

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

T  
624.151  
M843

DEPARTAMENTO DE ING. GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO



"ESTUDIO GEOTECNICO DE FACTIBILIDAD DEL SITIO DE LA PRESA ZAPOTAL"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO GEOTECNICO

Presentada por:

PATRICIO MORENO MANCHENO

GUAYAQUIL-ECUADOR

1981

## AGRADECIMIENTO

Al INERHI, a los Ings. Jorge Calle y Raúl Maruri y a todas aquellas personas que con la ayuda, apoyo y colaboración han permitido que este temario sea una realidad.

DEDICATORIA

A MI MADRE

A MIS HERMANOS

.....

ING. JORGE CALLE  
Director de Tesis

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

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



.....  
PATRICIO MORENO MANCHENO

## RESUMEN

La presa Zapotal, presa pequeña de tierra permitirá el aprovechamiento máximo de los recursos hídricos existentes en la Cuenca del río Zapotal en beneficio fundamentalmente de la población permanente, aproximadamente 2.200 habitantes, mejorando sus condiciones generales de vida.

INERHI, después de un estudio detallado de las poblaciones existentes - en el área de estudio, sus actividades económicas y el potencial de recurso naturales, emprendió la tarea de construir una serie de presas, entre las que se incluye la presa Zapotal, con la finalidad de almacenar los escurrimientos periódicos de las precipitaciones pluviales a ser aprovechados para uso agrícola, ganadero e industrial.

La presa en su cota de operación 26 m.s.n.m., permite un embalse de  $16 \times 10^6 \text{ m}^3$ , lo que inundará unos 410 Has. terrenos aptos para el cultivo correspondientes al clima seco (maíz, algodón, sorgo, tomate, etc.). En el área se registra una temperatura media anual que va de los 20° a 30°C., la mínima absoluta 15,6°C y la máxima 39,5°C; la humedad rara vez es inferior al 79% siendo el promedio anual de 83%.

El sitio elegido para su empotramiento registra la existencia de la roca a poca profundidad, lo que después de una fácil limpieza de los materiales de cubierta, sedimentos aluviales, garantizan una buena estabilidad de la obra diseñada tanto en relación a la resistencia como a la pérdida por filtración. La proximidad de los materiales para la cons-

trucción permiten distancias de acarreos económicos, además la vecindad de la carretera asfaltada Guayaquil - Salinas de acceso durante todo el año.

# INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	I
INDICE DE MAPAS	II
I. ALCANCE DEL PROYECTO	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Ubicación	2
1.3. Obras y poblados existentes	3
1.4. Socio - Economía	6
1.5. Descripción del Proyecto	8
II. GEOLOGIA REGIONAL	12
2.1. Fotogeología y Geomorfología	12
2.1.1. Fotogeología	12
2.1.2. Geomorfología	13
2.2. Formaciones y Estructuras Geológicas	15
2.2.1. Formaciones Geológicas	15
2.2.2. Estructuras Geológicas	17
2.3. Columna Estratigrafica	18
2.4. Geología Histórica	19
2.5. Geología Económica	20
III. GEOLOGIA LOCAL	22
3.1. Formaciones Geológicas	22
3.1.1. Mapeo Superficial	22
3.1.2. Muestreo de Calicayas	24
3.2. Estructuras Geológicas	31
3.3. Sitio de Presa	33
IV. INVESTIGACIONES REALIZADAS	36
4.1. Investigaciones Anteriores	36
4.2. Prospección Mecánica	37
4.3. Prospección Geofísica	37
4.4. Conductividad Hidráulica	41
4.5. Propiedades Geomecánicas de los suelos y rocas	45
4.5.1. Arcilla	45
4.5.2. Grava Arenosa	51

4.5.3. Roca	55
4.6. Materiales de Construcción	57
V. DISCUSION	60
5.1. Criterios para la selección del sitio de presa y de las obras anexas	60
5.2. Criterios para la selección del tipo de presa	64
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
 BIBLIOGRAFIA	

## I ALCANCE DEL PROYECTO

### 1.1. Antecedentes

En general la Península se ve afectada por varios problemas, uno de los principales, y quizá el más importante ya que incide en el modo de vida del habitante peninsular, es la falta de agua para el consumo, así como para el uso agrícola, ganadero e industrial.

En efecto, sus campos tan propicios para la agricultura, no pueden ser utilizados en forma eficaz debido a la falta de agua para sus regadíos. Los largos períodos de sequía, con funestas consecuencias para la ganadería, forestación, etc., han permitido ir agravando las condiciones de vida de la población. Si se agrega a lo anterior, la falta de los medios adecuados para la producción, vemos una baja en crecimiento vegetativo, lo que ha originado la migración del habitante peninsular hacia los centros poblados, especialmente Guayaquil, originando un problema por el abandono de los campos.

Ante esta situación tan desesperante, desde hace algunos años, el Gobierno a través de sus organismos respectivos tienen como propósito en la Península de Santa Elena, actuar con un programa de desarrollo integral que utilice al máximo los recursos materiales y equipamiento existente, en beneficio fundamentalmente de la población permanente.

Con este criterio central, se emprendió en la tarea de ordenar, - con diagnóstico objetivo, la información existente, que divide en tres aspectos: Físicos, Económicos y Humanos.

Una vez localizadas las poblaciones, sus actividades económicas, - los principales problemas y el potencial de los recursos naturales, se emprendió en la tarea de proyectar la construcción de una serie de presas entre las que se incluye la presa Zapotal, que permita almacenar los recursos de agua, que de otra manera, no podrían ser aprovechados, ya que en su mayor parte los rios y sus afluentes son intermitentes, desperdiciándose la bondad del clima y del suelo, y la aptitud de la población para la agricultura, así como los programas de apoyo a la actividad agrícola que está incrementando el Estado.

Por las razones arriba indicadas y como una contribución particular para el desarrollo de un pequeño sector de la Península, se eligió como tema de tesis el "ESTUDIO GEOTECNICO DE FACTIBILIDAD - DEL SITIO DE LA PRESA ZAPOTAL", el mismo que gracias a la valiosa ayuda proporcionada por INERHI pudo llevarse a efecto, auguro de que este proyecto sea una realidad, para lo cual es necesaria la presencia efectiva del Gobierno Central para de esa forma darles - una nueva fuente material de ayuda a los habitantes de este sector.

## 1.2. Ubicación

La Cuenca del rio Zapotal, políticamente está ubicada en la Provinu

cia del Guayas, regida por la comuna Zapotal, perteneciente al can  
tón Santa Elena. Geograficamente está situada aproximadamente en  
el centro de la Península de Santa Elena, cuyos límites son:

Norte : Cerro Alguacil  
Sur : Cerro Animas  
Este : Cerro Loma Atravesada y Botija  
Oeste : Población de Zapotal

El sitio de la presa, objeto principal de nuestro estudio, está si  
tuado a unos 2.000 m., al Oeste del pueblo de Zapotal y a unos 250  
m., al Sur Oeste de la carretera asfaltada Guayaquil - Salinas. -  
Sus coordenadas Geográficas son: 50°48' de longitud y 44°12' de la  
titud. Ver lámina No. 1.

### 1.3. Obras y poblados existentes

En todo proyecto es muy importante conocer los factores que de una  
manera directa o indirecta influyen en el desarrollo, ya sea en -  
forma positiva o negativa. Estos factores podríamos dividirlos, -  
si cabe el término, en dos clases: el Humano y el de las Obras E-  
xistentes: dentro del aspecto Humano vemos la participación de to  
das las personas más idoneas en sus diferentes funciones, lo que -  
ha hecho posible obtener los datos preliminares necesarios para la  
siguiente etapa, la construcción. En cuanto a las Obras Existen-  
tes podríamos mencionar la carretera asfaltada Guayaquil - Salinas  
la misma que representa el medio más comodo de transporte al sitio

de presa, hacia el norte, quedan los restos de la via ferrea, la misma que con varios caminos de herradura representan la unión de los principales pueblos de la península.

Dentro de los centros poblacionales que se beneficiarían con la construcción de la presa Zapotal, están: Buenos Aires, Ciénaga, Olmedo, Sacachún, San Francisco, Sube y Baja, Sucre y Villingota, pueblos situados aguas arriba del sitio de presa, Zapotal y La Delicia, ubicados aguas abajo. En base a datos obtenidos del censo de 1975 y con la complementación de la investigación, se pudo tener una idea cuantitativa de la población existente.

<u>PUEBLOS</u>	<u>HABITANTES</u>
Buenos Aires	97
Ciénaga	454
Olmedo	231
Sacachún	287
San Francisco	11
Sucre	191
Villingota	126
La Delicia	8
Zapotal	712
	<hr/>
TOTAL	2.117 Habitantes

Esta cifra indudablemente se incrementará producto del retorno de los campesinos a los lugares de origen, ante las perspectivas, que

les ofrece el campo con la construcción de la presa.

Si tomamos como premisa unos 30 años, vemos aproximadamente la existencia de la población de esa época, para lo cual, aplicamos el método estadístico de extrapolación geométrica, basada en el criterio que la población aumenta constantemente una cifra proporcional a su importancia numérica cambiante. Matemáticamente lo dicho sería:

$$P_n = P_0 (1 + r)^t$$

Donde:

$P_n$  = Población final (año 2005)

$P_0$  = Población inicial (año 1975)

$r$  = Tasa anual de crecimiento

$t$  = Tiempo en años

Mediante datos proporcionados por CEDEGE, la tasa de crecimiento para la zona de estudio, es de 1.84%, la misma que ha sido tomada en base a la población de la Parroquia Chanduy.

Para el proyecto es necesario conocer el incremento a nivel de los poblados. Sin embargo para el cálculo poblacional se tomaron los siguientes valores:

$P_0$  = 2.117

$r$  = 1.84%

$$t = 30 \text{ años}$$

$$P_n = ?$$

$$P_n = 2.117 (1 + 0.0184)^{30}$$

$$P_n = 3.658 \text{ Habitantes}$$

En consecuencia, la distribución aproximada de la población en el año 2.005 sería:

<u>PUEBLO</u>	<u>HABITANTES</u>
Buenos Aires	168
Ciénega	784
Olmedo	399
Sacachún	496
San Francisco	19
Sucre	330
Villingota	218
La Delicia	14
Zapotal	<u>1.230</u>
TOTAL	3.658 Habitantes

#### 1.4. Socio Economía

La comuna de Zapotal pertenece a la Parroquia Chanduy del Cantón - Santa Elena, Provincia del Guayas. La autoridad de la parroquia - es el Teniente Político, que hace las veces de juez, tanto en lo

civil como lo penal.

Las tierras no pertenecen a personas particulares, sino a varias agrupaciones de moradores llamadas comunas, las mismas que tienen sus representantes.

Son algunas las instituciones oficiales que se encargan de velar por el progreso de la región, entre los principales citamos: Consejo de Santa Elena, Consejo Provincial del Guayas, CEDEGE, - INERHI, Banco de Fomento, Ministerio de Agricultura, etc., cabe destacar la valiosa ayuda que están desplegando INERHI y CEDEGE a través de sus programas de construcción de presas pequeñas, obras físicas de menor nivel que permitirán el aprovechamiento máximo de los recursos hídricos existentes de la Península de Santa Elena, que pese a la variabilidad anual, asegurarían un mínimo nivel de actividades agropecuarias.

Es necesario resaltar ciertas características de la Península de Santa Elena, las mismas que fueron tomadas del Atlas Geográfico de la República del Ecuador, editado por el Instituto Geográfico Militar (1977), son datos a nivel regional, pues no se conocen datos específicos para el área de estudio.

La precipitación promedio anual de los 500 mm., el período de mayor pluviosidad es el comprendido entre los meses de Enero a Abril, siendo casi nula en los meses de Mayo a Diciembre, durante estos meses, la región está relativamente libre de nubes.

La temperatura media anual va de los 20° a 30°C., la mínima absoluta 15.6°C., y la máxima 39.5°C., la humedad rara vez es inferior al 75 % siendo el promedio anual de 83%.

Con los datos arriba concluimos que la zona climática de la región es seca, en todas sus formas.

En cuanto a las especies arbóreas de leguminosas han venido siendo cortadas en gran escala para la producción del carbón vegetal y otros usos, afectando con ella la extinción de ganado durante la estación seca. Sin embargo esporádicamente se encuentra: Ceibo, Algarrobo, Palo Santo, Guayacan, Moyuyo.

En general la economía de la península y de la zona en estudio se basa en la agricultura y la crianza de animales domésticos, sin embargo salvo los meses de estación invernal, no ha habido una actividad agrícola de importancia dentro de la zona, originado por una baja en la precipitación, lo que ha determinado que los agricultores de la zona trabajen en otras actividades económicas menos rentables, con las consecuencias que se palpan actualmente - traducidas en una pobreza general y un éxodo hacia zonas del país.

La actividad actual, se reduce al corte de árboles para la elaboración de leña y carbón, sin olvidar con esto, la preparación de sus tierras para la próxima siembra.

#### 1.5. Descripción del Proyecto

INERHI, a partir de 1965, inició la ejecución del Proyecto Península de Santa Elena, con la finalidad de embalsar los escurrimientos periódicos de las precipitaciones pluviales, mediante presas pequeñas de tierra, localizadas en diferentes valles de esa zona de la Provincia del Guayas.

Los proyectos para riego y conservación ecológica, se iniciaron con la construcción de la presa Azucar, la misma que ha dado buenos resultados en la microeconomía peninsular. Se encuentra en construcción la presa de San Vicente, al igual que la anterior, son el tipo de soluciones que ha emprendido INERHI, para dotar de riego a las comunas de la península. La gran productividad de las tierras y los factores favorables del clima han motivado a INERHI a emprender el proyecto Zapotal, el mismo que contempla:

Volumen de embalse	16 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Cota de Operación	26 m. s. n. m.
Area inundada	410 Has.

El proyecto está constituido por las siguientes obras principales:

a. Presa de Tierra

Núcleo de arcilla

Terraplenes de grava arenosa

Enrocado de protección de taludes, y

Carretera de Acceso.

b. Vertedor de Servicio

Azud o Cimacio

Puente sobre el Vertedor

Canal de Descarga

Tanque amortiguador

Canal de descarga al rio.

c. Vertedor de Emergencia

Excavado en Roca.

d. Toma de Riego

Estación de bombeo con dos bombas de profundidad

Tubería de riego.

e. Conducto de Fondo

Dos tuberías de acero de 45 mm con válvulas de compuerta

Torre de control

Tanque Amortiguador.

Las cotas y dimensiones principales del proyecto son las siguientes:

a. Presa

Corona

Cota 29 m. s. n. m.

Ancho de Corona

8 m.

Cota del rio	15 m. s.n. m.
Altura marina	14 m.
Longitud	345 m.

Taludes Exteriores

Aguas Abajo	2:1
Aguas Arriba	2:1

b. Vertedor de Emergencia

Cota de la Cresta	27
-------------------	----

c. Vertedor de Servicio

Cota de la Cresta del Cimacio	25 m. s. n. m.
Longitud del Vertedor	20 m.
Ancho del Canal de Descarga	6 m.
Longitud del Canal	200 m.

## II GEOLOGIA REGIONAL

### 2.1. Fotogeología

El objeto de la Fotogeología es el estudio de la superficie terrestre, es decir, de los diversos tipos de materiales que la integran y de las huellas que han dejado en ellos las series de procesos a la que han estado sometidos a lo largo del tiempo geológico.

La fotointerpretación en el campo de la geología es decisivo, tanto por las grandes posibilidades que ofrece el disponer de una técnica que permita obtener una visión de conjunto del terreno en cuanto a seguimiento de estructuras, estudios tectónicos, etc., como por la gran ventaja que supone realizar estos trabajos en un precio verdaderamente económico. Además, es sumamente útil realizar previo al trabajo de campo un estudio fotogeológico en el que quedan ya planteados los problemas fundamentales y localizados los lugares donde estos pueden resolverse.

Para nuestro estudio, fue necesario utilizar fotos de color mate, a una escala aproximada de 1:60.000, pertenecientes a la línea de vuelo 6A y cuyos números son: 6.304, 6.305, y 6.306. De ellas se pudo determinar ciertos datos, tales como: a. Obras humanas: carreteras, pueblos, etc. b. Hidrografía: se estudió el drenaje existente en la cuenca, la misma que nos sirvió de a-

yuda en la determinación litológica de los distintos materiales.

Así como la fotogeología nos brinda una serie de ventajas, también tiene sus limitaciones, citamos su ineficacia en la localización de pequeños afloramientos y en general en todos aquellos trabajos de campo cuya pequeña escala no permite su reflejo en las fotos. Como el área en estudio cae dentro de estas limitaciones, se ha preferido centrar la atención en el mapeo local en forma de tallada.

### 2.1.2. Geomorfología

El relieve característico que ofrece el área corresponde a zonas bajas más o menos onduladas cuyas cotas oscilan entre 17 m.s.n.m. en el sitio de presa hasta cotas de 100 m.s.n.m. en las cabeceras de los ríos, de la margen derecha del río Zapotal, ubicado en la parte noroeste de la cuenca y 300 m.s.n.m. para los tributarios de la margen izquierda, ubicados al suroeste de la cuenca, (Lámina No. 2).

El río Zapotal, a ser represado, tiene como afluentes principales a los siguientes ríos:

Tinto, que sigue una dirección S-N, el cual recibe contribuciones de algunos afluentes secundarios, tales como: Manantial - Salado, De la Pesca, entre los principales, en general cruza terrenos arcillosos originando el conjunto una cuenca de drena

je de cuarto orden, con un patrón de drenaje dendrítico.

Azúcar, corre en dirección N-S, y recibe como afluentes al río Seca, Cachul, Cordoncito, entre otros, en general atravieza areniscas como material dominante, originando un patrón de drenaje dendrítico, el conjunto presenta una cuenca de drenaje de cuarto orden.

Verde, tiene como orientación general, N-S, y recibe a numerosos afluentes secundarios, conforma una cuenca de drenaje de tercer orden, recorre en su mayoría terrenos arcillosos con conglomerados finos originando un patrón de drenaje dendrítico.

En cuanto al río principal, Zapotal, sigue una orientación general E-O, hacia el Océano Pacífico donde desemboca. La litología de la zona ha incidido en su red hidrográfica, haciéndola más tupida y ramificada debido a la presencia de materiales finos como: arcillas, areniscas, conglomerados finos, etc., Durante su curso el río adopta formas caprichosas, así vemos meándricas, otras veces cambia bruscamente a rectangular, cerca del eje No. 1, anomalía en el drenaje al parecer debido a posibles complicaciones geológicas.

Conforma el conjunto una cuenca de drenaje de quinto orden, con un patrón de drenaje dendrítico.

La cuenca de drenaje ocupa un área aproximada de  $324,4 \text{ Km}^2$  y

es de forma triangular, con el lado mayor puesto al sitio de presa y su vértice en éste, está constituida por un sin número de rios de régimen invernal.

En el sitio de su represamiento, el rio Zapotal ha recibido la gran mayoría de los afluentes, razón por la que en las épocas de crecidas, sus efectos erosivos han sido muy intensos, como también el transporte de materiales, esto se observa con la presencia de amplias terrazas de varios metros de espesor tanto en los cierres uno y dos.

### 2.2.1. Formaciones Geológicas

Las formaciones geológicas existentes en área de estudio de acuerdo a su secuencia de depositación, esto es, de piso a techo, son las siguientes:

2.2.1.1. Grupo Azúcar (Paleoceno al Eoceno) .- Se aplica a una secuencia clástica la cual se encuentra entre el grupo Ancón y el Cretácico.

Esta integrado por tres unidades: Estancia, Chanduy y Engabao. Las unidades superior e inferior son areniscas y son similares, siendo difícil su separación si la serie conglomerática de la mitad está ausente.

Formación Estancia (Paleoceno) .- Es el miembro basal del grupo Azúcar consiste en areniscas interestratificadas, limo

litas y lutitas.

Formación Chanduy .- De naturaleza arena-conglomerática, es ta formada principalmente de conglomerados, areniscas cuarzo sas y esporádicas lutitas interestratificadas.

Formación Engabao .- (Eoceno inferior al bajo Eoceno Medio). Su naturaleza es arena arcillosa, formada por areniscas alternadas con estratos delgados de lutitas y pocos estratos conglomeráticos.

2.2.1.2. Grupo Ancón.- En el área de estudio aflora en la parte Su roeste y se encuentra en contacto con la formación Zapotal mediante la falla regional de La Cruz. Esta formada por areniscas, limolitas y lutitas. Este grupo ha sido dividido en dos formaciones: Socorro y Seca.

Formación Socorro .- Consiste en areniscas con extratificaciones de bloques largos y contorneados, limolitas y lutitas. Comprende dos miembros: Santo Tomás y Clay Pebble Beds.

El miembro Santo Tomás, que forma la base de la formación Socorro, se caracteriza por la presencia de areniscas conglomeráticas con clastos de cuarcita y cuarzo.

El miembro de Clay Pebble Beds, esta constituido de arcilla similar a la matriz que varían de arenosas a limosas. Se -

advierte también la presencia de areniscas, calizas, horst~~te~~ nos y rocas ígneas en cantidades pequeñas.

Formación Seca.- Comprende dos miembros: El inferior lo constituye Lulita Seca, formado por lulitas con ciertas estratificaciones de areniscas de grano fino y limolitas y el superior, Areniscas Punta Ancón cuyas arenas son bastantes impuras, pobremente clasificadas.

2.2.1.3. Formación Zapotal.- (Eoceno Superior-Olioceno inferior).-

Consiste en areniscas, conglomerados, arcillas, limolitas,- presenta como constituyente de los cláustos, yeso y azufre, en pequeñas cantidades.

2.2.1.4. Formación Tosagua (Dos Bocas), (Olioceno Superior-Mioceno inferior).- Según Sigal (1968), se la puede representar como arcillas un poco limosas, pardas a pardas chocolate, de aspecto masivo. Además existe yeso a modo de vetillas y lulitas.

2.2.2. Estructura Geológica

El elemento estructural principal de la región lo constituye - la falla de La Cruz, que es uno de los mayores componentes estructurales del lado oeste de la Cuenca de Progreso.

La falla de la Cruz es una falla normal y la única razón por - la cual esta falla es considerada normal en lugar de inversa -

es que, el fallamiento normal, siendo el resultado de fuerzas tensionales, fija en la tectónica total los rasgos de una cuenca colapsible terciaria mejor que compresionalmente derivada de fallas inversas. No hay suficiente evidencia de campo a lo largo de la falla para refutar o confirmar esta hipótesis. A lo largo de la cuenca, sin embargo, la ocurrencia general de buzamientos de 5 a 10 grados es el reflejo de una cuenca sujeta a fuerzas tensionales, en lugar de compresionales. Su desplazamiento máximo ha sido estimado en unos 2.150 metros, sin embargo el desplazamiento varía a lo largo de su rumbo, generalmente decrece hacia el norte.

Esta falla se considera haber sido formada durante la deformación posterior a la deposición del grupo Ancón. La rama mayor de esta zona de fracturas es la falla que lleva al grupo Azúcar a la superficie, estableciendo las fracturas NE y E para los cerros de Estancia y SO y O para la Cuenca de Progreso.

La falla de La Cruz se la ha considerado activa durante la sedimentación de la Cuenca de Progreso, actualmente se la considera como falla pasiva debido a que no se conoce acción alguna durante el Cuaternario.

### 2.3. Columna Estratigráfica

La columna estratigráfica del área de estudio es el resultado del mapeo geológico regional en la cual se visualizan las secuencias

de depositación, las relaciones existentes entre las diversas formaciones, las principales características y los espesores - aproximados. Ver anexo al final del capítulo.

#### 2.4. Geología Histórica

No siempre se distinguen litológicamente capas características que puedan servir para la limitación de los grandes períodos y eras.

Al contrario se han desarrollado formaciones de transición que pasan de una era a otra, mezclándose su litología y fauna, como ocurre entre las eras Mesozoica y Cenozoica, esto es entre el Cretáceo y Terciario, en el litoral (Formación San José y Estancia).

La sedimentación terciaria al Norte y Sur de las Cordilleras de Chongón y Colonche difiere esencialmente por la circunstancia - de que en la zona austral los pisos del Eoceno inferior y del - Poloceano se muestran bien desarrollados, en tanto que el norte o faltan por completo, o se reducen a fajas estrechas de aspecto geológico singular.

"Durante el Paleoceno y Eoceno inferior se depositaron discordantemente sobre las rocas subyacentes sedimentos detríticos - del Grupo Azúcar. Es posible la falla de La Cruz empezará su actividad en esta edad, y provocará el levantamiento de la

plataforma de Santa Elena, a la vez que se hundiría toda el área al este de la plataforma (Cuenca de Progreso)".

"En el Eoceno medio y parte del superior la cuenca se rellena de sedimentos del Grupo Ancón depositados discordantemente sobre el Grupo Azúcar. Fuera del Eoceno superior aparecen sedimentos clásticos gruesos de la formación Zapotal que es una formación de transición del Eoceno superior de Oligoceno inferior. En el Eoceno superior comienza la sedimentación de las lutitas laminadas con concreciones dolomíticas de la formación Tosagua (Dos Rocas), formación que se vuelve detrítica arenosa continuando su sedimentación hasta el Mioceno inferior".

(Mapa Geológico del Ecuador, Hoja de Chanduy, 1:100.000, D.G.G. M.)

## 2.5. Geología Económica

Durante el levantamiento del área en estudio no se han detectado indicios minerológicos que nos lleve a pensar en un yacimiento de rendimiento económico, salvo la presencia de ciertas vetillas de yeso interestratificadas, las mismas que no pasan de 2 mm. de espesor, así como ciertas concreciones que superficialmente se encuentran recubiertas por yeso cristalino y núcleo formado por marga. De igual forma el azufre presente en la formación Zapotal se lo encuentra diseminado esporádicamente.

Si bien la finalidad de nuestro estudio es otra, se puede decir

que nuestra área carece de depósitos minerales, en cambio, por encontrarse formada por rocas sedimentarias y materiales aluviales, pueden servir para la construcción de la presa, así las arcillas pueden utilizarse en el núcleo por ser impermeables, las gravas-arenosas para filtro y la areniscas masivas como material de enrocamiento.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

ERA	SISTEMA	SERIE	EPOCA	ESPESOR mts.	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO				DEPOSITOS ALUVIALES	Gravas, areniscas, lutitas, ma- terial arcillo-limoso y limo-a- renoso.	
	TERCIARIO	MIOCENO			2.500	DOS BOCAS	Arcillas, color marrón chocola- te, lutitas y yeso.
		OLIGOCENO	INF.	SUP.	1.000 a 2.000	ZAPOTAL	Conglomerados, areniscas, limo- litas, presencia de yeso, azu- fre y carbonatos.
	EOCENO	SUP.		2.000	GRUPO ANCON	Areniscas, limolitas y lutitas.	
		INF.		3.000	GRUPO AZUCAR	Areniscas, areniscas cuarzosas, conglomerados y lutitas.	

### III GEOLOGIA LOCAL

#### 3.1. Formaciones Geológicas

Con el objeto de tener un conocimiento real de la litología - existente y debido a la cobertura cuaternaria predominante en la zona, se siguió el siguiente esquema de trabajo:

- A. Mapeo superficial,
- B. Muestreo de calicatas.

##### 3.1.1. Mapeo Superficial

La extensa cobertura de sedimentos cuaternarios y la escasez de afloramiento hizo necesario seguir el curso de las pocas quebradas existentes siendo estas las que mejores datos litológicos aportaron al presente estudio.

Se determinó la presencia de rocas sedimentarias, las mismas que litológicamente pertenecen a la formación Zapotal, que es la única existente en el sitio de presa. En efecto esta formación básicamente comprende: Conglomerados, areniscas y lutitas. Los sedimentos pelíticos: Limos, arcillas, se encuentran preferentemente en las planicies formadas en las - margenes del rio, formando amplios terrenos aluviales.

Además, existen limolitas finamente laminadas, deleznales, de coloración abrigarrada, que en ciertos sectores toma el - aspecto de lodolitas debido a su fractura de laminación es-

feroidal (Est. 3). Estos sedimentos contienen yeso cristalizado en vetillas de espesores menores e iguales a 1 cm. así como también formando concreciones en cuyo interior existe limolitas calcareas (margas). Las limolitas de este afloramiento presentan un rumbo y dirección de N 45°W/10°NE, notándose además la presencia de diseminaciones de azufre.

Las areniscas, unas son de grano fino, estratificadas, de coloración amarillenta, con espesores generalmente de 15 cm. (Est. 15); otras en cambio, van de grano medio a grueso, son conglomeraticas, siendo principalmente sus clastos pedernal y lutitas y sus tamaños van de 0.2 a 2 cm. de diámetro. Por su aspecto exterior se asemeja a un pastel con pasas.

Los conglomerados son de aspecto masivo, compactos, resistentes al golpe de martillo, de coloración gris-amarillenta y en su parte superior contienen clastos de tamaños comprendidos entre 0,5 a 1.5 cm. de diámetro, los clastos son en la mayoría fragmentos de rocas sedimentarias, también existen cherts, lutitas, cuarzo, arenisca de grano fino, estos clastos son en forma plana sub-redondeada y hacia su parte inferior el tamaño va aumentando siendo su dimensión promedio 2 cm. Se observa como característica importante que los componentes clásticos presentan una alineación a lo largo de su eje mayor y un paralelismo entre ellos (Est. 5) Debido a la disposición de sus tamaños, pequeños arriba y aumentandose -

hacia el piso, deducimos que se trata de una depositación gradual.

En el sector cercano al eje No. 2 (Est. 11), el conglomerado es más resistente, sus clastos son mucho más grandes (menores o iguales a 10 cm. de diámetro), están formados principalmente por cuarzo, lutitas, areniscas de grano medio, - tienen forma sub-redondeada. Suprayaciendo a estos se encuentran las areniscas de grano fino, de color gris-amari- llento.

### 3.1.2. Muestreo de Calicatas

En esta investigación los trabajos se limitan a la realización de calicatas, en sitios de mayor interés a lo largo de los ejes No. 1 y No. 2. La mayor parte de ellos, poco nos aporta al conocimiento litológico debido a su poca profundidad así como por encontrarse atravesando grandes paquetes - de sedimentos aluviales.

#### Eje No. 1

A lo largo de este eje se construyeron cuatro calicatas que totalizan una profundidad aproximadamente de 17,05 m. de - las cuales tres de ellas están ubicadas sobre terrenos aluviales.

Profundidad (Mts.)

Descripción Resumida

Calicata No. 1

0.00-0.30	Coertura vegetal de coloración café con esporádicas raíces.
0.30-0.60	Sedimento limo arenoso café claro.
0.60-0.70	Sedimento arenoso café grisáceo.
0.70-7.00	Sedimento limo arenoso.

Calicata No. 2

0.00-1.50	Sedimento limo arenoso grisáceo.
1.50-5.00	Sedimento arenoso con pocas intercalaciones de limo.

Calicata No. 3

0.00-1.10	Sedimento limoso
1.10-1.40	Sedimento arenoso.
1.40-1.70	Sedimento limoso
1.70-1.90	Sedimento arenoso compuesto en su gran mayoría por cuarzo, aproximadamente 95%.
1.90-2.05	Sedimento arenoso de grano grueso; formado por cuarzo, fragmentos de rocas y pequeños residuos de concha.

2.05-2.55	Sedimento arenoso de grano grueso, con clastos de 3 - mm. de diámetro, en profundidad llegan a ser conglomeráticos con clastos de 0.5-2 cm. de diámetro. Los clastos son: cuarzo, lutita, fragmentos de rocas, son de forma alargada y subangular.
2.55-3.35	Sedimento limo arenoso.
3.35-4.50	Sedimento arenoso de grano fino a medio presenta un gran contenido de cuarzo.
4.50-4.70	Sedimento arenoso de grano grueso, hacia su base se hace conglomerático.
4.70-4.90	Sedimento conglomerático cuyo tamaño va de 3-8 cm. de diámetro, siendo principalmente fragmentos rocas.
4.90-9.20	Sedimento limo arenoso.
<u>Calicata No. 4</u>	
0.00-0.25	Capa de suelo de coloración

0.25-0.55

gris.

Areniscas de grano fino de coloración gris-amarillenta variando en su parte media a blanquecina para finalmente presentar una coloración amarillenta.

0.55-0.85

Conglomerado masivo bien compacto con clastos de 1-3 cm. de diámetro de forma redondeada a subredondeada y son de cuarzo y ópalo.

### Eje No. 2

Comprende 5 calicatas cuya profundidad totaliza aproximadamente 17,00 metros de los cuales 12.00 metros se encuentran sobre sedimentos aluviales.

### Calicata No. 1

0.0.60

Suelo limoso de coloración café, hacia su parte inferior varía a amarillenta.

Sedimento arenoso (arenisca levemente compactada) de grano fino, reacciona con el ácido, entre sus

- minerales se puede distinguir la presencia de mica (muscovita).
- 0.75-0.90 Sedimento limoso calcáreo.
- 0.90-0.95 Material calcáreo de coloración blanquecina reacciona fuertemente al ácido.
- 0.95-1.10 Presencia de conglomerado, cuyos cláustos varían de 0.3-1 cm. de diámetro, los clastos están compuestos de cuarzo, mica, chert, y son de forma subredondeada a redondeada.
- 1.10 -150 Limolita de coloración gris con ciertas vetillas (a modo de raíces) de carbonatos, además, presencia de azufre esparcido en el paquete.
- 1.50-1.60 Arenisca de grano fino que en su parte superior presenta soluciones ferrosas y hacia su parte inferior su coloración es gris claro.
- 1.60-2.05 Arenisca de grano fino de coloración gris amarillenta, tiene una

dirección y rumbo fácilmente identificable de N38W/15NE.

Calicata No. 2

0.00 - 0.30

Suelo limoso de coloración café variando hacia su parte inferior a amarillo.

0.30-0.60

Conglomerado gris - amarillento con clastos de aproximadamente 0.2-0.5 cm. de diámetro pocos llegan a 1 cm., hacia su parte inferior disminuye el tamaño de los clastos.

0.90-0.95

Conglomerado con clastos de aproximadamente 0.5 cm. de diámetro .

Contiene: Cuarzo, chert, etc. son de formas subredondeadas o redondeada.

0.95-1.40

Arenisca de grano de coloración gris-amarillenta intercalada - con vetillas de carbonato (se presentan en forma de láminas).

- 1.40-1.70 Arenisca de grano fino de coloración gris blanquecina, reacciona debilmente con el ácido, incluye nódulos de carbonato y areniscas de coloración gris rojiza.
- 1.70-1.80 Horizonte conglomerático cuyos - clastos van de 0.2-1 cm. de diámetro, son principalmente cuarzo y fragmento de roca.
- 1.80-2.55 Limolitas de coloración gris amarillento variando hacia la parte inferior hasta llegar a blanquecina.
- 2.55-3.00 Paquete limo-arenoso, poco cementado coloración gris blanquecina, reacciona medianamente con el ácido.

Calicata No. 3

- 0.00-0.30 Sedimento de coloración gris oscuro no se observa presencia de raíces.
- 0.30-5.00 Paquete de sedimentos limo-arenoso, de coloración café claro, entre sus componentes hay: cuarzo,

feldespatos alterados y carbonatos (reaccionan bastante con el ácido).

#### Calicata No. 4 y 5

0.00-5.00

Están ubicados sobre terreno aluvial y sus sedimentos son similares a los de la Calicata No. 3.

### 3.2. Estructuras Geológicas

El principal rasgo estructural de la región es el sistema de fallas de La Cruz, ocurre hacia el borde izquierdo del eje de cierre No. 1, a unos 2.000 metros de distancia, estimándose que no tendrá implicación alguna en la presa, tanto por ser considerada como una falla pasiva debido a que no se conoce la acción alguna durante el Cuaternario, como por estar localizadas a esa distancia.

Se observa la existencia de una anomalía en el drenaje, siendo notorio ver como el río cambia en forma brusca su dirección a la altura del eje No. 1 formando un ángulo de unos 70°, es probable que el río aprovechó parte de la zona de debilidad creada por la fracturación de la roca para desviar localmente su curso.

El área que esta cubierta en su gran mayoría por sedimentos cua

ternarios y debido a la poca presencia de afloramientos, hizo necesario el empleo de la fotogeología para la interpretación estructural. Se determinaron los lineamientos, esto es trazos simples, compuestos o ligeramente curvados, notándose la existencia de alineamientos preferentes NE-SO, los mismos que son perpendiculares a los NO-SE, originados estos como respuesta al esfuerzo de los anteriores y existiendo en mayor número, fueron deducidos del estudio fotogeológico de la Cuenca de drenaje.

A pesar de estar el área ubicada hacia el S.O de la Cuenca, es decir hacia la zona de menor intensidad estructural, en los lugares donde ha sido posible encontrar afloramiento se han localizado diaclasamientos, así tenemos: En el afloramiento de arenisca de la Est. 4, N80E/85 SE, cerrada, de frecuencia una por metro; N45E/90° abierta de 1 a 2 cm., rellenas con arcillas y frecuencias 2 por metro, EW/85SE, abierta de 0 a 1 cm., rellena con arcillas y/o suelo y de frecuencia una por metro.

En los conglomerados ubicados hacia el empotramiento derecho del eje No. 1 se presentan: N 45W/vertical, cerrada de frecuencia una por metro; N 40/75 SE, abierta de 1 a cm., rellena con arena de grano fino y suelo, de frecuencia 2 por un metro.

En las areniscas de la Est. 15: N60 E/ 78 SE, abierta de 0,5 a 2 cm. rellena con material propio del afloramiento y de frecuencia 4 por metro; N 20 W/ vertical, abierto unos 0,5 cms., rellena con arena de grano fino y frecuencia 2 por metro; N20E/ vertical, abierta de 0,5 a 1 cm., rellena con material propio del lugar y delgada película de yeso así como material carbonático, son de frecuencia 2 por metro; N 45 E/vertical, abierta de 2 a 3,5 cm., rellena con suelo, clastos de cuarzo lechoso y pedernal, de frecuencia 3 por metro.

En las areniscas R<sub>3</sub>, material a utilizarse en el enrocado de la presa, existen: NS/70 W cerrados y de frecuencia 2 por metro; E0/62 SE, cerrada y de frecuencia 2 por metro; N40E/76SE, abierta unos 0.5 cm., rellena con limo y/o suelo y de frecuencia 2 por metros.

### 3.3. Sitio de Presa

En base a parámetros geológicos, geomorfológico y topográficos se ha determinado dos posibles sitios para el cierre de la presa Zapotal, cuyos ejes denominados 1 y 2 forman un ángulo entre sí de aproximadamente 97°, teniendo un empotramiento común en el BM 31.001, ver lámina No. 3.

#### Eje No. 1

Se encuentra definida por la línea imaginaria que une el BM -

31.001 con el BM 36.000 y presenta una dirección de N 63°W, tiene una longitud de unos 400 m., de los cuales el 51% corta terrenos aluviales. A lo largo de este eje se efectuaron cinco perforaciones mecánicas, cuatro calicatas y prospecciones-geofísicas, los resultados de dichos trabajos son tratados - por separado en el siguiente capítulo.

Existen pocos afloramientos a lo largo de dicho eje encontrándose cerca del empotramiento izquierdo areniscas de granos medios a grueso, de apariencia masiva, resistentes al martillo; son además calcáreas pues reaccionan bien con el ácido clorhídrico, el color al intemperismo es café amarillento, se nota la presencia de clastos de dimensiones que van de 0.5 a 2 cm.

En el empotramiento derecho existe un conglomerado en su parte basal y areniscas de grano fino hacia la parte superior. El conglomerado es de aspecto masivo, muy compacto y duro, estando formado principalmente por cuarzo, chert, lutitas y areniscas, los clastos varían de 2 a 5 cm. en diámetro, son de forma subredondeada y presentan manchas amarillo-rojizas producto de posibles soluciones ferrosas.

Hacia el norte del empotramiento derecho, a unos 70 m. del eje se encuentra una arenisca bien estratificada de grano fino de rumbo y dirección N 15 W/12 NE, superficialmente es poco compacta y sus estratos son de uno a 20 cm.

## Eje No. 2

Se encuentra determinada entre sus BM 31.001 y 38,872, con una dirección N 30 E y longitud 420 m., cortando el 52% terrenos aluviales. Al igual que el anterior eje se efectuaron cinco calicatas, cuatro perforaciones mecánicas y estudios geofísicos.

No existen afloramientos a lo largo del mismo, lo que dificulta tener una idea litológica, observándose superficialmente se dimentos.

Una mayor información sobre este eje, la obtendremos de la interpretación de los datos de las prospecciones geofísicas y mecánicas.

#### IV INVESTIGACIONES REALIZADAS

##### 4.1. Investigaciones Anteriores

Desde hace mucho tiempo en toda la costa ecuatoriana, se han venido realizando investigaciones geológicas mediante perforaciones que permitan encontrar sitios para la explotación petrolera dichas perforaciones se han intensificado en la Península de Santa Elena y particularmente en Ancón. Estas perforaciones en mayor número en la Provincia del Guayas que en otras provincias de la costa fueron realizadas por varias compañías petroleras, siendo la Internacional Ecuatorian Petroleum Company, la que mayor labor desarrolló en la investigación subterránea del Litoral ecuatoriano.

Investigadores como Teodoro Wolf (1.892), nos proporcionan informaciones sobre las observaciones geológicas en la Cordillera de Chongón y Colonche luego tenemos a: Baldry (1.932), Busk (1.951), Shepard (1.925 - 1.929). Es necesario resaltar los estudios realizados por Walter Sauer (1.965) los mismos que son presentados en su libro "Geología del Ecuador".

Dentro de las investigaciones recientes, debemos anotar las realizadas por Azad (1.968), Colman (1.970), Bristow (1.976), Cisneros (1.976), con respecto a la Península de Santa Elena.

Son de gran importancia desde el punto de vista ingenieril los

---

estudios geológicos y geotécnicos desarrollados en áreas muy -  
proximas al sitio de estudio por el Instituto Ecuatoriano de  
Recursos Hidráulicos, tales como San Vicente, Azúcar, con la  
misma finalidad presente, esta es, la construcción de presas de  
tierra que permitan el embalse de los rios de la península. Ca  
be resaltar también los valiosos trabajos que sobre éste tema -  
ha desarrollado CEDEGE.

#### 4.2. Prospección Mecánica

Teniendo en consideración que el suelo y la roca son los materia  
les con que trabaja un ingeniero y sabiendo que éstos se presen  
tan en las más variadas condiciones originadas por los complica  
dos procesos de formación, se hizo necesario efectuar perfora  
ciones subterráneas, para lo cual se dispuso de un equipo de ro  
tación.

A lo largo del Eje No. 1, se efectuaron cinco perforaciones y  
cuatro sobre el Eje No. 2. En las gráficas que se adjuntan, ob  
tenidos de los registros de perforaciones proporcionadas por  
INERHI, se observan las diferentes litologías a lo largo de ca  
da uno de los ejes, así como una columna de permeabilidad para  
cada pozo, además de la correlación litológica entre éstas per  
foraciones. Las permeabilidades fueron obtenidas aplicando el  
método de Lefranc o Lugeon.

#### 4.3. Prospección Geofísica

Debido a que nuestra área de estudios se encuentra cubierta en su gran mayoría por una amplia terraza de materiales aluviales imposibilitando la obtención de una buena información subsuperficial, si a esto agregamos la poca presencia de accidentes naturales, tales como quebradas, las mismas que permiten observar el comportamiento de la estructuras, es esencial una información complementaria, pues un proyecto acertado y seguro y, una construcción económica exige una estimación satisfactoria de las condiciones que prevalesen bajo la superficie del terreno.

La obtención de cierta información subsuperficial (velocidad de propagación de las ondas sísmicas en los diferentes materiales y profundidades aproximadas a las que se encuentran) se logró mediante el método de Refracción Sísmica. En las determinaciones de refracción se hace explotar una pequeña carga de dinamita en la superficie, en un punto llamado "punto de tiro". Desde el punto de tiro se transmiten ondas elásticas en todas direcciones. Para la determinación de perfiles se colocan detectores (sismómetros) en línea con el punto de tiro, espaciados a intervalos conocidos.

Los estudios sísmicos se realizaron con el equipo TRIO SEISMIC de 12 canales a lo largo de 2 ejes, por medios de tendidos continuos de 110 m. cada uno en una longitud de 410 m.

Los gráficos fueron obtenidas mediante la aplicación del método

Hagiwara, por medio del cual se determinan las profundidades ( $H_p$ ) en cada geófono aplicando la siguiente fórmula:

$$H_p = \frac{V_1}{2 \cos i} (T_{ap} + T_{bp} - T_{ab})$$

En esta ecuación  $V_1$  (velocidad del estrato superior) puede encontrarse de la curva tiempo velocidad de la onda directa cercana al punto de tiro y  $T_{ap}$ ,  $T_{bp}$  y  $T_{ab}$  son cantidades obtenidas directamente por observación.

El valor de  $V_2$  (velocidad del estrato inferior) lo determinamos de la relación abscisa sobre ordenada de la recta tiempo-velocidad. El valor del ángulo crítico de refracción ( $i$ ) se lo calcula de  $\text{Sen } i = V_1/V_2$ .

Las profundidades correspondientes al punto de tiro la determinamos de las expresiones:

$$H_a = \frac{V_1 \cdot A'}{\cos i}$$

$$H_b = \frac{V_1 \cdot B'}{\cos i}$$

donde el punto de la recta tiempo-velocidad  $T_{ap}$  intersecta la ordenada en el punto A nos indica  $A'$  y el punto de la recta tiempo-velocidad  $T_{bp}$  intersecta la ordenada al punto B nos indica  $B'$ . Los resultados obtenidos de la interpretación de los trabajos de campo son:

### Alternativa No. 1

Presenta la siguiente sucesión de materiales:

1. Una cubierta de velocidad de 220 m/s - 300 m/s en el estribo izquierdo y 750 m/s en el derecho.
2. Una cubierta de velocidad de 660 m/s - 800 m/s en el estribo izquierdo y 1150 m/s en el derecho.
3. Un substrato o roca consolidada de 2.200 m/s - 3180 m/s.

La primera capa puede identificarse como un suelo arcillo-limoso. La segunda capa corresponde a una arenisca delesnable con conglomerados sueltos. El substrato puede corresponder a una a arenisca compacta o a un conglomerado bien cementado.

### Alternativa No. 2

Presenta la siguiente sucesión de materiales:

1. Una cubierta con velocidad de 240 m/s - 360 m/s.
2. Una cubierta de 700 m/s localizada generalmente en los estribos y 1200 m/s en la parte media del eje.
3. Una cubierta más o menos compacta de 2000 m/s - 2360 m/s.

La primera capa puede identificarse como un suelo arcillo-limoso o arena seca. El segundo horizonte es probable que se iden-

---

tifique con una arenisca delesnable con conglomerados sueltos - así como terrenos arcillosos poco compactos. El substrato podría estar caracterizado por la presencia de conglomerados compactos o arenisca compacta.

Los resultados arriba anotados se obtuvieron de una investigación cuya profundidad máxima fue de 60 m., centrando siempre la atención en terrenos con velocidades de propagación de las ondas sísmicas longitudinales mayores a 1000 m/s, esto es, resistencia superior a  $1,35 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### 4.4. Conductividad Hidráulica

Debido a la imposibilidad de analizar el flujo a través de porps tomados individualmente lo hacemos a través de un volúmen de suelo, para lo cual si es necesario tomar en consideración la ley de Darcy, la misma que en forma breve analizaremos.

Se llama "altura piezométrica" o "carga hidráulica"  $h$ , a la suma de la altura de elevación,  $z$  y la altura de presión  $u/\gamma$

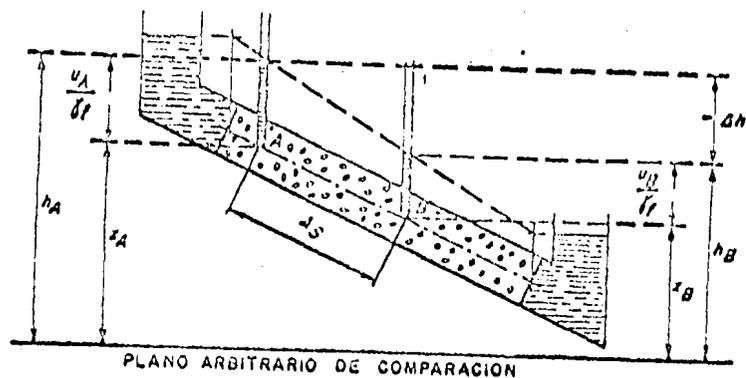


Fig. 6.4. Altura piezométrica,  $h$ , y altura de presión en suelos.

Siendo  $\mu$  la presión y  $\gamma_t$  el peso específico del fluido.

Definiremos el gradiente hidráulico,  $i_s$  en una dirección,  $S$ , - como la derivada de  $h$  respecto a esa dirección cambiada de signo.

$$i_s = \frac{\delta h}{\delta s} = - \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta h}{\Delta s}$$

De este modo contradecimos la definición matemática del gradiente  $\frac{\delta h}{\delta s}$  con signo positivo, pero, por otro lado, conseguimos que el gradiente hidráulico en la dirección de la corriente,  $i$ , sea positivo. Nosotros estamos interesados en el movimiento macroscópico a través del suelo, y para ello definimos la "velocidad del flujo",  $\bar{V}$  como un vector cuyo componente según una dirección es el canal que atraviesa la unidad de superficie perpendicular a dicha dirección.

La magnitud de este vector  $V$ , será el caudal que atravieza cada unidad de superficie de suelo normal a las líneas de corriente del movimiento macroscópico.

En la figura, la velocidad del flujo será

$$V = \frac{Q}{S}$$

Siendo:

Q: el caudal que atravieza el tubo

S: es el área de la sección transversal de dicho tubo.

Darcy, demostró experimentalmente, para el flujo unidireccional de agua a través de las áreas:

$$v = Ki$$

Siendo K, una constante de proporcionalidad que recibe el nombre de coeficiente conductividad hidráulica, (constante de proporcionalidad de Darcy) y tiene dimensiones de velocidad.

Establezcamos ahora una interpretación física de la constante de proporcionalidad de Darcy, para este objeto nos basamos en los experimentos empíricos de Hubbert y la ecuación de Hagen Pouseuille, por comparación hacemos la interpretación.

Hubbert (1.956) encontró que la fórmula de Darcy

$$v = \frac{Q}{S} = Ki$$

Por lo que  $K = \frac{K' \rho_w d^2}{\mu}$

Siendo  $\rho_w$  : densidad del líquido

$\mu$  : Viscosidad del líquido

d : Diámetro promedio de los granos

K': Nuevo factor de proporcionalidad que incluye factores no evaluados.

Entonces:

$$v = \frac{K' \ell \omega d^2}{\mu} \quad (1)$$

Para encontrar las variables que determinan  $K'$ , comparamos la ecuación (1) de Darcy con la Hagen-Poiseuille (2)

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{N \ell \omega g r^2 s^*}{\mu}$$

Siendo:

$N$  = Factor adimensional relacionado con la geometría del pasaje

$R$  = Diámetro del pasaje

$g$  = Aceleración de la gravedad

$S^*$  = Gradiente hidráulico

Cambiando (1) con (2), obtenemos:

$$v = Ki = \frac{N \ell \omega g r^2 s^*}{\mu}$$

pero:  $s^* = i_s$

$$K = \frac{N \ell \omega g r^2}{\mu}; R = d$$

$$K = N d^2 \left( \frac{\ell \omega g}{\mu} \right) \quad \text{haciendo } k = Nd^2$$

$$K = k \left( \frac{\ell \omega g}{\mu} \right) \quad \text{Coeficiente de conducti-}$$

$$k = Nd^2$$

$$\frac{\rho \omega g}{\mu}$$

vidad hidráulica, donde:

Coefficiente de permeabilidad, caracteriza las propiedades del medio.

Caracteriza las propiedades del fluido.

#### 4.5. Propiedades Geomecánicas de los suelos y rocas

Toda obra de ingeniería requiere que su costo total sea el mínimo posible, para ello se requiere tener zonas de préstamos y materiales de construcción en los lugares lo más próximos posible a los sitios de sus requerimientos, en cantidades y con propiedades óptimas.

Los ensayos se realizaron utilizando los aparatos SOIL TEST del laboratorio de mecánica de suelo "Dr. A. Ruffilli" de la Universidad de Guayaquil, para ello se cogieron muestras representativas del área de estudio tales como:

##### 4.5.1. Arcilla

El propósito principal es la localización de varios sitios - donde el material a utilizarse como núcleo en la presa debe ser impermeable y existen en cantidades suficientes, pues su

demanda es del orden de los 27.300 m<sup>3</sup>.

Los sitios elegidos se indican en la lámina III con las simbologías A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> y A<sub>3</sub>, estando las muestras A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> ubicados a la altura de los ejes de cierre No. 1 y No. 2 y a una profundidad aproximada de 2 y 4 metros, respectivamente, la muestra A<sub>3</sub> ubicada a poca distancia aguas arriba del eje de cierre No. 2 y a una profundidad de unos 5 metros.

Después de realizar a cada una de las muestras los ensayos - que a continuación se describen y con los resultados obtenidos en el laboratorio se determina que la muestra A<sub>3</sub> es la mas adecuada a utilizarse en el núcleo de la presa.

#### 4.5.1.1. Humedad

Indica el contenido de agua de un suelo, es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser sacada al horno.

El resultado obtenido fue:

Recipiente + peso húmedo (gr)	284,5
Recipiente + peso seco (gr)	269,9
Agua (gr)	14,6
Recipiente (gr)	31,1
Peso seco (gr)	238,8
Contenido de agua	6,11 %

#### 4.5.1.2. Límites de consistencia

Límite Líquido.- Es el contenido de humedad en el cual el material pasa del estado líquido al plástico. Del gráfico número de golpes vs humedad se determina el límite a los 25 golpes.

Límite Plástico.-Es el contenido de humedad cuando el material pasa del estado plástico al semisólido.

Índice de Plasticidad.-Se obtiene restando el valor del límite plástico del límite líquido.

Los resultados obtenidos son, (Anexo 1):

Límite Líquido	40,25
Límite Plástico	19,61
Índice de Plasticidad	20,64

#### 4.5.1.3. Granulometría

Sirve para determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo. La curva obtenida está representada en el Anexo 3.

TAMIZ (No.)	% PASANTE <u>ACUMULADO</u>
4	100
10	100

40	98,32
50	96,23
200	75
Fondo	0

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y de acuerdo con los valores del límite líquido menor - del 50% e índice plástico mayor del 7%, se clasifica a la muestra como "CL", esto es: "arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres".

#### 4.5.1.4. Proctor Standard

Consiste en compactar el 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. De esta curva - se obtiene un punto llamado Densidad Seca máxima y la humedad correspondiente a este punto es la óptima. El trabajo se realizó según norma ASSHO T -99, (Anexo 4).

Densidad seca máxima (Kg/m <sup>3</sup> )	1.644
Humedad óptima (%)	18,60

Estos valores obtenidos indican el contenido de humedad que

dá el mas alto peso unitario en seco.

#### 4.5.1.5. Gravedad Específica

Es la relación entre el peso de los sólidos del material y el peso del volúmen de agua que dichos sólidos desalojan.

Muestra	A3
Temperatura del agua y suelo (°C)	27°
Recipiente + peso seco (gr)	235,15
Recipiente (gr)	123,2
Peso seco (Ws) (gr)	111,95
Frasco + agua (Wbw) (gr)	651,85
Ws + Wbw	763,80
Frasco + agua + suelo sumergido (Wbwa) (gr)	722,3
Desplazamiento de agua $w_s + w_{bw} - w_{bws}$ (gr)	41,50
Factor de corrección (K)	0.9965
Gravedad específica (Gs)	2.688

#### 4.5.1.6. Permeabilidad

Es la propiedad de los suelos y las rocas de permitir el pa so de agua de sus poros. Se utilizó el permeámetro de carga variable para realizar esta experiencia concluyéndose - que es impermeable la muestra (coeficiente de conductividad hidráulica K menos de  $10^{-7}$  cm/seg) pues al cabo de tres - días de ensayo no se registró paso de agua.

#### 4.5.1.7. Ensayo Triaxial

Los ensayos de compresión triaxial sirven fundamentalmente para determinar el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) y la cohesión ( $c$ ) de los suelos ensayados.

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. Para realizar el ensayo, la muestra se la encierra en una cámara a la que se introduce agua con cierta presión hidrostática.

Para cada una de las muestras se realizó tres ensayos, cada uno a diferente presión de cámara - esfuerzo principal - menor (1.05, 2.10 y 3.15 Kg/cm<sup>2</sup>), teniendo en consideración que su peso unitario (1.991 Kg/m<sup>3</sup>) y su humedad (24%) sean aproximadamente iguales, (Anx.5.1, 5.2, 5.3). La selección de estos esfuerzos se hizo una vez conocido el peso unitario y la profundidad de donde se obtuvo la muestra A<sub>3</sub> (aproximadamente a 5 metros). Sabiendo que la muestra no estaba saturada y aplicando la expresión:  $\sigma = \gamma h$  se obtiene la presión inicial de cámara esto es: 1.05 Kg/cm<sup>2</sup>, los otros dos valores son aumentos aritméticos de la presión inicial.

Para cada ensayo se leen las deformaciones y luego de hacer los cálculos respectivos se obtienen los esfuerzos desviados máximos. Se grafican luego las envolventas (círculo de

Mohr) y con la tangente a estos círculos se obtiene el ángulo de fricción interna y la cohesión. (Anexo 5).

Esfuerzo principal menor (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.05	2.10	3.15
Esfuerzo desviador máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.779	2.079	2.522
Cohesión:	0.85 Kg/cm <sup>2</sup>		
Angulo de fricción interna:	6°		

#### 4.5.2. Grava Arenosa

Se cogieron dos tipos de muestras las mismas que se encuentran ubicadas en la lámina 3 con las simbologías G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub>, - las muestras G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> se tomaron del lecho del río, la primera aguas abajo y la segunda aguas arriba del eje de cierre No. 1

El material seleccionado a emplearse como filtro en la construcción de la presa existe en cantidades suficientes y de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio se selecciona a la muestra G<sub>1</sub> como la mas apropiada, esta muestra de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos pertenecen al grupo G, esto es, mezclas de gravas y arenas bien graduadas, además, debe tener una permeabilidad entre 10<sup>-2</sup> y 10<sup>-3</sup> cm/seg y un porcentaje de desgaste menor al 50%.

Los ensayos que se realizaron a cada una de las muestras -

fueron:

#### 4.5.2.1. Granulometría

Se pesó 5000 grs. y se la tamizó para elaborar la curva granulométrica, obteniéndose de ella el Cu - Coeficiente de uniformidad - y el Cc - Coeficiente de curvatura, los resultados fueron, Anexo 6 y 6.1:

$$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{16}{0.32} = 50$$

Donde: D60 y D10 son los diámetros por debajo del cual queda el 60% y el 10% del suelo en peso, respectivamente.

$$Cc = \frac{(D30)^2}{D10 \times D60} = \frac{(2,5)^2}{0.32 \times 16} = \frac{6.25}{6.4} = 1.22$$

Donde: D30 es el diámetro por debajo del cual queda el 30%; del suelo en peso.

Con los valores obtenidos que cumplen con los criterios de clasificación en el laboratorio proporcionados por S.U.C.S., esto es, Cu mayor que 4 y Cc entre 1 y 3 se ubica a la muestra en el grupo Gw, esto es, gravas bien graduadas, mezclas de gravas y arenas, con poco o nada de finos.

#### 4.5.2.2. Peso Volumétrico Varillado (PVV) y Peso Volumétrico Suelto (PVS)

El peso volumétrico es el peso referido al volúmen que ocupa, la diferencia entre P<sub>VV</sub> y P<sub>VS</sub> está en que aquel se dan 25 golpes a cada uno de las tres capas y en el suelto se deja caer el material desde una altura de 2" del borde del recipiente.

**Peso Volumétrico Varillado:**

- Peso del material + recipiente	78.1 lb.
- Peso del recipiente	20.0 lb.
- Peso del material	<u>51,1 lb.</u>

$$P_{VV} = \frac{23,23}{0.15} = 154,87 \text{ Kg/m}^3$$

**Peso Volumétrico Suelto:**

- Peso del material + recipiente	72.75 lb.
- Peso del recipiente	20.00 lb.
- Peso del material	<u>52.75 lb.</u>

$$P_{VS} = \frac{23.98}{0.15} = 159,85 \text{ Kg/m}^3$$

**4.5.2.3. Gravedad Específica**

Durante 24 horas saturamos el material para luego de secarlo superficialmente pesar 1000 gr. (P<sub>SSS</sub>: peso saturado superficialmente seco). Colocamos el material en una canastilla para pesarlo casi sumergido (P<sub>SSS</sub> y S: Peso saturado

superficialmente seco y saturado sumergido).

La gravedad específica o densidad saturada superficialmente seca ( $D_{sss}$ ) se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

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

$P_{sss \text{ y } S} + \text{Canastillas}$	2608 gr.
Canastilla	2073
$P_{sss \text{ y } S}$	<hr/> 535 gr.

$$G_s = \frac{1000}{1000 - 535} = 2.15$$

#### 4.5.2.4. Permeabilidad

Para suelos relativamente permeables tales como gravas y arenas y mezclas de éstos, se utiliza un permeámetro de carga constante.

El procedimiento a seguirse es el siguiente: se pasa la muestra por el tamiz 3/4", se lo compacta como un proctor standard, elaborada la muestra se la conecta al aparato de carga constante, se coloca el agua y se lo deja saturar y luego escurrir por espacio de 15 minutos a fin de establecer el régimen y una vez logrado esto, se procede a hacer las mediciones:

Area de la muestra  $A = 31,1725 \text{ cm}^2$

Altura de la muestra	L= 8	cm.
Diferencia de nivel de agua	H= 120	cm.
Tiempo de escurrimiento	t= 108	seg.
Caudal	Q= 1000	cms <sup>3</sup> .
Aplicando la fórmula	$K = \frac{Q}{A \times t \times i} ; i = \frac{H}{L}$	

Donde i es el gradiente hidráulico

$$K = \frac{1000}{\frac{31,1725 \times 108 \times 120}{8}}$$

$$1.98 \times 10^{-2} \text{ cm/seg.}$$

#### 4.5.2.5. Abrasión de Los Angeles

Ensayo que determina el porcentaje de desgaste de un material al ser sometido a cargas abrasivas.

Mallas		Peso Antes	Peso después
<u>Pasa</u>	<u>Retiene</u>	<u>Del ensayo (gr)</u>	<u>por tamiz No.</u>
1 1/2"			
1"	1"	1.250	
3/4"	3/4"	1.250	
1/2"	1/2"	1.250	
3/8"	3/8"	1.250	
		<u>5.000</u>	3.418

El porcentaje de pérdida se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \% \text{ de pérdida} &= \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \\ &= \frac{5.000 - 3.418}{5.000} \times 100 = 31.64\% \end{aligned}$$

#### 4.5.3. Roca

Se determinó tres posibles sitios donde el material a utilizarse para enrocamiento existe en cantidades que satisfasen su demanda, esto es unos 3.000 m<sup>3</sup>; estos sitios se indican en la lámina 3 como R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub>. A diferencia de la muestra R<sub>3</sub>, arenisca de grano fino, ubicada a poca distancia aguas arriba del eje de cierre No. 2, las muestras R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> son areniscas conglomeráticas, ubicada R<sub>1</sub> aguas abajo del eje de cierre No. 1 y R<sub>2</sub> a poca distancia del empotramiento izquierdo de éste cierre, estas muestras presentan un desgaste superior al 50%, valor no permisible para el fin antes indicado.

Se realizaron los siguientes ensayos:

4.5.3.1. Abrasión de Los Angeles .- Se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} \% \text{ de pérdida} &= \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso final}} \\ &= \frac{5.000 - 3.420}{5.000} \times 100 = 31.6\% \end{aligned}$$

#### 4.5.3.2. Gravedad Específica

Para este ensayo se tomó un pedazo de roca, se la saturó - 24 horas, se la secó superficialmente y se lo peso (Psss). Se lo colocó en una probeta graduada con agua.

Psss:	500 gr.
Vagua	1000 cm <sup>2</sup> .
Vagua + roca	1180 cm <sup>3</sup> .

Aplicamos la fórmula:

$$G_s = \frac{P_{ss}}{V_{agua + roca} - V_{agua}}$$

$$\frac{500}{1180 - 1000} = 2.79$$

#### 4.6. Materiales de Construcción

Se definen como los cuerpos que integran las obras de construcción, cualesquiera que sea su naturaleza, composición y forma. En éste capítulo se hace un análisis de la ocurrencia de materiales ubicados cerca al sitio de construcción de la presa Zapotal, clasificándolos y evaluándolos. Hay que indicar que este estudio se limita al análisis de los materiales aptos a utilizarse tanto en el núcleo, filtro y enrocado de la presa.

- A continuación se analizan las principales fuentes seleccionadas:

El material a utilizarse en el núcleo de la presa corresponde a una arcilla impermeable cuyo coeficiente de permeabilidad es menor de  $10^{-7}$  cm/seg., se encuentra ubicada a poca distancia aguas arriba del eje de cierre No. 2 y está designada como A<sub>3</sub> en la Lámina III. La arcilla es de color café, poco compacta y se presenta en grandes cantidades lo que satisface la demanda del diseño, esto es unos 27.300 m<sup>3</sup>.

En cuanto al material a utilizarse como filtro en la presa debe corresponder a una grava arenosa bien graduada. La fuente de este material se designa como G<sub>1</sub> en la lámina III. Esta compuesta por clastos subredondeados, resistentes al martillo, cuyas dimensiones van desde 2 a 10 cms., las arenas son de grano medio a grueso. La cantidad de material existente satisface sin ningún problema la demanda requerida, esto es unos 6000 m<sup>3</sup>.

Finalmente el material a ser utilizado como enrocamiento de acuerdo con las especificaciones no debe sufrir un desgaste mayor del 50% y corresponde a la muestra R<sub>3</sub> ubicada a una distancia corta aguas arriba del cierre No. 2 - Ver Lámina III.

La cantidad de material presente en ese sitio satisface los requerimientos (3.000 m<sup>3</sup>) y es necesario para su ex-

plotación proceder a la limpieza del material de cubierta.

A los materiales arriba analizados se les hizo otros tipos de ensayos, cuyos análisis y resultados se indican en el subtítulo anterior. En este capítulo se ha enunciado la característica técnica más importante que debe cumplir cada uno.

Todos los materiales que acabamos de analizar se encuentran relativamente a poca distancia del cierre No. 1, que al parecer presenta las características geológicas más favorable para el cierre del proyecto, beneficiándose en su economía ya que se reducen los gastos de transporte de material a la obra.

Para la construcción se requerirá posiblemente el transporte de agua desde la presa Azúcar.

## V CRITERIOS

### 5.1. Criterios para la selección del sitio de presa y de las obras - anexas

Las presas deben durar. No todas lo hacen, y existen todos los grados de incertidumbre respecto a ellas. Los embalses deben retener el agua. No todos lo hacen y existen muchas formas en que pueden perderse el agua. El trabajo debe hacerse dentro de unas normas de seguridad como cualquier otra obra de construcción. No siempre sucede así y existen muchas causas de peligro. La estructura en conjunto debe ser permanente y el trabajo debe llevarse a cabo dentro de los presupuestos originales. No siempre lo son y existen muchas razones para su fallo o costo excesivo, la mayoría de ellas geológicas o dependientes de la geología. (16).

#### 5.1.1. Reconocimientos preliminares

Con la ayuda de los mapas topográficos de Zapotal, Chanduy, Cerecita y Gómez Rendón, escala 1:50.000 y las fotografías aéreas líneas de vuelo GA, números 6.304, 6.305 y 6.306, escala 1:60.000, se establecen los límites de la exploración, donde se hizo reconocimientos de los lugares de los posibles emplazamientos del río Zapotal, de tal manera de aprovechar a todos sus afluentes que en conjunto conforman una cuenca de drenaje de quinto orden en una área de 325 Km<sup>2</sup>. Se determinaron los ejes de cierre No. 1 y No. 2 como posibles sitios a levantarse la presa, mostrando al No. 1 las condiciones topográficas mas favorables para su emplazamiento.

#### 5.1.2. Estudio Litológico

La presencia de rocas sedimentarias, litológicamente pertenecen a la formación Zapotal, formación única en el sitio mas apropiado para el levantamiento de la presa. La poca presencia de afloramientos a lo largo de los dos ejes seleccionados hizo necesario determinar sus propiedades físico-mecánica como complemento a los trabajos de campo, pues son de gran importancia ante la presencia de material no consolidado o poco consolidado.

Se hizo necesario conocer la profundidad de la roca firme a lo largo de los dos ejes seleccionados, debido a no encontrarse de un modo continuo se infirió su profundidad de los datos geofísicos y de las perforaciones mecánicas. Se tiene una arenisca compacta o un conglomerado bien cementado a unos 15 metros de profundidad, registrando este material en el No. 1 velocidades de propagación de las ondas sísmicas desde los 2.200 m/seg hacia el empotramiento derecho a 3.000 m/seg hacia el izquierdo, esto es, resistencia del orden de  $10^5 \text{ Kg/cm}^2$ , en el eje No. 2 registra velocidades desde los 2000 m/seg hacia el empotramiento derecho a 2.360 m/seg hacia el izquierdo, esto es, resistencias de  $10^4 \text{ Kg/cm}^2$ , menores que en el eje No. 1. Fue necesaria la identificación y estudio, su cantidad y calidad las fuentes de materiales a usarse en la construcción de la presa, su ubicación en lo posible lo mas cercana al sitio de la obra para evitar un gasto prohibitivo.

### 5.1.3. Estructuras

En el área de estudio, el principal elemento lo constituye la falla de La Cruz, estimándose que no tendrá implicación alguna por estar localizada a unos 2000 mt. del sitio de presa y por considerarla como pasiva debido a no tener información de acción alguna durante el Cuaternaria.

Con el análisis de los lineamientos de la Cuenca mediante la fotogeología, si bien es verdad esta técnica no distingue entre fallas, fracturas u otras estructuras, se refiere a los trazos rectos simples compuestos o ligeramente curvados, se constata la existencia de alineamientos NO-SE, los mismos que representan los esfuerzos de reacción de Cuenca de Progreso al esfuerzo de plegamiento que actuó en sentido perpendicular y alineamiento NE-SO virtualmente perpendiculares al anterior y de menor densidad.

En base al estudio antes expuestos, el sitio de presa por estar hacia el SO de la Cuenca se encuentra en una área con pocas fracturas.

### 5.1.4. Fisiografía

Son datos útiles la forma y tipo del cauce del río a ser represado, los ríos tributarios del Zapotal están secos la mayor parte del año, son pocos profundos debido a la falta de acción

erosiva de sus aguas, sin embargo se observa que el cauce del río principal en algunos lugares, debido a la poca resistencia de los materiales heterogeneos de superficie, forma encañonados y en otros, tales como cerca el eje No. 1, cambia su recorrido en forma casi rectangular debido a posibles complicaciones geológicas. En general se puede decir que el patrón de drenaje existente en el área es dentritico, cuya densidad es mayor en la parte alta de la Cuenca quizá por razones topográficas antes que litológicas.

Hacia el sitio de su represamiento el río Zapotal ha recibido a la gran mayoría de sus afluentes, muchos de ellos provenientes de la parte alta de la Cuenca, tales como Cerros de Estancia, Las Aninas, Zapotal, muy empinadas (pendientes 50 - 70%) o empinados (pendientes 30 - 50%), otros en cambio recorren terrenos suaves a moderados (5 - 15% de pendiente) correspondiente a la parte media y zonas limitadas por las faldas de los cerros presentes en la Cuenca para finalmente llegar al sitio a ubicarse la obra, esto es terrenos con pendientes suaves a bajas (0 - 5%) correspondientes a las partes bajas de la Cuenca donde se puede represar con mucha facilidad.

El análisis expuesto ha sido expresado como rasgos porcentuales en base a la clasificación propuesta por Nichols y Edmunson en 1979.

### 5.1.5. Agua Subterranea

Se hizo necesario conocer la posición del manto freático para poder determinar los efectos del mismo sobre las rocas del área, para tal efecto se realizaron varias perforaciones mecánicas a lo largo de los ejes No. 1 y No. 2 las mismas que hasta las profundidades llegadas en cada uno de los pozos no pudieron determinarlo.

### 5.2. Criterios para la solución del tipo de presa

Las presas se pueden clasificar en un número de categorías diferentes, que dependen del objeto de la clasificación. Nuestro caso puede considerarse bajo dos aspectos fundamentales, de acuerdo con su uso y de acuerdo con los materiales a emplearse en la construcción.

En cuanto a su uso se la clasifica de acuerdo a la función mas general que va ha desempeñar, esto es el de almacenamiento. - La presa a construirse sirve para embalsar el rio Zapotal en los períodos en que tenga agua para utilizarla cuando escasee, beneficiando de esta forma a la agricultura, ganadería e industria, con el consecuente aumento de las condiciones vida de los pueblos favorecidos con este proyecto.

En cuanto a los materiales a emplearse en su construcción se conoce que las presas mas comunes que se construyen en las condiciones actuales son las de tierra, pues son el tipo de presas

que aprovechan materiales en estado natural que requieren el mínimo tratamiento. Además, los requisitos para su empotramiento son menos exigentes que para cualquier otro tipo (presas de concreto de gravedad, del tipo arco, del tipo contrafuerte, etc.).

La selección del mejor tipo de presa para un lugar determinado requiere la consideración cuidadosa de las características de cada tipo, su relación con los accidentes físicos del lugar y la adaptación a los fines para los que se supone que va a servir la presa, además, estar sujeta a las limitaciones impuestas por razones económicas y de seguridad. Dentro de este esquema establecido se ha seleccionado que una presa de tierra es la más adecuada para el embalsamiento del río Zapotal, pues a parte de ser económica y segura los factores físicos - más importantes justifican su acertada elección, como se demuestra a continuación:

#### 5.2.1. Topografía

La topografía en gran parte, es la primera en dictar la selección del tipo de presa. Debido a que nuestra área de estudio por estar ubicada en la parte de la Cuenca, donde sus pendientes son suaves y bajas (0 - 5%) permite hasta la cota 26 m.s.n.m. el fácil embalsamiento de la gran mayoría de los tributarios del río Zapotal, llegando a tener volúmen de -

$16 \times 10^6 \text{ m}^3$ ., en una diferencia de 12 metros con respecto a su altura marina (14 m.s.n.m.) y teniendo como cota mínima los 40 m.s.n.m., hacia los costados de sus empotramientos, sugiere una presa pequeña de tierra.

### 5.2.2. Condiciones Geológicas

La formación Zapotal, única existente donde va a estar cimentada la presa, presentando una arenisca compacta o un conglomerado bien cementado, determinado por sondeos geofísicos a unos 15 metros de profundidad, material que presenta resistencias del orden de  $10^5 \text{ Kg/cm}^2$ , es lo suficientemente resistente a resistir el peso de la presa de tierra no registra presencia de alguna anomalía estructural, tales como fallas o fisuras, esto se puede comprobar, con los resultados de las perforaciones mecánicas efectuadas a lo largo del sitio donde va a ser emplazada la presa, incluso se registra permeabilidades cuyos coeficientes de conductividad hidráulica; son del orden de  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$ , ver anexo de perforaciones mecánicas, esto es materiales de muy baja permeabilidad.

Del mapa geológico local se ha determinado, en los sitios donde ha sido posible medir la inclinación de los estratos, buzamientos del orden de 10 a  $15^\circ$  hacia el este, es decir, hacia el sitio donde va a estar ubicado el vaso, lo que im-

plica, en caso de existir filtraciones de agua el retorno a su embalsamiento.

### 5.2.3. Materiales Disponibles

La presencia de materiales de construcción a utilizarse en la presa, arcillas impermeables para el núcleo, grava-arena sa bien graduada para el filtro y roca cuyo desgaste debe ser menor del 50% para enrocamiento, existen en cantidades suficientes para satisfacer la demanda del proyecto y el encontrarse a distancias razonables del sitio elegido para su emplazamiento una presa de tierra resulta mas económica. - De esta forma se aprovechan los recursos locales, se reduce el costo de la obra sin sacrificar la calidad de la estructura final.

### 5.2.4. Sección Transversal del Valle

Conociendo el ancho  $b$ : 12 m. y la profundidad  $h$ : 5 m. del valle por donde corre el rio, especialmente en el sitio donde va ha ubicarse la presa y según la clasificación propuesta por Walters, esto es:

Garganta $b/h$	menor que 3
Valle angosto $b/h$	está entre 3 y 6
Valle ancho $b/h$	mayor que 6,

La presa a construirse debe ser pequeña pues va ha estar u-

bicada en un valle del tipo Garganta, lo que implica el uso de poca cantidad de materiales si comparamos con una presa ubicada en un valle del tipo Angosto o Ancho.

#### 5.2.5. Sismicidad

Si la presa a construirse estuviera situada en una zona de posibles sismos se deberá preveer un aumento tanto de las cargas como de los esfuerzos. Es conocido que los tipos de estructuras que mejor se adaptan a resistir la sacudida de los terremotos sin perjudicarse son las presas de tierra y las de concreto del tipo de gravedad. El proyecto Zapotal considera que la presa de tierra es la estructura mas confiable y segura ha pesar de desarrollarse en una zona donde la actividad sismica es casi nula, pues se han registrado, de acuerdo con la escala de Riechter, entre 1963 a 1975 sismos de magnitud 3, cuya profundidad del foco sismico es menor de 50 Km.

#### 5.2.6. Condiciones Económicas

Una vez que se ha elegido al eje No. 1 como el sitio mas adecuado para el empotramiento de la presa, se estima que el costo de su construcción esta de acuerdo con los beneficios que va ha obtener, es decir, aumentar las condiciones de vida de los habitantes de la región.

Por otro lado, el proyecto con el transporte de los materiales al sitio de la obra se beneficia en su economía pues - sus distancias son cortas.

## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- Las condiciones topográficas del vaso permiten embalsar  $16 \times 10^6 \text{ m}^3$  en la cota 26 m.s.n.m., lo que sugiere la construcción de una presa de pequeña altura, la estrechez del cierre y la existencia de un puesto natural para el diseño del vertedor, permitan la construcción de una obra de bajo costo.
- La presa traerá efectivos beneficios a la población de Zapotal, en particular, y a otras poblaciones en general, en lo que respecta a dotar de agua para riego en la temporada de ausencia de precipitaciones, pues el área de irrigación queda al pie de la población y la producción agrícola aumentaría en un 100%. El suelo se considera que es de buena calidad, se tiene información de la producción de la cuenca del Azúcar con la cual son colindantes.
- La existencia de la roca a poca profundidad en el sitio de presa, cubierta por areniscas conglomeráticas y sedimentos aluviales, permiten después de una fácil limpieza garantizar la estabilidad de la obra diseñada tanto en relación a la resistencia como a la pérdida por filtración. La proximidad de los préstamos de materiales de construcción permiten distancias de acarreo económicos.

- A consecuencia de la escasez de agua, la zona está poco poblada, los pocos pobladores que quedan tienen como medio de vida la quema del carbón, algún pastoreo y cultivos ocasionales de los meses de la estación lluviosa, de tal forma la producción de la zona puede considerarse nula.
- La existencia de materiales de construcción próximo al eje - No. 1 contribuyen a la óptima ejecución de los trabajos, a lo que se suma la vecindad de la carretera asfaltada Guayaquil - Salinas, que permite acceso durante todo el año.
- La forma casi rectangular que toma el río antes de llegar al sitio de cierre No. 1, nos indican que sus aguas llegarán con relativa fuerza no así al cierre No. 2 que por estar ubicado en una línea recta de su curso su acción erosiva a las paredes de la presa van a ser superiores.
- En base a los estudios expuestos en los capítulos anteriores, se concluye que una construcción segura es una pequeña presa de tierra a lo largo del eje de cierre No. 1.

## 6.2. Recomendaciones

Es necesario que el INERHI racionalice el agua del embalse y se encargue de la adjudicación a las diferentes comunas que se van a beneficiar con la misma, evitando con esto que empresarios extraños con mayor capacidad de inversión monopolicen -

---

luego el mercado de los diferentes productos agrícolas sembrados al igual que los comuneros.

- La adjudicación del agua deberá se hecha con prioridad a los comuneros residentes en la actualidad.
- Debe hacerse conciencia en los pobladores de la zona sobre los beneficios y alcance del proyecto, así como la organización de cooperativas de riego con los usuarios del agua con la finalidad de lograr una adecuada y óptima utilización del agua en el riego.
- Realizar un estudio de la calidad agrícola de los suelos para la siembra de productos apropiados que les brinden mejores dividendos económicos a los pobladores de la zona.

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

FECHA Enero 12/81

PROYECTO

PRESA ZAPOTAL

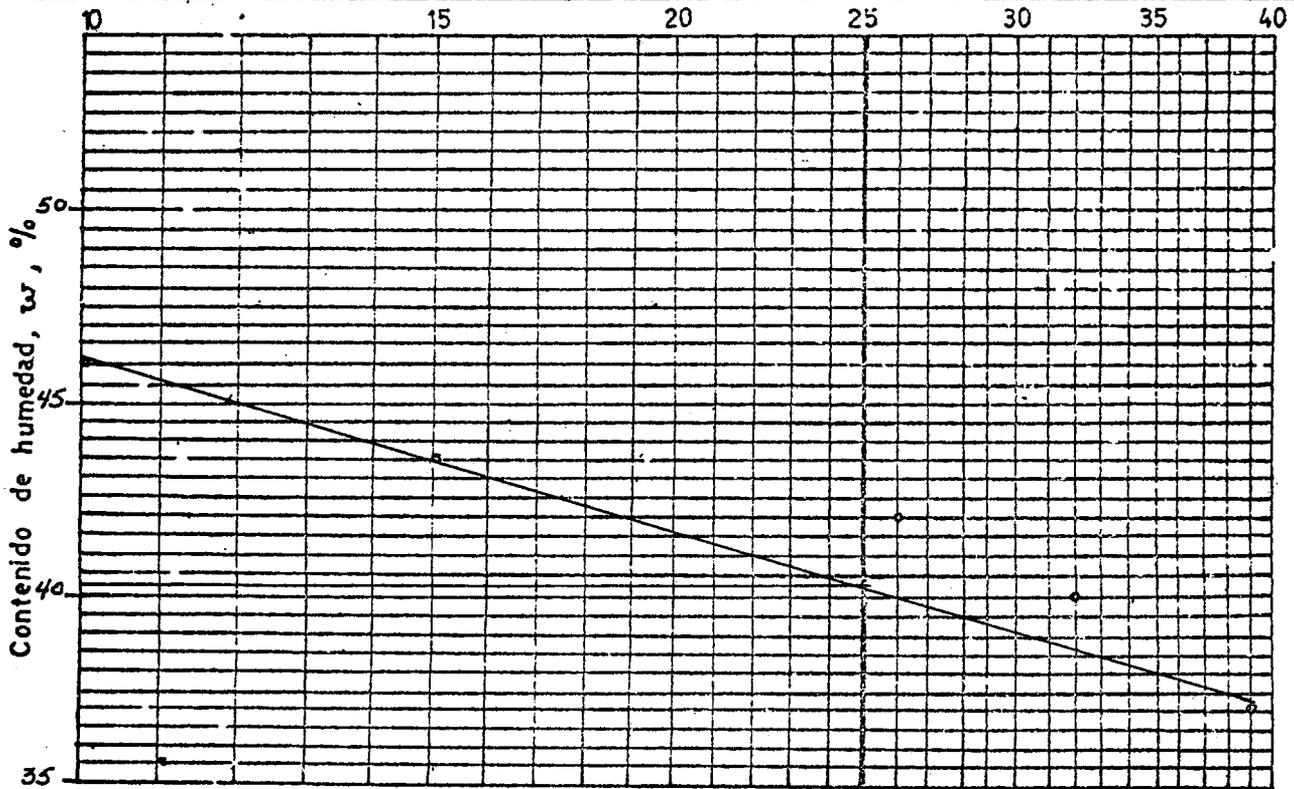
Perforación

Muestra ARCILLA

Profundidad

LIMITE LIQUIDO

PASO N°		1	2	3	4	5	6
Recipiente N°		144	145	17	87	121	
Peso en grs.	Recipiente + peso húmedo	19,50	18,60	18,40	21,10	18,95	
	Recipiente + peso seco	17,10	16,46	16,41	17,85	16,92	
	Aqua $W_w$	2,40	2,14	1,99	2,25	2,03	
	Recipiente	11,90	11,50	11,70	12,30	11,48	
	Peso seco $W_s$	5,20	4,96	4,71	5,55	5,44	
Contenido de humedad $w$		46,15	43,14	42,25	40,54	37,32	
Numero de golpes		10	15	26	32	39	



LIMITE PLASTICO

PASO N°		1	2	3	4	5	Contenido humedad natural
Recipiente N°		76	92				
Peso en grs.	Recip.+peso húmedo	18,30	18,30				
	Recip.+peso seco	17,17	17,20				
	Aqua $W_w$	1,13	1,10				
	Recipiente	11,50	11,50				
	Peso seco $W_s$	5,67	5,70				
Contenido de agua $w$		19,93	19,30				
Limite Plástico		19,61					

$w_L$  40,25  
 $w_p$  29,61  
 $I_p$  20,64

Símbolo de la carta de plasticidad:

CL

Observaciones

ANEXO 1

Operator \_\_\_\_\_ Calc. por \_\_\_\_\_ Verific. por \_\_\_\_\_

LABORATORIO "Ing. Dr. ARNALDO RUFFILLI"

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

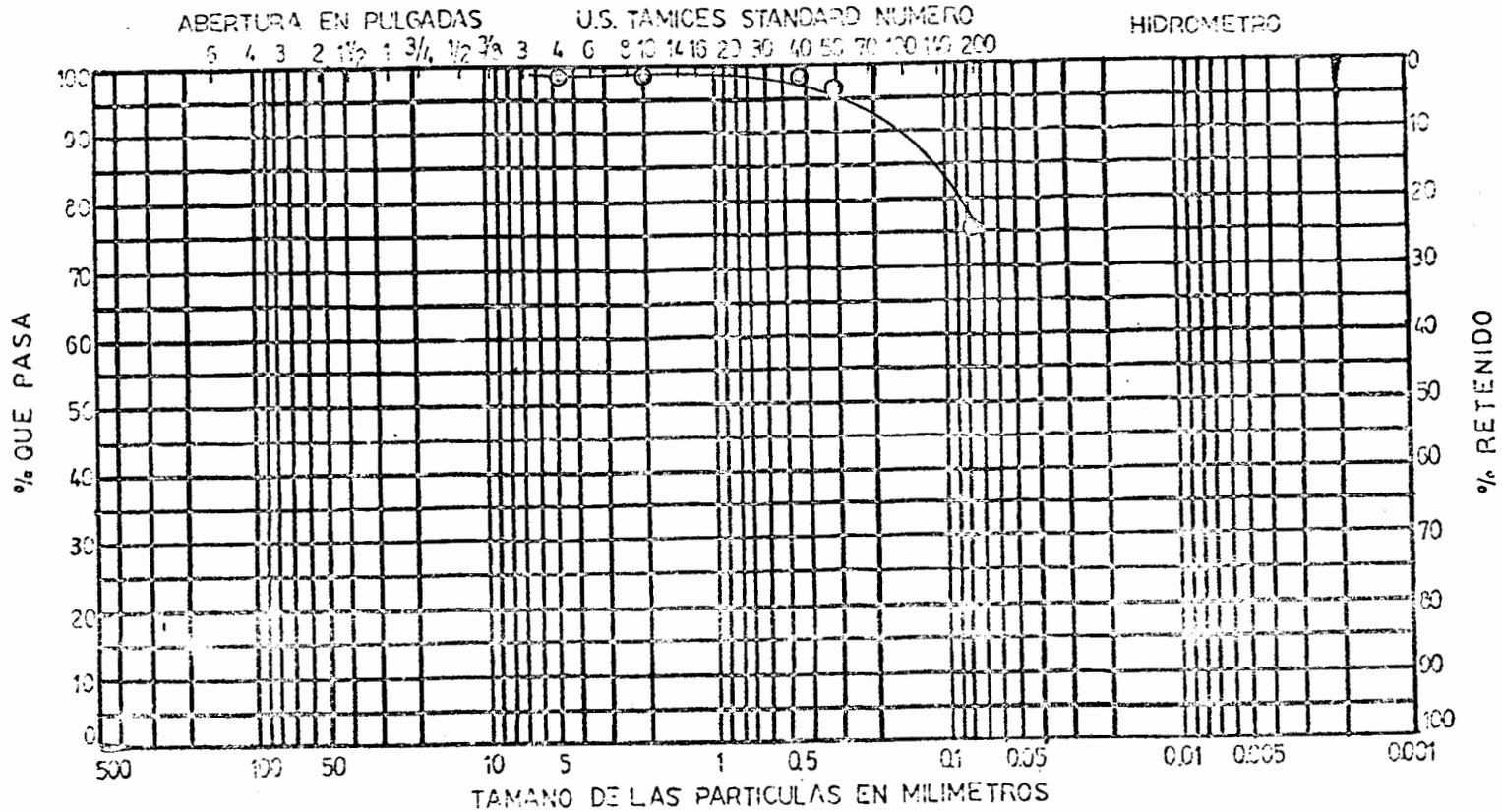
Proyecto: PRESA ZAPOTAL ..... Fecha: DICIEMBRE 11/80

Muestra N° ARCILLA ..... Para: .....

Fuente del Material: .....

Descripción del Material: .....

Tamiz	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2½"					
2"					
1½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
¼"					
N° 4	0	0	0	100	
N° 8					
N° 10	0	0	0	100	
N° 16					
N° 20					
N° 30					
N° 40	4	1,68	1,68	98,22	
N° 50	5	2,09	3,77	96,23	
N° 80					
N° 100					
N° 200	50,70	21,23	25,00	75	
FONDO	179,00	74,96	100	-	
Total	238.80	100,00			



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

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD	CLASIFICACION	w <sub>s</sub>	w <sub>L</sub>	w <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	PROYECTO
							PRESA ZAPOTAL
							Ubicación
							Perforación
							Fecha Diciembre 11/80
							Observaciones

CURVAS GRANULOMETRICAS de ARCILLA

ANEXO 3

# PRUEBA PROCTOR

PESO DE TIERRA SECA,  $P_s = PT/I + W/100$

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

PT = PESO TOTAL — PESO DEL CILINDRO

ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO,  $h = 30.48$  cm.

NUMERO DE GOLPES,  $N = 25$ /capa

PESO DEL MARTILLO,  $P_m = 5.5$  Lbs. kg.

ESTANDAR ..... MODIFICADO

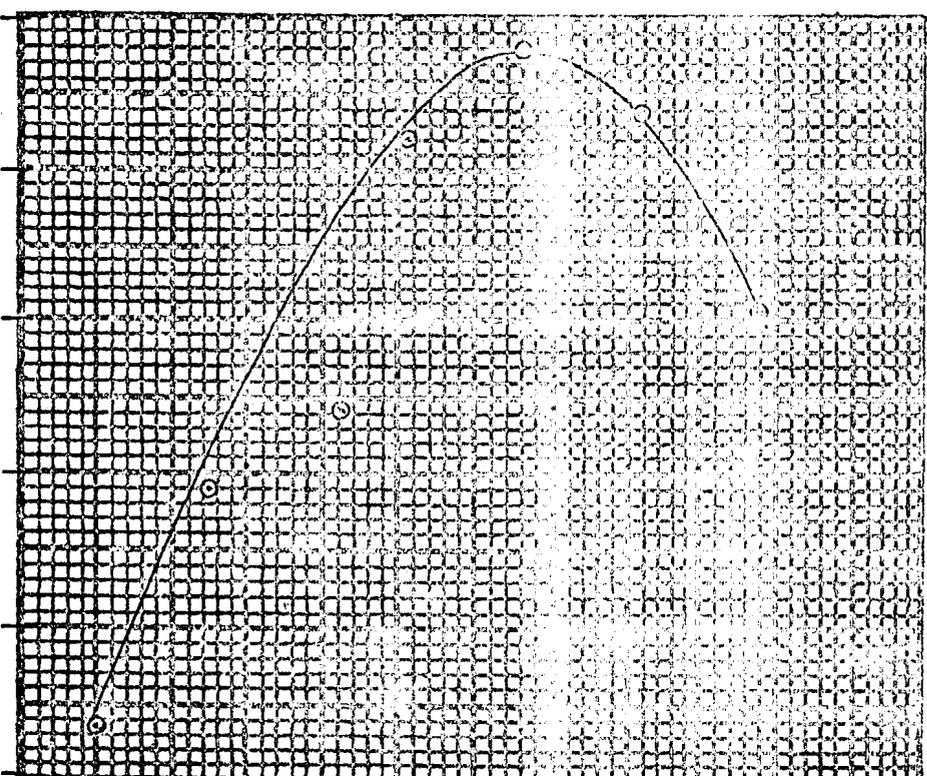
MUESTRA: ...ARCILLA..... ELEV. .... m.

FECHA: .....Diciembre.....16/80.....

OPERADOR: .....

Prueba Nº	Cap. Nº	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 kg.	$1 + \frac{W}{100}$	Peso tierra seca kg.	Peso volumet. seco kg. m <sup>3</sup>
1	175	56.60	53.60	11.70	3.00	41.90	7.15	6.112	1.435	1.0715	1.330	1.410
2	259	57.10	52.90	11.20	4.20	41.70	10.07	6.231	1.554	1.1007	1.412	1.496
3	104	63.65	57.45	11.90	6.20	45.55	13.61	6.332	1.655	1.1361	1.457	1.543
4	114	67.80	60.40	12.00	7.40	48.40	15.28	6.442	1.765	1.1528	1.531	1.622
5	54	65.80	57.23	11.20	8.57	46.03	18.61	6.518	1.841	1.1861	1.552	1.644
6	96	86.45	73.21	11.70	13.24	61.51	21.52	6.561	1.884	1.2152	1.550	1.642
7	07	94.50	78.00	11.67	16.50	66.33	24.87	6.524	1.847	1.2487	1.479	1.567

Peso volumétrico seco,  $P_{vs}$



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

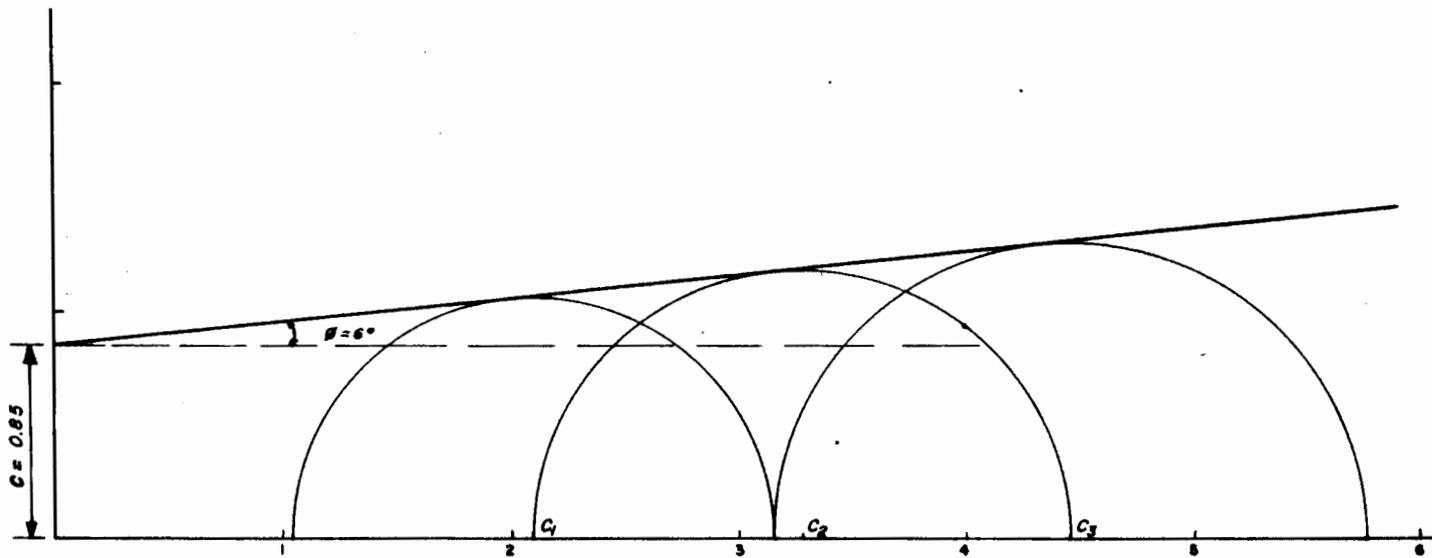
OBSERVACIONES: .....

Densidad Seca Máxima

1.644 Kg/m<sup>3</sup>

Humedad Optima

18.60 %



PRESION DE CAMARA :	15 lb.	30 lb.	45 lb.
ESFUERZO PRINCIPAL MENOR ( $\sigma_3$ ) :	1.05	2.10	3.15
ESFUERZO DESVIADOR MAXIMO ( $\tau - \sigma_3$ ) :	1.779	2.079	2.522





E N S A Y O   T R I A X I A L

PATRICIO MORENO MANCHENO	MUESTRA: ARCILLA	FECHA: ENERO 15/81	
PRESION DE CAMARA: 3.15 Kg.	DIAMETRO	ALTURA	AREA
	3.6 cm.	7.2 cm.	10.17 cm <sup>2</sup>
			VOLUMEN
			73.18 cm <sup>3</sup>

CARGA		Lectura Dial Lc-9 0.0001"	Deformación cm/cm	l-Deformación	Area Corre- gida cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Desviador Kg/cm <sup>2</sup>
Dial Lc-2 0.0001	Kgs.					
18	2,613	15	0,00529	0,99471	10,22	0,255
34	4,94	30	0,01058	0,98942	10,28	0,480
82	11,91	45	0,01587	0,98413	10,33	1,153
110	15,97	60	0,02117	0,97883	10,39	1,537
126	18,95	75	0,02645	0,97355	10,45	1,813
137	19,89	90	0,03175	0,96825	10,50	1,892
142	20,62	105	0,03704	0,96296	10,56	1,953
147	21,34	120	0,04233	0,95767	10,62	2,009
152	22,07	135	0,04763	0,95237	10,68	2,006
157	22,79	150	0,05292	0,94708	10,74	2,122
161	23,38	165	0,05828	0,94173	10,80	2,165
165	24,54	180	0,06350	0,9365	10,86	2,206
169	24,83	195	0,06679	0,93121	10,90	2,251
171	25,12	210	0,07408	0,92592	10,98	2,261
173	35,55	225	0,07937	0,92063	11,05	2,273
176	25,70	240	0,08467	0,91533	11,11	2,299
177	25,99	255	0,08996	0,91004	11,18	2,299
179	26,43	270	0,09525	0,90475	11,24	2,312
182	26,86	285	0,10054	0,89946	11,31	2,337
185	27,30	300	0,10583	0,89417	11,37	2,362
188	27,59	315	0,11113	0,88887	11,47	2,380
190	27,88	330	0,11642	0,88358	11,51	2,397
192	28,17	345	0,12171	0,87829	11,58	2,407
194	28,60	360	0,12700	0,87300	11,65	2,418
197	28,89	375	0,13229	0,86771	11,72	2,440
199	29,33	390	0,13758	0,86242	11,79	2,450
202	29,77	405	0,14288	0,85712	11,87	2,471
205	30,20	420	0,14817	0,85183	11,94	2,493
208	30,49	435	0,15346	0,84654	12,01	2,514
210	30,49	450	0,15875	0,84125	12,09	2,522*
210	30,49	465	0,16404	0,83596	12,17	2,505
208	30,20	480	0,16933	0,83067	12,24	2,467

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD	PESO UNITARIO	ESQUEMA DE LA ROTURA
Ph: 156,7 Ps: 129,5 Pa: 27,2  $W = \frac{Pa}{Ps} \times 100 = 23.08\%$	Ph: 145,3 V: 73,18  $= \frac{Ph}{V} = 1,99 \text{ Kg/cm}^3$	
ANEXO 5.3		

LABORATORIO "Ing. Dr. ARNALDO RUFFILLI"

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Proyecto: PRESA ZAPOTAL ..... Fecha: ABRIL 29/81.....

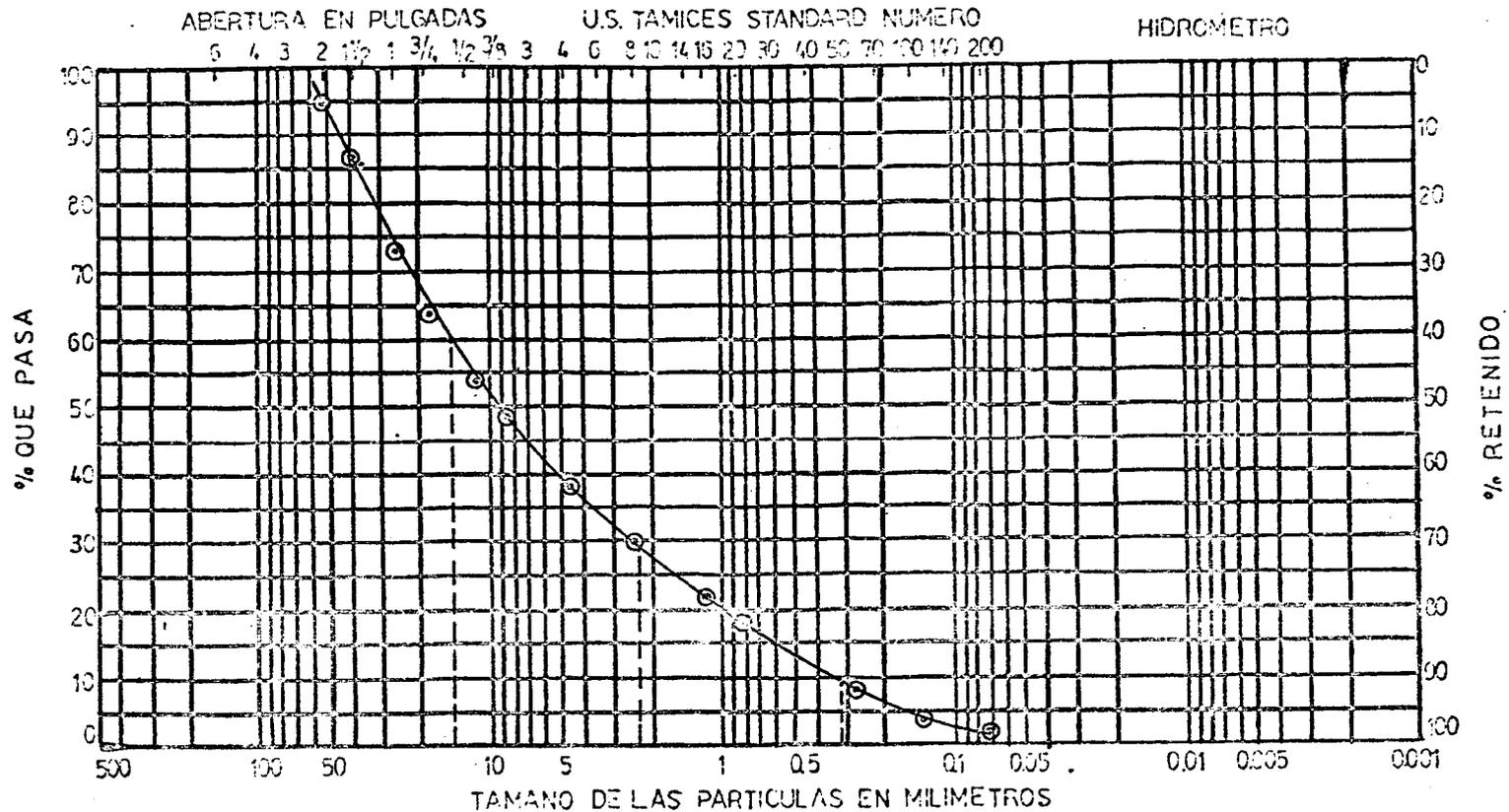
Muestra N° ..... Para: .....

Fuente del Material: LECHO DEL RIO .....

Descripción del Material: GRAVA - ARENOSA .....

Tamiz	Peso Parcial	% Reteado	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones
3"					
2½"	0	100	100	100	
2"	870	4,507	4,507	95,493	
1½"	1.626	8,424	12,931	87,069	
1"	2.841	14,720	27,651	72,349	
¾"	1.459	7,559	35,210	64,790	
½"	2.058	10,663	45,873	54,127	
⅜"	1.026	5,316	51,189	48,811	
¼"					
Nº 4	1.978	10,248	61,437	38,563	
Nº 8	1.616	8,373	69,810	30,190	
Nº 10					
Nº 16	1.518	7,865	77,675	22,325	
Nº 20	695	2,601	81,276	18,724	
Nº 30	170	0,880	82,156	17,844	
Nº 40					
Nº 50	1.690	8,756	90,912	9,088	
Nº 80					
Nº 100	1.098	5,689	96,601	3,399	
Nº 200	274	1,419	98,020	1,920	
FONDO	381	1,974	99,994	0,006	
Total	19.300	99,994			

Universidad de Guayaquil  
Laboratorio "Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli"



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

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD	CLASIFICACION	w <sub>s</sub>	w <sub>L</sub>	w <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	PROYECTO
							PRESA de ZAPOTAL
							Ubicación
							Perforación
							Fecha Abril 29/81
							Observaciones

CURVAS GRANULOMETRICAS de GRAVA - ARENOSA

ANEXO 6.1.

Diseñado por

Calculado por

Verificado por

# PRUEBA PROCTOR

ESTANDARD ..... MODIFICADO

MUESTRA: Grava-Arenosa ELEV. .... m.

FECHA: ABRIL 30/81 .....

OPERADOR: .....

PESO DETIERRA SECA,  $P_s = PT/I + W/100$

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

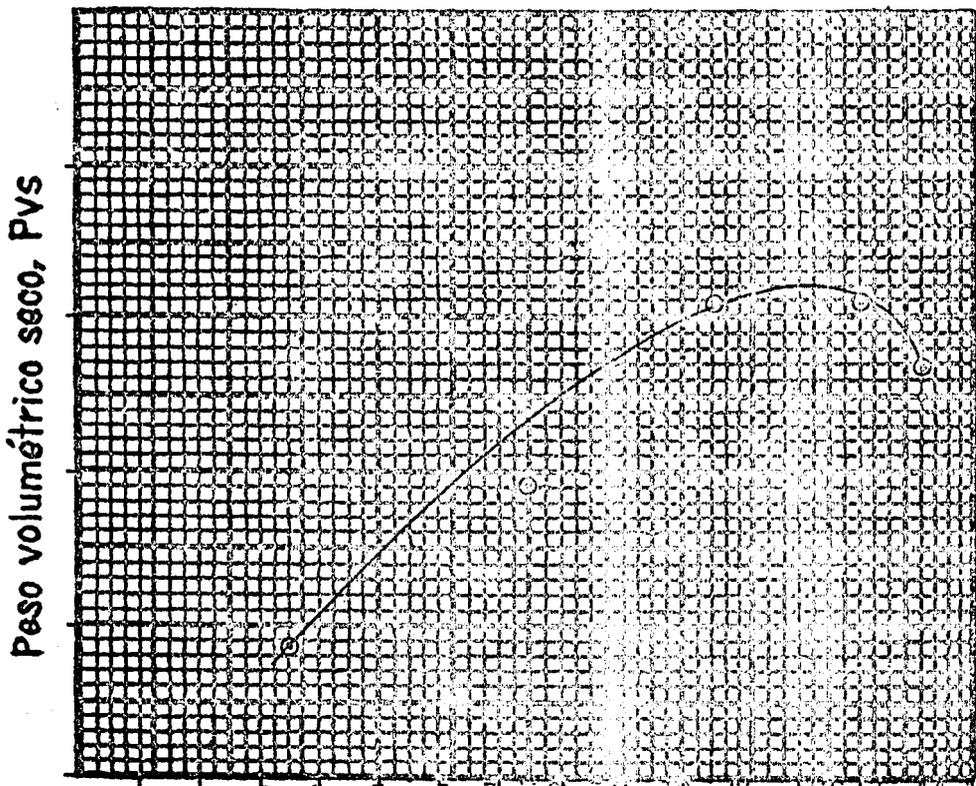
PT = PESO TOTAL — PESO DEL CILINDRO

ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO,  $h = \dots$  cm.

NUMERO DE GOLPES,  $N = \dots$

PESO DEL MARTILLO,  $P_m = \dots 5.516 \dots$  kg.

Prueba No	Cap. No	Peso tierra húmeda + cap.	Peso tierra seca + cap.	Peso de la cap.	Peso de agua	Peso seco	W %	Peso tierra húmeda + cilindro	Peso tierra húmeda	$1 + \frac{W}{100}$	Peso tierra seca	Peso volumet. seco
—	—	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.	—	kg.	kg. m <sup>3</sup>
1	13	71.3	69.3	11.8	2.0	57.5	3.48	6.340	1.653	1.0348	1.597	1.692
2	12	80.9	76.1	11.6	4.8	64.5	7.44	6.506	1.810	1.0744	1.693	1.793
3	14	74.4	68.4	11.5	6.0	56.9	10.54	6.082	1.995	1.1054	1.805	1.912
4	1211	93.6	83.3	11.3	10.3	73.0	14.30	6.712	2.025	1.1430	1.772	1.877
5	255	93	82.1	11.9	10.9	70.2	15.53	6.668	1.981	1.1553	1.715	1.817
6	75x	985	88.5	11.95	10.0	76.55	13.06	6.728	2.041	1.1306	1.805	1.912
7												



Dens. de sólidos,  $S = \dots$

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

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

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

OBSERVACIONES: .....

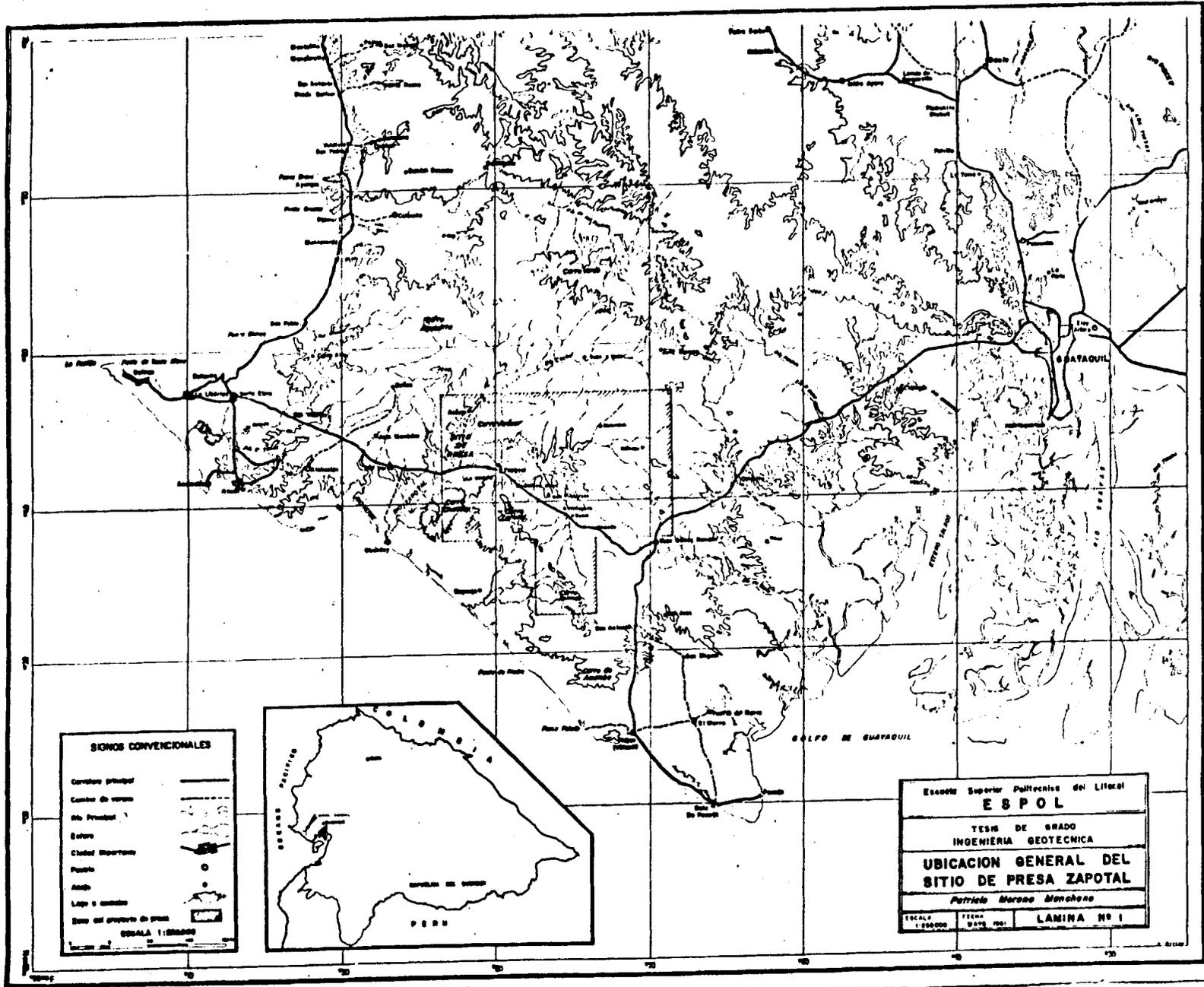
DENSIDAD SECA MAXIMA .....

1.920 Kg/m<sup>3</sup> .....

HUMEDAD OPTIMA .....

12.47 .....

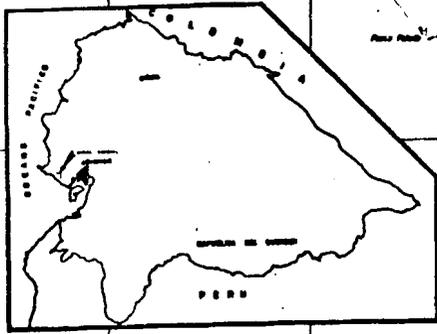
ANEXO 7. ....



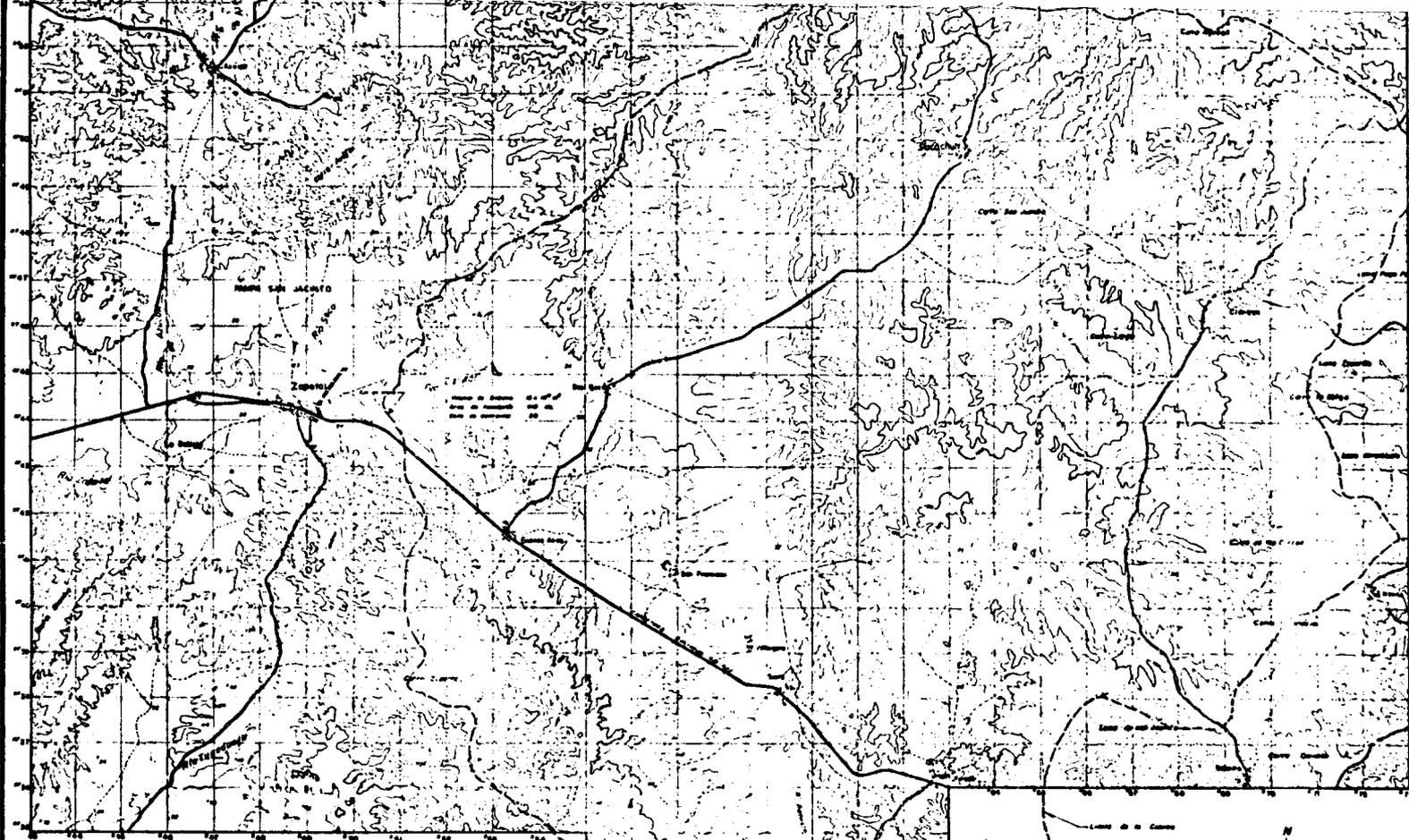
**SIÑOS CONVENCIONALES**

- Carrilera principal ———
- Cambio de vereda - - - - -
- Rio Principal ———
- Cerro ———
- Ciudad importante ———
- Pueblo ———
- Arroyo ———
- Lago o charco ———
- Dato del proyecto de obra ———

ESCALA 1:50000



Escuela Superior Politécnica del Litoral  
**ESPOL**  
 TESIS DE GRADO  
 INGENIERIA GEOTECNICA  
**UBICACION GENERAL DEL  
 SITIO DE PRESA ZAPOTAL**  
*Patrio Marco Manchene*  
 ESCALA 1:50000    FECHA MAR 1961    LAMINA Nº 1



**DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO ZAPOTAL**

**LOCALIZACION DEL SITIO DE PRESA :**

SITIO: ZAPOTAL  
 PARISHIA: CHAGROY  
 DISTRITO: SANTA ELEVA  
 PROVINCIA: GUAYAS  
 COORDENADAS GEOGRAFICAS: Long. 80° 40' W  
 Lat. 4° 15' S  
 ALTITUD: 1000 MASL (m msnnm)

**RESUMEN DEL PROYECTO :**

TIPO DE PRESA: TIERRA  
 PROPONTO DEL EMBALDE: 0100  
 AREA DE LA CUENCA: 3240 Ha.  
 AREA DEL VASO: 40 Ha.  
 LONGITUD DE LA CUENCA: 20 Km.  
 ANCHO DE LA CUENCA: 20 Km.

**MANEJO MARINA DE EMBALDE**  
 CON VERTEDOR DE LA COTA 50 : 10.00%

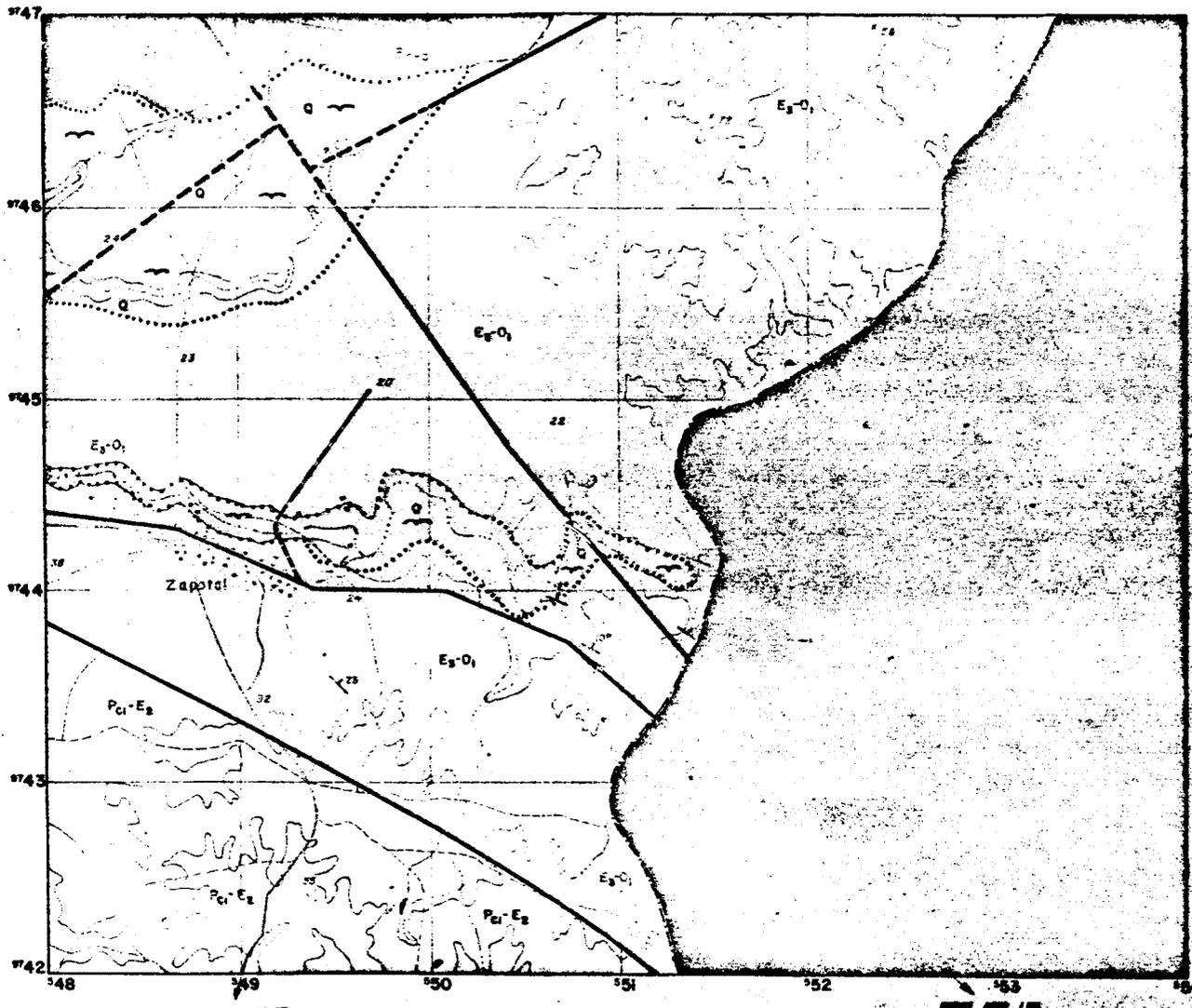
**SECCION EN LA PRESA**  
 CON VERTEDOR DE LA COTA 50 : 20.00%

Escuela Superior Politecnica del Litoral		
<b>ESPOL</b>		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
UBICACION DE LA CUENCA Y EL VASO		
DE LA PRESA ZAPOTAL		
<i>Patricio Moreno Manchano</i>		
ESCALA 1:50000	FECHA MAYO 2001	LAMINA N° 2



ESCALA 1:50000

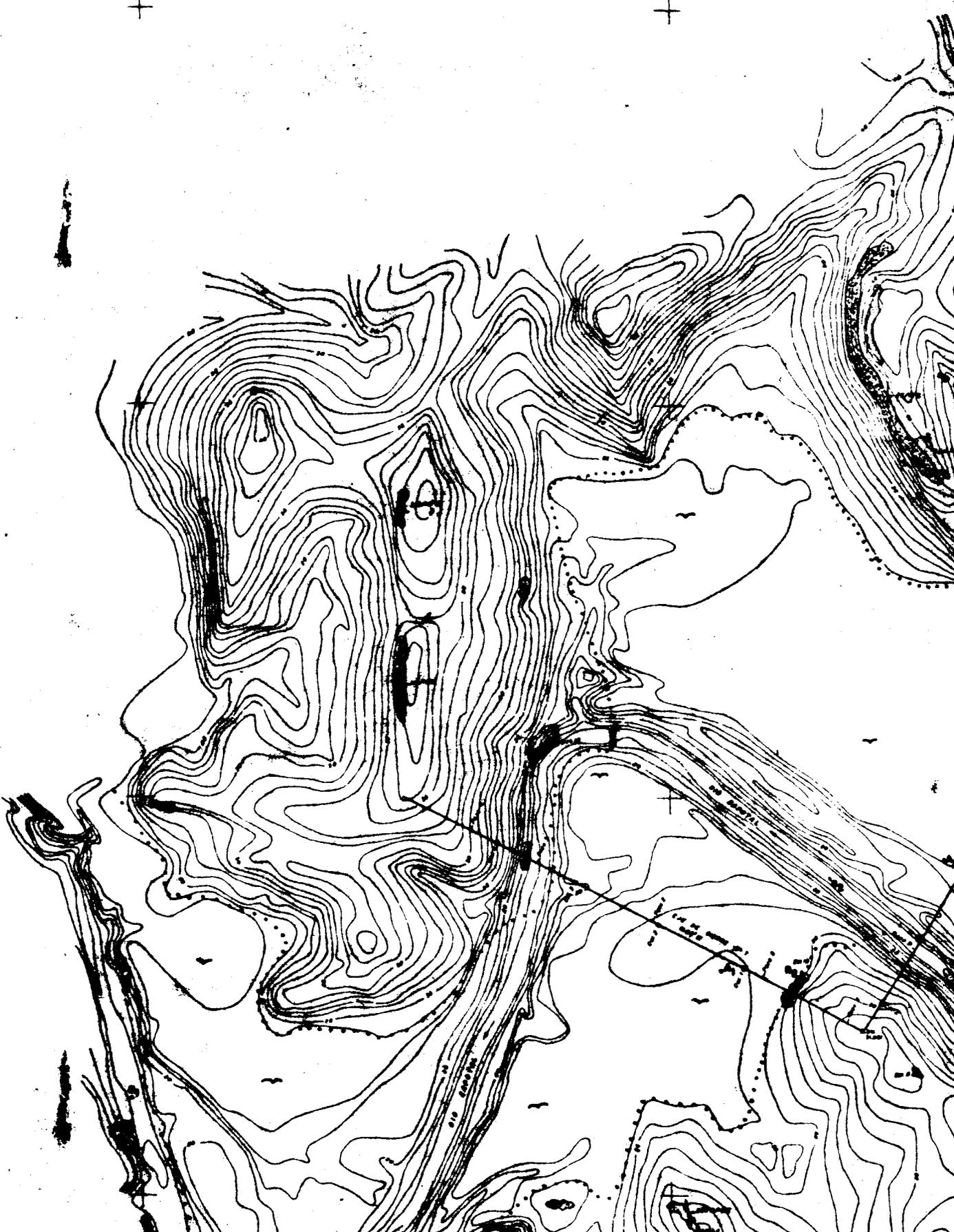
# LEYENDA Y SIMBOLOS GEOLOGICOS



- Deposito Aluvial** ----- Cuaternario  
Arenas y arenas gravosas del grupo Anáhuac  
Arenas, arenas y arenas ligadas a arenas y arenas
- Form. Tercera (Das bores)** ----- Oligoceno - Mioceno  
Arenas, arenas y conglomerados
- Form. Zapotal** ----- Eoceno - Mioceno  
Arenas, arenas y conglomerados
- Grupo Anáhuac** ----- Eoceno  
Arenas, arenas y arenas
- Grupo Anáhuac** ----- Paleoceno  
Arenas, arenas y arenas
- Líneas del depósito clinal**
- Conjuntos fríascleros**
- Conjuntos salinados**
- Fallas laterales**
- Fallas**
- Características: Inclinadas**
- Características: Principales**
- Características: de arena (Jung)**

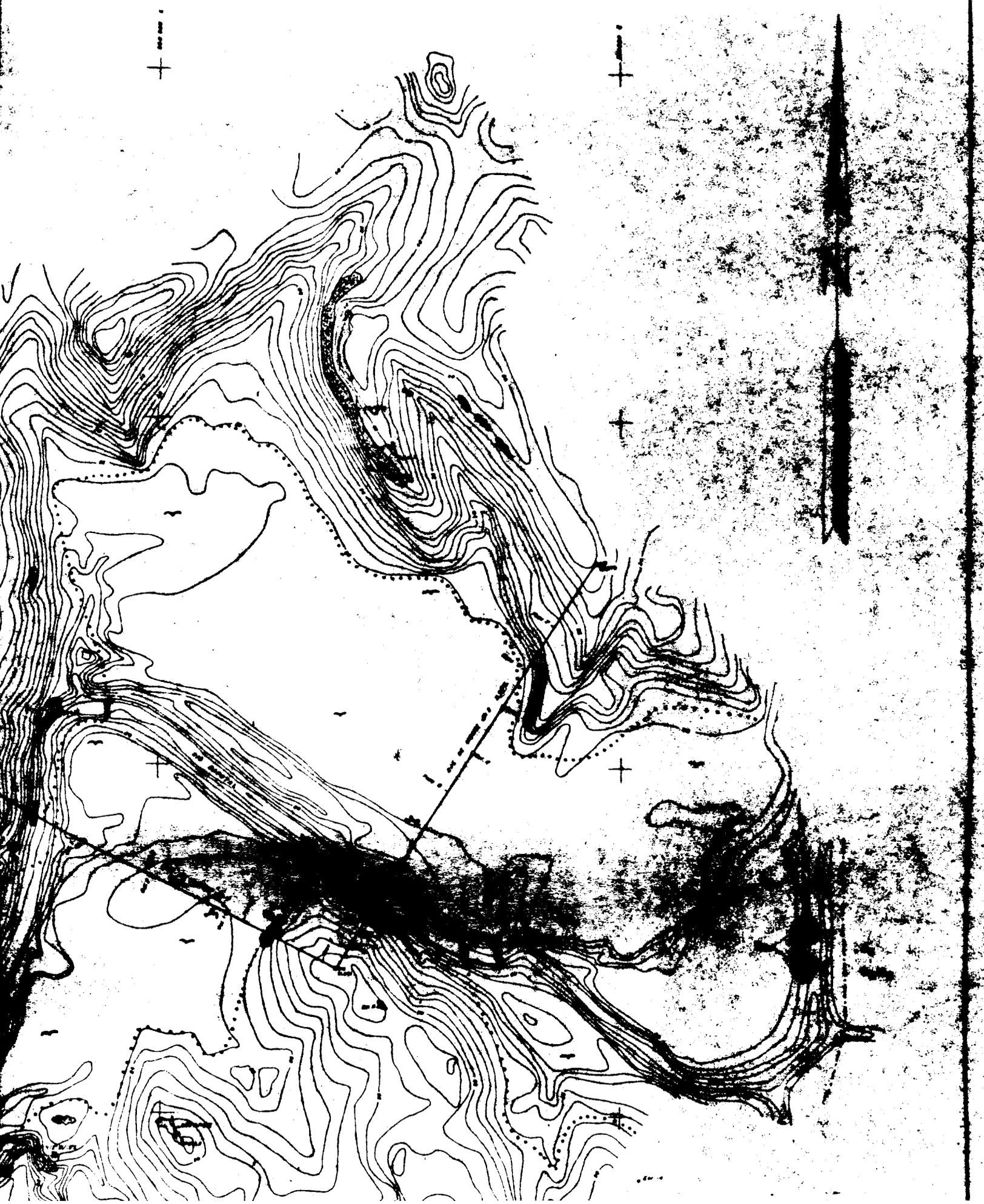
Escuela Superior Politécnica del Litoral		
<b>ESPOL</b>		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
<b>GEOLOGIA REGIONAL</b>		
<b>PRESA ZAPOTAL</b>		
<i>Patricio Moreno Manchego</i>		
ESCALA	FECHA	LAMINA Nº 4
1:17.000	JULIO 1961	

00000  
00000  
00000  
00000  
00000



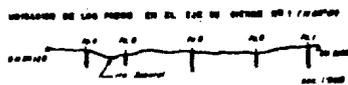
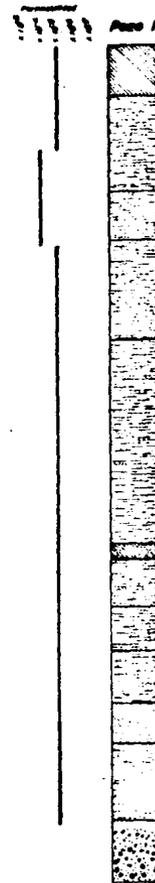
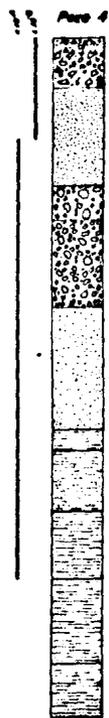
+

+



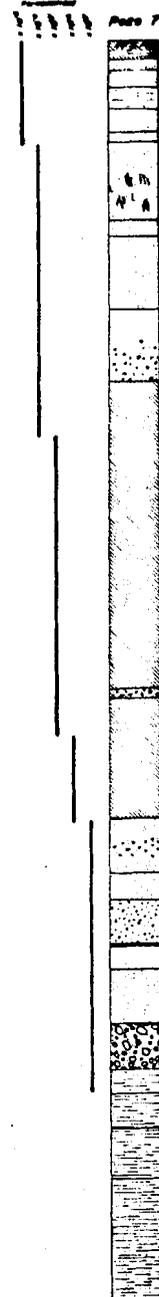
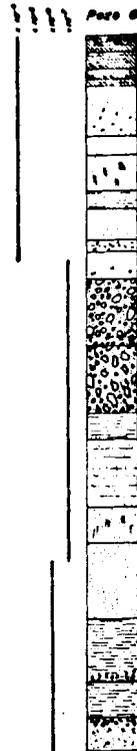


COLUMNAS LITOLÓGICAS DEL EJE DE CIERRE Nº 1



SÍMBOLOS LITOLÓGICOS


Escuela Superior Politécnica del Litoral		
<b>ESPOL</b>		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
COLUMNAS LITOLÓGICAS DEL		
EJE DE CIERRE Nº 1 DE LA		
PRESA ZAPOTAL		
<i>Patricio Moreno Manchano</i>		
ESCALA	FECHA	LAMINA Nº 6
1:100	JULIO 1981	

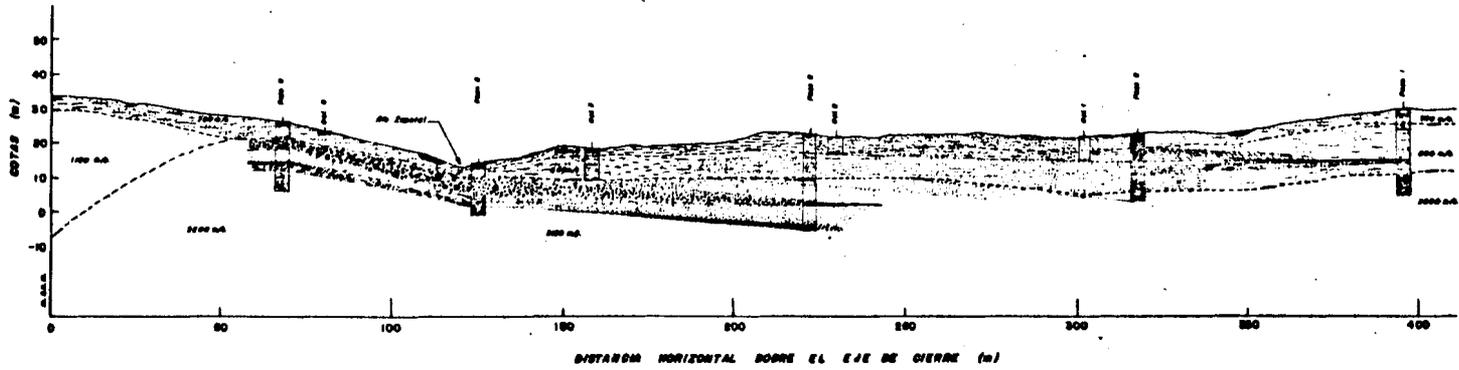


**SÍMBOLOS LITOLÓGICOS**

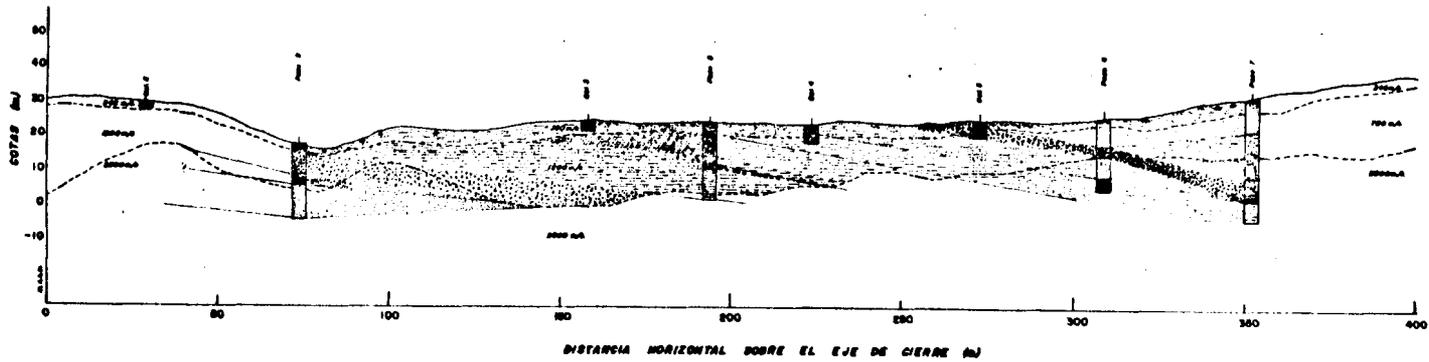
	Arena		Arcilla Ligera
	Limo		Limo Arcilloso
	Arcilla		Conglomerado
	Grava		Conglomerado con arena y limo
	Lodo		Esquistosidad
	Arcilla Ligera		Arena
	Limo Arcilloso		Arena gruesa
	Arcilla		Conglomerado con arena y limo
	Grava		Esquistosidad

Escuela Superior Politécnica del Litoral  
**ESPOL**  
 TESIS DE GRADO  
 INGENIERIA GEOTECNICA  
 COLUMNAS LITOLÓGICAS DEL  
 EJE DE CIERRE Nº 2 DE LA  
 PRESA ZAPOTAL  
*Patricio Merino Manchano*  
 ESCALA 1:100      FECHA JULIO 1981      LAMINA Nº 6

**CORRELACIONES LITOLÓGICAS DEL EJE DE CIERRE N° 1**



**CORRELACIONES LITOLÓGICAS DEL EJE DE CIERRE N° 2**

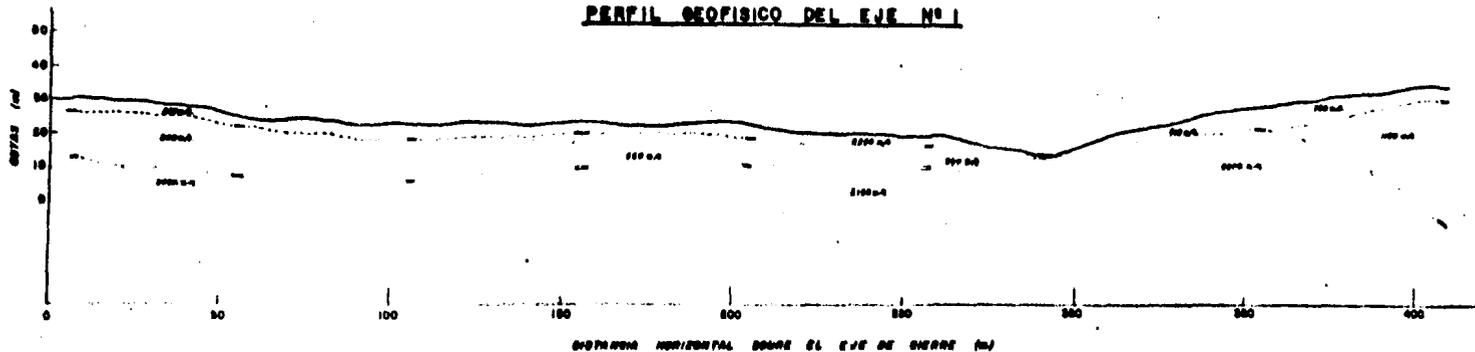


**SIMBOLOGIA**

- Perfil topográfico
- Línea irregular exterior del nivel superior
- Línea irregular interior del nivel superior

Escuela Superior Politécnica del Litoral	
<b>ESPOL</b>	
TESIS DE GRADO INGENIERIA GEOTECNICA	
CORRELACIONES LITOLÓGICAS DE LOS EJES N° 1 Y N° 2 DE LA PRESA ZAPOTAL	
<i>Patricio Moreno Mancheno</i>	
ESCALA VERTICAL 1:1000	FECHA JULIO 1981
<b>LAMINA N° 7</b>	

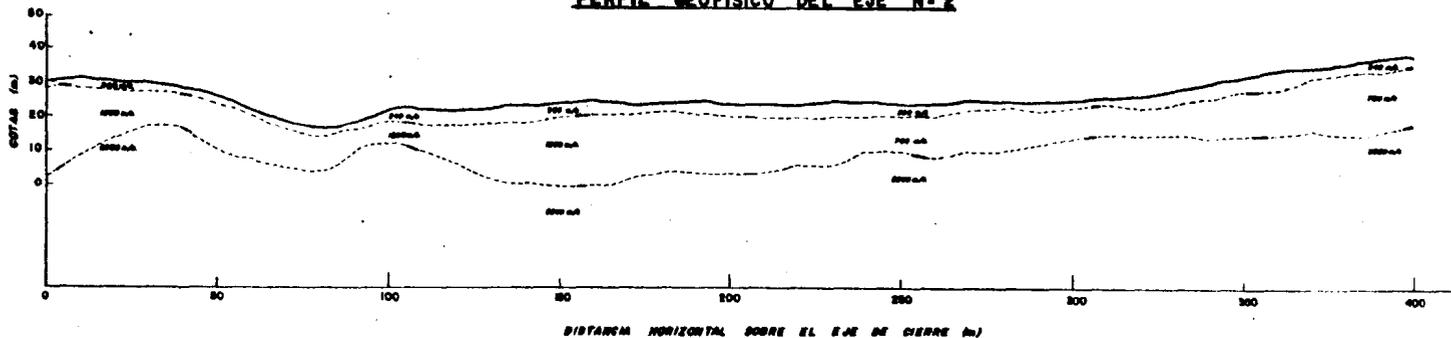
**PERFIL GEOFISICO DEL EJE N° 1**



**LEYENDA (EJE N° 1)**

- Perfil topográfico
- Nivel freático
- Resistividad aparente
- Resistividad aparente con corrección de efecto de borde
- Resistividad aparente

**PERFIL GEOFISICO DEL EJE N° 2**



**LEYENDA (EJE N° 2)**

- Perfil topográfico
- Nivel freático
- Resistividad aparente
- Resistividad aparente con corrección de efecto de borde
- Resistividad aparente

Escuela Superior Politécnica del Litoral	
<b>ESPOL</b>	
TESIS DE GRADO	
INGENIERIA GEOTECNICA	
PERFILES GEOFISICOS	
DE LOS EJES N° 1 Y N° 2 DE LA	
PRESA ZAPOTAL	
<i>Patricio Moreno Manchano</i>	
ESCALAS VERTICAL: 1:1000	FECHA: JULIO 1981
<b>LAMINA N° 8</b>	

## B I B L I O G R A F I A

1. BUCARAM, René, "Reporte Geológico de la Costa Ecuatoriana", Asesoría Técnica de petróleos del Ministerio de Industrias y Comercio. Abril, 1966.
2. BUREAU of Reclamation, U.S. Department of the interior, "Proyectos - de Presas Pequeñas", Madrid: Editorial Dossat, 1970.
3. BILLING, Marland, "Geología Estructural", Editorial Universitaria - de Buenos Aires, Cuarta edición, Marzo 1974.
4. CAMBEFORT, Henri, "Geotencia del Ingeniero", Editores Técnicos Asociados S.A., Barcelona 1975.
5. CEDEGE, Península de Santa Elena: "Programa de Presas Pequeñas"
6. CISNEROS S. Giovanni "Una revisión geológica del suroeste ecuatoriano", Año 1976.
7. COMTON, Robert, "Geología del Campo", Editorial Pax-México, México. Abril 1970.
8. CHAVEZ, Miguel Angel, "Estudio de Factibilidad Geológico-Geotécnico para la construcción de una Presa en el Rio Valdivia", Tesis de Grado.
9. DAVIS, H. Troxell, G. Wiskosil, C. "Ensayo e Inspección de los Materiales en Ingeniería", Tercera Impresión, Cía. Editora Continental, 1970.

10. FAUCHER, B. y Savoyat, E. "Esquema Geológico de la Costa Ecuatoriana", traducción por S. Benitez, 1975.
11. GRIFFITHS, D.H. y King, RF. "Geofísica aplicada para Ingenieros y Geólogos", Madrid: Paraninfo 1972.
12. INSTITUTO Geográfico Militar, "Atlas Geográficos de la República del Ecuador, 1977.
13. JIMENEZ, S. y otros, "Geotecnia y Cimientos II", España: Editorial Rueda, 1976.
14. JUAREZ, Eulalio y Rico, Alonso, "Mecánica de Suelos", México: Editorial Limusa, Tomo III, 1969.
15. KRYNINE, D. P. y Judo, W.R., "Principio de Geología y Geotecnia para Ingenieros", España: Aliansa 1972.
16. LEGGET, Robert, "Geología para Ingenieros", Editorial G. Gili, S.A., Tercera Edición, Barcelona, España 1964, pag. 520.
17. LOPEZ, M.L., "Manual de Fotogeología", Publicaciones científicas de la Junta de Energía Nuclear, Madrid, Madrid 1971.
18. MARIN, Luis, "Curso de Mecánica de Suelos", Guayaquil: Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Física, 1975.
19. MARIN, Luis, "Península de Santa Elena" : Proyecto Zapotal, Guayaquil, Diciembre 1978.

20. MARURI, Raúl y Ayón, Héctor, "Estudios definitivos de la primera etapa del plan de desarrollo de la ESPOL", Guayaquil, 1978.
21. NEIRA, Milton, "Los Recursos Hidráulicos de la Cuenca del Rio Zapotal y su posible aprovechamiento", Tesis de Grado Ing. Civil, 1979.
22. ORUS, F. "Materiales de Construcción", Madrid : Editorial Dossat, - Séptima Edición, 1977.
23. SAUER, Walter, "Geología del Ecuador", Editorial del Ministerio de Educación, Quito, 1965.
24. LOARES, Branco Antonio, "Hidráulica Práctica", Editorial Dossat, 1949.
25. PARASNIS, D.S., "Principales de Geofísica Aplicada", Madrid 1970.
26. TERREROS de Varela, Carmen y Moreno, Víctor, "Laboratorio de Mecánica de Suelos", Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Segunda Edición, Febrero, 1979.
27. TREFTHEH, Joseph, "Geología para Ingenieros", Editorial Continental, Tercera impresión, México 1962.
28. URIA, Marcelo, "Geología para los estudios de prefactibilidad de la Presa Salanguillo, Tesis de Grado, 1979.