las muestras con el método a partir de la humedad natural.

TIPO DE SUELO	L L	LP	IP	
-----	-----	-----	-----	
Café oscuro	50	27	23	
-----	-----	-----	-----	
Amarillo rojizo	80	30	50	
-----	-----	-----	-----	
Amarillo pardo	120	40	80	

TABLA 3.3 Límites de Atterberg de los suelos existentes en Baba.

No se realizaron límites de contracción debido a que en los trabajos anteriores se determinó este parámetro y se concluyó que estos suelos no tienen problema de contracción y expansión. El límite de contracción promedio obtenido en estos estudios fue del 26%.

3.2.4 ANALISIS GRANULOMETRICO E HIDROMETRICO

En el ensayo granulométrico (ASTM D421-58, D422-63, AASHTO T87-70 y AASHTO T88-70) tampoco se secó la muestra de suelo antes del ensayo; por lo que el análisis mecánico se lo realizó con el contenido de humedad natural; procediendo al lavado de la muestra por el tamiz #200 y recolectando ese pasante para el posterior análisis hidrométrico. El material retenido en el #200, se lo tamizó en las mallas # 10, 40, 50, 70, 80, 100 y 200, secando los retenidos y pesándolos para determinar los respectivos porcentajes. Estos indican que los suelos residuales Baba son de granulometría de arena fina a limo arcilla.

En el análisis hidrométrico (ASTM D421-58, D422-63, AASHTO T87-70 y AASHTO T88-70) se usó como agente dispersante el Hexametáfosfato de Sodio y el tiempo óptimo de dispersión y mezclado fue de 15 minutos, las lecturas se tomaron durante 3 días de manera periódica y a continuación se procedió a los cálculos respectivos.

Del análisis realizado en el suelo residual color café, que se encuentra entre la superficie y los 1.50 mtr. de profundidad, se puede deducir que la granulometría de este suelo es la siguiente:

- Arena fina 30 %
- Limo 50 %
- Arcilla 20 %

Por lo que granulométricamente, se lo puede clasificar

como un suelo limo-areno-arcilloso.

Tomando en cuenta el valor del índice de plasticidad de este suelo así como también el porcentaje de arcilla, se determinó que la actividad (11, ver ítem 4.5.2) de estos suelos residuales es de 0.71, como este valor es menor que 0.75 se concluye que estos suelos son inactivos.

3.3 CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGUN LA CARTA DE PLASTICIDAD

Usando la carta de plasticidad propuesta por Casagrande (1948) se determinó que los tres tipos de suelos residuales presentes en el área del proyecto se los clasifica como:

- a) Suelo residual color café oscuro, profundidad 0.00 a 1.50 mt., es un limo arcilloso inorgánico medianamente plástico de consistencia baja a media (CL-MH).
- b) Suelo residual color amarillo rojizo, profundidad 1.50 a 4.00 mt., es un suelo predominantemente arcilloso limoso de alta plasticidad y consistencia media a alta (CH-MH).
- c) Suelo residual color amarillo pardo, profundidad mayor a los 4.00 mt., es un suelo arcilloso gravoso altamente plástico y de consistencia alta (CH). La parte gravosa del suelo está definida por los pequeños clastos de roca meteorizada envueltos uniformemente en la matriz arcillosa la cual disminuye a medida que la capa se profundiza.

En la figura 3.2 se observan tres regiones determinadas

por todos los ensayos realizados, tanto en el presente trabajo como en estudios anteriores (4, 6); estas regiones representan los respectivos suelos residuales que se presentan en el área de estudio.

La figura 3.3 muestra claramente el efecto negativo que tiene el secado de la muestra de ensayo en la clasificación del suelo según la carta de plasticidad. Este efecto se traduce en una transmutación del suelo analizado en otro totalmente diferente en características y propiedades al suelo original. De ahí la necesidad de analizar el suelo siempre en su estado original.

3.4 ENSAYO PROCTOR ESTANDARD

A fin de establecer la influencia del secado previo de la muestra sobre los resultados del ensayo de compactación Proctor Standard (ASTM D698-78, AASHTO T99-70), se realizaron tres pruebas en un mismo estrato de suelo residual variando el tiempo de secado de la muestra. En las tres pruebas se partió de la vía seca a la húmeda. La primera prueba comenzó con la muestra a un contenido de humedad natural ($w_i = 39\%$), se obtuvo una densidad seca máxima de 1072 kg/m^3 y una humedad óptima de 44% . En la segunda prueba, se dejó secar la muestra al medio ambiente durante dos semanas ($w_i = 32\%$), los resultados obtenidos de densidad seca máxima y humedad óptima fueron 1176 kg/m^3 y 34% . En la tercera prueba, se dejó que la muestra estuviera expuesta al medio ambiente durante casi un mes ($w_i = 14\%$), lo que condujo a una densidad seca máxima de 1315 kg/m^3 y una humedad óptima del 24% .

La figura 3.4 muestra las curvas densidad-humedad para cada prueba de compactación. Se observa que la densidad seca máxima del suelo es directamente proporcional al tiempo de secado previo de la muestra, mientras que la humedad óptima es inversamente proporcional al tiempo de secado previo de la muestra.

Este aumento de densidad seca máxima a medida que se aumenta el tiempo de secado del suelo, es imposible de obtener en el sitio de presa Baba ya que las condiciones climáticas de la zona impiden un secado efectivo del material de préstamo; debido a esto, únicamente se podrán obtener densidades secas máximas comparativamente iguales a las obtenidas en los ensayos de compactación, que usen muestras con contenidos de humedad inicial igual al contenido de humedad natural.

3.5 ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

Tomando en cuenta la influencia negativa que tiene el secado previo de la muestra, se realizó un ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM 1557-78 y AASHTO T180-70) a partir de una muestra con contenido de humedad natural, y para completar el ensayo se dejó secar paulatinamente la muestra hasta completar los puntos que definían la curva de compactación. Cabe señalar que el secado que existe entre punto y punto de la curva de compactación es muy diferente al secado previo de la muestra antes del ensayo. La densidad seca máxima del suelo obtenida con el ensayo Proctor Modificado es de 1314 kg/m^3 y la humedad óptima es de 25% (ver fig. 3.5).

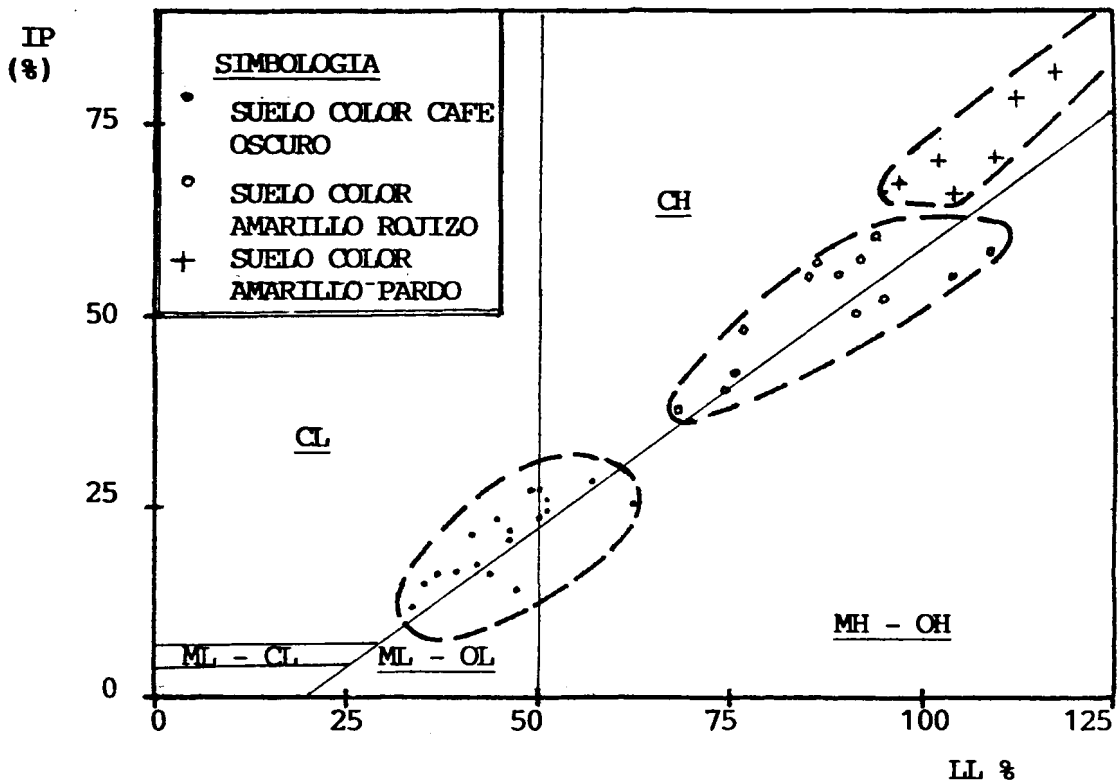


FIG. 3.2

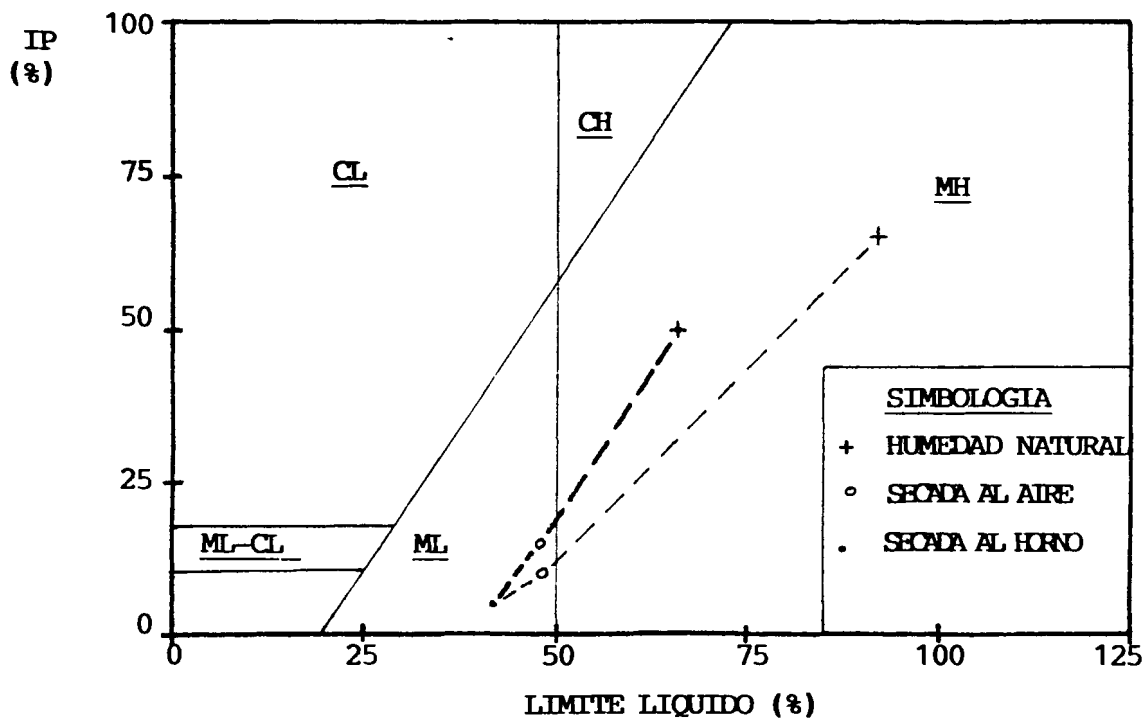


FIG. 3.3

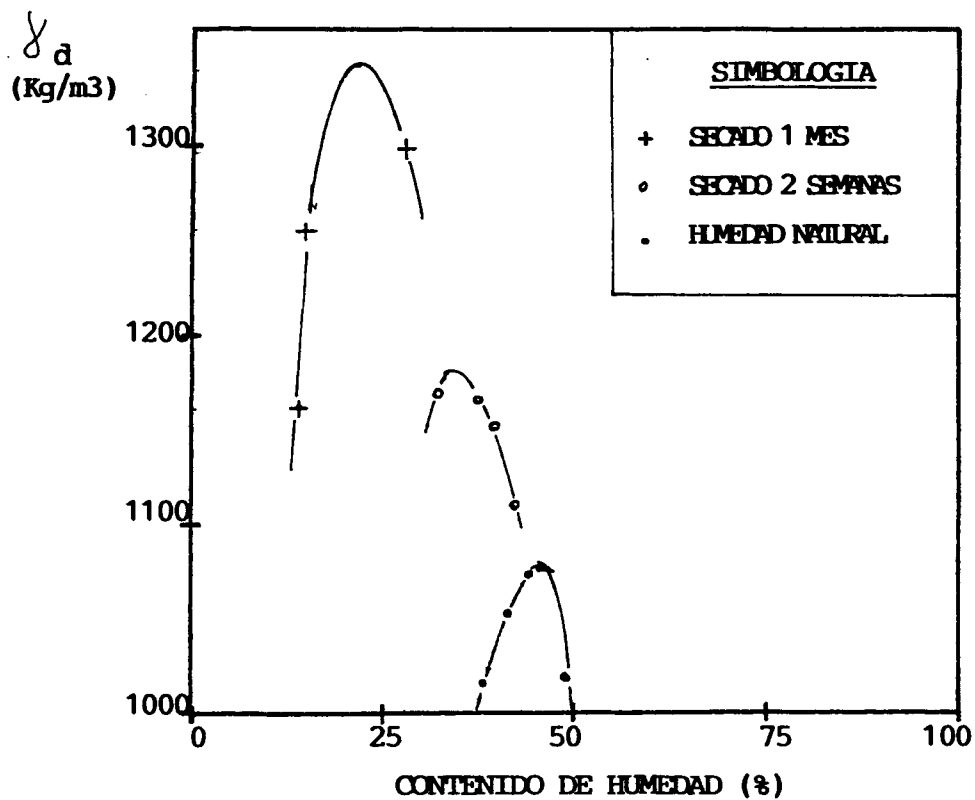


FIG. 3.4

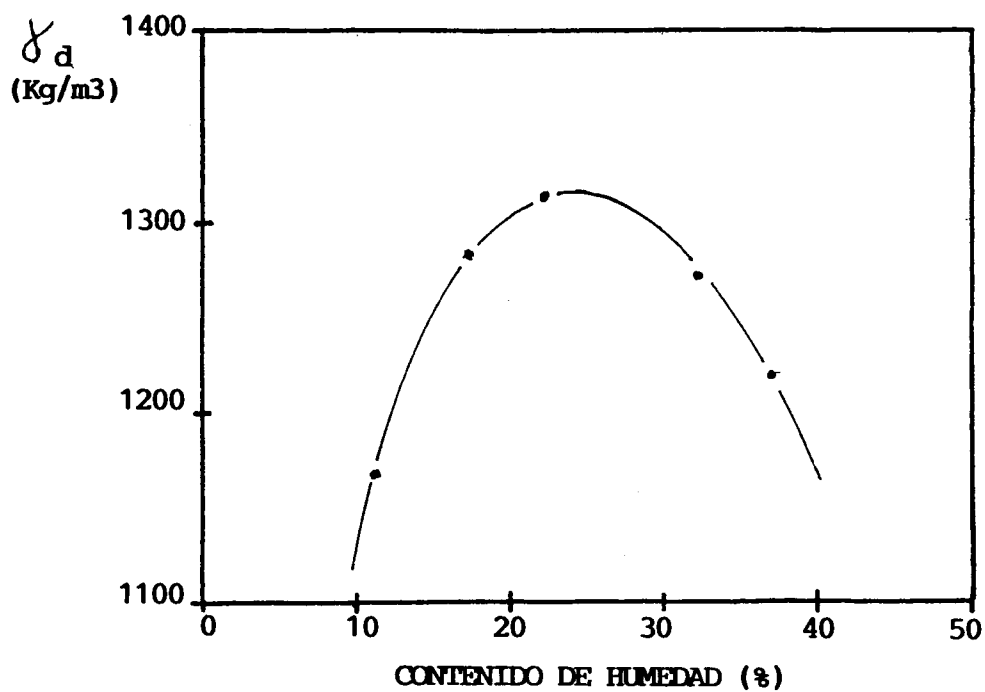


FIG. 3.5

3.6 ENSAYOS C.B.R.

Aunque el ensayo CBR (ASTM D1883-78 Y AASHTO T83-63) es un ensayo dirigido al diseño de pavimentos y nada tiene que hacer con el diseño de la compactación, es necesario señalar para posteriores referencias, el comportamiento de estos suelos en el momento de determinar el índice de capacidad de soporte California (CBR).

Para este efecto se realizaron dos ensayos en un mismo suelo a diferentes esfuerzos de compactación y en cada punto de las respectivas curvas de compactación. Los dos ensayos fueron realizados con una sobrecarga de 10 lb., tanto en el momento de la penetración del pistón como en el momento de la saturación de las muestras.

El primer ensayo se lo hizo para cada punto de la curva densidad-humedad correspondiente al Proctor Modificado (véase numeral 3.5), el cual representa una energía de compactación de 2436 kJ/m³ y un esfuerzo de compactación de 248 ton/m².

El segundo ensayo, así mismo, se lo realizó en cada punto de la curva densidad-humedad correspondiente al ensayo Proctor no estandarizado de 26 golpes por cada 5 capas de suelo en el molde de CBR (véase numeral 3.7); la energía de compactación desarrollada en este ensayo es de 1155 kJ/m³ y el esfuerzo de compactación es de 118 ton/m³.

Las figuras 3.6 y 3.7 muestran las curvas de carga unitaria ejercida por el pistón expresada en Kg/cm² contra la penetración del pistón en el suelo compactado y saturado

expresado en milímetros. Se observa que para los dos tipos de ensayo, existe un aumento de carga necesaria para penetrar el pistón en el suelo a medida que aumenta la humedad de compactación; pero en el momento de sobrepasar el punto de humedad óptima-densidad seca máxima, las relaciones carga/penetración comienzan a disminuir conforme disminuye la densidad seca de la muestra compactada. Las líneas a trazos en las dos figuras corresponde a las curvas de penetración en el caso del punto humedad óptima-densidad seca máxima determinadas en este caso por extrapolación.

En cada una de las curvas representadas en la figura 3.6 y 3.7, se puede determinar el valor de CBR de cada curva. Este valor de CBR se lo toma de acuerdo a la máxima carga de pistón obtenida a una penetración de 2.5 mm o de 5 mm dependiendo del procedimiento de ensayo. Los valores de CBR obtenidos en estas curvas son representados en la tabla 3.4, para cada punto de las curvas de compactación.

Las figuras 3.8 y 3.9 fueron realizadas en base a los valores obtenidos en la tabla 3.4. Las figura 3.8 muestra la relación entre el valor de CBR obtenido en cada punto de la curva de compactación y la humedad de compactación en ese punto, para los dos tipos de ensayo. Claramente se observa que el comportamiento del CBR respecto a la humedad de compactación es el mismo que la densidad seca, por lo que se puede concluir que para una determinada energía de compactación, el valor máximo de CBR se obtiene approxi-

madamente en el punto densidad seca máxima-humedad óptima. Es así que para el ensayo Proctor Modificado realizado en este suelo se obtuvo un valor CBR máximo de 4.30 y para el ensayo No normalizado se obtuvo un CBR máximo de 2.1.

TIPO DE ENSAYO DE COMPACTACION	w _o (%)	d (kg/m ³)	CBR
Ensayo Proctor Modificado	11	1164	1.02
	18	1281	3.23
(55 golpes por cada 5 capas)	32	1270	3.78
	38	1222	2.19
Ensayo Proctor No estandarizado	21	1069	1.60
	25	1101	1.99
(26 golpes por cada 5 capas)	28	1119	1.36
	37	1222	0.99



BIBLIOTECA

TABLA 3.4 Valores obtenidos del CBR

La figura 3.9 muestra la relación de CBR y densidad seca del suelo para cada humedad de compactación (usando intervalos de humedad del 5 %). El comportamiento seguido por estas curvas indican que para obtener al mismo tiempo densidades secas máximas y valores de CBR altos, se tiene que compactar el suelo con contenidos de humedades comprendidos entre el 25 y 30 %, dependiendo del esfuerzo de compactación aplicado. Se puede concluir que en una clasificación general, un valor de CBR comprendido entre 2.1 y 4 corresponde a un suelo que puede usarse como subrasante de vías, tal es el caso de la vía Quevedo-Sto. Domingo.

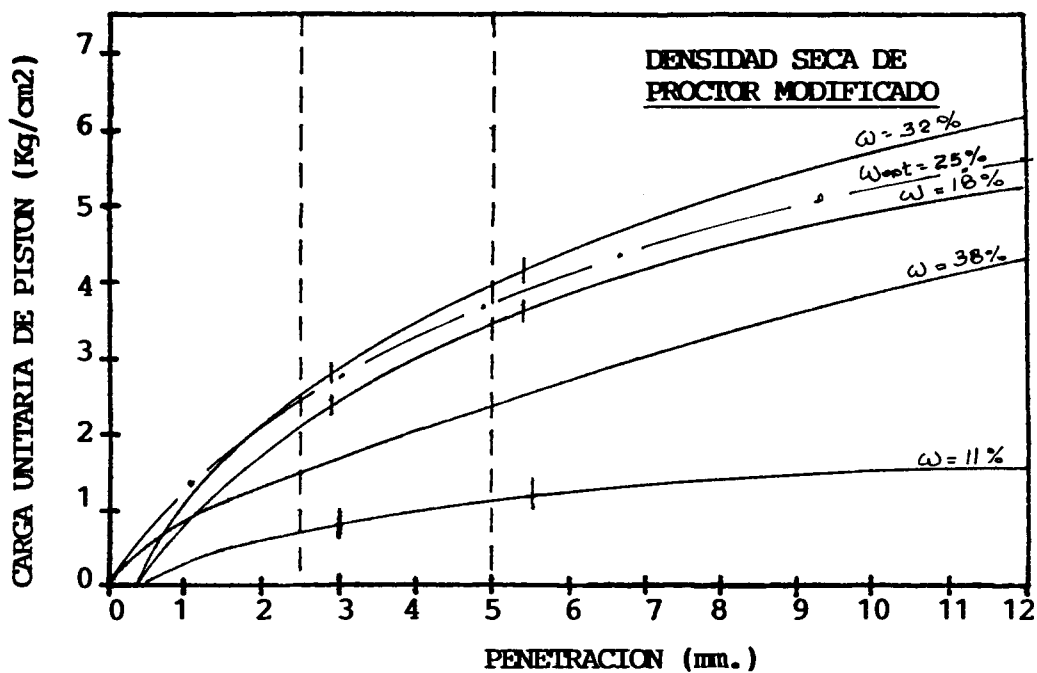


FIG. 3.6

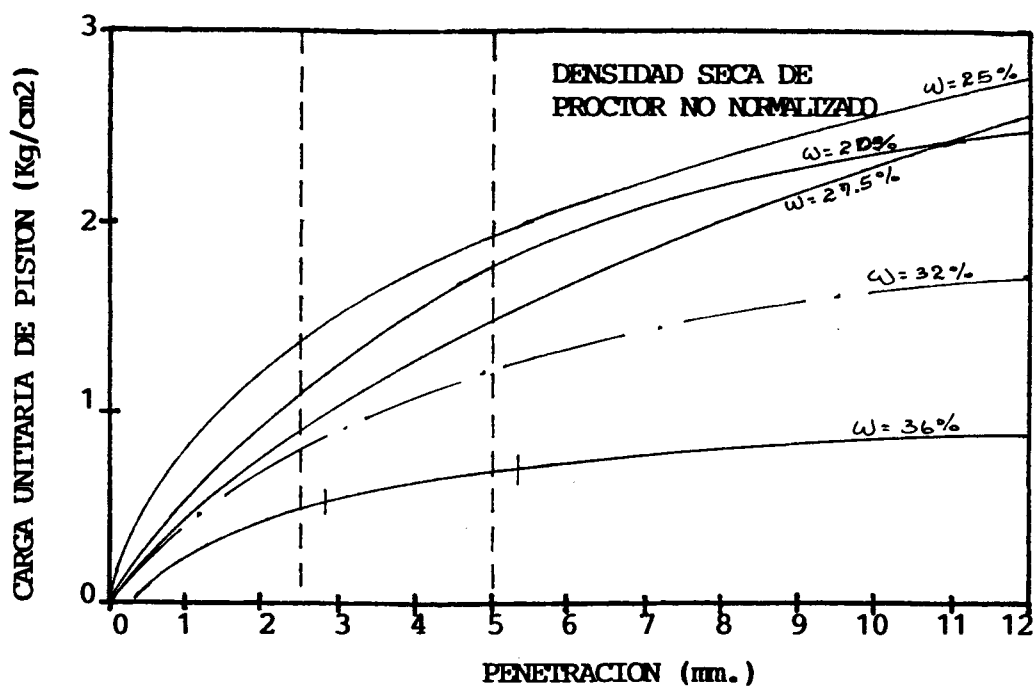


FIG. 3.7

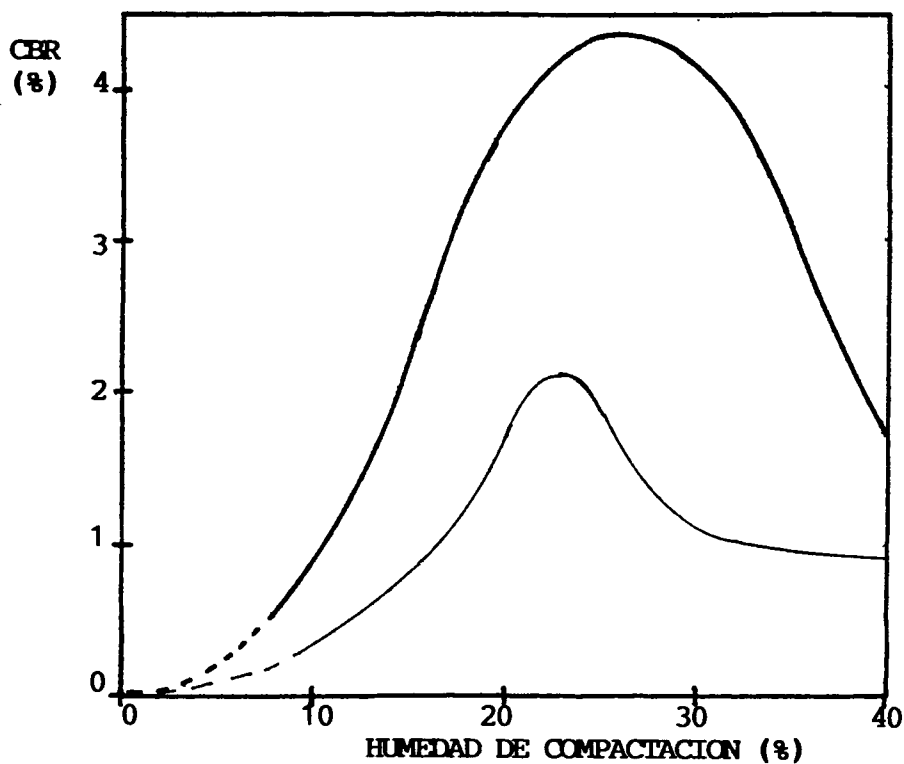


FIG. 3.8

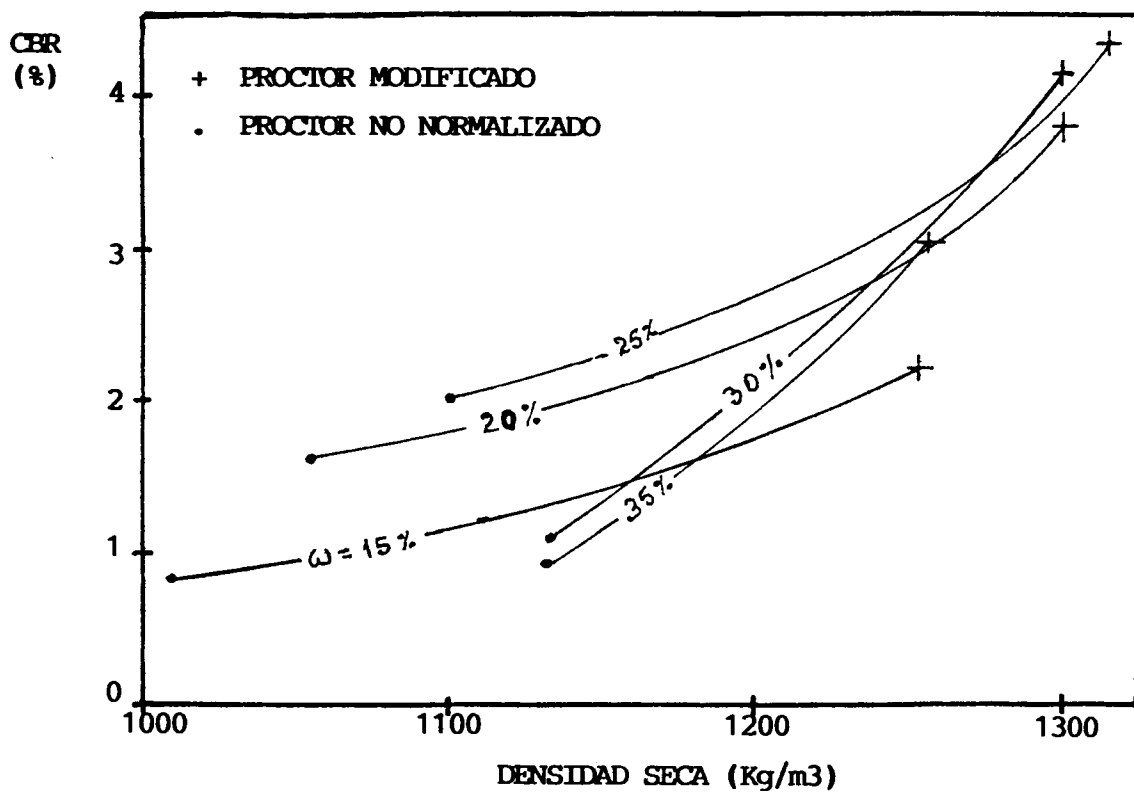


FIG. 3.9

3.7 ENSAYOS PROCTOR NO NORMALIZADOS

Debido a la necesidad de comprender el comportamiento de estos suelos al someterlos a diferentes energías de compactación; se hicieron 5 pruebas proctor no normalizadas, tanto en el molde Estandard como en el molde CBR, las cuales se las reúne en 3 grupos para facilidad de identificación y se las denomina como Proctor A, B y C.

El equipo usado en el ensayo PROCTOR A corresponde al martillo que tiene una altura de caída de 45.8 cm. y un peso de 4.54 kg. y al molde usado en el ensayo CBR. El suelo es compactado dentro del molde en 5 capas aplicando 26 golpes por capa. Este ensayo genera una energía de compactación de 1155 kJ/m³. La figura 3.10 muestra el comportamiento de la curva de compactación para este tipo de ensayo, el valor de densidad seca máxima obtenido es de 1135 kg/m³ para una humedad óptima de 32%, lo cual representa el 86% de la densidad máxima obtenida en el Proctor Modificado.

Para el ensayo PROCTOR B se usó un martillo con una altura de caída de 30.48 cm. y un peso de 2.5 Kg. y el molde usado en el ensayo Proctor Estandard. El suelo se lo compacta en 3 capas aplicando 55 golpes por capa. La energía de compactación aplicada es de 1307 kJ/m³. Se realizaron dos pruebas, la primera usando el material secado previamente al medio ambiente durante 20 días (aprox. 1 mes); y la segunda usando el material a partir del contenido de humedad natural del suelo. La figura 3.11 muestra los resultados de las dos pruebas y se observa nuevamente la influencia

del presecado del material sobre la densidad obtenida. Claramente se puede ver que los resultados que se obtengan en el campo serán más acordes con los resultados del ensayo que use la muestra a partir del contenido de humedad natural (curva graficada con cruces). En este caso los valores de densidad máxima y humedad óptima son 1192 kg/m^3 y 30% . Este punto densidad seca máxima-humedad óptima representa el 91% del ensayo Proctor Modificado.

El ensayo PROCTOR C emplea el mismo equipo usado en el ensayo Proctor B. El suelo también es compactado en 3 capas, pero se aplican únicamente 12 golpes por capa. La energía de compactación desarrollada es de 285 kJ/m^3 . Se realizó solo una prueba, la cual es mostrada en la figura 3.12. La densidad seca máxima obtenida es de 1060 kg/m^3 y la humedad óptima es de 44.5% . El punto de densidad seca máxima-humedad óptima representa el 81% del ensayo Proctor Modificado.

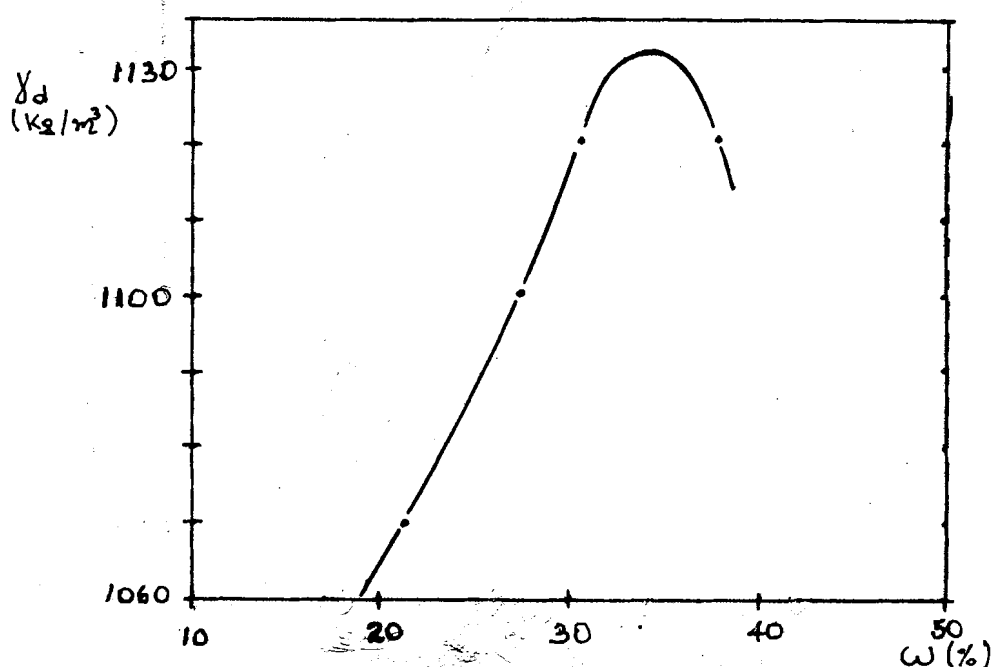


Fig. 3.10

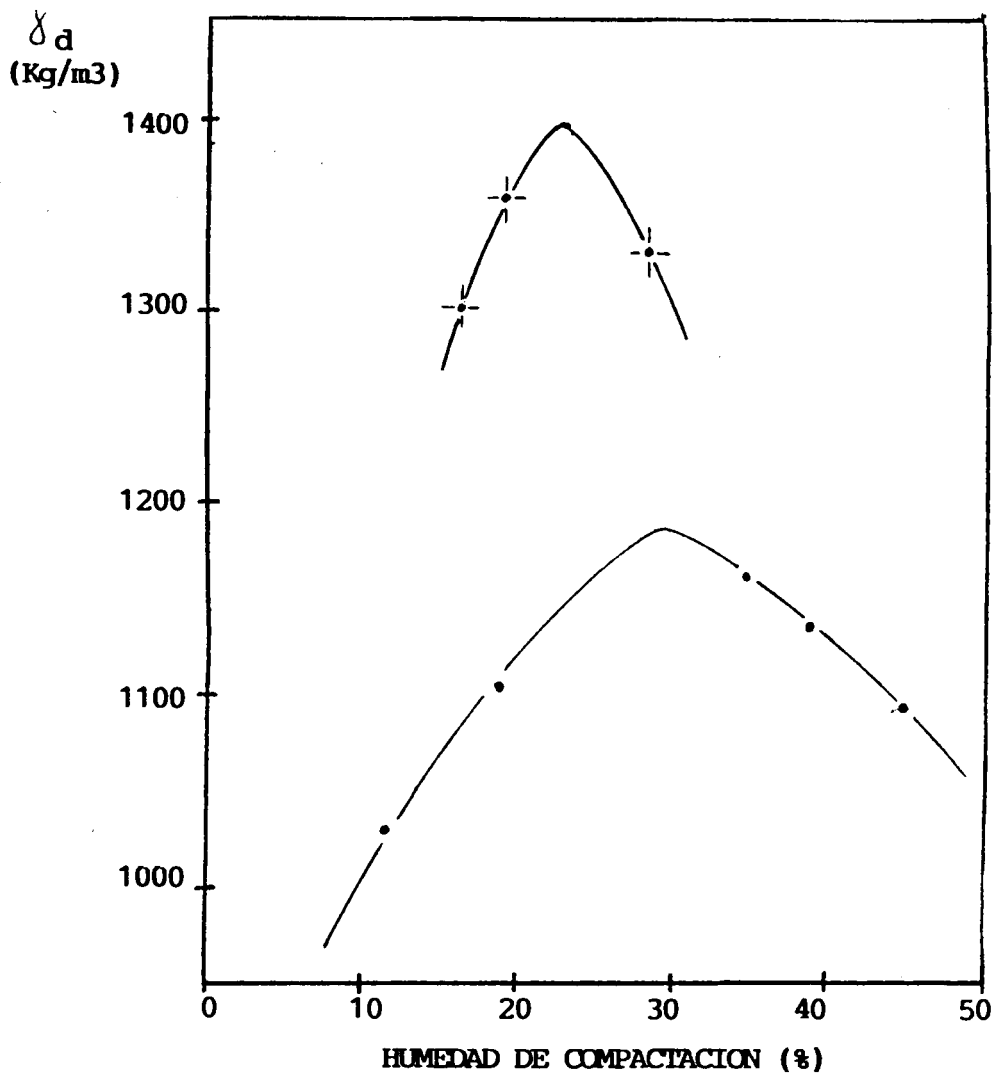


FIG. 3.11

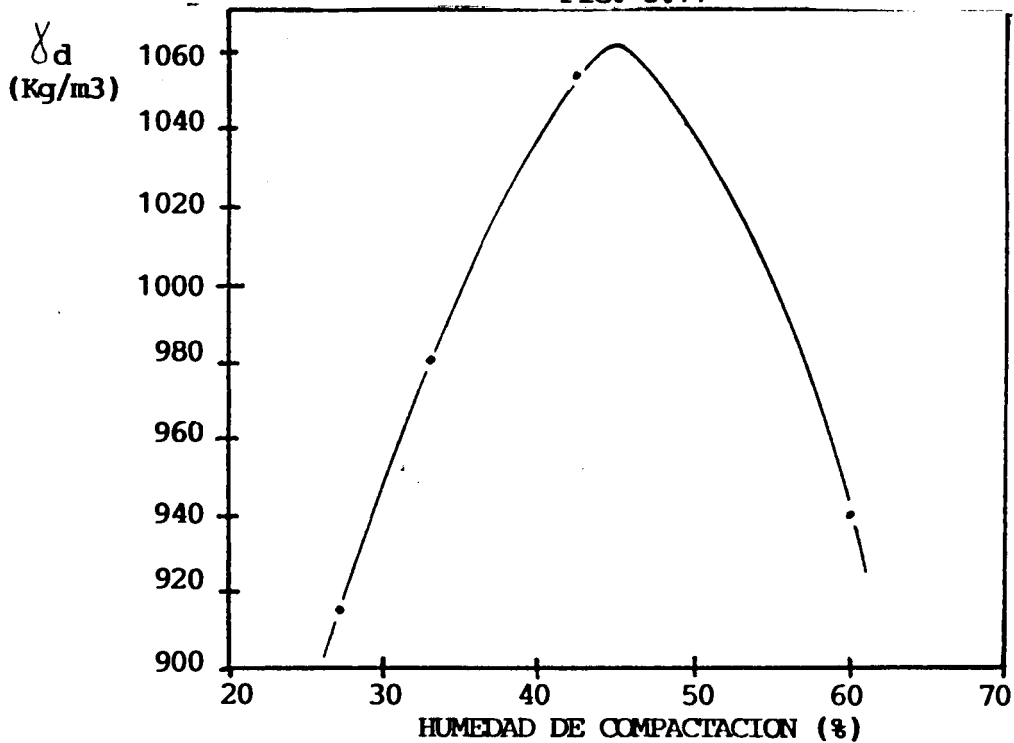


FIG. 3.12. CURVAS DEL ENSAYO PROCTOR C

3.8 ENSAYOS DIVERSOS: ANALISIS MINERALOGICO, ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL Y OTROS

3.8.1 ANALISIS MINERALOGICO

Además de los correspondientes ensayos tradicionales de mecánica de suelos que se usan para clasificación y caracterización geomecánica fue necesario realizar un análisis mineralógico de los suelos residuales existentes en la zona de estudio debido a la sensibilidad al secado de estos suelos y así poder determinar a ciencia cierta los distintos minerales que los constituyen. El examen fue realizado en un estereo microscopio de aumentos, por lo que fue imposible identificar los minerales arcillosos presentes en estos suelos.

Los métodos ideales para poder identificar minerales invisibles a un microscopio común son la difracción de rayos X y la microscopía electrónica; pero como al momento no se disponen de estos sofisticados aparatos en los laboratorios de la ESPOL, únicamente se aplicaron correlaciones ya establecidas.

La tabla 3.5 muestra los diferentes minerales obtenidos en el análisis del suelo residual color café oscuro (0.00 a 1.50 mt.) con sus correspondientes porcentajes promedio. Se observa que el 70% corresponde a minerales arcillosos que pueden ser la illita, la halloysita, entre otros. También se nota la presencia de vidrio volcánico lo que verifica el origen vulcano-sedimentario de estos suelos.

MINERAL	%
Cuarzo	11
Hornblenda	5
Sericita	4
Muscovita	3
Olivino	3
Ortoclasa	2
Biotita	1
Maenetita	0.5
Vidrio volcánico	0.5
Miner. arcillosos	70



BIBLIOTECA

TABLA 3.5 Análisis Mineralógico

3.8.2 ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

El análisis térmico diferencial es uno de los métodos más convenientes y sencillos que se usa para identificar ciertos tipos de minerales o mezclas de minerales presentes en una mezcla de suelo. La metodología del análisis consiste en medir y registrar las temperaturas diferenciales entre la muestra a ser examinada y una sustancia inerte, por lo general óxido de Aluminio (Al_2O_3), mientras la temperatura común de ambas sustancias aumenta gradualmente hasta llegar a los $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ más o menos. En base a estos registros, se va a obtener una curva determinada por la temperatura graficada en las abscisas y la diferencia de temperaturas en las ordenadas. Esta curva recibe el nombre de curva de diferencias térmicas

y para poder saber el tipo o tipos de minerales existentes en el suelo, basta comparar estas curvas con varias curvas patrones correspondientes a distintos minerales individuales o mezclas de minerales conocidas. Para hacer las comparaciones, no necesariamente la curva obtenida en el ensayo tiene que ajustar perfectamente con una o unas de las curvas patrones, basta con comparar los picos que se tensan en la curva a distintas temperaturas tanto arriba como abajo de la línea de las abscisas. Es necesario aclarar que los resultados obtenidos en estos ensayos no son siempre exactos más aún cuando se trata de muestras con más de un mineral en su composición.

Para el caso de la muestra de suelo residual color café oscuro ensayada en el análisis mineralógico, la fracción correspondiente a los minerales arcillosos, es decir el 70% de la muestra fue sometida al análisis térmico diferencial. Después de obtener la curva del ensayo, se procedió a la comparación con las curvas patrones de la referencia 1.

De estas curvas se encontró que dos de dichas curvas se aproximaban a la curva del análisis. Estas curvas representan muestras que tienen la siguiente composición mineralógica:

- a) Illita en un 50% y Caolinita en un 50% (fig. 3.13a)
- b) Illita en un 67% y Caolinita en un 33% (fig. 3.13b)

En estas dos curvas, se observa que un incremento de altura del pico superior ubicado entre los 200 y 400 C,

está relacionado con un aumento en el porcentaje de Illita presente en la muestra. Si esta observación se la hace en la curva obtenida del ensayo realizado en el suelo Baba (fig. 3.13c) se puede deducir que la muestra ensayada presenta un porcentaje de Illita ligeramente superior al de la curva b, así como también una disminución en el porcentaje de caolinita. Los porcentajes respectivos de la muestra de suelo ensayada podrían eventualmente quedar establecidos de la siguiente manera:

- Illita 70 %
- Caolinita 30 %

Pero estos valores representan porcentajes de la fracción que pasa el tamiz #200 o sea el 70% de la muestra de suelo, por lo que los porcentajes mineralógicos podrían ser:

- Minerales no Arcillosos 30 %
- Illita 49 %
- Caolinita 21 %

3.8.3 ENSAYO AL AZUL DE METILENO

Otro ensayo importante para identificar la fracción arcillosa de un suelo es el ensayo al azul de metileno que fue presentado en el Congreso sobre Suelos Tropicales realizado en Brasil en 1985, por T.N.Lan del Laboratorio Central de Ponts et Chaussees, París. Este ensayo se basa en la capacidad de absorción que tiene la fracción arcillosa de un suelo, fenómeno ligado a:

- 1) La extrema finura de las partículas arcillosas lo que

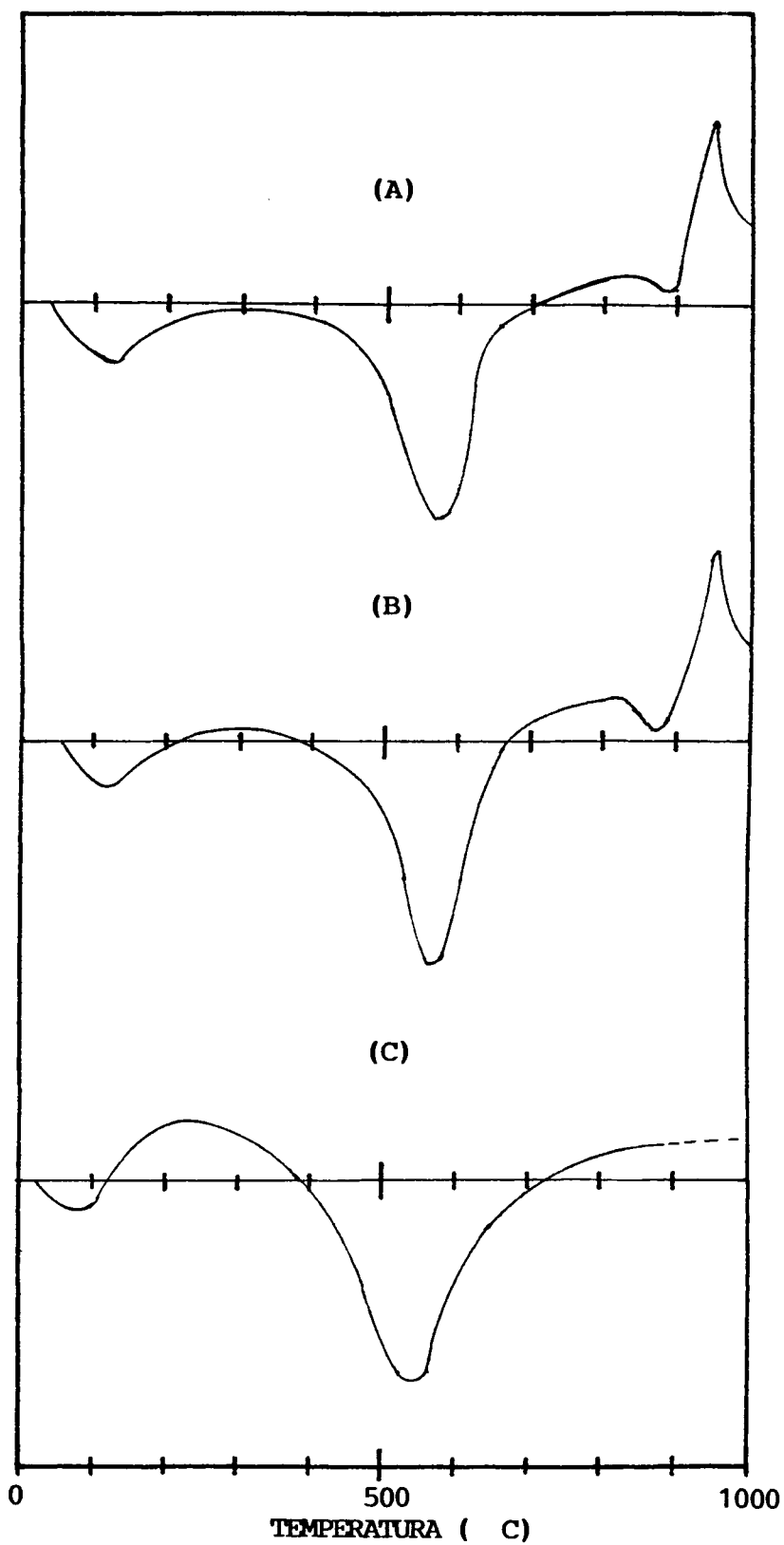


FIG. 3.13
CURVAS DEL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

se traduce en una superficie específica externa elevada.

2) La particular estructura en hojas que poseen las partículas arcillosas, lo que permite desarrollar superficies internas considerables, en comparación con la superficie específica externa.

3) El estado de carga eléctrica desarrollado en estas superficies.

Se usa el Azul de Metileno porque la absorción de esta sustancia por parte del suelo depende mayormente de las ligazones químicas y no de las físicas que ocurren entre las moléculas de azul de metileno y las superficies de las partículas arcillosas. De tal manera que la cantidad de azul de metileno absorbida representará una impresión directa y significativa de la fracción arcillosa del suelo. Es así, que un suelo absorberá proporcionalmente más azul de metileno en tanto

- La cantidad de arcilla contenida en el suelo sea importante y
- La arcilla sea activa, es decir que posea superficie específica elevada.

En adelante, se usará la designación de "valor de azul" para indicar la cantidad de azul de metileno absorbida por cada 100 grs. de suelo. Para procedimiento de ensayo ver apéndice A. La ventaja de este análisis es que el "valor de azul" permite identificar la fracción arcillosa sin que sea necesario separarla del resto del

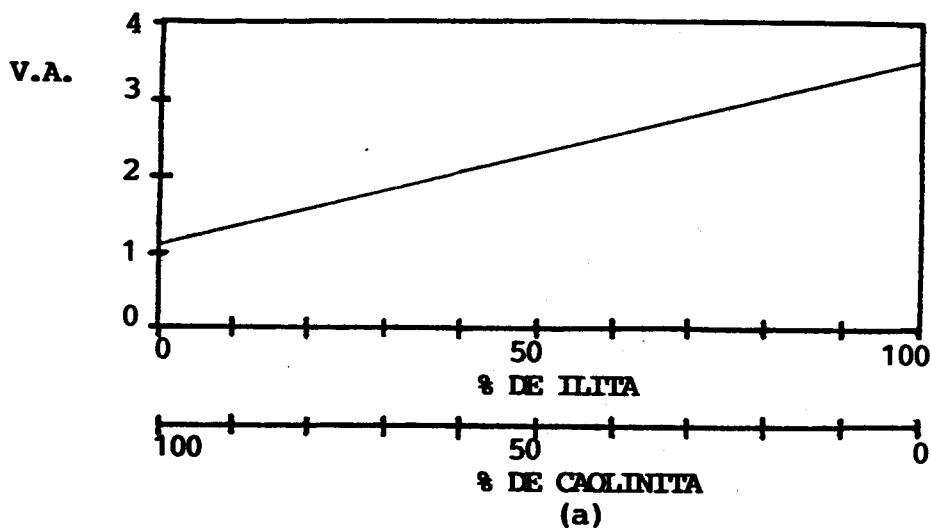
suelo. Lan, en base a múltiples experiencias, propuso variaciones lineales del valor del azul en función del porcentaje de arcilla presente en 3 tipos de mezcla de arcillas: illita-caolinita, illita-bentonita y caolinita-bentonita (ver figura 3.14), las cuales se las usó en nuestra investigación para determinar los tipos de arcilla presentes en los suelos residuales Baba.

Se hicieron 5 pruebas en una misma muestra de suelo (0.0 - 1.5 mt), y los valores de azul obtenidos variaron de 2.5 a 2.8 con un valor promedio de 2.7. Debido a que en el análisis anterior se determinó que la fracción arcillosa tenía illita y caolinita, entonces se procedió a usar la relación valor de azul-% de arcilla correspondiente a esos elementos (fig. 3.14). De esta relación y usando el valor promedio del azul de 2.71 se obtuvo que la fracción arcillosa está compuesta por:

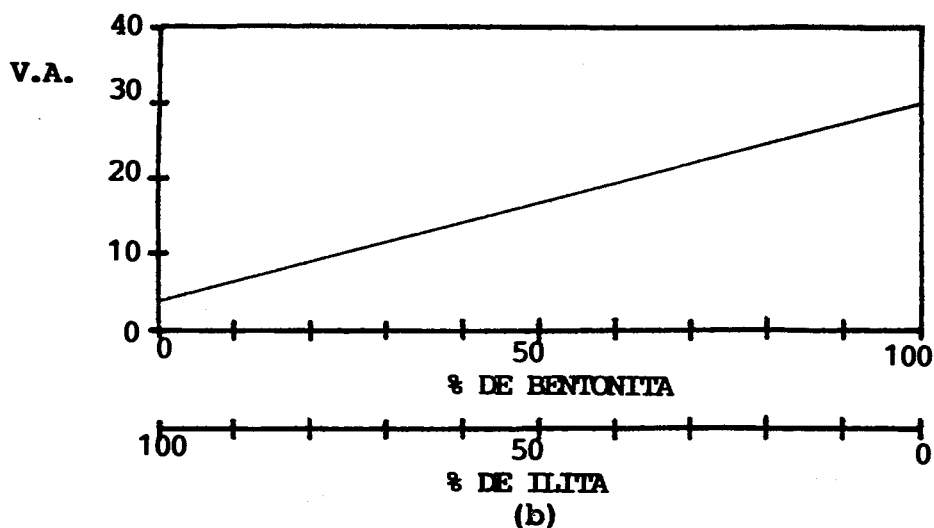
- Illita 67 %
- Caolinita 33 %

Para saber el porcentaje real de estos minerales en la totalidad del suelo, relacionamos los mismos al 70 % que corresponde al pasante del tamiz #200, y tenemos:

- Minerales no arcillosos 30 %
- Illita 48 %
- Caolinita 22 %



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

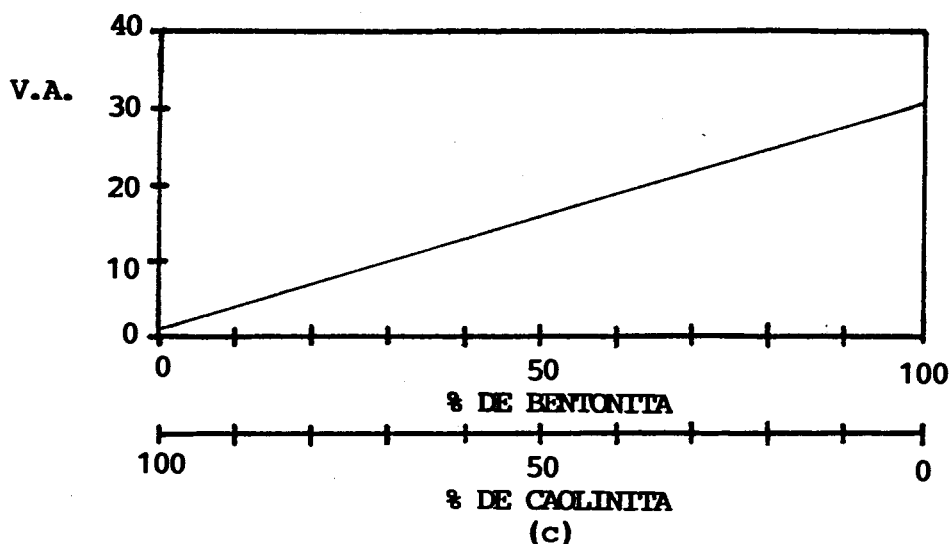


FIG. 3.14

RELACIONES LINEALES USADAS EN EL ENSAYO AL AZUL DE METILENO.

4.1 DETERMINACION DE UNA LINEA "A" DE PLASTICIDAD PARA ESTOS SUELOS RESIDUALES

En 1948, Arthur Casagrande propuso una Carta de Plasticidad con el fin de clasificar la parte fina de los suelos de acuerdo a sus características plásticas. En la carta de plasticidad de Casagrande se puede notar una línea recta, la cual divide la carta en dos zonas: la zona inferior correspondiente a los suelos limosos y la zona superior correspondiente a los suelos arcillosos. Esta línea divisoria se denomina LINEA "A" y su ecuación es:

$$IP = 0.73 \times (LL - 20) \quad (4.1)$$

donde IP es el índice de plasticidad del suelo

LL es el límite líquido del suelo

Casagrande determinó esta Línea "A", aparentemente, en base a un análisis de regresión lineal así como también en base a la experiencia. Este análisis lo efectuó a partir de una gran cantidad de ensayos de límites de Atterberg, lo que convierte a esta línea "A" en una línea divisoria de carácter general.

El carácter general de esta línea es perfectamente aplicable al tratar de clasificar casos puntuales de manera aislada; pero cuando se trata de diseñar obras geotécnicas a gran escala y en un área específica, es preferible determinar una línea "A" divisoria de la Carta de Plasticidad de esa área en particular, antes de proceder a la clasifi-

cación de los suelos a encontrarse en dicha área.

En el caso de la presa sobre el río Baba, se procedió al cálculo de la línea "A" a aplicarse en los suelos de la zona de estudio. Para el efecto, se registraron todos los ensayos de límites líquido y plástico que se realizaron en todos los estudios hechos referentes a la presa Baba, inclusive el presente trabajo. La cantidad de ensayos registrados fue de 45 límites líquidos/plásticos, lo cual si bien no representa una cantidad estadísticamente suficiente como para determinar la ecuación de una recta, en la práctica es lo único con lo que hasta el momento se cuenta para poder determinar esa recta.

La ecuación 4.1 se la puede expresar de la siguiente manera general:

$$IP = 1/A \times (LL - B) \quad (4.2)$$

y a su vez, la ecuación 4.2 se la puede representar como la ecuación de la recta del tipo $y=mx+b$ o sea

$$LL = A \times IP + B \quad (4.3)$$

Aplicando regresión lineal a la ecuación 4.3, se puede determinar fácilmente los valores de las constantes A y B, con las siguientes fórmulas:

$$A = \frac{\sum IP \times \sum LL - n \times \sum (IP \times LL)}{\sum (IP)^2 - n \times \sum (IP)^2} \quad (4.4)$$

$$B = \frac{\sum IP \times \sum (IP \times LL) - \sum LL \times \sum (IP)^2}{\sum (IP)^2 - n \times \sum (IP)^2} \quad (4.5)$$

donde n es el número de ensayos registrados

Por consiguiente, los valores obtenidos de A y B son 1.105

y 28.75 respectivamente; por lo que la ecuación de la línea "A" aplicable a los suelos residuales en la zona de la presa Baba es:

$$IP = 0.91 \times (LL - 28.75) \quad (4.6)$$

4.2 CLASIFICACION REAL DE LOS SUELOS RESIDUALES EN EL AREA DE PRESTAMO

La figura 4.1 muestra la Carta de Plasticidad con la línea propuesta por Casagrande graficada en línea de trazos y la línea propuesta en este trabajo graficada en línea gruesa; las zonas curvas representan los tres tipos de suelos existentes en el área. Se observa que al cambiar la disposición de la línea de plasticidad propuesta por Casagrande también cambia la clasificación plástica del suelo. De acuerdo a la figura 4.1, la clasificación real de los suelos en la presa Baba estaría dada por las zonas de mayor concentración de puntos en los tres tipos de suelo, la clasificación definitiva sería la siguiente:

- a) Suelo residual color café oscuro, profundidad 0.0 a 1.5 mtr., es un suelo arcilloso limoso algo oscuro, inorgánico, consistencia baja a media y plasticidad media. Clasificación: CL
- b) Suelo residual color amarillo rojizo, profundidad 1.5 a 4.0 mtr. es un suelo limoso algo arcilloso de plasticidad y consistencia media a alta. Clasificación: MH

c) Suelo residual amarillo pardo, profundidad mayor de 4 mtrs., es un suelo limo arcilloso a arcillo limoso de alta plasticidad y consistencia alta; envolviendo pequeños clastos de roca que se van incrementando a medida que la capa se profundiza. Clasificación: MH-CH.

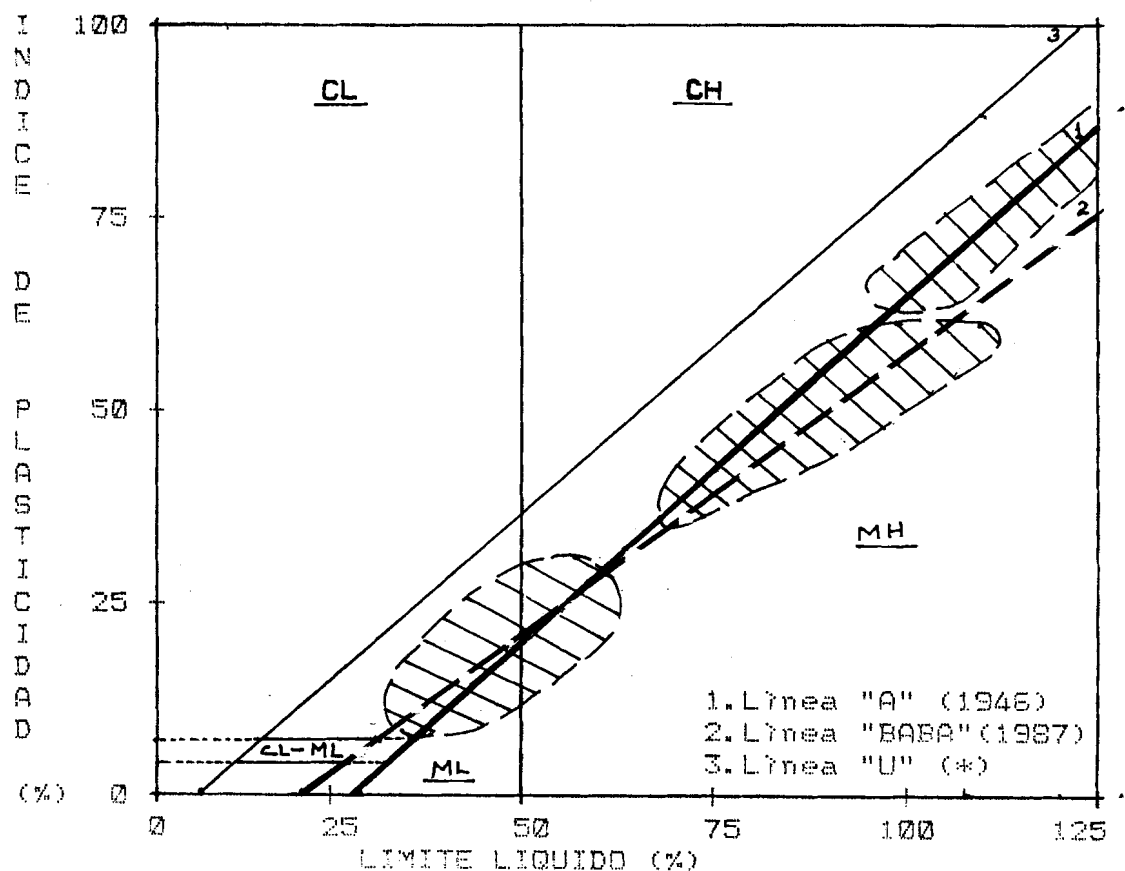


Fig. 4.1 Clasificación de estos suelos de acuerdo a una línea de plasticidad característica de la zona.

* Línea límite superior propuesta por Casagrande, su ecuación es: $IP = 0.9 \times (LL - 8)$

4.3 CRITERIO PARA OBTENER UNA DENSIDAD SECA MAXIMA REAL.

Una vez obtenidas las densidades secas máximas para diferentes esfuerzos de compactación, es menester determinar cuál es el verdadero valor de la densidad seca máxima y humedad óptima a obtenerse en el campo después de que entre en acción el equipo de compactación. El punto de densidad seca máxima-humedad óptima real estará influenciado por dos condiciones: humedad natural in-situ del suelo y esfuerzo de compactación a aplicarse. La humedad del suelo in-situ variará anualmente y dependerá del típico clima tropical lluvioso que impera en la zona, el cual genera precipitaciones pluviométricas del orden de los 2000 mm. anuales (ref. 4, capítulo Hidrología) y esto se traduce en altas humedades relativas durante todo el año, lo que determina una máxima humedad natural del 100% en los meses de Noviembre a Mayo y una mínima humedad del 40% en los meses de Junio a Octubre (ver fig. 3.1)

En lo que se refiere al esfuerzo de compactación aplicado, la figura 4.2 muestra las respectivas curvas de compactación para diferentes esfuerzos aplicados; se observa que la densidad seca máxima oscila entre 1050 y 1320 kg/m³ para un esfuerzo de compactación mínimo y máximo respectivamente; y una humedad óptima entre 45 y 26 %. Debido a que la obra a realizarse es una presa de gran enversadura, la densidad seca máxima a obtenerse en el campo debe ser la más alta posible para así poder asegurar una buena estabilidad de la obra, por lo que de acuerdo a los valores ob-

tenidos en el laboratorio se necesitará de equipos de compactación pesados que produzcan densidades lo más cercana posibles al valor determinado en el Proctor Modificado.

Hay que tener en cuenta que las condiciones de precipitación constante impiden un secado efectivo del material a obtenerse en los sitios de préstamo para así poder disminuir la mínima humedad registrada ($w=40\%$) en el período de Junio a Octubre a valores cercanos a la humedad óptima del Proctor Modificado ($w_{op}=26\%$). Debido a las condiciones citadas anteriormente, el secado del material antes de proceder a la compactación posiblemente reporte valores de hasta un 30% pero no menos, es decir de que habrá mayor posibilidad de compactar el suelo con humedades entre el 30% y 40% que compactarlo a humedades menores al 30% .

En base a esto las densidades a obtenerse en el campo estarán determinadas por una relación de compactación del 90% . Este valor se lo calcula con la fórmula:

$$R_c = \frac{\gamma_d \text{ esperado}}{\gamma_d \text{ experim.}} \times 100 \quad (4.7)$$

donde γ_d experimental es la densidad seca obtenida en el ensayo Proctor Modificado ($\gamma_d = 1314 \text{ kg/m}^3$ y $w_{op}=26\%$)

γ_d esperado es la mínima densidad que se espera obtener en el campo.

En este caso la densidad seca esperada para una mínima humedad óptima del 30% es igual a 1190 kg/m^3 aproximadamente (ensayo Proctor B no normalizado), valores determinados en

las figuras 4.2 y 3.11.

Para otro tipo de zona, ésa relación de compactación sería riesgosa de aplicar, ya que normalmente se aceptan relaciones de compactación de hasta 95%; pero en el caso de la presa Baba, ese valor se hace difícil de obtener por lo que es necesario disminuir la relación de compactación al 90% o menos.

La figura 4.3 muestra la variación de la densidad seca a medida que se disminuye la relación de compactación en base al Proctor Modificado desde el 100% hasta el 50%. Las líneas a trazos representan las densidades secas obtenidas en los diferentes ensayos de compactación realizados y mostrados en la siguiente tabla:

TIPO DE ENSAYO PROCTOR	DENSIDAD SECA MAX (kg/m ³)	HUMED. OPTIMA (%)	Rc (%)
Modificado	1320	26	100
B no norm.	1192	30	91
A no norm.	1135	32	86
Estandar	1076	44	82
C no norm.	1060	45	81

TABLA 4.1

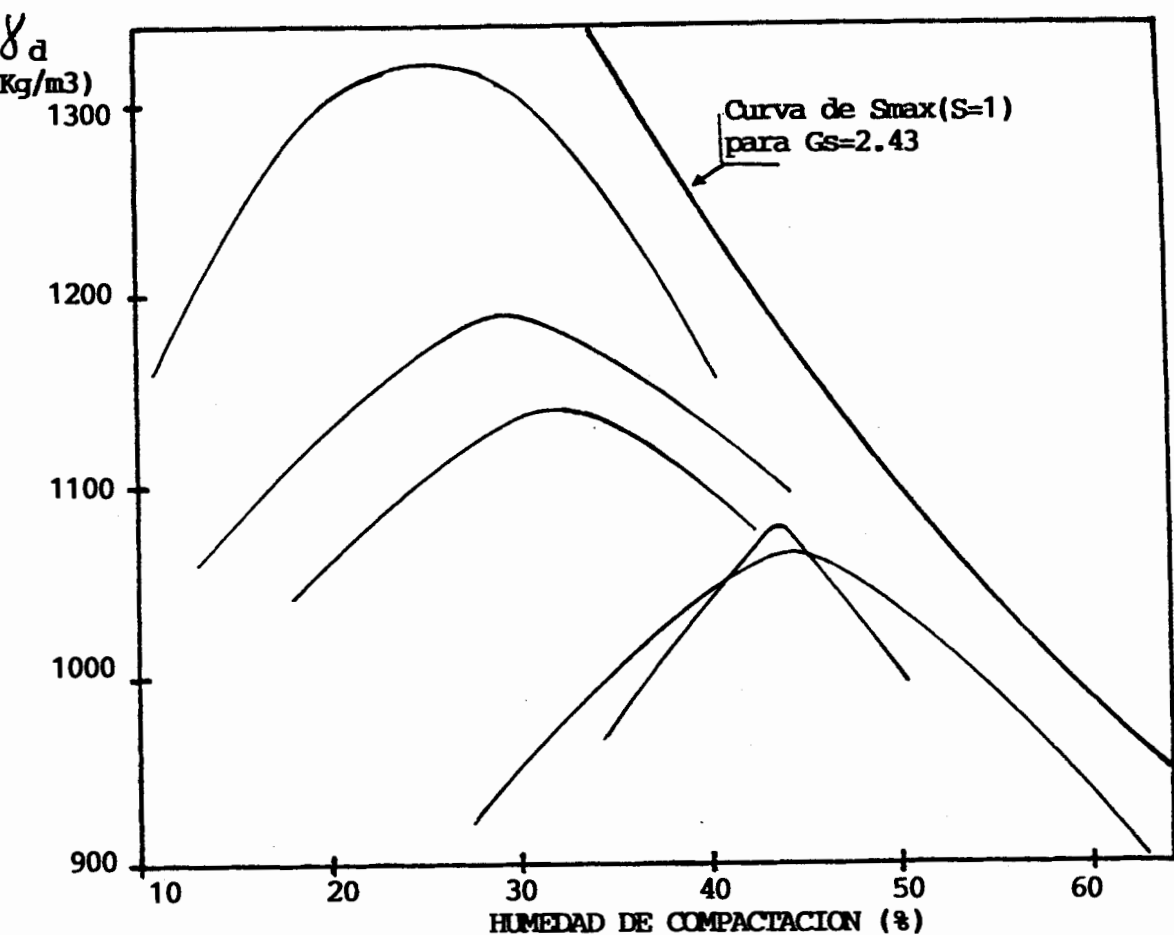


FIG. 4.2

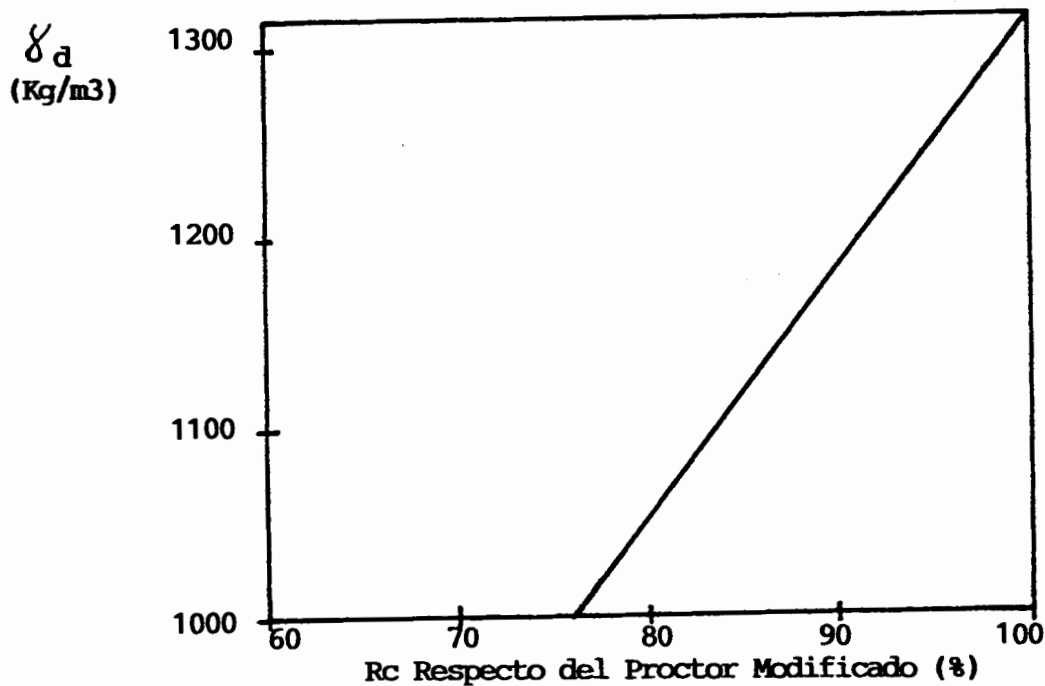


FIG. 4.3

4.4 INFLUENCIA DE LOS CONSTITUYENTES MINERALÓGICOS DE LOS SUELOS RESIDUALES BABA EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS MISMOS

Hasta ahora se ha visto que los suelos residuales ubicados en la zona de Baba presentan una inestabilidad física lo que se traduce en un cambio total de sus propiedades geomecánicas en el momento de someterlos a un secado y manipulación excesiva.

Todos estos trastornos únicamente pueden ser explicados por la presencia de minerales arcillosos del grupo de las smectitas dentro de su composición mineralógica.

En base a los resultados obtenidos en los análisis respectivos de laboratorio se determinó que estos suelos tienen un porcentaje importante de illita y caolinita como minerales arcillosos constituyentes; pero teniendo en cuenta que la mayoría de las veces los resultados de estos análisis son aproximados y muchas veces insuficientes, se podría asegurar que además de los minerales anteriormente mencionados, estos suelos deben tener en su composición mineralógica pequeños porcentajes de otros minerales arcillosos, tales como la halloysita y la montmorillonita.

La presencia de halloysita se justifica en el hecho de que estos suelos sufren cambios irreversibles en sus propiedades geomecánicas al someterlos a temperaturas altas de manera instantánea (horno o estufa) o incluso al dejarlos secar al medio ambiente en un laboratorio. Estimativamente, se podría decir que la halloysita se presenta en cantidades no mayores al 15%.

En el caso de la montmorillonita, este mineral arcilloso tiene la característica de absorber cantidades de agua muy superiores a los espesores del mineral por lo que si un suelo tiene gran cantidad de montmorillonita en su composición mineralógica, este suelo será seguramente expansivo. Para el caso de los suelos residuales en Baba, los ensayos de laboratorio correspondientes determinaron que estos suelos no tenían un comportamiento expansivo ya que las deformaciones por expansión o contracción eran mínimas por lo que se podría suponer que de existir montmorillonita en estos suelos, estaría en un porcentaje mucho menor al 1%. En base a lo afirmado anteriormente, la composición mineralógica de los suelos residuales en Baba, se la podría estimar de la siguiente manera:

- Minerales no Arcillosos	30 %
- Illita	40 %
- Caolinita	15 %
- Halloysita (estimado)	< 15 %
- Montmorillonita (estimado ...)	< 1 %

En el apéndice C se da una breve descripción de las características de los minerales arcillosos existentes en los suelos residuales estudiados.

4.5 OTRAS CORRELACIONES

4.5.1 IDENTIFICACION MINERALOGICA EN BASE A LA CARTA DE PLASTICIDAD

Un método aproximado para identificar minerales arcillo-

esos en diferentes tipos de suelos fue sugerido por Casagrande y se basa en el uso de los límites de Atterberg y la carta de plasticidad. El procedimiento consiste en localizar los resultados de los límites de Atterberg de una muestra dada en la carta de Plasticidad, y posteriormente comparar esta localización con la de minerales arcillosos conocidos, tal como se ve en la figura 4.4.

Si se superpone la figura 4.1, la cual muestra la ubicación de los suelos residuales Baba en la carta de Plasticidad, sobre la figura 4.4, se podrá observar que la fracción fina de estos suelos es predominantemente ilítica aunque también presenta cantidades significativas de caolinita y en menor proporción halosita y montmorillonita. Esta afirmación concuerda perfectamente con lo dicho en el numeral anterior.

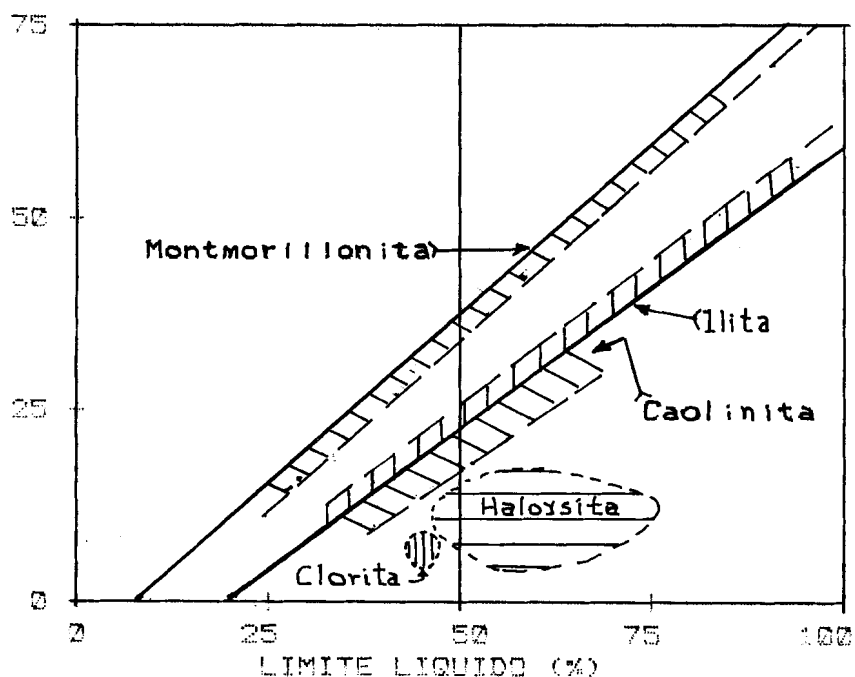


Fig. 4.4 Identificación Mineralógica de acuerdo a la carta de plasticidad. (tomado de la ref. 11, pag. 89)

4.5.2 IDENTIFICACION MINERALOGICA EN BASE A LA ACTIVIDAD DE LAS ARCILLAS

La actividad de la arcilla fue definida por Skempton en 1953 tal como lo expresa la ecuación 4.8; donde la fracción arcillosa se la toma como el porcentaje en peso de los granos de suelo menores a 2 μ m. Arcillas activas son aquellas que tienen una actividad mayor que 1.25; arcillas inactivas son aquellas que tienen una actividad menor a 0.75 y arcillas normales son aquellas que tienen una actividad entre 0.75 y 1.25 (7).

$$A = \frac{\text{Indice de Plasticidad}}{\text{Fracción arcillosa}} \quad (4.8)$$

Skempton (1.953) y Mitchell (1.976) establecieron valores de actividad para distintos minerales, los cuales se exponen en la tabla 4.2

MINERAL	A
Montmorillonita-Na	4 - 7
Montmorillonita-Ca	1.5
Illita	0.5-1.3
Caolinita	0.3-0.5
Halloysita(deshidratada)	0.5
Halloysita (hidratada)	0.1
Attapulgita	0.5-1.2
Alofano	0.5-1.2
Muscovita	0.2

TABLA 4.2
(tomado de ref. 7, pag. 92)

En los suelos residuales, se determinaron parámetros de actividad en 4 muestras distintas de suelos, determinándose que el mineral que más predomina en estos es la illita o la caolinita y que eventualmente en una muestra de suelo se puede encontrar la predominancia de otro mineral distinto a los anteriores. La tabla 4.3 expone los valores de actividad encontrados en las muestras Baba, y el tipo de mineral predominante en base a la comparación con la tabla 4.2

IMUES-IFRACCION	TIPO	MINERALES
TRA IARCILL. A	DE	PREDOMINANTES
(%)	ACTIVI.	(tomado de tabla 4.2)
1	15	1.37
2	24	0.21
3	12	0.33
4	22	0.91

TABLA 4.3

Cabe señalar que la predominancia del mineral únicamente es válida en la fracción arcillosa ($< 2 \mu m$) del suelo debido a la definición de actividad que fue dada anteriormente.

4.5.3 RELACION DE VACIOS Y POROSIDADES VS. HUMEDAD OPTIMA

Adicionalmente, al cálculo de la densidad seca máxima en los ensayos de compactación, se procedió a determinar la relación de vacíos y porosidad de la muestra compactada en todos los puntos de cada una de las curvas de compactación establecidas. La figura 4.5 muestra la

variación de la relación de vacíos en función de la humedad de compactación, se observa que la mínima relación de vacíos se la obtiene con el ensayo Proctor Modificado y su valor es de 0.30 aproximadamente. En la misma figura, del lado derecho se muestra la escala numérica correspondiente a la variación de porosidad en función de la humedad de compactación para cada uno de los ensayos proctor realizados, el mínimo valor de porosidad que se obtiene es de 0.455

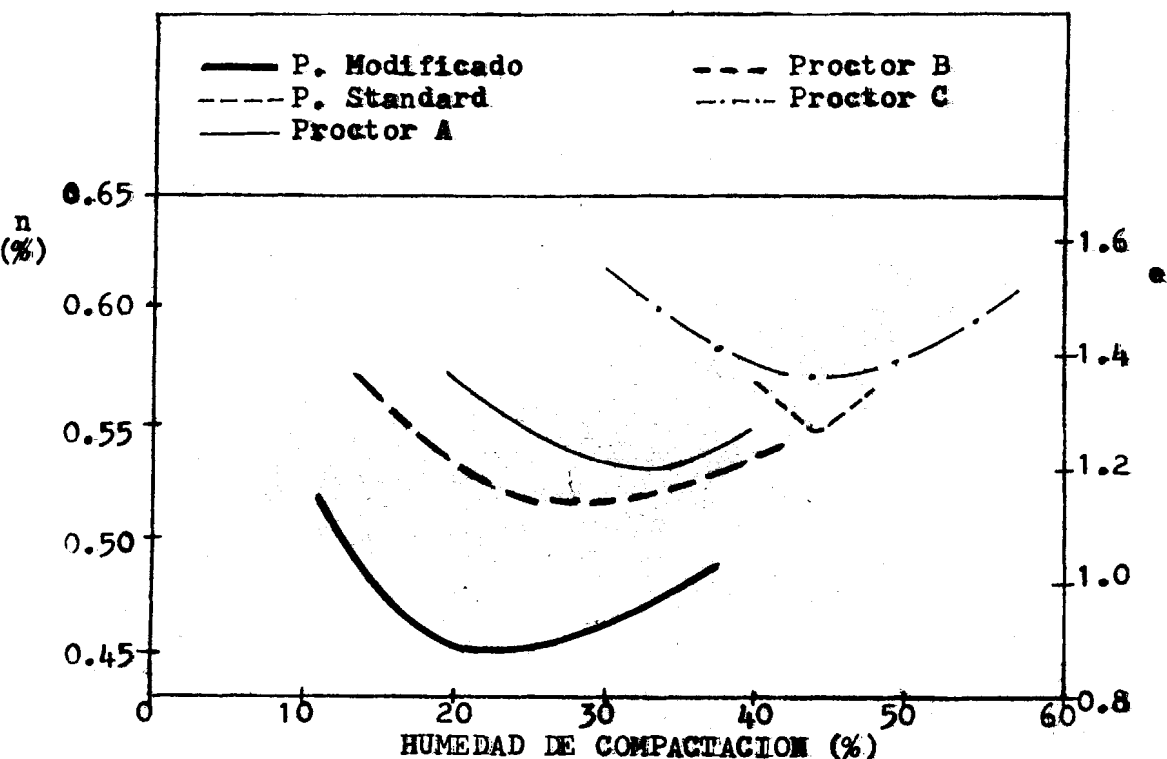


Fig. 4.5 Curva de relación de vacíos y porosidad en función de la humedad de compactación.

CONCLUSIONES

Después de haber realizado un trabajo, en lo posible investigativo de campo y laboratorio, considero conveniente plantear las siguientes conclusiones:

1. Los suelos residuales en la zona del proyecto "Baba" son originados por la alteración de rocas volcánicas en un gran porcentaje, por lo que la mayoría de los minerales presentes en estos suelos serán de origen netamente volcánico.
2. Estos suelos son afectados drásticamente por la temperatura; comprobándose que a medida que el suelo pierde humedad, sus propiedades geomecánicas cambian significativamente. Observándose además, que su clasificación de acuerdo a la plasticidad de los mismos varía notablemente, por lo que se puede deducir que estos suelos se transmutan en otro tipo de suelos diferentes a los ubicados en la zona de estudio; y lo que es más notable, todos estos cambios son irreversibles.
3. Todos estos cambios en los valores de las propiedades geomecánicas, a medida que los suelos son secados, pueden ser explicados por la presencia de minerales susceptibles a los cambios de temperatura.
4. Una vez comprendida la influencia del secado en estos suelos, la única manera de estudiarlos en el Laboratorio es reproducir lo más aproximadamente posible las condiciones bajo las que se encuentran estos suelos en el campo.

RECOMENDACIONES

1. En lo sucesivo, todo laboratorio de Mecánica de Suelos que analice suelos residuales, deberá ensayarlos siempre con el contenido de humedad natural; de este modo se asegura de que los resultados que se obtengan reflejen las condiciones reales de la zona de estudio.
2. Para el proyecto hidráulico "Baba", se recomienda usar los dos niveles de suelos residuales presentes en la zona (color café claro y amarillo rojizo); mezclándolos de una manera adecuada y así conformar el núcleo de la presa, con esto se asegura la estabilidad y la impermeabilidad de la misma. Se recomienda usar una relación de compactación del 95 % respecto al Proctor Modificado.
3. Es necesario que se profundicen las investigaciones en cuanto a la resistencia al corte de estos suelos. Así como también, se inicie una investigación sobre una zonificación de los suelos residuales en el Ecuador.

APENDICES

ANEXO	DESCRIPCION	PAG.
A	Descripción del ensayo al azul de metileno	89
B	Procedimiento de ensayo del análisis térmico diferencial	92
C	Breve descripción de los minerales arcillosos presentes en los suelos residuales Baba	95
D	Cuadros de calibración de equipos de laboratorio	101
E	Tabla descriptiva de los ensayos de compactación realizados en esta investigación	105
F	Ensayos de Laboratorio	108

APENDICE A

DESCRIPCION DEL ENSAYO AL AZUL DE METILENO

3.1 PRINCIPIO

El principio básico del ensayo consiste en introducir cantidades sucesivas de azul de metileno en dosis cada vez mayores, hasta que se observe un indicio de que las partículas arcillosas estén saturadas, momento en el cual se considera terminado el ensayo. El indicio anteriormente mencionado consiste en formar una mancha azulada sobre papel filtro con una gota de la suspensión suelo-agua-azul de metileno; esta mancha se presentará como una aureola azulada rodeando el depósito de suelo dejado por el ensayo en el papel filtro, en este momento se dice que la prueba es positiva.

3.2 PROCEDIMIENTO

Generalmente pero no necesariamente, antes del ensayo se procede a tamizar 100 grs. de suelo por la malla #200. Este pasante es mezclado en un agitador con 100 a 200 ml de agua de manera constante. Con la ayuda de una bureta, se inyecta dentro del recipiente de agitación una dosis de 5 ml de azul de metileno. Se esperan 5 minutos y se procede a realizar la prueba de la mancha sobre papel filtro.

Si la prueba da un resultado positivo, se continua agitando la suspensión y se vuelve a realizar la prueba de la mancha. Si en esta segunda prueba nuevamente se obtiene un resultado positivo, entonces la dosificación se la considera terminada; en caso contrario, se debe añadir una nueva dosis de 5 ml de azul de metileno a la suspensión a-

sua - suelo y se repite la operación desde el principio.

Una vez terminada la prueba, se determina la cantidad total de azul de metileno introducida en la suspensión y se calcula el "valor de azul" para la muestra ensayada por medio de la ecuación A.1

Peso de Azul de Metileno usado

Valor de azul = ----- (A.1)

100 gramos de suelo seco

El ensayo generalmente es rápido; dura entre 10 a 40 minutos, dependiendo del tipo de suelo. El equipo a usarse es fácil de adquirir y poco costoso (una bureta, un agitador de laboratorio y papel filtro) por lo que puede efectuarse en el sitio de estudio o en un laboratorio brevemente equipado.

2.3 EVALUACION DE RESULTADOS

El valor de azul obtenido en este ensayo está relacionado con la superficie específica total de las partículas que constituyen la fracción arcillosa del suelo; debido a esto, el ensayo representa una evaluación global de la cantidad y tipo de arcilla presente en el suelo.

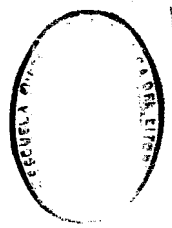
La figura 3.14, capítulo 3, muestra la evaluación del valor de azul para tres mezclas de arcillas puras (illita - caolinita - bentonita) determinadas por Lan (Francia, 1985).

APENDICE B

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DEL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

B.1 EQUIPO USADO

- a) Aparato Portátil de análisis térmico diferencial con tres crisoles.
- b) Horno cilíndrico con capacidad de hasta 1000 c.
- c) Galvanómetro de tres grados de sensibilidad.



B.2 PROCEDIMIENTO

BIBLIOTECA

- 1) Conectar el horno cilíndrico a una fuente de poder y permitir que alcance su temperatura máxima (1700 c). Esto toma de 25 a 30 minutos.
- 2) Mientras tanto, moler el material a ser examinado y tamizarlo por la malla #200. Después dejarlo secar al aire.
- 3) Llenar la celda izquierda en la parte frontal de cada uno de los crisoles (en el aparato portátil) con Al2O3, la cual es una sustancia inerte que sirve como material de referencia.
- 4) La muestra a ser analizada se coloca dentro de la celda derecha de los crisoles, para el efecto se usa un pequeño ensudo de latón para prevenir derrames. Sólo se coloca una pequeña cantidad a la vez y es taqueada antes de agregar una nueva cantidad. Se debe tener mucho cuidado al usar el taqueador con el fin de evitar golpear la soldadura termopar.
- 5) Después de llenar las celdas, se coloca la cubierta de latón sobre el crisol y se la rota hasta que el hueco más grande quede directamente sobre la celda que con-

tiene la alúmina.

- 6) El crisol se lo cubre con discos de acero.
- 7) Colocar el selector en Z y proceder al encendido de la asuja del galvanómetro moviendo la perilla correspondiente.
- 8) Colocar el switch de sensibilidad en la posición "low".
- 9) El horno cilíndrico es levantado con unas tenazas y colocado suavemente sobre el crisol en el cual se realizará el ensayo.
- 10) A partir de ese momento se registrarán las diferencias de temperatura entre muestra y sustancia inerte observadas en el galvanómetro para cada incremento de 20 en la temperatura común de las muestras.
- 11) La prueba debe terminarse cuando el operador considera que no se producirá ninguna reacción más aunque por lo general la prueba se la termina a los 500 C, ya que a mayores temperaturas se pueden dañar los termopares y fundirse la muestra en el crisol.
- 12) Si se tiene muestra en los otros dos crisoles, se procede de la misma manera explicada anteriormente.
- 13) Después de haber ensayado las muestras se procede a la evaluación de los resultados. Generalmente, la temperatura común de las dos sustancias se la grafica horizontalmente de izquierda a derecha, usando una escala de 100 C por centímetro lineal. Las deflexiones del galvanómetro o diferencias de temperatura son graficadas verticalmente a una escala escogida de acuerdo al

criterio del que analiza los resultados.

- 14) Cuando los crisoles se han enfriado a la temperatura ambiente, se afloja la muestra y se rompe usando una asuja. Esto debe hacerse suavemente y con mucho cuidado para no dañar los alambres termopares.

APENDICE C

BREVE DESCRIPCION DE LOS MINERALES ARCILLOSOS
PRESENTES EN LOS SUELOS RESIDUALES
DE LA ZONA DE ESTUDIO.

C.1 ILITA

Su fórmula química aproximada es $K_1 Al_2 (Si, Al)_4 O_{10} OH_2 \cdot nH_2O$, aunque generalmente su composición química no es constante. Se la conoce mejor con el nombre de hidromuscovita. Su estructura cristalina no se diferencia mucho de la muscovita.

Generalmente se la observa en masas escamosas o laminares delgadas de color blanco, grasas al tacto, comúnmente mezclada con caolinita y otros minerales. Los índices de refracción de la illita varían de 1.55 a 1.58. Su gravedad específica es de 2.67 y la constante de actividad promedio es de 0.85. Ensayos realizados en varias muestras de illita pura determinaron que el límite líquido promedio es de 44% y su límite plástico es de 22%.

Se encuentra en las arcillas derivadas de la meteorización de esquistos micáceos, gneiss y roca cuarzo perclíticas. Se registran con frecuencia en suelos que se forman en el lugar de rocas eruptivas de composición ácida a intermedia.

C.2 CAOLINITA

Su fórmula química es $Al_2 O_3 \cdot 2Si O_2 \cdot 2H_2O$. Es el componente fundamental de la mayor parte de las arcillas. Por lo general se presentan en escamas o láminas de aspecto hexagonal, de incoloras a blancas. Su dureza es aproximadamente 1 y su gravedad específica promedio varía de 2.58 a 2.6. Es infusible.

Cuando se presenta en masas terrosas, la caolinita se a-

plasta con facilidad en la mano, en estado seco absorbe mucha agua y humedecida se comporta como una masa excepcionalmente plástica. Se ha determinado un límite líquido promedio de 107% y su límite plástico de 82%, el valor de la actividad es de 1.10.

Se forma por la meteorización de rocas metamórficas y eruptivas ricas en aluminosilicatos, todo este proceso se produce bajo la influencia del agua y bióxido de carbono. Los fenómenos de caolinización también se producen en los procesos hidrotermales de bajas temperaturas.

3.3 HALOYSITA

Su fórmula química es $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$. Se encuentra en masas terrosas geliformes de fractura concoidea. Es de color blanco, brillo mate. El índice de refracción oscila entre 1.547 y 1.55. Es frágil, de dureza 1 a 2; la gravedad específica varía entre 2 y 2.2, dependiendo del contenido de agua. Es infusible.

Cuando se le encuentra en masas compactas, se agrietan al secarse al aire y se rompen en fragmentos angulares. Muy poco plástica. Es curioso el hecho de que una vez deshidratada generalmente a temperaturas mayores a 50 °C, la haloysita no vuelve a absorber agua y se transforma en meta-haloysita. Este fenómeno es el principal responsable del hecho de que los suelos que contengan haloysita, aunque en porcentajes mínimos, sufran cambios irreversibles en todas sus propiedades geomecánicas, haciendo difícil la caracte-

rización de los mismos.

La halloysita es un mineral que se encuentra en la corteza de meteorización de la mayoría de las rocas y también como parte de la composición de muchos suelos residuales.

Una aparente característica de los suelos con halloysita es de que la forma hidratada de este mineral únicamente se detecta en muestras tomadas a una altitud por encima de los 2000 mt. sobre el nivel del mar. A medida que la altitud disminuye, las muestras presentarán tanto la variedad hidratada (halloysita) como la deshidratada (metahalloysita). En lugares cercanos a la línea de playa, la halloysita parece ser reemplazada totalmente por caolinita (2).

3.4 MONTMORILLONITA

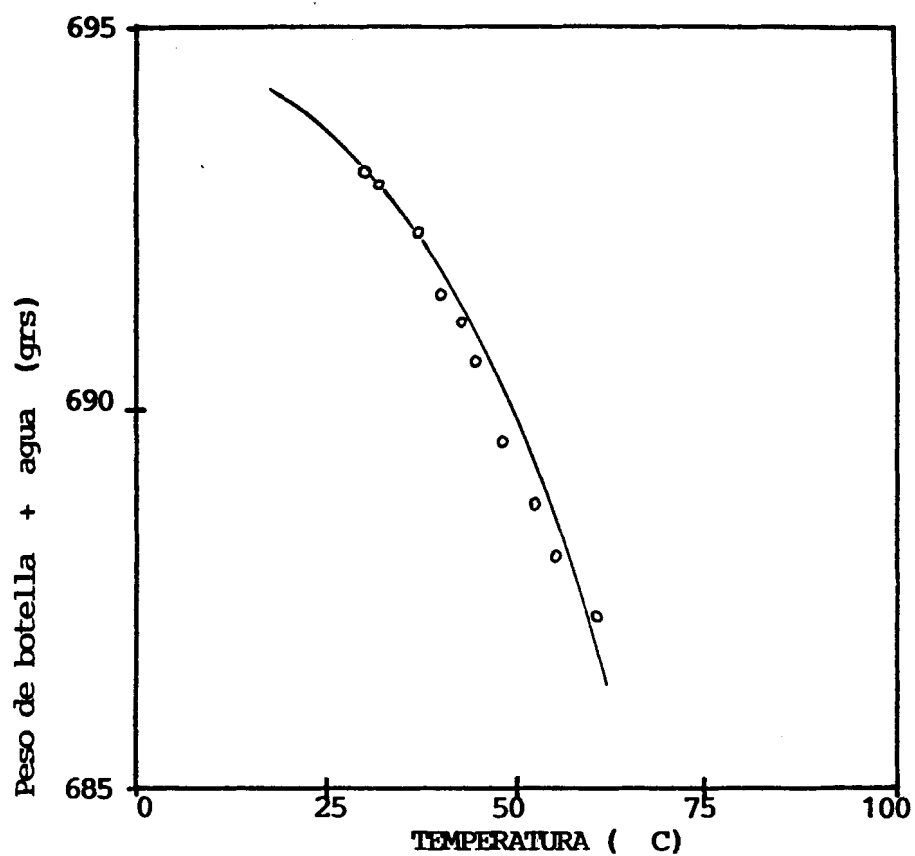
Su fórmula química aproximada es $(\text{Mg}, \text{Ca}) \text{Al}_2 \text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Es un mineral muy común, principalmente entre cierta variedad de arcillas. Su color es blanco con matices grisáceos, presenta brillo mate en estado seco. Untuosa. El índice de refracción varía de 1.49 a 1.55. Es muy blanda. La presencia de montmorillonita en los suelos arcillosos puede advertirse por los fenómenos de expansión a causa de la absorción de agua. Generalmente, los depósitos de suelos ricos en montmorillonita, después de una lluvia, se convierten en una masa gelatinosa y resbaladiza. Al secarse se agrietan y se inflan debido a la expansión sufrida en las capas inferiores que no se han secado. Por lo tanto, presentan un aspecto arrugado y lleno de

erietas. La montmorillonita se forma casi exclusivamente en un medio alcalino y por la meteorización de rocas eruptivas, por lo general tobas y cenizas volcánicas.

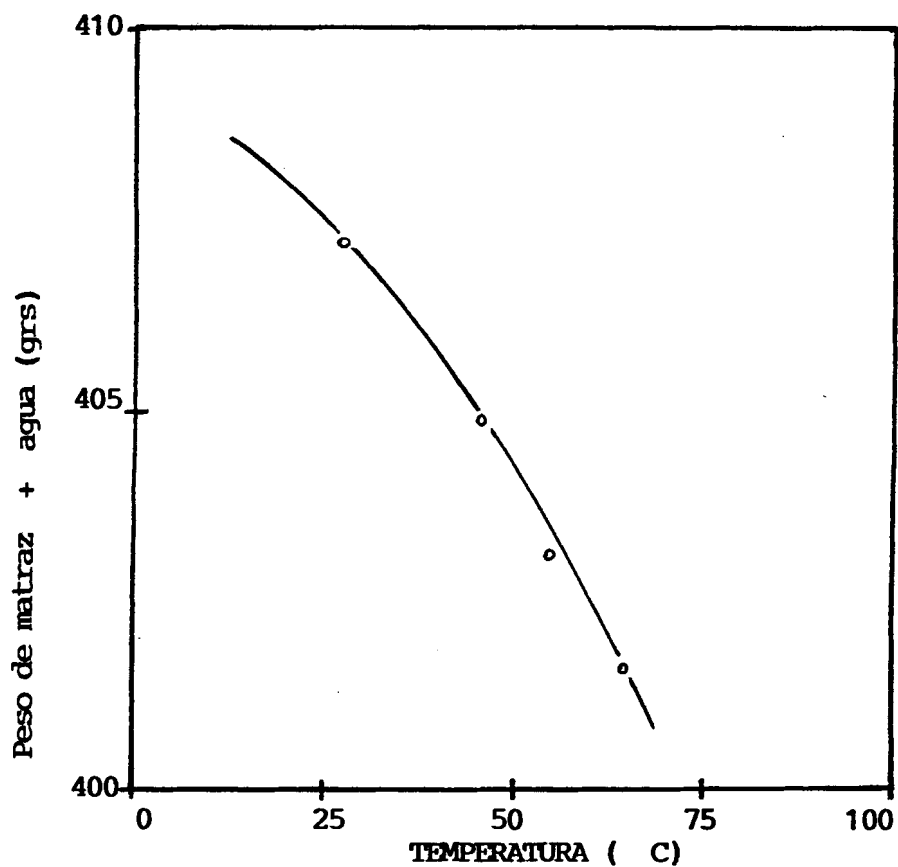
APENDICE D

CUADROS DE CALIBRACIONES DE EQUIPOS DE LABORATORIO

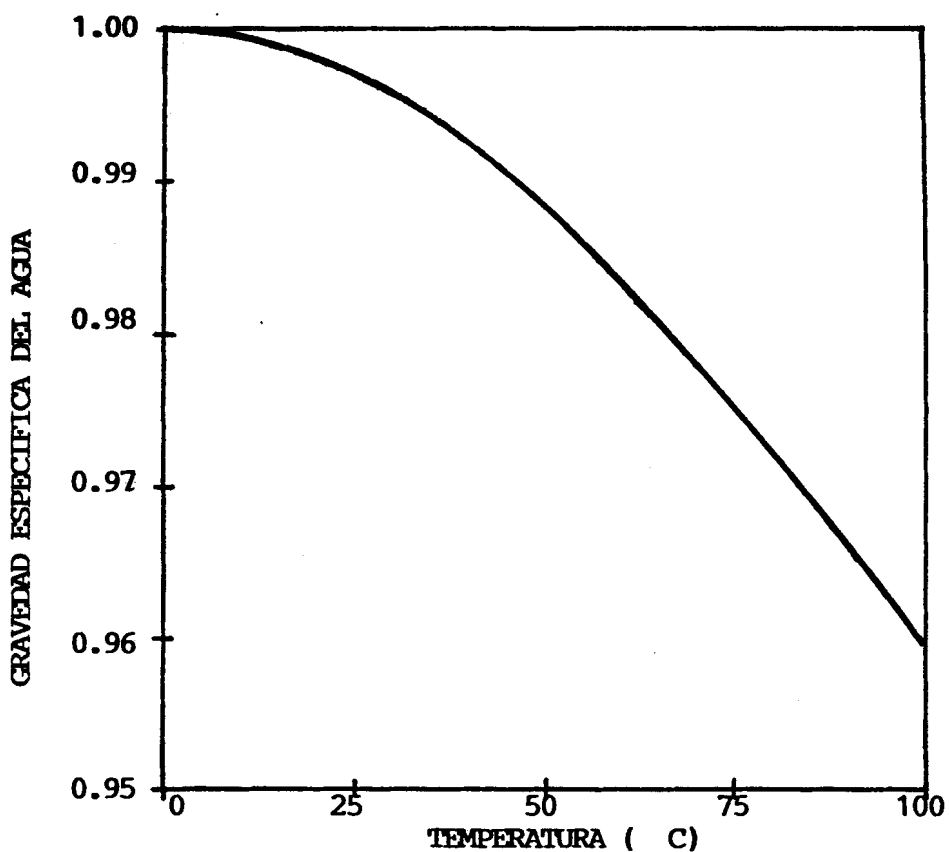
(GRAVEDAD ESPECIFICA, HIDROMETRIA, CBR)



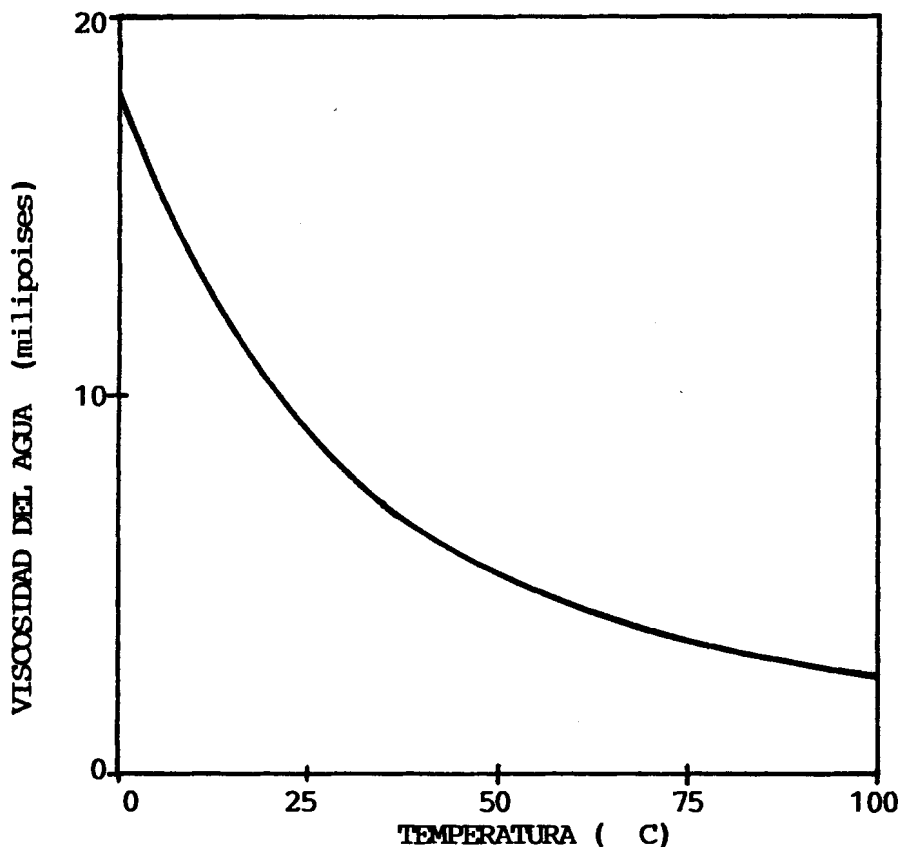
D.1 CALIBRACION DEL PIGNOMETRO (G.ESPECIFICA)



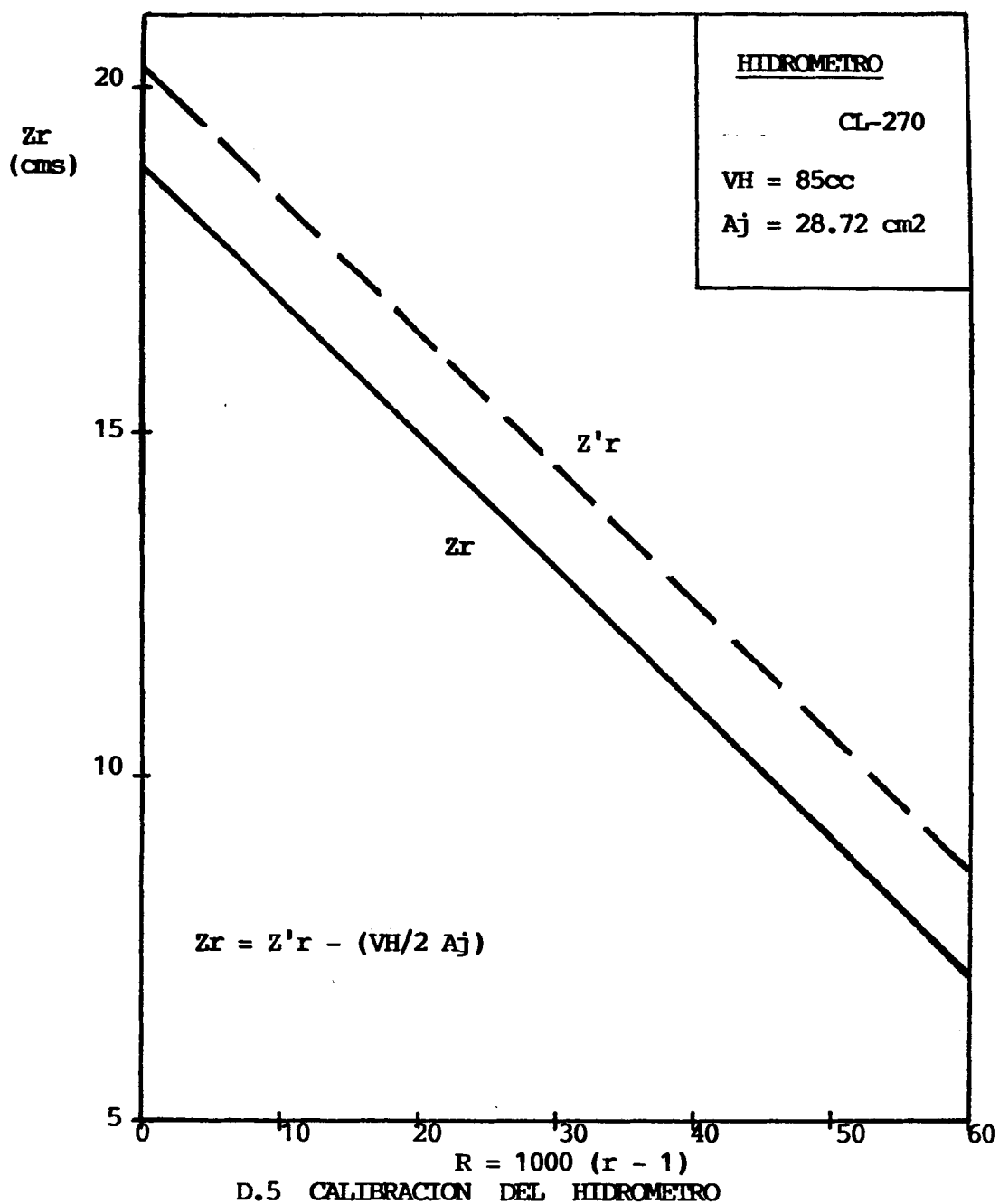
D.2 CALIBRACION DEL MATRAZ (G. ESPECIFICA)

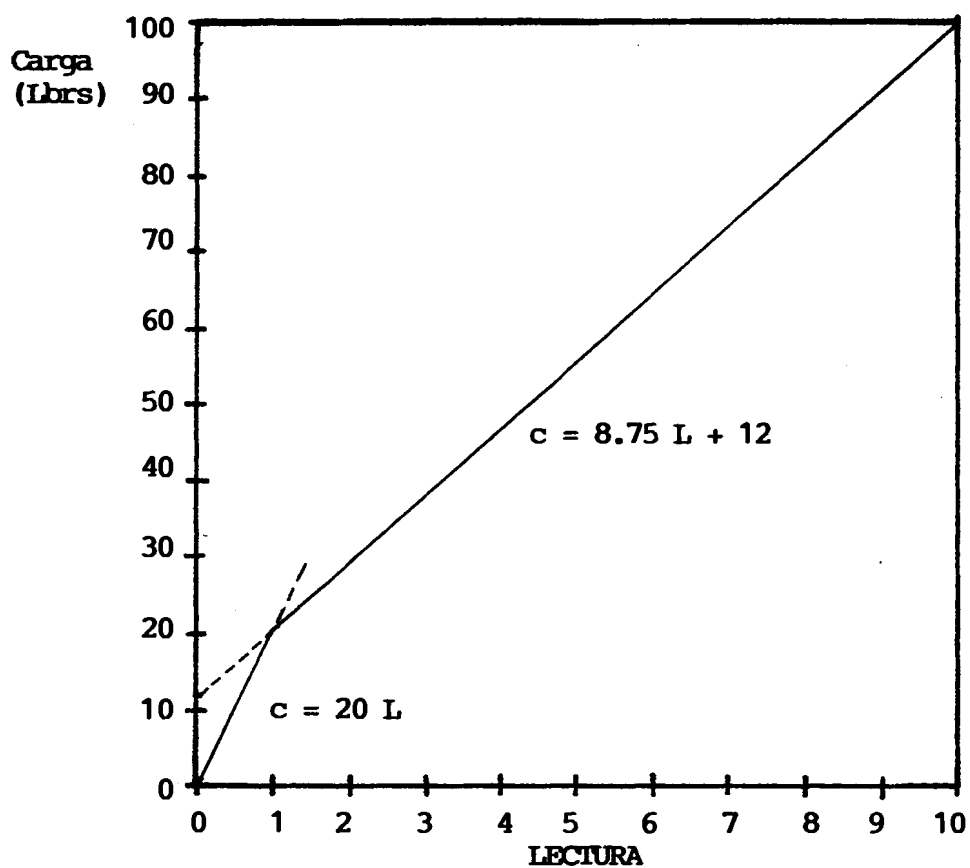


D.3 VARIACION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGUA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA



D.4 VARIACION DE LA VISCOSIDAD DEL AGUA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA





D.6 CALIBRACION DEL ANILLO DE CARGA (CBR)



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

APENDICE E

TABLA DESCRIPTIVA

DE LOS DIVERSOS ENSAYOS DE COMPACTACION

REALIZADOS EN ESTA INVESTIGACION

ENSAYO DE COMPACT.	ENERGIA COMPACTAC. (Kilo/m ³)	ESFUERZO COMPACTACION (Ton/m ²)	DIAMETRO MOLDE (cm.)	VOLUMEN MOLDE (mtrs ³)	PESO MARTILLO (Kgs.)	ALTURA DE CAIDA (cm)	NUMERO CAPAS	NUMERO GOLPES	NORMA ESTANDAR
PROCTOR C	285	29	10.16	9.44×10^{-4}	2.5	30.48	3	12	
PROCTOR STANDARD	594	61	10.16	9.44×10^{-4}	2.5	30.48	3	25	AASHO T 99-57
PROCTOR B	1307	133	10.16	9.44×10^{-4}	2.5	30.48	3	55	AASHO T 180-57
PROCTOR A	1155	118	15.24	2.085×10^{-3}	4.55	45.83	5	26	
PROCTOR MODIFICADO	2436	248	15.24	2.30×10^{-3}	4.55	45.83	5	55	AASHO T 180-57

APENDICE F
ENSAYOS DE LABORATORIO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.I.G.M.P.
ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA

PROYECTO: TESIS DE GRADO

LUGAR: VIA QUEVEDO - STO. DOMINGO

OPERADOR: D. MATAMOROS

CALICATA No. 1	Profundidad(mts)	0.00 - 0.80	Fecha	17-11-86
Determinación	#1	#2	#3	
Picnómetro No.	1	1	1	
Temperatura del ensayo(°C) - T	28.4	28.8	31	
Peso picnóm.+agua+suelo a T(grs)- V1	725.9	723.68	721.05	
Peso picnómetro+agua a T (grs) - V 2	693.2	693.17	693.00	
Recipiente No.	1	2	3	
Peso de recipiente	105.80	112.60	107.50	
Peso de recipiente+suelo seco	156.06	163.05	154.21	
Peso de suelo seco - Ws	50.26	50.45	46.71	
Gravedad espec. del agua a T (Gt)	0.9960	0.9957	0.9950	
$G_s = (W_s \cdot G_t) / (W_s - W_1 + W_2)$	2.8507	2.5192	2.4907	
Gravedad específica promedio de los sólidos			G _s = 2.51	
CALICATA No. 1	Profundidad(mts)	0.00 - 0.80	Fecha	20-11-86
Determinación	#1	#2	#3	
Picnómetro No.	1	1	1	
Temperatura del ensayo(°C) - T	29.50	30.90	28.50	
Peso picnómetro+suelo a T (grs) - V1	716.45	719.40	718.01	
Peso picnómetro+agua a T (grs) - V 2	693.15	693.05	693.20	
Recipiente No.	1	1	1	
Peso de recipiente (grs)	105.81	105.81	105.81	
Peso de recipiente+suelo seco(grs)	144.79	150.80	147.85	
Peso de suelo seco (grs) - Ws	38.98	44.99	42.04	
Gravedad específica del agua a T	0.9955	0.9950	0.9960	
$G_s = (W_s \cdot G_t) / (W_s - W_1 + W_2)$	2.4748	2.4016	2.4748	
Gravedad específica promedio de los sólidos			G _s = 2.475	
Observaciones:	Suelo residual color café oscuro. Muestra uno secada al horno. Muestra dos ensayada a la hu medad natural.			

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / FLEOM 2014
ENSAJO DE GRAVEDAD ESPECIFICA

FECHA DE: 10 **TESIS DE GRADO**

VIA QUEVEDO S. STO. DOMINGO

OPERADOR: D. MATAMOROS

CALICATA No. 2		Profundidad (mts) .00 - 0.50		Fecha 24-11-86	
Determinación		#1	#2	#3	
Pienómetro No.		1	2	1	
Temperatura del ensayo (°C) - T		30	30	29	
Peso pienóm.+agua+suelo a T (grs) - V1		729.65	439.60	729.60	
Peso pienóm.+agua a T (grs) - V2		694.35	406.90	694.50	
Recipiente No.		1	4	1	
Peso de recipiente		105.70	107.39	105.80	
Peso de recipiente+suelo seco		165.00	163.15	165.10	
Peso de suelo seco - Ws		59.30	55.76	59.30	
Gravedad espec. del agua a T - Gt		0.9955	0.9955	0.9957	
Gs = (Ws * Gt) / (Ws - W1 + W2)		2.4597	2.4072	2.4391	
Gravedad específica promedio de los sólidos				Gs = 2.44	
CALICATA No.		Profundidad (mts): 0.00 - 0.70		Fecha: 25-11-86	
Determinación		#1	#2	#3	
Pienómetro No.		2	1	2	
Temperatura del ensayo (°C) - T		29	29.5	29.5	
Peso pienóm.+agua+suelo a T (grs) - V1		437.20	721.22	435.50	
Peso pienóm.+agua a T (grs) - V2		406.95	694.46	407.00	
Recipiente No.		3	4	5	
Peso de recipiente (grs)		107.70	107.39	97.90	
Peso de recipiente+suelo seco (grs)		160.25	153.80	145.60	
Peso de suelo seco (grs) - Ws		52.55	46.41	47.70	
Gravedad específica del agua a T		0.9957	0.9956	0.9958	
Gs = (Ws * Gt) / (Ws - W1 + W2)		2.3464	2.3514	2.4734	
Gravedad específica promedio de los sólidos				Gs = 2.35	
Observaciones: Calicata No.2: suelo residual color café claro Calicata No.6: suelo residual color café oscuro					

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.I.C.M.P.
ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA

PROYECTO: TESIS DE GRADO

Lugar: VIA QUEVEDO - STO. DOMINGO

OPERADOR: D. MATAMOROS

CALICATA No. 5	Profundidad(mts): 0.00 - 0.70	Fecha: 2-12-86	
Determinación	#1	#2	#3
Picnómetro No.	2	2	2
Temperatura del ensayo(°C) - T	27.5	29.50	29
Peso picnóm.+agua+suelo a T(grs)-W1	436.75	436.20	434.25
Peso picnomet.+agua a T (grs.) - W2	407.15	407.00	406.95
Recipiente No.	1	1	1
Peso de recipiente	105.90	105.80	105.75
Peso de recipiente+suelo seco	155.60	153.61	152.60
Peso de suelo seco - Ws	49.70	47.81	46.85
Gravedad espec.del agua a T-Gt	0.9961	0.9955	0.9957
$G_s = (W_s \cdot G_t) / (W_s - W_1 + W_2)$	2.4630	2.5575	2.3861
Gravedad específica promedio de los sólidos		G _s = 2.47	
CALICATA No. 4	Profundidad(mts.): 1.50 - 3.50	Fecha: 2-12-86	
Determinación	#1	#2	#3
Picnómetro No.	2		
Temperatura del ensayo(°C) - T	27°C		
Peso picnóm.+agua+suelo a T (grs) - W1	771.9		
Peso picnom.+agua a T (grs) - W2	693.3		
Recipiente No.	1		
Peso de recipiente (grs)	100.6		
Peso de recipiente+suelo seco(grs)	225.4		
Peso de suelo seco (grs) - Ws	124.8		
Gravedad específica del agua a T	0.9965		
$G_s = (W_s \cdot G_t) / (W_s - W_1 + W_2)$	2.6918		
Gravedad específica promedio de los sólidos		G _s =	
Observaciones:			

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

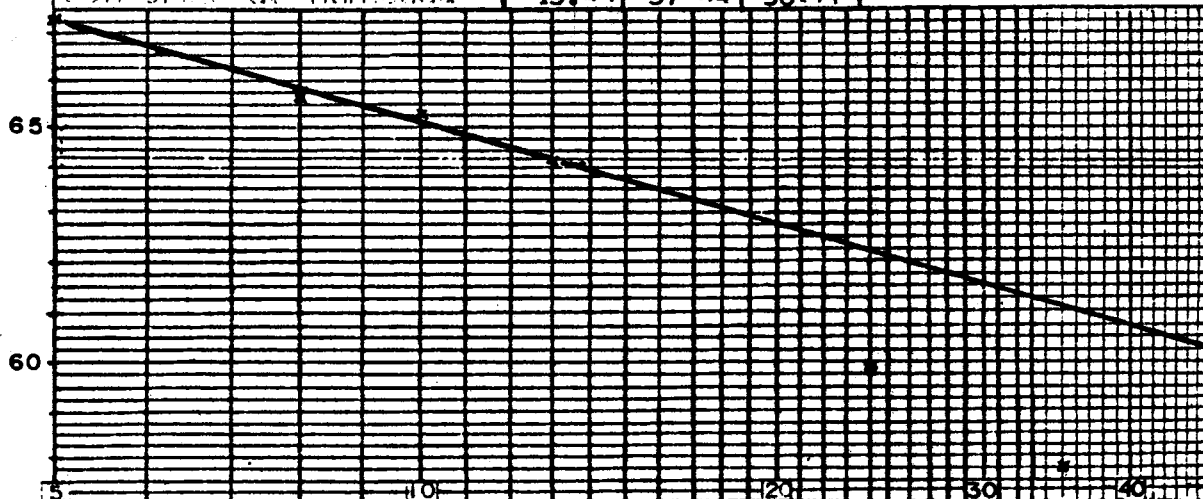
PROYECTO: **TESIS DE GRADO**

LITIO: **VIA QUEVEDO - STO. DOMINGO**

FECHA: **22-9-86**

ALICATA No. **1** MUESTRA: **1** PROFUND.: **0.00 - 0.80**

LIMITE LIQUIDO (LL)						
Determinación No.	1	2	3	4	5	6
Número de golpes	35	24	13	10	8	5
Tara No.	15	81	9	26	7	20
Peso de tara+suelo húm.	27.1	27.0	25.0	26.2	28.0	28.9
Peso de tara+suelo seco	21.5	21.2	19.8	20.0	21.5	21.5
Peso de agua	5.6	5.8	5.2	6.2	6.5	7.4
Peso de tara	11.8	11.5	11.7	10.5	11.6	10.5
Peso de suelo seco	9.7	9.7	8.1	9.5	9.9	11.0
Contenido de humedad	57.73	59.79	64.20	65.26	65.66	67.27
LIMITE PLASTICO(LP)				L. LIQUIDO		62.3
Tara No.	24	6	29	L. PLASTICO		37.9
Peso de tara+suelo húm.	14.2	15.3	16.0	I. PLASTICID.		24.4
Peso de tara+suelo seco	13.2	14.3	14.8	S. U. C. S.		M H
Peso de agua	1.0	1.0	1.2	Material ensayado a la humedad natural. suelo café oscuro.		
Peso de tara	11.0	11.6	11.7			
Peso de suelo seco	2.2	2.7	3.1			
Contenido de humedad	45.45	37.04	38.71			



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.I.G.M.P.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

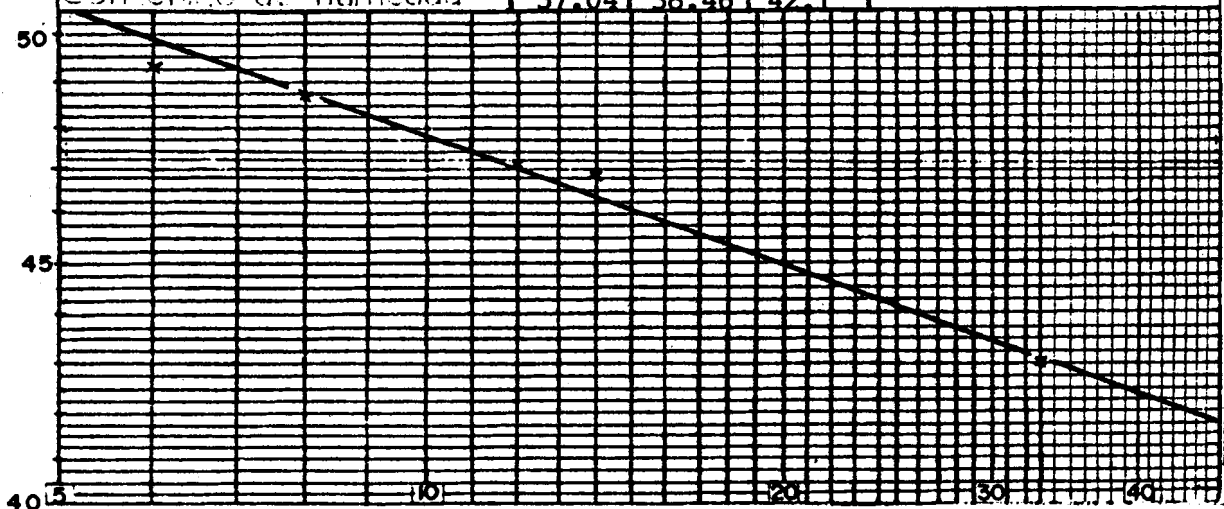
PROYECTO: **TESIS DE GRADO**

SITIO: **VIA QUEVEDO - SANTO DOMINGO**

FECHA: **22-9-86**

CALICATA N.º: **2** MUESTRA: **1** PROFUND.: **0.00 - 0.50**

LIMITES LIQUIDO (LL)						
Determinación N.º.	1	2	3	4	5	6
Número de golpes	33	14	12	8	6	
Tara N.º.	31	61	24	9	32	
Peso de tara+suelo húm.	24.3	22.8	24.1	24.2	22.0	
Peso de tara+suelo seco	20.3	19.23	19.9	20.17	18.5	
Peso de agua	4.0	3.57	4.2	4.03	3.5	
Peso de tara	11.0	11.6	11.0	11.9	11.4	
Peso de suelo seco	9.3	7.63	8.9	8.37	7.1	
Contenido de humedad	43.01	46.79	47.19	48.73	49.3	
LIMITES PLASTICO (LP)					L. LIQUIDO	44.2
Tara N.º.	36	122	3		L. PLASTICO	39.2
Peso de tara+suelo húm.	10.2	8.19	7.3		I. PLASTICID.	5.0
Peso de tara+suelo seco	9.2	7.1	6.5		S.U.C.S.	M.L.
Peso de agua	1.0	1.0	0.8	Material presecado al medio ambiente. Suelo café oscuro.		
Peso de tara	6.5	4.5	4.6			
Peso de suelo seco	2.7	2.6	1.9			
Contenido de humedad	37.04	38.46	42.1			



DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

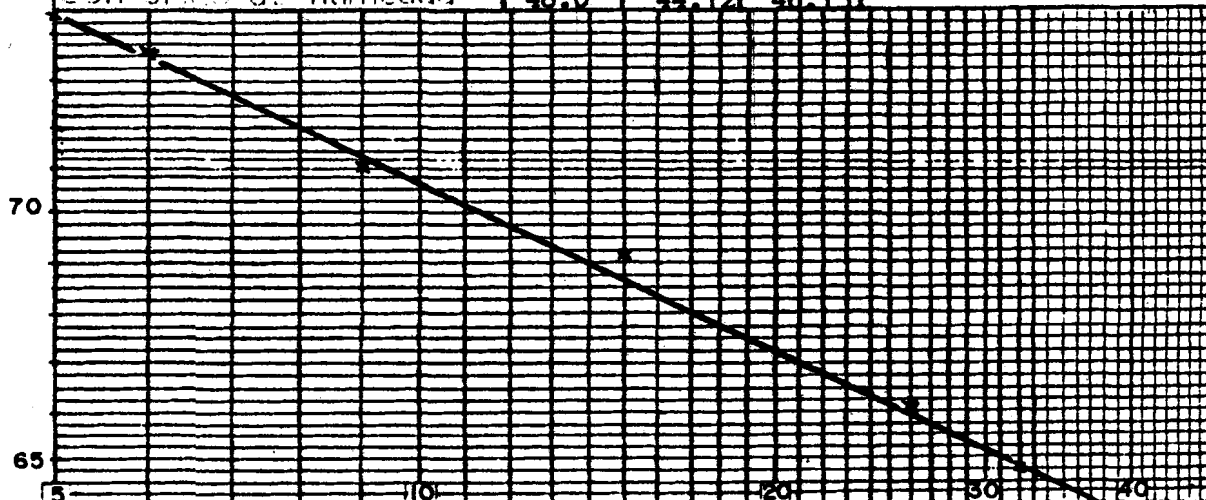
PROYECTO **TESIS DE GRADO**

SITIO: **VIA QUEVEDO - SANTO DOMINGO**

FECHA: **22-9-86**

CAICATA N°. **6** MUESTRA: **1** PROFUND.: **0.00 - 0.80**

LIMITE LIQUIDO (LL)						
Determinación N°.	1	2	3	4	5	6
Número de golpes	32	26	15	9	6	5
Tara N°.	85	16	14	61	31	19
Peso de tara+suelo húm.	29.3	30.1	32.0	29.8	29.4	33.8
Peso de tara+suelo seco	22.5	22.5	23.7	22.2	21.6	24.5
Peso de agua	6.8	7.6	8.3	7.6	7.8	9.3
Peso de tara	12.0	11.0	11.7	11.5	11.0	12.0
Peso de suelo seco	10.5	11.5	12.0	10.7	10.6	12.5
Contenido de humedad	64.76	66.09	69.17	71.03	73.58	74.40
LIMITE PLASTICO (LP)						L. LIQUIDO 66.19
Tara N°.	10	100	101	L. PLASTICO 46.09		
Peso de tara+suelo húm.	8.0	11.5	10.7	I. PLASTICID. 20.1		
Peso de tara+suelo seco	6.8	10.0	9.5	G. U. C. S. M H		
Peso de agua	1.2	1.5	1.2	Material ensayado a la humedad natural. suelo café oscuro.		
Peso de tara	4.3	6.6	6.9			
Peso de suelo seco	2.5	3.4	2.6			
Contenido de humedad	48.0	44.12	46.15			



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.I.G.M.P.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO: **TESIS DE GRADO**

SITIO: **VIA QUEVEDO - SANTO DOMINGO**

FECHA: **13-11-86**

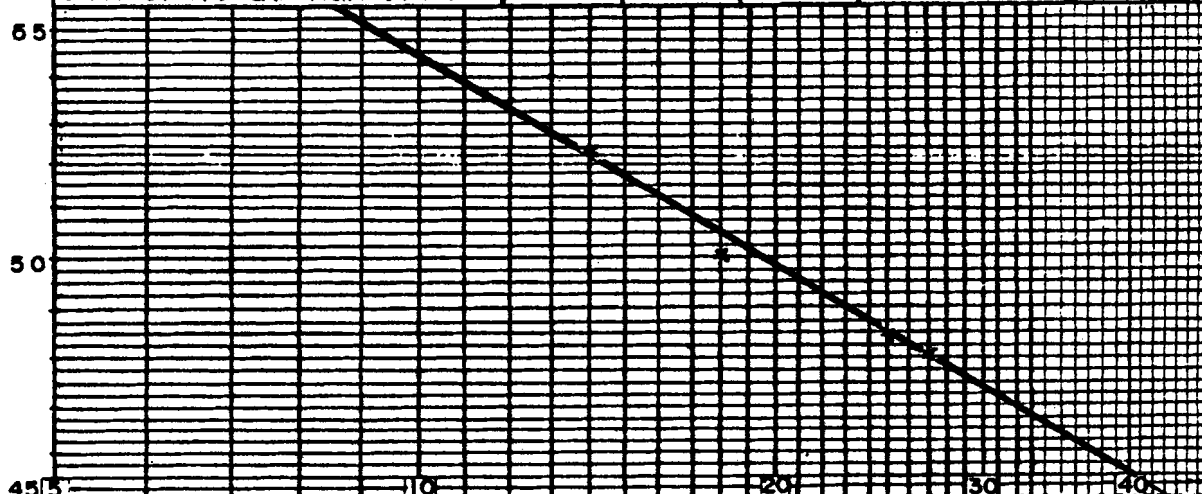
CALICATA No. **5** MUESTRA: **1** PROFUND.: **0.00 - 0.70**

LIMITE LIQUIDO (LL)

Determinación No.	1	2	3	4	5	6
Número de golpes	14	18	25	27		
Tara No.	7	20	15	24		
Peso de tara+suelo húm.	27.8	22.2	26.2	28.0		
Peso de tara+suelo seco	22.2	18.25	21.5	22.45		
Peso de agua	5.6	3.95	4.7	5.55		
Peso de tara	11.5	10.5	11.8	10.9		
Peso de suelo seco	10.7	7.8	9.7	11.55		
Contenido de humedad	52.37	50.07	48.45	48.05		

LIMITE PLASTICO (LP)

Tara No.	36	3	12	L. LIQUIDO	48.50
Peso de tara+suelo húm.	11.0	9.9	8.2	L. PLASTICO	46.20
Peso de tara+suelo seco	9.5	8.1	7.0	I. PLASTICID.	2.30
Peso de agua	1.5	1.8	1.2	S. U. C. S.	M. L.
Peso de tara	6.2	4.4	4.3	Material presecado al medio ambiente. Suelo café oscuro.	
Peso de suelo seco	3.3	3.7	2.7		
Contenido de humedad	45.45	48.65	44.44		



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.I.G.M.P.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SITIO: VIA QUEVEDO - SANTO DOMINGO

FECHA: 13-11-86

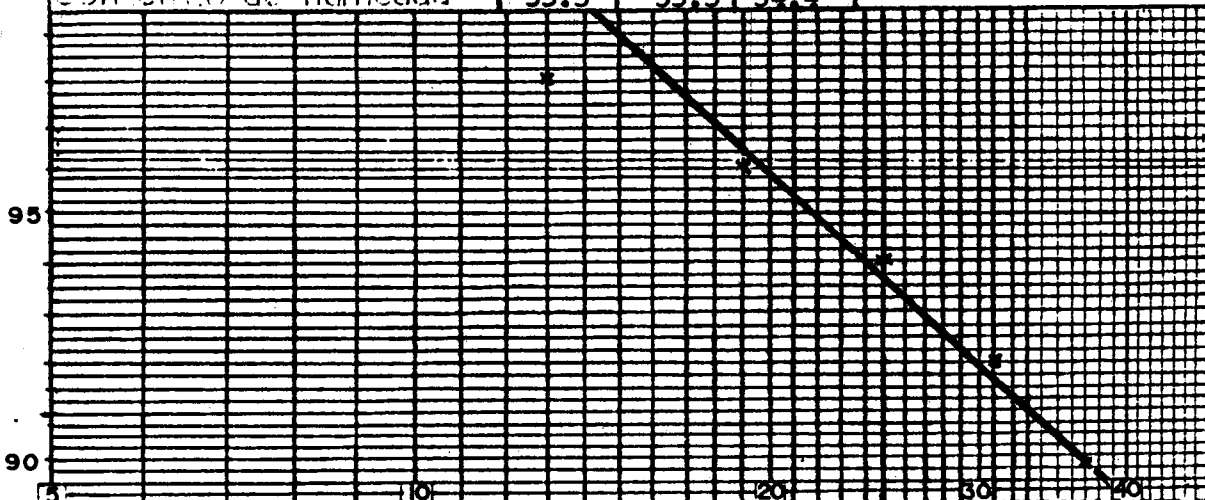
CALICATA No. 4 MUESTRA: 1 PROFUND.: 1.50 - 3.50

LIMITE LIQUIDO (LL)

Determinación No.	1	2	3	4	5	6
Número de golpes	13	19	25	31	37	
Tara No.	13	28	1	2	34	
Peso de tara+suelo húm.	20.5	20.0	20.2	19.9	20.6	
Peso de tara+suelo seco	15.4	15.1	15.5	15.3	16.2	
Peso de agua	5.1	4.9	4.7	4.6	4.4	
Peso de tara	10.2	10.0	10.5	10.3	11.3	
Peso de suelo seco	5.2	5.1	5.0	5.0	4.9	
Contenido de humedad	98.08	96.08	94.0	92.0	89.8	

LIMITE PLASTICO (LP)

Tara No.	18	6	52	L. LIQUIDO	93.6
Peso de tara+suelo húm.	8.4	8.4	8.5	L. PLASTICO	35.1
Peso de tara+suelo seco	7.3	7.3	7.4	I. PLASTICID.	58.5
Peso de agua	1.1	1.1	1.1	S. U. C. S.	C H
Peso de tara	4.2	4.2	4.2	Material ensayado a la humedad natural. Suelo amarillo rojizo	
Peso de suelo seco	3.1	3.1	3.2		
Contenido de humedad	35.5	35.5	34.4		



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.I.G.M.P.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

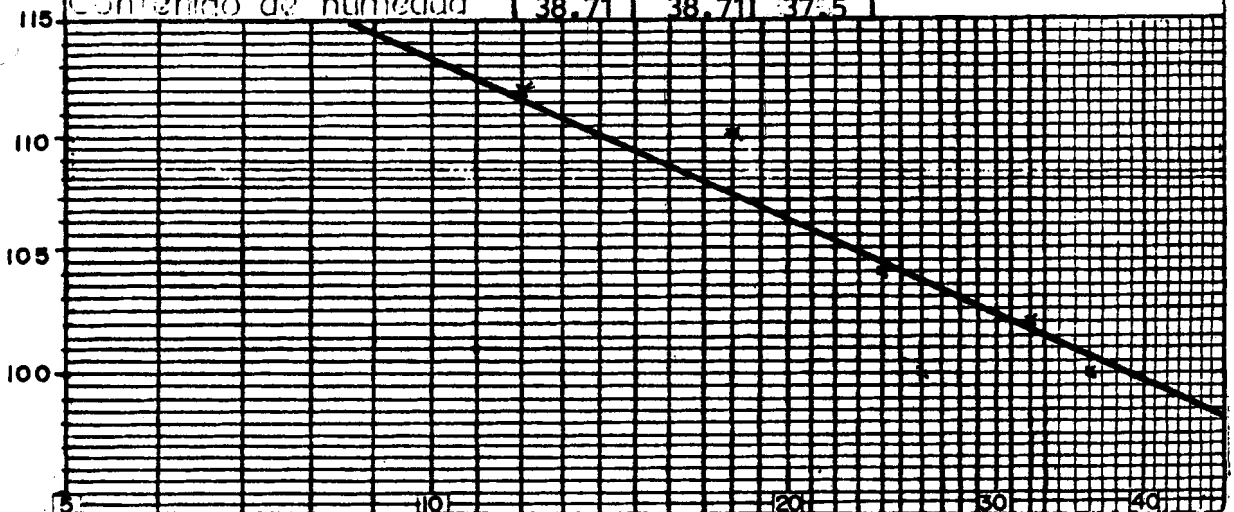
PROYECTO: **TESIS DE GRADO**

SITIO: **VIA QUEVEDO - SANTO DOMINGO**

FECHA: **13-11-86**

CALICATA No. **3** MUESTRA: **1** PROFUND.: **3.50 MTRS.**

LIMITE LIQUIDO (LL)						
Determinación No.	1	2	3	4	5	6
Número de golpes	12	18	24	30	36	
Tara No.	14	29	16	32	26	
Peso de tara+suelo húm.	21.9	21.3	21.6	21.5	21.3	
Peso de tara+suelo seco	16.3	15.9	16.3	16.4	16.3	
Peso de agua	5.6	5.4	5.3	5.1	5.0	
Peso de tara	11.3	11.0	11.2	11.5	11.2	
Peso de suelo seco	5.0	4.9	5.1	5.0	5.0	
Contenido de humedad	112.00	110.20	103.92	102.00	100.00	
LIMITE PLASTICO(LP)				L. LIQUIDO		104.00
Tara No.	8	12	25	L. PLASTICO		38.31
Peso de tara+suelo húm.	8.6	8.6	8.7	I. PLASTICID.		65.69
Peso de tara+suelo seco	7.4	7.4	7.5	G.U.C.S.		C H
Peso de agua	1.2	1.2	1.2	Material ensayado a la humedad natural. Suelo amarillo pardo		
Peso de tara	4.3	4.3	4.3			
Peso de suelo seco	3.1	3.1	3.2			
Contenido de humedad	38.71	38.71	37.5			



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.I.G.M.P.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: **TESIS DE GRADO**

SITIO: VIA QUEVEDO - STO. DOMINGO CALICATA No: 1 MUESTRA: 1

PROF.(mtrs): 0.00 - 0.80 OPEL ADOR: D.MATAMOROS FECHA: 15-11-86

[illegible]

Observaciones: **Suelo residual color café oscuro.**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL / E.S.P.L.
ANÁLISIS HIDROMÉTRICO

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SITIO: VIA QUEVEDO-STO. DOMIN. CALICATA No: 1 MUESTRA: 1

PROF. (Intrs): 0.00 - 0.80 OPERADOR: D. MATAMOROS FECHA: 18-11-86

GRAVEDAD ESPECIFICA Gs 2.48 PESO SECO Ws 65 grs. HIDROM. CL-270

[illegible]

$$N' = \% \text{Posn}200 \times N = \% \text{Posn}200 \times \left[\frac{G_s - \gamma_r}{(G_s - 1) W_r} (R - R_w) \right] = 0.7143 \cdot 2.568 (R - R_w) = .7143 N$$

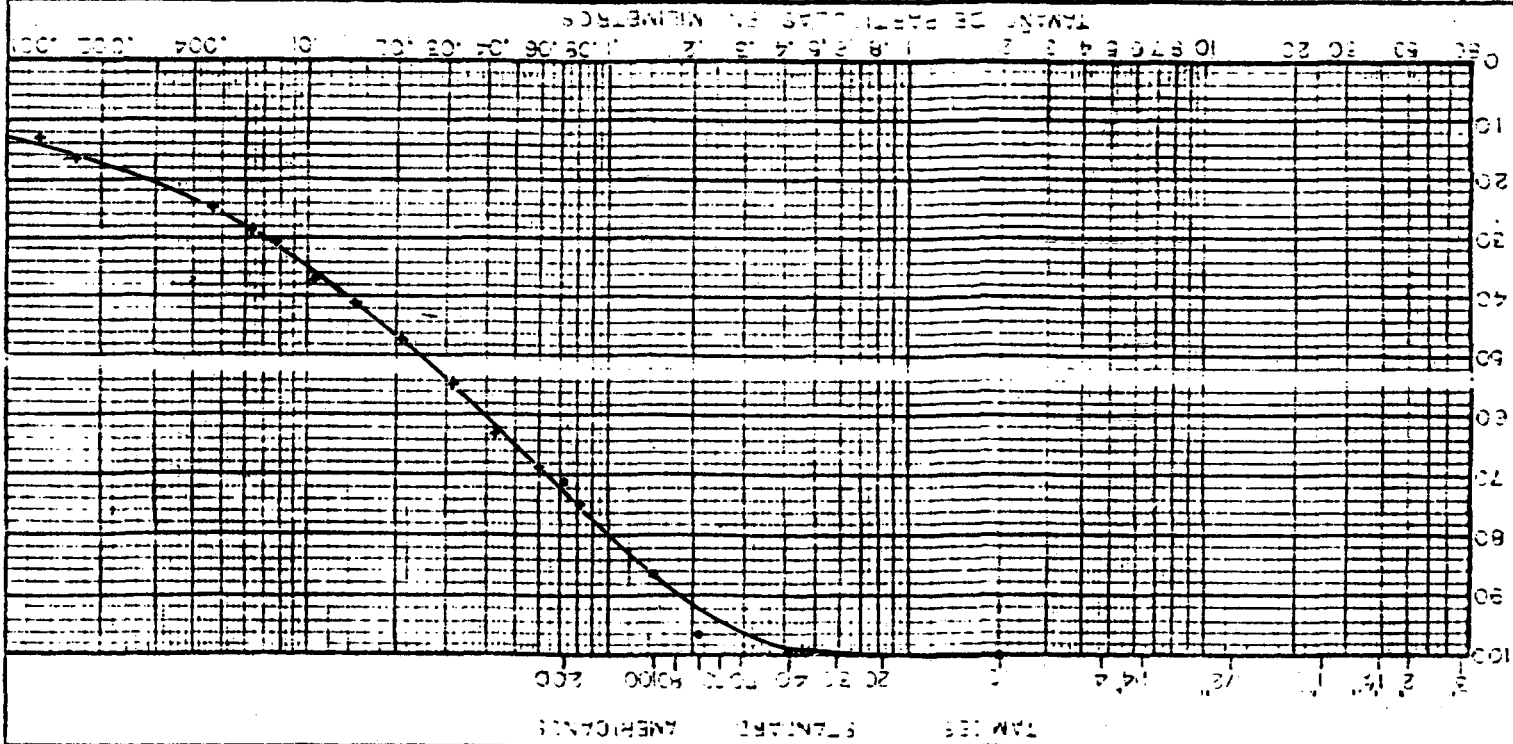
[illegible]

TESTIS DE GRADO

DOMINGO.

DESCRIPTION: Suelo limo arenoso arcilloso
DOMINGO.
OFFICIAL D. MATAMOROS
21-11-86

color café oscuro,

[illegible]

8	0	ARENA
8	29	ARENA
8	55	LINO
8	16	APCILLA

$$\begin{aligned} Cu &= \frac{D_{1C}}{D_{2C}} = \frac{0.0001}{0.04} = 0.0025 \\ Cc &= \frac{D_{1CC}}{D_{2CC}} = \frac{5.63 \times 10^{-5}}{4 \times 10^{-6}} = 14.08 \end{aligned}$$
$$A = \frac{16}{22} = 1.37 > 1.25$$

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SITIO: VIA QUEVEDO -STO. DOMINGO CALICATA No. 2 MUESTRA: 1

PROF.(mtrs): 0.00 - 0.50 OPELADOR: D.MATAMOROS FECHA: 15-11-86

[illegible]

Observaciones: Suelo residual color café claro.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL / FLEOMAP.
ANÁLISIS HIDROMÉTRICO

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SITIO: Vía Quevedo-Sto. Do CALICATA No: 2 NUESTRA: 1

PROF. (Intrs): 0.00-0.50 ^{Minuto} OPERADOR: D. MATAMOROS FECHA: 24-11-86

GRAVEDAD ESPECÍFICA G_s 2.44 PESO SUELO SECO W_s 81.0 GRS HIDROM. CL-270

FECHA	HORA	TIEMPO TOTAL (min)	R	Rw	TEMPI R (min)	R - Rw	N (%)	Zr (cms)	$\sqrt{\frac{Zr}{t}}$	D (mm)	N' (%)
24-11-86	15:30	0									
		1/4	45.5	-4.5	30	50	104.21	9.03	6.01	0.078	73.36
		1/2	44	-4.5	30	48.5	101.08	9.32	4.32	0.056	71.16
		1	41	-4.5	30	45.5	94.83	9.90	3.15	0.041	66.76
		2	37	-4.5	30	41.5	86.49	10.68	2.31	0.030	60.89
		5	33	-4.5	30	37.5	78.16	11.45	1.51	0.019	55.02
		15	28	-4.5	30	32.5	67.73	12.42	0.91	0.0118	47.69
		20	26	-4.5	30	30.5	63.57	12.80	0.80	0.0104	44.75
		40	22.3	-4.7	30.25	27	56.27	13.48	0.58	0.0078	39.62
	16:30	60	19.3	-4.7	30.25	24	50.02	14.06	0.48	0.0063	35.21
25-11-86	8:50	1040	12.5	-3.7	27.6	16.2	33.76	15.57	0.12	0.0016	23.77
	15:30	1440	9.8	-5.0	31.2	14.8	31.11	15.84	0.11	0.0014	22.01
26-11-86	14:10	2800	7.9	-4.5	30	12.4	26.07	16.30	0.08	0.001	18.35

$$N' = \%Pasado200 \times N = \%Pasado200 \times \left[\frac{G_s \cdot \gamma_r}{(G_s - 1) W_s} (R - R_w) \right] = \dots (R - R_w) = \dots N$$

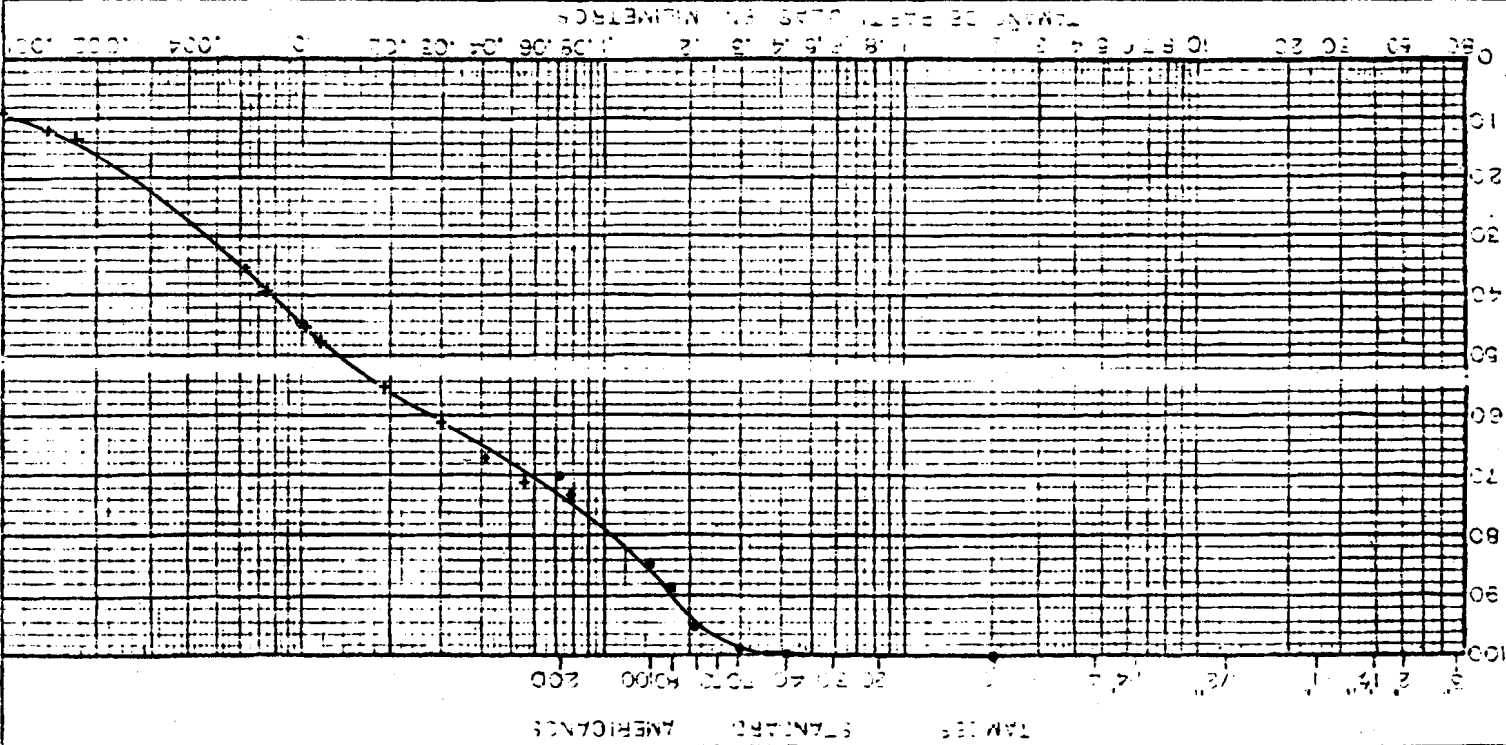
$$D = \sqrt{\frac{18 \mu}{\gamma_r - \gamma_f}} \sqrt{\frac{Zr}{t}} = \dots \sqrt{\frac{Zr}{t}}$$

CONFIDENTIAL

PROYECTO: JESUS DE QUAO
S. VIA QUAO S. DOMINGO 2 1

DESCRIPCION: Suelo residual limo arenoso arcilloso

color café pour.

[illegible]

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.I.G.M.P.
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SITIO: VIA QUEVEDO - STO. DOMINGO CALICATA N.º: 5 MUESTRA: 1

PROF.(mtrs): 0.00 - 0.70 OPELADOR: D. J. RAMOS FECHA: 16-11-86

TAMIZ	Peso retenido parcial	Peso retenido acumulado	% retenido acumulado	% pasante acumulado
10	0.00	0.00	0.00	100.00
40	1.00	1.00	0.37	99.63
70	17.30	18.30	6.82	93.18
100	28.50	46.80	17.45	82.55
200	58.00	104.80	39.09	60.91
Fondo	163.33	268.13	100.00	0.00
Total	268.13			

Observaciones: Suelo residual color café.

FECHA	HORA	TIEMPO TOTAL (min)	R	Rw	TEMP (°C)	N	Zf (cms)	D (mm)	N
17-11-86	14:10	0							
		0.25	35	4.8	30.5	39.8	110.22	11.01	6.64
		0.50	33	4.8	30.5	37.8	104.68	11.39	4.77
		1	30	4.8	30.5	34.8	96.37	11.97	3.46
		2	28	4.8	30.5	32.8	90.83	12.35	2.48
		5	21	4.8	30.5	25.8	71.45	13.71	1.66
		10	16	4.8	30.5	20.8	57.60	14.68	1.21
		20	13	4.8	30.5	17.8	49.29	15.26	0.87
		40	11	4.8	30.5	15.8	43.76	15.65	0.63
		60	9.5	4.8	30.5	14.3	39.60	15.93	0.52
		120	7	4.8	30.5	11.8	32.68	16.42	0.37
		180	6	4.8	30.5	10.8	29.90	16.61	0.30
18-11-86	15:10	1500	1.7	5.3	32	7.0	19.39	17.35	0.11
19-11-86	13:50	2860	0.9	5.0	31.5	5.9	16.34	17.56	0.08
20-11-86	13:50	4300	1	4.8	30.5	5.8	16.06	17.58	0.06

[illegible]

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.I.G.M.P.
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SITIO: VIA QUEVEDO - STO. DOMINGO CALICATA No.: 6 MUESTRA: 1

PROF.(mtrs): 0.00 - 0.80 OPEADOR: D. MATAMOROS FECHA: 16-11-86

TAMIZ	Peso retenido parcial	Peso retenido acumulado	% retenido acumulado	% pasante acumulado
10	0.00	0.00	0.00	100.00
40	0.20	0.20	0.15	99.85
50	1.300	1.50	1.12	99.88
70	4.90	6.40	4.77	95.23
80	8.30	14.70	10.96	89.04
100	5.70	20.40	15.20	84.80
200	18.90	39.30	29.29	70.71
Fondo	94.88	134.18	100.00	0.00
Total	134.18			

Observaciones: Suelo residual color café.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL / E.S.P. L.
ANÁLISIS HIDROMÉTRICO

PROYECTO: TESTIS DE GRADO

SITIO: VIA QUEVEDO-S.DOMINGO CALICATA No: 6 MUESTRA: 1

PROF. (Intrs): 0.00 - 0.80 OPERADOR: D.MATAMOROS FECHA: 24-11-86

GRAVEDAD ESPECÍFICA G_s 2.39 PESO SUELO SECO W_s 50 grs. HIDROM. CI-270

FECHA	HORA	TIEMPO TOTAL (min)	R	R _w	TEMPL H _{ATL} (°C)	H - R _w	N (%)	Z _r (cm)	$\sqrt{\frac{Z_r}{t}}$	D (mm)	N' (%)
24-11-86	15:00	0									
		1/4	25	-4.4	29.8	129.4	100.73	13.02	7.22	0.0956	71.22
		1/2	23	-4.4	29.8	27.4	93.18	13.40	5.18	0.0686	66.38
		1	22	-4.4	29.8	26.4	90.45	13.60	3.69	0.0488	63.96
		2	19.5	-4.4	29.8	23.9	81.88	14.08	2.65	0.0351	57.90
		7	16.0	-4.4	29.8	20.4	69.89	14.76	1.45	0.0192	49.42
		10	14.5	-4.4	29.8	18.9	64.75	15.05	1.23	0.0162	45.79
		20	12.5	-4.5	30	17.0	58.24	15.41	0.88	0.0116	41.18
		40	10.5	-4.5	30	15.0	51.39	15.80	0.63	0.0083	36.34
	16:00	60	9.5	-4.5	30	14.0	47.97	15.99	0.52	0.0068	33.92
	16:30	90	8.5	-4.5	30	13.0	44.54	16.19	0.42	0.0056	31.49
25-11-86	8:45	1065	6.2	-3.7	27.6	9.9	33.92	16.79	0.13	0.00166	23.98
	15:00	1440	3.8	-4.9	31	8.7	29.81	17.02	0.12	0.00157	21.07
26-11-86	14:00	2820	3.0	-4.5	30	7.5	25.70	17.25	0.078	0.00104	18.17
27-11-86	12:00	4140	3.2	-4.2	29.25	7.4	25.35	17.27	0.065	0.0009	17.93

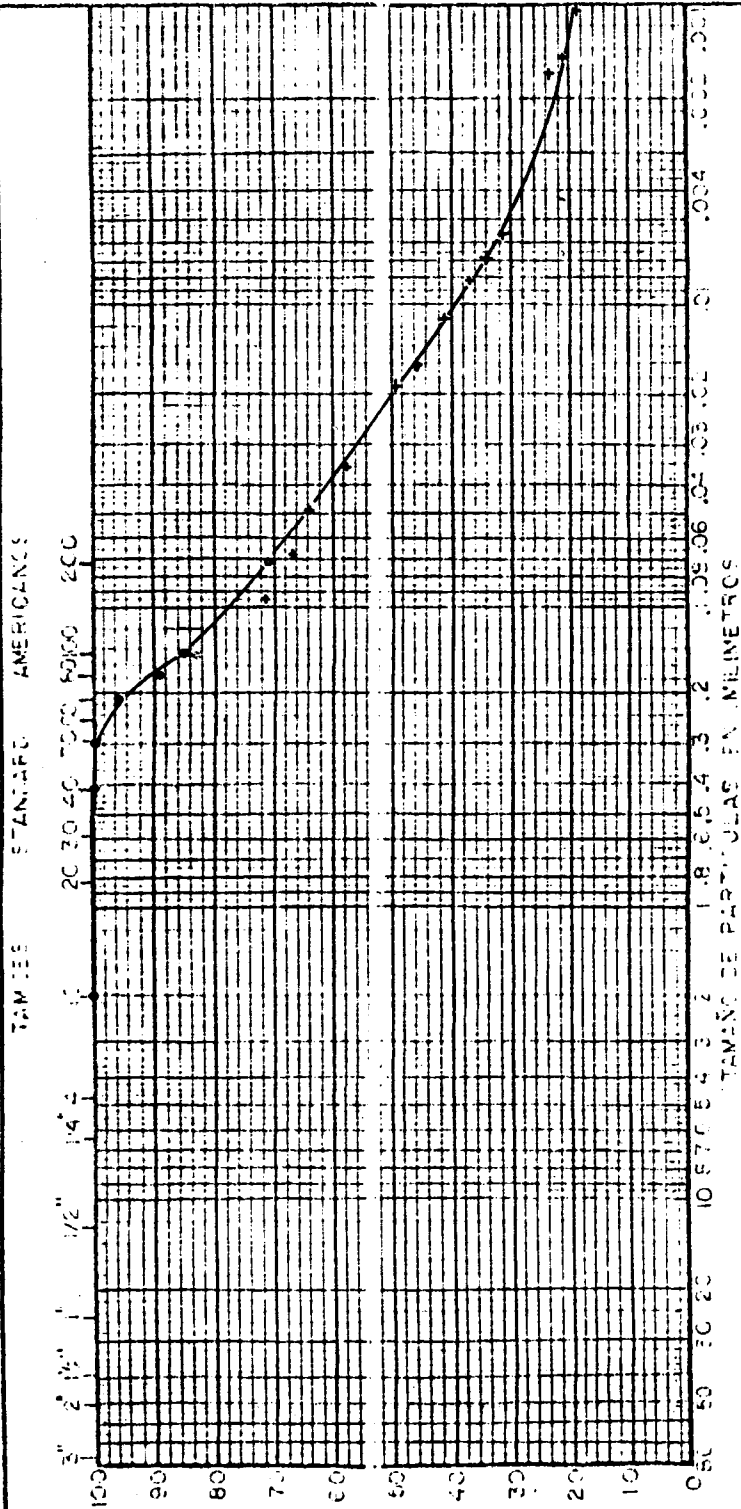
$$N' = \% \text{Pasad } 200 \times N = \% \text{Pasad } 200 \times \left[\frac{G_s \cdot R_w}{(G_s - 1) W} (R - R_w) \right] = 0.7071 \cdot 3.426 \cdot (R - R_w) = 0.7071 N$$

$$D = \sqrt{\frac{18 \mu}{\gamma_s - \gamma_w}} \sqrt{\frac{Z_r}{t}} = 0.0132 \sqrt{\frac{Z_r}{t}}$$

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - FIGURA
CURVA DE DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE GRANOS

PROYECTO: TESIS DE GRADO SITIO: VIA QUEVEDO-S.DOM. PLICATA 6 PUESTA: 1

DESCRIPCIÓN: Suelo residual limo arenoso arcilloso OPERADOR: D. MATAMOROS C. FELICIA 28-11-86
COLOR CAFÉ.



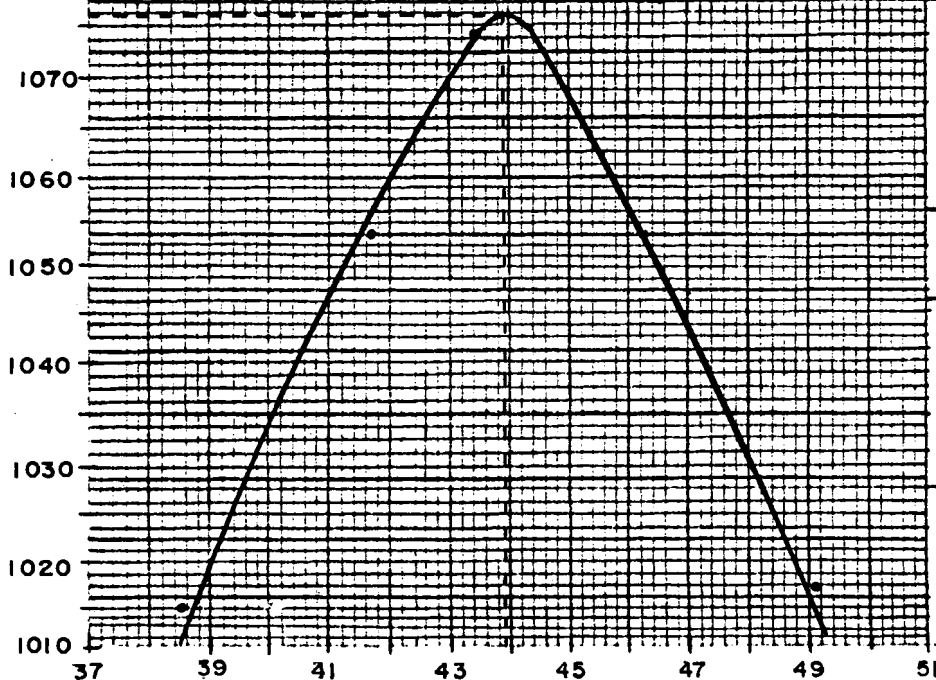
CUEBLE		GRANULOMETRÍA		ARENA		L I M O		ARCILLA
		Grueso	Fino	Grueso	Medio	Fino		
ARENA		0	%	Cu = 260 = 0.040 = 400		ACTIVIDAD		El suelo es:
ARENA		29	%	D ₁₀ = 0.0001 = 0.0001		A ₂₅ IP = 20		
LIMO		49	%	D ₃₀ = 0.0005 = 0.0005		A ₄₀₀ = 22		Normal ☒ Inorgánico ☐
ARCILLA		22	%	D ₆₀ = 2.5x10 ⁻⁵ = 0.625				
				4x10 ⁻⁶				

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL A.T. LO. N.º

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO TESIS DE GRADO SITIO VIA QUEVEDO-S. DOMINGO
 CALICATA 6 MUESTRA 1 PROFUNDIDAD 0.00-0.50m SKESPE. 2.39
 ENSAYO Proctor Standard VOLUMEN $9.439 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ P.L.S.O 4.20455 kgrs.
 H.CAPAS 3 GOLPES/CAPA 25 P. MARTILLO 2.5 kgrs ALT.CAIDA 30.48 cm.
 ENERGIA COMPACTACION 6.06 Joules OPERADOR D.MATAMOROS FECHA 8-10-86

Característica N.º	1	2	3	4			
Turno No.	33	30	35	106			
Peso de tara + suelo húmedo (grs.)	527.0	455.1	441.8	142.2			
Peso de tara + suelo seco (grs.)	387.8	329.1	305.0	105.2			
Peso de agua (grs.)	26.6	26.8	26.6	37.0			
Peso de tara (grs.)	139.2	126.0	136.8	20.0			
Peso de suelo seco (grs.)	361.2	302.3	278.4	85.2			
Contenido de humedad	38.53	41.68	49.14	43.43			
Peso de molde + suelo compactado (kgrs.)	5.5318	5.6136	5.6364	5.6591			
Peso de molde (kgrs.)	4.2046	4.2046	4.2046	4.2046			
Peso de suelo compactado	1.3272	1.4090	1.4318	1.4545			
Densidad húmeda (kg/m^3)	1406.2	1492.7	1516.9	1541.0			
Densidad seca (kg/m^3)	1015.1	1053.6	1017.1	1074.4			
Peso Vol. de arena (grs.)	1.3545	1.2684	1.3498	1.2245			
Porosidad (%)	0.5753	0.5592	0.5744	0.5505			



$$\gamma_d = \frac{\gamma_w (1 - w)}{1 + w}$$

$$e = \frac{\gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

$\gamma_d = 1076 \text{ kg/m}^3$
 $w = 43.9 \%$

Observaciones:

Material ensayado con

humedad natural.

(Sin presecado).

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F. I. C. N. L.

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO TESIS DE GRADO SITIO VIA QUEVEDO-S. DOMINGO

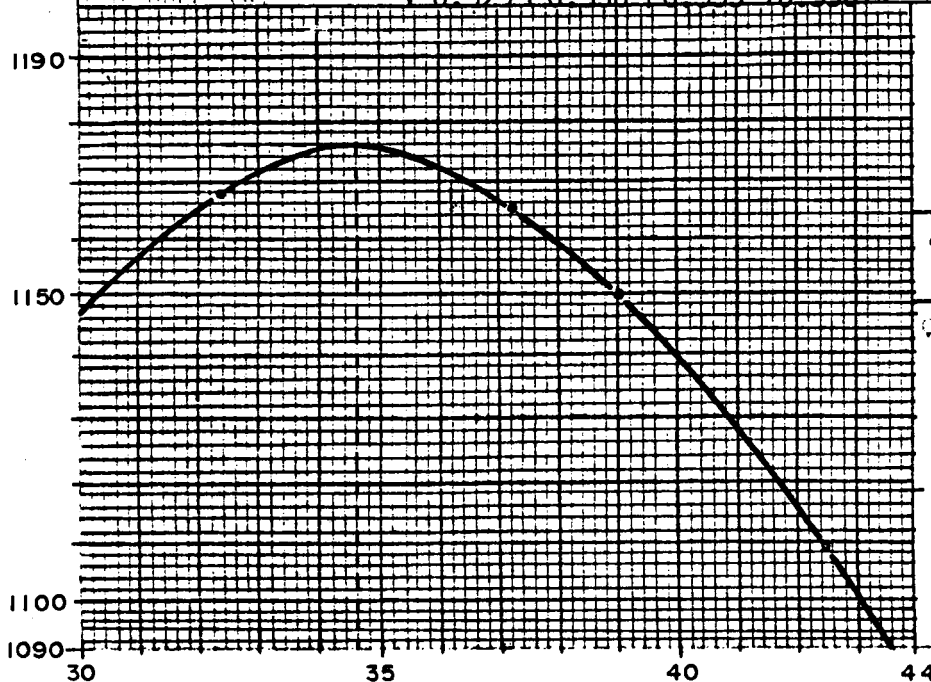
CALICATA 1 MUESTRA 1 PROFUNDIDAD 0.00 - 0.80 GR. ESPE. 2.48

ENSAYO Proctor Standard VOLUMEN $9.439 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ PLSU 4.20455 kgrs

N. CAPAS 3 GOLPES/CAIDA 25 P. MANTILLO 2.5 kgrs ALT. CAIDA 30.48 cm.

ENERGIA COMPACTACION 6.06 Joules OPERADOR D. MATAMOROS FECHA 23-10-86

Determinacion No.	1	2	3	4			
Tara No.	4	31	35	32			
Peso de tara + suelo hmedo (grs.)	150.0	378.6	456.6	436.2			
Peso de tara + suelo seco (grs.)	118.0	279.6	328.4	325.2			
Peso de agua (grs.)	32.0	99.0	128.2	111.0			
Peso de tara (grs.)	19.2	26.0	26.6	27.2			
Peso de suelo seco (grs.)	98.8	253.6	301.8	298.0			
Contenido de humedad	32.39	39.04	42.48	37.25			
Peso de molde + suelo compactado (kgrs.)	5.6636	5.7137	5.6955	5.7136			
Peso de molde (kgrs.)	4.2046	4.2046	4.2046	4.2046			
Peso de suelo compactado	1.4590	1.5091	1.4909	1.5090			
Densidad hmeda (kg/m^3)	1545.8	1598.8	1579.5	1598.7			
Densidad seca (kg/m^3)	1167.6	1149.9	1108.6	1164.9			
Relacion de vacios (e)	1.124	1.157	1.237	1.129			
Porosidad (n)	0.529	0.536	0.553	0.530			



$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + (w \cdot G / S)}$$

$$e = \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

$$n = \frac{e}{e + 1}$$

$$\gamma_d = 1176.0 \text{ kg/m}^3$$

$$w = 34.6 \%$$

Observaciones:

$$e_{\min} = 1.109$$

$$n_{\min} = 0.526$$

Secado durante

2 semanas.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F. I. O. N. I. P.

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO TESIS DE GRADO SITIO VIA CUEVEDO-S. DOMINGO

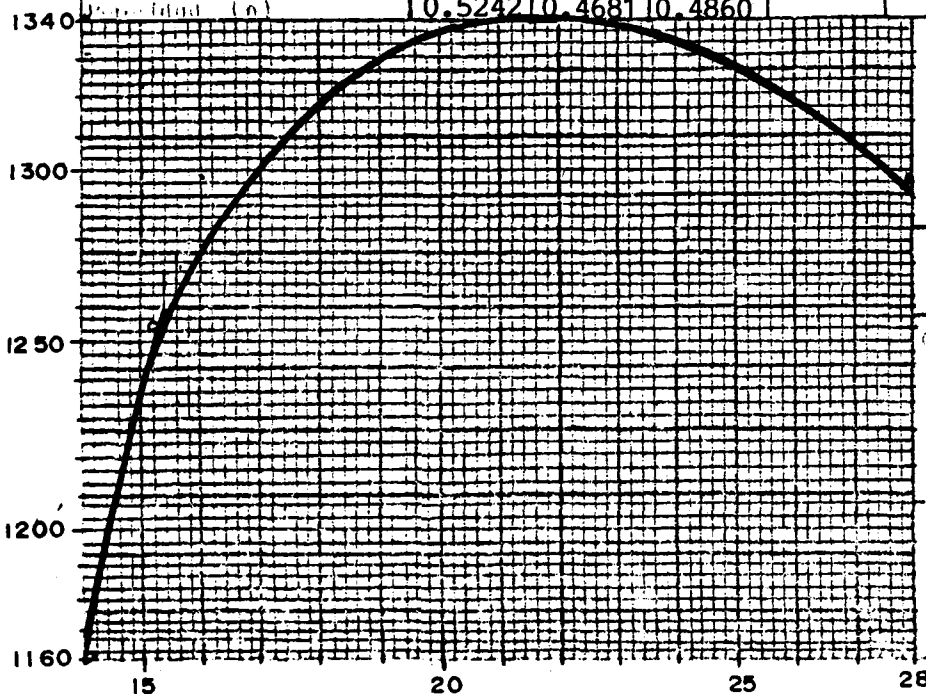
CALICATA 2 MUESTRA 2 PROFUNDIDAD 0.0 - 0.60 GR. ESPE. 2.44

ENSAYO Proctor Standard VOLUMEN $9.439 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ PESO 4.2046 kgrs.

N. CAPAS 3 GOLPES/CAIDA 25 P. MARTILLO 2.5 kgrs. ALT. CAIDA 30.48 cm.

ENERGIA COMPACTACION _____ OPERADOR D. MATAMOROS FECHA 29-10-86

Determinación No.	1	2	3				
Tara No.	35	31	2				
Peso de tara + suelo húmedo (grs.)	350.8	411.3	440.0				
Peso de tara + suelo seco (grs.)	310.8	327.0	389.0				
Peso de agua (grs.)	40.0	84.3	55.0				
Peso de tara (grs.)	26.6	26.1	27.1				
Peso de suelo seco (grs.)	284.2	300.9	361.9				
Contenido de humedad	14.07	28.02	15.20				
Peso de molde + suelo compactado (kgrs.)	5.4545	5.7727	5.5682				
Peso de molde (kgrs.)	4.2046	4.2046	4.2046				
Peso de suelo compactado (kgrs.)	1.2499	1.5681	1.3636				
Gravedad húmeda (kg/m ³)	1324.3	1661.4	1444.7				
Gravedad seca (kg/m ³)	1160.9	1297.8	1254.1				
relación de vacíos (e)	1.1018	0.8802	0.9456				
porosidad (n)	0.5242	0.4681	0.4860				



$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + (w \cdot G / S)}$$

$$e = \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

$$\gamma_d = 1340.0 \text{ kg/m}^3$$

$$w = 22.0 \%$$

Observaciones:

MATERIAL ENSAYADO

SECADO 1 MES.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL / F.L.O.M.I.P.

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO TESIS DE GRADO SITIO VIA QUEVEDO-S.DOMINGO

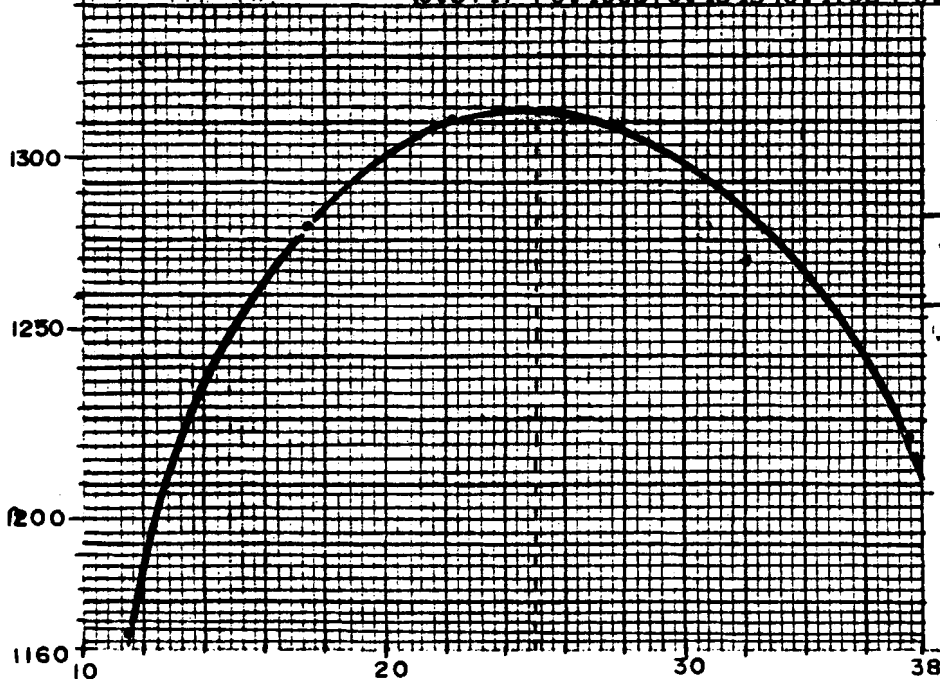
CALICATA 5 MUESTRA 1 PROFUNDIDAD 0.0 - 0.70 GRUESA 2.4

ENSAYO Proctor Modificado VOLUMEN $2.085 \times 10^{-3} m^3$ PESO 4.2955 kgrs.

N.º CAPAS 5 GOLPES/CAPA 55 P. MARTILLO 4.54 kg. ALT. CAIDA 45.8 cm.

ENERGIA COMPACTACION _____ OPERADOR D. MATAMOROS FECHA 8-12-86

Determinación No.	1	2	3	4	5		
Lote No.	31	32	39	33	30		
Peso de tara + suelo húmedo (grs.)	249.11	281.0	123.8	337.5	547.0		
Peso de tara + suelo seco (grs.)	226.3	243.3	106.0	261.9	404.2		
Peso de agua (grs.)	22.8	37.7	17.8	75.6	142.8		
Peso de tara (grs.)	26.0	27.1	26.3	27.0	24.2		
Peso de suelo seco (grs.)	200.3	216.2	79.7	243.9	380.0		
Contenido de humedad	11.38	17.44	22.33	32.18	37.58		
Peso de molde + suelo compactado (kgrs.)	7.0000	7.4318	7.6364	7.7055	7.8000		
Peso de molde (kgrs.)	4.2955	4.2955	4.2955	4.2955	4.2955		
Peso de suelo compactado	2.7045	3.1363	3.3409	3.5000	3.5045		
Densidad húmeda (kg/m^3)	1297.1	1504.2	1602.3	1678.7	1680.8		
Densidad seca (kg/m^3)	1164.6	1280.8	1309.9	1269.9	1221.7		
Relación de vacíos (e)	1.0608	0.8738	0.8323	0.8898	0.9645		
Porosidad (n)	0.5147	0.4663	0.4543	0.4708	0.4909		



$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + (w \cdot G / S)}$$

$$e = \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

$$n = \frac{e}{e + 1}$$

$\gamma_d = 1314.0 \text{ kg/m}^3$
 $w = 25.0 \%$

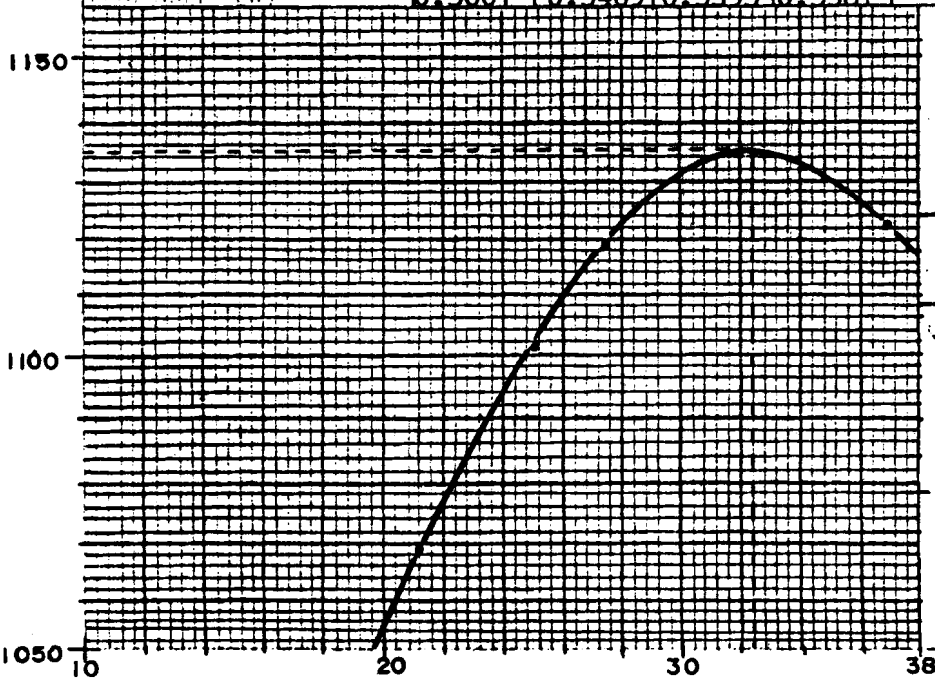
Observaciones:

Material ensayado
sin presecado.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL / F.L.O.N.P.
ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO TESIS DE GRADO SITIO VIA QUEVEDO-S.DOMINGO
 CALICATA 5 MUESTRA 2 PROFUNDIDAD 0.0 - 0.70 GR.E.S.P.E. 2.43
 ENSAYO Proctor A no Norma VOLUMEN $2.085 \times 10^{-3} m^3$ P.L.S.O 4.295 kgrs.
 H.CAPAS 5 GOLPES/CAPA 26 P. MÁX. TILLO 5.45 kgrs. T.CAIDA 4.2955 kgrs.
 ENERGIA COMPACTACION _____ OPERADOR D.MATAMOROS FECHA _____

Designación No.	1	2	3	4			
Tara No.	35	31	33	30			
Peso de tara + suelo húmedo (grs.)	280.2	246.0	125.1	246.5			
Peso de tara + suelo seco (grs.)	235.6	201.8	102.9	187.3			
Peso de agua (grs.)	44.6	44.2	22.2	59.2			
Peso de tara (grs.)	26.5	26.0	22.5	27.0			
Peso de suelo seco (grs.)	209.1	175.8	80.4	160.3			
Humedad de humedad	21.33	25.14	27.61	36.93			
Peso de molde + suelo compactado (kg/so)	7.0000	7.1682	7.2727	7.500			
Peso de molde (kg/so)	4.2955	4.2955	4.2955	4.2955			
Peso de suelo compactado	2.7045	2.8727	2.9772	3.2045			
Densidad húmeda (kg/m^3)	1297.1	1377.8	1427.9	1536.9			
Densidad seca (kg/m^3)	1069.1	1101.0	1119.0	1122.4			
Relación de vacíos (e)	1.2729	1.2071	1.1716	1.1650			
Porosidad (n)	0.5601	0.5469	0.5395	0.5381			



$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + (G \cdot w / 100)}$$

$$e = \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

$$n = \frac{e}{e + 1}$$

$\gamma_d = 1135 \quad kg/m^3$
 $w = 32.4 \quad \%$

Observaciones:

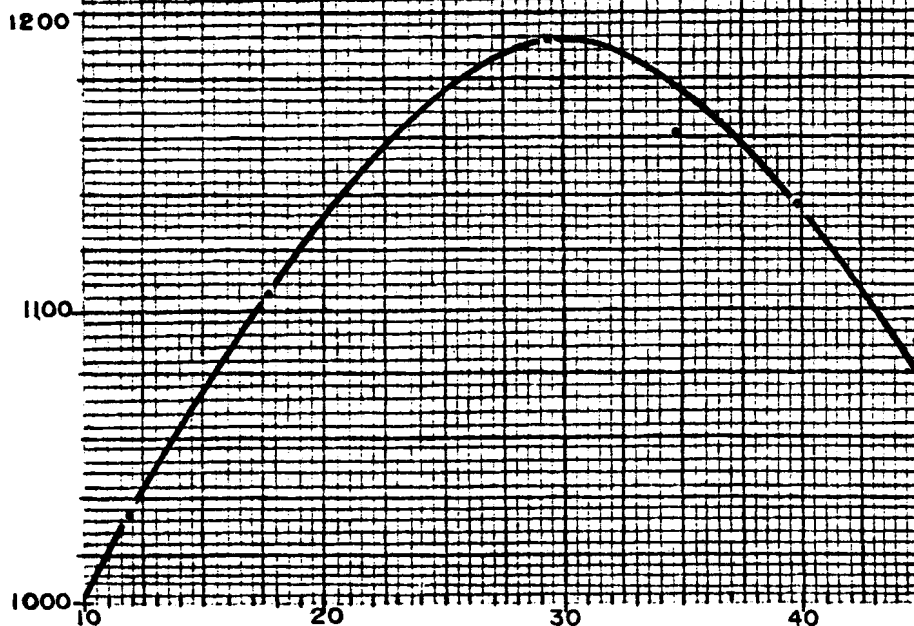
**Material ensayado
 con humedad natural.**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL / EL COMPLEJO

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO Tesis de Grado SITIO Via Quevedo-S.Domingo
 CALICATA 1 MUESTRA 2 PROFUNDIDAD 0.00 0.80m. GR. ESPE. 2.48
 ENSAYO Proctor B no normalizado VOLUMEN 9.439x10m. PLISO 4.20455 kgr.
 HUECAPAS 3 GOLPES/CAIDA 55 P. MARTILLO 2.5 kg. ALT. CAIDA 30.48 cm.
 ENERGIA COMPACTACION 13.32 Joule OPERADOR D. MATAMOROS FECHA 6-10-86

Experimentación No.	1	2	3	4	5	6	
Tara (grs.)	30	33	32	35	31	11	
Peso de Tara + Suelo húmedo (grs.)	409.4	383.6	373.8	464.7	428.0	488.0	
Peso de Tara + Suelo seco (grs.)	369.0	330.0	295.0	351.5	313.4	345.0	
Peso de agua (grs.)	40.4	53.6	78.8	113.2	114.6	143.0	
Peso de Tara (grs.)	26.80	26.6	27.3	26.6	26.0	26.9	
Peso de Suelo húmedo (grs.)	342.20	303.4	267.7	324.9	287.4	318.1	
Gravidad de compactación	11.80	17.66	29.44	34.84	39.87	44.95	
Peso de Agua + Suelo compactado (grs.)	5.2955	5.4318	5.6600	5.6818	5.7045	5.6955	
Peso de molde (grs.)	4.2046	4.2046	4.2046	4.2046	4.2046	4.2046	
Peso de Suelo compactado	1.0909	1.2273	1.4554	1.4773	1.4999	1.4909	
Gravidad húmeda (kg/m³)	1155.8	1300.3	1542.0	1565.2	1589.13	1579.5	
Gravidad seca (kg/m³)	1033.8	1105.1	1191.3	1160.8	1136.1	1089.7	
Gravidad de agua (cc)	1.3989	1.2441	1.0818	1.1365	1.1828	1.1933	
Peso (kg)	0.5831	0.5544	0.5196	0.5319	0.5419	0.5441	



$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s}$$

$$w = \frac{\gamma_d \cdot G_s}{G_s - \gamma_d}$$

$$n = \frac{w}{2 + w}$$

$\gamma_d = 1192.0 \text{ kg/m}^3$
 $w = 30.0 \%$

Observaciones:

= 1.082
= 0.520

Material ensayado
sin presecado.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL E. L. G. N. L.

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO TESIS DE GRADO SITIO VIA QUEVEDO-S. DOMINGO

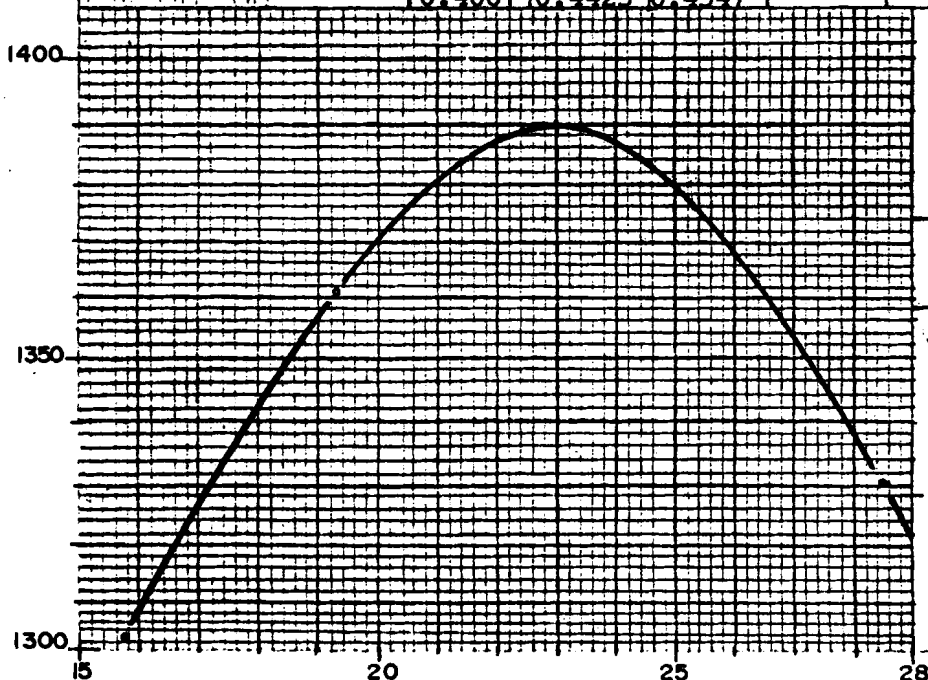
CALICATA 2 MUESTRA 2 PROFUNDIDAD 0.0 - 0.6 GRUESO 2.44

ENSAYO Proctor B no normaliza VOLUMEN $9.439 \times 10^{-4} m^3$ PESO 4.2046 kgrs.

NÚMERO 3 GOLPES/CAIDA 55 P. MARTILLO 2.5 kgrs. ALT. CAIDA 30.48 cm.

ENERGIA COMPACTACION _____ OPERADOR D. MATAMOROS FECHA 24-10-86

Determinación No.	1	2	3				
Tara No.	35	31	2				
Peso de Tara + suelo húmedo (grs.)	396.2	481.0	605.4				
Peso de Tara + suelo seco (grs.)	346.0	407.5	477.0				
Peso de agua (grs.)	50.2	73.5	28.4				
Peso de Tara (grs.)	26.6	26.1	27.1				
Peso de Suelo Seco (grs.)	319.4	381.4	499.9				
Contenido de humedad	15.72	19.27	28.5				
Peso de Proctor + Suelo compactado (grs.)	5.6273	5.7364	5.8182				
Peso de Proctor (grs.)	4.2046	4.2046	4.2046				
Peso de Suelo compactado	1.4227	1.5318	1.6136				
Densidad húmeda (kg/m^3)	1507.3	1622.9	1209.6				
Densidad seca (kg/m^3)	1302.6	1360.7	1330.4				
Gravidad de sólidos (g)	0.8732	0.7932	0.8340				
Gravidad (g)	0.4661	0.4423	0.4547				



$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + (W \cdot G / S)}$$

$$e = \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

$$n = \frac{G}{e + 1}$$

$\gamma_d = 1390 \quad kg/m^3$

$w = 23 \quad \%$

Observaciones:

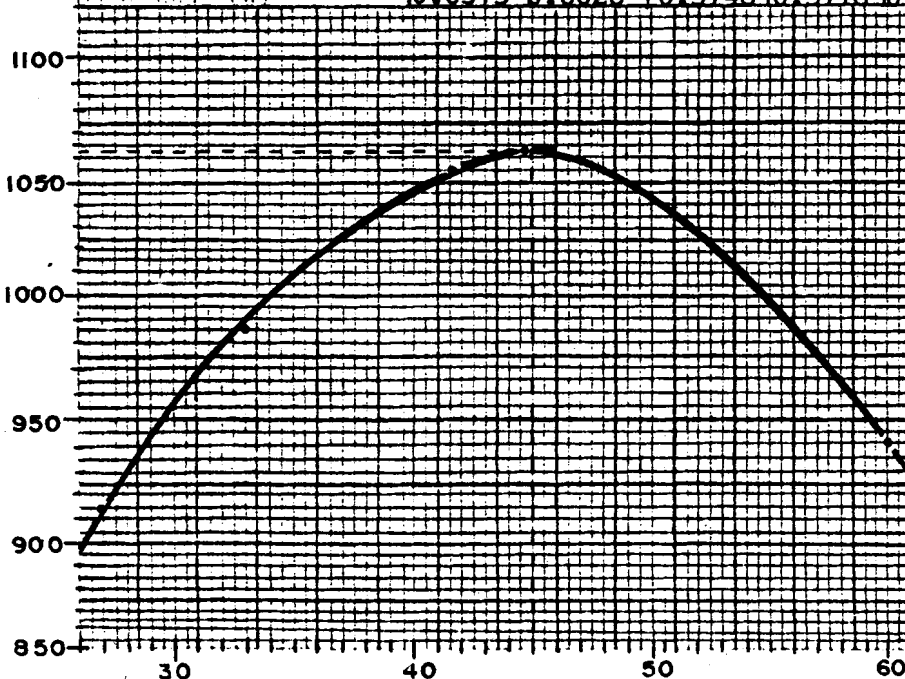
Material ensayado
dejando secar 1 mes.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - E.S.P.L.

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO TESIS DE GRADO SITIO VIA QUEVEDO-S. DOMINGO
 CALICATA 1 MULCHERA 3 PROFUNDIDAD 0.00 - 0.80 MG. CENFE. 2.48
 ENSAYO PROCTOR CNO NORMALIZADO VOLUMEN $9.43 \times 10^{-4} m^3$ PLSO 4.20455 kg.
 HILCAPAS 3 GOLPES/CAIDA 12 P. MAMITILLO 2.5 kg. ALT. CAIDA 30.48 cm.
 ENERGIA COMPACTACION 2.91 Joules OPERADOR DJAMMOROS FECHA 7-10-86

Determinación No.	1	2	3	4	5		
Tara No.	30	33	35	30	31		
Peso de tara + suelo húmedo (grs.)	438.3	410.0	454.0	479	478.6		
Peso de tara + suelo seco (grs.)	351.0	315.1	328.5	339.4	309.0		
Peso de agua (grs.)	87.3	94.9	125.5	139.6	169.6		
Peso de tara (grs.)	26.9	26.6	26.6	26.8	26.1		
Peso de suelo seco (grs.)	324.1	288.5	301.9	312.6	282.9		
Contenido de humedad	26.94	32.89	41.57	44.66	59.99		
Peso de molde + suelo compactado (kg)	5.3000	5.4400	5.6136	5.6545	5.624		
Peso de molde (kg)	4.2046	4.2046	4.2046	4.2046	4.2046		
Peso de suelo compactado (kg)	1.0954	1.2354	1.4090	1.4499	1.4194		
Volumen húmedo (kg/m^3)	1160.6	1308.9	1492.8	1536.2	1503.8		
Volumen seco (kg/m^3)	914.2	984.9	1054.5	1061.9	939.95		
Grav. Espec. de agua (g)	1.7126	1.5179	1.3519	1.3353	1.6384		
Grav. Espec. (g)	0.6313	0.6028	0.5748	0.5718	0.6210		



$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + (G \cdot w / S)} \\ e = \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1 \\ n = \frac{e}{G + 1}$$

$\gamma_d = 1060$ kg/m^3
 $w = 45$ %

Observaciones:

= 1.162

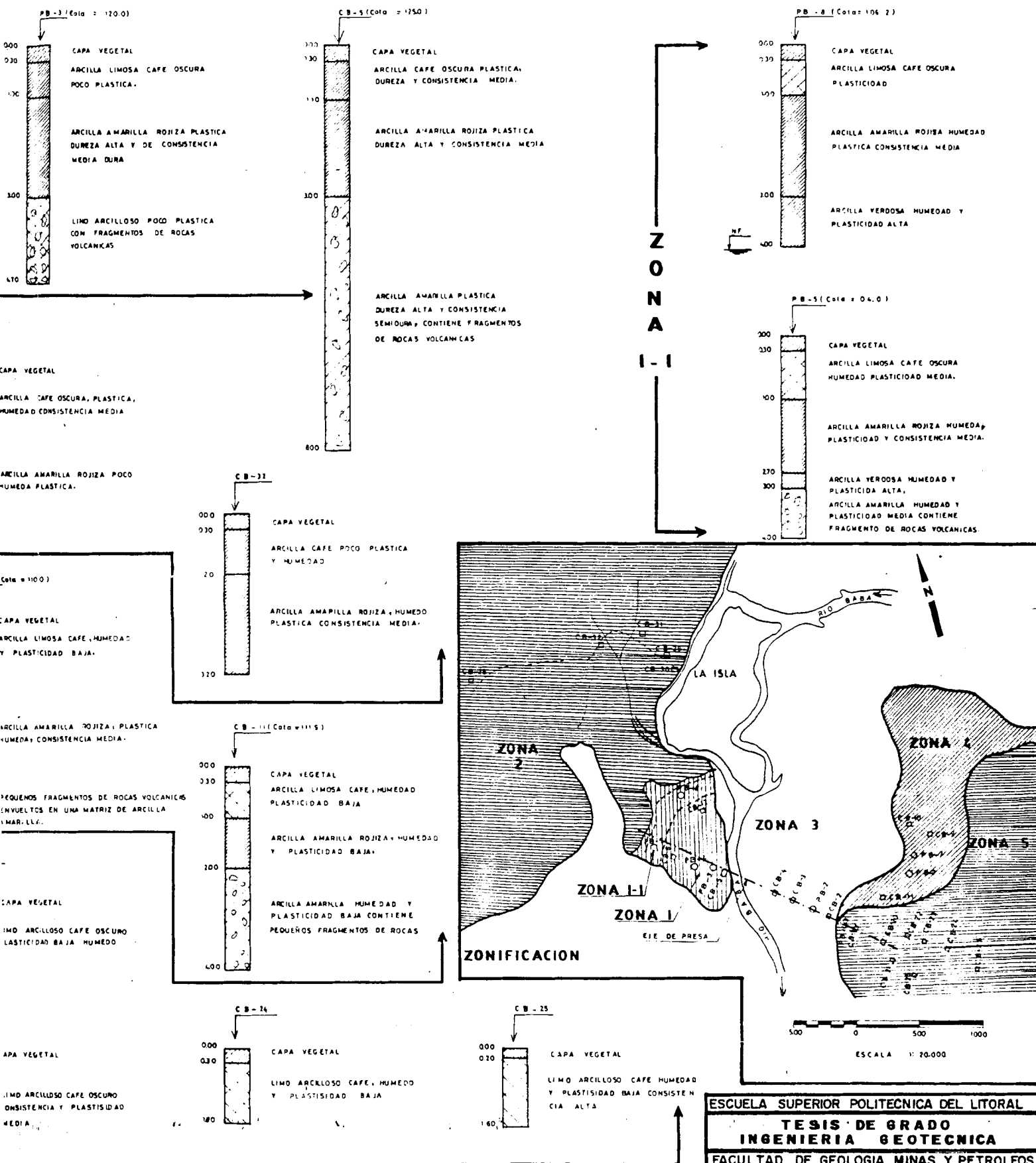
= 0.537

Material ensayado
 humedad natural.
 (sin presecado).

BIBLIOGRAFIA

1. AYON JO HECTOR. Colección de Curvas Térmico Diferenciales, ESPOL, Guayaquil, 1979, 27-28 pp.
2. BETEJTIN A. Curso de Mineralogía, Segunda Edición, Editorial Mir, Moscú, 1970, 604-628 pp.
3. BOWLES, JOSEPH E. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil, Editorial MacGraw Hill Latinoamericana S.A., Bogotá, 1980, 11-88 pp.
4. CEDEGE. Estudio de la Cuenca Baja del Río Guayas, Segunda Etapa, Guayaquil, 1982
5. CORONEL, JULIAN. Apuntes de Mecánica de Suelos.
6. CRUZ, JOSE. Resistencia al Corte en los Suelos Residuales de la Zona de Quevedo, Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil, 1982.
7. DANA, E.; FORD, W. Tratado de Mineralogía, Cuarta Edición, John Wiley and Sons, Mexico, 1971, 718-743 PP.
8. DE FRIES; PRUSZAK; CHOUDRY T. Efecto de la Compactación sobre el Comportamiento de Suelos Residuales, VI Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Lima, 1979, 377-390 pp.
9. GIDIGASU, M.D. Laterite Soil Engineering, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1976.
10. HIDROVO, PATRICIA; MURGUEITIO, DANIEL. Problemas de Fundaciones en Suelos Tropicales. Memorias del I Congreso Internacional de Suelos Tropico Andinos, Guayaquil, 1981.
11. HOLTZ, ROBERT; KOVACS, WILLIAM. An Introduction to Geotechnical Engineering, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA, 1981.

12. JIMENEZ, PEDRO; DEERE, DON. Las Propiedades Físicas y la Compactación de los Suelos Residuales en el Trópico.
13. LAMBE, W.; WHITMANN, R. Mecánica de Suelos, Editorial Limusa - Wiley S.A., Mexico, 1972
14. LAN, T.N. Dos Nuevos Ensayos de Identificación de Suelos Arcillosos, Primera Conferencia Internacional de Geomecánica en Suelos Tropicales Lateríticos y Saprolitos, Tropical's 85, Volumen I, Brasil, 1985
15. MARIN, L.; HIDROVO, PATRICIA. Problemas de Fundaciones en Suelos Tropicales, I Congreso Internacional de Suelos Trópicos Andinos, Guayaquil, 1981
16. THE ASPHALT INSTITUTE. Soil Manual for Design of Asphalt Pavement Structure, Asphalt Institute Building, Second Edition, Maryland, USA, 1963, 99-131 pp.
17. TOALA URVINA, GUILLERMO. Estudio Geológico Geotécnico del Proyecto de Presa Baba, Tesis de Grado, ESPOL, Guayaquil, 1981.
18. TRANSPORTATION TECHNOLOGY SUPPORT FOR DEVELOPING COUNTRIES Compactación de Suelos Viales, Compendium 10.
19. YUDHBIR ET RAYMAHASHAY; SAHU B.K. Compaction Characteristics of clay-mineral mixtures, Colloque Internationale sur le Compactage, Volume I, Paris, 1980.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO
INGENIERIA GEOTECNICA

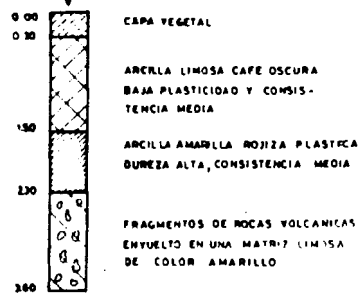
FACULTAD DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS

PROYECTO BABA
ZONIFICACION GEOTECNICA

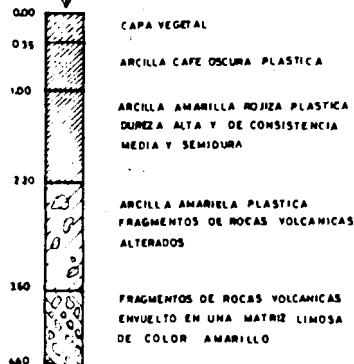
DAVID E. MATA MOROS C.

ESCALAS INDICADAS OCTUBRE 1988 PLANO Nº 8

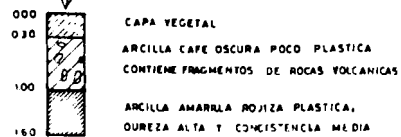
CB - 12 (Cota = 108.4)



CD - 6 (Cota = 105.0)

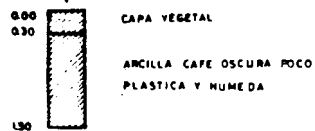


PB - 4 (Cota = 103.0)

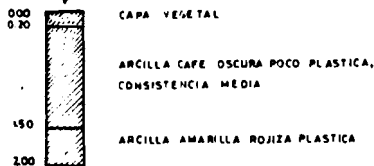


ZONA - 1

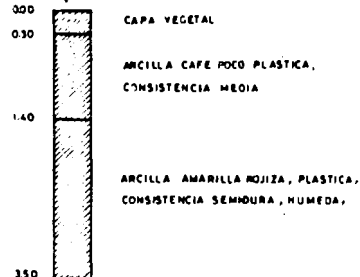
CB - 28



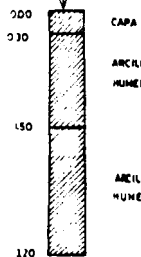
CB - 29 (Cota = 123.0)



CB - 30 (Cota = 120.0)

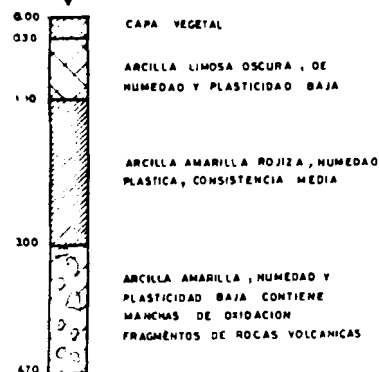


CB - 31

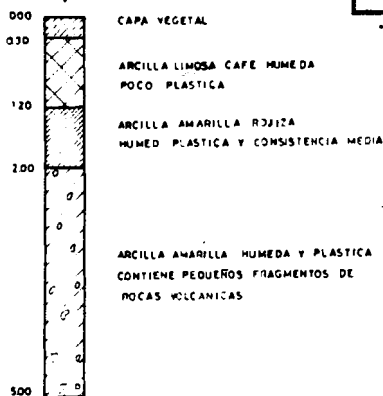


ZONA - 2

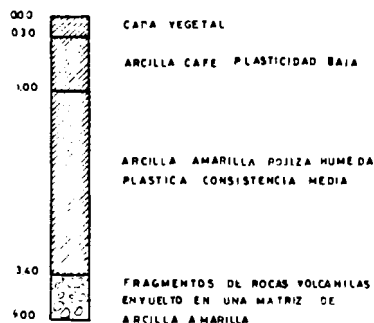
CB - 51 (Cota = 110.6)



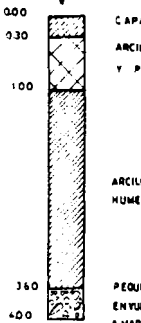
CB - 10 (Cota = 112.0)



PB - 7 (Cota = 110.0)

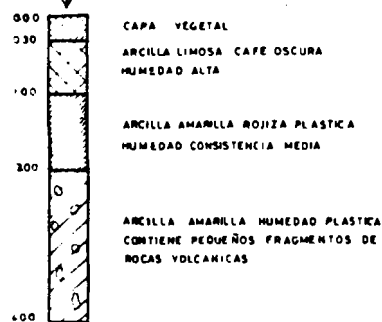


PB - 8 (Cota = 110.0)

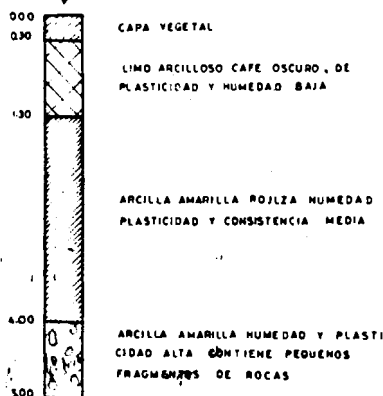


ZONA - 4

PB - 1 (Cota = 130.0)



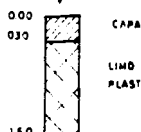
CB - 1 (Cota = 145.0)



CB - 20



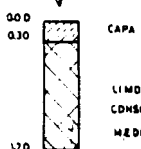
CB - 21



CB - 22



CB - 23



ZONA - 5

LEYENDA

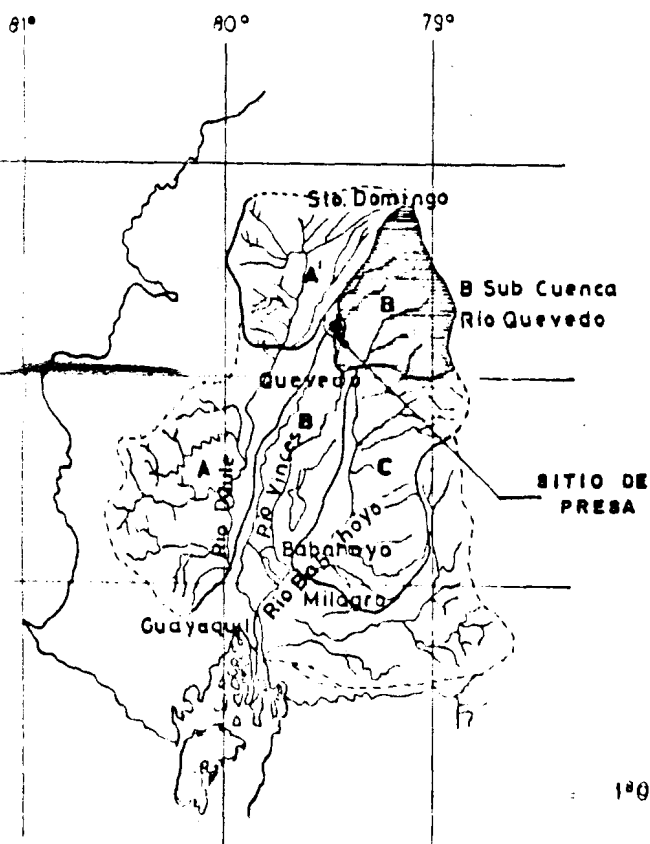
- CALICATAS
- PERFORACION POR BARRENADO

NOTAS

Las cotas descritas junto al nombre de cada calicata y/o perforacion por barrenado son citas absolutas.

ECTO BABA

SUB CUENCAS

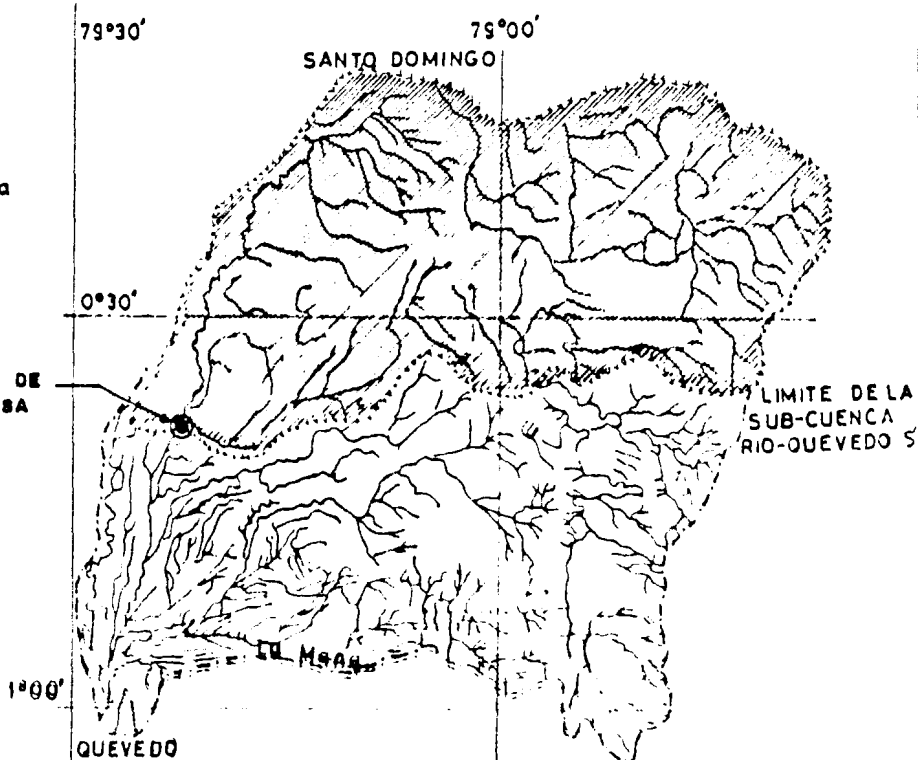


Esc: 1: 7'000.000

0 20 0 20 40 60 Kms

SUB CUENCA - BABA - TOACHI

CUENCA DEL PROYECTO



Esc: 1: 500.000

0 10 20 30 Kms.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO
INGENIERIA GEOTECNICA

FACULTAD DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS

PROYECTO BABA
UBICACION DE LAS CUENCAS DE DRENAJE
Y DE LA PRESA

DAVID E. MATAMOROS C.

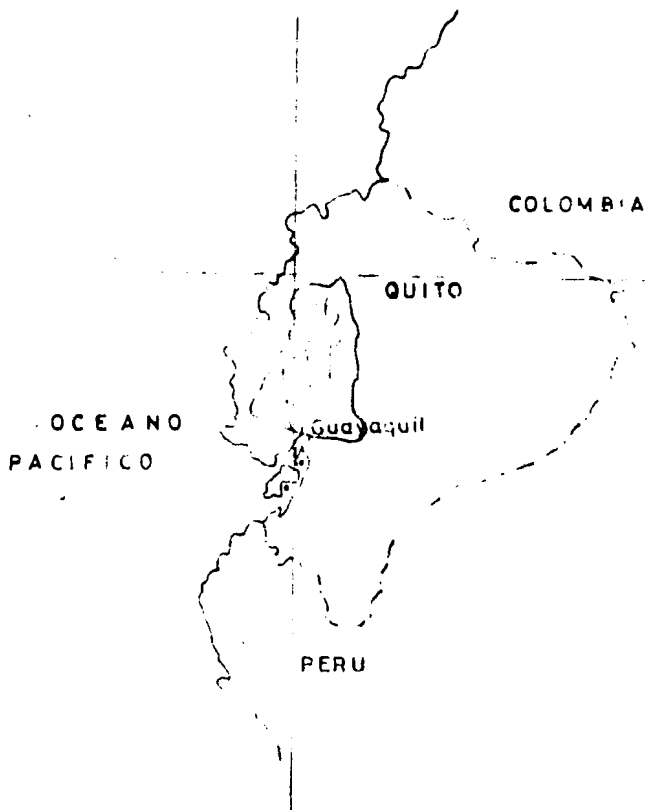
ESCALAS: INDICADAS

OCTUBRE 1986

PLANO Nº 1

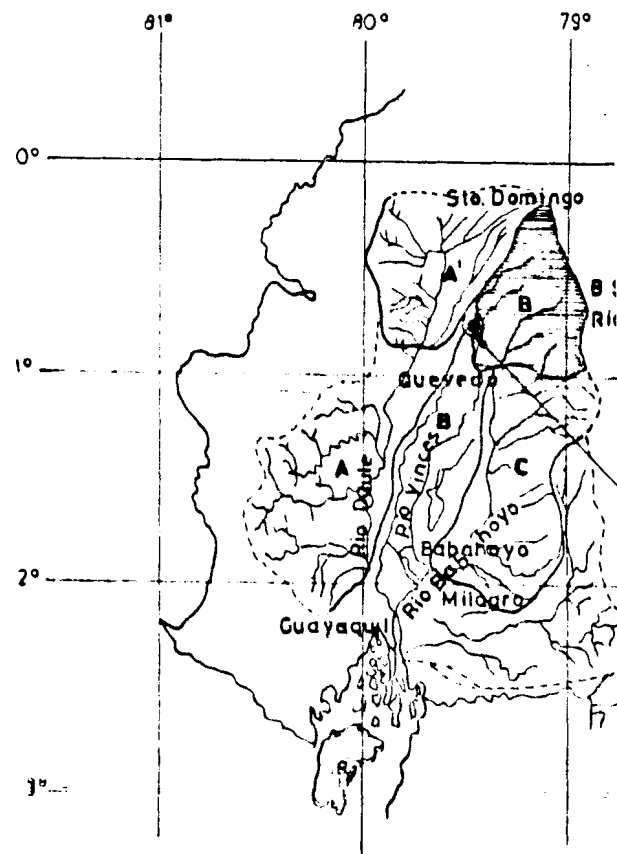
PROYECTO BABA

POSICION GENERAL DE LA CUENCA DEL RIO GUAYAS

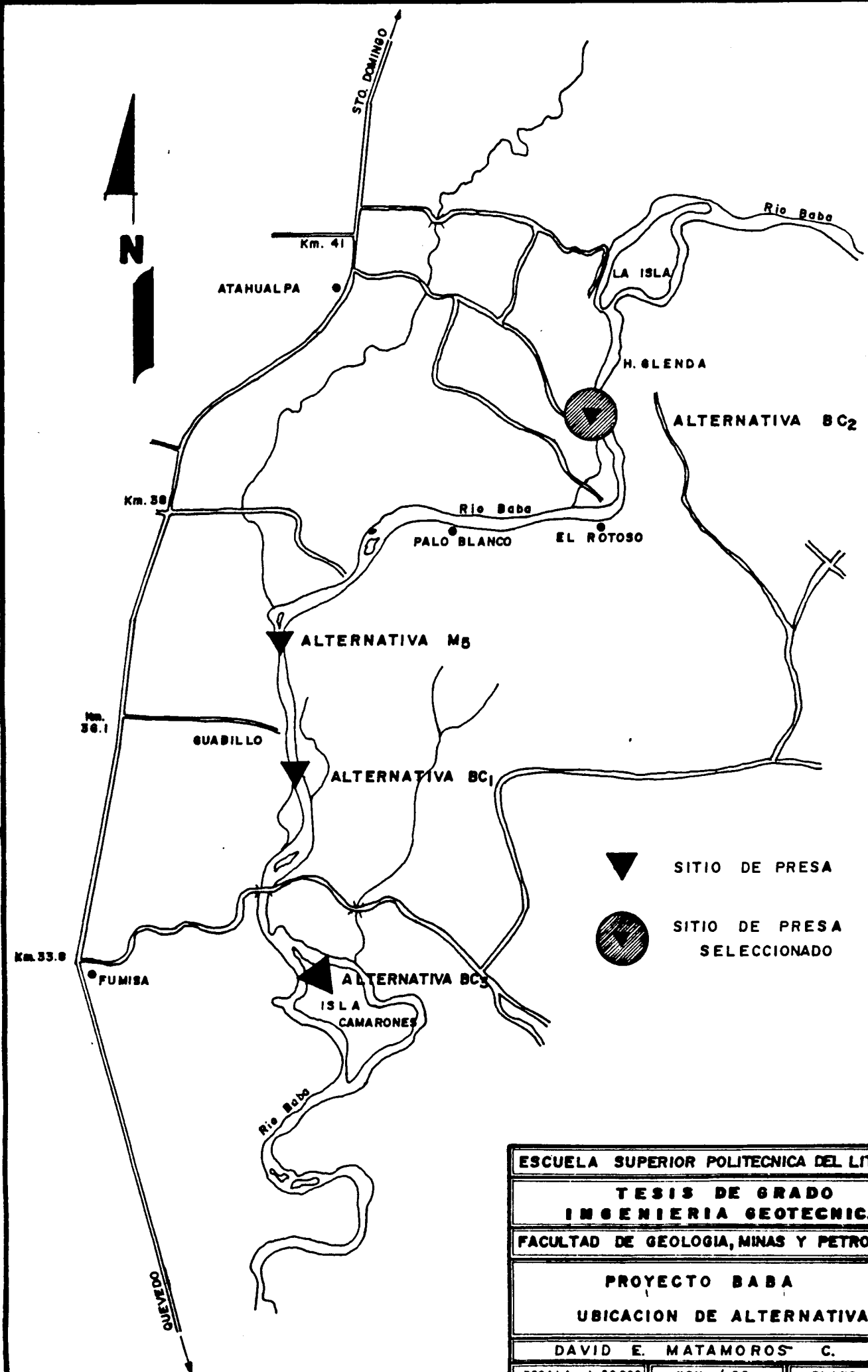


Esc: 1: 5'000.000
100 0 100 200

SUB CUENCAS



Esc: 1: 2'000.000
0 20 0 20 40 60 Kms



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO
INGENIERIA GEOTECNICA

FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

PROYECTO BABA
UBICACION DE ALTERNATIVAS

DAVID E. MATAMOROS C.

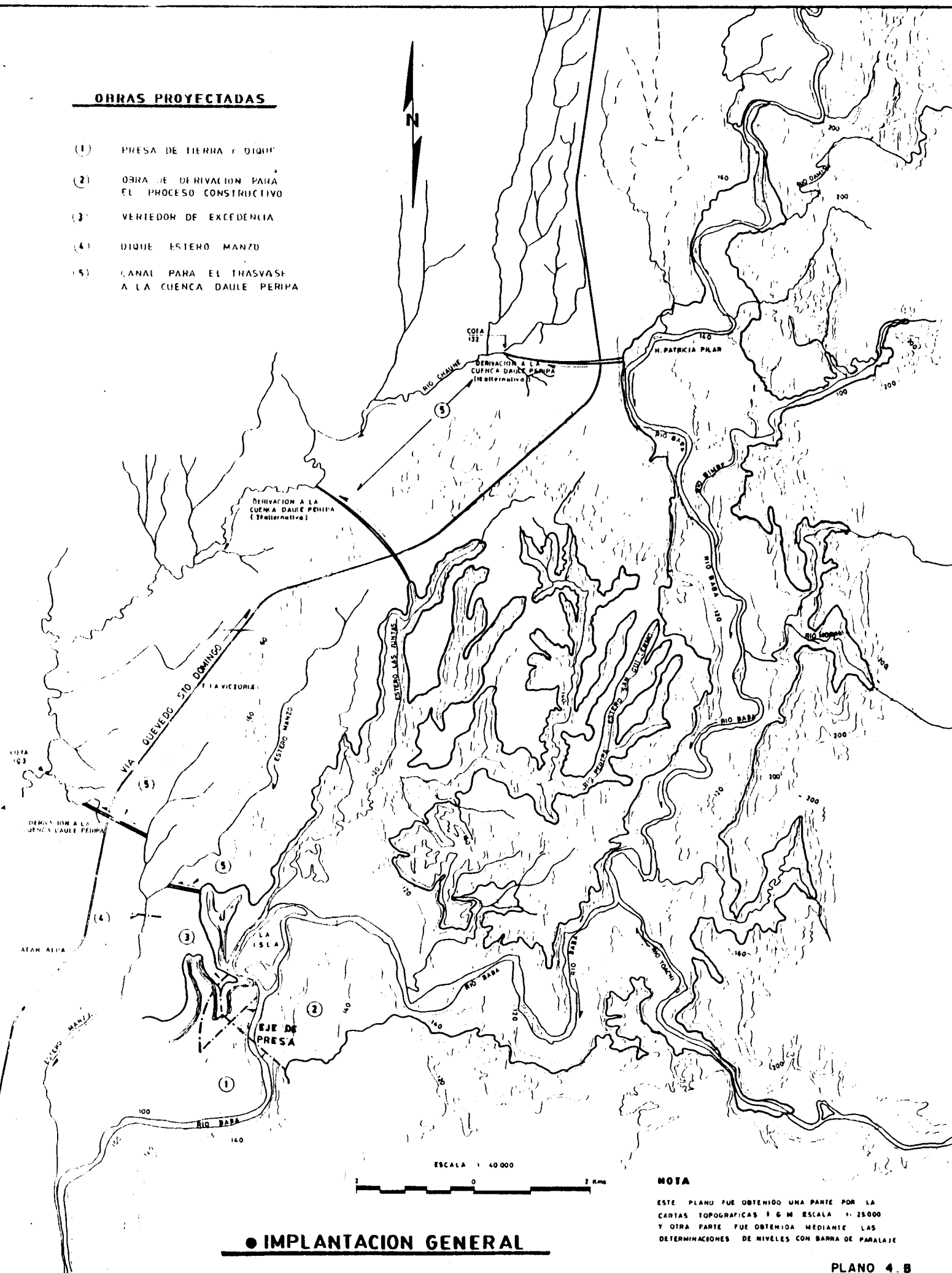
ESCALA: 1:50.000

NOV. / 88

PLANO Nº 1/A

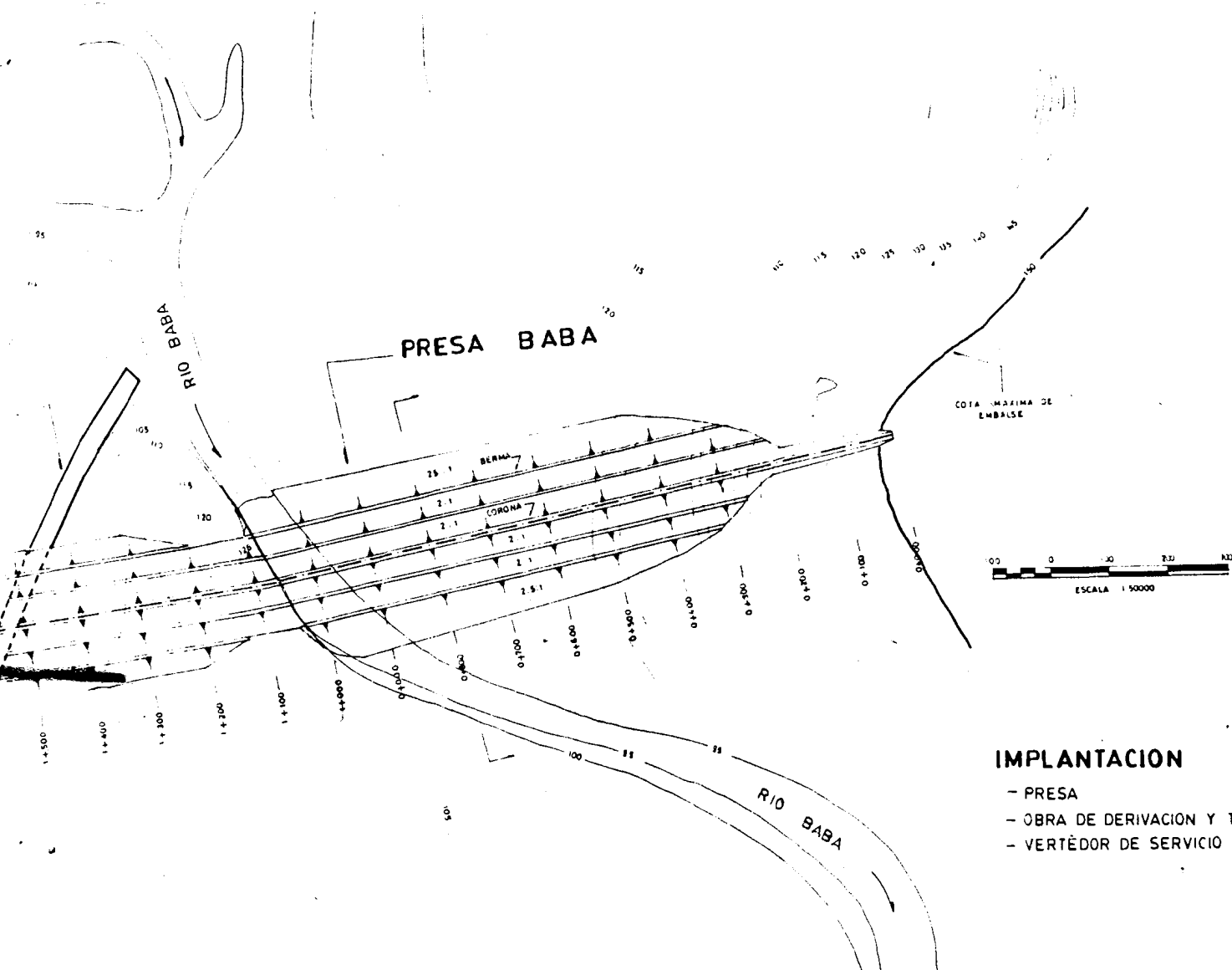
OBRAS PROYECTADAS

- (1) PRESA DE TIERRA Y DIQUE
- (2) OBRA DE DERIVACION PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO
- (3) VERTEDOR DE EXCEDENCIA
- (4) DIQUE ESTERO MANZO
- (5) CANAL PARA EL TRASVASE A LA CUENCA DAULE PERIPA



NOTA

ESTE PLANO FUE OBTENIDO UNA PARTE POR LA CARTAS TOPOGRAFICAS 1:6 M ESCALA 1:25000 Y OTRA PARTE FUE OBTENIDA MEDIANTE LAS DETERMINACIONES DE NIVELES CON BARRA DE PARALAJE



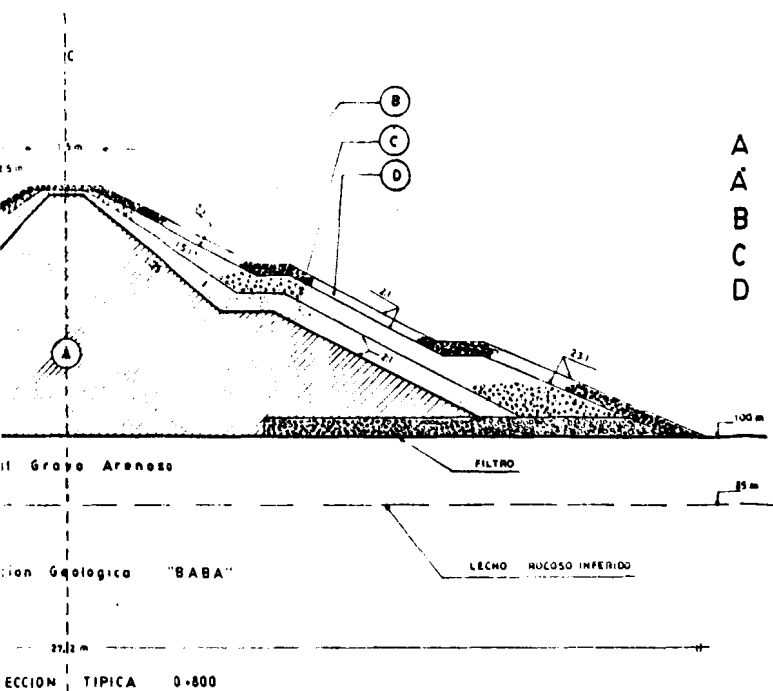
IMPLANTACION

- PRESA
- OBRA DE DERIVACION Y TOMA
- VERTEDOR DE SERVICIO

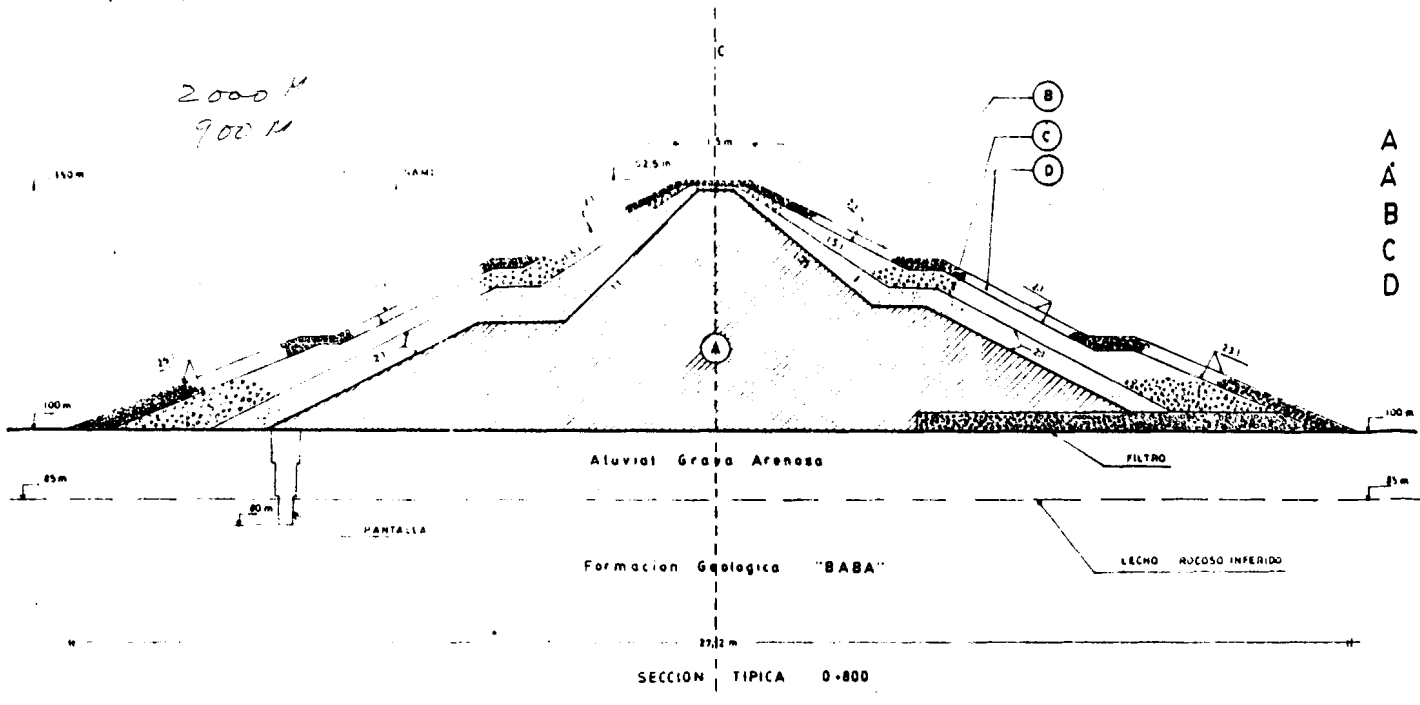
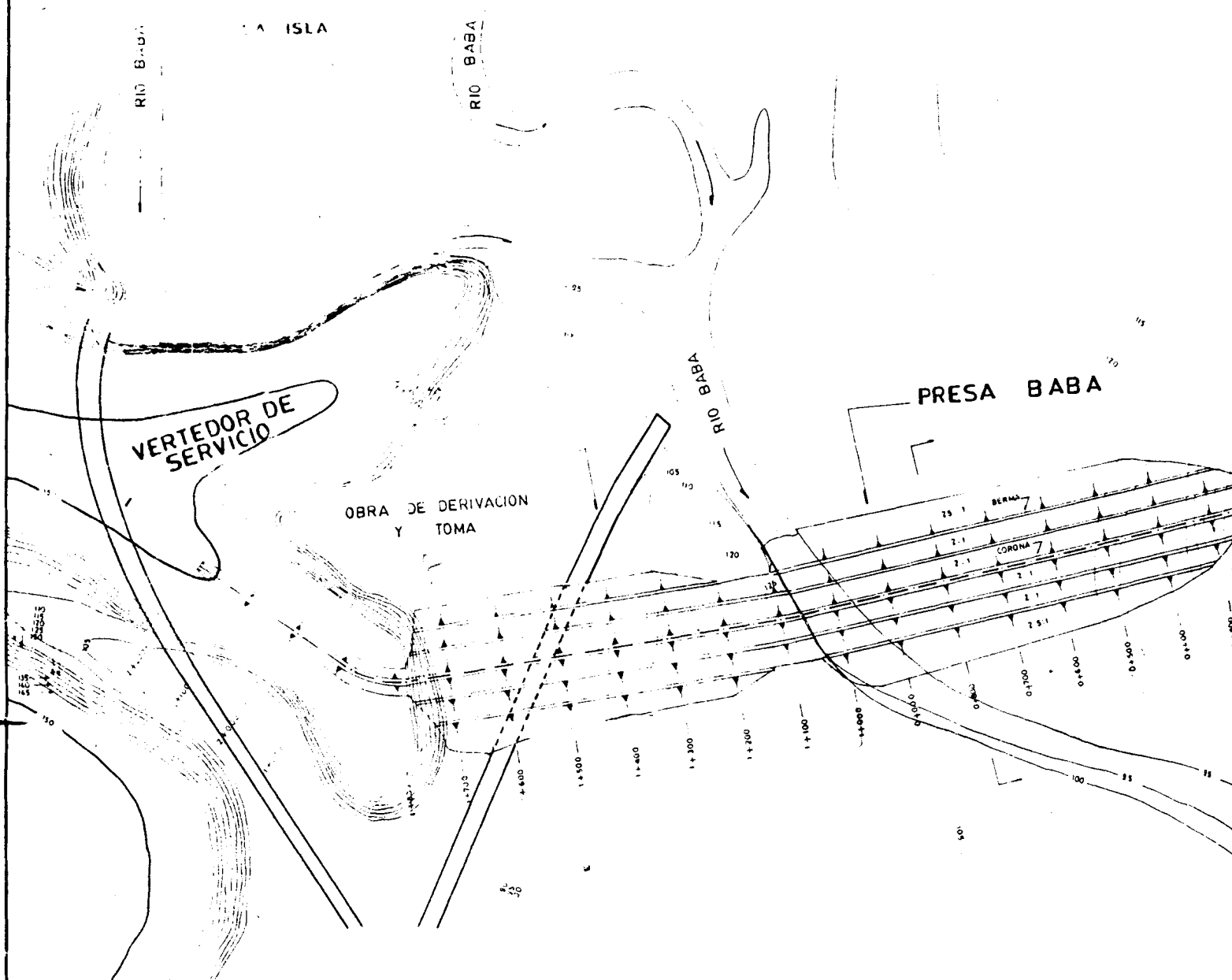
LEYENDA

Tipo de Material

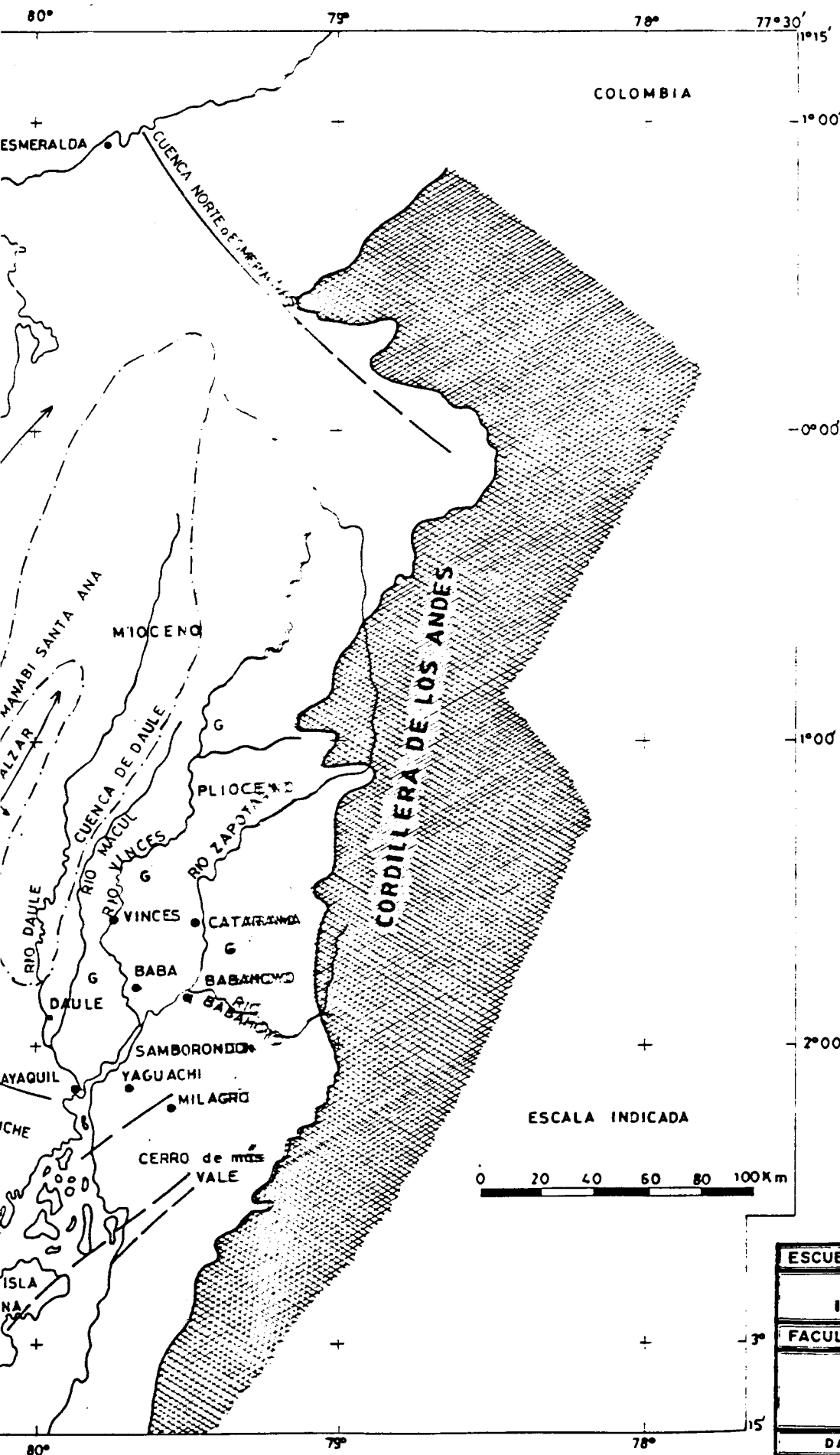
- A SUELO RESIDUAL COMPACTADO
- A SUELO RESIDUAL NATURAL
- B ARENA LIMOSA
- C GRAVA ARENOSA Y BOLEO
- D ENROCADO CON BLOQUES DE DIAMETRO SUPERIOR A 030m



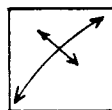
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO BABA		
IMPLANTACION DE LA PRESA Y SECCION TIPICA		
DAVID E. MATA MORALES C.		
ESCALAS INDICADAS	OCTUBRE 1968	PLANO N° 4A



- LEYENDA
Tipo de
- A SUELO RES
 - A SUELO RES
 - B ARENA LIM
 - C GRAVA ARE
 - D ENROCADO C
 - DIAMETRO S



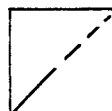
LEYENDA



EJE DE CUENCA
DEFINIDO



LIMITE APROXIMADO DE LA
CUENCA GEOLOGICA



GRANDES FALLAS



AREA PERTENECIENTE A LA
CUENCA GEOLOGICA
GUAYAS

ESCALA INDICADA

0 20 40 60 80 100 Km

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO
INGENIERIA GEOTECNICA

FACULTAD DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS

PROYECTO BABA
FRONTERAS GEOLOGICAS

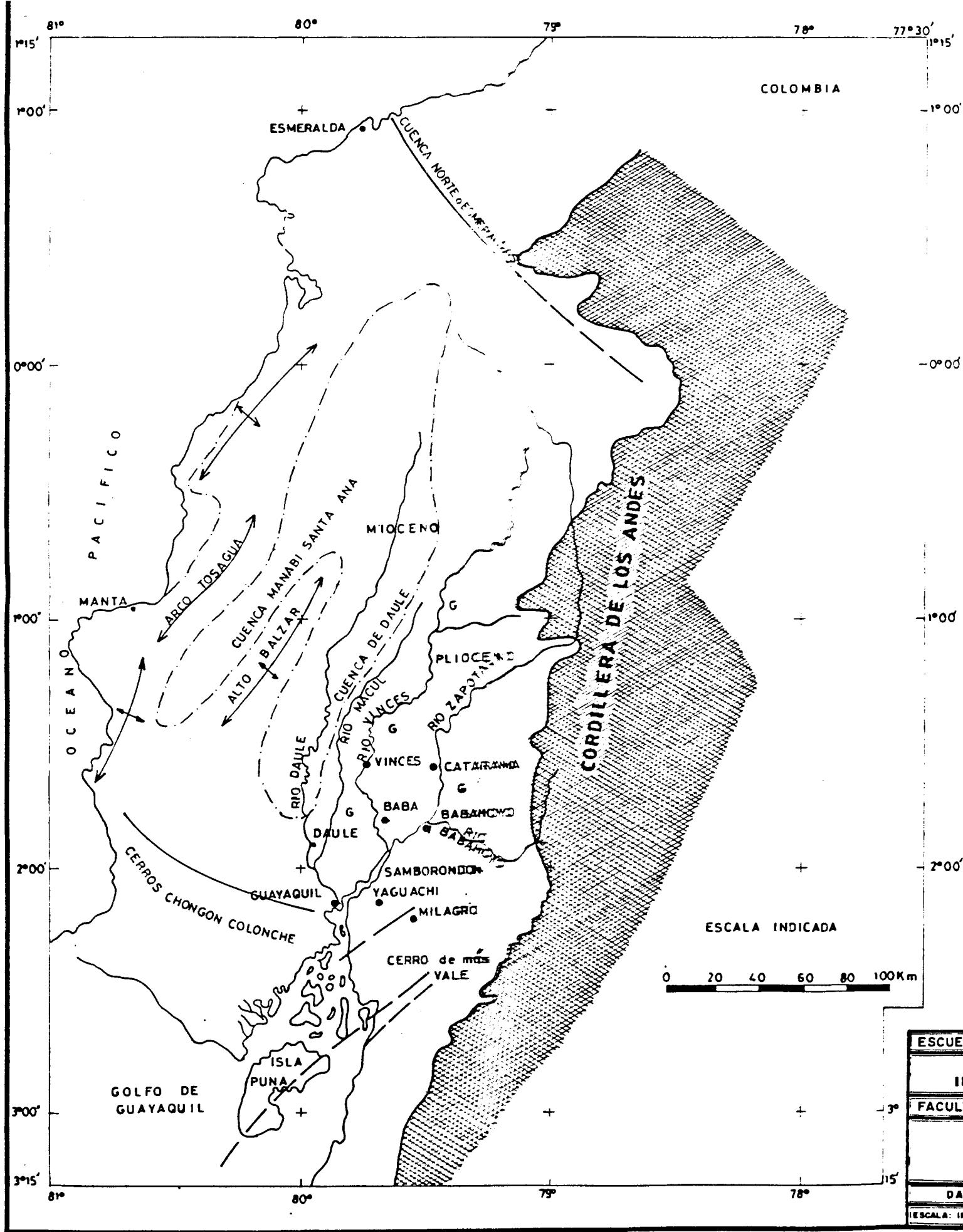
DAVID E. MATAMOROS C.

ESCALA: INDICADAS

OCTUBRE 1988

PLANO Nº 3

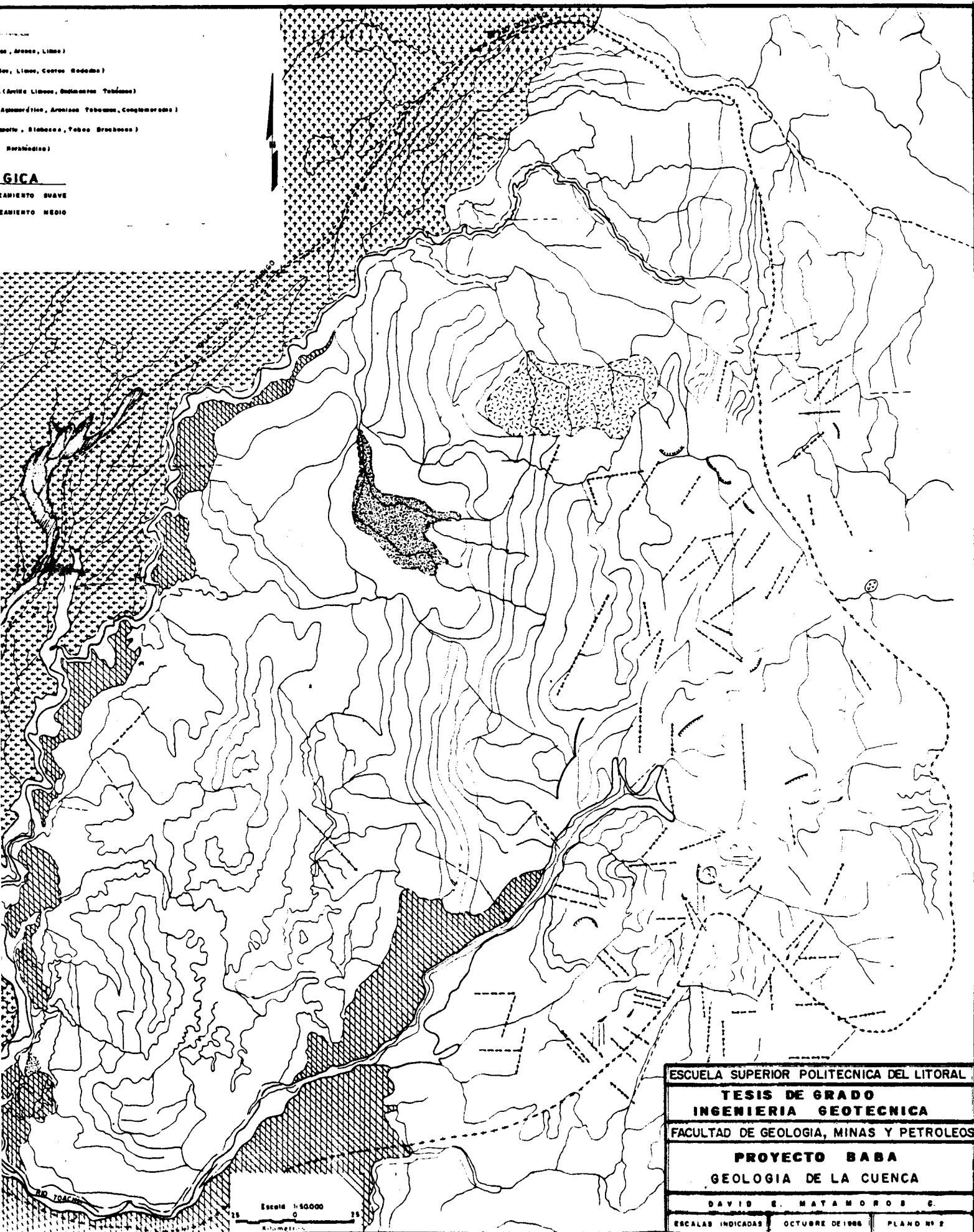
(Segun ...)



(Segun -)

de, Arica, Lima)
 (Lima, Llanos, Cuzco, Arequipa)
 (Arica, Llanos, Cuzco, Arequipa)
 (Arica, Llanos, Cuzco, Arequipa)
 (Arica, Llanos, Cuzco, Arequipa)
 (Arica, Llanos, Cuzco, Arequipa)
 (Arica, Llanos, Cuzco, Arequipa)

GICA
 CAMBIO SUAVE
 CAMBIO MEDIO



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO BABA		
GEOLOGIA DE LA CUENCA		
DAVID E. MATAMOROS S.		
ESCALAS INDICADAS	OCTUBRE DE 1986	PLANO N° 2

LEYENDA

		DEPOSITOS ALUVIALES (Gravas, Arenas, Limos)
CUATERNARIO		DEPOSITOS COLUVIALES (Arenas, Limos, Cantos Rodados)
		TERRAZA INDEFINICIONADA (Arenas Limos, Sedimentos Terrestres)
TERCIARIO		PLIO
		FORMACION SABA (Toba Astomardillo, Arenas, Tobaes, Conglomerados)
		FORMACION MACUCHI (Basalto, Diabasos, Tobaes, Brechas)
		POS CRETACEO
		INTRUSIVO (Granodiorita, Hornblendas)

SIMBOLOGIA GEOLOGICA

CORTADO	BUZAMIENTO SUAVE
CONTACTO IMPERIO	BUZAMIENTO MEDIO
ESTRATIFICACION	
FRACURAS	
DESEMBRES	

0° 20'

0° 15'

0° 10'

0° 5'

0° 0'

VIA QUEVEDO STO. DOMINGO

RIO SABA

SITIO DE PRESA

RIO TOACHE

Escala 1:50000

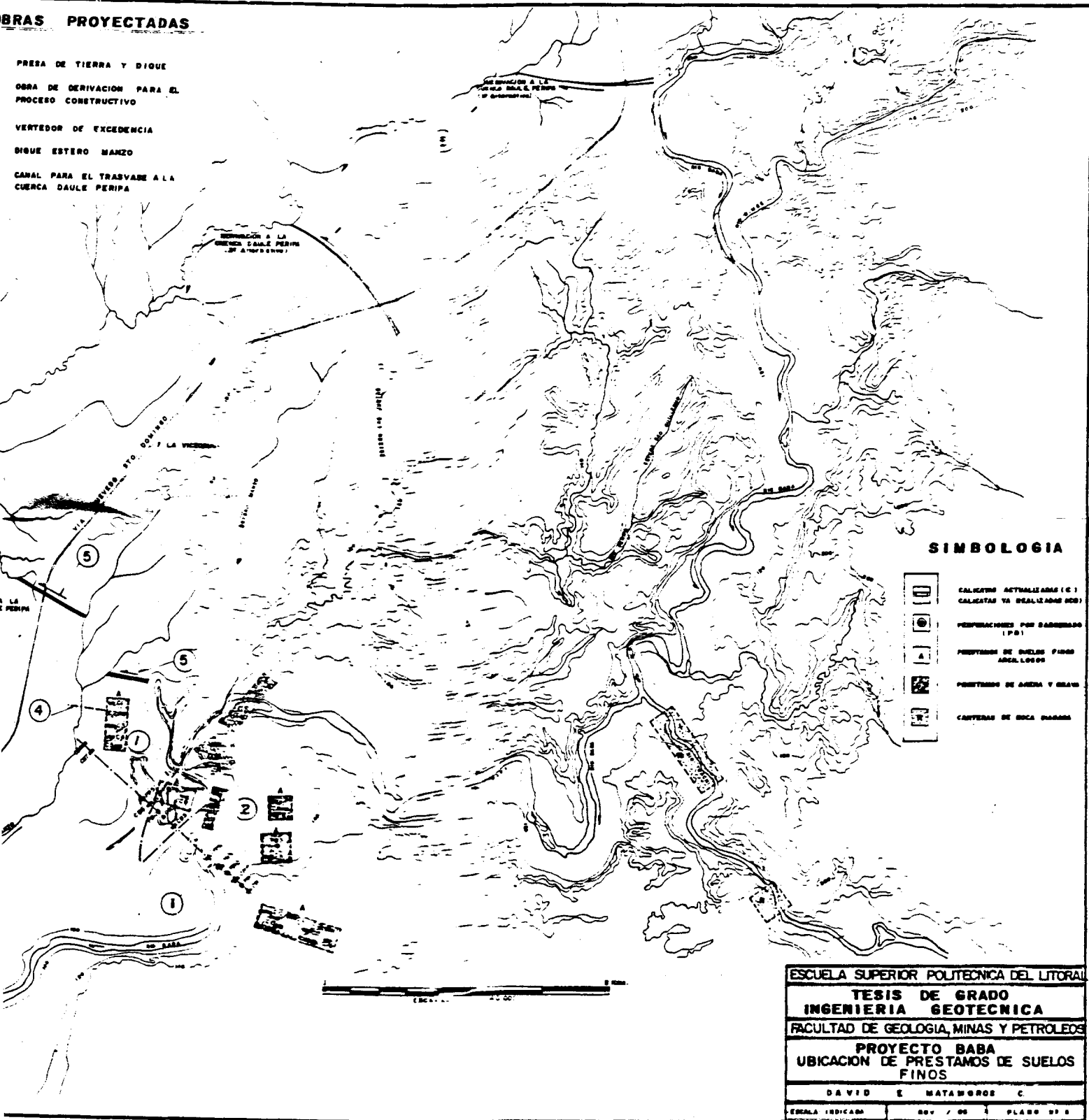
0 25 Kilometros

79° 14'

79° 10'

BRAS PROYECTADAS

- PRESA DE TIERRA Y DIQUE
- OBRA DE DERIVACION PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO
- VERTEDOR DE EXCEDENCIA
- DIQUE ESTERO MANZO
- CANAL PARA EL TRASVASE A LA CUERCA DAULE PERIPA



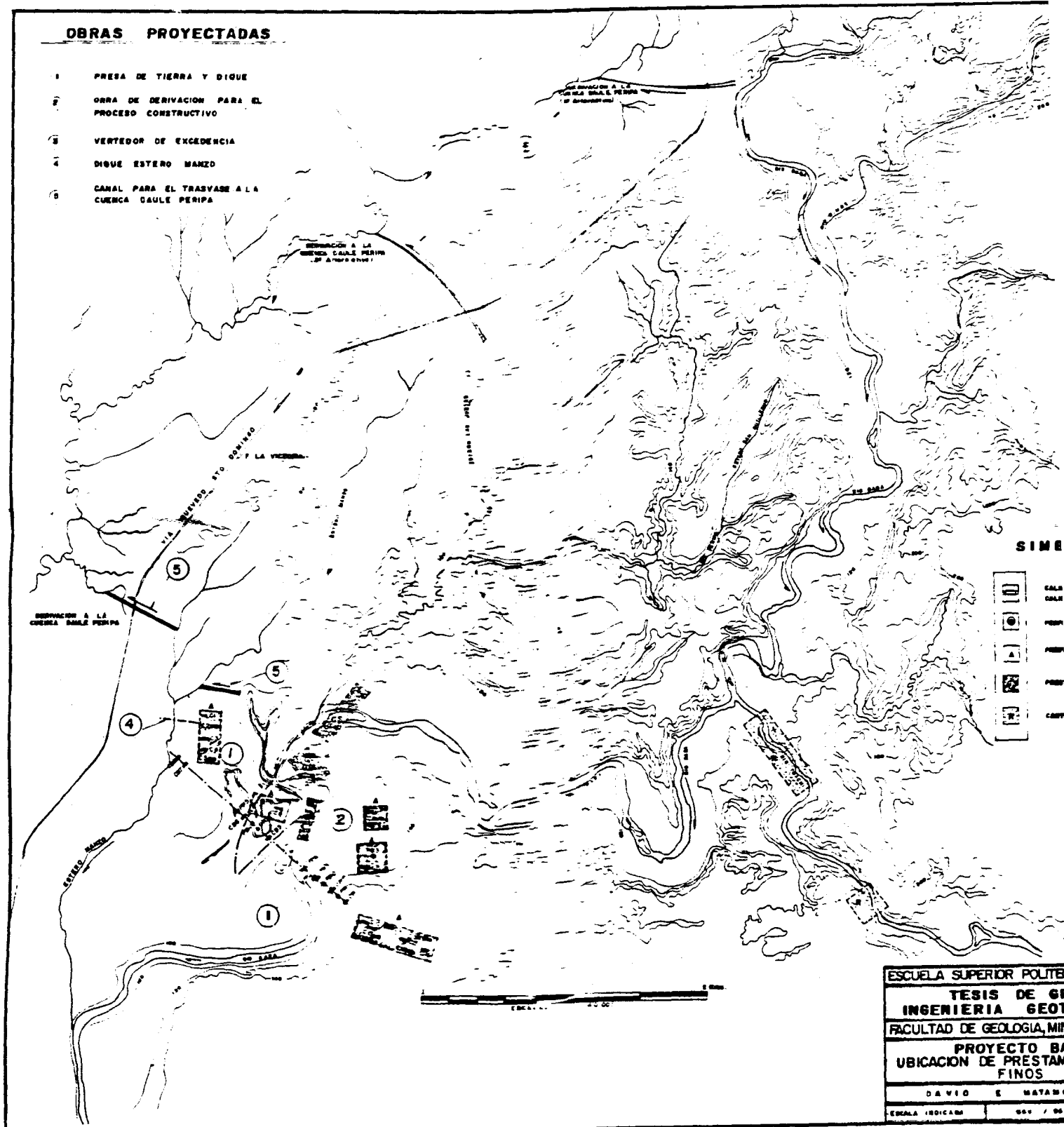
SIMBOLOGIA

- CALIENTES ACTUALES (E)
- CALIENTES YA REALIZADOS (R)
- PERFORACIONES POR SAGUADO (P.S.)
- PRESTAMOS DE SUELOS FINOS ARELLADOS
- PRESTAMOS DE AREIA Y GRAVA
- CANTERAS DE ROCA DIAMARA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO BABA		
UBICACION DE PRESTAMOS DE SUELOS FINOS		
DAVID	E	MATANGOROS C
ESCALA INDICADA	800 / 00	PLANO 01 A

OBRAS PROYECTADAS

- 1 PRESA DE TIERRA Y DIQUE
- 2 OBRA DE DERIVACION PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO
- 3 VERTEDOR DE EXCEDENCIA
- 4 DIQUE ESTERO MANZO
- 5 CANAL PARA EL TRASVASE A LA CUENCA CAULE PERIPA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE QUITO
 TESIS DE GRADUACIÓN
 INGENIERÍA GEOTÉCNICA
 FACULTAD DE GEOLOGÍA, MINERÍA Y PETRÓLEO
 PROYECTO DE OBRAS DE
 UBICACIÓN DE PRESTAMOS DE AGUA
 FINOS
 DAVID E. MAYANCO
 ESCALA INDICADA MAY / 06