

**ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL**

**DEPARTAMENTO  
DE  
GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO**

**Geología para los Estudios de Prefactibilidad  
de la Presa Salanguillo**



\*D-3353\*

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la Obtención del Título de**

**INGENIERO GEOLOGO**

**MARCELO URIA REYES**

**Guayaquil - Ecuador**

**1979**

71  
624.15  
476

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO

INVENTARIADO 12 ENI 1981  
RESPONSABLE: *[Signature]*

INVENTARIADO 16 MAR. 1981  
*[Signature]*

"GEOLOGIA PARA LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD  
DE LA PRESA SALANGUILLO"

*el 3/03*  
*[Signature]*

*[Signature]*  
*[Signature]*

TESIS DE GRADO  
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO GEOLOGO

POR:

MARCELO URIA REYES

*[Circular Stamp]*  
*[Handwritten Signature]*

"GEOLOGIA PARA LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD  
DE LA PRESA SALANGUILLO"

DIRECTOR DE TESIS

A U T O R

ING. RAUL MARURI DIAZ

MARCELO URIA REYES

DECLARACION EXPRESA:

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis son de mi exclusiva responsabilidad y que el patrimonio intelectual de la misma corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

## DEDICATORIA

A quienes con su esfuerzo y trabajo diario han posibilitado la obtención de este título.

A mis padres: ANGELA Y RAFAEL

A mis hermanos: MARIANA, RENE,  
EUGENIA Y LIGIA

A mi esposa: GUADALUPE

## AGRADECIMIENTO .

Dejo constancia de mis sentimientos de gratitud y estima al ING. MIGUEL A. CHAVEZ M., por su sin cero y decisivo apoyo para la elaboración y eje cución de la presente Tesis.

Al Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), por la financiación prestada. Al perso nal técnico de la Presa San Vicente y de la Oficina de Estudios y Supervisión de Presas, de Gua yaquil; por su aliento y consejos técnicos.

A los Ingenieros SANTIAGO GOMEZ y DIONISIO SAN- CHEZ, por su participación efectiva y amplia en la elaboración del tema.

Al Ing. RAUL MARURI DIAZ, Director de Tesis, por sus oportunas sugerencias.

# INDICE

Pág.

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

1.1. Objetivo del Estudio	1
1.2. Estudios realizados en el área	2
1.3. Método General de Trabajo	4

## CAPITULO 2

### GEOGRAFIA

2.1. Situación del Area	6
2.2. Vías de acceso	6
2.3. Clima y vegetación	7

## CAPITULO 3

### GEOLOGIA REGIONAL

3.1. Fotogeología y Geomorfología	8
3.2. Formaciones y Estructuras Geológicas.	10
3.2.1. Formaciones Geológicas	10
3.2.2. Estructuras Geológicas	21
3.3. Columna estratigráfica	22
3.4. Geohidrología	23
3.5. Geología Histórica	25
3.6. Geología Económica	30

## CAPITULO 4

### GEOLOGIA LOCAL

4.1. Formaciones Geológicas	33
4.2. Estructuras Geológicas	37
4.3. Cortes	38

## CAPITULO 5

## GEOLOGIA Y GEOTECNIA DEL AREA DE PRESA

5.1. Descripción del Proyecto	39
5.1.1. Presa	39
5.1.2. Vertedor	40
5.1.3. Canal de descarga	41
5.1.4. Obra de toma	41
5.2. Prospección Geofísica	42
5.2.1. Introducción	42
5.2.2. Método Empleado y Resultados	43
5.2.3. Interpretación	44
5.3. Prospección Mecánica	47
5.4. Geología del Area de Presa	48.
5.5. Efectos de la variación litológica en la fundación de la presa.	50
5.6. Estabilidad de taludes	53
5.6.1. Estabilidad de taludes de la presa.	53
5.6.2. Estabilidad de taludes del vaso.	58
5.7. Características generales físico-quí micas de las rocas.	60
5.7.1. Variaciones litológicas	60
5.7.2. Meteorización	64

## CAPITULO 6

## MATERIALES DE CONSTRUCCION

6.1. Muestreo	66
6.2. Ensayos de laboratorio	68
6.2.1. Arcilla	68

	Pág.
6.2.1.1. Humedad	69
6.2.1.2. Límite líquido	69
6.2.1.3. Límite plástico	70
6.2.1.4. Índice de Plasticidad.	70
6.2.1.5. Dureza	70
6.2.1.6. Granulometría	70
6.2.1.7. Proctor standard	71
6.2.1.8. Gravedad específica	72
6.2.1.9. Permeabilidad	74
6.2.1.10. Consolidación	76
6.2.1.11. Expansión	78
6.2.1.12. Compresión simple	80
6.2.1.13. Ensayo triaxial	82
6.2.2. Grava-Arenosa	84
6.2.2.1. Granulometría	84
6.2.2.2. Peso volumétrico varillado y peso volumétrico suelto.	85
6.2.2.3. Gravedad Específica	86
6.2.2.4. Permeabilidad	87
6.2.2.5. Desgaste-Abrasión de los Angeles.	88
6.2.3. Roca	89
6.2.3.1. Abrasión de los Angeles	89
6.2.3.2. Gravedad Específica	90
6.2.4. Diseño de concreto	90
6.2.4.1. Granulometría	90
6.2.4.2. Peso volumétrico varillado y peso volumétrico suelto.	91
6.2.4.3. Desgaste-Prueba de Sulfato.	94

6.3. Ubicación y Evaluación de Volúmenes a proximados de préstamos.	95
---	----

## CAPITULO 7

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones	98
7.1.1. Necesidad de Agua	98
7.1.2. Disponibilidad y forma de aprovechamiento.	98
7.1.3. Estudios	98
7.1.4. Geología de la Cuenca de drenaje.	99
7.1.5. Geología del vaso	100
7.1.6. Geología del Area de Presa	101
7.2. Recomendaciones	102

## APENDICE I

## SUPERFICIES DE FALLA

## ANEXO N° 1

## REGISTRO PERFORACIONES

## ANEXO N° 2

## ENSAYOS MECANICA DE SUELOS

## BIBLIOGRAFIA

## GRAFICOS

- III-A. Estructuras geológicas Costa Ecuatoriana
- III-B. Fallas Regionales del N de Sudamérica y Límite de Placas.
- III-C. Columna Estratigráfica
- V-A. Carta Sísmica
- V-B. Sección Sísmica

## PLANOS

- II-1. Plano general de ubicación
- II-2. Ubicación Cuenca de drenaje
- III-1. Cuenca de drenaje
- III-2. Geología cuenca de drenaje
- IV-1. Mapa geológico Vaso
- V-1. Ubicación Prospecciones Mecánicas y Geofísicas.
- V-2. Alternativas Cierres
- V-3. Dromocrónicas y Cortes Geosísmicos Eje "A"
- V-4. Dromocrónicas y Cortes Geosísmicos Eje "B"
- V-5. Descripción Calicatas Eje "A"
- V-6. Superficies de fallas y análisis de Dovelas.
- V-7. Corte Geológico A-A'
- V-8. Corte Geológico B-B'
- VI-1. Préstamos.

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

### 1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

La Península de Santa Elena es una región de la Costa Ecuatoriana que ha atraído la atención de diversos especialistas desde mucho tiempo atrás.

Tanto desde el punto de vista económico y social, cuanto en sí mismo, desde el punto de vista geológico, esta región ha despertado gran interés por sus peculiares características. Una de ellas, que la hacen diferente a otras regiones del país, es la carencia de suficientes recursos hídricos - para sus necesidades vitales, que ha dado a esa región características desérticas. Además, las observaciones de carácter científico realizadas, indican "un avance del Desierto Humboliano- producido por la corriente fría del Humbolt- que se desplaza hacia el interior del plato costero". Las mismas observaciones, analizadas a través de un período de los últimos veinte años, determinan que "el desierto se ha incrementado en una magnitud equivalente a 42 km. por año", (Maggio P., Aplicación Agrometeorológica en el Ecuador, Quito, 1970).

Mas, los medios para cambiar la faz desértica por otra, productiva, agrícola, son numerosas. Uno de esos medios es el aprovechar las copiosas lluvias invernales que anualmen

te caen en la región, principalmente en sus partes altas, y almacenarlas por medio de embalses que permitan su posterior utilización práctica.

El presente estudio corresponde a la etapa de prefactibilidad para la construcción de una presa en una zona localizada al NE de la Península de Santa Elena, aprovechando las aguas del río Salanguillo, para fines de riego.

Este estudio abarca fundamentalmente el aspecto geológico, en el nivel señalado, con el objeto de determinar las formaciones geológicas presentes, evaluar las estructuras, así como las condiciones geológicas en el área en que se proyecta la construcción de la presa y del embalse y conocer las disponibilidades de materiales necesarios para la construcción.

## 1.2. ESTUDIOS REALIZADOS EN EL AREA

Con fines de exploración petrolera, se han realizado investigaciones geológicas mediante perforaciones, desde hace mucho tiempo en toda la Costa Ecuatoriana, en general; y, en la Península de Santa Elena particularmente, en forma intensa.

Las perforaciones realizadas en la provincia del Guayas en mayor número que en las otras provincias costeras, ha permitido tener una idea general de su constitución geológica.

Así, se ha perforado principalmente en la Península de Santa Elena y en Ancón. Estos pozos han sido perforados por compañías petroleras tales como: AEO, CALEC, EOL, IEPC, MEC, OW, SOC, TENEC. Es de resaltar, entre ellas, la labor desarrollada por la IEPC en la investigación subterránea.

Primeramente y a fines del siglo pasado (1892) ya Teodoro Wolf había realizado observaciones e investigaciones en el Litoral.

Posteriormente se realizaron numerosos estudios e investigaciones en la misma región; así tenemos: Baldry, en 1932; Barker, 1932; Bengtson, 1924; Busk, 1938; Bushnell, 1932; Ragen, 1951; Hoffstetter, 1948, 1949, 1952; Moore, 1944; Riofrío, 1950; Bixby, 1950; Sheppard, 1925, 1927, 1928, 1929; Sinclair, 1928. Es de resaltar también los estudios realizados por Walther Sauer presentados en su libro Geología - del Ecuador, obra única en su campo en nuestro país y publicada en 1965.

También se han realizado investigaciones recientes, como son las anotaciones realizadas por Azad en 1968; Colman en 1970; Bristow en 1975; Cisneros en 1976, con respecto a la Península de Santa Elena y su Complejo Olistostrómico.

Son de gran importancia, desde el punto de vista ingenieril, los estudios geológicos y geotécnicos desarrollados en áreas muy próximas al presente sitio de estudio. El Insti-

tuto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos, ha realizado ta les estudios en San Vicente de Colonche, Valdivia y El A-zúcar con la misma finalidad presente, es decir, la construcción de presas que permitan el embalse de las aguas de los ríos de la Península.

### 1.3. METODO GENERAL DE TRABAJO

El presente estudio se lo inició con una recopilación de la bibliografía existente sobre el área en cuestión. Este trabajo de oficina resultó necesario, especialmente en este caso, por cuanto la información de que se dispone no está ampliamente difundida y no se encuentra suficientemen-te recopilada.

Para este caso, ha sido factible disponer también de la información relativa a los proyectos efectuados en áreas vecinas (Proyecto Valdivia; Proyecto Guangala, Presa San Vicente).

Ha sido importante contar con el estudio geológico realizado con motivo de la explotación petrolera en la Península.

Se recolectaron, además los planos topográficos y geológicos necesarios, además de los datos hidrológicos.

Estos trabajos iniciales de oficina permitieron establecer

un bosquejo del trabajo de campo a desarrollarse. Posteriormente se realizó un reconocimiento geológico inicial de campo, con la finalidad de obtener una información directa general y observar las características más visibles e importantes que se hiciesen presentes en la región.

Se inició, a continuación, el estudio geológico superficial del área que comprende la cuenca de drenaje, centrandó luego el interés en el área posible del vaso de la presa y más aún, definiendo los posibles sitios de cierrre, de acuerdo a sus características topográficas, litológicas y geomorfológicas. Este levantamiento geológico se lo efectuó, por lo tanto, considerando las escalas de mapeo de acuerdo con las necesidades propias del estudio.

Se realizó luego la prospección geofísica necesaria principalmente para clarificar las características geológicas de los posibles sitios de cierre.

Las pruebas in situ y de laboratorio se las realizó concomitantemente con las labores de campo.

Finalmente, se ordenó toda la información obtenida en el campo.

## CAPITULO 2

### GEOGRAFIA

#### 2.1. SITUACION DEL AREA

El área estudiada para el sitio de presa se encuentra ubicada al NE del recinto Salanguillo, que pertenece a la parroquia Colonche del cantón Santa Elena en la provincia - del Guayas (Plano N° II-1).

Salanguillo está localizada al NE de Santa Elena y al Norte de San Vicente, en donde se está construyendo la Presa de San Vicente la que, conjuntamente con la de Salanguillo, conforman el Proyecto Guangala.

La cuenca de drenaje correspondiente al proyecto de presa está comprendido en las hojas topográficas del IGM, de Manglaralto y Las Piedras, entre las coordenadas 480810, 480950, 650810 y 650950 (Plano N° II-2).

#### 2.2. VIAS DE ACCESO

La zona estudiada tiene como única vía de acceso una carretera de verano que une a Colonche con Salanguillo. Esta vía es un desvío de la carretera Santa Elena-Manglaralto que llega hasta Colonche. Tanto la Santa Elena-Manglaralto cuanto su desvío hacia Colonche son carreteras de segundo orden, transitables todo el año. Salanguillo se encuentra unida con poblaciones vecinas igualmente por cami

nos de verano, es decir, transitables sólo en períodos secos; así, con San Vicente, El Salado, Manantial de Guangala ~~y~~ otros.

### 2.3. CLIMA Y VEGETACION

En general, en la región costera, es posible diferenciar dos épocas climáticas bien definidas. La una, el período de lluvias, que comprende los meses de enero a mayo. Este período tiene relación con el ciclo Humbolt-Niño y en él las lluvias son abundantes y representan el mayor porcentaje del promedio anual. El clima es cálido.

En los meses de junio a diciembre se tiene el período de verano, el cual es seco, generalmente nublado y de clima templado.

La vegetación es variada de acuerdo a la altitud y la morfología del terreno. En general, la vegetación es pobre, en las zonas más planas y menos elevadas, con existencia de arbustos y cardones. En zonas de depositación aluvial, que han dado origen a la formación de terrazas, hay cultivos tropicales como: banano, papaya, tamarindo, tomate, sandía, etc. En las estribaciones de la Cordillera Chongón-Colonche, donde la morfología es más irregular y la altitud mayor, se presenta una vegetación más exhuberante.

## CAPITULO 3

### GEOLOGIA REGIONAL

#### 3.1. FOTOGEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

La zona en estudio está enmarcada en una región que corresponde a la zona costera con alcance a las estribaciones occidentales de la Cordillera Chongón-Colonche. Por ello, la altura de la zona es variable, desde partes relativamente planas en la zona costanera a alturas que alcanzan los 700 m.s.n.m. en las cabeceras de los ríos y que corresponden a las estribaciones de la cordillera.

El río Salanguillo, a ser represado, tiene dos afluentes principales: uno que sigue una dirección N-S, Río Seco, y recibe la contribución de algunos afluentes secundarios que guardan una orientación hacia el SO, provenientes de la cordillera. Estos afluentes forman una cuenca de drenaje de segundo orden. El segundo afluente principal del Salanguillo, Río Azul, tiene una orientación general al Oeste y recibe numerosos afluentes secundarios, conformando una cuenca de drenaje de cuarto orden. En conjunto, el río Salanguillo conforma una cuenca de cuarto orden geomorfológico y sigue una orientación general Este-Oeste hacia el Océano Pacífico, al cual desemboca con el nombre de río Javita, nombre que toma al unirse con el río Nuevo.

La cuenca de drenaje (Plano N<sup>o</sup> III-1) ocupa un área apro-

ximada de 86.7 km<sup>2</sup> y tiene una forma idealmente considerada como triangular, con el lado mayor opuesto al sitio de presa y ésta en su vértice.

El nacimiento de la mayoría de los afluentes se produce en la facie volcano-sedimentaria de la formación Cayo, en las laderas de la cordillera Chongón-Colonche. El resto de las formaciones que cubren la cuenca son terciarias y van del Eoceno al Mioceno. El patrón de drenaje que presenta la cuenca puede ser clasificado como dendrítico, el cual es más acentuado cuando los drenajes atraviesan la formación Cayo.

También es la formación Cayo la predominante en la cuenca, cubriéndola en un 60%. (Ver plano N<sup>o</sup> III-2). Por las características de los materiales que constituyen esta formación-chert, lutita silícea, etc. éstos se encuentran estables en las partes de mayor altitud de la cuenca. Los sedimentos detríticos silíceos que se encuentran en el río Salanguillo son productos procedentes, consecuentemente, de la degradación de tales materiales. Los limos, arenas finas y arcillas son, en su mayoría, producto de la meteorización y remoción de otras formaciones existentes en la misma zona; tales como la Zapotal y el grupo Ancón (Plano N<sup>o</sup> III-2).

## 3.2. FORMACIONES Y ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

### 3.2.1. Formaciones Geológicas

Tradicionalmente a la Costa Ecuatoriana se la ha dividido, desde el punto de vista geológico, en dos regiones -separadas por la cordillera Chongón-Colonche-.

La región al Norte de la cordillera comprende el Norte del Guayas y las provincias de Manabí y Esmeraldas. Esta región se encuentra conformada por un sustrato rígido compuesto de rocas piroclásticas, lavas básicas y doleritas. Este conjunto volcánico, considerado de edad Jurásico Superior-Cretáceo Inferior, se lo ha denominado Formación Piñón. El conjunto fue cubierto posteriormente por depósitos sedimentarios ocurridos durante las transgresiones realizadas en el Terciario.

Los rasgos estructurales más importantes de la región son, de norte a sur: el anticlinal Río Cube-Río Verde-Ostiones, localizado en la cuenca de Esmeraldas; los montes de Jama, horst importante donde afloran las formaciones Piñón y Cayo; los horst de Manta, Montecristi y Portoviejo, donde aflora la formación Piñón; la cuenca interior de Manabí, cuenca sedimentaria cuyo basamento está constituido por rocas volcánicas de la Formación Piñón; y la Cordillera de Chongón-Colonche, constituida por material volcánico del tipo Piñón. (Gráfico III-A). La región al sur de la cordillera en la que está ubicada la zona del proyecto, comprende geo

gráficamente las provincias del Guayas y El Oro. Es una cuenca que ha recibido gran cantidad de sedimentos produciendo, junto a procesos tectónicos, una gran cantidad de fallas. La región geológica comprende la cuenca Progreso, Santa Elena, la plataforma continental del Golfo de Guayaquil y la cuenca del NO peruano. (Gráfico III-A). A parte de la cordillera, los rasgos estructurales más importantes de esta región son: la Península de Santa Elena, la Falla de La Cruz, la cuenca Progreso, el graben de Jambelí, además, la falla Guayaquil-Babahoyo (o falla Guayaquil, que junto con la Dolores y Romeral son consideradas como una unidad por algunos autores -M. Bellizia y J. Arozena, 1972- y la definen a nivel de límite entre las placas sudamericana y de Nazca (Gráfico III-B). Esta última región -la sur- está conformada estratigráficamente de la siguiente manera:

#### Jurásico Superior - Cretáceo Inferior

La base de la zona costera está constituida por un conjunto de rocas básicas denominado Complejo Piñón, que constituyen los estratos más viejos de la región.

El conjunto es volcánico y ha sido formado por acumulaciones macizas o clásticas de material muy variado. Está constituido por lavas básicas, diabasas, basaltos, masas piroclásticas ácidas e intermedias; porfiritas, porfiritas cuarcíferas toscamente estratificadas con brechas dio

ríticas y conglomerados.

### Cretáceo Superior

La formación Cayo reposa sobre el Complejo Piñón en toda la costa ecuatoriana. Aflora principalmente en el flanco suroeste de la cordillera Chongón-Colonche.

En general, la formación comprende una serie de lutitas silíceas compactas de estratificación delgada y color amarillo claro y de areniscas silíceas, tobáceas y brechosas de color verde oscuro, con interestratificaciones de tobas silíceas duras.

Las capas basales de la formación Cayo se componen de pizarras silíceas, margosas y calcáreas de color entre gris oscuro y negro, que reciben el nombre de Miembro Calentura y reposa sobre el Complejo Piñón.

A este Miembro le suprayace la Formación Cayo propiamente dicha, formada por una alternancia de capas decimétricas de arcillas grises, compactas, arcillas verdes silicificadas y principalmente de estratos potentes de microbrechas y aglomerados de rocas volcánicas pasando a conglomerados.

La parte superior de esta formación está constituida por una secuencia de lutitas tobáceas silicificadas. Recibe el nombre de "Chert de Guayaquil" pues son lutitas chérticas,

delgadas, amarillento-claro, que contienen concreciones calcedónicas, que tienen sus afloramientos típicos en los cerros de Guayaquil, Entre las lutitas silíceas, duras y resquebrajadas, se intercalan capas delgadas de tobas y pizarras arcillosas de color gris y negro.

### Terciario

En la cuenca del Guayas se puede observar la siguiente secuencia de depositación.

#### Paleoceno - Eoceno Inferior

Sobre el Cretácico se depositó una secuencia clástica definida por los geólogos del IEPC como Grupo Azúcar. El Grupo Azúcar comprende las formaciones: Estancia, Chanduy y Engabao. Las rocas de este grupo son los más importantes reservorios de petróleo de la zona peninsular.

Los estratos de la formación Estancia constituyen la unidad basal del Grupo y están constituídas por areniscas interestratificadas, limolitas y lutitas.

Las areniscas contienen granos de cuarzo angulares a redondeados, finos a medios, con algunos granos gruesos; guijarros, de pequeños a grandes, generalmente de cuarzo y cuarcitas. El material cementante es generalmente sílice, pero también hay arcilla y cemento calcáreo. Son de color gris a

gris oscuro cuando la superficie es fresca y ladrillo a café oscuro cuando está intemperizado. El espesor de las areniscas es variable, de unos pocos centímetros a alrededor de seis metros; las limolitas, son mucho más delgadas y raramente exceden los 15 cm. y las lutitas varían de 10 cm. a 45 m. de espesor. El espesor total de la formación no ha podido ser determinado por el fallamiento del terreno, probablemente sea de menos de 1300 a 1500 m., por mediciones en su sección tipo, los cerros de Estancia. Pertenece al Paleoceno con posibles variaciones al Cretácico Superior y al Eoceno Inferior.

Los estratos de la formación Chanduy constituyen la parte media del Grupo Azúcar y consisten principalmente de conglomerados, arenisca y lutita interestratificada.

Los conglomerados son de color gris y están compuestos de cantos redondeados de cuarzo, cuarcita y pedernal. Cantos angulares de areniscas y limolitas forman una menor parte. Los conglomerados son masivos con unas pocas zonas en que se presentan bien estratificados. La matriz consiste de arena y arcilla. Son pobremente seleccionados. El espesor es variable. En su sección tipo, los Cerros de Chanduy, presenta 520 m. Por la posición estratigráfica de los conglomerados, la formación Chanduy está ubicada en el Eoceno Inferior.

Los estratos de la formación Engabao constituyen la parte

superior del Grupo Azúcar y son areniscas suaves y lutitas, con capas de conglomerados cuarcíticos. Las areniscas son de grano grueso y subangulares, masivamente estratificadas y generalmente suaves a moderadamente duras. Son ligeramente calcáreas y presentan concreciones. También presentan fragmentos de rocas angulares. Se encuentra intemperización esferoidal. Presentan impregnaciones de arcilla. En su sección tipo, los cerros de Chanduy, la formación presenta unos 725 m. de espesor. Se la sitúa desde el alto Eoceno Superior al bajo Mioceno Medio.

#### Eoceno Medio

En la parte baja del Eoceno Medio se depositó una facie casi arrecifal en un medio cercano a la playa originando la formación San Eduardo cuya sección tipo está cerca de Guayaquil y ocupa el flanco suroeste de la Cordillera Chongón-Colonche. La formación consiste casi enteramente de calizas, con menor estratificación de lutitas y con finas bandas de chert. Las calizas son de color gris claro a crema, habano, localmente negras. Presenta gran cantidad de radiolarios y algas foraminíferas. Las lutitas son duras, silíceas, poco calcáreas, de color gris azulado. También se encuentran dichas calizas cerca de Salanguillo, denominados calizas Javita y de similares características a las de la formación San Eduardo, en la zona del Guayas. La serie conforma el Grupo Ancón, llamado así por los geólogos

del IEPC. El grupo es dividido en dos formaciones: la Socorro y La Seca.

La formación Socorro pertenece al Eoceno Medio y está conformada por dos miembros: La Santo Tomas y la Clay Pebble Beds. El miembro Santo Tomás tiene en su base una arenisca conglomerática irregular, de color gris claro a medio, pobremente seleccionada, con interestratificaciones locales de guijarros. Contiene un buen porcentaje de cantos rodados de cuarzo.

El miembro Clay Pebble Beds tiene estratos con matriz arcillosa, guijarros arcillosos de variable tamaño, hasta 5 cm. generalmente redondeados a angulares. Constan además, de areniscas, calizas, chert, en cantidades muy pequeñas. También se encuentran estratos de areniscas y lutitas interestratificadas y limolitas. Las areniscas son plomo-habano, grano medio, duras a suaves, con pequeñas cantidades de yeso. Las lutitas son frágiles a subfrágiles de color plomo a negro. Las limolitas son plomas, subangulares, no frágiles. Algunas areniscas limosas están saturadas de petróleo.

#### Eoceno Superior

La Formación Seca del Grupo Ancón es separada en dos miembros: la lutita Seca y la Arenisca Punta Ancón.

El miembro Lutita Seca, que descansa sobre la formación -

Socorro, consiste en su mayor parte de lutitas con pocas interestratificaciones de areniscas y limolitas. Las lutitas son de color variable, verdes, plomas, café negras, rojizas cafés; son duras a mediano duras, frágiles, frecuentemente con yeso. En su parte inferior son limosas y varían a limolitas. En la parte superior la arena aumenta y las gravas son más gruesas.

El miembro Arenisca Punta Ancón, contiene horizontes individuales de arena, generalmente impuras y pobremente clasificadas. Los granos son cuarzos angulares a subredondeados, cuarcitas, fragmentos de chert y micas.

### Oligoceno Inferior

En las márgenes de la cuenca Progreso se depositó una secuencia clástica de sedimentos marinos poco profundos. Estos depósitos se denominaron Formación Zapotal, que consiste de areniscas, conglomerados, limolitas y lutitas. La formación en general, ofrece el aspecto de facies de agua salobreña a semi-salobreña.

Las areniscas son extremadamente variables, de pobremente clasificadas, duras, arcillosas y sin permeabilidad, a bien clasificadas, suaves, frágiles y puras. Litológicamente están compuestas por arenas de cuarzo a grauvacas y localmente es cenizosa.

Los conglomerados están conformados por guijarros subangulares a redondeados y bloques de cuarzo, cuarcita, toba, arenisca y fragmentos de rocas igneas. La matriz es generalmente una arenisca micácea, de grano grueso e impura.

Las limolitas, arcillitas y lutitas son de colores variados, duras, a ligeramente suaves.

La Formación Zapotal varía de la parte alta del Eoceno Superior a la parte inferior del Oligoceno.

Morfológicamente, la formación se presenta en forma de altos barrancos debido a que contienen rocas duras y consistentes que resisten la erosión, contrastando con las formaciones arcillosas de la Seca, que presentan formas ondulantes. Contiene vetillas de yeso, de pequeño grosor, que rellena algunos tramos o se encuentran intercaladas entre estratos.

Nuevos estudios últimamente realizados, junto a la revisión de datos e informes anteriores, señalan reinterpretaciones de la estratigrafía de la región. Así, Azad, Bristow (1975), Cisneros, entre otros, señalan que la formación Zapotal no debe ser considerada como tal, sino como miembro inferior de la formación Tosagua que incluye además los miembros Dos Bocas y Villingota. En lo sucesivo se continuará denominando formación Zapotal, aunque se debe tener presente esta razonada afirmación.

### Oligoceno Medio a Superior

Los sedimentos depositados en un ambiente nerítico, generalmente profundo a poco profundo, durante el Oligoceno Medio a Superior, en la cuenca Progreso, corresponden a la formación Dos Bocas.

Los afloramientos están constituídos por arcillitas, lutitas laminadas, concreciones calcáreas, yeso en venas.

La parte baja de la formación -llamado Miembro Las Cañas- es limosa.

La parte alta es distinta -Miembro Villingota- constituída por una serie de lutitas diatomáceas y arcillitas blancas, cenizas, en estratos delgados y tobáceos.

Descansan sobre la formación Zapotal y su espesor posible ha sido estimado en 500 metros.

### Mioceno Inferior

La facie en que se depositan durante esta época los sedimentos corresponde a la sublitoral con micro fauna, en su mayor parte arenosa y se denomina formación Subibaja.

La parte inferior de la formación -Miembro Saiba- consiste de limolitas masivas, duras, que varían a limolitas arcillosas y a areniscas de grano muy fino.

La parte superior -Miembro Zacachún- consiste de una limolita verduzca-ploma que varía a lutita limosa y a arenosa de grano fino.

### Mioceno Medio y Superior

Los sedimentos más jóvenes del Terciario conforman la Formación Progreso. Está compuesta por areniscas, arcillitas, limolitas y lutitas.

Las areniscas y limolitas son suaves y pobremente cementadas. Las areniscas son de grano medio y limoso. Las arcillitas y lutitas son plomo-verduzcas, limosas y suaves. Son frecuentemente bentoníticas. Son comunes las concreciones alargadas de limolitas.

### Plio-Cuaternario

En Guayas y Manabí afloran terrazas marinas horizontales a las que se las ha denominado formación Tablazo. Está conformada dicha formación por areniscas calcáreas, finos conglomerados con abundantes megafósiles marinos y ocasionalmente caliza bien cementada.

Es un depósito pleistocénico que cubre extensas áreas - principalmente de la Península de Santa Elena, desarrollándose especialmente en el área de Engunga-Engabao y Chanduy-San Rafael-Juan Montalvo.

La formación fue depositada sobre una superficie de erosión que truncó formaciones anteriores como las lutitas de La Seca y la Formación Socorro. Esta superficie de erosión presenta irregularidades dando como resultado que el espesor de la Tablazo sufra variaciones.

Los estratos de esta formación se han originado por un levantamiento del fondo marino, dando formas horizontales, siendo la más alta la más antigua.

Los depósitos más recientes -en formación- son los depósitos aluviales que están bien desarrollados en prácticamente todos los ríos de la Península y regiones aledañas. La información obtenida de pozos excavados manualmente indican que el espesor de los depósitos aluviales está usualmente entre 3 y 6 metros y conformada por grava gruesa y cantos rodados interestratificados con capas de arenas finas, limos. Es notoria la presencia de chert en muchos ríos de la Península, originada de la formación Guayaquil Chert y presente en la Cordillera Chongón-Colonche.

### 3.2.2. Estructuras Geológicas

Los elementos estructurales más destacados de la región son: la cuenca Progreso, la Península de Santa Elena, la Falla La Cruz y el arco montañoso de Chongón-Colonche, que es la estructura más alta. (Gráfico III-A).

La Cuenca Progreso ha recibido sedimentos marinos, te-

rrestres y transicionales desde el Eoceno Superior al Mioceno Medio. Está limitada al sur por la falla La Cruz y al norte por la cordillera Chongón-Colonche. La falla La Cruz es uno de los mayores componentes estructurales del lado Oeste de la cuenca Progreso. La rama mayor de esta zona de fractura, es la falla que lleva el Grupo Azúcar a la superficie. A la falla la Cruz se la ha considerado que fue activa durante la sedimentación de la cuenca Progreso; pero, actualmente se la considera como falla pasiva.

Sobre la plataforma continental de Santa Elena, se ha referido Marchant (1958) como a una estructura alta durante el desarrollo de la cuenca Progreso. Indica que el plegamiento de capas no tiene mayor potencia aunque hay indicaciones de estructuras sinclinales. Los caracteres estructurales dominantes en el área son las fallas, las cuales tienden a orientarse en direcciones N-S, NO, SE, y NE-SO. Las fallas N-S ocurren preferentemente a lo largo del Río Azúcar y de la zona Bangoa-Aguadita. Las fallas NO-SE principales son las de los sistemas Ballenita-Chanduy y La Cruz. Las fallas NE-SO son más jóvenes que las anteriores y generalmente las desplazan.

### 3.3. COLUMNA ESTRATIGRAFICA

La elaboración de la presente Columna Estratigráfica está basada en la información de que se dispone al respecto.

Representa las formaciones geológicas enmarcadas en el

área del proyecto e incluye las demás formaciones presentes en la región sur de la cordillera Chongón-Colonche, con el fin de enmarcar y relacionar las formaciones presentes en el sitio de presa con las del resto de la región.

Se ha considerado una distribución estratigráfica convencional, es decir, distribuida regularmente a través del tiempo geológico. Esto no es completamente aplicable a toda la región, puesto que la regularidad de la deposición en la Península de Santa Elena se ha visto afectado por deslizamientos a nivel regional, que es lo que ha llevado a Azad (1968), Cisneros (1976) a definir esta zona como un Complejo Olistostrómico, en el que ya no se puede definir los ciclos de sedimentación tradicionales y son reemplazados por otros como Olistolitos, Slides, Olistotromos, etc. (Gráfico III-c).

#### 3.4. GEOHIDROLOGIA

Los drenajes correspondientes a la cuenca del proyecto tiene sus nacimientos en las laderas de la cordillera Chongón-Colonche. Dichos drenajes conforman una cuenca de cuarto orden geomorfológico y su textura es dendrítica. Esta textura es más acentuada cuando los ríos atraviesan la formación Cayo.

Las características geológicas del área muestran que es bastante improbable encontrar acuíferos someros y menos aún

profundos de importancia. Refiriéndonos al área específica de estudio, podemos afirmar que tanto en el área de presa, como aguas abajo, afloran formaciones con una litología en la cual predominan las lutitas, tal es el caso de las formaciones del grupo Ancón y la formación Cayo. En el caso de la formación Zapotal presente principalmente en el sitio de cierre de presa y en otras áreas del vaso, tampoco se podría pensar en importantes acumulaciones de agua, puesto que en los afloramientos presentes, la litología corresponde a sedimentos gruesos tales como areniscas y conglomerados presentes en potencias no excedentes de los 5 m. pese a que se muestran con alternancias de estratos lutíticos.

Los depósitos subsuperficiales de agua en el río Salanguillo pueden ser encontrados hasta una profundidad promedio de 5 m., lo cual es posible debido a la existencia de un espesor igual de sedimentos aluviales predominantemente de grano grueso a medio. Sin embargo, la pendiente del río no favorece la acumulación de tales sedimentos, puesto que son fácilmente arrastrados por la corriente.

Las acumulaciones de agua, más importantes se encuentran más bien a dos o tres kilómetros aguas abajo del sitio de cierre de la presa. Esta circunstancia es favorecida por que el río adquiere una menor pendiente y su valle se hace más ancho.

Para las obras que deberán ejecutarse en la etapa de construcción, el agua necesaria podrá obtenerse en el cauce del río, puesto que los estudios hidrológicos aseguran la existencia de un flujo prácticamente permanente durante todo el año, flujo que se transforma en grandes avenidas en época de lluvias, en el invierno, de Enero a Abril.

Aunque las lluvias estén ausentes, el río tiene flujo mínimo el cual es intermitente durante todo el verano, no siendo común dicho fenómeno en la mayoría de los ríos de la península. Se observa a lo largo del río, que el cauce desaparece, fenómeno que es debido a la existencia de considerables bolsones de grava y arena, principalmente en los sitios en los cuales el río presenta curvas meándricas.

Regionalmente, se observa la existencia de mantos acuíferos que permiten a algunas localidades peninsulares abastecerse de agua para el consumo humano. Estos acuíferos se producen principalmente donde las condiciones litológicas permitan una acumulación de aguas. Así, formaciones que presenten areniscas y también donde se presenta la formación Tablazo.

### 3.5. GEOLOGIA HISTORICA

Un corte a Sudamérica a la altura del Ecuador en dirección E-O, en tiempos cretácicos, haría visible la presencia del

cratón guyanés al Este, emergente y progresivamente inclinado en dirección hacia el Oeste. En lo que hoy es la región costera, se presentaría una fase geosinclinal dominada por una actividad extremadamente alta de volcanismo submarino. Emisiones de lavas y rocas porfiríticas o diabásicas ocuparon la región señalada y finalmente constituyeron lo que se denomina "zócalo" o basamente muy duro, conocido generalmente con el nombre de formación Piñón. Esta actividad ocurre más definidamente en el Cretáceo Inferior. Posteriormente, y desde el Cenomaniense hasta el Maestrichtiense, se produce la depositación de la formación Cayo, formada a partir de la erosión del material anterior, originando una formación volcano-sedimentaria y asociada, además, a coladas de composición básica a media. Esta depositación, hacia el Maestrichtiense Daniense, se vuelve silíceas, originando lo que se denomina formación Guayaquil Chert.

#### Paleoceno - Eoceno Inferior

El mar que había invadido, en el Albiense, la totalidad del país hasta donde hoy es el Oriente, empieza a retirarse y los sedimentos que continuaron acumulándose en las zonas emergidas fueron casi todas continentales. En el Litoral también tiene lugar el retroceso del mar y en la cuenca de Guayaquil comienzan a depositarse sedimentos detríticos provenientes de la erosión de masas ele-

vadas continentales del Sur y del Sureste, es decir de la cadena montañosa de Amotape, la cual es paleozoica y metamórfica, razón por la que los detritos son principalmente cuarzosos. La formación clástica así constituida es el Grupo Azúcar.

### Eoceno Medio y Superior

El mar inicia nuevamente su invasión en áreas litorales - que ya habían iniciado su proceso de continentalización. Producto de esta transgresión marina, se depositan a lo largo de la costa ecuatoriana calizas de tipo arrecifal - que dieron origen a las formaciones San Eduardo y Javita, principalmente en el borde occidental y sur de la cuenca de Daule. En esta época hay que considerar también un hecho relevante. Es el inicio de la elevación de la cordillera Chongón-Colonche, cuya subsiguiente erosión produce nuevos sedimentos detríticos, llamados sedimentos del Grupo Ancón. Debido al origen de su material, los sedimentos que conforman la litología del grupo Ancón son menos cuarzosos y más bien tienen predominancia de materiales gruesos provenientes de las formaciones volcano-sedimentarias integrantes de la cordillera Chongón-Colonche.

La cordillera Oriental que había emergido durante el Paleoceno, también va a dar origen a movimientos tectónicos en la región costera. Producto de esta orogenia, una pro-

funda fosa -o talud- se evidenció en la región localizada al oeste de los Andes. Para el fin del Eoceno Superior e inicios del Oligoceno, movimientos orogénicos causaron sucesivos deslizamientos que rellenaron la fosa. Favoreció al deslizamiento la diferencia de elevación existente entre la fosa y los arcos montañosos los cuales estaban en ascenso. Estos deslizamientos dieron origen a lo que se ha denominado Complejo Olistostrómico; Rocas alóctonas provenientes de diferentes ambientes sedimentarios como los clásticos del Grupo Azúcar, las transicionales de las Areniscas y Punta Ancón, la nerítica de la Seca Clay y las abisales de las turbiditas Socorro.

#### Oligoceno - Mioceno Inferior

De los estudios realizados, se infiere que la datación del fenómeno olistostrómico corresponde a finales del Eoceno Superior e inicios del Oligoceno. Durante este último período, el mar continuó presente en el área costera y se produjeron nuevas depositaciones, esta vez lutíticas, tales como La Tosagua y Viche, en las provincias de Manabí y Esmeraldas; Dos Bocas en la cuenca de Guayaquil.

La emersión de la Península de Santa Elena, por acción de la falla La Cruz, limita por el SO la cuenca de Progreso, la misma que comienza a recibir sedimentos detríticos que provienen de sus límites, que son más elevados.

La acumulación de tales sedimentos origina la formación Zapotal.

A fines del Oligoceno, en la cuenca de Manabí, se depositan las lutitas laminadas de la formación Tosagua.

#### Mioceno Superior - Plioceno

La acumulación de sedimentos en la cuenca de Progreso se realizó a través de dos ciclos. El primero, que abarcó el Mioceno Medio, en que se depositaron la ya mencionada Formación Zapotal, las lutitas neríticas o batiales Dos Bocas y Villingota y las lutitas litorales o neríticas de la Formación Progreso.

Se produce en el transcurso del Mioceno Medio al Superior y probablemente el Plioceno Inferior, una fase orogénica que motivó el levantamiento definitivo de la cordillera Chongón-Colonche. También, y talvez producto de esta orogénica, el mar inicia una etapa de regresión, ocasionando que la cuenca de Progreso acumule sedimentos de facies regresivas correspondientes a la formación Progreso y constituyendo un segundo ciclo de depositación de sedimentos en la cuenca.

#### Pleistoceno - Reciente

En esta etapa se produce el definitivo alzamiento de la cordillera Occidental, levantamiento que se había ini-

ciado en el Mioceno Superior. Efecto de esta orogenia Andina, es la emersión de fajas del fondo marino, dando como resultado la formación Tablazo. Esto ocurre en el Pleistoceno.

Los depósitos más recientes son los aluviales que se originan por el aporte detrítico de los ríos.

Agentes atmosféricos, principalmente, afectan a las rocas, meteorizándolas, para luego, por acción de las lluvias remover y transportar los detritos acumulándoles en las cuencas de drenaje y formando así los depósitos aluviales.

### 3.6. GEOLOGIA ECONOMICA

En el área en estudio no se han encontrado yacimientos minerales de importancia. Las características geológicas imperantes en ese medio sedimentario no presentan condiciones favorables para acumulaciones atractivas de minerales explotables. El caso más generalizado es el de encontrar yeso ( $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) que se encuentra presente, sobre todo, en las formaciones geológicas del Grupo Ancón, esto es, en las formaciones Seca y Socorro. Los habitantes de la región han venido tradicionalmente explotando ese sulfato con fines comerciales. Preferentemente se encuentra presente en forma de vetillas las cuales rellenan diaclasas o los planos de contacto entre estratos y estratos. Se han notado, especialmente, importantes vetillas de ese mineral sobre

estratos lutíticos, dada la condición de contención de las disoluciones en función de la baja permeabilidad de dichos estratos lutíticos.

En la actualidad, dado los métodos rudimentarios que se emplean en la explotación de ese mineral, su explotación no produce utilidades económicas importantes y sólo puede ser practicado, como hasta hoy, en forma manual.

Yacimientos de calizas, de carácter arrecifal, afloran en áreas relativamente pequeñas de la cabecera de la cuenca. Podrían ser explotadas en el transcurso de las próximas décadas en función de las demandas del futuro. En lo referente a los materiales de construcción, la lutita silíceas y el chert de la formación Cayo, por sus características litológicas, puede constituirse en la gran proveedora de canteras de la región. De ella se pueden obtener agregados gruesos, medios y finos. También, aunque en menor grado y de acuerdo a las necesidades, puede ser útil la arenisca de la formación Tablazo para el mismo fin.

Otros materiales de construcción, tales como gravas y arenas pueden ser encontrados siguiendo el cauce de los ríos, -el de Salanguillo, en particular-. Igualmente las arcillas, a ser usadas como núcleo de la Presa, se han desarrollado a partir de las formaciones Cayo y Zapotal.

El agua como elemento para el consumo humano y para la

agricultura, y para las obras de ingeniería, se lo puede encontrar en los ríos en forma subsuperficial, en alguna cantidad.

Relativa a la región peninsular en general, son ampliamente conocidas sus acumulaciones petrolíferas cuya explotación se ha venido realizando desde mucho tiempo atrás.

## CAPITULO 4

### GEOLOGIA LOCAL

#### 4.1. FORMACIONES GEOLOGICAS

El área correspondiente al vaso de la presa se la considera de notable importancia desde el punto de vista geológico y mecánico, por cuanto es esa área la que va a ser inundada.

Las formaciones existentes en dicha superficie, desde la más antigua, son las siguientes (plano N<sup>o</sup> IV-1):

##### Formación Cayo

Corresponde al Cretácico Superior y es una formación volcano-sedimentaria. En el área mencionada ocupa preferentemente la región NE. Se presenta en forma de estratos gruesos y masivos y está conformada litológicamente por lutitas, lutitas silicificadas con intercalaciones de arcillas y por chert.

Las lutitas presentan una coloración de habano a oliva, gris verdosa, café y plomo. Se las encuentra en estratos compactos de aproximadamente 50 cm. de espesor, localmente pueden tener hasta 1 m. se encuentran sus capas interestratificadas con arcillas en finas capas.

En general se presentan bastante fracturadas y alteradas por meteorización. Su buzamiento general es hacia el sur y su

rumbo preferente hacia el NO. Se observan plegamientos locales en algunos estratos, esto es más notorio en lugares donde las lutitas han sufrido un proceso de silicificación que ha causado cambios tanto en sus características texturales cuanto en las propiedades mecánicas.

Las lutitas silicificadas, de mayor dureza que las anteriormente mencionadas, se presentan preferentemente en el río Azul. Tienen colores más claros que los anteriores, amarillo verde-gris verdoso y café, y presentan como característica peculiar su plegamiento. Se observan entre las capas rellenos de carbonatos junto a las lutitas silicificadas se encuentran chert, en coloración oscura, desde azul a casi negro. Son de gran dureza y de variable espesor.

#### Calizas Javita

Según la DGGM estas calizas están relacionadas con las conocidas calizas arrecifales de la formación San Eduardo, correspondientes al Eoceno medio. En el área del vaso estas calizas están presentes en forma de pequeños afloramientos en lugares distintos.

Se presentan en forma más bien masiva. Son de coloración blanco-amarillenta. Se observan fósiles en láminas delgadas, indicativo de su origen marino. También se observa clastos de rocas ajenas, como sílice.

En el río Azul, las calizas se encuentran suprayaciendo a la F. Cayo y han sido afectadas por la acción de los agentes de degradación.

### Grupo Ancón

Ubicado en el Eoceno Medio al Superior. Su presencia se observa en algunos puntos de las márgenes del río Salanguillo. Se encuentra un contacto con la formación Cayo en el punto de confluencia de los dos afluentes principales del Salanguillo. Su litología en ese punto no puede ser diferenciado si pertenece a la F. Seca o a la F. Socorro, debido a la ausencia de caracteres que permitan su diferenciación. Está conformada por Lutitas de colores gris blanquecinos, muy meteorizadas se presentan en forma masiva y tienen una moderada fisibilidad. La morfología de los afloramientos de las lutitas es redondeada debido a la meteorización. Se le encuentra interestratificada con finas capas de arcilla, color amarillo-café. Se manifiestan soluciones carbonatadas en las fisuras de las lutitas.

La orientación general de los estratos es N 85°0/27°S. También se observa esta formación en contacto con la F. Zapotal en el Río Azul; se presenta en forma de lutitas en capas decimétricas interestratificadas con limolitas finas, las lutitas son gris-amarillentas y las limolitas café-oscuras.

## Formación Zapotal

Del Oligoceno Inferior. Cubre áreas amplias en el vaso, tanto en las márgenes de los afluentes cuanto en la sección correspondiente al área de presa.

En las márgenes del Río Azul, se presentan en forma compacta estructurando taludes casi verticales muy estables, no se observan derrubios apreciables en sus bases. El espesor de dichos afloramientos es grande y está conformado por areniscas de granos medios gruesos, de color plumáceo cambiando a amarillento por efecto de oxidación, dando una textura general de alternancia en sus colores. Superpuestos se encuentran conglomerados muy compactos, y en los que también se observa los colores en bandas. Estos estratos se encuentran en contacto discordante con la F. Cayo.

La mayor área ocupada por esta formación se encuentra en la zona correspondiente al cierre de la presa. Se muestra allí en forma de areniscas horizontales o casi horizontales, de grano fino, color amarillo oxidado, café e intercalada limolitas color plomo. Se aprecian también finas capas de yeso.

Se observan areniscas conglomeráticas superpuestas a las areniscas y también conglomerados.

En el Río Seco en su margen izquierda aguas abajo, se observa entre los estratos de areniscas de grano grueso, fósiles

nacarados fracturados.

### Depósito Aluvial

Son depósitos acumulados en épocas geológicas recientes, específicamente cuaternarias. Son el producto de la acumulación de clastos finos y gruesos en el río a efecto de las lluvias invernales y las crecidas fuertes que tienen los ríos en esas épocas. Los depósitos han dado lugar a pequeñas terrazas y han formado un ancho cauce del río.

## 4.2. ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

Se pueden observar evidencias de fallas en dos sitios próximos a la zona de cierre de la presa. (Plano N° IV-1).

Una, situada aguas arriba del posible sitio de cierre, a unos 400 m., aproximadamente, en que se observa discontinuidad de estratos y zonas removidas, presentando diferente litología. Tiene una orientación N 10°0, aproximadamente.

La otra, aguas abajo, a unos 500 m. del sitio de cierre - presenta estratos invertidos en su orientación, además de material muy fracturado, lo que ha permitido la formación de una quebrada. Tiene una orientación N 35°0. Las dos fallas coinciden, en su orientación, con la tectónica general de la región que corresponde a fallas NO-SE, forma-

das por acción de las elevaciones de la Cordillera Chongón-Colonche.

La formación Cayo presenta plegamientos locales en los sitios de litificación de las lutitas (517-852). La orientación general de sus estratos es NO y su inclinación es hacia el Sur.

La formación Zapotal, ubicada en el sitio de cierre, presenta estratificación horizontal en la base del río, afectadas localmente por movimientos debido al peso de los se dimentos depositados en la parte superior y que corresponden a estratos de la misma formación, constituidos principalmente por estratos de arenisca de grano medio a grueso y a areniscas conglomeráticas que cambian a conglomerados.

En general, la formación Zapotal presenta taludes altos, bastante empinados pero estables, lo que se comprueba por la presencia de poco material depositado al pie de tales taludes.

#### 4.3. CORTES

Se efectuaron dos cortes al vaso de la presa. El corte A.A' de dirección N-S. (Plano N<sup>a</sup> 4-7), y el corte B.B', de dirección E-O. (Plano N<sup>a</sup> V-8). Dichos cortes se refieren al plano N<sup>a</sup> IV-1.

## CAPITULO 5

### GEOLOGIA Y GEOTECNIA DEL AREA DE PRESA

#### 5.1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El INERHI lleva adelante el proyecto Guangala que comprende las presas San Vicente y Salanguillo.

El proyecto de la Presa Salanguillo consiste en embalsar las aguas del río Salanguillo mediante una presa de enrocado y núcleo impermeable de 53 m. de altura y vertedor aparte.

El área de la cuenca de drenaje del río Nuevo hasta el sitio de presa es de 92,50 Km<sup>2</sup> y está ubicado en las estribaciones noroccidentales de la Cordillera Chongón-Colonche. La capacidad del embalse será de 49,5 millones de m<sup>3</sup> aproximadamente, que servirán para el consumo humano de cinco poblaciones vecinas y para el riego preliminar de 500 Has. situadas aguas abajo de la presa.

Los diversos elementos de que consta el proyecto son:

##### 5.1.1. Presa

El diseño preliminar consiste en una presa de enrocado con núcleo impermeable de arcilla compactada y filtros de arena y grava clasificada.

La presa tiene las siguientes dimensiones (aproximada):

Cota de la corona:	110 m.
Longitud de la presa:	375 m.
Altura de la cortina en la presa:	53,22 m.
Cota del fondo del río:	56,78 m.
Ancho de la corona:	10 m.
Ancho de las bermas:	5 m.
Ancho de la base de la trinchera en el río:	28,20 m.
Talud del terraplén aguas arriba:	2:1
Talud del terraplén aguas abajo:	1,75:1
Talud del núcleo de arcilla:	1:5

#### 5.1.2. Vertedor

Para el proyecto del vertedor se han tomado en cuenta los siguientes datos hidrológicos:

Precipitación media anual:	611,70 mm.
Lluvia máxima en 24 horas para la cuenca en 500 años:	241,40 mm.
Avenida probable máxima para la cuenca en $T_R = 500$ años:	714 m <sup>3</sup> /seg.
Escorrentía media anual:	13,162 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

El diseño se realizó en base a la máxima avenida para un período de retorno de 500 años con el cual se obtuvo el tránsito de la avenida:  $Q = 376 \text{ m}^3/\text{seg.}$

El vertedor es independiente de la presa, tiene una longi-

tud de 30 m. en la cresta, está conformado por aristas redondeadas cuyo perfil es del tipo Creager Deprimido, siendo su estructura de hormigón armado. Está ubicado en la margen izquierda. La cota de la cresta del vertedor está en la 104, la altura del vertedor es de 3,30 m. y el caudal regulado es de  $376 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

#### 5.1.3. Canal de descarga

El canal de descarga tiene por función conducir el agua que sale del vertedor al cauce normal del río. Su sección es rectangular. El ancho en la parte superior del canal es de 30 m. y en la parte inferior, de 10 m. El ángulo de transición es de  $12,50^\circ$  y el eje del canal es recto.

El canal termina en un tanque amortiguador donde se disipa la energía. Dicho tanque tendrá una longitud de 27,45 m., la altura del muro será de 8,97 m.

#### 5.1.4. Obra de Toma

El diseño preliminar considera la construcción de un túnel de sección circular como obra de toma. Está ubicado en el empotramiento izquierdo de la presa, sobre la cota 70 que es la cota máxima de azolves y tendrá una pendiente mínima del 1%. La longitud del túnel es de 270 m. La cota de salida es la 69,73 aguas abajo de la presa. El túnel será revestido de hormigón para evitar filtraciones y derrumbes.

Este túnel va a servir para derivar el río en la construcción de la presa.

## 5.2. PROSPECCION GEOFISICA

### 5.2.1. Introducción

La geología y geotecnia del sitio específico de una presa es uno de los estudios que mayor trascendencia tienen en el diseño y posterior construcción de la misma.

Para la selección del sitio de cierre de una presa debe tenerse en cuenta algunos parámetros: litológicos, estructurales, geomorfológicos, topográficos. Cada uno de ellos debe ser minuciosamente estudiado para la selección definitiva del sitio de cierre.

Teniendo en cuenta la topografía y la geomorfología, se observa en la cuenca de drenaje del río Salanguillo, una zona -de unos 500 metros- en que existe un estrechamiento del valle del río, que favorece el embalse de sus aguas. Dicho estrechamiento se encuentra previo al paso del valle a su estado de madurez; así mismo, aguas arriba de la zona escogida no es conveniente una ubicación del cierre, tanto por la mayor longitud que tendría cuanto, y principalmente, por la disminución del volumen de agua que puede almacenar el vaso. Se han considerado -preliminariamente- dos ejes de posibles cierres. La investigación geofí-

sica se ha desarrollado en ambos cierres con perfiles transversales para observar las características de la zona en su conjunto.

#### 5.2.2. Método Empleado y Resultados

La prospección geofísica realizada para el proyecto de Presa Salanguillo fue llevada a cabo siguiendo el criterio de cubrir un área relativamente amplia para determinar las características geológicas y geotécnicas del área de cierre. Para estos trabajos fue empleado el aparato "Trio Seismic" de propiedad del INERHI, el cual es un equipo de sísmica de refracción de doce canales, con los impulsos elásticos accionados por el disparo de cargas de dinamita.

La sísmica es muy útil para estudios de tipo geotécnico ya que los valores que se obtienen en una prospección de ese tipo nos dan una idea aproximada de algunas propiedades de rocas que son necesarios, tales como porosidad, constantes elásticas de las rocas, grado de humedad, entre otras, a pesar de que con tales datos no se puede definir el tipo de roca del que se trate. En este caso, el "Trio Seismic" toma las velocidades de propagación de las ondas longitudinales en los diferentes terrenos.

La profundidad de investigación a la que se llegó fue como promedio de 60 m.

Las líneas geofísicas—denominadas también perfiles geofísicos— fueron trazados en sentido longitudinal (los perfiles más largos) y en sentido transversal (los más cortos) al eje de la presa. (Plano N<sup>o</sup> V-1).

Al producirse las explosiones las ondas sísmicas son registradas por el aparato, en el cual se marca el tiempo de llegada de cada onda y puesto que las distancias son conocidas, se determina las velocidades sísmicas. Se trazan, con estos datos, las curvas dromocrónicas respectivas para establecer rangos de velocidad ocurrentes entre los diferentes materiales.

Mediante estas pruebas se pudieron determinar tres capas bien diferenciadas: la una, la capa aluvial; la otra, en general, roca alterada; y la última, roca sana.

Al trabajo geofísico de campo le precedió la interpretación de los datos en la oficina.

Se realizaron un total de 2000 m. de perfiles ubicados en dos franjas de estudio, consideradas cada una en base a características topográficas y geomorfológicas como posibles sitios de cierre. (Plano N<sup>o</sup> V-2).

### 5.2.3. Interpretación

En la franja señalada como cierra A se han efectuado tres perfiles: uno longitudinal, de 540 m. de longitud; y, dos

transversales, de 210 m. de extensión cada uno. Los perfiles transversales están ubicados en el talud izquierdo. Por observación de las curvas obtenidas en dichos perfiles se obtienen las siguientes velocidades: (Plano N<sup>o</sup> V-3).

Dos cubiertas de lenta velocidad, la una de 300 a 420 m/s y la otra de 770 a 900 m/s, que indica la presencia de: un material suelto, suelo, capas limo-arenosas, arena, gravas, la una; mientras que la otra, corresponde probablemente a materiales que presentan un aumento en su cohesión, este material tiene un espesor total de 15 a 20 m.

Una segunda capa cuya velocidad varía entre 1320 y 1800 m/s representa a materiales más o menos compactos, pero fracturados y alterados. Subyaciendo a esta capa se encuentra otra que representan a un material más fresco, pudiéndose tratar de lutitas más frescas o areniscas de grano grueso correspondientes a las velocidades de 2000 a 2200 m/s.

Es de anotar que existe una variación en la columna descrita entre el lado derecho y el lado izquierdo. En el empotramiento derecho desaparece la capa intermedia de velocidades entre 1320 y 1800 m/s.

Los perfiles transversales que se trazaron en esta franja, dan la misma sucesión anotada en la longitudinal y han servido para considerar la homogeneidad de tales características en el área de estudio.

En la franja que corresponde al cierre B se efectuaron los siguientes perfiles: uno longitudinal, de 430 m. de extensión; y tres transversales de 210 m. de longitud cada uno, y se obtuvieron los siguientes datos (Plano N<sup>o</sup> V-4).

Una capa de velocidad lenta, 300 a 350 m/s, que corresponde a la cubierta vegetal.

Se continúa luego con una segunda capa de velocidades comprendidas entre 560 y 950 m/s, conformada por materiales que presentan alguna compactación.

La tercera capa, de 1300 a 1700 m/s, se la ubica en la margen izquierda del río formada por dos lentes y que corresponde a areniscas, lutitas y conglomerados poco cementados, o alterados.

La última capa, de 1840 a 2200 m/s, trata ya de materiales más consistentes, pudiendo ser areniscas o lutitas frescas.

Como en la franja A, en la B los perfiles transversales permiten la misma identificación de estratos que el perfil longitudinal. Es de anotar que las dromocrónicas (Planos N<sup>o</sup> V-3, V-4) indican que en el sitio de cierre A y en el B no existen estructuras geológicas como fallas, grandes fracturas abiertas, diaclasas altamente desfavorables u otras que afecten a su unidad.

El conjunto de las velocidades sísmicas muestran que el sitio de cierre preseleccionado está ubicado en un terreno homogéneamente distribuido, de donde se puede deducir que el módulo elástico o dinámico es aproximadamente constante. El módulo dinámico no fue determinado para el presente estudio, por su naturaleza, de prefactibilidad; sin embargo, su importancia radica en que tiene ciertas relaciones -a veces locales- con el módulo estático o módulo de deformación de las rocas, el cual es un parámetro imprescindible para analizar el comportamiento de la fundación de la presa respecto a la estructura misma.

### 5.3. PROSPECCION MECANICA

Mediante los estudios iniciales de topografía, geología superficial y prospección geofísica, se preseleccionó el sitio de cierre en la presa, en el cual se realizó la prospección mecánica respectiva consistente en apertura de calicatas. Dichas labores tienen como objeto investigar en forma directa, las características de la capa de suelo y de los estratos de rocas superficiales.

Las calicatas fueron realizadas a lo largo del eje de presa, siendo en total siete: dos en el empotramiento de recho y cinco en el izquierdo.

Para un mejor conocimiento de la geología y geotecnia del área, se efectuaron dos perforaciones en el estribo iz-

quierdo. (Plano N<sup>o</sup> V-1).

Las calicatas del empotramiento derecho (Plano N<sup>o</sup> V-5), - muestran una estratificación definida, con alternancia de areniscas y lutitas; su buzamiento es hacia el SE, hacia el vaso, lo que favorece la impermeabilidad del vaso.

Las calicatas del empotramiento izquierdo (Plano N<sup>o</sup> V-5) muestran una predominancia de depositación masiva. Se observa preferentemente la presencia de material conglomerático, con clastos redondeados, subredondeados y subangulares de lutitas principalmente encerrados en una matriz más fina limo-arenosa y a veces arcillosa. Sus características mecánicas varían al considerar que el material es posiblemente transportado, por remoción de masa o por meteorización, de las partes más altas. En general, se presenta compacto, masivo y resistente. Sin embargo, su permeabilidad varía de  $10^{-3}$  cm/seg a  $10^{-5}$  cm/seg., según las pruebas realizadas. Corresponden a capas de conglomerados principalmente, con areniscas y lutitas. A 21 m. de profundidad los valores obtenidos son del orden de  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  cm/seg. Debido a las características físicas que presentan estas rocas, las pruebas realizadas se circunscribieron a ensayos de tipo Lefranc.

#### 5.4. GEOLOGIA DEL AREA DE PRESA

Los estudios geológicos del área de la presa se circunscriben a la zona indicada como sitio de cierre y elegida

de acuerdo a las características topográficas y geomorfológicas.

La información obtenida por la prospección geofísica, por las calicatas realizadas en el sitio -siete- y por las perforaciones -dos-, a más del estudio geológico superficial, permite definir que existe una sólo formación en dicha zona, y es la formación Zapotal, miembro Zapotal según R. Bristow ("On the age of the Zapotal Sands of Southwest Ecuador", 1975).

La litología que presenta en la zona dicha formación es la siguiente: areniscas, lutitas y microconglomerados a conglomerados.

Existen diferencias litológicas entre el talud izquierdo y el derecho. En el derecho se observa una disposición natural de la formación, presentándose lutitas y areniscas interestratificadas, como lo muestra la calicata CS-7, ubicada en la cota 113,56 m. La arenisca se presenta meteorizada, de color amarillo claro a rojizo, grano medio a grueso; su dureza es baja, presenta pequeñas fracturas y su orientación es  $N 48^{\circ} 0/23^{\circ} NE$ . Las lutitas son de color gris-café a verdosas, son masivas y compactas. El espesor de las areniscas es variable, de 10 a 80 cm. y el de las lutitas es de 10 a 30 cm. En la calicata CS-6 localizada en la cota 95,96 m., se presenta la misma disposición, aunque la capa alterada es más amplia (4 m.). La orientación de los estr

tos de lutitas y areniscas es N 58° 0/12° NE.

En el talud izquierdo se presenta un material conglomerático, masivo, medianamente compactado. Los clastos son lutíticos en su mayor parte, de formas redondeadas, subredondeadas y subangulares. La matriz que encierra los clastos es limo-arenosa a arcillosa. Los clastos son blanco amarillentos y la matriz amarillo claro con variaciones pardas a rojizas.

No se observa en las calicatas realizadas en este talud estratificación definida, más bien aparenta una gruesa capa de materiales, por lo que pudiera tratarse de materiales removidos. La prospección geofísica indica que en esta zona existe una mayor capa de meteorización y la roca sana se encuentra a una profundidad de entre los 25 y 50 m. profundidad mayor que en el talud derecho.

Son notorios algunos afloramientos en el río, de areniscas duras y bien cementadas, de granos medios afinos, color amarillo oscuro y espesores mayores que un metro. También se pueden encontrar microconglomerados fuertemente cementados, con clastos pequeños.

#### 5.5. EFECTOS DE LA VARIACION LITOLOGICA EN LA FUNDACION DE LA PRESA.

La variación litológica que presenta la formación Zapotal en el área de presa va a influir en el futuro diseño y -

construcción de la presa.

En el área de fundación se pueden considerar tres zonas que presentan características propias que deben ser consideradas: los empotramientos -izquierdo y derecho- y el cauce del río.

El empotramiento derecho muestra la presencia definida de estratos de lutita y areniscas con orientación N 20° 0/11° NE y de espesores entre 5 y 15 cm. Morfológicamente sus taludes son estables y presenta según el análisis litosísmico, una capa superficial meteorizada de escaso espesor, le subyacen los estratos rocosos antes mencionados, fracturados, afectados aún por la meteorización. Esta zona - junto a la anterior presenta un espesor aproximado de 10 m. Su dureza no es elevada, por lo tanto son fácilmente removibles; finalmente -a una profundidad de unos 20 a 35 m.- se encuentran los estratos sanos de lutitas y areniscas. Las lutitas son impermeables y las areniscas, de grano fino y con capas de pequeño espesor no van a significar mayores filtraciones, sin embargo será menester considerar esta característica.

El empotramiento izquierdo presenta variaciones litológicas con respecto al derecho. Estas variaciones son propias de la formación Zapotal. La geología superficial muestra un conglomerado no muy cementado con intercalaciones de arcilla bastante alterada. No presenta estratificación

definida más bien es masiva.

En este empotramiento se presenta, a más de las divisiones litosísmicas que se encuentra en el empotramiento derecho, un nuevo rango de transmisión de velocidad que hay que considerar por cuanto aumenta la profundidad a la que se encuentra la roca sana y por tanto la fundación de la presa.

Las permeabilidades van a ser altas en la superficie, siendo de medianas a altas entre los 5 y 20 m. de profundidad, presentándose una baja permeabilidad a profundidades mayores. Las características enunciadas permiten discernir que el estudio de este empotramiento debe ser minuciosamente - realizado en etapas previas al diseño para conocer parámetros tales como la secuencia estratigráfica y su ubicación espacial, a más de las características físicas que van a presentar estos estratos. Por el momento no se observan efectos tectónicos, tales como grandes diaclasas o fallas, que imposibiliten la construcción de la presa.

La tercera zona a considerar es la del cauce del río. En el área de presa presenta un cauce estrecho, de 60 a 70 m. de ancho. El espesor de los aluviales tiene un máximo de 8 m. y subyaciendo se encuentran estratos de roca sana, con una alta transmisión de velocidades de onda sísmica. Tales circunstancias son altamente favorables para la fundación de la presa.

## 5.6. ESTABILIDAD DE TALUDES

El desarrollo de este tema se lo ha desdoblado en dos subtemas: el análisis de la estabilidad de taludes referente a la presa en si misma -es decir, de los materiales que la conforman- y basado en el diseño preliminar de la misma; y, el análisis de la estabilidad de los taludes naturales que se encuentran circunscritos en el vaso de la presa.

### 5.6.1. Estabilidad de Taludes de la Presa

El diseño preliminar de la presa consiste en construir una presa de enrocado con un núcleo de arcilla compactado y filtros de arena y grava.

Para el estudio de la estabilidad se ha considerado el método de Fellenius Modificado. Dicho método considera que la superficie de falla es una curva que no es circular, como lo supone el método original de Fellenius. La masa deslizante se divide en dovelas de ancho arbitrario, con la consideración de que el arco y la cuerda subtendida en la base de la dovela no difieran grandemente en longitud. La base de cada dovela debe desarrollarse en un mismo material. Para la realización de este método debe estar trazada la red de flujo que atraviesa el corazón de la presa. Además, para la aplicación del método se requiere conocer por donde pasa la línea de corriente superior que atraviesa la presa. Con la referida red se pueden conocer las presiones en el agua en

cualquier punto del corazón o núcleo de arcilla.

Se calculan las fuerzas que actúan en cada dovela, que son:

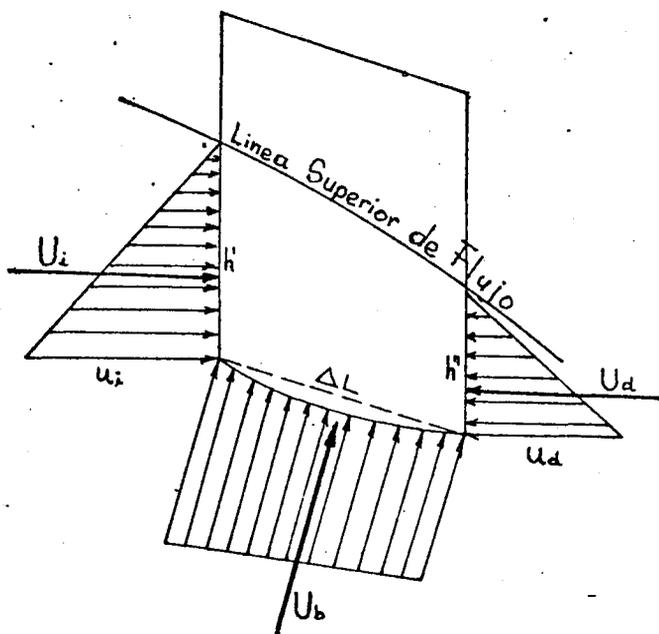
- El peso de la dovela,  $W$ , que se calcula considerando el material sólido y el agua.
- Las fuerzas que ejerce, a ambos lados de la dovela y en su base, la presión del agua. En las zonas que no están influenciadas por el agua, estas fuerzas serán cero; para irse incrementando en función de la altura de saturación hasta alcanzar su máximo valor en la parte inferior de la dovela, la cual es igual a la altura por el peso específico de la dovela. Se calcula además, las presiones totales que actúan en las caras de las dovelas que resultan de la suma del triángulo de presiones; es decir, del área de dicho triángulo. Este análisis se lo hace en las caras laterales de la dovela:

$$u_i = \gamma_w \times h'$$

$$u_d = \gamma_w \times h''$$

$$U_i = \frac{u_i \times h'}{2}$$

$$U_d = \frac{u_d \times h''}{2}$$



Para calcular la presión del agua en la base de la dovela se considera, para simplificar el cálculo, que la presión en la base forma un trapecio de presiones, siendo sus bases mayor y menor, las bases de los triángulos de presiones de las caras laterales de las dovelas. Con el área del trapecio obtenemos la presión de agua en la base de la dovela la cual va a ser normal a la base ( $\Delta L$ ).

$$U_b = \frac{u_i + u_d}{2} (\Delta L)$$

Conocido el valor de la cohesión de los materiales (Capítulo VI, 6.2.1.13) que se encuentran en la base de la dovela; esta cohesión, multiplicada por el ancho de la dovela  $\Delta L$  dará la fuerza de la cohesión actuante en la línea de falla, c.  $\Delta L$ .

Es de anotar que se debe escoger el menor valor de c de los materiales que están en contacto, puesto que si la falla se produce lo hará por el material más débil. Obtenidos los valores antes mencionados, contando además con el ángulo de fricción del material  $\phi$ -conocido experimentalmente-, procedemos a calcular las fuerzas tangenciales T que tratarán de provocar la falla en la base de la dovela; así mismo, se calcula las fuerzas resistentes R que se opondrán al deslizamiento. Las fuerzas T y R se la representa gráficamente en un polígono de fuerzas para cada una de las dovelas.

Otras fuerzas que actúan sobre la dovela son: las fuerzas laterales efectivas, la fuerza normal efectiva y la fuerza tangencial debida a la fricción en la misma base a lo largo de la superficie de falla.

Las fuerzas laterales efectivas actúan en las caras de las dovelas por acción de la fricción de las dovelas vecinas y este método supone que su dirección es la misma en todas las dovelas y su inclinación es igual a la del talud de aguas abajo de la presa. Interesa de estas fuerzas su diferencia:  $\Delta E$ .

La resultante de las fuerzas naturales efectivas y la fuerza tangencial debe formar un ángulo  $\phi$  con la normal a la base de la dovela.

Se puede trazar el polígono dinámico con las fuerzas conocidas en magnitud y dirección, y, además, con las conocidas sólo en dirección; para, al cerrar el polígono, conocer las magnitudes de  $N$ ,  $S$  y  $\Delta E$ .

Se analizarán dos dovelas típicas; una localizada en el corazón de la presa con fuerzas de agua actuando, y otra en el respaldo permeable no sujeto a este tipo de fuerzas en la cual tampoco actúa la cohesión puesto que el material es de enrocado.

Para la dovela en el corazón de la presa, el polígono diná

mico se ha construido con el peso  $W$ , la diferencia  $U_i - U_d$  de las fuerzas laterales causadas por el agua, las fuerzas  $U_b$  de la presión de agua producida en la base y la fuerza de cohesión  $c$  en la base; todas estas fuerzas son conocidas en magnitud y dirección.

Se traza la fuerza  $\Delta E$ , en dirección asumida igual a la del talud aguas abajo de la presa, desde el extremo de la fuerza  $W$ . Por el extremo de la fuerza  $c$  se traza una línea formando un ángulo  $\phi$  con la dirección normal a la base de la dovela, esta línea representa la dirección de la resultante de la fuerza normal efectiva ( $N_e$ ) y de la tangencial producida por la fricción actuante en la base de la dovela. El punto de intersección de estas dos líneas determina la magnitud de las fuerzas  $T$  y  $R$  (Plano N<sup>o</sup> V-7). Determinando los componentes normal y tangencial y sumándolos la  $U_b$  y  $c$  respectivamente, obtenemos la fuerza normal total a la base,  $N$ ; y la tangencial total a la misma base,  $S$ .

Si suponemos que no existe resistencia en la base de la dovela, para cerrar el dinámico la fuerza normal en la base tendría que crecer hasta el punto de intersección de  $U_b$  y  $\Delta E$ . Para el equilibrio de la dovela debería actuar una fuerza en la dirección de  $\Delta E$  y en sentido, desde el punto de intersección anotado hasta el punto inicial de la fuerza  $W$ ; por tanto, la fuerza  $T$  en sentido inverso a la equilibrante, es la desequilibrante total en la dirección de las fuerzas laterales que es la que se está tomando a modo

de eje de proyección. La fuerza T es la que hace deslizar la dovela. La fuerza R será la que deberá desarrollarse colineal para contrarrestar a T y así evitar el deslizamiento.

El factor de seguridad se calcula en base a la siguiente relación:

$$FS = \frac{\Sigma R}{\Sigma T}$$

En el Apéndice I se analizan tres potenciales superficies de falla, en cada una de las cuales se hace el análisis gráfico de los polígonos dinámicos para cada una de las dovelas, con el objeto de obtener los correspondientes factores de seguridad.

#### 5.6.2. Estabilidad de taludes del vaso

Para el análisis de la estabilidad de los taludes naturales comprendidos en el vaso, es necesario tener en cuenta algunos factores: la geología del área, sus formaciones, su litología; los accidentes tectónicos, pliegues, fallas, fracturas; la morfología y la sismicidad, entre los principales.

En el plano IV-1 se han localizado los cortes de dirección N-S, corte A-A' (plano N<sup>o</sup> V-7) y de dirección E-O, corte B-B' (plano V-8); que muestra que existen las formaciones Cayo, Ancón y Zapotal, principalmente y, en forma limitada, las calizas Javita.

La formación Cayo presenta lutitas y lutitas silíceas; la formación Zapotal presenta microconglomerados, areniscas y pequeños estratos de lutitas; el grupo Ancón está representado en el área por lutitas fisibles.

De las formaciones mencionadas, la correspondiente al Grupo Ancón es la que presenta mayores posibilidades de inestabilidad debido a sus características fisibles y por la incidencia que tiene en las mismas el ambiente climático regional; por cuanto el aumento de humedad que se produce en los períodos invernales y la posterior disminución de dicha humedad /en verano; trae consigo el resquebrajamiento de dicha lutita. El resto de las formaciones presenta aceptables características, sus afloramientos son masivos y no se observan derrubios al pie de sus taludes. Aún la formación Zapotal, con su litología que favorece la acumulación de agua, no ha sido afectada por la inestabilidad y ello es debido principalmente a la disposición de sus estratos, con buzamientos leves y, además, por sus buenas características físicas, que permiten una disposición prácticamente vertical de taludes de hasta 50 m., sin que demuestren indicios de inestabilidad.

Favorece a ésta disposición la escasez de accidentes tectónicos fuertes, tales como fallas y fracturas; puesto que si bien existen tales accidentes, no se producen en una intensidad y fuerza tal que traiga complicaciones a la zona, en

cuanto a los taludes se refiere.

Otro factor favorable en el área es su baja sismicidad. De datos publicados por el Observatorio Astronómico de Quito sobre los principales temblores sentidos en el Ecuador desde 1.534, se pueden anotar los siguientes que se han producido en el área de la Península:

Mayo 12, 1950; Epicentro: Cordillera Ch y C; Intens. I

Enero 13, 1953; Epicentro: Pen. Sta. Elena; Intens. I

Agosto 26, 1957; Epicentro: Pen. Sta. Elena; Intens. I

Además, de acuerdo a mapas realizados por IECO e INECCEL de investigaciones sísmicas en el Ecuador, se observa que para el área en estudio- se tiene una sismicidad regional de 1.5 a 2.0 (Escala Richter).

Esta información, aunque limitada, nos permite inferir que la zona presenta estabilidad tectónica ya que no se han producido movimientos bruscos y fuertes (Gráficos V-A y V-B).

#### 5.7. CARACTERISTICAS GENERALES FISICO-QUIMICAS DE LAS ROCAS

Se hace el análisis del comportamiento de las rocas que se encuentran en el vaso y no solo las referentes al área de presa, por cuanto se considera importante el comportamiento que van a tener y su influencia para la presa en sí misma.

##### 5.7.1. Variaciones litológicas

En sus capítulos correspondientes ya se han definido a ca-

da una de las formaciones geológicas que se presentan en el área del vaso y se han descrito sus variaciones litológicas. Para el desarrollo del presente tema se ha elaborado un esquema de dichas formaciones, en el que resaltan algunas características:

<u>FORMACION</u>	<u>TIPOS</u>	<u>LITOLOGIA</u>	<u>CARACTERISTICAS PREDOMINANTES</u>
Cayo	1	Lutitas	Se presentan en estratos compactos. Buzamiento general al Sur.
	2	Lutitas silíceas.	Plegamientos locales
	3	Chert	Estratos de dureza alta. Presentan también plegamientos.
Gr. Ancón	4	Lutitas	Moderada fisibilidad
Zapotal	5	Areniscas	Buzamiento bajo a horizontal. Estratos gruesos y compactos.
	6	Microconglomerados	Presentan bandas de meteorización, casi horizontales. Buena cementación de los clastos.
Cal. Javita	7	Calizas	Calizas arrecifales, pequeña área.

En cuanto a la composición mineralógica, su detalle trae consigo conocer el grado de estabilidad química que tendrán las rocas y sus características físicas correspondientes.

Tipo 1 lutitas: Los minerales constituyentes de las lutitas son, en general, bastante estables en el medio ambien-

te superficial; especialmente el cuarzo y los minerales arcillosos -illita, sericita, clorita, monmorillonita- debido a que son producto de procesos de degradación que han afectado a rocas anteriores y, por tanto, han alcanzado una buena estabilidad química. Especialmente en condiciones secas presenta fuerte resistencia a la meteorización. Sin embargo, dicha estabilidad no las protege de la erosión. Las lutitas, son en general, poco resistentes a los agentes atmosféricos, especialmente el aire y el agua.

Tipo 2, lutitas silíceas: En este tipo de rocas se ha producido un reemplazamiento químico en el que se ha introducido la sílice en las lutitas. La presencia de este mineral le da mayor dureza, y peso específico a las lutitas. Presenta por tanto, estabilidad química de sus elementos mineralógicos constitutivos y características físicas más resistentes a la erosión.

Tipo 3, chert: El aumento de contenido de sílice en las rocas, que llega a un 90% a 100%, les da, a las lutitas, un aumento de su dureza y de su cohesión. El sílice, constitutivo de este tipo, es uno de los minerales de mayor estabilidad química, aparte de que mejora sus rasgos físicos al disminuir la porosidad y aumentar peso específico.

Tipo 4, lutitas: Las mismas características químicas que las del tipo 1. Las características mecánicas de estas lutitas varían por su condición de fisibilidad, que trae con

sigo una más fácil erosión. Este último aspecto está influenciado también por la posición de los estratos, específicamente en cuanto a buzamiento se refiere, y por la posición morfológica, en la unión de dos sistemas de drenajes, que le somete a una mayor erosión. Estables químicamente, alterables físicamente.

Tipo 5, areniscas: El cuarzo es el mineral preponderante de este tipo. Sus granos son de medio a fino y presentan una relativa buena clasificación, presentándose próximos a redondeados, lo cual refleja una fase de madurez textural. Los granos se encuentra bastante bien cementados. Presentan buen peso específico y resistencia a la erosión. El cemento de sus partículas puede ser alterado químicamente por acción de disoluciones que puede transportar el agua.

Tipo 6, microconglomerados: Constituido en sus clastos por lutitas y en su matriz por arcillas y limos. Principal constituyente mineralógico, los minerales arcillosos y el cuarzo. Se presentan sus granos bien cementados, favoreciendo sus características físicas, aunque se puede presentar el mismo fenómeno químico del tipo anterior.

Tipo 7, calizas: El carbonato de calcio es el principal constituyente y por consiguiente, son de fácil meteorización química y erosión. Tampoco presentan buena resistencia física.

### 5.7.2. Meteorización

En la meteorización de una roca intervienen algunos factores y entre ellos tienen gran importancia las características climáticas ambientales. En este caso es el clima el elemento que ejerce una gran influencia sobre la zona estudiada debido a que la pluviosidad, escasa durante largos períodos, junto a un ambiente seco, con altas temperaturas durante el día, produce sus efectos inmediatos sobre la constitución física de las rocas, que se traduce en una disminución del nivel freático regional y la consiguiente reducción del grado de humedad; este panorama alterna con períodos cortos de fuertes precipitaciones lluviosas, en que la humedad aumenta y produce esfuerzos que originan fisuras, diaclasas, formando perfiles de meteorización de diversos grados de acuerdo al tipo de roca.

Debido a su contenido salino, los vientos de dirección preferencial hacia el E, NE, marinos, causan la alteración química de las rocas al oxidarlas.

Entre los agentes químicos que circulan por las fisuras de las rocas que afectan a sus propiedades, tenemos la acción de los carbonatos y sulfatos. Las precipitaciones de ambas soluciones en las disconformidades es nociva en cuanto a que son fácilmente solubles en presencia de agua, aunque según algunos estudios hay que considerar la temperatura y el ph del agua, por cuanto estos influyen en la disolución.

En la zona, se observa la presencia de sulfato de calcio en el Grupo Ancón en niveles de incidencia del perfil de meteorización; además, se encuentran carbonatos de calcio y sulfatos en la F. Zapotal, pero en una intensidad pequeña. En las lutitas silíceas de la F. Cayo se presentan pequeñas disoluciones carbonatadas.



## CAPITULO 6

### MATERIALES DE CONSTRUCCION

#### 6.1. MUESTREO

Toda obra de ingeniería requiere que su costo total sea el mínimo posible. El transporte de los materiales de construcción es un punto importante en la disminución de dicho costo. Se requiere para ello, tener zonas de préstamo en lugares lo más próximos posibles a los sitios de su requerimiento y en las cantidades suficientes.

El diseño preliminar de la presa comprende la construcción de una presa de enrocado y núcleo impermeable, para lo cual se requieren los siguientes materiales principales: arena y grava arenosa para los filtros, arcilla para núcleo impermeable y roca seleccionada para el respaldo permeable a aguas arriba y aguas abajo de la presa.

El estudio geológico del área, tanto de la cuenca de drenaje como del vaso, permitió obtener la información necesaria para la ubicación de los materiales. La arena y la grava arenosa, materiales para los filtros, se las encuentra a lo largo del río Salanguillo (Plano N° VI-1) y de preferencia las que se encuentran en los sitios donde el río mantiene su cauce para evitar, en lo posible, los clastos planos, alargados de poco peso específico ("galletas" de río).

Se pudo comprobar, mediante calicatas realizadas a lo largo del río, que la grava tiene un buen contenido de sílice puesto que la lutita arcillosa ha sido eliminada.

La arcilla, para el núcleo impermeable, se la puede encontrar en tres zonas aledañas al sitio de emplazamiento (Plano N<sup>o</sup> VI-1). Dos zonas -A<sub>2</sub> y A<sub>3</sub>- se encuentran dentro del vaso y son de óptima calidad, están localizadas a poca distancia del sitio de emplazamiento de la presa, sus volúmenes son considerables, por lo que deben ser realizados los análisis correspondientes. La tercera, A<sub>1</sub>, está en la margen derecha a unos dos kilómetros del eje de la presa -aguas abajo- y su volumen aproximado es de 1'300.000 m<sup>3</sup>; de este préstamo se tomaron las muestras necesarias para el conocimiento de su calidad.

La roca para la protección de los taludes está constituida por bloques silíceos de la formación Cayo. El préstamo mas importante -H- se encuentra ubicado a 3 Km. aguas arriba del sitio de presa (Plano N<sup>o</sup> VI-1). El volumen que se estima existe en estas canteras es muy superior al requerido. Será necesario construir vías de acceso hacia la cantera, las cuales se utilizarán de acuerdo a la época. En época de poca escorrentía se puede construir una vía en la vega alta del río. El acceso al préstamo en época de grandes avenidas es difícil, pues debería construirse una vía por las zonas altas, lo cual encarecería la obra. En caso de ser necesario, se pueden habilitar otras canteras, que tie

nen las mismas características, éstas se encuentran a una distancia de 6 Km. y corresponden a los Cerros Icera de San Vicente.

El agua, que debe ser considerado también como material de construcción, existe en cantidades importantes en forma superficial y sub-superficial, en las acumulaciones gravo-arenosas del cauce del río Salanguillo.

## 6.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

En el laboratorio se realizaron las pruebas necesarias a los materiales que se proyecta utilizar en la construcción de la presa. Se realizaron diferentes ensayos con la arcilla, arena, grava, material de enrocado y con el material para los agregados del hormigón.

### 6.2.1. Arcilla

Se tomaron muestras para su análisis al E y NE del recinto Salanguillo, a 1,5 Km. del sitio de cierre. En dicho lugar se realizaron varias calicatas. Las muestras para los análisis respectivos se tomaron de la calicata A-1 del préstamo A<sub>1</sub> (Plano N<sup>o</sup> VI-1).

La arcilla es de color amarillo oscuro. Las muestras se tomaron a 2,00 m. de profundidad.

Se realizaron los siguientes ensayos:

6.2.1.1. Humedad.- La humedad del suelo se define como la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y su peso seco. Se representa por:  $w$ , y matemáticamente se expresa por:

$$w = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seco}}{\text{Peso de la muestra seco}} \times 100$$

El procedimiento que se sigue es el siguiente: Se pesa la muestra húmeda, luego dicha muestra se la seca en el horno a  $110^{\circ}\text{C}$  durante un tiempo de 15 horas, para obtener un peso seco constante. Con dichos valores se aplica la relación matemática anotada y se obtiene la humedad en porcentaje.

Se obtuvo una humedad de 9,57%

6.2.1.2. Límite Líquido (LL).- Es el contenido de humedad en el cual el material pasa del estado líquido al estado plástico. Se tomaron aproximadamente 50 gr. de arcilla pasante al tamiz 40. Se le agrega agua y se coloca la mezcla pastosa en una copa de latón nivelándola para que tenga un espesor de 1 cm. Se divide la mezcla con un ranurador en dos partes. Se le aplica un número determinado de golpes a la cápsula para propiciar la unión de las partes a lo largo de 1 cm. Se registra el número de golpes y tomamos la humedad de la parte unida. Se repite el proceso tres o cuatro veces. Se grafica el número de golpes vs. la humedad.

La humedad que corresponde a los 25 golpes es el límite líquido, que es 52%.

6.2.1.3. Límite Plástico (LP). - Es el contenido de humedad cuando el material pasa del estado plástico al estado semisólido. Se realiza el ensayo tomando unos 15 gr. de arcilla pasante el tamiz 40. Se le agrega agua para hacer cilindros de 3 mm. de diámetro. Al iniciar la fisuración de los cilindros, te nemos el límite plástico y tomamos su humedad.

Se obtuvo un límite plástico de 20,35%.

6.2.1.4. Índice de plasticidad (IP). - Se obtiene restando el valor del límite plástico del límite líquido.

Así:	LL	=	52.00%
	<u>LP</u>	=	<u>20,35%</u>
	IP	=	31,65%

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, de a cuerdo a los valores de LL y IP, tenemos que el material es CH que corresponde a las arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.

6.2.1.5. Dureza. - Se formó una pastilla de arcilla, la que secada al horno, se la presionó entre los dedos y se determinó que tie ne una dureza "alta".

6.2.1.6. Granulometría. - Sirve para determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo. Para el análisis granulo

métricos de las arcillas se utilizaron cuatro tamices. Se realizó primero un lavado del material por el tamiz 200, luego se pasó de la siguiente manera:

TAMIZ N°	% PASANTE
4	96,55
10	93,50
40	90,64
200	81,00

6.2.1.7. Proctor Standard.- Consiste esta prueba en compactar un suelo dándole un mayor peso específico, aumentando con ello su resistencia y disminuyendo su volumen de vacíos. El suelo es compactado bajo diferentes condiciones de humedad con lo que se puede obtener la gráfica de una curva, humedad vs densidad seca. De esta curva se obtiene un punto llamado densidad seca máxima y la humedad correspondiente a este punto es la humedad óptima.

Para su realización se procede a pesar 10.000 gr. del material pasante el tamiz N° 4. Se toman unos 2000 gr. para un punto de la curva, se le agrega cierta cantidad de agua y se mezcla bien. Se coloca luego la primera capa de material en el cilindro a usar -según las especificaciones de la ASSHO T99-. se compacta con un martillo a 30 cm. de altura y ~~5.5~~ lb. de peso dándole 25 golpes. Seguimos el mismo procedimiento para la segunda y tercera capa; quitamos el collar del molde y nivelamos la superficie para luego pesar el ci-

lindro con el material:

$$\begin{array}{rcl} \text{Peso tierra húmeda + cilindro} & = & 6,022 \text{ Kg.} \\ \hline \text{cilindro} & = & 4,706 \text{ Kg.} \\ \text{Peso tierra húmeda} & = & 1,316 \text{ Kg.} \end{array}$$

Del peso húmedo obtenemos la humedad,  $w = 10,37\%$

Con la humedad podemos obtener la densidad seca máxima:

$$D_s \text{ máx.} = P_s/V$$

$$\text{Peso seco: } P_s = \frac{P_h}{1 + \frac{w}{100}} = \frac{1,316}{1 + \frac{10,37}{100}} = 1,192 \text{ Kg.}$$

$$\text{Volumen: } 0,000944 \text{ m}^3$$

$$D_s \text{ máx} = \frac{1,192}{0,000944} = 1,263 \text{ Kg/m}^3$$

Este proceso se repite para cinco puntos como mínimo hasta llegar a obtener una disminución del peso húmedo, lógicamente dándole mayor humedad para cada punto, con lo cual elaboramos la curva de compactación:  $D_s \text{ máx vs. } w$ . El punto más alto de la curva es la densidad seca máxima y la humedad correspondiente es la Humedad Optima.

Los resultados obtenidos en el ensayo realizado fueron:

$$D_s \text{ máx.} = 1530,00 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Humedad Optima} = 21,60\%$$

6.2.1.8. Gravedad específica.- La gravedad específica se define como la relación entre el peso de los sólidos del material y

el peso del volumen de agua que dichos sólidos desalojan. Para determinarla se utiliza un picnómetro (matraz).

El procedimiento es como sigue: Se toman 50 gr. del material pasante al tamiz 40, en estado seco; se pesa el matraz con agua hasta el cuello (Wbw). El peso seco se lo coloca en el matraz y éste se lo pone en un baño de María, que consiste en hervir el agua para expulsar el aire que contiene el material. Se deja unos 30 minutos. Se lo saca y se deja enfriar hasta que adquiera la temperatura ambiente. Se afora luego el matraz con agua haciendo coincidir el menisco inferior con la marca de calibración de matraz y se lo pesa; es decir, obtenemos el peso del agua más el peso del frasco más el peso del material sumergido, (Wbws). El material del matraz lo recogemos en un recipiente y lo colocamos en el horno para obtener su peso seco (Ws).

Se aplica la Fórmula:

$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{(W_s) (k)}{W_s + W_{bw} - W_{bws}} \\
 &= \frac{84,90 \times 0,9965}{84,90 + 646,20 - 698,80} \\
 &= 2,619
 \end{aligned}$$

En donde:

k: factor de corrección que depende de la temperatura obtenida de la calibración del matraz.

Se realizaron dos ensayos, cuyo promedio fue:

$$G_s = 2,618$$

6.2.1.9. Permeabilidad.- Es la propiedad de los suelos y las rocas de permitir el paso del agua a través de sus poros. En este caso se utiliza el permeámetro de carga variable, por cuanto el material a analizarse es de poca permeabilidad.

El grado de permeabilidad se mide por su coeficiente k, en cm/seg.

Para esta prueba, como para las siguientes relativas a la arcilla, se necesitará conocer de antemano el peso seco y el peso de agua para la elaboración de las muestras para cada uno de los ensayos, teniendo de antemano los datos del peso específico y la humedad óptima del proctor standard:

$$\gamma_D = 0,95 \times 1530 \text{ Kg/m}^3 = 1454 \text{ Kg/m}^3$$

$$w = 21,60\%$$

(Se toma el 95% de  $\gamma_D$  por considerarse que el terreno no se va a compactar al 100%).

$$\Delta w = w - w_n$$

$$\gamma_h = \gamma_D \left( 1 + \frac{w}{100} \right)$$

$$W_h = \gamma_h \times V$$

$$W_s = \frac{W_h}{1 + \frac{\Delta w}{100}}$$

$$W_a = W_h - W_s$$

En donde

- $\gamma_D$  : peso seco  
 $w$  : humedad óptima  
 $w_n$  : humedad natural del suelo  
 $\Delta w$  : incremento de humedad  
 $\gamma_h$  : peso específico húmedo  
 $W_h$  : peso húmedo  
 $V$  : volumen  
 $W_s$  : peso seco  
 $W_a$  : peso del agua

Se tienen los siguientes datos para obtener la permeabilidad:

$$\gamma_D = 1454 \text{ Kg/m}^3 = 1,454 \text{ gr/cm}^3$$

$$w_n = 9,57\%$$

Dimensiones del permeámetro:

Area: 31,669 cm<sup>2</sup>

Altura: 7,9 cm.

Volumen: 250,2 cm<sup>3</sup>

Aplicando las fórmulas mencionadas anteriormente:

$$\Delta w = 21,6 - 9,57 = 12,03\%$$

$$\gamma_h = 1,454 \left( 1 + \frac{21,6}{100} \right) = 1,767 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_h = 1,767 \times 250,2 = 442,2 \text{ gr}$$

$$W_s = \frac{442,2}{1 + \frac{12,03}{100}} = 394,7 \text{ gr}$$

$$W_a = 442,2 - 394,7 = 47,5 \text{ gr}$$

Con el  $W_s$  y el  $W_a$ , elaboramos las muestras y las compactamos en el recipiente a usarse, en tres capas; tomamos su área y su altura. Se coloca la muestra en un tubo capilar y se procede al ensayo introduciendo agua por la parte superior del tubo graduado; al saturarse la muestra tomamos la primera lectura ( $H_1$ ) y al terminar la prueba tomamos la segunda lectura ( $H_2$ ). Se toma el tiempo de duración de la prueba. Se aplica la fórmula:

$$K = 2,3 \frac{L \times a}{A \times t} \log \frac{H_1}{H_2}$$

donde

K: coeficiente de permeabilidad

L: longitud de la muestra = 7,9 cm.

a: área del tubo capilar (tubo vertical) de prueba =  
2,01 cm<sup>2</sup>

A: área de la muestra = 31,669 cm<sup>2</sup>

t: tiempo que dura la prueba = 54.000 seg.

$H_1$ : carga hidráulica al principio de la prueba = 79 cm.

$H_2$ : carga hidráulica al final de la prueba = 50 cm.

$$K = 2,3 \frac{7,9 \times 2,01}{31,669 \times 54000} \log \frac{79}{50} = 4,24 \times 10^{-6} \text{ cm/seg.}$$

6.2.1.10. Consolidación.- La consolidación de un suelo se origina principalmente por la expulsión de agua de los poros, disminuyendo así su volumen. Finaliza una vez que la presión transmitida al suelo es recibida por las partículas sólidas.

Para esta prueba tenemos los siguientes datos:

$$\Delta w = 12,03\%$$

$$\gamma_h = 1,767 \text{ gr/cm}^3$$

Anillo para la consolidación:

$$\text{Area: } 31,669 \text{ cm}^2$$

$$\text{Altura: } 2,54 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen: } 80,44 \text{ cm}^3$$

Obtenemos los siguientes valores:

$$W_h = 1,767 \times 80,44 = 142,22 \text{ gr}$$

$$\underline{W_s} = \frac{142,22}{1,1203} = 126,95 \text{ gr}$$

$$W_a = 15,27 \text{ gr}$$

Las muestras, con esos  $W_s$  y  $W_a$ , se las compacta en dos capas en el anillo del aparato Edómetro; además, se colocan piedras porosas para que el agua pueda fluir. Se toma la humedad inicial y la final de la muestra; utilizamos el de formímetro para leer los asentamientos una vez que a la mues tra se le aplique las cargas.

La primera carga que se coloca es de 1 Kg durante 24 horas y se lee el asentamiento. Luego se duplica la carga y así sucesivamente hasta colocar 32 kg. para después iniciar la descarga.

Con los datos obtenidos se hacen los gráficos siguientes: tiempo vs asentamientos y razón de vacíos vs. presión.

De la curva tiempo vs asentamiento obtenemos el Grado de

consolidación (U) para cada carga.

Para U = 50% tenemos:

<u>Carga (kg)</u>	<u>U(50%)</u>	<u>Tiempo (Seg)</u>
1	0,00355	350
2	0,0084	2000
4	0,0181	455
8	0,0442	170
16	0,0800	120
32	0,1353	180

Se hacen los cálculos necesarios para graficar la curva es fuerza vs. relación de vacíos. De esta curva se obtiene el Coeficiente de Compresibilidad  $C_c = 0,335$  y la Presión de Preconsolidación  $P_c = 2,70 \text{ kg/cm}^2$ . Estos datos son necesarios para el cálculo del asentamiento.

6.2.1.11. Expansión.- Proceso contrario a la consolidación. Al adquirir agua, el suelo sufre un hinchamiento, es la expansión. Hay dos tipos de expansión; la controlada y la libre. La controlada se realiza aplicando cargas durante 24 horas y observando que el dial del deformímetro permanezca en cero.

Tenemos los siguientes datos:

$$w = 21,60\%$$

$$w_n = 9,57\%$$

$$\gamma_h = 1,767 \text{ gr/cm}^3$$

Para el cálculo del peso seco y peso del agua, se hace con los 3/4 del volumen del anillo, para evitar que la muestra se salga al expandirse:

$$V; 80,44 \times 3/4 = 60,33 \text{ cm}^3$$

Con ello se obtiene:

$$W_h = 1,767 \times 60,33 = 106,66 \text{ gr}$$

$$W_s = \frac{106,66}{1,1203} = 95,23 \text{ gr}$$

$$W_a = 11,43 \text{ gr}$$

El esfuerzo de expansión se define por:

$$\begin{aligned} \text{Esf. de Exp.} &= \frac{\text{Carga} \times 10}{\text{Area}}, \text{ en kg/cm}^2 \\ &= \frac{1,055 \times 10}{31,669} \\ &= 0,333 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

El factor 10 es debido al consolidómetro 1:10.

La expansión libre consiste en colocar la muestra en agua durante 24 horas y controlar su deformación. Se toma la última lectura para el cálculo:

$$\begin{aligned} E &= \frac{\Delta H}{H_i} \times 100 \\ &= \frac{0,0430}{0,7500} \times 100 \\ &= 5,73\% \end{aligned}$$

donde:  $H_i$ , altura de la muestra inicial = 3/4".

Se toma la humedad inicial ( $w_i$ ) y la humedad final ( $w_f$ ) de la prueba para apreciar el porcentaje de agua que absorbe

la muestra.

$$w_i = 23,51\% \quad w_f = 36,55\% \quad (\text{libre})$$

$$w_i = 21,93\% \quad w_f = 35,48\% \quad (\text{controlado})$$

Se realizó el ensayo para humedades mayor en 10% y menor en 10% a la humedad óptima:

Con humedad: 11,60%

$$\Delta w = 11,60 - 9,57 = 2,03\%$$

$$\gamma_h = 1,454 \left(1 + \frac{11,6}{100}\right) = 1,623 \text{ kg/m}^3$$

$$W_h = 1,623 \times 60,33 = 97,92 \text{ gr}$$

$$W_s = \frac{97,92}{1 + \frac{2,03}{100}} = 95,97 \text{ gr}$$

La expansión libre: 8,01%

La expansión controlada: 0,663 Kg/cm<sup>2</sup>

Con humedad: 31,60%

$$\Delta w = 31,60 - 9,57\% = 22,03\%$$

$$\gamma_h = 1,454 \left(1 + \frac{31,6}{100}\right) = 2,033 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_h = 2,033 \times 60,33 = 122,65 \text{ gr}$$

$$W_s = \frac{122,65}{1 + \frac{22,03}{100}} = 100,51 \text{ gr}$$

$$W_a = 22,14 \text{ gr}$$

La expansión libre: 0,733%

La expansión controlada: 0,0847 Kg/cm<sup>2</sup>

6.2.1.12. Compresión simple.- La compresión simple, o sin confinamien

to, se realiza para determinar la resistencia del suelo bajo la aplicación de cargas axiales. El ensayo se realizó con deformaciones constantes y cargas variables. Se elaboró la muestra compactándola en tres capas, se obtuvo su peso húmedo para buscar su peso específico.

Los datos de la muestra son:

Area:  $A = 10,17 \text{ cm}^2$

Altura:  $H = 7,2 \text{ cm}$

Volumen:  $V = 73,22 \text{ cm}^3$

Cálculos:

Peso húmedo:  $Ph = 117,2 \text{ gr}$

Peso específico:  $= \frac{Ph}{V} = \frac{117,2}{73,22} = 1,601 \text{ gr/cm}^3 = 1.601 \text{ Kg/ m}^3$

El aparato tiene dos diales: el uno, que marca las deformaciones verticales ( $\Delta H$ ) medibles en 0,001" y el otro, que marca las cargas, en 0,0001"; para este último hay una constante de 0,1362 para calcular la carga aplicada a la muestra.

El dial de deformación es observado cada 0,010" y se lee al mismo tiempo el valor correspondiente del dial de carga. Con estas lecturas se calcula el esfuerzo de compresión y la deformación -los cuales se grafican- mediante las fórmulas:

Deformación:  $\epsilon = \frac{\Delta H}{H}$

Area corregida:  $Ac = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$

Esfuerzo de compresión: Carga/área corregida

Graficando la curva: esfuerzo de compresión ( $q_u$ ) vs. deformación ( $\epsilon$ ), obtenemos:

$$q_u = 0,839$$

$$\epsilon = 2,12\%$$

Ensayo triaxial.- Se determina el esfuerzo cortante del suelo que sirve principalmente para obtener el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) y la cohesión ( $c$ ).

Las muestras son elaboradas de igual forma que para el ensayo de compresión simple. Se hicieron tres muestras, teniendo como condición que su peso específico y su humedad sean similares.

Tenemos los siguientes datos:

$$\text{Area: } 10,17 \text{ cm}^2$$

$$\text{Altura: } 7,2 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen: } 73,22 \text{ cm}^3$$

$$\gamma_h = 1,767 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_h = 1767 \times 73,22 = 129,23 \text{ gr}$$

$$W_s = \frac{129,23}{1,1203} = 115,47 \text{ gr}$$

$$W_a = 13,86 \text{ gr}$$

El  $W_s$  y el  $W_a$  sólo se refiere a una muestra.

Estos ensayos se pueden hacer al 100% de saturación. Para el cálculo se emplean las siguientes fórmulas:

$$e = \frac{G_s}{0,95 \times \gamma_D} - 1$$

$$W_s = \frac{e \times 100}{G_s}$$

$$\gamma_s = \gamma_D \left(1 + \frac{W_s}{100}\right)$$

$$W_h = \gamma_s \times V$$

$$W_s = \frac{W_h}{1 + \frac{\Delta w}{100}}$$

Donde

e : relación de vacíos

ws: humedad para 100% de saturación

γs: peso específico saturado

El ensayo realizado es del tipo triaxial rápido, en donde no se permite ninguna etapa de consolidación de la muestra; así mismo, se cierra la válvula de drenaje para impedir la salida del agua. Al realizar el ensayo, la muestra se confina encerrándola en una cámara y llenándole de agua, que se introduce con cierta presión hidrostática.

Se tienen los siguientes  $\gamma_h$ ,  $w_h$  y presión de cámara para cada uno de los ensayos:

	primer ensayo	segundo ensayo	tercer ensayo
$\gamma_h$	1601 Kg/m <sup>3</sup>	1610 Kg/m <sup>3</sup>	1630 Kg/m <sup>3</sup>
$w_h$	21,08%	19,86%	19,19%
Presión de cámara	0,5 Kg/cm <sup>2</sup>	1.0 Kg/cm <sup>2</sup>	2.0 Kg/cm <sup>2</sup>

Para cada ensayo se leen las deformaciones y se hacen los cálculos respectivos, como en la compresión simple. Se obtienen los esfuerzos desviados máximos:

primer ensayo	1575 kg/cm <sup>2</sup>
segundo ensayo	2261 "
tercer ensayo	3360 "

Se grafican luego las envolventes (círculos de Mohr) y con la tangente a estos círculos obtenemos:

$$\text{cohesión } c = 0,350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{ángulo de fricción } \phi = 21,80^\circ$$

#### 6.2.2. Grava-arenosa

Se realizaron varias calicatas a lo largo del río Salanguillo (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>; Plano N<sup>o</sup> VI-1). Se tomó el material necesario para los análisis de la calicata C-1, los cuales fueron los siguientes:

6.2.2.1. Granulometría.- Luego del cuarteo necesario, se tomó 5000 gr y se los tamizó para elaborar la curva granulométrica, de la cual se obtienen los datos necesarios para hallar el Cu -coeficiente de uniformidad- y el Cc -coeficiente de curvatura-, según las fórmulas del SUCS:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})}$$

Siendo

D<sub>60</sub>: diámetro por debajo del cual queda el 60% del suelo en peso.

D<sub>30</sub>: diámetro por debajo del cual queda el 30% del sue  
lo en peso.

D<sub>10</sub>: diámetro por debajo del cual queda el 10% del sue  
lo en peso.

Según la curva obtenida:

$$D_{60} = 23,00$$

$$D_{30} = 7,90$$

$$D_{10} = 1,35$$

$$C_u = \frac{23,00}{1,35} = 17,04$$

$$C_c = \frac{(7,90)^2}{(1,53)(23,0)} = 2,01$$

Según el SUCS, los valores obtenidos corresponden al grupo GW, de gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos.

6.2.2.2. Peso volumétrico varillado (Pvv) y Peso volumétrico suelto (Pvs)..- El peso volumétrico es el peso referido al volumen que ocupa y su valor es requerido para el diseño de hormi  
gón.

El Pvv se diferencia del Pvs en que en aquel se dan 25 - golpes para cada capa (son tres capas) y en el suelto se deja caer el material desde una altura de 2" del borde del recipiente.

Peso volumétrico varillado:

$$\begin{aligned}
 \text{Peso material + peso recipiente} &= 74,3 \text{ lb} \\
 \underline{\text{peso recipiente}} &= \underline{20,5 \text{ lb}} \\
 \text{peso material} &= 53,8 \text{ lb.} \\
 &= 24,45 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

$$P_{VV} = \frac{\text{Peso material}}{\text{Volumen Recip.}} = \frac{24,45}{0,014} = 1748 \text{ Kg/m}^3 \text{ (peso específico máximo)}$$

Peso Volumétrico Suelto:

$$\begin{aligned}
 \text{Peso material + peso recipiente} &= 67,9 \text{ lbs.} \\
 \underline{\text{peso recipiente}} &= \underline{20,5 \text{ lbs.}} \\
 \text{Peso material} &= 47,4 \text{ lbs.} \\
 &= 21,56 \text{ Kgs.}
 \end{aligned}$$

$$P_{Vs} = \frac{21,56}{0,014} = 1540 \text{ Kg/m}^3 \text{ (peso específico mínimo)}$$

6.2.2.3. Gravedad Específica.- Se satura el material durante 24 horas, sacamos el material saturado y secamos superficialmente pesando 1000 grs. (P<sub>sss</sub> = peso saturado superficialmente seco). Colocamos el material en una canastilla y lo pesamos casi sumergido (P<sub>sss y s</sub> = peso saturado superficialmente seco y saturado sumergido).

La gravedad específica (o densidad saturada superficialmente seco = D<sub>sss</sub>).

$$G_s = \frac{P_{sss}}{P_{sss} - P_{sss \text{ y } s}}$$

$$\begin{aligned}
 P_{sss \text{ y } s} + \text{canastilla} &= 2608 \text{ gr.} \\
 \underline{\text{canastilla}} &= \underline{2010 \text{ gr.}} \\
 P_{sss \text{ y } s} &= 598 \text{ gr.}
 \end{aligned}$$

$$G_s = \frac{1000}{1000 - 598} = 2,49$$

6.2.2.4. Permeabilidad.- El ensayo se lo realizó en un permeámetro de carga constante, que es el que se utiliza para este tipo de materiales por su mayor permeabilidad. Se sigue el siguiente procedimiento: se pasa la muestra por el tamiz 3/4", se lo compacta como un proctor standard. Elaborada la muestra, se conecta el aparato de carga constante, se pone el agua y se lo deja saturar y escurrir para obtener un régimen constante (unos 15'). Se toma el tiempo que dura la prueba y el caudal (Q) que pasa a través de la muestra.

Datos: Area de la muestra:	A = 80,44 cm <sup>2</sup>
Altura de la muestra	L = 11,64 cm
Diferencia de nivel de agua	H = 160,0 cm
Tiempo de escurrimiento (promedio de 3 pruebas)	t = 167 seg.
Caudal	Q = 1000 cm <sup>3</sup>

Aplicando la fórmula:

$$K = \frac{Q}{A \times t \times i} ; i = \frac{H}{L}$$

donde

i es el gradiente hidráulico

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{1000}{80,44 \times 167 \times \frac{160}{11,64}} \\
 &= 0,54 \times 10^{-2} \text{ cm/seg.}
 \end{aligned}$$

6.2.2.5. Desgaste - Abrasión de los Angeles.- Ensayo que determina el porcentaje de desgaste de un material al ser sometido a cargas abrasivas.

Para el presente ensayo se utiliza el tipo A para material grueso, sus tamices están comprendidos entre el 1 1/2" y 3/8" dicho material debe estar graduado con un peso de 1250 gr. cada uno de los siguientes tamices: 1", 3/4", 1/2", 3/8", con un peso inicial de 5000 gr.

La carga abrasiva consta de 12 bolas. Colocamos el material en el cilindro o tambor hueco con las bolas y cerramos dicho cilindro. Se le hace rotar con una velocidad de 30 a 33 rpm durante 15'. Luego se saca el material y se tamiza por el T12. Lo que queda del material se lava y se pone al horno para obtener un peso seco o peso final.

El porcentaje de pérdida se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ pérdida} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

donde:

$P_i$  = peso inicial

$P_f$  = peso final

Por lo tanto:

$$\% \text{ pérdida} = \frac{5000 - 3790}{5000} \times 100 = 24,20\%$$

Para el material fino, arenas, utilizamos el tipo D de 6 bolas de carga abrasiva. El material debe pasar el tamiz N<sup>24</sup>

y ser retenido en el tamiz N° 8. Se toman 5000 gr. (Peso inicial) del material y se sigue el mismo procedimiento anterior:

$$\% \text{ pérdida} = \frac{5000 - 4000}{5000} \times 100 = 20\%$$

Es permisible, según especificaciones, un desgaste del 50%, por lo tanto, el material analizado está dentro de lo admisible.

### 6.2.3. Roca

La roca considerada es la lutita silicificada y chert de la formación Cayo y que se encuentra aflorante en la margen derecha del río Azul.

Este material fue tomado a tres kilómetros aguas arriba del posible sitio de cierre. (Sitio H, plano VI-1).

Se realizaron los siguientes ensayos:

6.2.3.2. Abrasión de los Angeles. - Se usa el tipo A, con doce bolas. Previamente la roca fue triturada para graduarla de acuerdo a los tamices y peso.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} \% \text{ pérdida} &= \frac{P_i - P_f}{P_i} \\ &= \frac{5000 - 3308}{5000} \times 100 = 33,84\% \end{aligned}$$

El valor obtenido está dentro de las especificaciones.

6.2.3.2. Gravedad específica.- En este ensayo se tomó un pedazo de roca, se lo saturó 24 horas, se lo secó superficialmente y se lo pesó (Psss). Se lo colocó en una probeta graduada con agua. Por diferencia de nivel, se obtiene el volumen.

$$P_{sss} = 720 \text{ gr}$$

$$V_{\text{agua}} = 1100 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{agua+roca}} = 1383 \text{ cm}^3$$

Aplicando la fórmula:

$$\begin{aligned} G_s &= \frac{P_{sss}}{V_{\text{agua+roca}} - V_{\text{agua}}} \\ &= \frac{720}{1383 - 1100} \\ &= 2,54 \end{aligned}$$

#### 6.2.4. Diseño de concreto.

El material utilizado para el diseño se lo tomó de la calicata C-2, del río Salanguillo. Por el tamiz N° 4 se separó los agregados gruesos de los agregados finos.

6.2.4.1. Granulometría.- Se realiza tanto para los gruesos como para los finos. Para los agregados gruesos los tamices van de acuerdo al tamaño máximo. El tamaño máximo es de 5 cm. Para la arena se hace además otro cálculo para obtener su Módulo de Finura, que es igual a los porcentajes retenidos acumulados de T4 a T100 y su suma se divide para 100; de allí se obtiene:

Módulo de Finura = 3,25

La granulometría tanto de los agregados gruesos como de los finos, se detalla en el gráfico correspondiente. La curva granulométrica se encuentra sensiblemente dentro del rango aceptable.

6.2.4.2. Peso Volumétrico Varillado (Pvv) y Peso Volumétrico Suelto (Pvs).

Para los agregados gruesos:

Peso volumétrico varillado:

$$\begin{aligned}
 \text{Peso (material+recipiente)} &= 64,90 \text{ lbs.} \\
 \underline{\text{peso (recipiente)}} &= \underline{20,50 \text{ lbs.}} \\
 \text{Peso del material} &= 44,40 \text{ lbs.} \\
 &= 20,18 \text{ Kgs.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pvv &= \frac{\text{Peso material}}{\text{Volumen recipiente}} \\
 &= \frac{20,18 \text{ Kg}}{0,014 \text{ m}^3} \\
 &= 1440 \text{ Kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Peso volumétrico suelto:

$$\begin{aligned}
 \text{Peso (material + recipiente)} &= 60,14 \text{ lbs.} \\
 \underline{\text{peso(recipiente)}} &= \underline{20,50 \text{ lbs.}} \\
 \text{Peso del material} &= 39,64 \text{ lbs.} \\
 &= 18,02 \text{ Kgs.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pvs &= \frac{18,02}{0,014} \\
 &= 1287 \text{ Kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Para la arena:

Peso volumétrico suelto:

$$\text{Peso (material+recipiente)} = 7,044 \text{ Kgs.}$$

$$\frac{\text{peso (recipiente)}}{\text{Peso del material}} = \frac{2,500 \text{ Kgs.}}{4,544 \text{ Kgs.}}$$

$$\text{Peso del material} = 4,544 \text{ Kgs.}$$

$$Pvs = \frac{\text{Peso material}}{\text{Volumen Recipiente}}$$

$$= \frac{4,544}{0,0028}$$

$$= 1623 \text{ Kg/m}^3$$

Densidad saturada superficialmente seca (Dsss)

Para los agregados gruesos:

$$Psss = 1000 \text{ gr}$$

$$Psss \text{ y s} + P \text{ canastilla sumergida} = 2534 \text{ gr}$$

$$\frac{P \text{ canastilla sumergida}}{Psss \text{ y s}} = \frac{2010 \text{ gr}}{524 \text{ gr}}$$

$$Psss \text{ y s} = 524 \text{ gr}$$

$$Dsss = \frac{1000}{1000 - 524} = 2,10$$

Obtenemos la absorción: El material del ensayo lo colocamos en el horno para obtener su peso seco y hacemos su cálculo:

$$\text{Absorción} = \frac{Psss - Ps}{Ps}$$

donde:

Psss: peso superficialmente seco saturado

Ps : peso seco

$$\text{Absorción} = \frac{1000 - 885}{885} \times 100 = 12,99\%$$

Para la arena:

Se satura la muestra durante 24 horas. Se elimina después el agua superficial por medio de papel absorbente y se pe san unos 500 gr. (Pass). En una probeta graduada se ponen 200 cm<sup>3</sup> (Va) de agua; se introduce allí el material y se mide el nuevo volumen (Vt) que es de 430 cm<sup>3</sup>.

$$\begin{array}{rcl} Vt \text{ (agua y arena sss)} & = & 430 \text{ cm}^3 \\ \hline Va \text{ (agua)} & = & 200 \text{ cm}^3 \\ \hline V_{\text{arena sss}} & = & 230 \text{ cm}^3 \end{array}$$

$$\begin{aligned} D_{ss} &= \frac{P_{sss}}{V_{\text{arena sss}}} \\ &= \frac{500}{230} \\ &= 2,17 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

El material se lo seca en el horno y se obtiene su pe so se co:

$$\text{Peso seco} = 451 \text{ gr}$$

Con este dato se calcula la absorción para las arenas:

$$\begin{aligned} \text{Absorción} &= \frac{5000 - 451}{451} \times 100 \\ &= 10,86\% \end{aligned}$$

Desgaste- Abrasión de los Angeles.- El material selecciona- do a través del tamizado sirve para realizar el presente en sayo. Se utiliza el tipo A para los agregados gruesos y el tipo D para la arena.

Agregados Gruesos:

$$P_i = 5000 \text{ gr}$$

$$P_f = 3850 \text{ gr}$$

$$\% \text{ pérdida} = \frac{5000 - 3850}{5000} \times 100$$

$$= 23,00\%$$

Arena:

$$P_i = 5000 \text{ gr}$$

$$P_f = 4015 \text{ gr}$$

$$\% \text{ pérdida} = \frac{5000 - 4015}{5000} \times 100$$

$$= 19,70\%$$

6.2.4.3. Desgaste -Prueba de sulfato-.-- Se va a determinar el desgaste de agregados gruesos y finos, para ello se siguen las especificaciones de la ASTM-C88-55T.

Se utiliza sulfato de sodio diluido (gravedad específica 1,15-1,17) para determinar el desgaste de los materiales. Para el agregado grueso se usan tamices que van del T2 al T4. El material debe estar graduado y con peso determinado (según especificaciones). Previo a ello, se realiza una granulometría para saber su porcentaje retenido. Cada grupo de material se lo coloca en un recipiente para luego poner la solución que debe estar 1" más alta que el mate-

rial en cada recipiente, durante un tiempo variable entre 16 y 18 horas. Posterior a ello, se hace un drenaje para sacar el sulfato y se seca el material al horno durante 4 horas, completando un ciclo. Se coloca luego el sulfato en los recipientes con los materiales para iniciar un segundo ciclo, se siguen los mismos pasos hasta completar cinco ciclos. Luego, se lava el material y se le coloca al horno para obtener su peso seco; este peso se pasa por el tamiz inmediato inferior al tamiz que retiene el material, según cada grupo. En el primer caso tenemos el tamiz  $1 \frac{1}{4}$ " y este peso es el final, puesto que el peso inicial es el obtenido antes del ensayo. Se realizan los cálculos; la suma del porcentaje de pérdida corregida es el porcentaje de pérdida que, en este caso, es 10.65%.

Para la arena se hace lo mismo, variando el grupo de tamices desde el T4 al T50 y como peso inicial 100 gr en cada tamiz y al finalizar el ensayo se tamiza por el T5. Se realiza los cálculos y obtenemos un porcentaje de pérdida de 8,16%. Estos datos son necesarios para el diseño de concreto.

### 6.3. UBICACION Y EVALUACION DE VOLUMENES APROXIMADOS DE PRETAMOS.

A través del estudio realizado se ha podido determinar que los materiales necesarios para la construcción de la presa se encuentran en cantidades suficientes y en sitios a-

proprios, en distancia, para una económica utilización de los mismos.

La arcilla estudiada está ubicada en tres zonas. La principal área de ubicación de arcillas -A<sub>1</sub>- se la localiza aproximadamente a 2 km. aguas abajo del sitio de cierre, sobre la margen derecha y su volumen es de aproximadamente 1'300.000 m<sup>3</sup>. Dos zonas están ubicadas en el interior del vaso (Plano N<sup>o</sup> VI-1), sobre la margen derecha, a 500 m. del sitio de cierre, está la A<sub>2</sub> y a 800 m. del sitio de cierre de Presa, está la A<sub>3</sub>. La calidad de estas arcillas es aparentemente buena y se calculan unos 100.000 m<sup>3</sup> para la A<sub>2</sub> y aproximadamente 200.000 m<sup>3</sup> para la A<sub>3</sub>.

Las arenas y gravas se encuentran a lo largo del río Salanguillo desde el sitio denominado Dos Bocas, en el vaso, hasta cerca de Manantial de Guangala, aguas abajo del sitio de cierre, siguiendo un recorrido de más de 6 km. (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>, Plano VI-1). El ancho del depósito es variable, teniéndose los máximos en Dos Bocas y desde Salanguillo hasta Manantial de Guangala. De las calicatas realizadas se pudo constatar una profundidad mayor de 1 m. de material aprovechable, existiendo de esta manera un volumen de material suficiente para los requerimientos constructivos de la presa.

El material para enrocado se lo encuentra en el interior del vaso, a 3 km. aproximadamente del sitio de cierre, en

la margen derecha del río Azul, sitio H, plano VI-1. Es un afloramiento rocoso masivo, de gran extensión por lo cual su volumen es muy superior al requerido.

El agua requerida se la puede encontrar en forma subsuperficial sobre el cauce del río Salanguillo, aguas arriba y aguas abajo del sitio de cierre, a una distancia de unos 200 a 300 m. Su volumen es apreciable y satisface los requerimientos, lo cual es comprobado por pozos de agua existentes en el cauce del río para consumo humano.

## CAPITULO 7

### 7.1. CONCLUSIONES

#### 7.1.1. Necesidad de Agua

Una de las necesidades básicas de todo conglomerado humano es el agua. Su utilización, tanto para consumo humano cuanto para labores agrícolas e industriales, requiere el conocimiento de su calidad, cantidad disponible y cantidad necesaria. Siendo evidente su escasez en la región peninsular, es también evidente la imperiosa necesidad de inventariar todas las formas y sitios posibles de aprovechamiento de este elemento.

#### 7.1.2. Disponibilidad y forma de aprovechamiento

Conociendo que la mayor disponibilidad de recursos hídricos en el área proviene de las precipitaciones lluviosas invernales, se hace necesario aprovecharlas reteniéndolas. Técnicamente esto se puede hacer a través de la construcción de presas que posibiliten embalsar dichas aguas.

#### 7.1.3. Estudios

El estudio realizado en la zona de Salanguillo nos permite afirmar que existen condiciones favorables para la construcción de una presa. Estas condiciones se pueden resumir en los siguientes puntos:

- 1ª. Los estudios hidrológicos del área aseguran que aún en períodos de sequía, se va a disponer del agua necesaria para los requerimientos de riego.
- 2ª. Condiciones geológicas aceptables, en lo relacionado al vaso, sitio de cierre, estabilidad de laderas, materiales de construcción.
- 3ª. Sitio de cierre adecuado, en cuanto que presenta una longitud económicamente factible por su estrechez y constructivamente favorable para el movimiento de las máquinas. Además, disposición topográfica favorable para ubicación de vertedor.
- 4ª. Vaso de almacenamiento adecuado, tanto en capacidad de almacenamiento cuanto a inutilización de áreas aprovechables y escasez de expropiaciones.
- 5ª. Cuenca de drenaje con altitud favorable.

#### 7.1.4. Geología de la Cuenca de drenaje

Las características geológicas presentes en la cuenca de drenaje son aceptables. Las formaciones existentes en la misma no perjudican el almacenamiento de aguas. A excepción de las calizas Javita, que se encuentran en pequeña extensión y suprayacentes a la formación Cayo -impermeable-, no son observables, al momento, problemas en cuan-

to a filtraciones y disoluciones.

Las características geomórficas de la cuenca favorecen el embalse, por su altitud, a pesar de que su extensión areal no es muy grande y no encierra en ella sino pocas isoyetas.

Las estructuras geológicas dominantes se circunscriben a fallas de poca magnitud y longitud. Tales accidentes no constituyen factores de inestabilidad, puesto que en la zona peninsular -debido a su génesis geológico- se ha originado una amplia actividad tectónica en tiempos pasados. Además, la sismicidad es baja por lo que se asegura una buena estabilidad tectónica.

#### 7.1.5. Geología del Vaso

Se presentan similares características geológicas que en la cuenca de drenaje.

Existen muy pequeñas áreas donde se pueden presentar posibilidades de disolución. Los limitados afloramientos de la caliza Javita no presentan evidencias de disolución, tales como cárcavas, cavernas, por lo que se puede inferir que no afectarán al almacenamiento.

Las lutitas de la formación Cayo, al N y NE del vaso, aseguran una baja permeabilidad al reservorio. Las areniscas de la formación Zapotal, así como los microconglomerados -

de la misma, presentarán permeabilidades limitadas debido a la existencia de estratos lutíticos intercalados.

Los rasgos estructurales son análogos a los de la cuenca. Se presentan fallas de pequeña extensión, que no constituyen factores serios a considerar, por cuanto su acción es limitada.

Los taludes naturales del vaso se presentan estables, a excepción de una pequeña zona situada a 2 Km. aguas arriba, en dirección Este del sitio de cierre. Esta zona corresponde a lutitas bastante meteorizadas, del Grupo Ancón, que presentan detritus del mismo material al pie del talud. Esta zona deberá ser considerada en los cálculos del almacenamiento de aguas.

#### 7.1.6. Geología del Area de Presa

Las condiciones geomórficas son favorables para la ubicación del cierre de presa, debido a un estrechamiento que presenta el valle del río Salanguillo y por la ubicación topográfica de un vertedor natural en el empotramiento izquierdo.

Las condiciones litológicas, sin embargo, deberán ser detenidamente analizadas -a través de la prospección pertinente- en el empotramiento izquierdo. Dicho empotramiento presenta características geológicas alteradas en cuanto a la normal disposición estratigráfica y en cuanto a sus propiedades mecáni

cas. Se presenta algunas veces caótica, producto talvez de la depositación de zonas removidas de las partes altas por meteorización; sus partículas conglomeráticas están encerradas en una matriz más fina areno-limosa-arcillosa que, sin embargo, deja poros y no presentan una alta cementación de partículas.

La disposición de las capas rocosas en esta área, obtenidas a través de las prospecciones realizadas, indica que existen zonas de roca alterada de grueso espesor. Bajo la cobertura superficial se encuentra unos 20 m. aproximados de material alterado: conglomerático bastante alterado. Le subyace una zona de materiales conglomeráticos menos alterados y más compacta. Esta zona puede considerarse como roca de fundación. De acuerdo al diseño de presa, niveles superiores también pueden ser considerados con un conveniente tratamiento de mejoramiento de sus propiedades a través de inyecciones de cemento.

El empotramiento derecho presenta buenas características geológicas, así como la zona central, el cauce, cuya potencia de aluviales es pequeña.

## 7.2. RECOMENDACIONES

Desde el punto de vista geológico, la geomorfología juega un papel importante en la determinación del sitio de cierre de una presa.

Para el presente caso, se observan condiciones geomorfológicas favorables en una pequeña área debido al estrechamiento del valle del río Salanguillo.

En esta zona se ha realizado la prospección geofísica, la cual brinda datos importantes para la siguiente fase: la prospección mecánica.

La prospección mecánica a realizarse en el eje de la presa, deberá ser realizada mediante perforaciones que abarquen: los empotramientos, el cauce del río y las áreas donde se van a levantar estructuras complementarias: vertedor, obra de toma. Las perforaciones se realizarán siguiendo el criterio de encontrar roca sana, impermeable que sirva como fundación de la presa; se deberán, por tanto, analizar las fracturas que se presenten, determinar su RQD y se realizarán los ensayos de permeabilidad necesarios para obtener el grado de permeabilidad de las mismas. También se determinará el esfuerzo de corte y la compresibilidad, factores importantes desde el punto de vista ingenieril.

A más de las perforaciones a realizarse en el área de presa, será conveniente analizar, por este medio, las calizas ubicadas en el vaso, para definir el efecto que van a causar al llenarse el reservorio; así mismo, tales perforaciones brindarán información subterránea que permita realizar correlaciones más detalladas del área a inundarse y permi-

tirá conocer su comportamiento a embalse lleno. Se deberá examinar detenidamente la masividad del afloramiento por cuanto la presencia de cavernas o carcavas subterráneas dará lugar a escapes de agua y por ello se determinará con precisión la permeabilidad del afloramiento.

Se debe profundizar las investigaciones geológicas principalmente del empotramiento izquierdo. Se deberá determinar, mediante trincheras, calicatas y perforaciones, los rumbos, buzamientos y sistemas de diaclasas, con el objeto de determinar la historia geológica de dicho empotramiento a fin de poder elegir con precisión el tipo más conveniente de diseño de la presa.

La ubicación del vertedor y obra de toma se presenta favorable en el empotramiento izquierdo, por consideraciones geomórficas.

La exploración de la cantera del material para enrocado deberá ser realizado durante el período seco, con el objeto de minimizar el coste del transporte.

Se deberá realizar, a través de labores mecánicas como trincheras, el análisis del diaclasamiento que afecta a los empotramientos donde se asentará la presa. Este estudio es de gran importancia puesto que posibilitará conocer el comportamiento que tendrá el macizo rocoso al ser sometida a esfuerzos importantes.

## — APENDICE I

Se analizan tres superficies de falla (Plano N<sup>o</sup> V-7) para diferentes condiciones de la presa.

Se grafican los polígonos dinámicos y los cuadros de cálculos.

Se concluye que el factor de seguridad más bajo es de 2,250, lo que nos indica taludes de la presa estables.

SUPERFICIE DE FALLA N° 1

DOVELA	W	U <sub>i</sub>	U <sub>d</sub>	U <sub>b</sub>	U <sub>i</sub> -U <sub>d</sub>	cAL	T	R
1	261.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	380	175
2	349.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	380	185
3	986.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	170	690
4	1369.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	1360
5	1028.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	1020
6	772.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	770
7	574.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<u>0</u>	<u>570</u>
							930	4770

$$F_s = \frac{4770}{930} = 5.13$$

SUPERFICIE DE FALLA N° 2

DOVELA	W	U <sub>i</sub>	U <sub>d</sub>	U <sub>b</sub>	U <sub>i</sub> -U <sub>d</sub>	cAL	T	R
1	167.76	0.00	153.13	218.75	-153.13	58.25	205	105
2	348.22	153.13	171.13	270.00	- 18.00	34.95	360	65
3	433.35	171.13	0.00	83.25	171.13	20.97	450	80
4	970.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	270	600
5	1624.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	1600
6	1193.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	1220
7	844.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	830
8	478.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<u>0</u>	<u>470</u>
							1285	4970

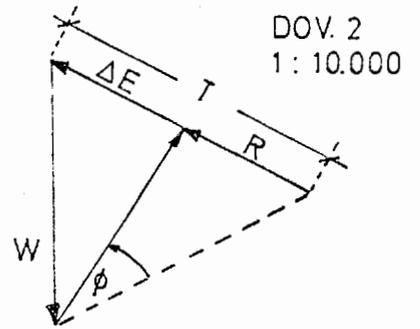
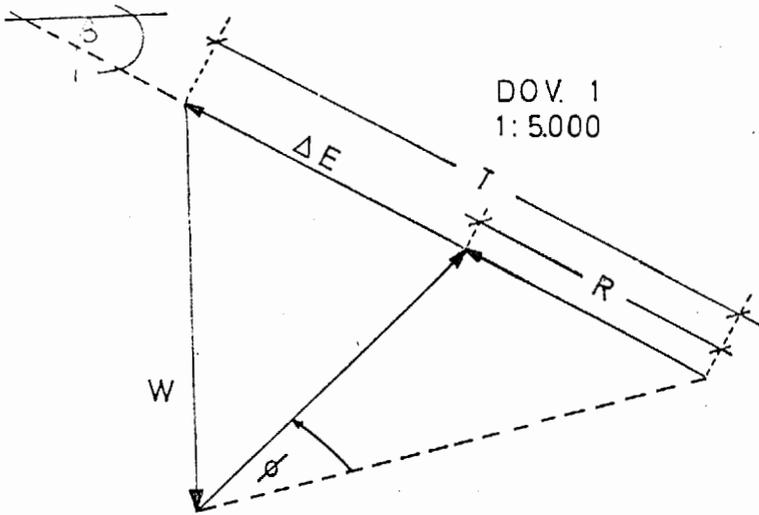
$$F_s = \frac{4970}{1285} = 3.86$$

SUPERFICIE DE FALLA N° 3

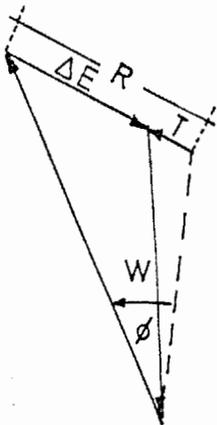
DOVELA	W	U <sub>i</sub>	U <sub>d</sub>	U <sub>b</sub>	U <sub>i</sub> -U <sub>d</sub>	cAL	T	R
1	25.61	0.00	36.13	36.55	-36.13	0.00	30	14
2	286.38	36.13	105.13	170.20	-69.00	34.48	215	45
3	364.71	105.13	0.00	65.25	105.13	20.97	260	85
4	214.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	120	102
5	623.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	268	410
6	912.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	288	680
7	804.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	190	665
8	650.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	110	610
9	458.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70	455
10	358.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32	303
11	212.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<u>10</u>	<u>197</u>
							1593	3566

$$F_s = \frac{3566}{1593} = 2.25$$

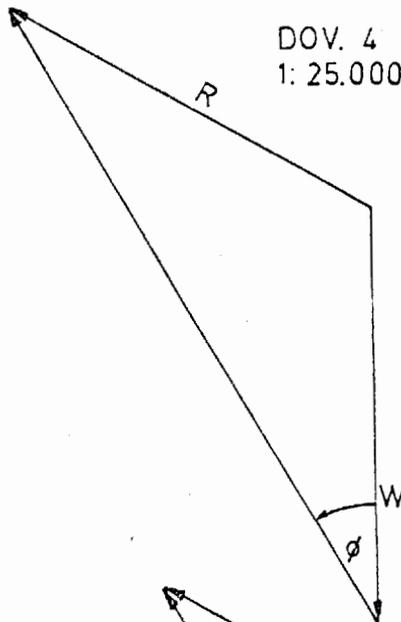
# SUPERFICIE DE FALLA N° 1



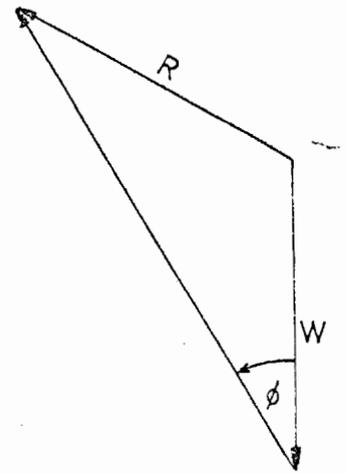
DOV. 3  
1: 25.000



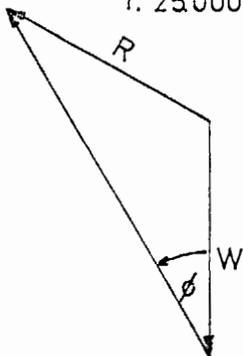
DOV. 4  
1: 25.000



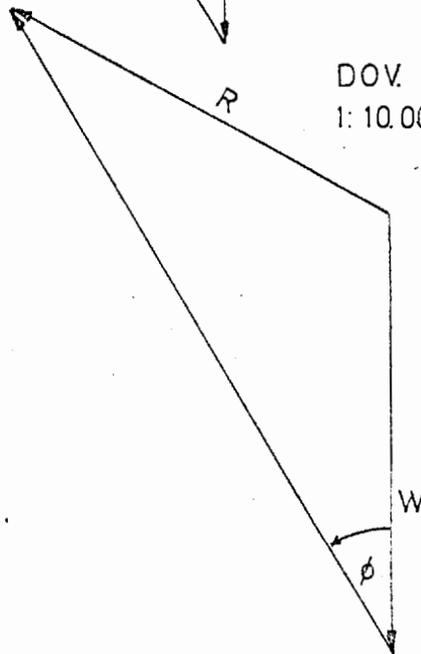
DOV. 5  
1: 25.000



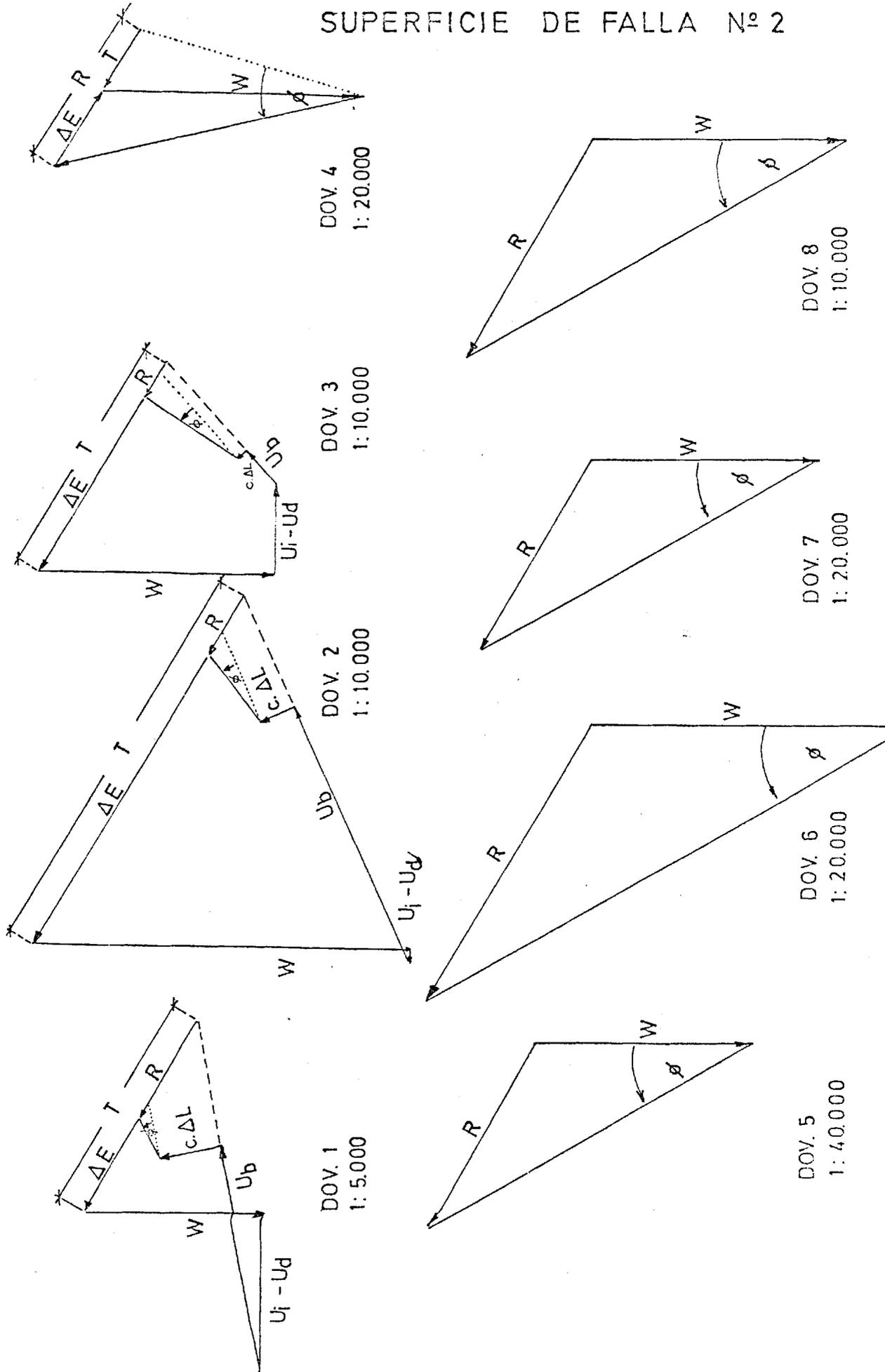
DOV. 6  
1: 25.000



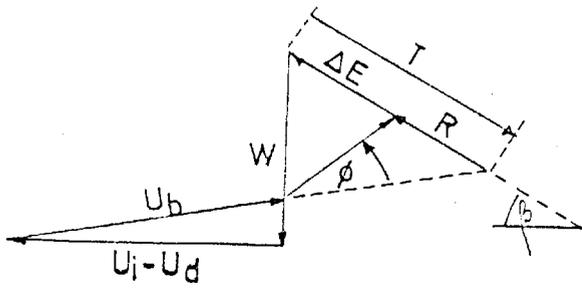
DOV. 7  
1: 10.000



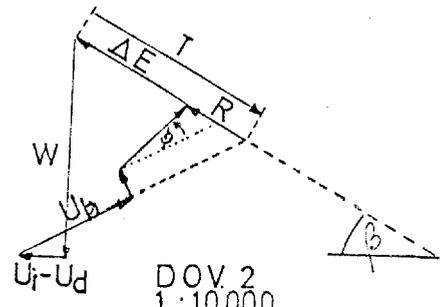
# SUPERFICIE DE FALLA N° 2



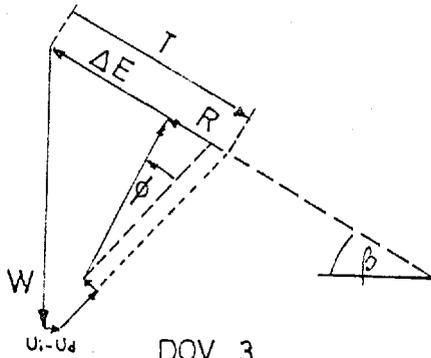
# SUPERFICIE DE FALLA N° 3



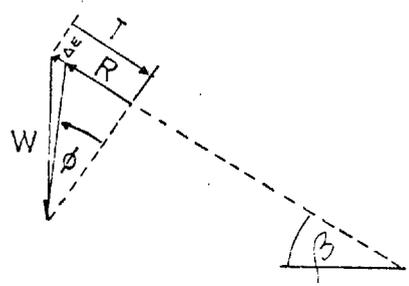
DOV. 1  
1: 1,000



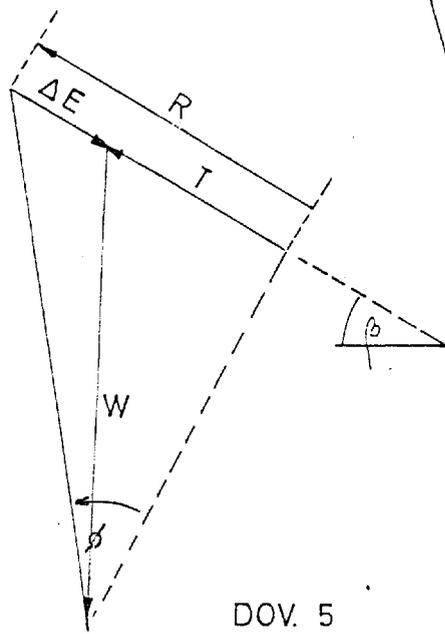
DOV. 2  
1: 10,000



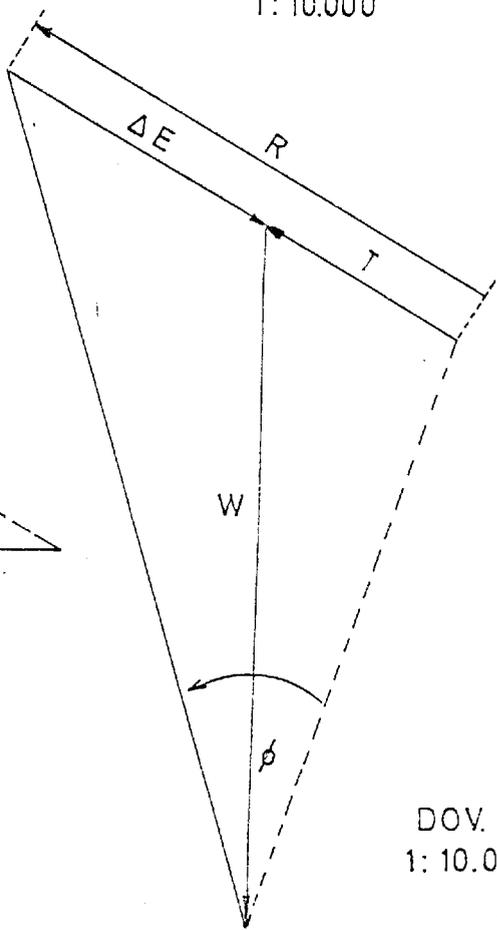
DOV. 3  
1: 10,000



DOV. 4  
1: 10,000

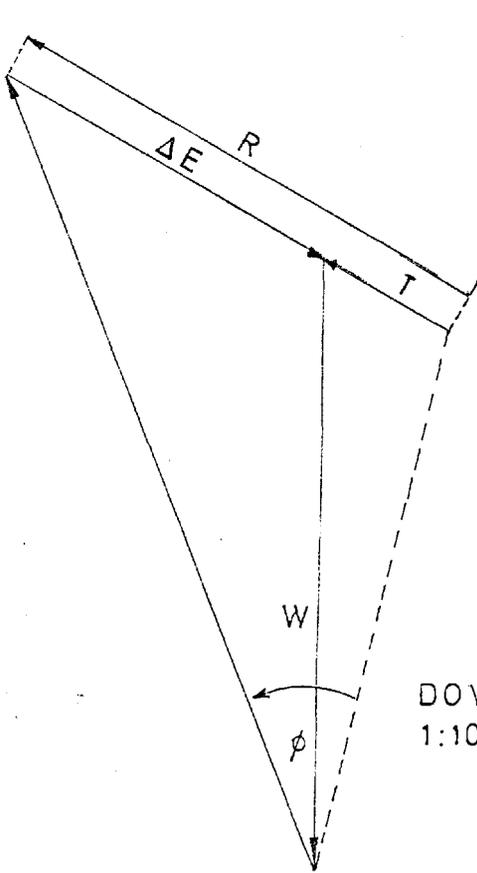


DOV. 5  
1: 10,000

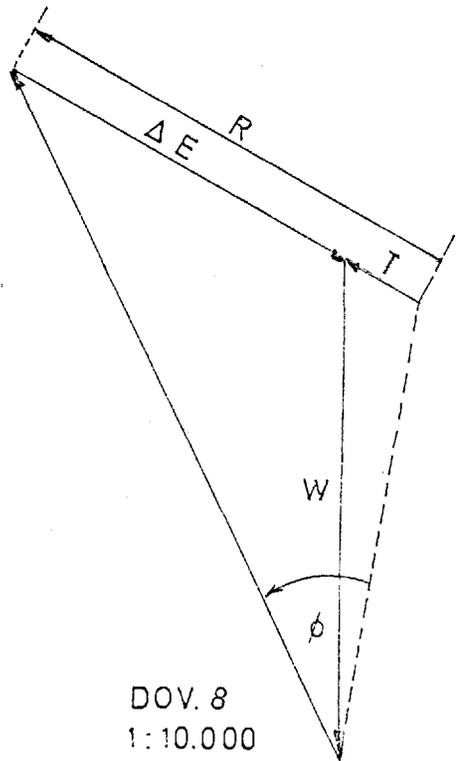


DOV. 6  
1: 10,000

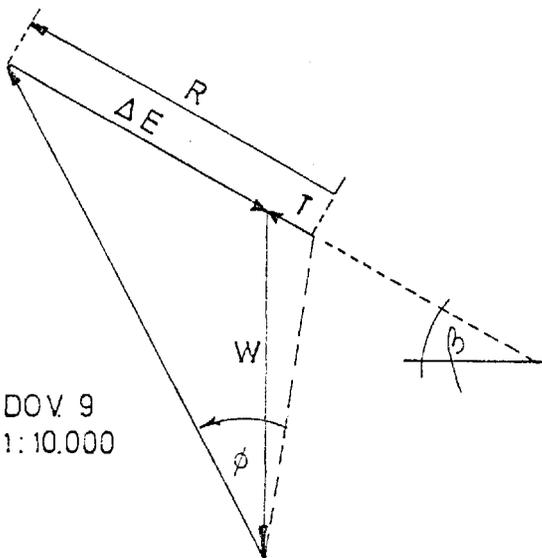
# SUPERFICIE DE FALLA Nº 3



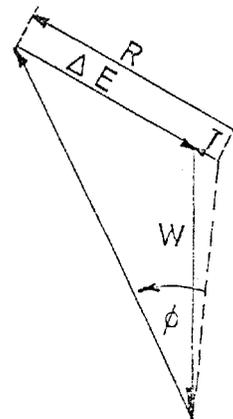
DOV. 7  
1:10.000



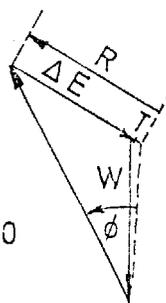
DOV. 8  
1:10.000



DOV. 9  
1:10.000



DOV. 10  
1:10.000



DOV. 11  
1:10.000

# SIMBOLOGIA

## ALTERACION

F= FRESCA  
LA= LIGERAMENTE ALTERADA  
MA= MEDIANAMENTE ALTERADA  
AA= ALTAMENTE ALTERADA  
CA= COMPLETAMENTE ALTERADA  
D= DESCOMPUESTA

## R. Q. D. (%)

90 - 100 = EXCELENTE  
75 - 90 = BUENO  
50 - 75 = MEDIANO  
25 - 50 = MALO  
0 - 25 = MUY MALO

## FRACTURACION

F0 = ROCA MASIVA	0	Fracturas /metro.
F1 = ROCA POCO FRACTURADA	1-2	"
F2 = ROCA FRACTURADA	3-5	"
F3 = ROCA MUY FRACTURADA	6-10	"
F4 = ROCA ALTAMENTE FRACT.	10-20	"
F5 = ROCA FRAGMENTADA	>20	"

# REGISTRO DE PERFORACION

PROYECTO: SALANGUILLO

OBRA: PRESA

PERFORACION N° P.S-1

LOCALIZACION: Margen Izquierda (+300 m del rio Salanguillo).

COORDENADAS: \_\_\_\_\_

MAPA: 1:500

COTA: 116 m.s.n.m.

INCLINACION: VERTICAL

PROFUNDIDAD: 36.50 mts.

TIPO DE SONDEO: A ROTACION

DIAMETROS (φ): 168 mm.

NIVEL FREATICO: 12.00 m.

140 mm.

116 mm.

96 mm.

TESTIGOS: Desde 0.00 mts. Hasta 36.50 mts.

## ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

METODO: 1 LEFRANC Desde 3.50 mts. Hasta 36.50 mts.

2 Desde \_\_\_\_\_ mts. Hasta \_\_\_\_\_ mts.

3 Desde \_\_\_\_\_ mts. Hasta \_\_\_\_\_ mts.

OBRAS E INSTALACIONES ESPECIALES: \_\_\_\_\_

FECHA DE INICIACION: I-IV-78 FECHA DE FINALIZACION: 6-IV-78

EFFECTUADA POR: INERHI TECNICO PERFORADOR: Sr. Victor Pasque

CONTROLADA POR: \_\_\_\_\_ ING. DE PERFORACION: Manuel Quilumba

DESCRIPCION GEOLOGICA POR: Ing. Manuel Quilumba

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

# REGISTRO DE PERFORACION

PROYECTO: SALANGUILLO

OBRA: PRESA.

PERFORACION Nº P.S-1.

LOCALIZACION: Margen Izquierda (+300 m del rio Salanguillo).

COORDENADAS: \_\_\_\_\_ MAPA: 1:500

COTA: 116 m.s.n.m. INCLINACION: VERTICAL.

PROFUNDIDAD: 36.50 mts. TIPO DE SONDEO: A ROTACION.

DIAMETROS ( $\phi$ ): \_\_\_\_\_ NIVEL FREATICO: 12.00 m.

168 mm.  
140 mm.  
116 mm.  
96 mm.

TESTIGOS: Desde 0.00 mts. Hasta 36.50 mts.

## ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

METODO:	1	<u>LEFRANC</u>	Desde <u>3.50</u> mts.	Hasta <u>36.50</u> mts.
	2	_____	Desde _____ mts.	Hasta _____ mts.
	3	_____	Desde _____ mts.	Hasta _____ mts.

OBRAS E INSTALACIONES ESPECIALES: \_\_\_\_\_

FECHA DE INICIACION: I-IV-78 FECHA DE FINALIZACION: 6-IV-78

EFFECTUADA POR: INERHI. TECNICO PERFORADOR: Sr. Victor Pasqu

CONTROLADA POR: \_\_\_\_\_ ING. DE PERFORACION: Manuel Quilumba

DESCRIPCION GEOLOGICA POR: Ing. Manuel Quilumba.

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

PROYECTO: SALANGUILLO

ELABORADO POR: Jos. Manuel Buitrón

DÁTOS DE PERFORACION

PERFORACION N° PS-1

REVISADO POR: \_\_\_\_\_

HOJA 1 DE 1 HOJAS

LOCALIZACION: Mojen Esquivel

N°	FECHA	HORA		PROFUNDIDAD (mts.)			TIPO DE HERRAMIENTA			REVESTIMIENTO			LIQUIDO DE PERFORACION			PENETRACION NIVEL FREATICO			OBSERVACIONES			
		DESDE	HASTA	INICIAL	FINAL	TOTAL	AVANCE	MJEST	Ø	PROF.	TIPO	Ø	TIPO	COLOR	PERDIDA (%)	PROF.	N°GOLP	HORA		PROF	HORA	PROF
1	1-IV/78	07:53	08:36	000	0.50	0.50	0.50	ZT	118				En seco									116 cm/min
2	"	08:40	08:58	0.50	0.95	0.45	0.25	"	"				"									2.50 "
3	"	10:04	10:18	0.95	1.40	0.25	1.20	"	"				"									1.79 "
4	"	10:33	10:36	1.20	1.50	0.30	1.20	"	"				"									2.31 "
5	"	11:58	12:53	1.50	3.00	1.50	1.50	CT	140				Agua	Café amar. arena								2.23 "
6	"	13:08	13:37	3.00	3.80	0.80	0.80	CT	116	300	ZT	140	"	Café								2.76 "
7	"	14:34	16:15	3.80	6.05	2.25	2.25	CD	116	3.50	"	"	"	Café claro								2.28 "
8	"	16:30	17:41	6.05	8.15	2.10	2.35	"	"	"	"	"	"	Amarrilla			18:00	4.00				2.26 "
9	2-IV/78	08:20	08:41	8.15	9.10	0.95	5.30	"	"	"	"	"	"	Café arena arena			07:00	4.00				1.86 "
10	"	08:41	12:38	9.10	12.10	3.00	2.30	"	"	"	"	"	"	Café claro					16:30	2.50		2.63 "
11	3-IV/78	07:38	10:16	13.10	13.10	3.00	11.30	"	"	12.00	"	"	"	"			07:15	11.00				1.90 "
12	"	11:28	12:24	15.10	15.40	0.30	11.60	"	"	"	"	"	"	Café amar. arena	50							0.54 "
13	"	14:43	18:16	15.40	18.40	3.00	14.60	"	"	15.00	"	"	"	"	20				18:30	6.50		1.41 "
14	4-IV/78	08:07	11:12	18.40	20.90	2.50	17.10	"	"	"	"	"	"	"								1.95 "
15	"	13:39	17:08	20.90	22.15	1.25	1.25	CD	96	2.100	ZT	116	"	"					17:36	7.00		1.30 "
16	5-IV/78	08:53	11:31	22.15	24.40	2.25	3.50	"	"	"	"	"	"	"			07:10	16.00				1.42 "
17	"	11:37	16:14	24.40	27.40	3.00	6.50	"	"	"	"	"	"	Café claro					12:35	12.30		1.17 "
18	6-IV/78	08:53	12:07	27.40	30.40	3.00	9.50	"	"	"	"	"	"	Café amar. arena			07:30	26.00				1.35 "
19	"	13:48	15:35	30.40	33.45	3.05	3.05	CT	96	"	"	"	"	Café rosado								2.20 "
20	"	16:12	18:39	33.45	36.50	3.05	6.10	"	"	"	"	"	"	Café amar. arena					18:45	12.00		2.18 "

PROYECTO: SALAMEJILLOELABORADO POR: Eg. Manuel BuitendaPERFORACION N° P5-1

REVISADO POR: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: Marzen izquierdaFORMATO 3  
DATOS GEOLOGICOS  
HOJA 1 DE 4 HOJAS

N°	FECHA	PROFUNDIDAD (mts)			PERDIDA (%)	PERDIDAS EN RECUPERACION					DESCRIPCION LITOLOGICA	FRACTURAS		OBSERVACIONES
		DESDE	HASTA	TOTAL		DESDE	HASTA	DESDE	HASTA	TIPO DE ROCA		N°	DESCRIPCION	
1	12 II / 78	0.00	0.50	0.50	0						Arcilla color café, plástica, deformable, hay presencia de raíces y clastos de hasta 1 cm de diámetro. Hasta 0.50 m.			
2	"	0.50	0.95	0.45	0						Idem. Hasta 0.60 m. Limo arcilloso café amarillento, deformable, hay presencia de raíces y clastos de hasta 1 cm de $\phi$ . Hasta 0.95 m.			
3	"	0.95	1.30	0.35	0						Arcilla café amarillenta, plástica, oxidada, hay presencia de rodados de diferente composición y diámetro de hasta 4 cm. Hasta 1.10 m. Limo arcilloso café amarillento oxidado, deformable, hay presencia de clastos milimétricos. Hasta 1.30 m.			
4	"	1.30	1.50	0.20	0						Limo arcilloso café amarillento oxidado, deformable, hay presencia de clastos de hasta 1 cm $\phi$ . Hasta 1.35 m. Conglomerado café amarillento, poco consolidado, oxidado, compuesto por rodados semirredondeados de hasta 3 cm de $\phi$ en matriz arena arcillosa, presenta intercalaciones de lutita de color amarillo y verdoso. Hasta 1.50 m.	F5		AA
5	"	1.50	3.00	1.50	100						Idem con rodados de hasta 4 cm y matriz arena limosa. Hasta 3.00 m.			
6	"	3.00	3.80	0.80	88	3.00	3.70				Idem. Hasta 3.70 m. Microconglomerado café claro, bien consolidado, compuesto por clastos milimétricos de diferente composición en una matriz arenosa, hay escasa presencia de rodados de hasta 2 cm $\phi$ . Hasta 3.80 m.	F4		AA
7	"	3.80	6.05	2.25	79	3.80	5.57				Conglomerado café amarillento, poco consolidado, oxidado, compuesto por rodados semirredondeados de hasta 4 cm $\phi$ en matriz arena limosa; interestratificada con lutita verde amarillenta. Hasta 5.57 m. Microconglomerado color café claro bien consolidado, oxidado, compuesto por clastos milimétricos en una matriz arenosa; hay escasa presencia de rodados de hasta 2 cm $\phi$ y yeso. Hasta 6.05 m.	F4		AA



# REGISTRO DE PERFORACION

PROYECTO: SALANGUILLO  
 PERFORACION N° P5-1  
 LOCALIZACION: Margen izquierda

ELABORADO POR: Exp. Manuel Arizuma  
 REVISADO POR: \_\_\_\_\_

FORMATO 3  
 DATOS GEOLOGICOS  
 HOJA 3 DE 4 HOJAS

N°	FECHA	PROFUNDIDAD (mts)			PERDIO (%)	PERDIDAS EN RECUPERACION					DESCRIPCION LITOLOGICA	FRACTURAS		OBSERVACIONES			
		DESDE	HASTA	TOTAL		DESDE	HASTA	DESDE	HASTA	TIPO DE ROCA		N°	DESCRIPCION				
14	4-IV-79	18.40	20.90	2.50	16	18.40	20.00			Lutita	Hasta 18.40m. Lutita gris azulada, bien consolidada, alterada, los planos de fracturamiento presentan fuerte oxidación. Hasta 18.60m. Lutita café amarillenta, poco consolidada, oxidada, fragmentada. Hasta 20.00m. Lutita gris azulada bien consolidada, alterada, los planos de fracturamiento están bastante oxidados.	F5	12.80m 65° oxidada 17.92m 90° " 18.70m 60° " 18.30m 25° "	16	Alteración P.A.		
15	"	20.90	22.15	1.25	48		21.35	22.15		Conglomerado	Hasta 20.90m. Lutita gris azulada, bien consolidada, alterada, fracturada, presenta volutas de yeso. Hasta 21.35m. Conglomerado café amarillento, poco consolidado, oxidado compuesto por rodados semiredondeados de composición lutítica con diámetros de hasta 10 cm en matriz arenosa limosa.	F5	10.15m 11° oxidada 20.38m 15° " 20.35m 15° " 20.70m 5° "	17	P.A.		
16	5-IV-79	22.15	24.40	2.25	45	22.15	23.15			Conglomerado	Hasta 22.15m. Lutita café ventosa bien consolidada, presenta fuerte oxidación en los planos de fracturamiento y escasos volutas de yeso. Hasta 23.15m. Conglomerado café amarillento, poco consolidado, compuesto por rodados semiredondeados de composición lutítica con diámetros de hasta 7 cm en matriz arenosa limosa.	F5	21.13m 0° oxidada 21.39m 0° " 21.58m 40° "		P.A.		
17	"	24.40	27.40	3.00	83	24.40	26.80			Conglomerado	Hasta 26.80m. Conglomerado café azulado, bien consolidado y alterado, compuesto por rodados semiredondeados de hasta 2 cm de diámetro en matriz lutítica. Hasta 27.10m. Lutita café ventosa bien consolidada, oxidada y fracturada.	F4			P.A.		
18	6-IV-79	27.40	30.40	3.00	81	27.40	29.84			Conglomerado	Hasta 29.84m. Conglomerado café amarillento, poco consolidado, compuesto por rodados semiredondeados de composición lutítica con diámetro de hasta 8 cm en matriz arenosa limosa.						



PROYECTO: SALANGUILLO

TIPO DE ENSAYO: LEERANC

PERFORACION N° PS-1

ELABORADO POR: Washington Mariño

LOCALIZACION: Margen Izquierda

REVISADO POR: \_\_\_\_\_

N°	OBTURADOR			PROFUNDIDAD DEL ENSAYO			NIVEL FREATICO cm.	REVESTIMIENTO		ABSORCION			PRESIONES				Q UNITARIA	Q/P RELATIV	Q <sub>0</sub> /Q <sub>d</sub>	K PERMEABIL cm/seg.	OBSERVACIONES
								LONGIT	β	q	l	Q	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P					
	DESDE cm	HASTA cm	TIPO	DESDE cm	HASTA cm	TOTAL cm.		cm.	cm.	cm <sup>3</sup> seg.	seg.	cm <sup>3</sup> /seg.	Monómetros Kg/cm <sup>2</sup>	Manómetros Kg/cm <sup>2</sup>	Pérdidas Kg/cm <sup>2</sup>	TOTAL Kg/cm <sup>2</sup>					
1																					
2-IV/78			H6	350	1210	860	100	350	H.O.	50000	600	838.33		0.400		0.400	5849	14.632		172 · 10 <sup>-3</sup>	
2																					
4-IV/78			H6	1500	2080	580	940	1500	H.O.	50000	600	83.33		0.940		0.940	0.817	0.902		106 · 10 <sup>-3</sup>	
3																					
5-IV/78			H6	2100	2740	640	1500	2100	H.6	10000	600	100.00		1.500		1.500	0.238	0.625		782 · 10 <sup>-5</sup>	
4																					
6-IV/78			H6	2100	3040	940	1350	2100	H.6	10000	600	66.67		1.350		1.350	0.426	0.915		4.25 · 10 <sup>-3</sup>	
5																					
6-IV/78			H6	2100	3650	1550	1350	2100	H.6	30000	600	83.33		1.350		1.350	0.323	0.939		350 · 10 <sup>-5</sup>	

# REGISTRO DE PERFORACION

PROYECTO: SALANGUILLO.

OSRA: PRESA.

PERFORACION N° PS-2.

LOCALIZACION: Margen Izquierda (± 215 m. del Río)

COORDENADAS: \_\_\_\_\_ MAPA: \_\_\_\_\_

COTA: 114 m.s.n.m. INCLINACION: VERTICAL

PROFUNDIDAD: 33.50 mts. TIPO DE SONDEO: A ROTACION

DIAMETROS (φ): 168 mm.  
140 mm.  
116 mm.  
96 mm.  
76 mm.

TESTIGOS: Desde 0.00 mts. Hasta 33.50 mts.

## ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

METODO: 1 LEFRANC Desde 3.00 mts. Hasta 33.50 mts.  
2 \_\_\_\_\_ Desde \_\_\_\_\_ mts. Hasta \_\_\_\_\_ mts.  
3 \_\_\_\_\_ Desde \_\_\_\_\_ mts. Hasta \_\_\_\_\_ mts.

CERAS E INSTALACIONES ESPECIALES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FECHA DE INICIACION: 8-IV-78 FECHA DE FINALIZACION: 14-IV-78

EFFECTUADA POR: INERHI TECNICO PERFORADOR: Victor Pasquel

CONTROLADA POR: \_\_\_\_\_ ING. DE PERFORACION: Manuel Quilumba

DESCRIPCION GEOLOGICA POR: Ing. Manuel Quilumba P.

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

PROYECTO: SALANGUILLO.

OSRA: PRESA.

PERFORACION Nº PS-2.

LOCALIZACION: Margen Izquierda (± 215 m. del Río)

COORDENADAS: \_\_\_\_\_

MAPA: \_\_\_\_\_

COTA: 114 m.s.n.m.

INCLINACION: VERTICAL

PROFUNDIDAD: 33.50 mts.

TIPO DE SONDEO: A ROTACION

DIAMETROS (φ): 168 mm.  
140 mm.  
116 mm.  
96 mm.  
76 mm.

NIVEL-FREATICO: 22.00 m.

TESTIGOS: Desde 0.00 mts. Hasta 33.50 mts.

**ENSAYOS DE PERMEABILIDAD**

- METODO: 1 LEFRANC Desde 3.00 mts. Hasta 33.50 mts.  
 2 \_\_\_\_\_ Desde \_\_\_\_\_ mts. Hasta \_\_\_\_\_ mts.  
 3 \_\_\_\_\_ Desde \_\_\_\_\_ mts. Hasta \_\_\_\_\_ mts.

CERAS E INSTALACIONES ESPECIALES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

FECHA DE INICIACION: 8-IV-78 FECHA DE FINALIZACION: 14-IV-78

EFFECTUADA POR: INERHI TECNICO PERFORADOR: Victor Pasquel

CONTROLADA POR: \_\_\_\_\_ ING. DE PERFORACION: Manuel Quilumba

DESCRIPCION GEOLOGICA POR: Ing. Manuel Quilumba P.

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

PROYECTO: SALANGUILLO

ELABORADO POR: Ing. Manuel Quilumba

DATOS DE PERFORACION

PERFORACION N° PS-2

REVISADO POR: \_\_\_\_\_

HOJA 1 DE 1 HOJAS

LOCALIZACION: Margen Saguerda

N°	FECHA	HORA		PROFUNDIDAD (mts.)			TIPO DE HERRAMIENTA			REVESTIMIENTO			LIQUIDO DE PERFORACION			PENETRACION		NIVEL FREATICO				OBSERVACIONES
		DESDE	HASTA	INICIAL	FINAL	TOTAL	AVANCE	MUEST	Ø	PROF.	TIPO	Ø	TIPO	COLOR	PERDIDA (%)	PROF.	N°GOLP.	HORA	PROF.	HORA	PROF.	
1	8-IV-78	7:13	7:28	0.00	0.50	0.50	0.50	ZT	168													3.32 cm/min.
2	"	7:43	8:15	0.50	1.00	0.50	1.00	"	"													1.56 cm/min.
3	"	8:35	9:10	1.00	1.50	0.50	1.50	"	"													1.43 cm/min.
4	"	9:30	9:56	1.50	3.00	1.50	1.50	CT	140													5.77 cm/min.
5	"	15:17	16:07	3.00	6.05	3.05	3.05	CT	116	3.00	ZT	140	"	"						17:15	3.00	6.10 cm/min.
6	9-IV-78	7:28	8:23	6.05	9.10	3.05	6.10	"	"	"	"	"	"	"						7:15	8.00	5.55 cm/min.
7	"	14:51	15:36	9.10	12.15	3.05	9.15	"	"	9.00	ZT	140	"	"						17:00	2.00	6.78 cm/min.
8	10-IV-78	8:23	9:14	12.15	15.20	3.05	12.20	"	"	12.00	ZT	140	"	"						7:30	12.00	5.98 cm/min.
9	"	11:02	11:52	15.20	18.25	3.05	15.25	"	"	15.00	ZT	140	"	"						16:30	16.50	6.10 cm/min.
10	11-IV-78	11:44	13:40	18.25	20.95	2.70	2.70	CD	96	18.00	ZT	116	"	café clara						7:20	16.90	2.33 cm/min.
11	"	14:13	16:04	20.95	24.00	3.05	5.75	"	"	18.50	ZT	116	"	"						16:50	19.00	2.75 cm/min.
12	12-IV-78	8:15	9:07	24.00	24.95	0.95	6.70	"	"	"	"	"	"	café amarillenta						7:20	21.00	1.83 cm/min.
13	"	9:53	12:07	24.95	27.40	2.45	9.15	"	"	"	"	"	"	café blanquecina								1.83 cm/min.
14	"	14:54	15:23	27.40	28.00	0.60	0.60	CD	76	27.00	ZT	96	"	"	40							2.07 cm/min.
15	"	15:51	16:48	28.00	29.25	1.25	1.85	"	"	"	"	"	"	"	30					17:25	26.00	2.19 cm/min.
16	13-IV-78	7:54	9:44	29.25	30.40	1.15	3.00	"	"	"	"	"	"	"	30					7:15	28.50	1.05 cm/min.
17	"	10:23	11:54	30.40	31.60	1.20	4.20	"	"	"	"	"	"	"	80							1.92 cm/min.
18	"	12:44	16:34	31.60	33.50	1.90	6.10	"	"	"	"	"	"	"	50					17:10	22.00	1.12 cm/min.

N°	FECHA	PROFUNDIDAD (mts)			PERDIDA (%)	PERDIDAS EN RECUPERACION (m)					DESCRIPCION LITOLOGICA	FRACTURAS		OBSERVACIONES	
		DESDE	HASTA	TOTAL		DESDE	HASTA	DESDE	HASTA	TIPO DE ROCA		N°	DESCRIPCION	RQD %	ALTERACION
1	8-IV-78	0.00	0.50	0.50							Arcilla color café, plástica con presencia de clastos de diferente composición y $\phi$ de hasta 1cm Hasta 0.50m				
2	8-IV-78	0.50	1.00	0.50							Arcilla color café-claro, compacta, presenta con creaciones de lutita verdosa, existe presencia de raíces. Hasta 0.70m Lutita café amarillenta y verdosa, fragmentada, deleznable, oxidada, contiene clastos milimétricos de diferente composición, Hasta 1.00m	F5			A
3	8-IV-78	1.00	1.50	0.50							Conglomerado café amarillento, poco consolidado, compuesto por rodados semiredondos de hasta 3cm de $\phi$ con matriz areno arcillosa, escasa presencia de yeso Hasta 1.50m	F5			A
4	8-IV-78	1.50	3.00	1.50	100						Conglomerado Lutita. Conglomerado café amarillento, poco consolidado, compuesto por clastos de diferente composición y $\phi$ de hasta 3cm en matriz areno-arcillosa, intercalado con Lutita amarillenta y verdosa, fragmentada y alterada. Hasta 3.00m	F5			A
5	8-IV-78	3.00	6.05	3.05	64	3.00	3.70				Conglomerado. Idem, con presencia de rodados de hasta 3cm de $\phi$ . Hasta 3.70m Arenisca café amarillenta medianamente consolidada, grano grueso a muy grueso, bastante oxidada. Hasta 4.80m Lutita café amarillenta y verdosa, oxidada, fragmentada, existe escasa presencia de rodados semiredondos de hasta 4cm de $\phi$ y microconglomerado en matriz areno-arcillosa Hasta 6.05m	F4			A
6	9-IV-75	6.05	9.10	3.05	50	6.05	7.50				Conglomerado Lutita. Idem, hasta 7.50m. Conglomerado café amarillento bien consolidado, compuesto por rodados semiredondos de hasta 3cm de $\phi$ en matriz arcilla-arenosa interestratificado con microconglomerado de idéntica matriz, están bastante oxidados, presentan fracturas. Hasta 9.10m.	F	7.75 m 0° Oxidada 7.95 m 10° Oxidada 8.03 m 10° Oxidada 8.23 m 48° Oxidada	26	

N°	FECHA	PROFUNDIDAD (mts)			PERDIDA (%)	PERDIDAS EN RECUPERACION (m)					DESCRIPCION LITOLOGICA	FRACTURAS		OBSERVACIONES			
		DESDE	HASTA	TOTAL		DESDE	HASTA	DESDE	HASTA	TIPO DE ROCA		N°	DESCRIPCION	R.G.D.	ALTERACION		
7	9-IV-78	9.10	12.15	3.05	100						Arenisca.	Arenisca café-amarillenta, poco consolidada, de grano grueso, oxidada, interstratificada con lutita café verdosa, fragmentada y oxidada. Hasta 12.15 m	FS			AA	
8	10-IV-78	12.15	15.20	3.05	100						Arenisca, microconglomerado; lutita.	Arenisca café-amarillenta, poco consolidada, grano grueso, oxidada, interstratificada con lutita fragmentada y microconglomerado oxidado en matriz arcillosa. Hasta 15.20	FS			AA	
9	10-IV-78	15.20	18.25	3.05	100						Arenisca, microconglomerado, lutita.	Idem. Hasta 18.25	FS			AA	
10	11-IV-78	18.25	20.95	2.70	37	18.25	19.25				Arenisca conglomerado.	Arenisca café-amarillenta poco consolidada grano medio, oxidada, interstratificada con conglomerado café-amarillento, compuesto por rodados semiredondados de hasta 7 cm de $\phi$ , en matriz aren. arcillosa. Hasta 20.95 m	FS	28.22 m 18° Oxidado 18.98 m 12° Oxidado 19.55 m 60° " 19.75 m 45° " 19.96 m 60° "	22		AA
11	11-IV-78	20.95	24.00	3.05	92			21.22	24.00		Conglomerado.	Idem. Hasta 21.22 m	FS			AA	
12	12-IV-78	24.00	24.95	0.95	91	a lo largo del testigo					Conglomerado.	Idem, con rodados de hasta 5 cm de $\phi$ . Hasta 24.95 m	FS			AA	
13	12-IV-78	24.95	27.40	2.45	65	24.95	26.62				Conglomerado.	Idem, con rodados de hasta 6 cm de $\phi$ . Hasta 26.62	FS			AA	
14	12-IV-78	27.40	28.00	0.60							Idem, con los planos de fracturamiento bien oxidados. Hasta 28.00 m	FS			AA		
15	12-IV-78	28.00	29.25	1.25							Lutita gris azulada, bien consolidada, alterada, los planos de fracturamiento están bien oxidados, presenta concreciones de limolita. Hasta 29.25	FS	28.15 m 33° Oxidado 28.40 m 33° Oxidado 28.53 m 30° Oxidado 28.83 m 60° Oxidado	22		AA	
16	13-IV-78	29.25	30.40	1.15	35			29.60	30.15		Conglomerado.	Idem, algo fragmentada. Hasta 29.60	FS			AA	
											Conglomerado café verdoso poco consolidado, oxidado compuesto por rodados semiredondados de hasta 5 cm de $\phi$ , en matriz arcillosa.					12	

INERHI

REGISTRO DE PERFORACION

PROYECTO: SALANGUILLO

ELABORADO POR: Ing. Manuel Quilumba

PERFORACION N° P6-2

REVISADO POR: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: Margen Izquierda

FORMATO 3  
DATOS GEOLOGICOS  
HOJA 3 DE 3 HOJAS

N°	FECHA	PROFUNDIDAD (mts)			PERDIDA (%)	PERDIDAS EN RECUPERACION					DESCRIPCION LITOLOGICA	FRACTURAS		OBSERVACIONES
		DESDE	HASTA	TOTAL		DESDE	HASTA	DESDE	HASTA	TIPO DE ROCA		N°	DESCRIPCION	
											Hasta 30.15m			
											arenisca blanco-verdosa, bien consolidada, fracturada, aserrada.	30.20m 50° Unidad		AA
17	13-IV-78	30.40	31.60	1.20	80	30.40	31.60			conglomerado	Hasta 30.40m Conglomerado café verdoso, poco consolidado, oxidado, compuesto por rodados semiredondeados de hasta 5cm de φ en matriz areno-arcillosa.			AA
											Hasta 31.30m Lutita gris azulada, bien consolidada, fracturada, presenta vetillas oxidadas y concreciones de limolita.	31.50m 70° Unidad		
18	13-IV-78	31.60	33.50	1.90	98	A lo largo del testigo.				conglomerado	Hasta 31.60m Conglomerado, café amarillento, poco consolidado, oxidado, compuesto por rodados semiredondeados de hasta 7cm de φ, en matriz areno-arcillosa.			AA
											Hasta 33.50m			

PROYECTO: SALANQUILLO

TIPO DE ENSAYO: LEFRANC.

PERFORACION N° PS-2.

ELABORADO POR: Ing. Manuel Quilumba.

LOCALIZACION: Margen Izquierda.

REVISADO POR: \_\_\_\_\_

N°	OBTURADOR			PROFUNDIDAD DEL ENSAYO			NIVEL FREATICO (cm)	REVESTIMENT		ABSORCION			PRESIONES				Q	Q/p	Q <sub>0</sub> /Q <sub>d</sub>	K	OBSERVACIONES
								LONGIT	Ø	q	I	Q	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P					
	DESDE cm	HASTA cm	TIPO (mm)	DESDE cm	HASTA cm	TOTAL cm		cm	cm	cm <sup>3</sup>	seg	cm <sup>3</sup> /seg	Monóm. Kg/cm <sup>2</sup>	Hydro. Kg/cm <sup>2</sup>	Pérdida Kg/cm <sup>2</sup>	TOTAL Kg/cm <sup>2</sup>	UNITARIA cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> seg	RELATIV	PERMEABIL cm/seg		
1			116	300	910	610	280	300	140	ENSAYO LEFRANC.											
9-IV-78										19.000	600	31,67		0,280		0,280	0,311	1,112		1,24 x 10 <sup>-6</sup>	
2			96	1800	2400	600	1950	1800	116	ENSAYO LEFRANC.											
11-IV-78										543.000	600	905,00		1,950		1,950	9,050	4,641		4,71 x 10 <sup>-6</sup>	
3			76	2700	3350	650	2150	2700	96	ENSAYO LEFRANC.											
13-IV-78										528.000	600	875,00		2,150		2,150	8,077	3,757		4,92 x 10 <sup>-6</sup>	

### CONTENIDO DE HUMEDAD

FECHA \_\_\_\_\_

PROYECTO Presas Salanguillo

Perforación \_\_\_\_\_ Muestra A Profundidad 2,00 mts,

Muestra N°	A-1						
Recipiente N°	A 4						
Peso en gramos	Recipiente + peso húmedo	34,70					
	Recipiente + peso seco	32,70					
	Agua	W <sub>w</sub>	2,00				
	Recipiente		11,80				
	Peso seco	W <sub>s</sub>	20,90				
Contenido de agua	w	9,57%	%	%	%	%	%

Muestra N°							
Recipiente N°							
Peso en gramos	Recipiente + peso húmedo						
	Recipiente + peso seco						
	Agua	W <sub>w</sub>					
	Recipiente						
	Peso seco	W <sub>s</sub>					
Contenido de agua	w		%	%	%	%	%

Muestra N°							
Recipiente N°							
Peso en gramos	Recipiente + peso húmedo						
	Recipiente + peso seco						
	Agua	W <sub>w</sub>					
	Recipiente						
	Peso seco	W <sub>s</sub>					
Contenido de agua	w		%	%	%	%	%

$$W\% = \frac{(\text{recipiente} + \text{peso húmedo}) - (\text{recipiente} + \text{peso seco})}{(\text{recipiente} + \text{peso seco}) - (\text{recipiente})} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Observaciones \_\_\_\_\_

Operador \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

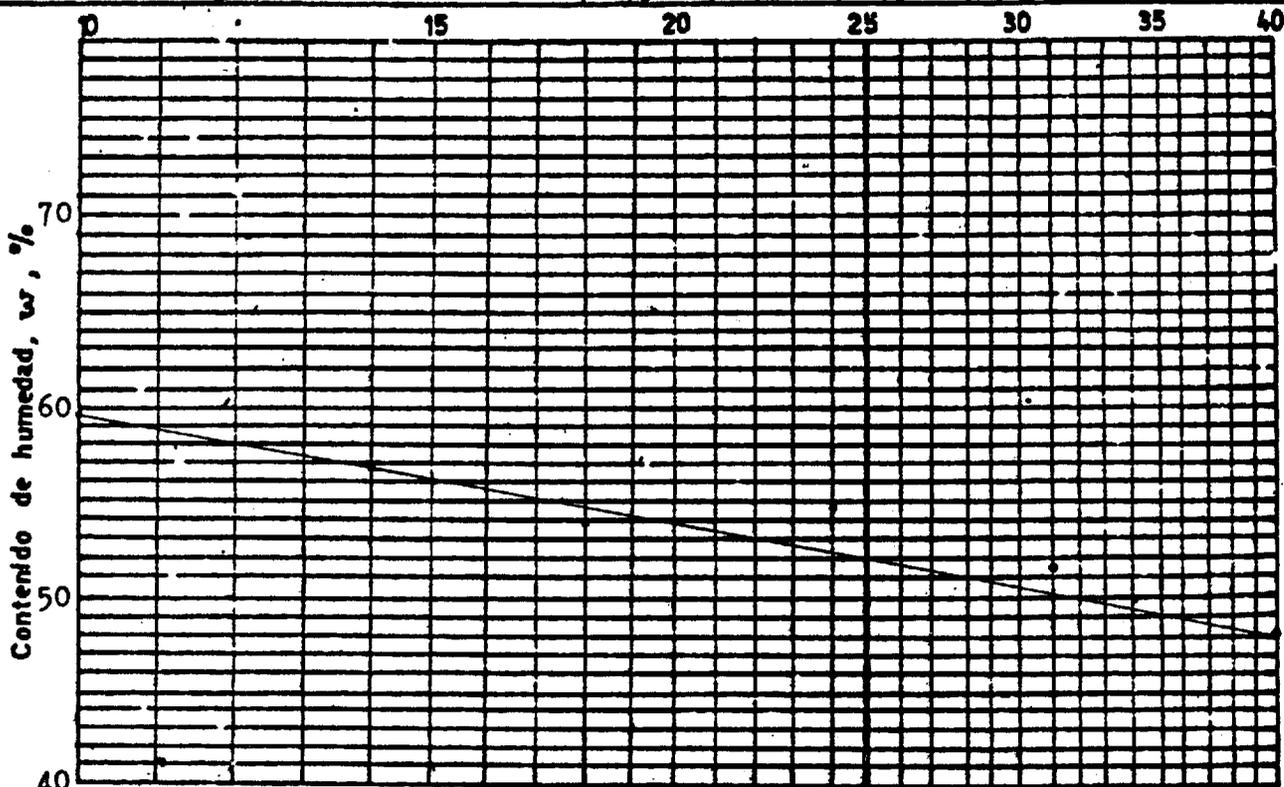
ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

FECHA \_\_\_\_\_

PROYECTO Presa Salanguillo  
Perforación \_\_\_\_\_ Muestra A Profundidad 2,00 mts.

LIMITE LIQUIDO

PASO N°		1	2	3	4	5	6
Recipiente N°		75 X	M 2	114	13	167	21
Peso en grs.	Recipiente + peso húmedo	23,60	21,60	21,70	21,60	21,60	21,30
	Recipiente + peso seco	19,25	18,10	18,30	18,20	18,20	18,15
	Agua $W_w$	4,35	3,50	3,40	3,40	3,40	3,15
	Recipiente	11,95	11,94	12,00	12,00	11,60	11,60
	Peso seco $W_s$	7,30	6,16	6,30	6,20	6,60	6,55
Contenido de humedad $w$		59,58	56,80	53,96	54,83	51,51	48,09
Numero de golpes		10	14	18	24	31	40



Número de golpes

LIMITE PLASTICO

PASO N°		1	2	3	4	5	Contenido humedad natural
Recipiente N°		124	007	10			
Peso en grs.	Recip.+peso húmedo	17,30	17,30	17,10			
	Recip.+peso seco	16,40	16,30	16,20			
	Agua $W_w$	0,90	1,00	0,90			
	Recipiente	11,80	11,67	11,70			
	Peso seco $W_s$	4,60	4,63	4,50			
Contenido de agua $w$		19,56	21,51	20,00			
Limite Plástico							

$w_L$  52,00  
 $w_p$  20,35  
 $I_p$  31,65

Símbolo de la carta de plasticidad.

CH

Observaciones CH - Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.-

Operador \_\_\_\_\_ Calc. por \_\_\_\_\_ Verific. por \_\_\_\_\_

PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200

FECHA: \_\_\_\_\_

PROYECTO: Presa Salanguillo

Perforación: \_\_\_\_\_ Muestra: A Profundidad: 2,00 mts.

MUESTRA N°						
Recipiente N°		X				
Peso en gramos	Peso del recipiente	313				
	Peso inicial + Recipiente	1.313				
	Peso final + Recipiente	503				
	Peso inicial	1.000				
	Peso final	190				
% Retenido: $\frac{\text{Peso final} \times 100}{\text{Peso inicial}}$		19,00				
% Pasa tamiz N° 200 = 100% - % Retenido		81,00				
MUESTRA N°						
Recipiente N°						
Peso en gramos	Peso del recipiente					
	Peso inicial + Recipiente					
	Peso final + Recipiente					
	Peso inicial					
	Peso final					
% Retenido = $\frac{\text{Peso final} \times 100}{\text{Peso inicial}}$						
% Pasa Tamiz N° 200 = 100% - % Retenido						
MUESTRA N°						
Recipiente N°						
Peso en gramos	Peso del recipiente					
	Peso inicial + recipiente					
	Peso final + recipiente					
	Peso inicial					
	Peso final					
% Retenido: $\frac{\text{Peso final} \times 100}{\text{Peso inicial}}$						
% Pasa Tamiz N° 200 = 100% - % Retenido						

Observaciones \_\_\_\_\_

Operador \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

PESO DEL CILINDRO: 4,706 kg.

PESO DE TIERRA SECA,  $P_s = \frac{PT}{1 + W/100}$

PESO VOLUMETRICO SECO,  $P_{vs} = P_s/V$

PT = PESO TOTAL — PESO DEL CILINDRO

ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO,  $h = 30$  cm.

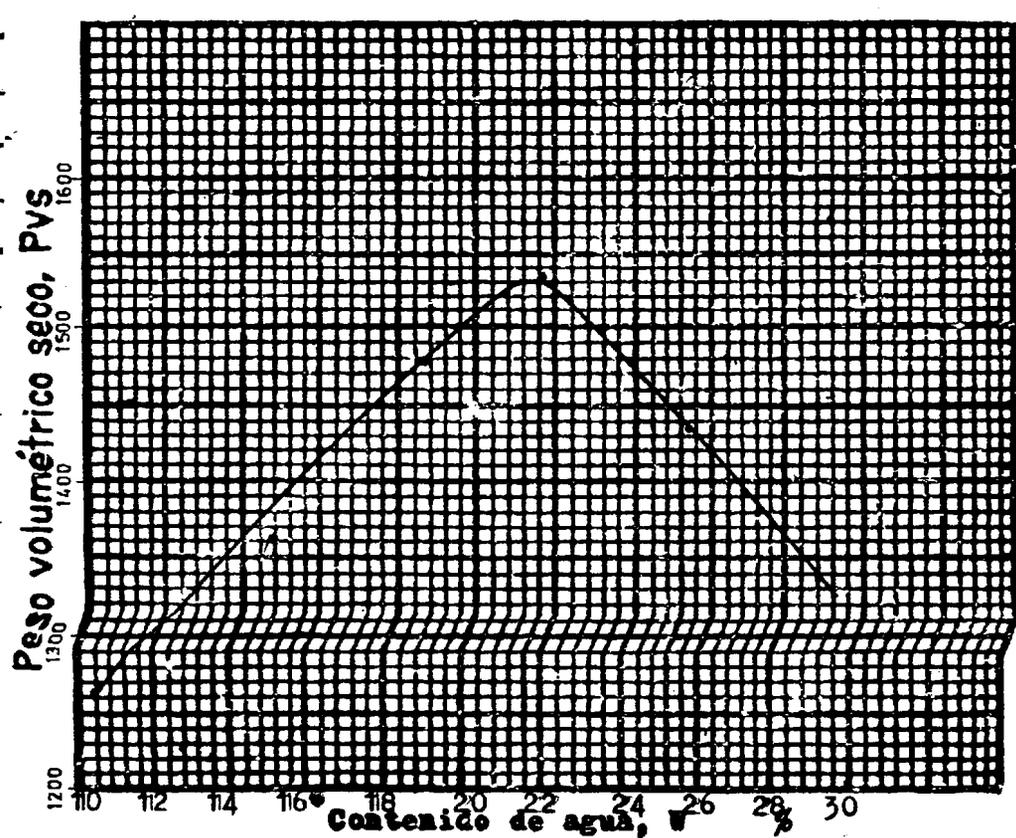
NUMERO DEL GOLPES,  $N = 25$  c/capa

PESO DEL MARTILLO,  $P_m = 5,5$  lbs kg.

LABORATORIO: ...  
**PRUEBA PROCTOR**  
 ESTANDAR ..... MODIFICADO  
 MUESTRA: A ELEV. 2,00 m.  
 FECHA: .....  
 OPERADOR: .....

PROYECTO: Presa Salanguillo

Prueba N°	Cap. N°	Peso tierra húmeda + cap. gr.	Peso tierra seca + cap. gr.	Peso de la cap. gr.	Peso de agua gr.	Peso seco gr.	W %	Peso tierra húmeda + cilindro kg.	Peso tierra húmeda $P_T$ kg.	$1 + \frac{W}{100}$	Peso tierra seca $P_S$ kg.	Peso volumétrico seco $P_{vs}$ kg/m <sup>3</sup>
1	5J	50,0	46,40	11,7	3,60	34,70	10,37	6,022	1,316	1,103	1,192	1.263
2	35	50,3	45,4	12,15	4,90	33,25	14,74	6,182	1,476	1,147	1,286	1.363
3	26	64,0	55,8	11,90	8,20	43,90	18,68	6,363	1,657	1,187	1.396	1.479
4	09	67,4	57,4	11,39	10,0	46,01	21,73	6,469	1,763	1,217	1,448	1.534
5	84	67,6	56,30	11,90	11,30	44,4	25,45	6,407	1,701	1,255	1,356	1,436
6												
7												



Dens. de sólidos,  $S =$  .....

Vol. Sólidos,  $V_s = \frac{P_s}{S} =$  ..... cm<sup>3</sup>.

Vol. total,  $V_t =$  ..... cm<sup>3</sup>.

Rel. de vacios,  $e = \frac{W_t}{W_s} - 1 =$  .....

OBSERVACIONES: .....

DENSIDAD SECA MAXIMA: 1530 kg/m<sup>3</sup>

HUMEDAD OPTIMA: 21,60 %

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA

FECHA \_\_\_\_\_

PROYECTO PRESA SALANGUILLO

Perforación \_\_\_\_\_ Muestra A Profundidad 2,00 m.

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS ( $G_s$ )

Muestra N°					
Frasco N°		2	4		
Temperatura del agua y suelo, T, °C.		27°	27°		
Recipiente N°		11	4		
Peso en gramos	Recipiente + peso seco	233,2	296,4		
	Recipiente	1148,3	205,8		
	Peso seco	$W_s$ 84,9	90,6		
	Frasco + agua a T, °C	$W_{bw}$ 646,2	652,1		
	$W_s - W_{bw}$	731,1	742,7		
	Frasco + agua + suelo sumergido	$W_{fws}$ 698,8	708,2		
	Desplazamiento de agua, $W_s - W_{bw} - W_{fws}$	32,3	34,5		
Factor de corrección	K	0,9965	0,9965		
$(W_s K) \div (W_s - W_{bw} - W_{fws})$	$G_s$	2,619	2,617	PROMEDIO = 2,618	

GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE ( $G_a$ ) Y DE MASA ( $G_m$ )

Muestra N°					
Temperatura del agua y del suelo, T, °C					
Peso en gramos	Recipiente + suelo saturado superficialmente seco				
	Recipiente				
	Suelo saturado superficialmente seco	B			
	(Canasta + suelo) sumergido en el agua				
	Canasta sumergida en el agua				
	Suelo saturado sumergido en el agua	C			
	Recipiente + suelo seco				
	Recipiente				
	Suelo seco	A			
Factor de corrección	K				
$(AK) \div (A - C)$ (Aparente)	$G_a$				
$(AK) \div (B - C)$ (Masa)	$G_m$				

Observaciones \_\_\_\_\_

Operador \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

CONSOLIDACION  
( REGISTRO DE ENSAYO )

PROYECTO PRESA SALANGUILLO (parroquia Colonche) FECHA \_\_\_\_\_

Ensayo N° \_\_\_\_\_ Perforación N° \_\_\_\_\_

Muestra N° A Profundidad 2 m.

DESCRIPCION: Arcilla Amarillenta

Consolidómetro N° 4

Periodo	Carga: 1 kilo		Carga: 2 kilo		Carga: 4 kilo	
	Tiempo	Lectura Dial 0.0001"	Tiempo	Lectura Dial 0.0001"	Tiempo	Lectura Dial 0.0001"
0 Seg.	8.10	0.0000	8.10	0.0055	8.01	0.0106
6 "		20		64		130
15 "		24		67		142
30 "		27		69		148
45 "		29		70		152
1 Min		30		705		155
1 1/2 "		31		71		159
2 "		33		72		162
3 "		34		73		166
5 "		35		74		171
7 "		36		76		178
10 "	8.20	38	8.20	77	8.11	186
15 "		40		79		188
20 "		43		81		191
30 "	8.40	46	8.40	839	8.31	197
45 "		47		86		202
1 Hora	9.10	49	9.10	88	9.01	204
1 1/2 "		50		91		209
2 "	10.10	52	10.10	92	10.01	214
3 "				95		217
4 "				97		223
6 "				100		226
9 "			17.10	104	17.01	232
12 "						
24 "	8.10	55	8.10	106	8.01	236
36 "						
48 "						

Observaciones \_\_\_\_\_

Operador \_\_\_\_\_ Cálculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

CONTENIDO DE HUMEDAD

GRAVEDAD ESPECIFICA

ANTES DEL ENSAYO

DESPUES DEL ENSAYO

$$G_s = \frac{W_s \times K}{W_s + W_{bw} - W_{bws}} =$$

W<sub>h</sub> + anillo = 642,2

W<sub>h</sub> + recipiente = 268,4

- anillo = 497,6

W<sub>s</sub> + recipiente = 239,7

W<sub>s</sub> =

W<sub>h</sub> = 145,6

Recipiente = 125,9

W<sub>bw</sub> =

W<sub>s</sub> = 113,8

Peso de agua W<sub>w</sub> = 28,7

W<sub>bws</sub> =

P. Agua W<sub>w</sub> = 31,8

Peso seco W<sub>s</sub> = 113,8

T° =

$$w = \frac{W_w}{W_s} = 27,94\%$$

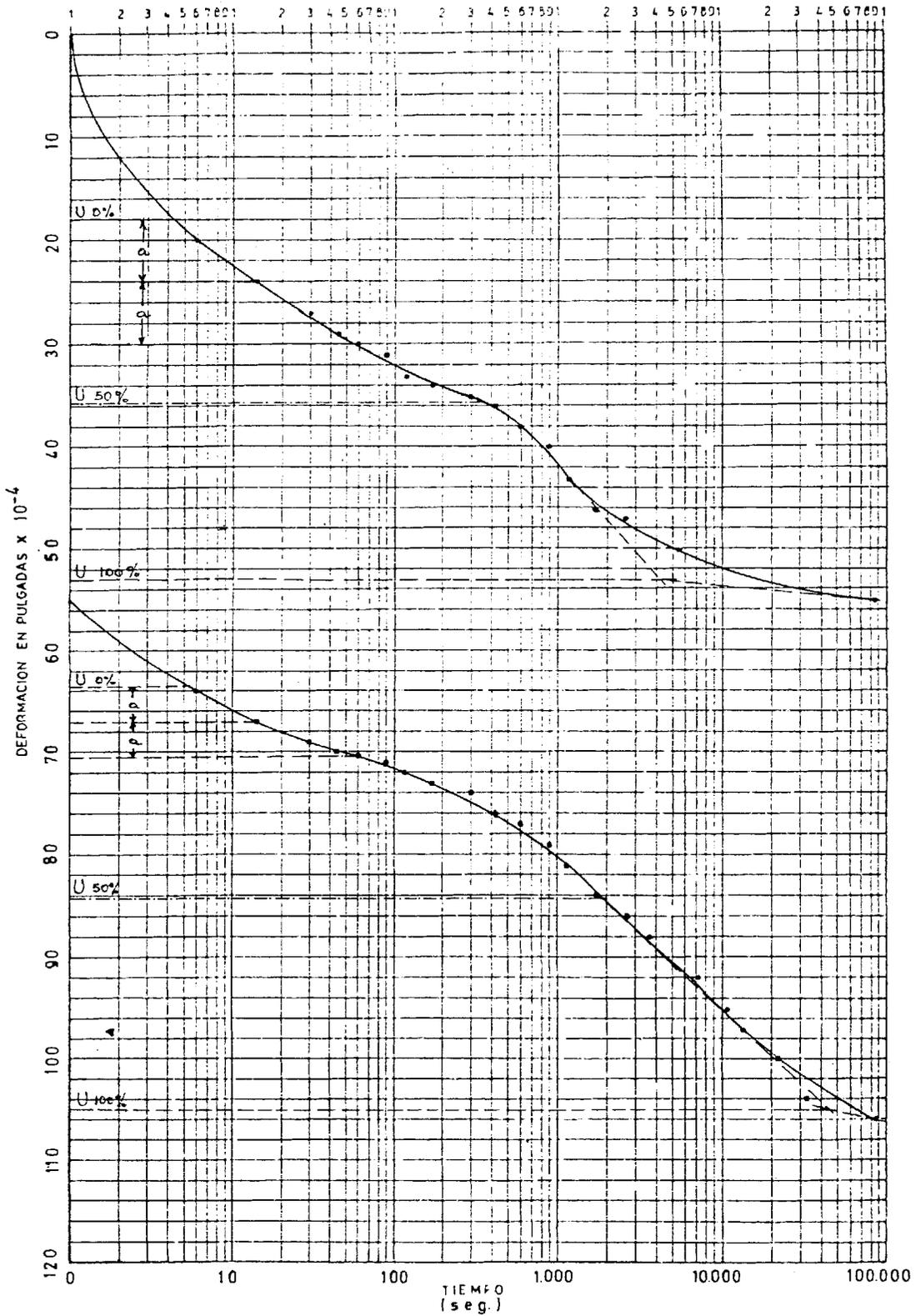
$$w = \frac{W_w}{W_s} = 25,22\%$$

K =

Periodo	Carga:		Carga:		Carga:	
	Tiempo	Lectura Dial 0.0001"	Tiempo	Lectura Dial 0.0001"	Tiempo	Lectura Dial 0.0001"
0 Seg.	7.50	0,0236	8,03	0,0573	8.35	0,1025
6 "		330		760		1250
15 "		373		810		1290
30 "		394		835		1308
45 "		406		850		1320
1 Min		415		860		1328
1 1/2 "		428		872		1339
2 "		436		881		1352
3 "		450		890		1366
5 "		458		909		1377
7 "		471		913		1393
10 "	8.00	477	8.13	928	8.45	1409
15 "		489		940		1427
20 "		502		948		1440
30 "		505		963		1456
45 "		518		972		1467
1 Hora		526		978		1473
1 1/2 "		533		986		1480
2 "		546		995		1485
3 "		549		998		1490
4 "		553				1503
6 "		560				1514
9 "		566				
12 "						
24 "	7.50	573	8.03	1025	8.35	1530
35 "						
45 "						

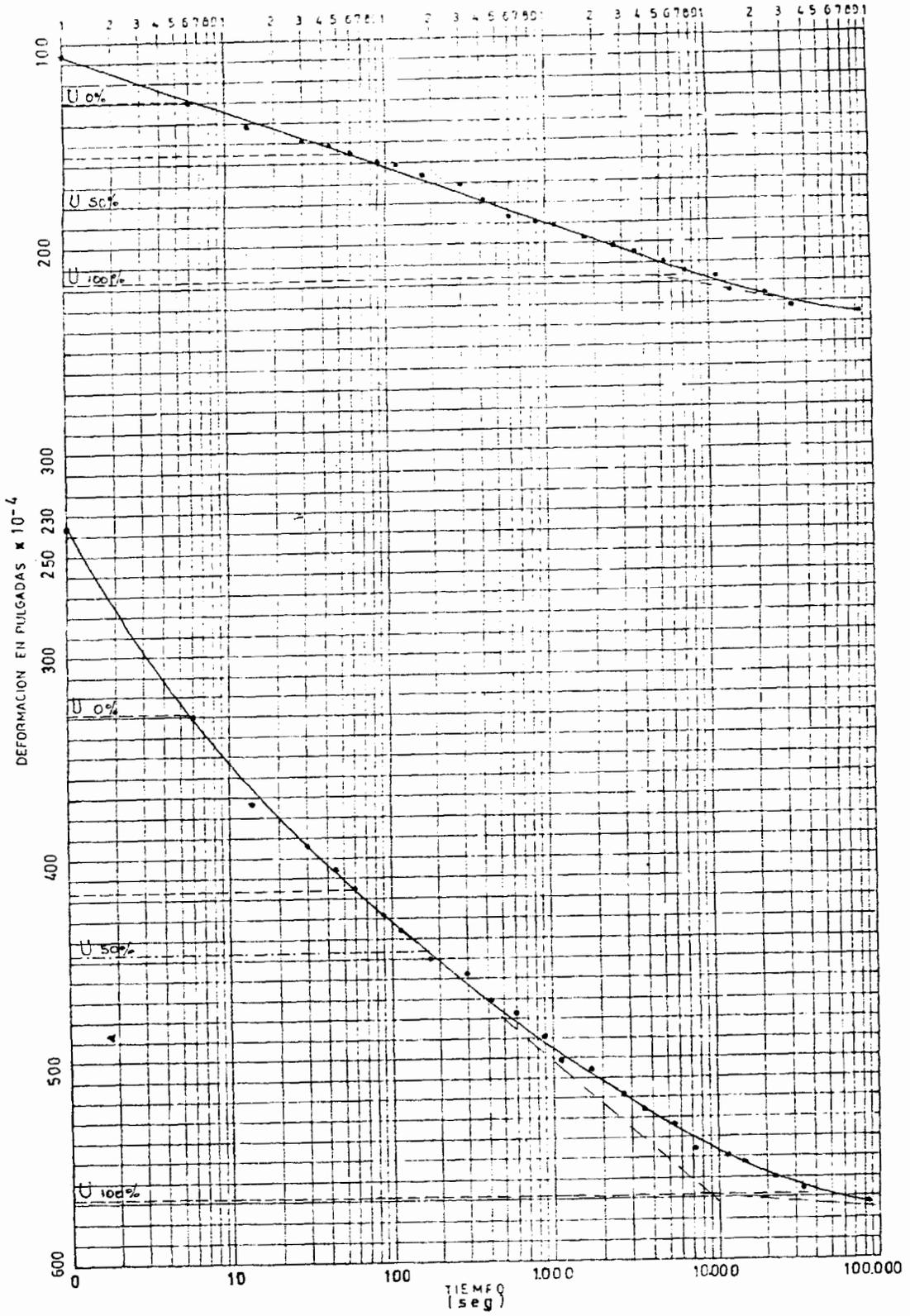
Observaciones \_\_\_\_\_  
 Operador \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

ENSAYO DE CONSOLIDACION  
CURVAS TIEMPO - ASENTAMIENTO



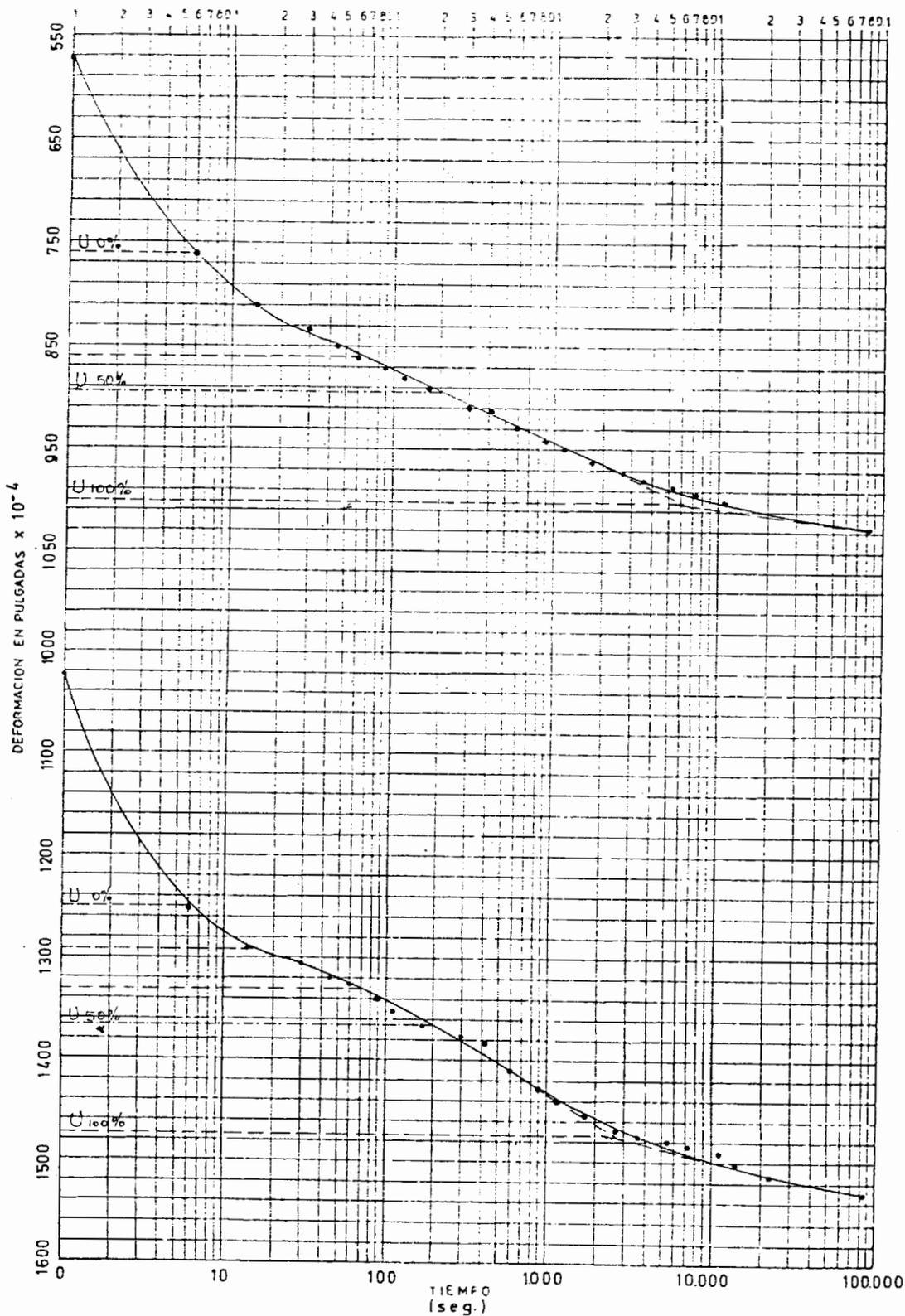
Proyecto presa SALANGUILLO Fecha \_\_\_\_\_  
 Perforación N° \_\_\_\_\_ Muestra N° \_\_\_\_\_ Profundidad \_\_\_\_\_  
 Operador \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

ENSAYO DE CONSOLIDACION  
CURVAS TIEMPO - ASENTAMIENTO



Proyecto presa SALANGUILLO Fecha \_\_\_\_\_  
 Perforación N° \_\_\_\_\_ Muestra N° \_\_\_\_\_ Profundidad \_\_\_\_\_  
 Operador \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN  
CURVAS TIEMPO - ASENTAMIENTO



Proyecto presa SALANGUILLO Fecha \_\_\_\_\_  
 Perforación N° \_\_\_\_\_ Muestra N° \_\_\_\_\_ Profundidad \_\_\_\_\_  
 Operador \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"

**CONSOLIDACION**

Obra: ..... Presa Salanguillo .....

Localización: .....

Perforación N° ..... Muestra N° ..... A ..... Profundidad ..... 2,00 ..... Mtrs.

DESCRIPCION: ..... Arcilla amarillenta .....

Gravedad Especifica ..... S = 2,618 grms/cm<sup>3</sup>

Peso húmedo inicial ..... Ph = 145,6 grms. ..... Wi = 27,94 %

Peso seco ..... Ps = 113,8 grms.

Peso de agua ..... Pa = 31,8 grms. ..... Wf = 25,22 %

Volumen de agua ..... Va = 31,8 cm<sup>3</sup>

$$\text{Volumen de sólidos } V_s = \frac{P_s}{S} = \frac{113,8}{2,618} = 43,468 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen total } V_t &= 80,44 \text{ cm}^3 \\ \text{Volumen de sólidos } V_s &= 43,468 \text{ cm}^3 \\ \text{Razón de vacíos } e_0 &= \frac{V_p}{V_s} = \frac{36,972}{43,468} = 0,851 \end{aligned}$$

Volumen de poros ..... Vp = 36,972 cm<sup>3</sup>

$$\text{Grado de Saturación final } G_f = \frac{V_a}{V_p} \times 100 = \dots \%$$

$$\text{Grado de Saturación inicial } G_i = \frac{V_a}{V_p} = \frac{31,8}{36,972} \times 100 = 86,01 \%$$

$$A_o = 31,669 \text{ cm}^2$$

$$\text{Altura de sólidos } H_s = \frac{V_s}{A_o} = \frac{43,468}{31,669} = 1,373 \text{ cm} = 0,541 \text{ pulgs.}$$

$$\text{Altura de poros } H_p = \frac{V_p}{A_o} = \frac{36,972}{31,669} = 1,167 \text{ cm} = 0,459 \text{ pulgs.}$$

$$\frac{2,5400 \text{ cm}}{1.0000 \text{ pulgs.}}$$

N° Ciclo	Carga Kg.	Presión de Muestra		Δe Fulg.	Δe/Hs. Fulg./Fulg.	e' = e <sub>0</sub> - e/Hs.
		xxxx	kg/cm <sup>2</sup> 1:10			
1	1	0,2526	0,3157	0,0055	0,0102	0,8408
2	2	0,5052	0,6314	0,0106	0,0196	0,8314
3	4	1,0104	1,2628	0,0236	0,0436	0,8074
4	8	2,0208	2,5256	0,0573	0,1059	0,7451
5	16	4,0416	5,0512	0,1025	0,1895	0,6615
6	32	8,0832	10,1024	0,1530	0,2828	0,5682

**CONSOLIDACION**

RESULTADOS DEL ENSAYO - DESCARCA

Obra: ... Presa Salanguillo

Localización: .....

Perforación N° ..... Muestra N° ..... A ..... Profundidad ..... 2,00 ..... Mtrs.

DESCRIPCION: ..... Arcilla amarillenta

Gravedad Especifica ..... S = ..... grms/cm<sup>3</sup>

Peso húmedo inicial ..... Ph = ..... grms. Wi = ..... %

Peso seco ..... Ps = ..... grms.

Peso de agua ..... Pa = ..... grms. Wf = ..... %

Volúmen de agua ..... Va = ..... cm<sup>3</sup>

Volúmen de sólidos  $V_s = \frac{Ps}{S} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{cm}^3$

Volumen total ..... Vt = 80,44 ..... cm<sup>3</sup>

Volumen de sólidos ..... V<sub>s</sub> = ..... cm<sup>3</sup> Razón de vacíos  $e_0 = \frac{V_p}{V_s} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

Volumen de poros ..... V<sub>p</sub> = ..... cm<sup>3</sup>

Grado de Saturación final .....  $G_f = \frac{V_a}{V_p} = \dots\dots\dots \times 100 = \dots\dots\dots \%$

Grado de Saturación inicial .....  $G_i = \frac{V_a}{V_p} = \dots\dots\dots \times 100 = \dots\dots\dots \%$

A<sub>0</sub> = 31,669 cm<sup>2</sup>

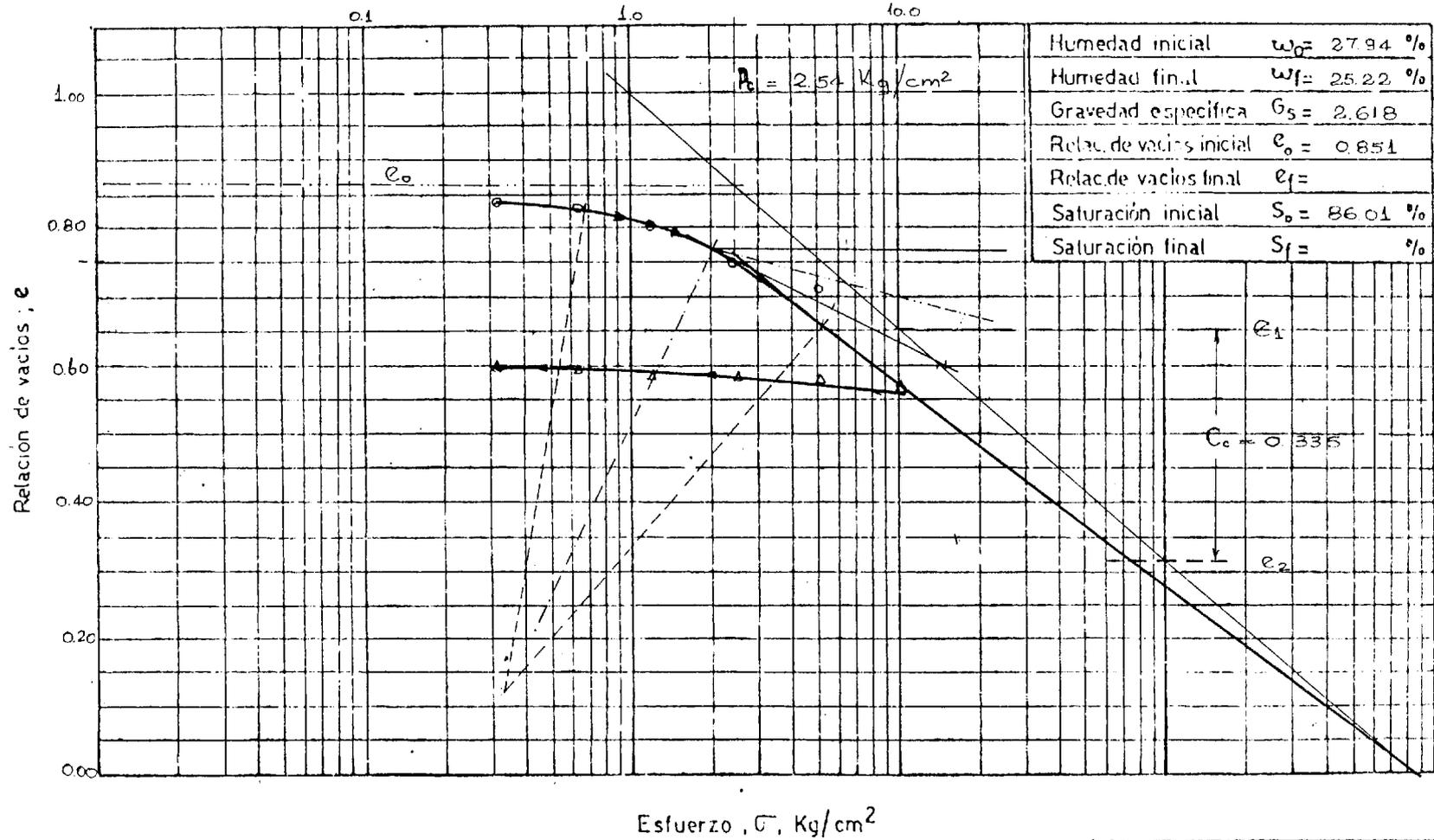
Altura de sólidos .....  $H_s = \frac{V_s}{A_0} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{cm} = \dots\dots\dots \text{pulgs.}$

Altura de poros .....  $H_p = \frac{V_p}{A_0} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{cm} = \dots\dots\dots \text{pulgs.}$

..... 2,5400 ..... cm ..... 1.0000 ..... pulgs.

N° Cíelo	Carga Kg.	Presión de Muestra kg/cm <sup>2</sup>	Δe Pulg.	Δe/Hs. Pulg./Pulg.	e' = e <sub>0</sub> - e/Hs.
1	32	10,1024			0,5682
2	16	5,0512	0,1508	0,2787	0,5723
3	8	2,5256	0,1468	0,2713	0,5797
4	4	1,2628	0,1431	0,2645	0,5865
5	2	0,6314	0,1376	0,2543	0,5967
6	1	0,3157	0,1359	0,2512	0,5998
	0	0,0000	0,1308	0,2418	0,6092

ENSAYO DE CONSOLIDACION  
CURVA ESFUERZO-RELACION DE VACIOS



PROYECTO Dresa Salanguillo FECHA \_\_\_\_\_

Ubicación Colonche - Cantón Santa Elena - Prov. del Guayas Ensayo N° \_\_\_\_\_

Perforación N° \_\_\_\_\_ Muestra N° A Profundidad 2.00 m

Descripción Arcilla Amarillenta Consolidómetro N° 4

Observaciones \_\_\_\_\_

Elaborado por \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

ENSAYO DE COMPRESION SIN CONFINAR  
(DEFORMACION CONTROLADA)

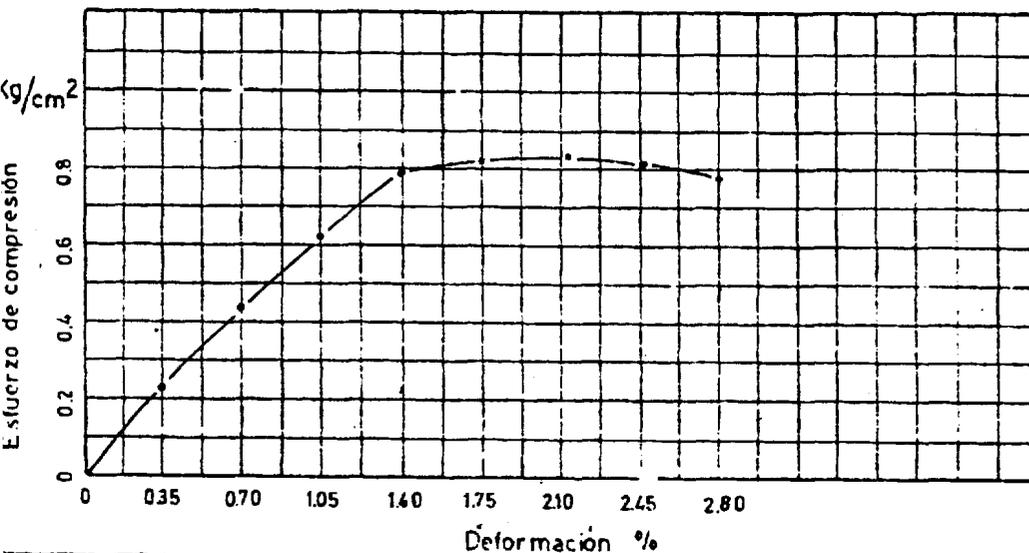
PROYECTO Presa Salanguillo FECHA \_\_\_\_\_

Ubicación Parroquia vol nche - Cantón Santa Elena

Perforación N° \_\_\_\_\_ Muestra N° A Profundidad 2,00 metros

Diámetro 3,6 cm Altura 7,2 cm Área (A<sub>0</sub>) 10,17 cm<sup>2</sup> Volumen 73,22 cm<sup>3</sup>

Carga		Deformación Vertical		1 - ε	Área Corregida $\frac{A_0}{1 - \epsilon}$	Esfuerzo de Compresión Kg/cm <sup>2</sup>	NOTAS
DIAL LC-2 0.0001"	K <sub>s</sub>	DIAL LC-8 0.001"	$\epsilon = \frac{\Delta H}{H}$				
17	2,315	0,010	0,0035	0,9965	10,206	0,2268	Esquema de la rotura
33	4,495	0,020	0,0070	0,9930	10,242	0,4389	
47	6,401	0,030	0,0106	0,9894	10,279	0,6227	
60	8,172	0,040	0,0140	0,9860	10,314	0,7923	
62	8,444	0,050	0,0176	0,9824	10,352	0,8157	
64	8,717	0,060	0,0212	0,9788	10,390	0,8390	
63	8,581	0,070	0,0246	0,9754	10,426	0,8230	Contenido Natural de humedad VII
60	8,172	0,080	0,0280	0,9720	10,463	0,7810	
							W = 236 W <sub>D</sub> = 215,1
							W <sub>D</sub> = 215,1 W <sub>R</sub> = 122,8
							W <sub>w</sub> = 20,9 W <sub>s</sub> = 102,3
							$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100$
							$\omega = 20,43 \%$
							Peso Unitario
							W = 117,2 grms.
							V = 73,22 cm <sup>3</sup>
							$\gamma = \frac{W}{V}$
							$\gamma = 1601 \text{ Kg/m}^3$



Operador \_\_\_\_\_

Calculado por \_\_\_\_\_

Verificado por \_\_\_\_\_

Observaciones  
Constante del dial: 0,1362

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
( DEFORMACION CONTROLADA )

PROYECTO Presa Salanguillo  
Ubicación Parroquia Colonche-Canton Santa Elena Fecha \_\_\_\_\_  
Perforación \_\_\_\_\_ Muestra A Profundidad 2,00 mts.  
Tipo de ensayo Rápido Presión de cámara 7,5 lbs/pulg<sup>2</sup>  
Aparato \_\_\_\_\_ Esfuerzo de consolidación \_\_\_\_\_  
Altura inicial 7,2 cm Altura final \_\_\_\_\_

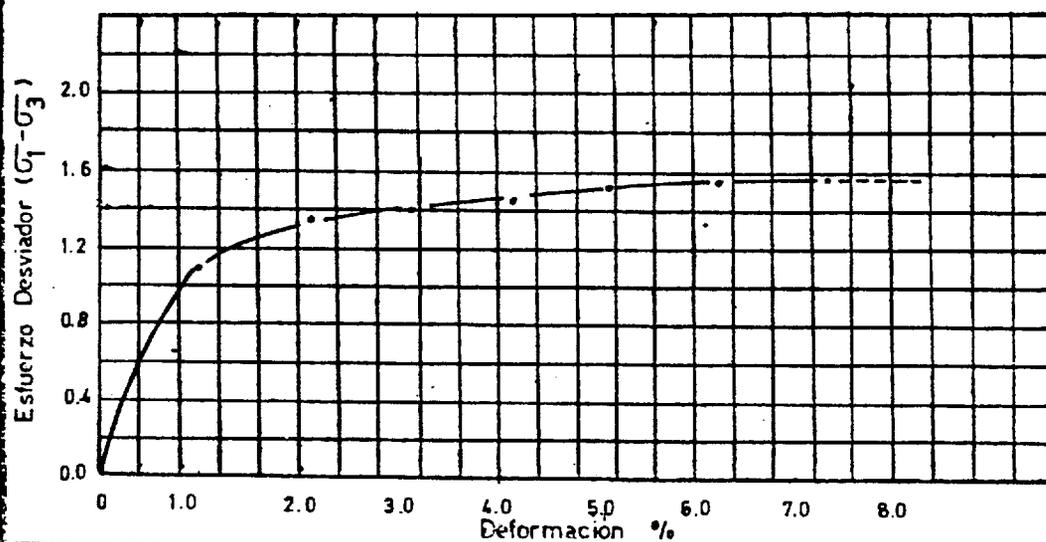
Carga		Deformación Vertical		1 - ε	Area Corregida $\frac{A_0}{1 - \epsilon}$	Esfuerzo de Compresión Kg/cm <sup>2</sup>	NOTAS
DIAL LC-2 0.0001"	Kg.	DIAL LC-8 0.001"	$\epsilon = \frac{\Delta H}{H}$				
77	11,196	0,030	0,0106	0,9894	10,224	1,089	Esquema de la rotura
90	13,086	0,045	0,0156	0,9841	10,334	1,266	
95	13,813	0,060	0,0212	0,9788	10,390	1,329	
99	14,395	0,075	0,0265	0,9735	10,447	1,378	
101	14,685	0,090	0,0318	0,9682	10,504	1,398	
103	14,976	0,105	0,0370	0,9630	10,561	1,418	
105	15,267	0,120	0,0423	0,9577	10,620	1,438	
112	16,285	0,135	0,0476	0,9524	10,679	1,525	
114	16,576	0,150	0,0529	0,9471	10,738	1,544	
115	16,721	0,165	0,0582	0,9418	10,799	1,548	
117	17,012	0,180	0,0635	0,9365	10,859	1,567	
118	17,157	0,195	0,0688	0,9312	10,921	1,571	
119	17,303	0,210	0,0741	0,9259	10,984	1,575	
119	17,303	0,225	0,0794	0,9206	11,047	1,566	
118	17,157	0,240	0,0847	0,9153	11,111	1,544	

Contenido Natural de humedad 2  
 $W = 249,4$   $W_D = 227,9$   
 $W_D = \frac{227,9}{21,5}$   $W_R = \frac{125,9}{102}$   
 $W_w = 21,5$   $W_s = 102$   
 $w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$   
 $w = 21,08 \%$

Peso Unitario  
 $W = 117,2$  grms.  
 $V = 73,22$  cm<sup>3</sup>  
 $\gamma = \frac{W}{V}$   
 $\gamma = 1.601$  Kg/m<sup>3</sup>

Operador g.  
 Calculado por \_\_\_\_\_  
 Verificado por \_\_\_\_\_

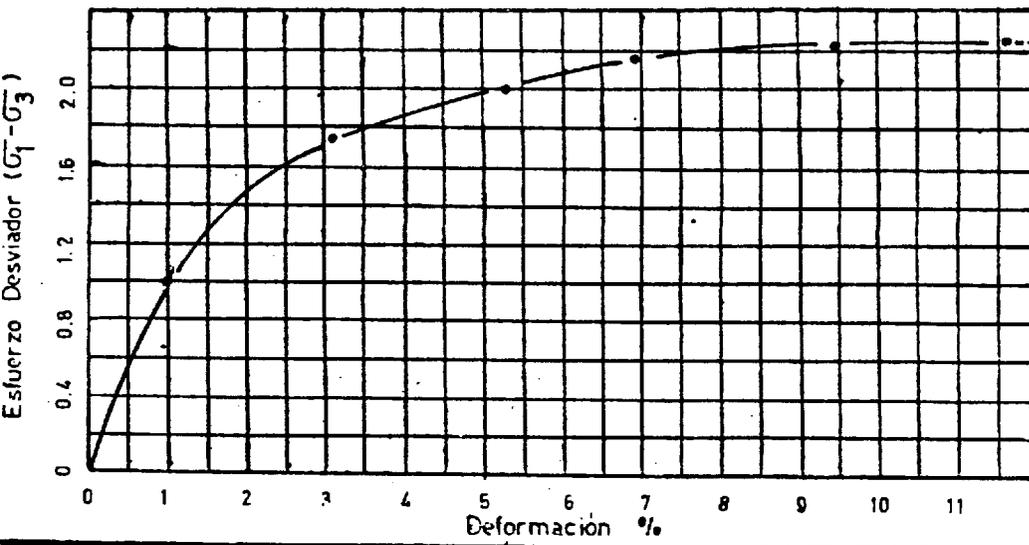
Observaciones  
 Constante del dial = 0,1454



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
( DEFORMACION CONTROLADA )

PROYECTO Presa Salanguillo  
 Ubicación Colonche - Canton Santa Elena Fecha \_\_\_\_\_  
 Perforación \_\_\_\_\_ Muestra A Profundidad 2,00 mts.  
 Tipo de ensayo Rápido Presión de cámara 15 lbs/pulg2  
 Aparato \_\_\_\_\_ Esfuerzo de consolidación \_\_\_\_\_  
 Altura inicial 7,2 cm Altura final \_\_\_\_\_

Carga		Deformación Vertical		1 - ε	Area Corregida $\frac{A_0}{1 - \epsilon}$	Esfuerzo de Compresión Kg/cm <sup>2</sup>	NOTAS
DIAL LC-2 0,0001"	Kg.	DIAL LC-8 0,001"	$\epsilon = \frac{\Delta H}{H}$				
71	10,323	0,030	0,0106	0,9894	10,224	1,004	Esquema de la rotura
109	15,849	60	212	0,9788	10,390	1,525	
127	18,466	90	318	0,9682	10,504	1,758	
141	20,501	120	423	0,9577	10,620	1,930	
151	21,955	150	529	0,9471	10,738	2,045	
160	23,264	180	635	0,9365	10,859	2,142	
165	23,991	210	688	0,9259	10,984	2,184	Contenido Natural de humedad 4 W = 259,2 W <sub>D</sub> = 238,7 W <sub>R</sub> = 135,5 W <sub>D</sub> = 20,5 W <sub>S</sub> = 103,2 w = $\frac{W_w}{W_s} \times 100$ w = 19,86 %
170	24,718	240	847	0,9153	11,111	2,225	
173	25,154	270	953	0,9048	11,241	2,238	
176	25,590	300	0,1058	0,8942	11,374	2,250	
179	26,027	330	1164	0,8836	11,510	2,261	
180	26,172	360	1270	0,8730	11,649	2,247	
180	26,172	0,375	0,1323	0,8677	11,721	2,233	Peso Unitario W = 117,85ms. V = 73,22cm <sup>3</sup> $\gamma = \frac{W}{V} =$ $\gamma = 1.610 \text{ Kg/m}^3$



Operador 9  
 Calculado por \_\_\_\_\_  
 Verificado por \_\_\_\_\_  
 Observaciones \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

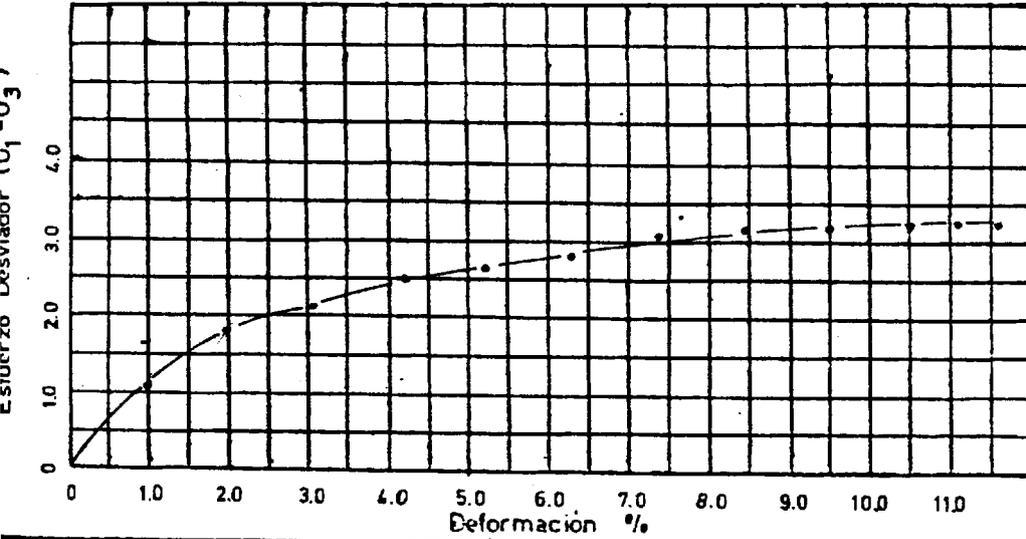
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL  
( DEFORMACION CONTROLADA )

PROYECTO Presa Salanguillo  
 Ubicación \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Perforación \_\_\_\_\_ Muestra A Profundidad \_\_\_\_\_  
 Tipo de ensayo Rápido Presión de cámara 30 lbs/pulg<sup>2</sup>  
 Aparato \_\_\_\_\_ Esfuerzo de consolidación \_\_\_\_\_  
 Altura inicial 7,2 cm Altura final \_\_\_\_\_

Carga		Deformación Vertical		1 - ε	Area Corregida $\frac{A_0}{1 - \epsilon}$	Esfuerzo de Compresion Kg/cm <sup>2</sup>	NOTAS
DIAL LC-2 0,0001"	Kg.	DIAL LC-8 0,001"	$\epsilon = \frac{\Delta H}{H}$				
83	12,068	0,030	0,0106	0,9894	10,224	1,174	Esquema de la rotura
113	19,047	0,060	0,0212	0,9788	10,390	1,833	
160	23,264	0,090	0,0318	0,9682	10,504	2,215	
183	26,608	0,120	0,0423	0,9577	10,620	2,505	
195	28,353	0,150	0,0529	0,9471	10,738	2,640	
211	30,679	0,180	0,0635	0,9365	10,859	2,825	
235	34,169	0,210	0,0741	0,9259	10,984	3,111	
247	35,914	0,240	0,0847	0,9153	11,111	3,232	
254	36,932	0,270	0,0953	0,9048	11,241	3,285	
263	38,240	0,300	0,1058	0,8942	11,374	3,362	
265	38,531	0,315	0,1111	0,8889	11,441	3,368	
265	38,531	0,330	0,1164	0,8836	11,510	3,348	

Contenido Natural de humedad 12  
 $W = 1166,3$   $W_D =$   
 $W_D = 1146,4$   $W_R = 42,7$   
 $W_w = 19,9$   $W_s = 103,7$   
 $w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$   
 $w = 19,19 \%$

Peso Unitario  
 $W = 119,6$  grms.  
 $V = 73,22$  cm<sup>3</sup>  
 $\gamma = \frac{W}{V} =$   
 $\gamma = 1,630$  Kg/m<sup>3</sup>



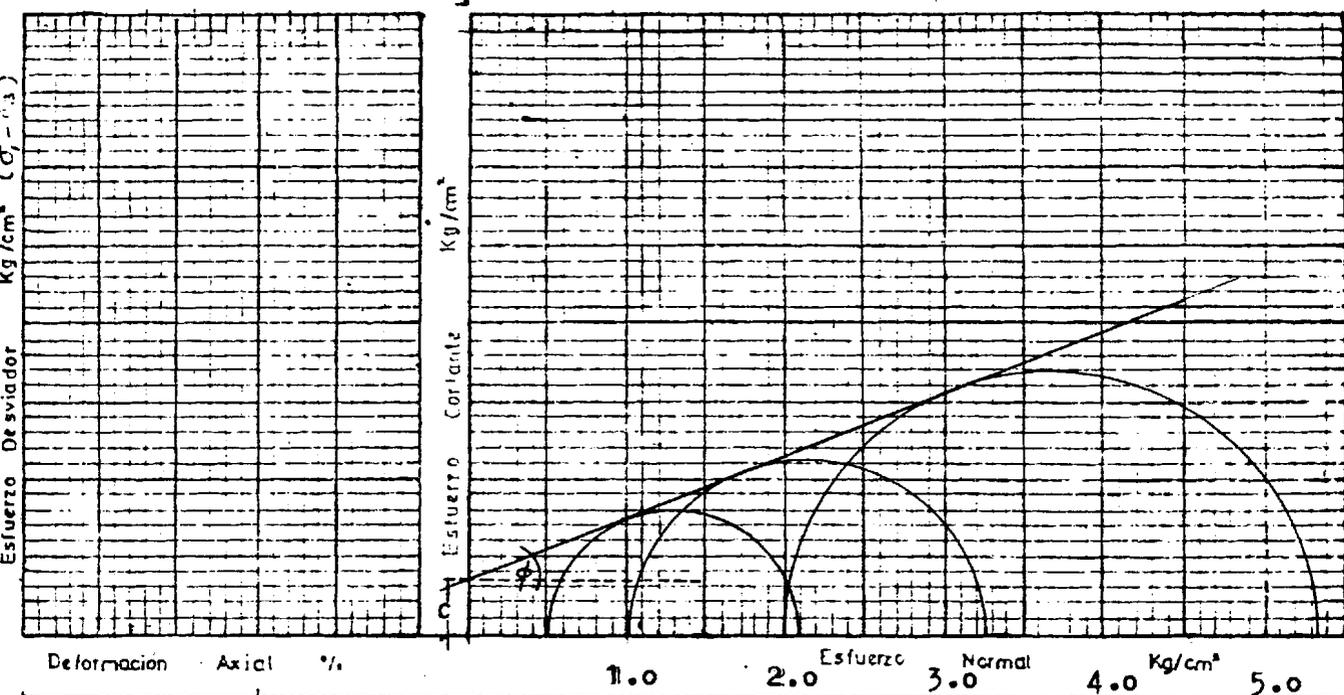
Operador \_\_\_\_\_  
 Calculado por \_\_\_\_\_  
 Verificado por \_\_\_\_\_  
 Observaciones \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

(Resultado de ensayos)

presa Salanguillo

Proyecto: \_\_\_\_\_ Ubicación: \_\_\_\_\_  
 Sonda: \_\_\_\_\_ Muestra: A Profundidad: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_  
 Método de ensayo: Tipo: Rápido Tipo de muestra: pequeña  
 Saturación: \_\_\_\_\_ Esfuerzo Controlado: \_\_\_\_\_ Def. Copt. \_\_\_\_\_  
 Operador: \_\_\_\_\_ Calculado por: \_\_\_\_\_ Verificado por: \_\_\_\_\_



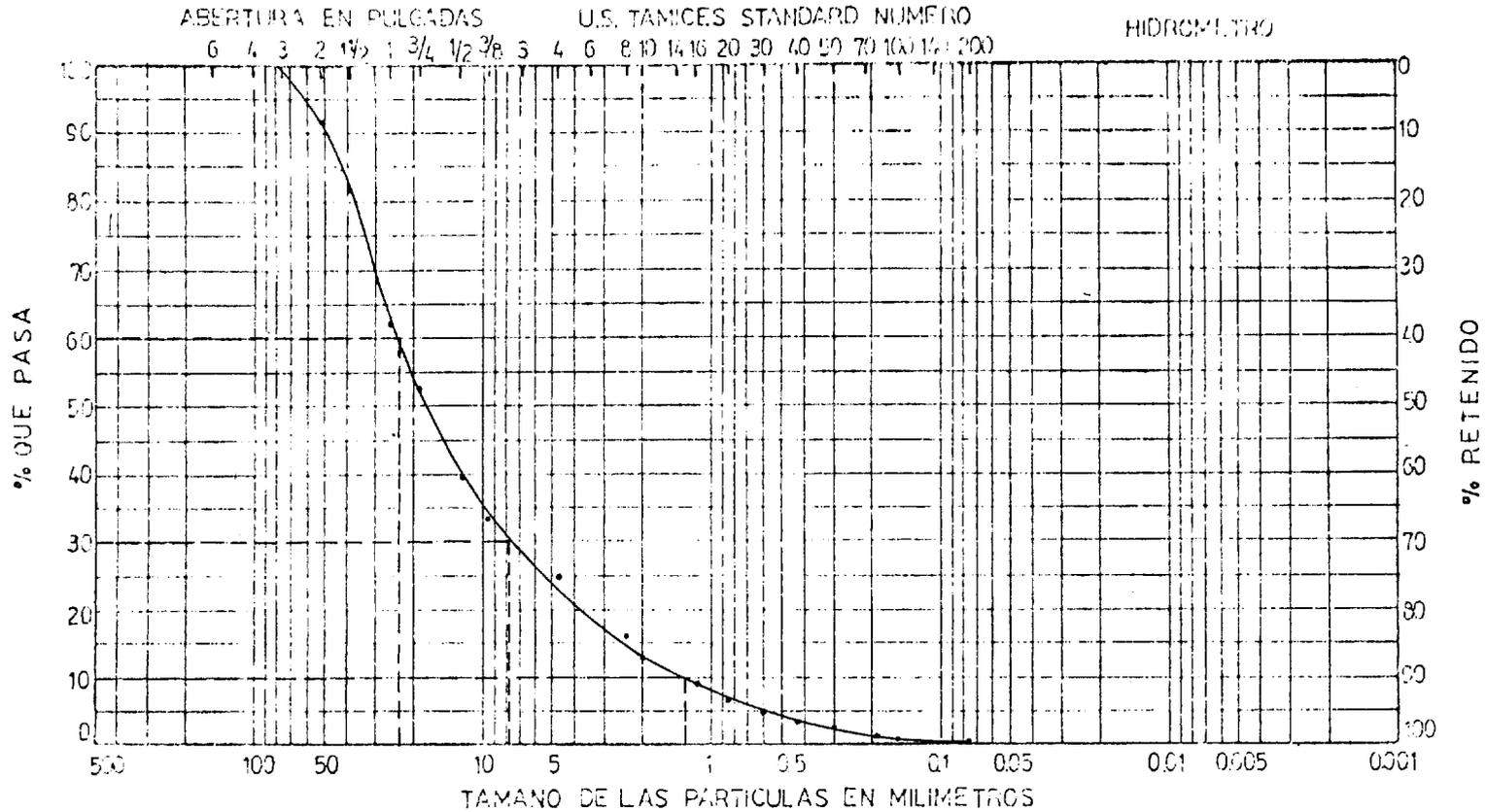
Ensayo Nº			1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Inicial	Contenido de agua %	w <sub>max</sub>	21,08	19,86	19,19		
	Razón de vacíos	e <sub>s</sub>	0,851				
	Saturación %	s <sub>i</sub>	86,01				
	Peso Unitario	γ <sub>s</sub>					
Final	Contenido de agua %	w <sub>f</sub>					
	Razón de vacíos	e <sub>f</sub>					
	Saturación %	s <sub>f</sub>					
	Peso Unitario	γ <sub>f</sub>	1,601	1,610	1,630		9
Esfuerzo principal menos		σ <sub>3</sub>	0,5	1,0	2,0	kg/cm <sup>2</sup>	
Esfuerzo desviador máximo (σ <sub>1</sub> - σ <sub>3</sub> )			1,575	2,261	3,360	"	
Tiempo de falla en minutos							
Velocidad de deformación %/min							
Diámetro inicial		cm	10,17	cm <sup>2</sup>			
Altura inicial		cm	7,2	cm			

Observaciones: \_\_\_\_\_ Descripción: c = 0,350      φ = 21,80      succ = CH

Proyecto: PRESA SALANGUILLO Fecha: .....  
 Muestra N° C-1 Para: .....  
 Fuente del Material: ..... a profundidad de 0,10 a 1,50 m.  
 Descripción del Material: Gravas - arenosas

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3"	0				
1/2"	0			100	
2"	405	8,10	8,10	91,90	
1/2"	498	9,96	18,06	81,94	
1"	958	19,16	37,22	62,78	
3/4"	480	9,60	46,82	53,18	
1/2"	675	13,50	60,32	39,68	
3/8"	290	5,80	66,12	33,88	
1/4"					
4	443	8,86	74,98	25,02	
8	453	9,06	84,04	15,96	
10	154	3,08	87,12	12,88	
16	186	3,72	90,84	9,18	
20	106	2,12	92,96	7,04	
30	92	1,84	94,80	5,20	
40	65	1,30	96,10	3,90	
50	54	1,08	97,18	2,82	
80	62	1,24	98,42	1,58	
100	37	0,74	99,16	0,84	
200	20	0,40	99,46	0,44	
ONDO	22	0,44	100,00	0,00	
Total	5000				

Hecha por ..... Cálculo por .....



Canto Rodado	GRAVA		ARENA			ARCILLA O LIMO
	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD	CLASIFICACION	w	w <sub>L</sub>	w <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	PROYECTO
C - 1	010 a 150 mts.	Cc = 2,01					Utilización
		Cu = 17,04					Perforación
		S.U.C.S. = Gw					Fecha
							Observaciones

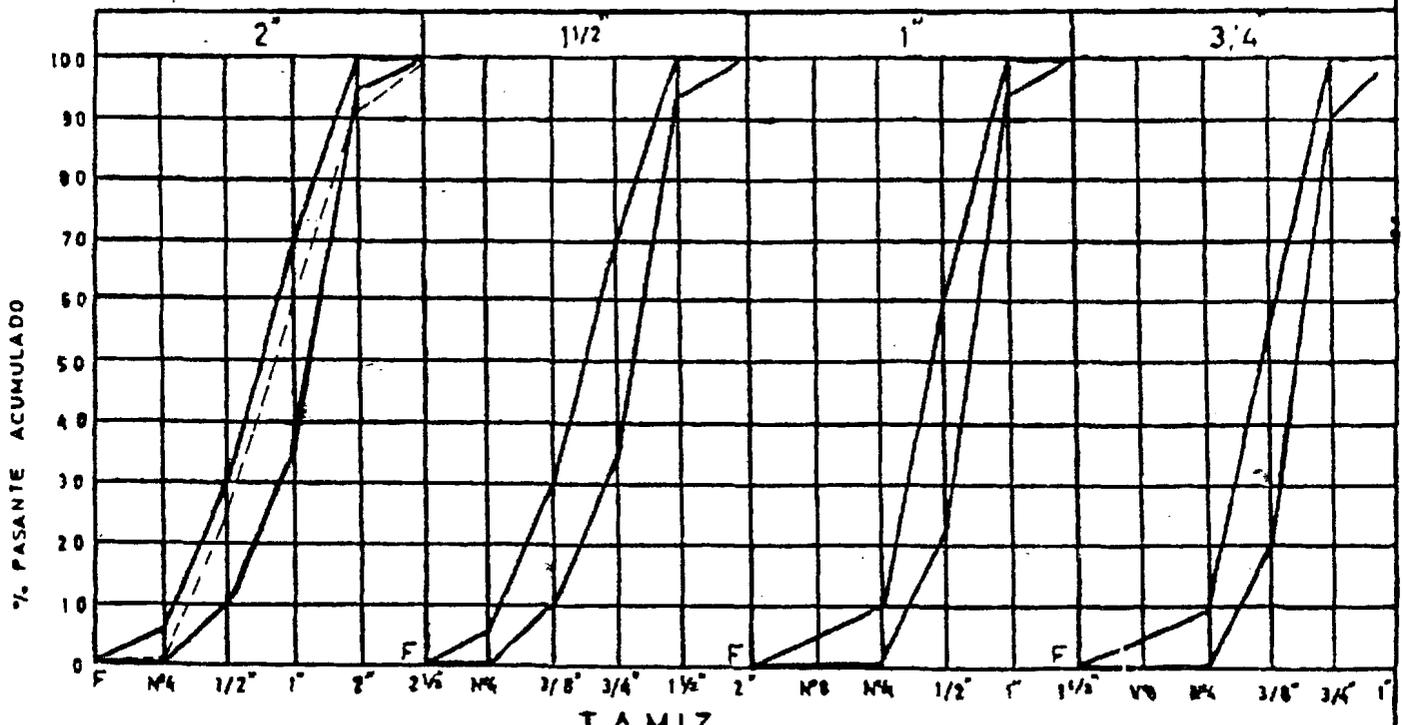
CURVAS GRANULOMETRICAS

Verificado por

ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO

Proyecto Presa Salanguillo Fecha \_\_\_\_\_  
 Muestra C - 2 Fuente del material Río Salanguillo  
 Descripción del material Canto rodado

Tamiz	Peso Parcial grs	% Retenido	% Que Pasan	Especificaciones A.S.T.M.			
				2"	1 1/2"	1"	3/4"
2 1/2"	0	0	100	100	—	—	—
2"	870	8,70	91,30	95-100	100	—	—
1 1/2"	--	--	--	—	95-100	100	—
1"	3260	32,60	58,70	35-70	—	95-100	100
3/4"	--	--	--	—	35-70	—	90-100
1/2"	3.415	34,15	24,55	10-30	—	25-60	—
3/8"	--	--	--	—	10-30	—	20-55
N°4	2.375	23,75	0,80	0-5	0-5	0-10	0-10
N°8	--	--	--	—	—	0-5	0-5
Fondo	80	0,80	0,00				
Total	10.000 grs						



TAMIZ  
 D.s.s.: 2,10 P.v.v.: 1.440 Kg/m<sup>3</sup> P.v.s.: 1.287 Kg/m<sup>3</sup>

Observaciones: \_\_\_\_\_

Realizado por \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_

Universidad de Guayaquil

Laboratorio "Ing. Dr. Arnaldo Ruffini"

### ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO

PROYECTO PRESA SALANGUILLO

FECHA \_\_\_\_\_

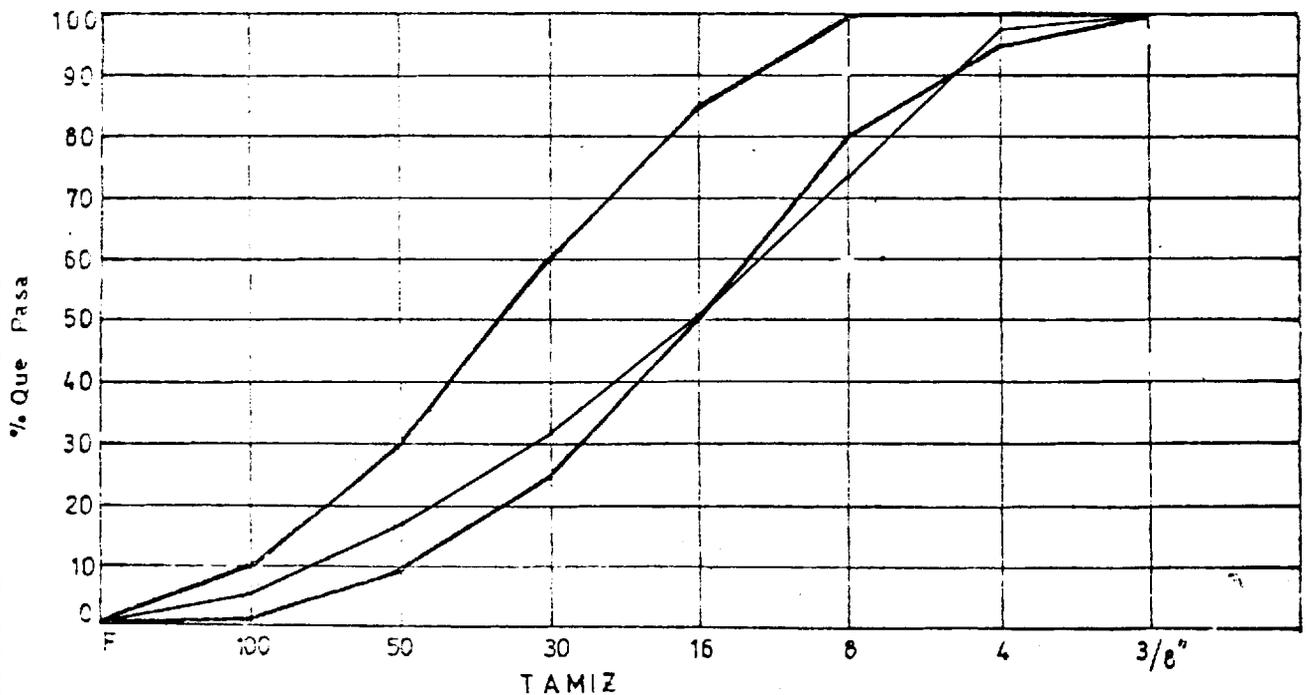
Muestra C-2

Fuente del material \_\_\_\_\_

Río Salanguillo

Descripción del material Arena de río, de color gris

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación A.S.T.M.
3/8"	0	0	0	100	100
Nº 4	25	2,50	2,50	97,50	95-100
Nº 8	246	24,60	27,10	72,90	30-100
Nº 16	216	21,60	48,70	51,30	50-85
Nº 30	195	19,50	68,20	31,80	25-60
Nº 50	147	14,70	82,90	17,10	10-30
Nº 100	116	11,60	94,50	5,50	2-10
Fondo	55	5,5	100,00	0,00	0
Total	1.000 gr.				



Densidad Saturada Superficialmente Seca 2,17

Peso Volumétrico Suelto 1.623 Kg/m<sup>3</sup> Módulo de Finura 3,24

Observaciones \_\_\_\_\_

Operador \_\_\_\_\_ Calculado por \_\_\_\_\_ Verificado por \_\_\_\_\_

PUREZA DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DEL SULFATO  
DE SODIO

Proyecto: Presa Salanguillo

Muestra: Arena

Fuente del material: Río Salanguillo

MALLAS		GRADUACION DE LA MUESTRA ORIGINAL % RETENIDO	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA REAL	% DE PERDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE					
3/8"	#4	2,50	100	91,70	8,30	0,21
#4	#8	24,60	100	90,90	9,10	2,23
#8	#16	21,60	100	92,40	7,60	1,64
#16	#30	19,50	100	88,90	11,10	2,16
#30	#50	14,70	100	86,90	13,10	1,92
% de desgaste = Suma de % de pérdida corregida =						8,16%

$$\% \text{ Pérdida } R = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 = \frac{100 - 91,70}{100} = 8,30\%$$

$$\% \text{ Pérdida } C = \frac{\% \text{ Reten.} \times \% \text{ Pérd.}}{100} = \frac{2,50 \times 8,30}{100} = 0,21\%$$

% Desgaste: 8,16%

Observaciones: .....

.....

PUREZA DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DEL SULFATO  
DE SODIO

Proyecto: Presa Salanguillo

Muestra: Canto Rodado

Fuente del material: Río Salanguillo

MALLAS		GRADUACION DE LA MUESTRA ORIGINAL % RETENIDO	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA REAL	% DE PERDIDA CORREGIDA	
PASA	RETIENE						
2 1/2"	1 1/2"	18,00	3.000	2.695	10,16	1,82	
1 1/2"	3/4"	37,55	1.500	1.320	12,00	4,50	
3/4"	3/8"	28,35	1.000	885	11,50	3,26	
3/8"	Nº 4	16,10	300	280	6,66	1,07	
		% de desgaste = Suma de % de pérdida corregida =				10,65%	

$$\% \text{ Pérdida } R = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 = \frac{3.000 - 2.695}{3.000} \times 100 = 10,16\%$$

$$\% \text{ Pérdida } C = \frac{\% \text{ Reten.} \times \% \text{ Pérd.}}{100} = \frac{18,00 \times 10,16}{100} = 1,82\%$$

% Desgaste: 10,65%

Observaciones: .....

.....

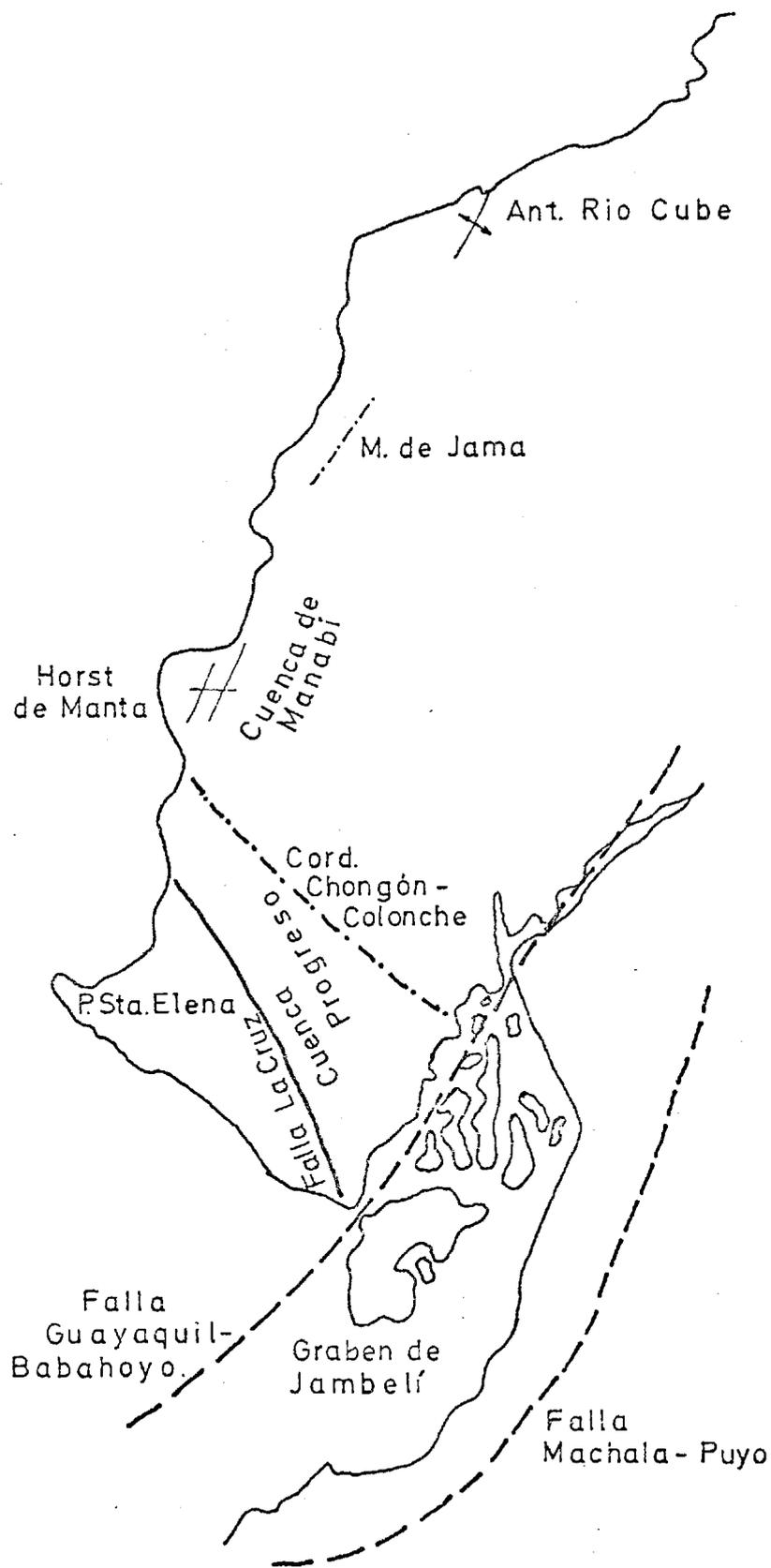
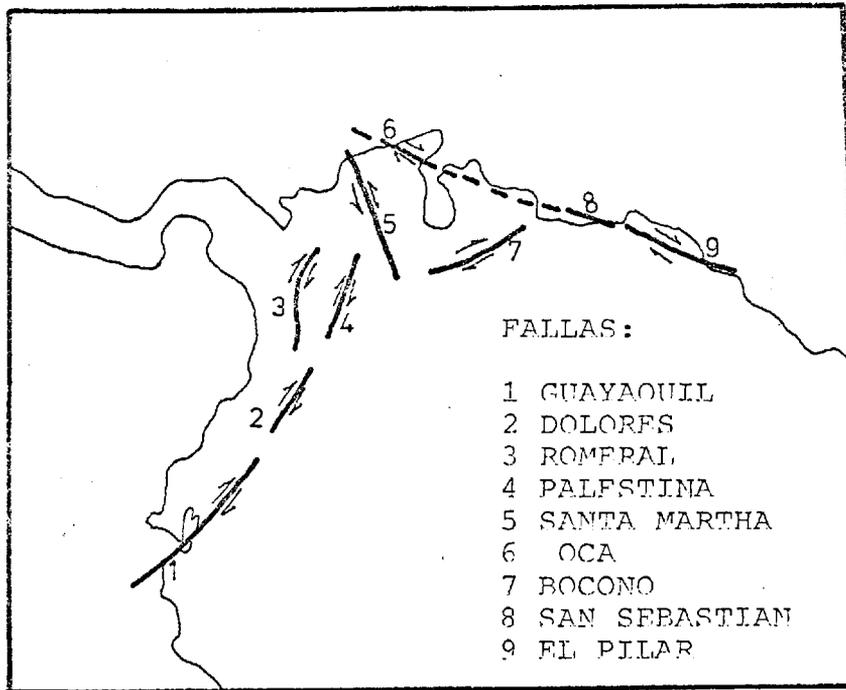
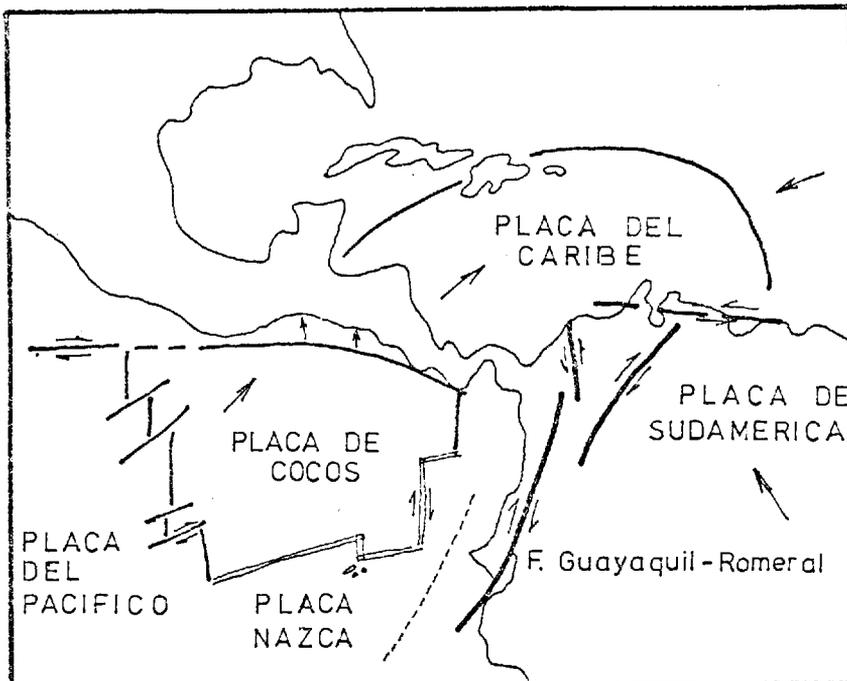


GRAFICO Nº III-A

# FALLAS REGIONALES DEL N DE SUDAMERICA



## LIMITES DE PLACAS



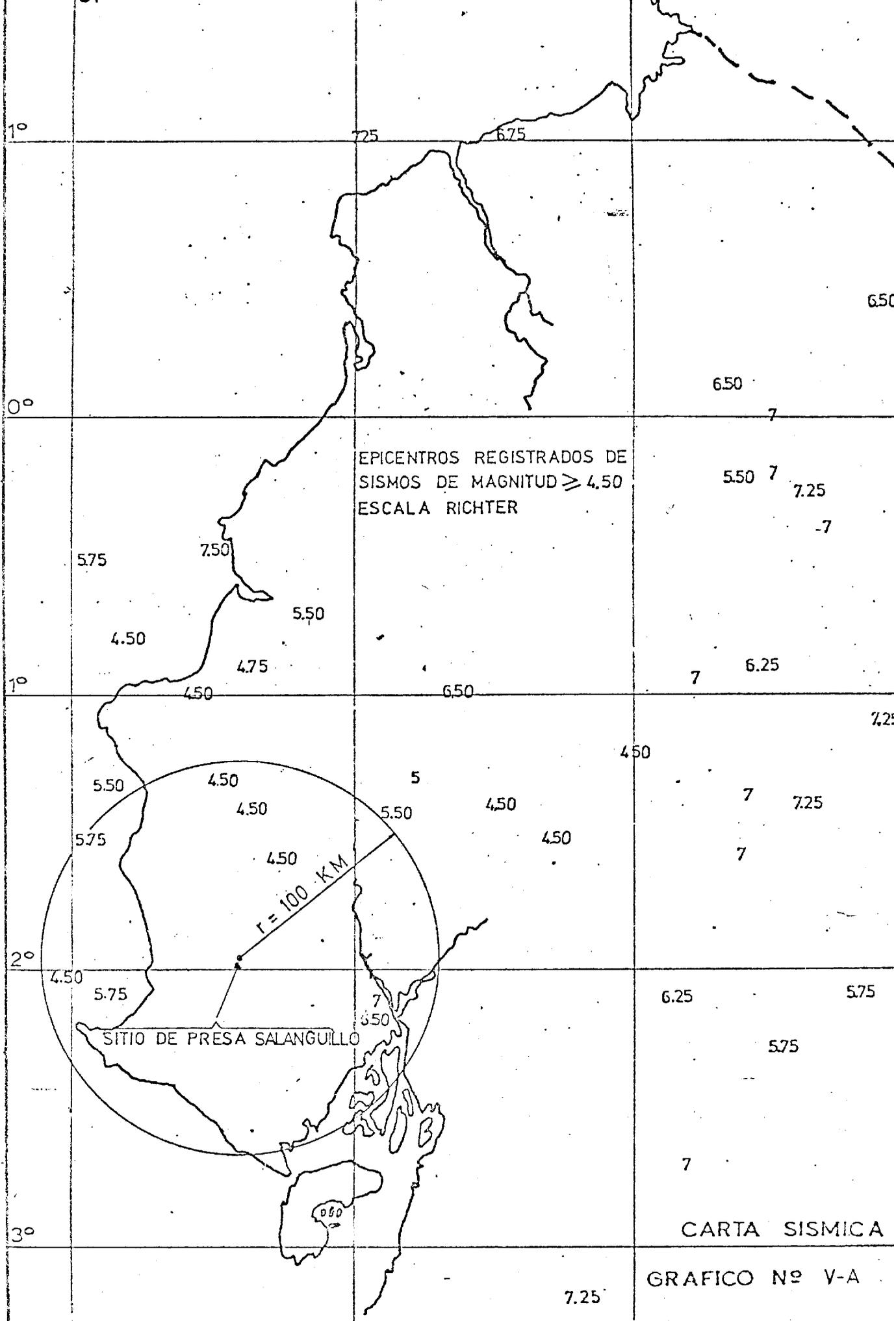
FUENTE: BELLIZIA Y ARZENA

GRAFICO Nº III-B

# COLUMNA ESTRATIGRAFICA

ERA	SISTEMA	SERIE	ETAPA	LITOLOGIA	DEFINICION	POTENCIA			
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Flandriana	0.0.0	Depósito ALOVIAL	20 m			
			Depósito COLOVIAL	30 m					
		Pleistoceno			formación TABLAZO	70 m			
	NEOGENO	Mioceno	Sup.	Sarmatiano		formación PROGRESO	2700 m		
				Med.	Vindoboniano				
			Inf.	Burdigalo	miembro ZACACHON	f. SUBIBAJA	550 m		
				Aquitaniense	miembro SAIBA				
			OLIGOCENO	Oligoceno	Sup.	Tatiense	formación TOSAGUA		2400 m
					Med.	Estoniense	miembro VILLINGOTA	f. DOS BOCAS	
	Inf.	Sarcelonense			formación ZAPOTAL		500 a 1000 m		
	PALEOGENO	Eoceno	Sup.	Priaboniano	Arenisca Punta Ancon	f. SECA	Grupo ANCON 1000 m		
				Lutita Seca					
				Med.	Lutetiano	Clay Pebble Beds		f. SOCORRO	
			Inf.	Santo Tomás	formación SAN EDUARDO		± 100 m		
				Ypresiano	f. ENGABAO	Grupo AZUCAR	3000 m		
				f. CHANDUY					
	Paleoceno	Ladeniano	f. ESTANCIA						
		Montiano							
		Daniense							
	MESOZOICO	CRETACICO	Superior	Maestrich	Guayaquil Chert		± 2800 m		
Companien				formación CAYO					
Santon									
Coniac									
Turoniano									
Tardio				Cenomaniano	subform. CALENTURA				
JURASICO		Superior	Temprano	Astianense	Complejo PIÑÓN		± 2000 m		
				Apurimacense					
				Barrancense					
				Volcanense					
Superior	Titaniano								

GRAFICO Nº III-C



EPICENTROS REGISTRADOS DE  
SISMOS DE MAGNITUD  $\geq 4.50$   
ESCALA RICHTER

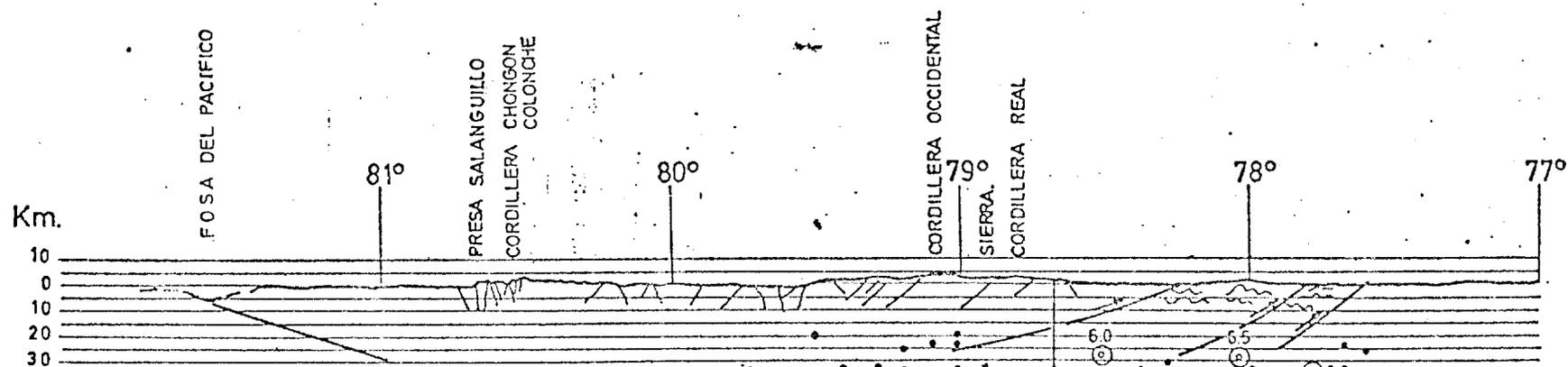
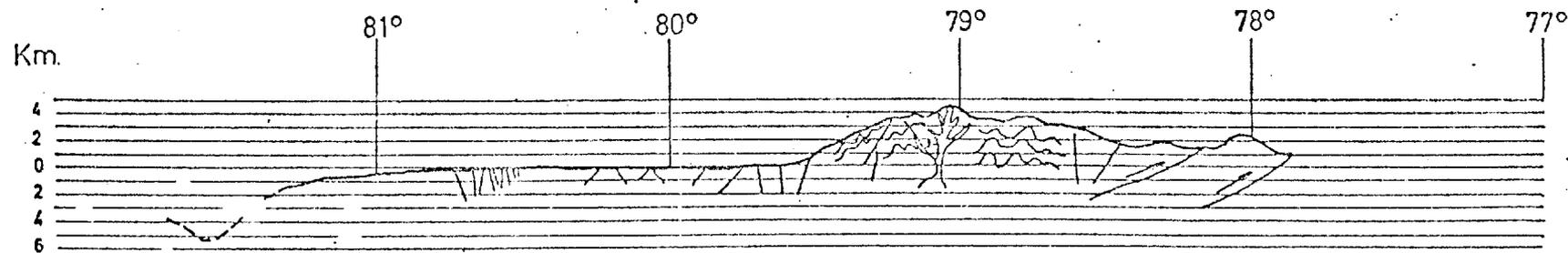
SITIO DE PRESA SALANGUILLO

$r = 100 \text{ KM}$

CARTA SISMICA

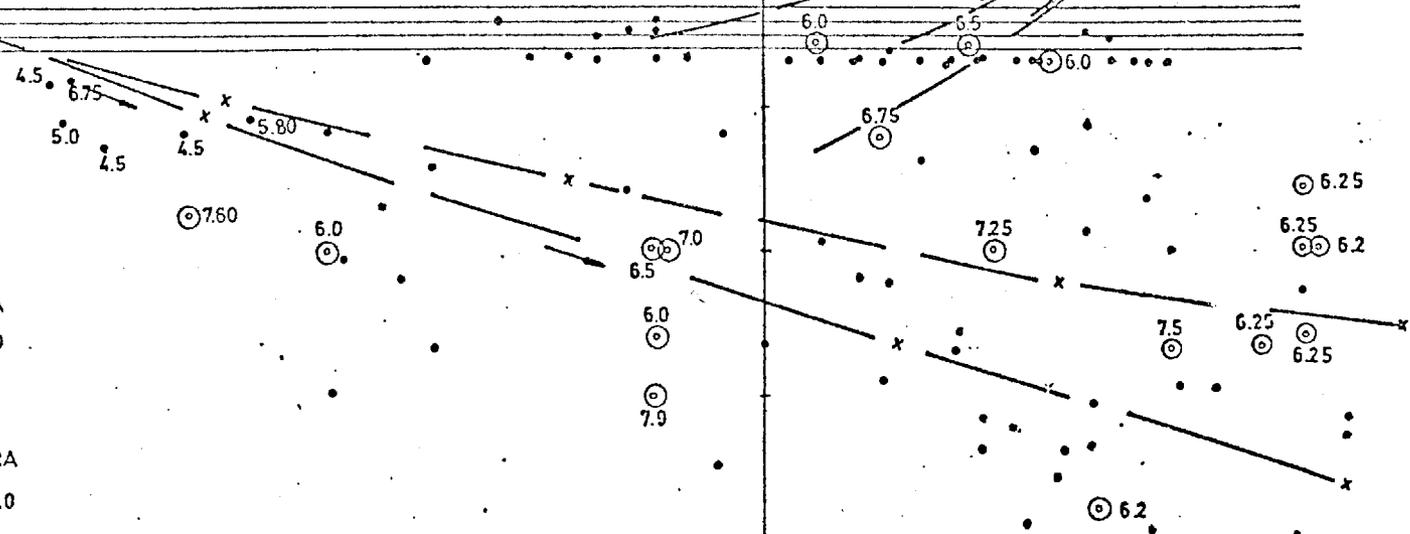
GRAFICO N° V-A

7.25



### LEYENDA

- ⊙ HIPOCENTRO REGISTRADO PARA SISMOS DE MAGNITUD  $\geq 6.0$  ESCALA RICHTER.
- HIPOCENTRO REGISTRADO PARA SISMOS DE MAGNITUD  $< 6.0$  ESCALA RICHTER.



SECCION SISMICA

GRAFICO Nº V-B





9'796.000 N

9'796.000 N

9'792.000 N

9'792.000 N

9'788.000 N

9'788.000 N

9'784.000 N

9'784.000 N

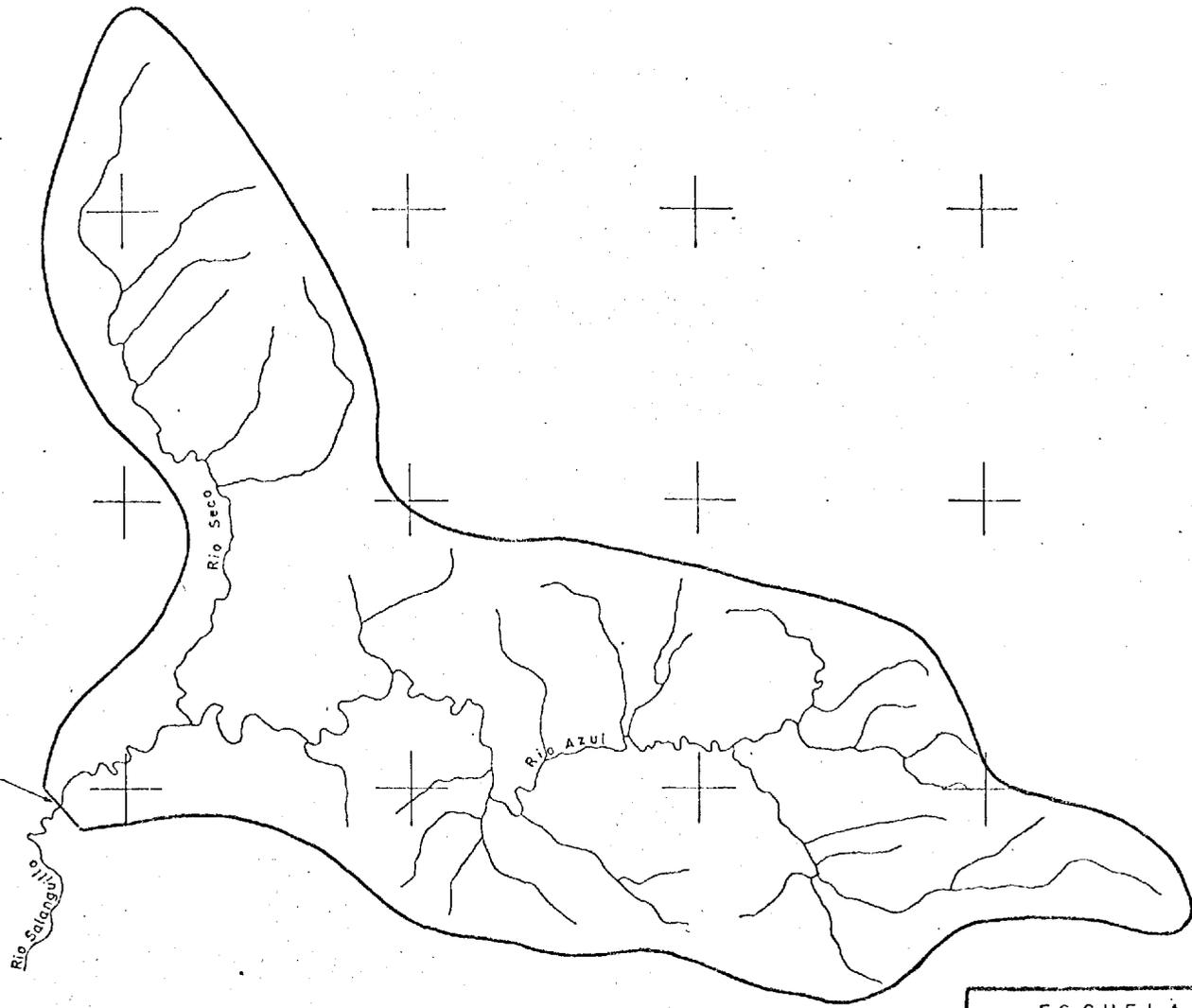
9'780.000 N

546.000 E

550.000 E

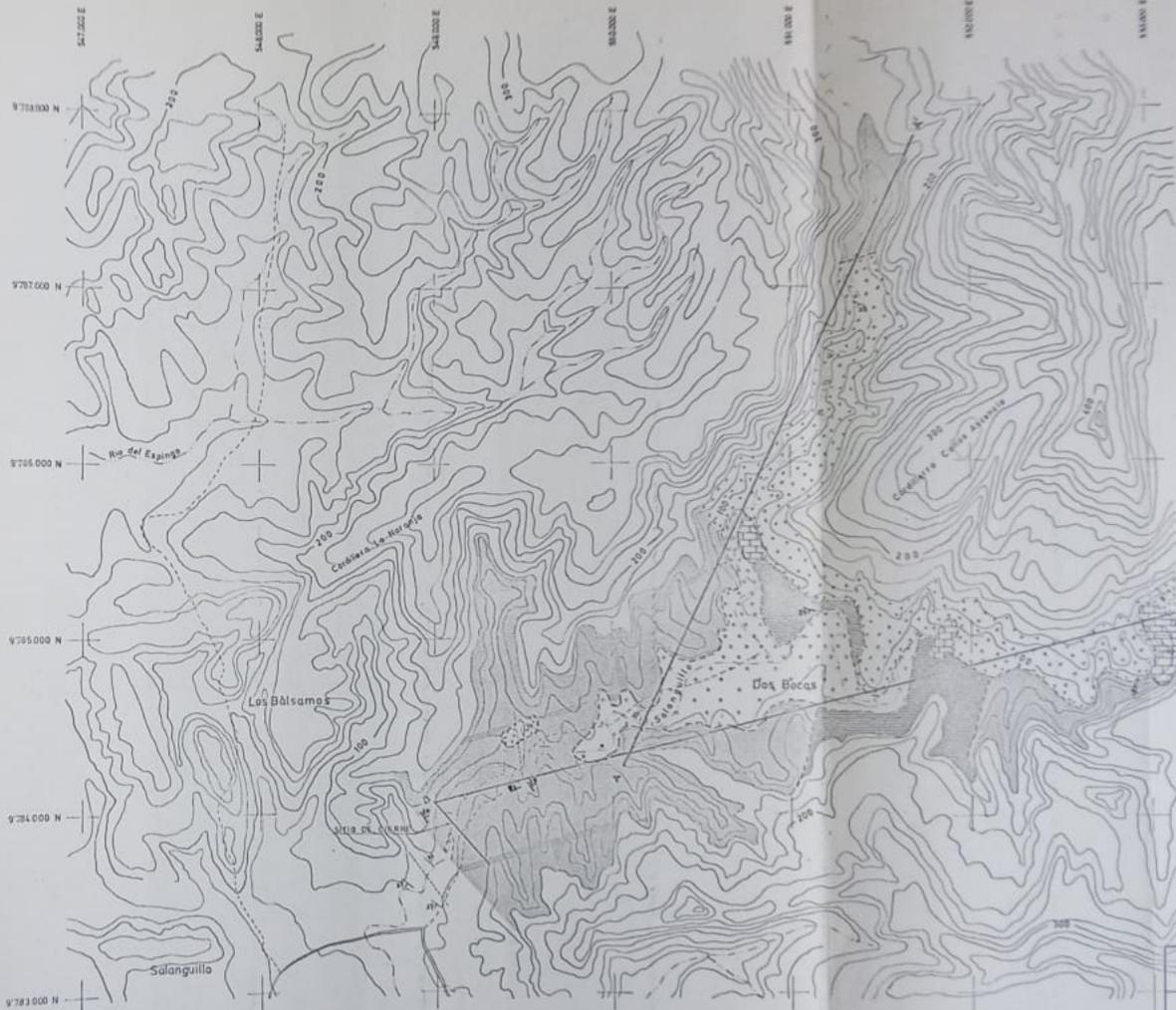
554.000 E

558.000 E



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO INGENIERIA GEOLOGICA		
CUENCA DE DRENAJE PRESA SALANGUILLO		
MARCELO URIA REYES		
Escala: 1:50.000	Fecha: SEPT 1978	Plano N° III-1





LEYENDA

- Deposito ALUVIAL CUATERNARIO
- Formación ZAPOTAL ESCENOS SUP.-MIA.
- Form. A.M.C.C.M. ESCENOS MED.-SUP.
- Volcanes JAVITA ESCENOS MEDIO
- Formación C.A.T.O. ESCENOS INF.

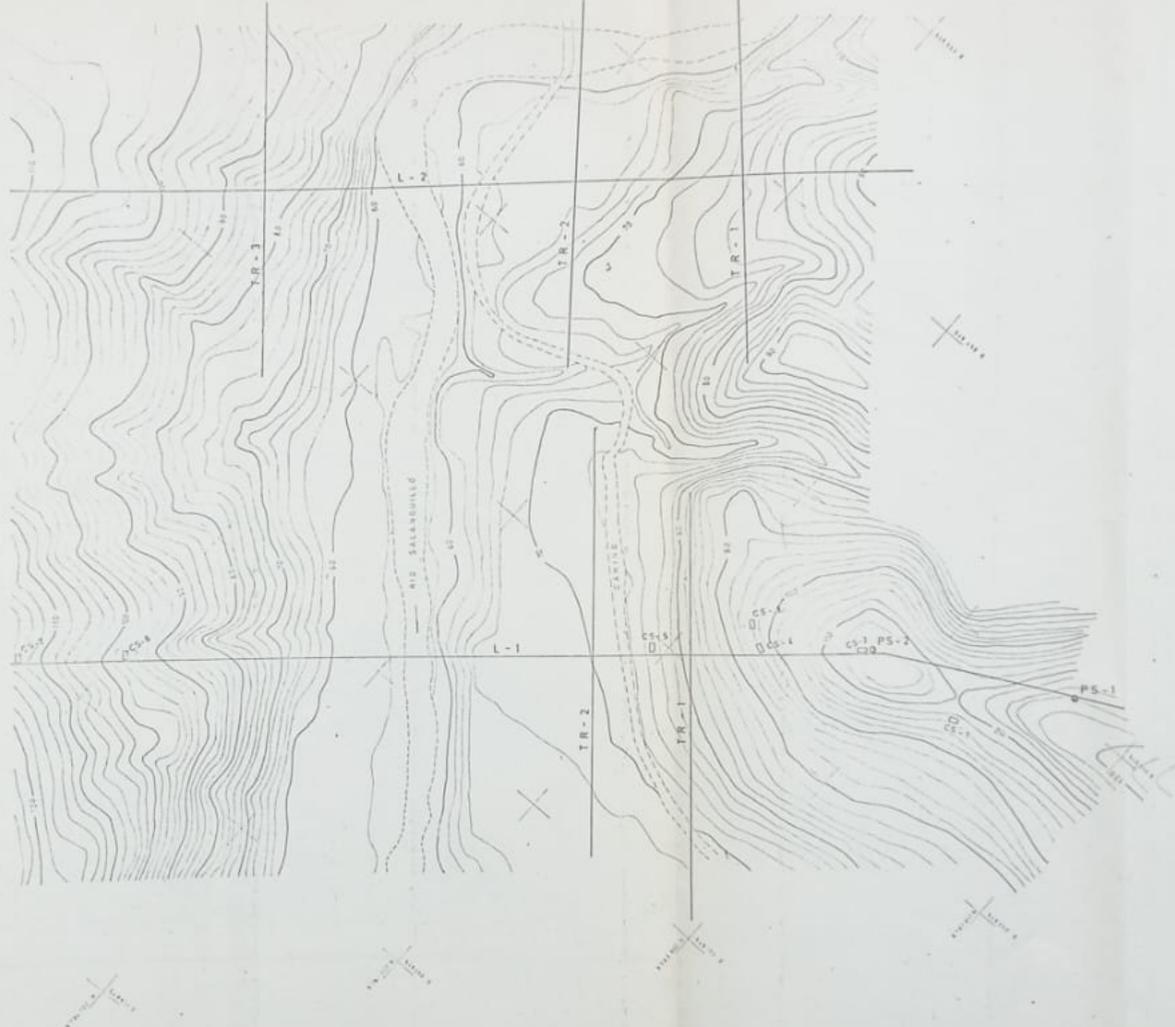
SÍMBOLOS GEOLOGICOS

- Contacto Geológico
- Rumba y suzamiento de estratos
- Falla Geológica

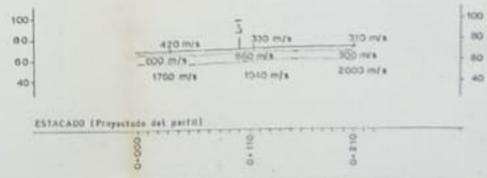
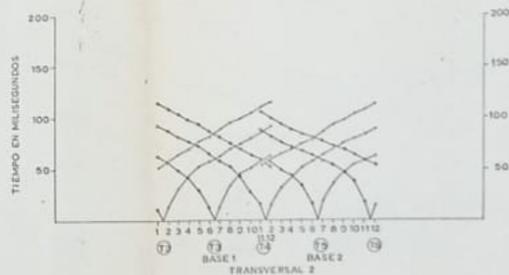
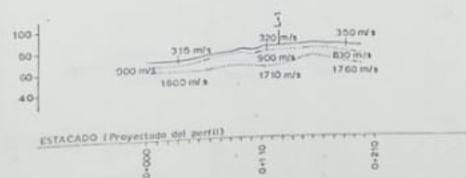
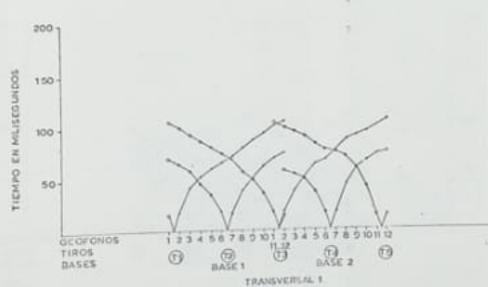
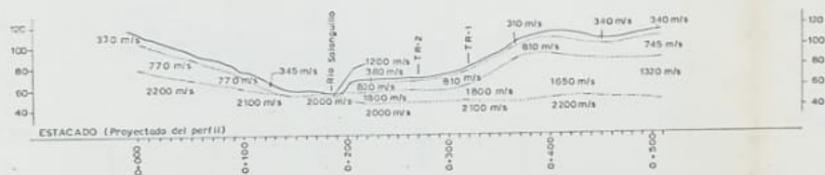
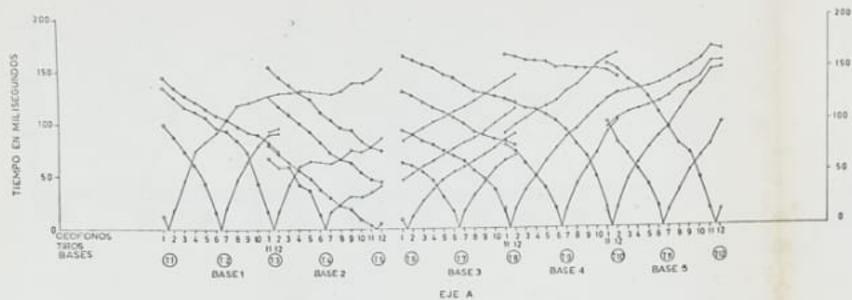
NOTA: Hoja A-E Plano N° V-T  
Hoja B-B Plano N° V-B

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
**TESIS DE GRADO**  
**INGENIERIA GEOLOGICA**  
MAPA GEOLOGICO VASO  
PRESA SALANGUILLO  
MARCELO URIA REYES

Escala: 1:12500 Fecha: JUNIO 1978 Plano N° IV-1

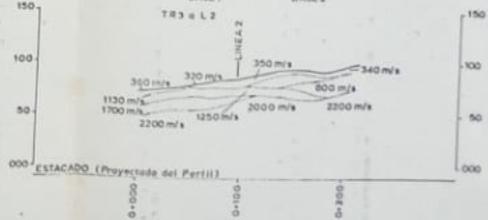
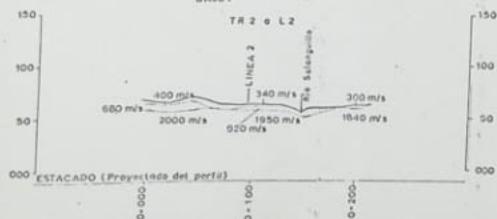
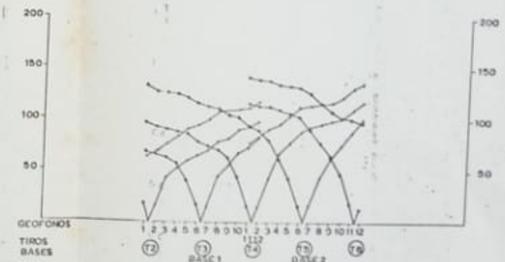
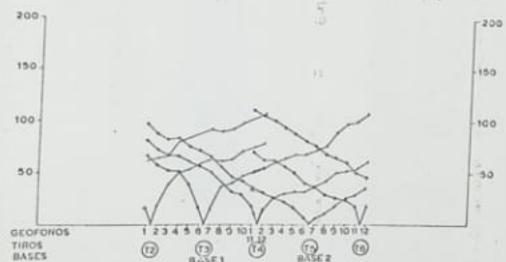
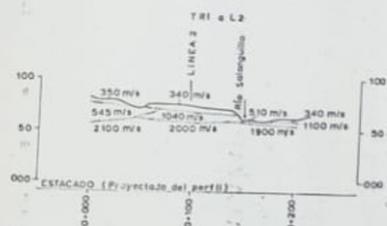
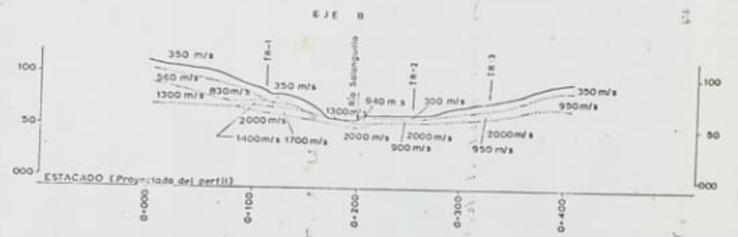
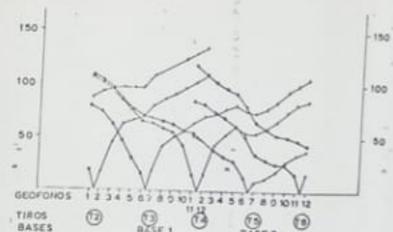
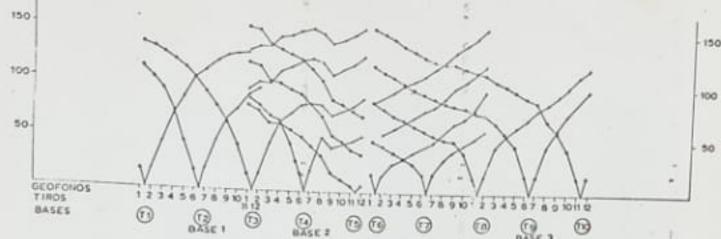


ESCUOLA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
TESIS DE GRADO INGENIERIA GEOLOGICA
UBICACION PROSPECCIONES MECANICAS Y GEOPISICAS
MARCELO URIA REYES
Escala 1:1000 Fecha 08/03/88 Pagina 10 V=1



0 50 100 150 m.  
ESCALA 1:2000

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
TESIS DE GRADO  
INGENIERIA GEOLOGICA  
DROMOCRONAS Y CORTES GEOSISMICOS  
EJE "A" PRESA SALANGUILLO  
MARCELO URIA REYES  
Folio 1.200 Fecha 00/07/88 Folia N° 9-1



0 50 100 150 m  
ESCALA 1:2000

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
TESIS DE GRADO  
INGENIERIA GEOLOGICA  
DIAGNOSTICAS Y CORTES GEOSISMICOS  
EJE "B" PRESA SALANGUILLO  
MARCELO URIA REYES  
Escala: 1:2000 Fecha: 02/02/00 Hoja N° V-4

CS-1

COTA 107



CS-2

COTA 111,020



CS-3

COTA 98,605



CS-4

COTA 96,605



CS-5

COTA 75,598



CS-6

COTA 95,938



CS-7

COTA 113,588



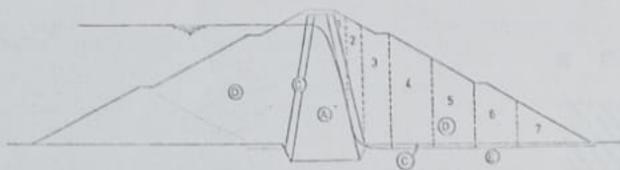
## LEYENDA

-  LIMO ARENOSO
-  ARCILLA
-  SUELO VEGETAL
-  LUTITA
-  ARENISCA
-  CONGLOMERADO
-  ALTERACION, DISOLUCION

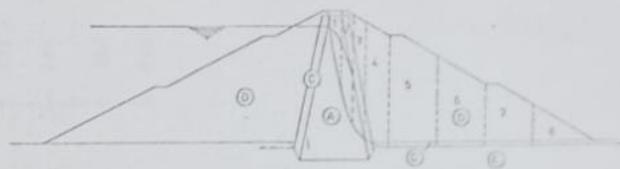
ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
TESIS DE GRADO  
INGENIERIA GEOLOGICA  
DESCRIPCION CALICATAS EJE W  
PRESA SALANGUILLO

MARCELO URIA REYES

Código: 1-35 Fecha: 05/02/78 Placa: 07 V-5

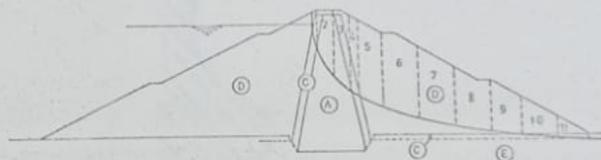


Nº 1



Nº 2

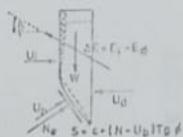
	$l_e$	$l_{ar}$	$c$	$\beta$	
(A)	177	190	233	15°	arcilla
(C)	180	159	00	30°	grava arenosa
(D)	195	216	00	35°	enrocado
(E)	200	220	20	40°	lecho rocoso



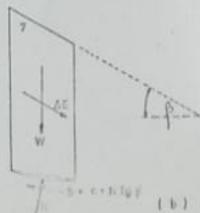
Nº 3



ANALISIS DE DOVELAS

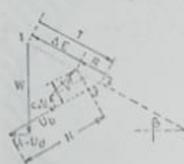


(a)

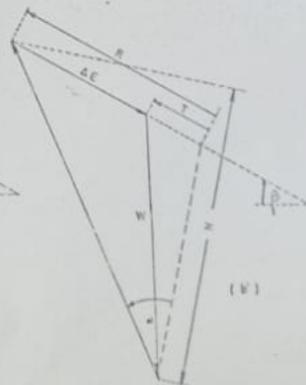


(b)

POLIGONOS DINAMICOS



(a')



(b')

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
TESIS DE GRADO  
INGENIERIA GEOLOGICA  
SUPERFICIES DE FALLA  
Y ANALISIS DE DOVELAS  
MARCELO URIA REYES  
Escuela MECADCA Fecha: OCTUBRE 78 Plano Nº V-6



### LEYENDA



Formación ZAPOTAL



Formación CAYO

ESCALA HORIZONTAL 1:12.500

ESCALA VERTICAL 1: 2.500

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

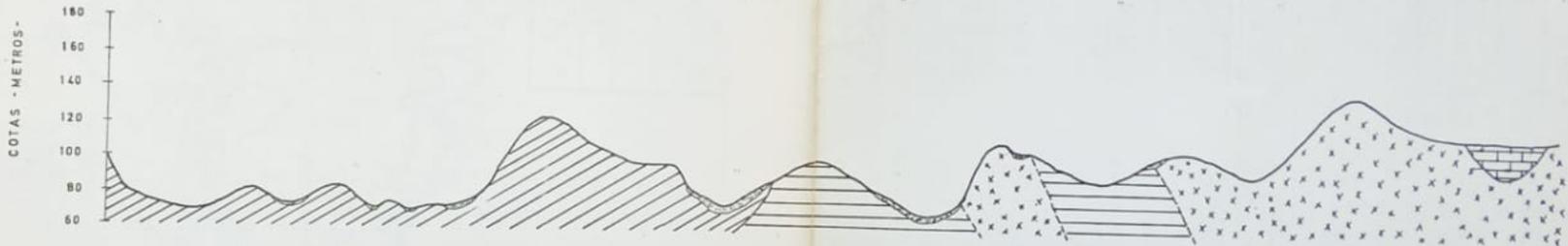
TESIS DE GRADO  
INGENIERIA GEOLOGICA

CORTE GEOLOGICO  
A - A'

MARCELO URIA REYES

Referencia: PLANO Nº IV-1

Fecha JUNIO 1979/Plano Nº V-7



### LEYENDA



Formación ZAPOTAL



Grupo ANCON



Calizas JAVITA



Formación CAYO

ESCALA HORIZONTAL 1:12.500

ESCALA VERTICAL 1: 2.500

Referencia: PLANO Nº IV-1

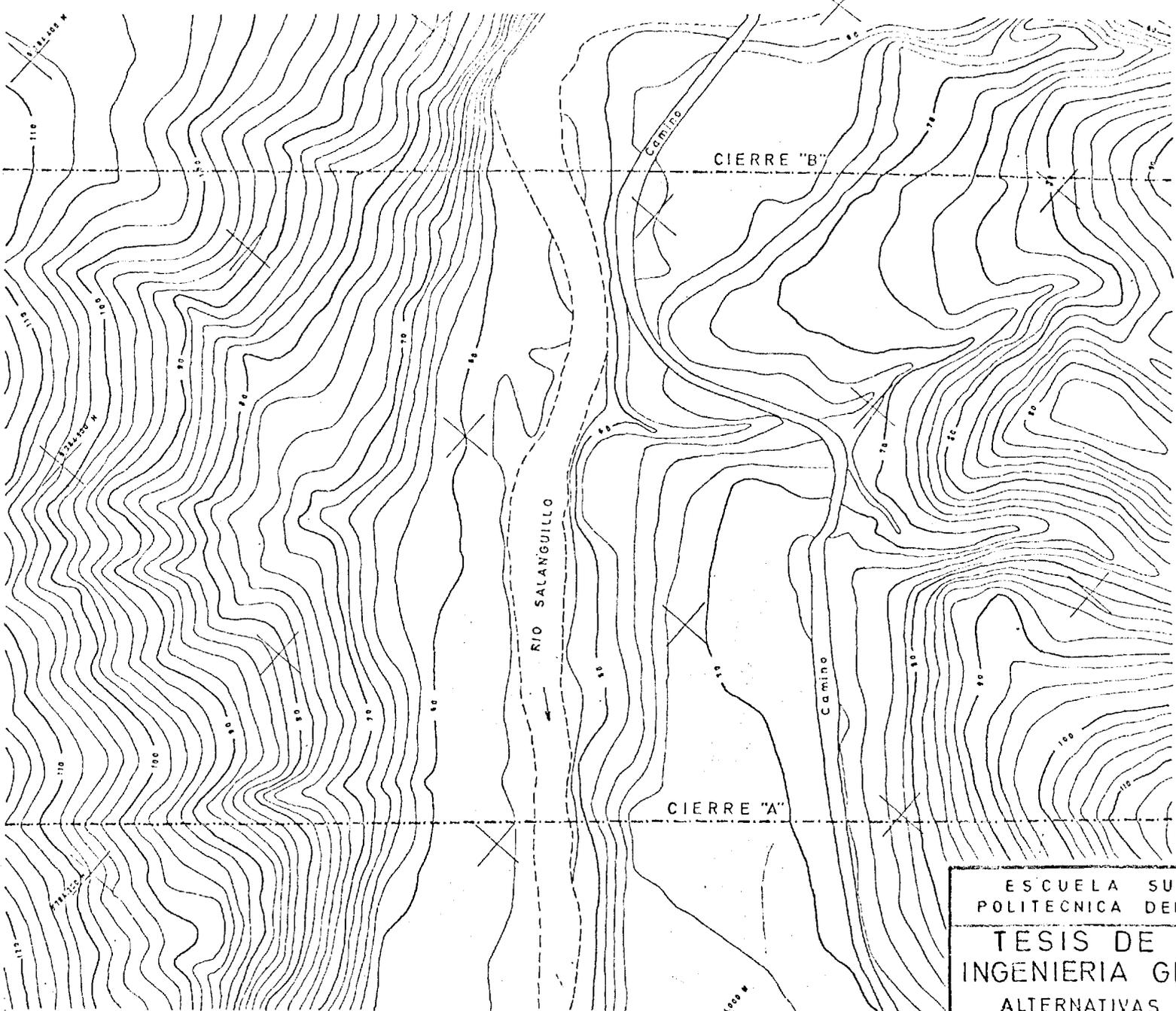
ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO  
INGENIERIA GEOLOGICA

CORTE GEOLOGICO  
B - B'

MARCELO URIA REYES

Fecha: JUNIO 1979 | Plano Nº V-8



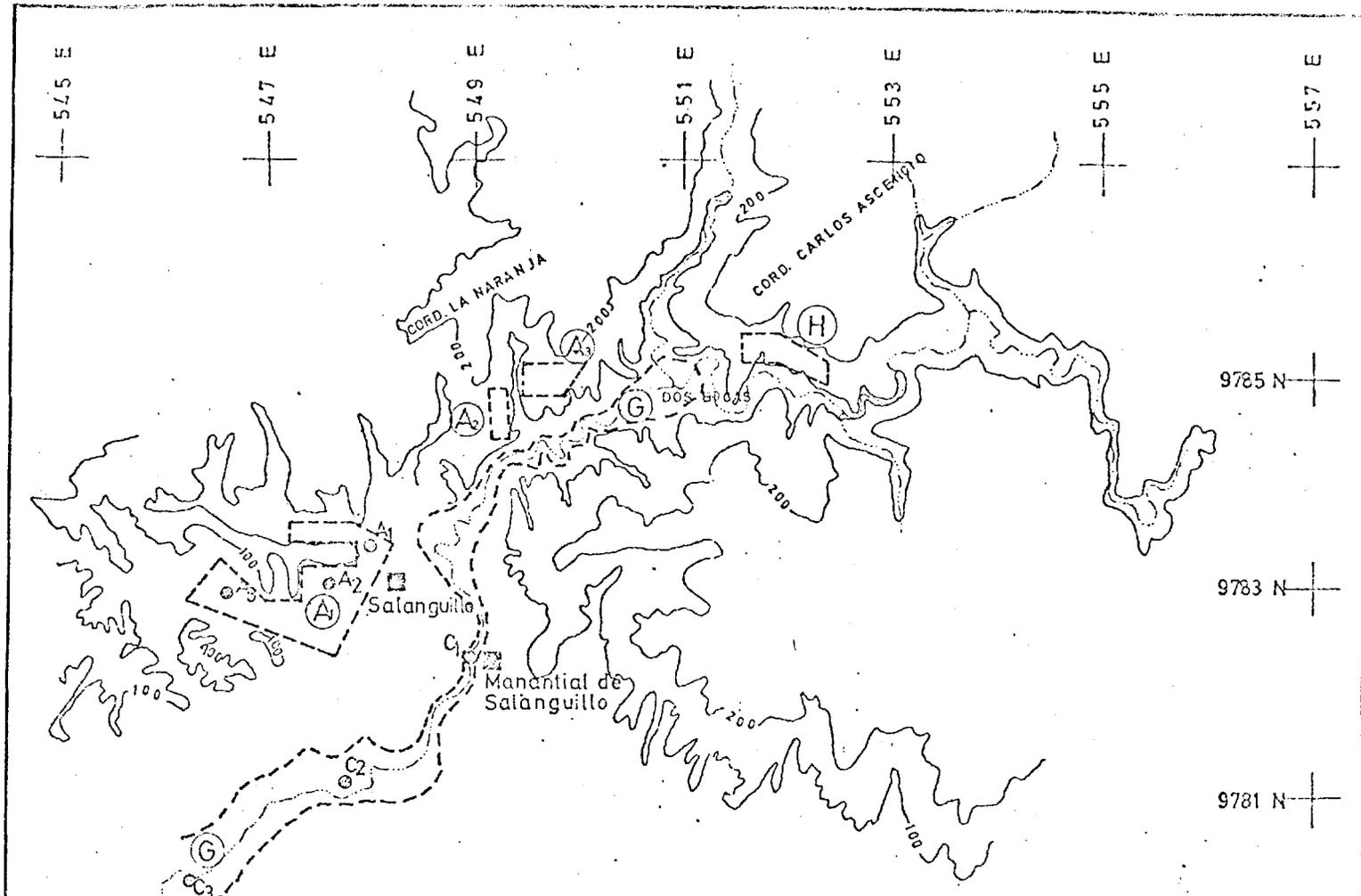
ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO  
INGENIERIA GEOLOGICA

ALTERNATIVAS CIERRES  
PRESA SALANGUILLO

MARCELO URIA REYES

Escala 1:1000 | Fecha OCTUBRE, 76 | Plano N° V-2



LEYENDA:

- (A) arcilla
- (G) gravas y arenas
- (H) roca
- calicata

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
TESIS DE GRADO INGENIERIA GEOLOGICA	
<b>PRESTAMOS          PRESA SALANGUILLO</b>	
por: MARCELO URIBARRI	PLANO Nº VI-1
escala: 1:50 000	

## BIBLIOGRAFIA

1. Asesoría Técnica de Petróleos del Ministerio de Industrias y Comercio. REPORTE GEOLOGICO DE LA COSTA ECUATORIANA. Quito: Abril, 1966.
2. Benitez A., Stalin. MORFOLOGIA Y SEDIMENTOS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL GOLFO DE GUAYAQUIL. Guayaquil: Tesis de grado, 1.975.
3. Bellizia, M. y Atozena, J. MEMORIAS DE LA VI CONFERENCIA GEOLOGICA DEL CARIBE. Venezuela: Margarita. 1.972.
4. Bureau of Reclamation, U.S. Department of the Interior. PROYECTO DE PRESAS PEQUEÑAS. Madrid: Editorial Dossat. 1.970.
5. Cambefort, Henri. GEOTECNIA DEL INGENIERO. Barcelona: Editores Técnicos Asociados S.A. 1.975.
6. Cisneros, Giovani. REVISION DE LA GEOLOGIA DEL SUR OESTE ECUATORIANO. Guayaquil, 1.976.
7. Colman, J.A. R. GUIDEBOOK TO THE GEOLOGY OF THE SANTA ELENA PENINSULA. Quito: Ecuadorian Geological and Geophysical Society, 1.970.
8. Chavez, Miguel Angel. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD GEOLOGICO-GEOTECNIA PARA LA CONSTRUCCION DE UNA REPRESA EN EL RIO VALDIVIA. Guayaquil: Tesis de Grado, 1.975.
9. Dunbar, Carl O. GEOLOGIA HISTORICA. México: Compañía Editorial Continental, S.A. 1.972.

10. Escario, Ventura. ESTABILIDAD DE PRESAS DE TIERRA Y ESCOLLERA. Madrid: Laboratorio del transporte y Mecánica del suelo. Monografía # 1. 1.966.
11. Faucher, B. y Savoyat, E. ESQUEMA GEOLOGICO DE LA COSTA ECUATORIANA. Revue de Geographie et de Geologia Dynamique. Guayaquil: Traducción de Stalin Benitez A., 1.975.
12. Ferrer Fernández, Diego. ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA OBRAS DE EMBALSE. Caracas, Revista Latinoamericana de Geotecnia, Vol. III N° 3, Julio-Septiembre, 1976.
13. Folk, Robert L. PETROLOGIA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS. México; Instituto Geológico de la UNAM. Traducción por: Carmen Schlaepfer y Rebeca de Schmitter. 1.969.
14. Garrels, Robert M. y Mackenzie, Fred T. EVOLUTION OF SEDIMENTARY ROCKS. New York: W.W. Norton & Company Inc. 1.971. I Edition.
15. Griffiths, D.H. y King, R.F. GEOFISICA APLICADA PARA INGENIEROS Y GEOLOGOS. Madrid: Paraninfo. 1.972.
16. Jiménez, J.A. y Otros. GEOTECNIA Y CIMENTOS II. España: Editorial Rueda. 1.976.
17. Juarez, Eulalio y Rico, Alfonso. MECANICA DE SUELOS. México: Ed. Limusa, Tomo III. 1.969.
18. Juarez Eulalio. MECANICA DE SUELOS. México: Editorial Limusa. Todo II: Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos. 1.976.

19. Krynine, D.P. y Judd, W.R. PRINCIPIOS DE GEOLOGIA Y GEOTECNIA PARA INGENIEROS. Barcelona: Alianza, 1972.
20. Krumbein, W.C. y Sloss, L.L. ESTRATIGRAFIA Y SEDIMENTACION. México: Centro regional de Ayuda Técnica. Traducida por Rafael García Díaz. 1.969.
21. Lambe, William T. y Whitman, Robert V. MECANICA DE SUELOS. México: Editorial Limusa, 1.974.
22. Leite, Carlos. SEMINARIO DE GEOTECNIA. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral. 1.976.
23. Maggio, G. APLICACION AGROMETEOROLOGICA EN EL ECUADOR. Quito: INERHI. 1.970.
24. Marín, Luis. CURSO DE MECANICA DE SUELOS. Guayaquil: Escuela de Ing. Civil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, 1.975.
25. Parasnis, D.S. PRINCIPIOS DE GEOFISICA APLICADA. Madrid: Paraningo. 1.970.
26. Pettijohn, F. ROCAS SEDIMENTARIAS. Buenos Aires: Editorial Eudeba, 1.963.
27. Proyect, Paute. Preliminary Report. EARTHQUAKE EVALUATION - AMALUZA DAM. IECO, CP. March, 1.975.
28. Santos, José M. INVESTIGACION GEOLOGICO-GEOTECNICA - PARA LA CONSTRUCCION DE UNA REPRESA EN EL RIO VALDIVIA. Guayaquil: Tesis de Grado. 1.975.

29. Sauer, Walther Dr. GEOLOGIA DEL ECUADOR. Quito: Ed. del Ministerio de Educación. 1.965.
30. Terreros de Varela, Carmen y Moreno, Víctor. LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - INSTRUCTIVO. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 1.976..
31. Thornbury, William D. PRINCIPIOS DE GEOMORFOLOGIA. Buenos Aires: Ed. Kapelusz. 1.960.
32. Trefethen, J.M. GEOLOGIA PARA INGENIEROS. México: Compañía Editorial Continental, S.A. 1.959.