



FACULTAD DE INGENIERIA

U.N.A.M.

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA  
SOBREELEVACION DE LA PRESA  
I. RAMIREZ, RIO LA GAVIA, MEX.**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
INGENIERO GEOLOGO**

**PRESENTA**

**LUCIO JORGE ROLDAN OSEGUEDA**

**MEXICO, D. F.**

**1979**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INDICE

Página

## I. INTRODUCCION

I. 1	Generalidades	13
I. 2	Método de trabajo	15
I. 3	Descripción general del proyecto	18
I. 4	Afectaciones	19

## II. GEOGRAFIA

II. 1	Localización y vías de comunicación	29
II. 2	Fisiografía y geomorfología	29
II. 3	Hidrografía	30
II. 4	Clima y vegetación	31
II. 5	Población y cultura	32

## III. GEOLOGIA REGIONAL

III. 1	Estratigrafía y petrografía	34
III. 1. 1	Tobas, tobas arenosas, tobas arcillosas y areniscas	35
III. 1. 2	Basaltos	37
III. 1. 3	Aluviones	37
III. 2	Geología histórica	44
III. 3	Geología estructural y tectónica	44

## IV. ESTUDIOS PARA LA SOBREELEVACION

IV. 1	Estudios anteriores	46
IV. 2	Geología de la boquilla y el vaso	49

IV. 3	Estudio de mecánica de suelos en el área de desplante de la sobreelevación	50
IV. 4	La cortina y sus obras complementarias	55
IV. 5	Estabilidad de taludes	56
V.	MATERIALES DE CONSTRUCCION	
V. 1	Estudio de materiales de construcción	62
V. 1. 1	Bancos de material impermeable	62
V. 1. 2	Bancos de material semipermeable	67
V. 1. 3	Banco de arena	70
V. 1. 4	Banco de grava y arena	73
V. 1. 5	Banco de roca	75
V. 1. 6	Resumen de las características de los bancos	76
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	

## RELACION DE CUADROS

1.	Características del sondeo SM III	Cuadro IV-1
2.	Características del sondeo SM-A	Cuadro IV-2
3.	Características del sondeo SM-B	Cuadro IV-3
4.	Características del sondeo SM-C	Cuadro IV-4
5.	Características del sondeo SM-D	Cuadro IV-5
6.	Características del sondeo SM-E	Cuadro IV-6
7.	Resumen de características de los sondeos en el área de desplante de la sobreelevación	Cuadro IV-7
8.	Resumen de características del material impermeable	Cuadro V-1
9.	Resumen de características del material semipermeable	Cuadro V-2
10.	Resumen de características de la arena	Cuadro V-3
11.	Resumen de características de la grava-arena	Cuadro V-4
12.	Estudio petrográfico del banco de roca	Cuadro V-5
13.	Prueba de intemperismo acelerado en el basalto	Cuadro V-6
14.	Prueba de resistencia a la abrasión del basalto	Cuadro V-7

## BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ CARVAJAL, MANUEL

Condiciones Geológicas de la boquilla de San Bernabé, Río Lerma, Estado de México, S.R.H., Irrigación y Control de Ríos. Marzo de 1960, Inédito.

ALVAREZ CARVAJAL, MANUEL

Estudio Geológico de la boquilla La Gavía, sobre el Río - del mismo nombre, Estado de México, S.R.H., Irrigación y Control de Ríos. Agosto de 1964. Inédito.

APORTACION DEL GOBIERNO DE MEXICO A TRAVES DE LA S.R.H., al Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones .

Principios del Diseño y Construcción de Presas de Tierra. Brasil- Julio de 1963.

BERMUDEZ VILLEGAS, OSCAR J.

Estudio Geológico del Proyecto Hidroeléctrico Peñitas, Río Grijalva, Chis., U.N.A.M., Facultad de Ingeniería. Tesis Profesional. 1977. Inédita .

CIEPS, S.C. (Ingenieros Consultores y Proyectistas).

Informe del Estudio de Mecánica de Suelos en el Area de desplante de la Sobreelevación de la Presa I. Ramírez,

Méx. 1979. Inédito

CIEPS, S.C. (Ingenieros, Consultores y Proyectistas).

Informe del Estudio de Materiales de Construcción para la Sobreelevación de la Presa I. Ramírez, Mex. 1979. Inédito.

#### CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

Geología a lo largo de la carretera entre México, D.F., y Guadalajara, Jal., vía Morelia, Mich., y entre Guadalajara, Jal., y México, D.F., vía León, Gto., condiciones Geohidrológicas de los valles de Atemajac y Tesislán y de las zonas adyacentes a la Ciudad de Guadalajara. Excursión A-16. Vigésima Sesión. México, 1956.

GAMBOA FLORES, JORGE

Estudio Geotécnico para presas de Arco o de Machones. Revista de Ingeniería Hidráulica de la S.R.H., Vol. VI, 1977, número 2.

HERNANDEZ HERNANDEZ, JAVIER

Estudio fotogeológico del Area de Almoloya, Estado de México, I.P.N., Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Tesis Profesional. 1971. Inédita.

JUAREZ B., E., y RICO R., A.

Mecánica de suelos tomos I, II y III, Ed. Limusa-Wiley. 1976.

MARSAL, R. J. y RESENDIZ N., D.

Presas de Tierra y Enrocamiento. Ed. Limusa-Wiley.  
Octubre de 1975.

MARSAL, RAUL, J.

Presas Pequeñas. Notas sobre diseño y construcción. Re vista de Ingeniería Hidráulica de la S.R.H., Vol. VI. 1977, número 3.

O. CARREÑO, ALFONSO DE LA

Influencia de los factores Geológicos en la elección del ti-  
po de una cortina de concreto. Revista de Ingeniería Hi-  
dráulica de la S.R.H., Vol. II, 1973, número 4.

RAISZ ERWIN, 1964 y HUMPHREY, WILLIAM, 1956

Provincias Fisiográficas de la República Mexicana.

S.A.R.H. , COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXI-  
CO

Agua para el Valle de México. Organó informativo, año 2,  
número 3, Abril de 1977.

S.R.H., DIRECCION DE PROYECTOS. DEPARTAMENTO  
DE INGENIERIA EXPERIMENTAL.

Manual de Mecánica de suelos. 5a. Edición. Diciembre de  
1970.

S.R.H., SUBSECRETARIA DE PLANEACION/DIRECCION  
GENERAL DE ESTUDIOS, DIRECCION DE HIDROLOGIA

Boletín Hidrológico No. 50 cuenca del Río Lerma hasta la  
presa Solís, del lago de Patzcuaro, del Río Grande de --  
Morelia hasta el lago de Cuitzeo y de la Laguna de Yuri -  
ria. Diciembre de 1970.

TAMAYO, JORGE L.

Geografía general de México. Instituto Mexicano de In --  
vestigaciones Económicas, Tomo II, 2a. Edición. Enero  
de 1962.

TERZAGHI, KARL y PECK, RALPH

Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Ed. El Ate --  
neo, 2a. Edición. Argentina, Buenos Aires, Junio de ---  
1973.

VILLEGAS DE LA FUENTE, JOSE L.

Estudios de mecánica de suelos para el diseño y construc --  
ción de una presa de tierra, U.N.A.M., Facultad de Inge --  
niería. Tesis Profesional. 1974. Inédita .

WALTERS, R.C.S.

"Dam Geology" Butterworths, Londres, 1962

## RELACION DE PLANOS

1.	Localización del sitio de la boquilla	Plano No. 1
2.	Esquema general de las obras actuales	Plano No. 2
3.	Sección máxima de la cortina actual	Plano No. 3
4.	Esquema general de anteproyecto de las obras y geología superficial	Plano No. 4
5.	Localización de sondeos y corte geológico	Plano No. 5
6.	Cortina y dique, plano general de la presa Ignacio Ramírez sobrelevada	Plano No. 6
7.	Estabilidad de taludes de la presa Ignacio Ramírez sobrelevada	Plano No. 7
8.	Localización de bancos de préstamo	Plano No. 8
9.	Bancos de material impermeable	Plano No. 9
10.	Bancos de material semipermeable	Plano No. 10
11.	Banco de roca	Plano No. 11

## I. INTRODUCCION

### I.1 Generalidades

El siempre creciente número de habitantes en la Ciudad de México, la industrializada Ciudad de Toluca y la demanda de mayores zonas cultivables en los Valles de Toluca, Ixtlahuaca y Temascalcingo traen consigo un aumento en la demanda de agua potable y de riego, para satisfacer las necesidades de éstos importantes núcleos de población y producción.

El gobierno de la nación tiene como objetivo el satisfacer, de la manera más racional y económica estas demandas, para acelerar el desarrollo del país y aumentar el bienestar de sus habitantes .

Hacia el noroeste de la ciudad de Toluca, se encuentra enclavado el Sistema Hidrológico Alzate-Ramírez-Tepuxtepec-Solís, conocido como el Alto Lerma, con un desarrollo a lo largo del colector principal de 278 kms., que corresponden a un descenso de 722 metros, de lo que resulta una pendiente media de 0.0026. Esta fracción del río aporta el 28% aproximadamente de los recursos hidráulicos de la Red Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago hasta su desembocadura en el Lago de Chapala. Este sistema se encuentra la mayor parte en el Estado de México y en menor proporción en los estados de Michoacán, Guanajuato y Querétaro.

La presa Ignacio Ramírez fue construída en 1965 sobre el Río de La Gavía, afluente del Río Lerma sobre cuya margen se le une a inmediaciones de la Estación Toxico de la vía férrea Toluca-Acámbaro; drena la porción suroeste del Valle de Toluca en el entrante que presenta ese valle con dirección a la región del Valle de Bravo (ver plano - N<sup>o</sup> 1).

El área de su cuenca es de  $550 \text{ km}^2$ , todos localizados en el Estado de México. Esta presa se construyó con el objeto de aprovechar en riego las aguas del Río La Gavía y para proteger contra inundaciones los Valles de Ixtlahuaca y Temascalcingo; consiste básicamente de una cortina del tipo de tierra y enrocamiento, provista en su margen izquierda de una obra de excedencias constituida por un vertedor de tipo de cresta libre y una obra de toma formada por un conducto en tajo. En la margen derecha se construyó un dique para cierre de un puerto (ver planos Nos. 2 y 3).

El comportamiento del vaso nos indica que hasta la fecha no se han presentado problemas de pérdidas de agua, importantes por infiltración. Respecto a la cortina, no se han observado grietas en la corona ni en los taludes, lo que nos indica que los asentamientos diferenciales de la cimentación son despreciables y que la plasticidad de los materiales empleados en su construcción no han permitido la aparición de grietas; en cuanto a filtraciones, no se han observados éstas ni en la cortina y dique, ni en los empotramientos. En cuanto a los datos hidrológicos se tienen los siguientes :

RIO : La Gavía

CUENCA : Con un área de  $550 \text{ Km}^2$  localizada en el Estado de México.

ESCURRIMIENTO ANUAL :

PERIODO : Datos observados de 1927 a 1965.

MAXIMO : 143 millones de metros cúbicos

MINIMO : 33 millones de metros cúbicos

PROMEDIO : 74 millones de metros cúbicos

AVENIDA MAXIMA REGISTRADA :  $63 \text{ m}^3/\text{seg}$  el 2 de julio de 1963.

Las características del almacenamiento nos dan las cifras de áreas de embalse de 664 Ha. a la elevación 2,548.40, cresta del vertedor 992 Ha. a la elevación 2,550.48, nivel de aguas máximas.

Las capacidades del vaso, en millones de metros cúbicos son : Total hasta la elevación 2,548.40, cresta del vertedor 20.5; muerta (elevación 2,544.00, umbral de la toma) 1.7; azolves 3.0; útil 17.5; superalmacenamiento hasta la elevación 2,550.48 N.A.M.E. 15.8.

Los datos geológicos se presentan en los capítulos III y IV.

Actualmente esta presa ha funcionado como reguladora y debido a la necesidad de incrementar el agua para riego y aprovechar los excedentes de la presa J. Antonio Alzate, para controlar con mayor efectividad el agua que beneficiará todo el Alto Lerma se pensó en la posibilidad de sobreelevar la presa Ignacio Ramírez, para lo cual se efectuaron diseños de cortina, afectaciones, costos, estudios hidrológicos y estudios agrológicos. Basándose en estos análisis se concluyó que la sobreelevación más conveniente era de 2.50 m, como se verá en el desarrollo de este trabajo.

A la par de los estudios anteriores se elaboró un programa de exploraciones y posteriormente se efectuaron exploraciones del subsuelo con recuperación de muestras y ensayos de laboratorio para obtener los datos necesarios que aseguren la factibilidad técnica del proyecto y permitan fundar correctamente los diseños.

## I.2 Método de trabajo

La construcción de cortinas de tierra y enrocamiento im

plica un estudio cuidadoso de las condiciones geológicas de la boquilla donde vaya a implantarse una estructura de esa naturaleza y aunque la orientación y metodología de las investigaciones sean aplicables en general a cualquier caso, cada sitio de cortina en particular, implica problemas a veces muy específicos por su geología (O. Carreño, A. de la, 1973).

En el caso de la sobreelevación de una presa es necesario disponer de todos los informes referentes a la geología -- del vaso y la boquilla, conocidos al haber efectuado el proyecto y construcción de la misma. Después de analizar la información existente se procede a verificarla y complementarla siguiendo una secuencia :

Los factores geológicos principales que gobiernan la elección de un determinado sitio para presa, en los sedimentos donde está labrada una boquilla son :

- a) Morfología de conjunto de la boquilla .
- b) Estratificación de los sedimentos.
- c) Clase y naturaleza litológica y petrográfica de la roca, que influye en su resistencia en todos sus aspectos y en su deformabilidad.
- d) Estado de alteración de la roca, que modifica sus - propiedades originales.
- e) Grado de fracturamiento de la roca, los orígenes - del mismo y sus orientaciones .
- f) La permeabilidad de la roca, tanto primaria como secundaria, que puede dar lugar a flujos y subpresiones no deseables, que pueden evitarse .
- g) Sismicidad local, relacionada con la sismicidad regional.
- h) Materiales de construcción adecuados.

Los programas de Exploración de la boquilla, deben desarrollarse en una secuencia lógica como sigue :

- a) Es conveniente contar con pares de fotografías aéreas, con las cuales se hace una fotointerpretación para fijar los rasgos generales de la geología superficial y posibles bancos de préstamo de materiales.
- b) Reconocimiento de campo para verificar si la geología en general es aceptable y debe proseguirse -- con el programa de investigaciones y comprobar -- el estudio fotogeológico. Si procede, se hace el levantamiento geológico detallado, basándose en los planos topográficos a escala, de preferencia 1:1000. Se reconocen además los bancos de préstamo.

En este levantamiento además de los contactos de las diferentes formaciones de rocas, se dará especial interés a la parte tectónica y estructural; sistema de fallas, fracturas, echados y rumbos de la estratificación.

- c) Conocida la geología superficial y la tectónica, se programan las exploraciones directas a base de perforaciones verticales y en caso necesario perforaciones inclinadas, perforaciones con pruebas de permeabilidad, túneles y pozos a cielo abierto en las laderas, para el mejor conocimiento de la roca y su fracturamiento.

Estas obras servirán después para los estudios -- "in situ" del comportamiento mecánico de la roca que soportará la estructura y contendrá el vaso.

- d) Simultáneamente se estudian y ubican los bancos de préstamo, determinándose las características de los diferentes materiales, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos .

- e) Los resultados de las exploraciones y su interpretación final, darán elementos para proyectar la sobre-elevación de las obras auxiliares y qué materiales se usarán en éstas .

### 1.3 Descripción general del proyecto

Después de efectuar un estudio de disponibilidad real de agua superficial en las presas José A. Alzate e Ignacio Ramírez mediante un análisis hidrológico, se programó la elaboración de anteproyectos de las obras en base a las capacidades más convenientes en la presa Ignacio Ramírez .

A la par de los estudios anteriores se efectuaron estudios de mecánica de suelos para la cimentación de la presa y de materiales de construcción, para saber si las características de esta presa pueden ocasionar problemas en su sobre-elevación, se llevaron a cabo programas de exploraciones, muestreos y ensayos de laboratorio para obtener la información necesaria que asegure la factibilidad técnica de la obra y fundar correctamente los diseños.

Para el proyecto de sobre-elevación se ensayó con varias secciones de cortina, hasta asegurar la mayor economía y completa estabilidad, considerando para ello factores tan importantes como son afectaciones desde esta zona de riego hasta las presas Tepuxtepec y Solís, además de las características del subsuelo y bancos de préstamos próximos y de buena calidad .

Se hará un canal de conducción de la presa J. Antonio Alzate a la presa Ignacio Ramírez, para llevar los excedentes de la primera a la segunda y poder de esta manera controlar con mayor efectividad el agua que beneficiará todo el Alto Lerma .

Además se proyectó la conducción de la presa Ignacio Ramírez hacia el canal de riego principal, que es el que distribuirá el agua que anteriormente se dejaba pasar por la presa José A. Alzate como excedente y de esta manera - aprovecharla en riego (ver plano No. 4).

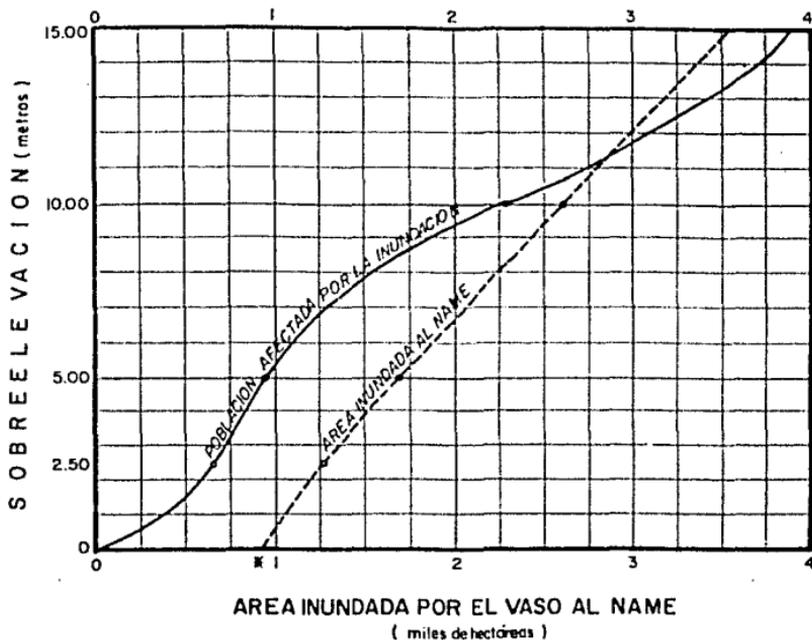
#### I. 4 Afectaciones

La sobre elevación de la presa Ignacio Ramírez provocará la ampliación del área del embalse y el consecuente incremento en la extensión de la zona federal correspondiente .

De igual manera las líneas de conducción proyectadas, - con sus derechos de vía, ocuparán ciertas extensiones - que deben tomarse en cuenta. Asimismo en este estudio se analizaron las áreas de cultivo que se deja de regar - en el Distrito del Alto Lerma, la reducción de la generación de energía eléctrica en Tepuxtepec al regar la zona de Ixtlahuaca y el valor de la producción en las nuevas - áreas de riego.

Después de haber analizado los factores anteriormente - enunciados y considerando el costo de la obra y los beneficios que reportan en los casos de sobre elevar la presa 2.50 m., 5.00 m., 10.00 m., o 15.00 m., se optó por encaminar el proyecto a la sobre elevación de 2.50 m., - para lo cual se presentan a continuación los resultados - de este estudio de afectaciones, por medio de gráficas - que a continuación se muestran, en función de las sobre elevaciones analizadas (Ver gráficas de 1 a la 9).

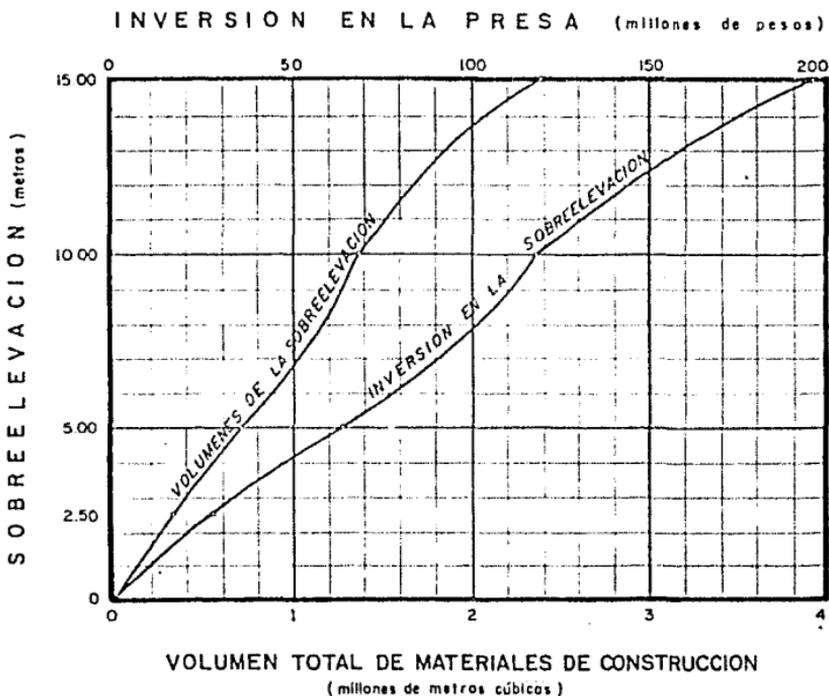
**POBLACION AFECTADA POR INUNDACION DEL VASO**  
(miles de habitantes)



N: Area correspondiente al embalse actual

**SOBREELEVACION DE LA PRESA "IGNACIO RAMIREZ"**  
**POBLACION Y AREAS INUNDADAS POR EL VASO**

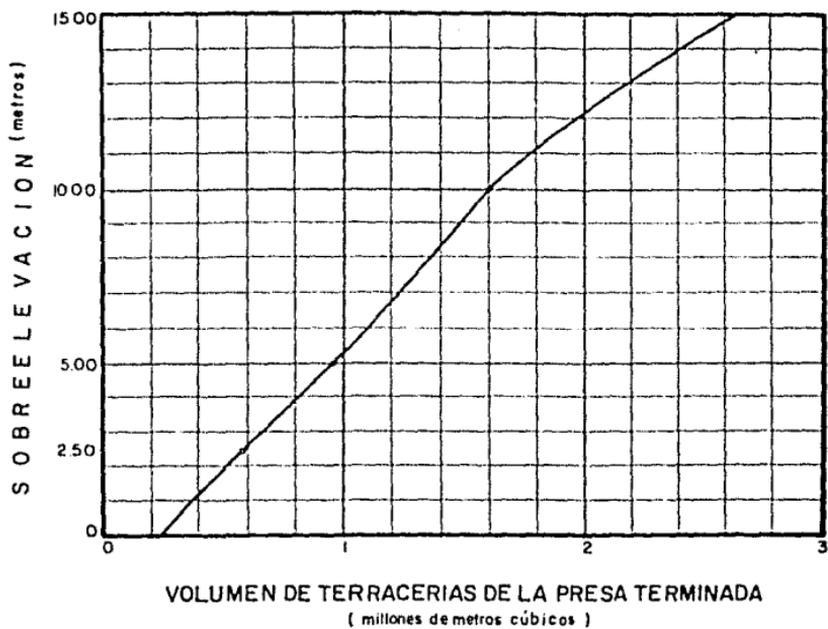
GRAFICA 1



**SOBREELEVACION DE LA PRESA "IGNACIO RAMIREZ"**

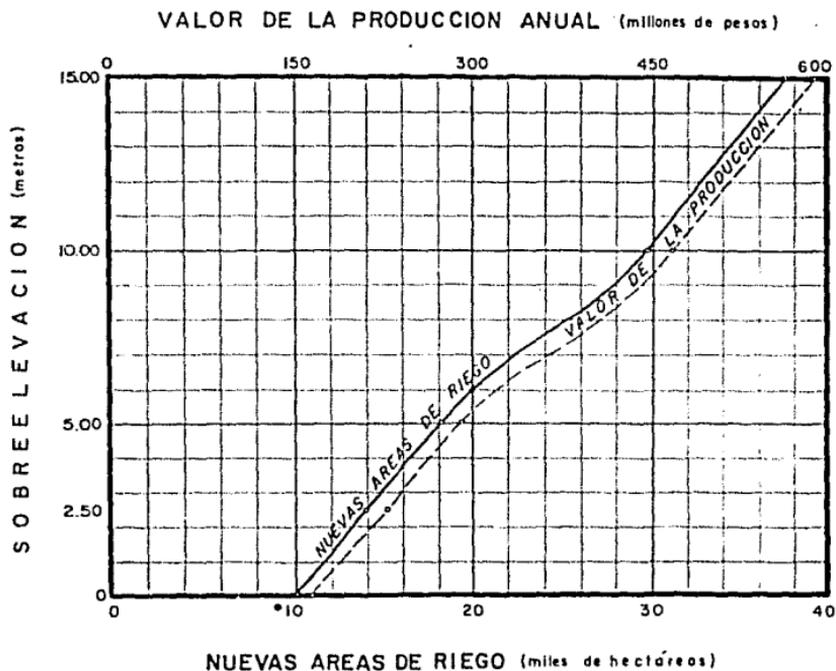
VOLUMEN DE MATERIAL NECESARIO PARA CONSTRUCCION  
E INVERSION EN LA SOBREELEVACION

GRAFICA 2



SOBREELEVACION DE LA PRESA "IGNACIO RAMIREZ"  
 VOLUMEN TOTAL DE MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA PRESA

GRAFICA 3

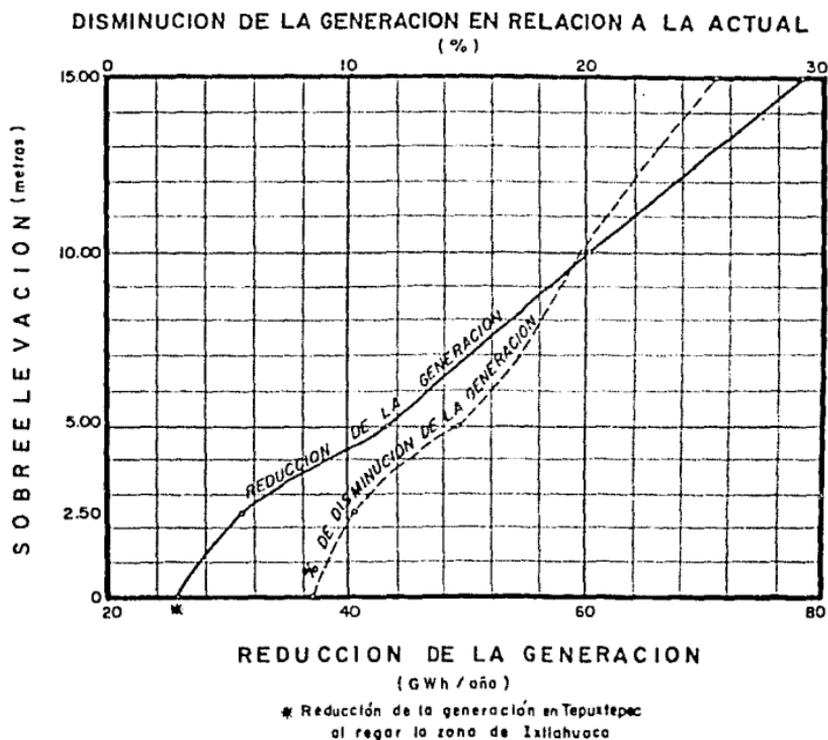


\* Área que se regará modificando exclusivamente la operación de las presas: I. Ramírez y A. Alzate.

## SOBREELEVACION DE LA PRESA "IGNACIO RAMIREZ"

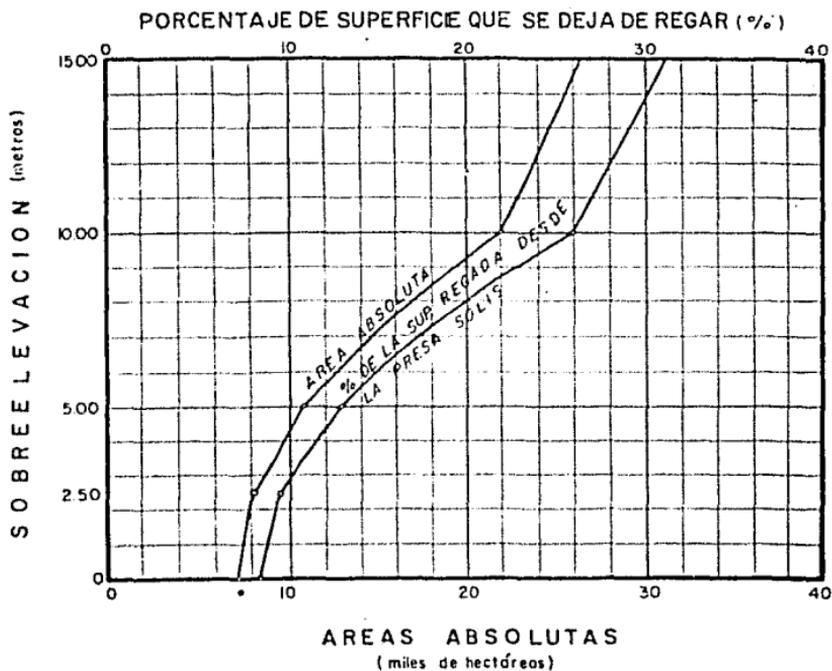
NUEVAS AREAS DE RIEGO Y SUS VALORES DE PRODUCCION

GRAFICA 4



**SOBREELEVACION DE LA PRESA "IGNACIO RAMIREZ"**  
**REDUCCION DE LA GENERACION DE ENERGIA**  
**ELECTRICA EN TEPUXTEPEC**

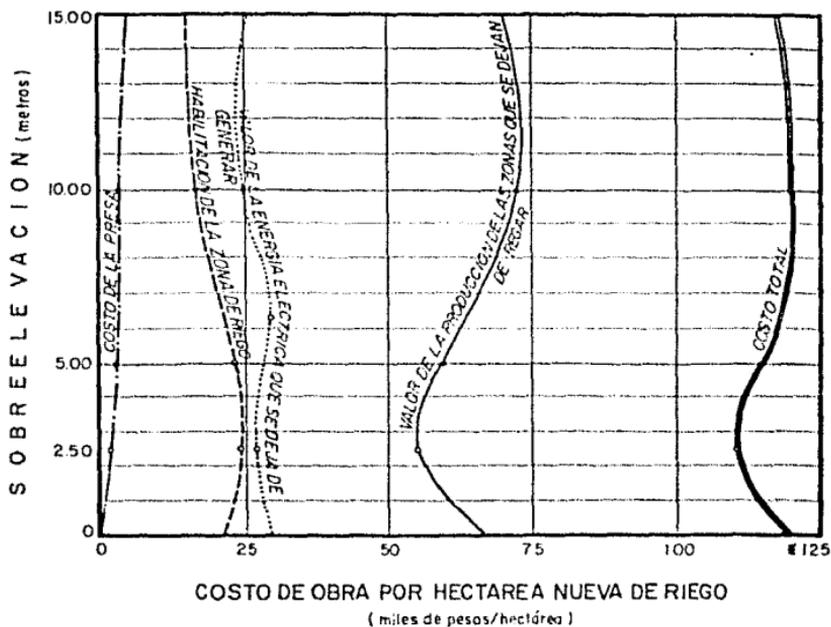
GRAFICA 5



\* Área que se deja de regar en el Distrito del Alto Lerma, por considerarse una operación distinta de las presas para regar el Valle de Istlahuaca

**SOBREELEVACION DE LA PRESA "IGNACIO RAMIREZ"**  
SUPERFICIES QUE SE DEJAN DE REGAR EN EL DISTRITO DEL ALTO LERMA

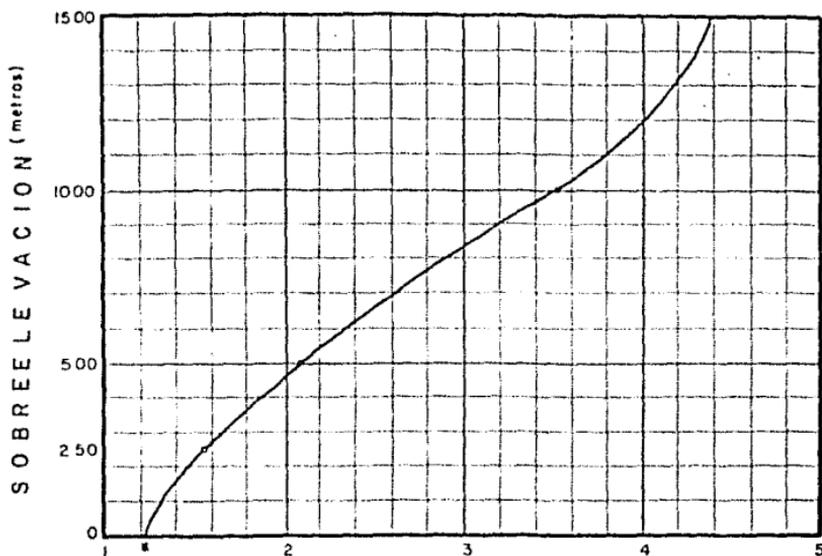
GRAFICA 6



Este costo incluye la habilitación de la zona de riego de Ixtlahuaca las afectaciones capitalizadas en generación de energía eléctrica y la zona de riego del Dto. del Alto Lerma.

**SOBREELEVACION DE LA PRESA "IGNACIO RAMIREZ"**  
**COSTO POR HECTAREA NUEVA INCLUYENDO INVERSIONES Y AFECTACIONES**

GRAFICA 7

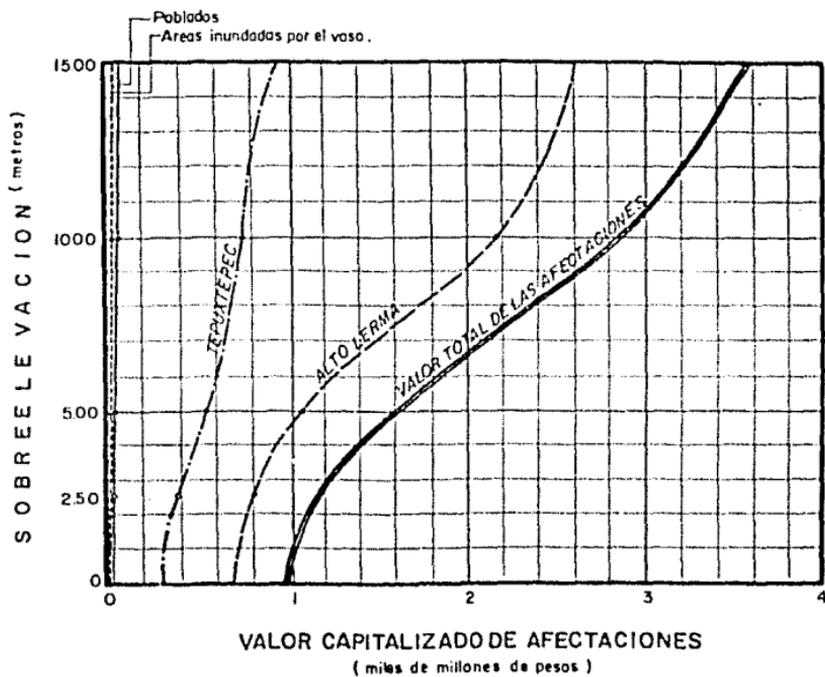


**COSTO TOTAL DE LAS OBRAS INCLUYENDO AFECTACIONES**  
( miles de millones de pesos )

■ Este costo corresponde a la implementación de la zona de riego de Ixtlahuaca más las disminuciones de generación de energía eléctrica y valor de la producción de la zona que se deja de regar en el Dto. del Alto Lerma.

**SOBREELEVACION DE LA PRESA "IGNACIO RAMIREZ"**  
**COSTO TOTAL INCLUYENDO PRESA, ZONA DE RIEGO,**  
**CONDUCCIONES Y AFECTACIONES**

GRAFICA 8



SOBREELEVACION DE LA PRESA "IGNACIO RAMIREZ"  
VALOR DE AFECTACIONES

GRAFICA 9

## II. GEOGRAFIA

### II.1 Localización y vías de comunicación

A la presa Ignacio Ramírez se tiene acceso por la carretera pavimentada Toluca-Palmillas en cuyo km. 86.5, -- cercano al Rancho de San Bernabé, entronca y sigue hacia la izquierda el camino revestido que conduce a San Agustín Citlali, el cual se sigue hasta la ranchería de San Antonio Atotonilco, aproximadamente en el Km. 4 de dicho camino que queda en la margen izquierda del río de La Gavía y cuyo caserío es cruzado por la rama izquierda de la actual cortina.

El camino mencionado cruza la vía férrea Toluca-Acámbaro en la Estación del Río a 99 kms., de la ciudad de -- México y a solo 25 kms., de la Ciudad de Toluca; el punto en que la presa actual cruce el Río de La Gavía está como a 2 kms., al oeste de dicha estación.

Dentro de la región hay solo un Aeropuerto de los llamados de corto alcance, localizado entre Toluca y el sitio de estudios (Alvarez Carvajal, M. 1964) .

### II.2 Fisiografía y geomorfología

El estudio fisiográfico de esta zona es como en todos los trabajos geológicos un factor importante que nos hace resaltar el aspecto tanto físico del relieve como los fenómenos que sobre él actúan y son una valiosísima ayuda para determinar los procesos evolutivos que ha sufrido la región y los factores geológicos que la rigen (Hernández Hernández, J. 1971).

De acuerdo con la clasificación y denominación hecha por

Raisz (1964), el área de la presa queda comprendida dentro de la provincia fisiográfica denominada Zona Neovolcánica que es una faja que atraviesa el país en su parte central, entre latitudes 19°25' y 19°30' que va del Golfo de México al Océano Pacífico y los paralelos 99°45' y 99°55'. Esta gran Provincia Neovolcánica de México es parte de la Meseta Mexicana, fué causada y completa su modelado gracias al vulcanismo.

Los vulcanitas y los materiales piroclásticos fueron emitidos tanto por fracturas como por chimeneas y modificaron grandemente el relieve rellenando depresiones y cortando temporalmente el paso de muchas corrientes superficiales por las barreras formadas a lo largo de los cursos, algunos de los cuales fueron restablecidos abriendo dichas barreras cortando gruesas formaciones de lavas y tobas, y disectando algunos aparatos volcánicos de importancia. Al mismo tiempo la erosión remontante en los cauces capturó cuencas cerradas formadas también por la acumulación de los materiales volcánicos, que de esta manera volvieron a tener salida o drenaje hacia el Océano Pacífico.

### II.3 Hidrografía

La red hidrológica fundamental que drena esta área es la que corresponde a la cuenca del Río Lerma-Santiago, con la laguna de Chapala intermedia.

Esta gran cuenca tiene una extensión de 125.825 Km<sup>2</sup>, la corriente principal se desarrolla en una dirección general E-W hasta la laguna de Chapala hacia el N-W para desembocar al Océano Pacífico.

El Río Lerma nace en las lagunas del Lerma, situadas en las inmediaciones de Almoloya del Río a 2.600 m.,

sobre el nivel del mar, hasta 25 km., al norte, las que están alimentadas por manantiales que brotan en el contacto de las lavas basálticas que descienden del Monte de las Cruces y el material de relleno del Valle de Toluca.

El Modelo de drenaje de la región es una sobreposición de arroyos radiales de diferente longitud y desnivel en la sección transversal, por lo que se tienen arroyos que apenas se han encajado en la roca hasta aquellas cuyos desnives alcanzan unos 50 m.

Los arroyos son principalmente de régimen intermitente y pocos los de tipo permanente como el arroyo de La Gavía, afluente del Lerma, que tienen su nacimiento en manantiales cercanos.

Las corrientes consecuentes de tipo radial, bajan por los flancos de las montañas, erosionando sus cauces profundamente en forma de "V". Las aguas que escurren por estos arroyos son captados por una serie de bordos y presas que regulan su distribución.

Hacia las partes bajas el drenaje es de tipo dendrítico, -- con cauces poco profundos que tienden a desaparecer en las partes planas. Las corrientes que fluyen a estas partes bajas, han erosionado predominantemente los depósitos aluviales y han dejado como evidencia de su actividad erosiva, una serie de terrazas escalonadas, entre las cuales, en ocasiones, aparecen derrames de basaltos.

#### II.4 Clima y vegetación

El clima predominante de la zona estudiada es de tipo templado sub-húmedo. En las partes montañosas que circundan al vaso se tienen lluvias abundantes con inviernos secos, semi-fríos sin estar bien definido el invierno. La

La precipitación pluvial es variable, alcanzando valores entre 800 y 1 000 mm., anuales. La temperatura media anual es del orden de los 12°C, con veranos frescos.

En cuanto a la vegetación es bastante uniforme ya que las partes bajas están abiertas al cultivo y las partes altas - de los alrededores por bosques de coníferas .

Los terrenos de cultivo son en su mayor parte de temporal, algunos de los cuales reciben agua procedente de presas derivadoras o bordos. Los cultivos principales anuales de invierno son : Trigo, Cebada y Avena, los anuales de verano: Maíz, Haba y Frijol y los perennes : Manzano (Dir. de Hidrología de la S.A.R.H., 1970) .

Hacia las lomas se tienen grupos de árboles y en las serranías bosques de pinos, conteniendo frecuentemente individuos con partes maderables. Las especies predominantes son : Pinus michoacanas, Cornutta, Pinus mon-tezumae, Pinus lerophylla, Pinus teocote y Pinus pattula. En las partes topográficamente más altas, el bosque de pinos se mezcla con abetos (Abies religiosa).

El cual tiende a coincidir con el aumento de precipitación y la disminución de temperatura .

## II.5 Población y cultura

Dentro de la cuenca hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, en que se halla enmarcada la región de estudio, ocupa el Estado de México una extensión de 5 354 km<sup>2</sup>, destacándose dentro de esta zona los siguientes poblados que son los más importantes del municipio y por estar muy próximos a la presa :

Nombre	Importancia	Nº de habitantes
Almoleya de Juárez	Municipio	49 191
San Antonio Atotonilco	Rancho	209
Cieneguillas	Ranchería	1 251
San Agustín (Las Tablas)	Ejido	206
Loma El Salitre	Hacienda	523
Unión Ocoyotepec	Ranchería	201
Laguna de Tabernillas	Ejido	490
San Diego	Ranchería	488
San Pedro de la Hortaliza	Rancho	1 311
Salitre de Mañones	Ranchería	751

En cuanto a la educación la primaria rural está muy desarrollada en todo el estado, no tanto así la media y la superior.

### III. GEOLOGIA REGIONAL

Las observaciones efectuadas en el campo, muestran el área con poca variedad y sencillez en los caracteres fisiográficos y petrológicos, que nos ayudan a conocer los procesos generales que le han dado origen. Su geomorfología es producto de una intensa actividad volcánica, con períodos de calma alternados, presentando algunos conos, derrames de lavas y abundantes depósitos piroclásticos y aluviales (ver plano N<sup>o</sup> 4).

La etapa geomorfológica de la zona es de una juventud -- avanzada, representada por volcanes que van del Oligoceno al Reciente.

#### III.1 Estratigrafía y petrografía

Debido a que esta región formó parte de una gran cuenca lacustre cerrada, que fué rellenada posteriormente por materiales piroclásticos de diversas granulometrías que alternan con capas de restos de diátomeas y materia orgánica. Podemos citar dentro de estas formaciones a las areniscas y tobas de grano fino que contienen capas o lentes de tizate, pómez, lahar, turba y arcillas .

En contraste con las anteriores rocas, tenemos las prominencias topográficas, constituidas por volcanes de constitución andesítica y en menor proporción de basalto.

Por lo anterior la columna geológica de la zona de interés, comprende dos tipos de rocas: Las Igneas Extrusivas y las Sedimentarias (clásticas de origen continental) y piroclásticas.

La tabla estratigráfica que acompaña a este capítulo es de

carácter tentativo, pues no se hicieron estudios geocronológicos de las muestras por ser de otra índole el campo a que se encaminaron estos estudios, por lo cual las unidades diferenciadas se correlacionan hasta donde es posible con las de áreas adyacentes que están formalmente establecidas (Hernández Hernández, J. 1971).

### III.1.1 Tobas, tobas arenosas, tobas arcillosas y areniscas

Su edad varía del Oligoceno al Plioceno y ocupan la mayor extensión superficial del área estudiada. Están constituidas por areniscas fluviales interestratificadas con tobas pumíticas y cenizas, presentando un ligero ángulo de echado que indica la pendiente de sedimentación casi horizontal. Las capas de arenas presentan en ocasiones estratificación cruzada.

Estas formaciones cubren las partes bajas, topográficamente hablando, además se observan estructuras sedimentarias como pequeños paleocanales, perforaciones de raicillas y algunas tubificaciones (cerca de la margen derecha del dique). Ocasionalmente se encuentran horizontes de tierras diatomáceas y turbas, dentro de estas formaciones quedan localizados los bancos de préstamo de material semipermeable, ver a continuación la tabla 1.

Tabla 1 Estratigrafía del área de la presa Ignacio Ramírez, Río La Gavía, Estado de México.

Era	Período	Epoca	Area de la presa	
C E N O Z O O I C O	C U A T E R N A R I O	RECIENTE	ALUVIONES	
		PLEISTOCENO	BASALTOS	
	T E R C I A R I O	P L I O C E N O	PLIOCENO	ARENISCAS TOBAS ARCILLOSAS
			MIOCENO	TOBAS ARENOSAS
			OLIGOCENO	TOBAS

### III. 1. 2 Basáltos

Este tipo de lavas escurrieron poco, dando aspecto masivo, en algunas partes esta unidad presenta planos de flujo separados 3 ó 4 cm., que le dan a la roca un aspecto-lajeado.

Cuando es masiva, presenta fracturas debidas al enfriamiento del material. A esta formación corresponde el banco de préstamo de roca y su análisis petrográfico se muestra en el cuadro V-5 del estudio de materiales de construcción.

### III.1.3 Aluviones

La unidad litoestratigráfica más joven del área, está constituida por suelos aluviales. Son depósitos de arenas, limos y arcillas que muestran huellas de corrientes. Estos suelos se hallan rellenando los bajos topográficos, construyendo planicias aluviales y playones en los ríos. Hacia las lomas se encuentran los depósitos de arcilla en capas paralelas a la pendiente del terreno, cubriendo en su mayoría a las rocas que constituyen los diferentes accidentes topográficos. Localmente en zonas muy erosionadas se genera una topografía en forma de castillos, debido a la actividad erosiva, a esta formación corresponden los bancos de material impermeable.

A continuación se presentan los resultados de seis estudios petrográficos de algunas de las rocas representativas de las unidades existentes en el área, hechos por los Ingenieros Alfredo Victoria Morales y Alfonso Juárez Alvarez, a petición del suscrito.

ESTUDIO REQUERIDO: Petrográfico N° 1

Registro No. PIR-01 (SM-E-17,50-18,00)

Localización Presa Ignacio Ramírez, Estado de México

Interesado L. Jorge Roldán Osegueda

DESCRIPCION MEGASCOPICA

Color: Amarillo verdoso

Textura: Clástica

Estructura: Deleznable

Minerales Observables: Arcilla

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura \_\_\_\_\_

Mineralogía:

Esqueletos de diátomeas, espículas de esponja, cuarzo, - -  
oligoclasa, andesina y vidrio alterado a arcilla y limonita .

Origen: Roca prioclastica retrabajada .

Clasificación: TOBA ANDESITICA - ARENOSA

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

México, D. F., \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 197\_\_\_\_\_

A. V. M.

Clasificad

L. J. R. O.

Revisó

Registro No. PIR-02Localización Presas Ignacio Ramírez, Estado de MéxicoInteresado L. Jorge Roldán Osegueda

## DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA

Color: NegroTextura: ClásticaEstructura: DeleznableMinerales Observables: Arcilla y materia orgánica (se comprobó por disolución de ésta en  $H_2SO_4 + HNO_3$  y por calcinación).

## DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura Se utilizó material molido.

Mineralogía:

Halloysita y montmorillonita analizada por medio de Rayos "X". Vidrio ambar alterado a minerales arcillosos.Origen: VolcánicoClasificación: VIDRIO DESVITRIFICADOObservaciones: Contiene aproximadamente un 30% de materia orgánica.

México, D. F., \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 197\_\_\_\_\_

A. V. M.

C. O. S. I. T. O.

L. J. R. O.

Revisó

ESTUDIO REQUERIDO: Petrográfico N.º 3Registro No. PIR-03Localización Presa Ignacio Ramírez, Estado de MéxicoInteresado L. Jorge Roldán Osegueda

## DESCRIPCION MEGASCOPICA

Color : CremosoTextura : Piroclástica - arenosaEstructura : Masivo - frágil

Minerales Observables : \_\_\_\_\_

## DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura Piroclástica arenosa en matriz vítrea .

Mineralogía:

Fragmentos de cuarzo (3%), plagioclasas (oligoclasa 7%),  
anfíboles (hornblenda, 5%) y biotita (2%), fragmentos de -  
rocas (vidrio riolítico con textura perlítica, 10%), conte-  
nidos en una matriz vítrea de composición ácida (73%) .

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Origen: Roca piroclásticaClasificación: TOBA CRISTALO - VITREA

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

México, D. F., \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 197 \_\_\_\_\_

A. J. A.

Clasificó

L. J. R. O.

Revisó

ESTUDIO REQUERIDO: Petrográfico N° 4

Registro No. PIR-04 (SM-III-29.10-29.50)

Localización: Presa Ignacio Ramírez, Estado de México

Interesado L. Jorge Roldán Osegueda .

DESCRIPCION MEGASCOPICA

Color : Negro

Textura : Clástica

Estructura : Deleznable

Minerales Observables : Arcilla

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura \_\_\_\_\_

Mineralogía:

Esqueletos de diátomeas y espículas de esponja, cuarzo,  
vidrio volcánico alterado a minerales arcillosos, sanidino  
limonita .

Origen: Roca sedimentaria depositada en lagos someros.

Clasificación: DIATOMITA ARCILLOSA

Observaciones: Las especies a que pertenecen las diátomeas son Cymbella,  
Coconais, Cochinosius, Eunotia, etc.

México, D. F., \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 197 \_\_\_\_\_

A. V. M.

L. J. R. O.

Clasifico

Reviso

ESTUDIO REQUERIDO: Petrográfico N° 5

Registro No. PIR-05 (28)

Localización Presa Ignacio Ramírez, Estado de México

Interesado L. Jorge Roldán Osegueda

DESCRIPCION MEGASCOPICA

Color : Café claro

Textura : Clástica

Estructura : Material en polvo

Minerales Observables : Feldespatos, cuarzo, vidrio, ferromagnesianos, biotita, magnetita y fragmentos de toba de igual composición.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura Se realizó este estudio con material molido en aceites de inmersión.

Mineralogía :

Sanidino, plagioclasas sódicas, cuarzo, apatita como inclusiones de cuarzo, hornblenda y gran cantidad de vidrio alterado parcial y totalmente a minerales arcillosos, se observa sericita alterando a los feldespatos y escasa limonita.

Origen : Roca piroclástica .

Clasificación : TOBA RIOLTICA - ARENOSA .

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

México, D. F., \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 197 \_\_\_\_\_.

A. V. M.

Clasificad

L. J. R. O.

Revisó

ESTUDIO REQUERIDO: Petrográfico N° 6

Registro No. PIR-06 (SM-A-12.50-13.00)

Localización Presa Ignacio Ramírez, Estado de México

Interesado L. Jorge Roldán Osegueda .

DESCRIPCION MEGASCOPIA

Color : Negro

Textura : Piroclástica

Estructura : Deleznable

Minerales Observables : Fragmentos angulosos a subredondeadas de cuarzo, cristales euhedrales y ferromagnesiados en matriz arcilloso.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura Material molido.

Mineralogía:

La muestra esta constituida por diátomeas, vidrio volcánico, cuarzo, oligoclasa, sanidino, hornblenda, biotita, limonita, alterando a los ferromagnesianos y minerales arcillosos como alteración del vidrio y feldespatos.

Origen: Lacustre debido a la forma radial de los diátomeas .

Clasificación: DIATOMITA ARCILLOSA

Observaciones: Por propiedades inherentes al material, el estudio se realizó con material molido sumergido en aceites de inmersión.

México, D. F., \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 197\_\_\_\_\_

A. V. M.

Clasif. a

L. J. R. O.

Revisó

### III.2 Geología histórica

Las formaciones lacustres, volcánicas y aluviales de la zona, pertenecen a los períodos geológicos Terciarios Inferior y Medio (Oligoceno a principios de Plioceno), Terciario Superior a principios del Cuaternario (fines del Plioceno al Pleistoceno) y Cuaternario (C.A.V.M de la S. A.R.H., 1977).

Al primero corresponden las tobas, brechas y depósitos laháricos. Los tipos de roca son: andesitas, dacitas, riolitas, diatomitas, etc., que afloran en la parte inferior de las sierras circundantes; estas depresiones topográficas se fueron rellenando con depósitos piroclásticos de granulometría arenosa predominantemente, que de tiempo en tiempo se interrumpían para dar paso a depósitos aluviales; en el segundo a fines del terciario se acumularon las arenas, después algunos fracturamientos provocaron la salida de lavas viscosas basálticas que originaron aparatos volcánicos de lava masiva y en otros casos de lava lajeada o aglomerática.

Finalmente durante el Cuaternario esta cuenca se rellenó de espesores delgados de clásticos fluviales (cantos rodados, gravas, arenas y cenizas) y arcillas lacustres formadas por la acción simultánea del intemperismo y la erosión.

### III.3 Geología estructural y tectónica

El área de interés está ubicada en una de tantas zonas en que la corteza terrestre ha sufrido fracturamiento por esfuerzos de carácter tensional. Esta zona está regionalmente entre las dos líneas de fracturas que cruzan el Valle de México y por ende el de Ixtlahuaca: una, ramal del sistema de fallas San Andrés, a la cual se le ha llamado

línea Chapala-Acambay que tiene su origen en el Golfo de California y atraviesa el país desde Jalisco hasta el Golfo de México; otra, denominada línea Clarión que se localiza desde las islas Revillagigedo en el Océano Pacífico hasta el Golfo de México.

Por las zonas de fracturas enunciadas, tuvieron lugar -- las erupciones volcánicas que sufrió el Valle de México -- desde el Terciario temprano hasta el Cuaternario. Los fracturamientos antes descritos provocaron esfuerzos -- cortantes que afectaron el sitio de la presa y el vaso de -- manera muy sensible .

La acumulación posterior de potentes depósitos de arenas fluviales, interestratificados con horizontes piroclásticos abundantes, son la muestra de una gran actividad volcánica con grandes períodos de erosión.

Es de suponerse que la zona de estudio continúa en actividad tectónica por hallarse dentro de la región sísmica de la República Mexicana, unos 60 kms., al sur del foco -- No. 110 en el que se han registrado magnitudes de 7.8 a 8.5 de la escala de Richter .

Desde 1965 en que se terminó la actual presa y hasta la fecha, no ha habido problemas originados por la sismología regional.

## IV. ESTUDIOS PARA LA SOBREELEVACION

### IV.1 Estudios anteriores

En febrero de 1962 la Jefatura de Irrigación y Control de Ríos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, inició la exploración de la boquilla de la Gavía (alternativa Superior), habiendo excavado 5 pozos a cielo abierto y 8 con máquina rotaria .

Posteriormente en febrero de 1963, la misma jefatura ordenó a la Dirección de Geología que estudiara una nueva alternativa a 1 km., aguas bajo del primer sitio; después de estudiar el sitio de aguas abajo se complementó el estudio del sitio superior a fin de contar con datos completos para una comparación entre los dos sitios desde el punto de vista geológico.

En base a los estudios anteriores el Ingenio Manuel Alvarez Carbajal, en agosto de 1964, elaboró un informe del "Estudio geológico de la boquilla de la Gavía, sobre el río del mismo nombre, Estado de México", del cual se desprendieron las siguientes conclusiones :

- a) La Alternativa Superior no fue explorada en su totalidad, por que antes de que esto ocurriera se le consideró desventajosa desde el punto de vista topográfico en comparación con la Alternativa Inferior (que es donde está construida la cortina que se sobreelevará).
- b) En la Alternativa Inferior, donde será preciso cerrar la incisión del río de la Gavía y un amplio puerto en la margen derecha, la corriente ha erosionado exclusivamente formaciones sedimentarias de carácter lacustre .

- c) Tales formaciones consisten principalmente en tobas y areniscas casi siempre de textura fina y de composición variable con cierto predominio del carácter arcilloso, advirtiéndose que este carácter se hace más notable con la profundidad .
- d) Con las tobas, las areniscas y las arcillas , con frecuencia contaminando a estas últimas, se presentan materiales muy ligeros como son la pómez, el tizate y la turba que imparten a la formación o al terreno - que las contiene, sus dos características dominantes: poco peso a inconsistencia.
- e) Se presenta también bajo la forma de mantos o de lentes, un material de textura gruesa, andesítico y con cementante arcilloso, que creemos es el lahar que aflora en algunos puntos de los tajos de las carreteras. Este aparece tanto en la zona superficial como en la más profunda, es decir lo mismo entre las tobas y las areniscas que entre las arcillas, aunque es más frecuente en las formaciones más jóvenes .
- f) Al finalizar el año pasado, la superficie freática, se localizaba aproximadamente hacia la elevación 2 544 m. , y durante la perforación se descubrió la presencia de aguas artesianas con los cinco pozos perforados en el cauce. Se trata de mantos pobres comprendidos entre las elevaciones 2 500 m. y 2 528. , cuyo confinamiento acusa la existencia de zonas permeables entre zonas impermeables en el subsuelo.
- g) Dada esa permeabilidad en puntos localizados a unos 16 m. , abajo de la superficie del terreno en el cauce, y la inconsistencia del subsuelo causada por la presencia de la pómez, el tizate, la turba y la arcilla, el sitio parece poco recomendable en términos -

generales.

- h) Pero dado que se trata de la construcción de una presa moderada de altura y destinada exclusivamente a control de avenidas se considera que la permeabilidad no constituye un inconveniente serio si ella no contribuye a debilitar el terreno y que a la poca resistencia de esta pueda adaptarse una estructura que dé lugar a cargas moderadas para hacer factible el proyecto.

Posteriormente en la Secretaría de Recursos Hidráulicos se estudió el comportamiento de la Presa Ignacio Ramírez (Ver el libro "Presas de México"), llegando a las siguientes conclusiones :

- a) En el vaso no se han presentado problemas de pérdidas de agua importantes en el vaso por infiltración.
- b) En la cortina no se han observado grietas en la corona.
- c) En el cuerpo de la cortina no ha habido manifestaciones de filtraciones ni en los empotramientos.
- d) En la obra de excedencias y en la obra de toma no se ha visto nada anormal en el funcionamiento de ambas estructuras .

También hay una tesis profesional de la zona del Ingeniero Javier Hernández Hernández del Instituto Politécnico Nacional presentada en 1971 bajo el título de "Estudio fotogeológico del Area de Almoloya, Estado de México", donde se ven aspectos de geología general.

Finalmente en mayo de 1977, la compañía CIEPS, S.C., - Ingenieros Consultores y Proyectistas inició los estudios de geología y mecánica de suelos por encargo de la S.A.-R.H., para la sobreelevación de la presa Ignacio Ramírez.

## IV.2 Geología de la boquilla y el vaso

La boquilla sobre la que se desplantará la sobrelevación es topográficamente asimétrica ya que la margen izquierda es de pendiente suave al contrario de la izquierda que presenta pendiente más pronunciada. En el puerto de la margen derecha, se halla una topografía semejante a ambos lados de los empotramientos del dique .

Esta boquilla está labrada en sedimentos lacustres con una marcada alternancia de tobas con areniscas de textura generalmente fina, tobas arenosas y tobas arcillo-limosas con escaso contenido de grava. Dentro de estas formaciones se presentan algunos pequeños horizontes de origen orgánico como las diatomitas (tizate), además de los de origen volcánico como el pómez y la ceniza volcánica alterada .

Se piensa que existen algunas zonas permeables confinadas entre zonas impermeables debido a los materiales encontrados en las proximidades del dique, y que pueden producir artesianismo hacia aguas abajo de la cortina por lo consiguiente tubificación de los sedimentos que subyacen a esta obra de captación de aguas .

Los estudios realizados en presas tubificadas, han demostrado que no todos los suelos presentan igual susceptibilidad a este fenómeno. La resistencia a la tubificación depende principalmente de la plasticidad de los limos y de la forma y tamaño de cada partícula de los suelos gruesos .

De esta manera las arcillas de alta plasticidad son poco susceptibles, mientras que las arenas finas y los limos de baja plasticidad presentan la mínima resistencia a este fenómeno (Villegas de la F., 1974).

En la parte central de la boquilla, en el cauce existe tie

rra vegetal y acarreos de algunos metros de espesor .

El vaso está constituido también por los mismos sedimentos lacustres representados principalmente por alternan --  
cias de tobas de constitución variable (pumíticas, areno --  
sas, limosas y arcillosas) y areniscas estratificadas, con  
textura generalmente fina, dentro de las que se encuentran  
al igual que en la boquilla algunos horizontes de origen or  
gánico. La poca inclinación (máximo 5 ó 6 grados) de los  
estratos de estas formaciones nos hace pensar que no han  
sido afectadas por movimientos posteriores importantes en  
su depósito.

Hacia las partes altas que limitan el vaso se localizan al --  
gunos coladas de basalto masivo como el del banco de ro --  
cas; además en la parte posterior del vaso se encontraron  
zonas de toba pumítica que podrían ser conducto de salida  
para las aguas del embalse, esto no provoca pérdidas en  
las aguas captadas ya que las aguas vuelven a la misma --  
cuenca hidrológica de la presa. En las partes bajas o sea  
aquellas próximas a los cauces de los arroyos que llegan  
al vaso, existen depósitos de acarreo fluvial, principal --  
mente arcillas, limos, arenas y gravas .

#### IV.3 Estudio de mecánica de suelos en el area de desplan -- te de la sobrelevación.

El estudio del subsuelo en esta zona se efectuó mediante --  
seis sondeos localizados en el lado aguas abajo de la corti --  
na, siguiendo aproximadamente el eje de la sobreleva --  
ción, ubicados como se muestra en el plano No. 5.

Estos sondeos fueron llamados SM-III, SM-A, SM-B,  
SM-C, SM-D y SM-E. Los sondeos se ejecutaron en dos  
etapas, en la primera se avanzó mediante penetración es  
tandar con recuperación de muestras alteradas continuas  
a todo lo largo de las perforaciones, estos sondeos se --

efectuaron en un diámetro de 3" avanzando primeramente con el penetrómetro estandar de 2" de diámetro y 60 cm. de longitud, para después abrir a 3" mediante cuchara para evitar el exceso de fricción lateral en el penetrómetro; en la segunda etapa se hizo muestreo inalterado a profundidades previamente determinadas con los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados con el muestreo alterado continuo de cada sondeo. El muestreo inalterado se hizo mediante muestreador Denison de 6" de diámetro, en cuyo interior se colocó el muestreador Shelby de 4" de diámetro, el avance para alcanzar las profundidades buscadas para este muestreo se efectuó con broca tricónica de 6" de diámetro, estabilizando la perforación con bentonita .

Los muestreos inalterados fueron como sigue :

Sondeo	Muestra	Profundidad en metros	
		De	a
SM-III	1	7.00	8.00
	2	9.00	10.00
	3	10.00	11.00
	4	13.00	14.00
	5	16.00	17.00
	6	22.00	23.00
	7	23.00	24.00
SM-A	1	4.00	5.00
	2	5.00	6.00
	3	8.00	9.00
	4	10.00	11.00
	5	12.00	13.00
	6	15.00	16.00
	7	19.00	20.00

Sondeo	Muestra	Profundidad en metros	
		De	a
SM-B	1	4.00	5.00
	2	8.00	9.00
	3	12.00	13.00
SM-C	1	3.00	4.00
	2	7.00	8.00
	3	11.00	12.00
SM-D	1	3.00	4.00
	2	8.00	9.00
SM-E	1	6.00	7.00
	2	12.00	13.00
	3	15.00	16.00
	4	18.00	19.00

Con las muestras alteradas representativas se efectuaron los siguientes ensayos de laboratorio para determinar :

- a) Contenido natural de agua
- b) Granulometría
- c) Límites de consistencia
- d) Densidad de sólidos
- e) Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Con las muestras inalteradas :

- a) Contenido natural de agua
- b) Granulometría
- c) Límites de consistencia
- d) Densidad de sólidos
- e) Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

### ción de Suelos

- f) Peso volumétrico seco natural
- g) Relación de vacíos
- h) Ensayes triaxiales en prueba rápida saturada
- i) Ensayes triaxiales en prueba rápida consolidada
- j) Consolidación unidimensional

En los cuadros IV-1 a IV-6 se encuentran los perfiles estratigráficos de los sondeos afinando la clasificación de campo con los resultados de los ensayos de laboratorio.

También se incluye un resumen de características de los sondeos en el área de desplante de la sobreelevación, el cual se muestra en el cuadro IV-7.

Con los resultados de los estudios de campo y laboratorio, se formó el corte estratigráfico simplificado que se muestra en el plano N° 5 de Localización de Sondeos y Corte Geológico. Para formar este perfil se consideraron las características dominantes en cada material en cuanto a dureza, granulometría, plasticidad y naturaleza geológica de los mismos.

De acuerdo con la clasificación de materiales así efectuada se determinó que el subsuelo en el área de estudio y hasta la profundidad alcanzada, está constituido básicamente por tobas que presentan algunas variaciones en cuanto a contenido de finos, contenidos de gravas y plasticidad de los finos, presentándose dentro de este macizo de tobas lentes delgadas de una amplia gama de materiales que se clasifican como limos plásticos, vidrio volcánico, ceniza colcánica, tizate, arena pómez y algunas turbas mezcladas con cenizas. Estos lentes de materiales no siempre presentaban juntas horizontales, llegando en algunas muestras a presentarse casi en dirección vertical.

Hacia el área del cauce del río desecado por la construcción de la cortina, en el sitio del sondeo SM-III, se localiza superficialmente un estrato de arena que varía de arena media con grava a arena fina limosa con un espesor -- aproximado de 2 m, a la profundidad aproximada de 4m -- se presenta un estrato de aproximadamente 3 m de espesor, formado por arcilla arenosa con límite líquido del orden de 60% e índice plástico del orden de 40%, que presenta una baja resistencia al corte; a la profundidad aproximada de 35m a partir del terreno natural, se alcanzó un estrato de espesor indeterminado, formado por grava-arena sucia y de muy alta resistencia, prologándose la perforación 5 m en este estrato sin llegar a agotarlo.

Hacia la margen derecha, las tobas se encuentran cubiertas superficialmente por un estrato de tierra vegetal consistente en arcilla negra de alta plasticidad con espesor - promedio del orden de 1.5 m. hacia la margen izquierda- esta capa vegetal es muy escasa alcanzando espesores del orden de 20 cm.

Respecto al nivel freático encontrado en los sondeos se -- observó lo siguiente :

Sondeo	Nivel del agua
SM-III	2 540.27 m .
SM-A	2 540.08 m .
SM-R	2 540.03 m .
SM-E	2 540.42 m .

En los demás sondeos no se encontró nivel freático.

Nivel del agua en el vaso	2 545.00 m
------------------------------	------------

Cualitativamente el nivel freático determinado en los sondeos, nos sugiere un flujo bien establecido a través de la cortina que estabiliza dicho nivel hacia aguas abajo.

En la zona del dique se infieren filtraciones, por la ausencia del nivel freático y la presencia de tubificaciones en los cerros adyacentes al empotramiento derecho del dique, constituídos también por la toba arena-limosa encontrada en la cimentación .

#### IV.4 La cortina y sus obras complementarias

Cortina :

Es del tipo de tierra zonificada en dos porciones, una central de material arcilloso altamente plástico y respaldos de materiales areno-arcillosos de menor plasticidad. Está provista aguas abajo de filtros-drenes de grava y arena, en los paramentos exteriores tiene chapas de roca, para protección contra oleaje y erosión .

Las características inherentes a los materiales que se emplearán en la sobreelevación se muestran en el capítulo V de materiales de construcción .

Dique :

Localizado en la margen derecha de la presa, para cerrar un puerto, su sección es muy similar a la de la cortina .

Obra de excedencias :

Se halla situada en la margen izquierda con su eje de descarga normal al de la cortina. Es de tipo de cresta libre, con un canal de acceso y con canal de descarga a un tanque

amortiguador. Sobre el canal de acceso se dispone de un puente de liga de la margen izquierda con la cortina .

Obra de toma :

Se encuentra alojada en la margen izquierda, entre el cauce del río y la obra de excedencias. Está formada por un conducto de concreto reforzado, que trabaja sin presión, alojado en un tajo abierto en la roca y cubierto por el cuerpo de la cortina. Las extracciones se controlan por medio de compuertas deslizantes operadas desde una torre de toma, situada en el extremo de aguas arriba del conducto. El acceso a la torre se logra por medio de un puente de concreto reforzado.

Una rejilla localizada en la parte inferior de la torre impide el paso de cuerpos extraños al conducto, el cual descarga a un tanque amortiguador.

Para la elección de la sección máxima de la cortina se ensayó con varios tipos, no mostrándose más que la elegida para el proyecto por cuestión de espacio en esta tesis. Ver plano No. 6, donde se muestran las estructuras auxiliares .

#### IV.5 Estabilidad de taludes

Los materiales que constituyen el cuerpo de una presa de tierra y enrocamiento, están sometidos a diferentes estados de esfuerzos que van cambiando con el tiempo, durante la vida de la presa. Cuando se tiende una capa de material en el terraplén, éste tiene una relación de vacíos y un cierto grado de saturación; pero a medida que va recibiendo el peso de las capas superiores va sufriendo cambios en su relación de vacíos y en su grado de saturación.

Estos cambios originan presiones de poro, que pueden disiparse en mayor o menor grado, de acuerdo con la permeabilidad del material, las condiciones de drenaje y la rapidez con que se construya la presa. Al llenarse la presa, el agua satura inmediatamente a los materiales permeables y después de algún tiempo, también a los impermeables. Con esto se cambia el valor de las presiones de poro y se originan nuevos estados de esfuerzos en los materiales. Al ocurrir un vaciado rápido en la presa, cambian nuevamente las presiones de poro y también los estados de esfuerzo de los materiales de la cortina (Villegas de la F., op. cit.).

De lo anterior puede concluirse que la resistencia al corte de los materiales que forman la cortina, sufre una serie de cambios durante la vida de la presa, de acuerdo con la variación de los esfuerzos efectivos producidos por los distintos estados de consolidación del terraplén.

Por supuesto, no es posible revisar la estabilidad de la presa para las infinitas condiciones de consolidación que presenta a lo largo de su vida, por lo cual, se revisa solamente para condiciones extremas de trabajo (condiciones iniciales, condiciones finales y condiciones de vaciado rápido).

Bajo el nombre de Método Sueco se agrupan todos los procedimientos de análisis de estabilidad de taludes, que consideran la superficie de fallas como un cilindro, cuyo trazo con el plano en el que se calcula es un arco de circunferencias. Existen varios procedimientos para aplicar este método a los distintos tipos de suelo, con el fin de determinar si un talud es estable.

El análisis de estabilidad de taludes se llevó a cabo mediante el Método Sueco de Estabilidad de Taludes con un programa para computadora electrónica, el método se basa en las siguientes hipótesis:

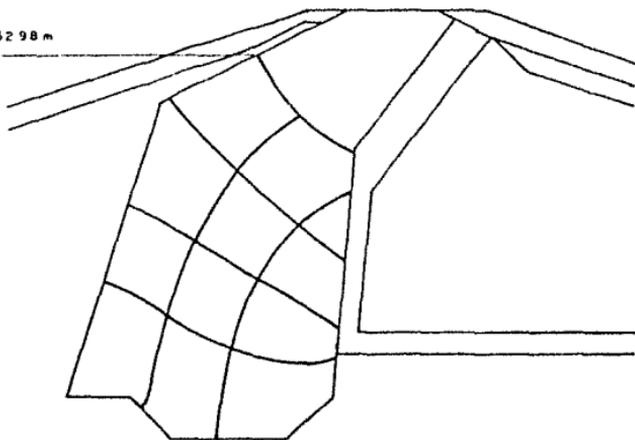
1. La superficie de falla es cilíndrica .
2. El volumen deslizante se comporta como cuerpo rígido, girando respecto al eje del cilindro.
3. El cuerpo deslizante es seccionado en dovelas, las -- cuales se comportan independientes entre sí, haciendo de esta manera que los esfuerzos principales coinciden con los ejes vertical y horizontal.
4. El factor de seguridad, está expresado como el cociente de la suma de momentos de las fuerzas resistentes entre la suma de momentos de las fuerzas actuantes.
5. Las fuerzas actuantes son los pesos propios de los -- materiales, las presiones hidrostáticas y las fuerzas producidas por sismo; que se consideran actuales en el centro de cada dovela .
6. Las propiedades mecánicas de los materiales de cohesión y ángulo de fricción interna definen la resistencia al deslizamiento de cada material.

Para determinar los efectos de la presión de poro, se trazaron redes de flujo (Ver figuras Nos. 1, 2 y 3 a continuación), a través del núcleo impermeable para cada nivel -- del agua en la presa .

Las propiedades mecánicas de los materiales, se tomaron de los informes de la S.A.R.H.; en él se muestran dichas propiedades y los valores de los factores de seguridad obtenidos para las condiciones de llenado indicadas (ver plano No. 7).

Puede observarse que los factores de seguridad determinados proporcionan un rango de seguridad mayor que el -- mínimo recomendado por la S.A.R.H.

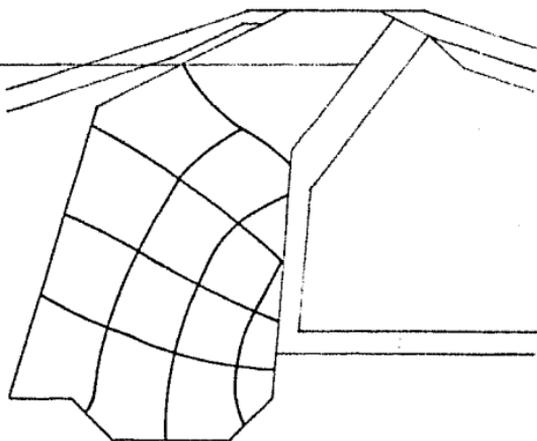
N A M E  
elev 2 552 98 m



RED DE FLUJO PARA AGUA AL N.A.M.E.

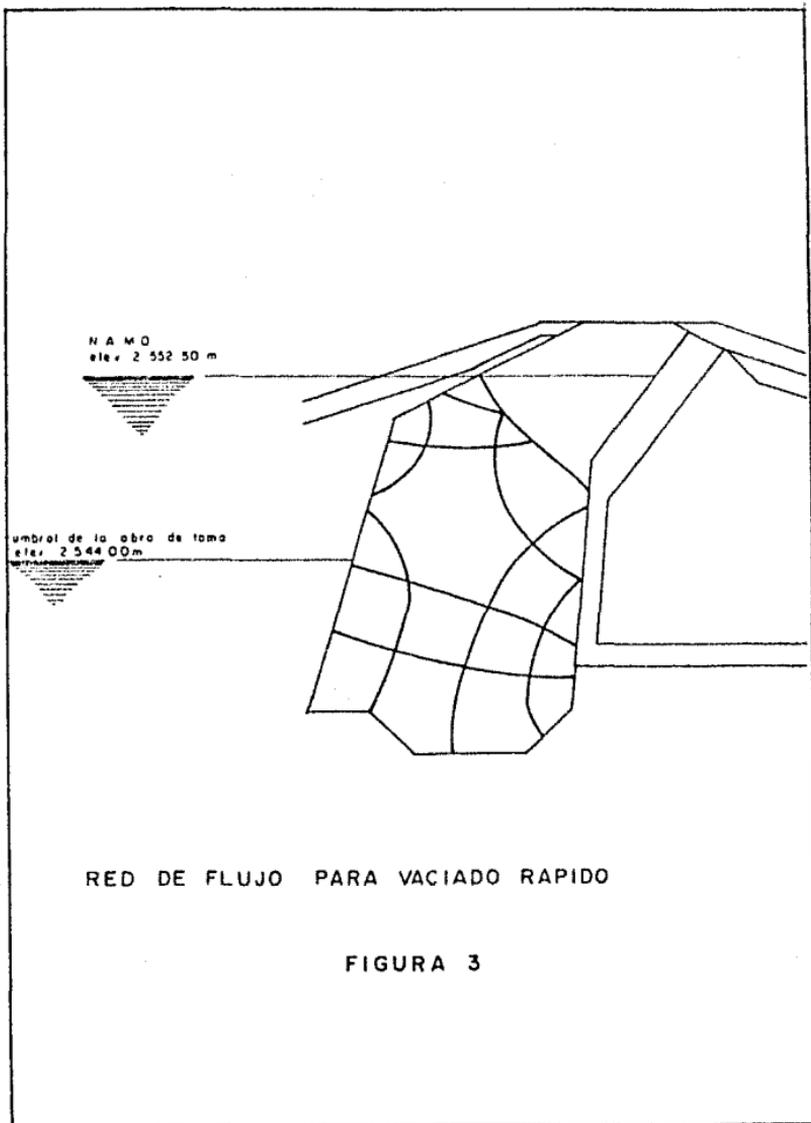
FIGURA 1

N.A.M.O.  
elex 2 552 50m



RED DE FLUJO PARA AGUA  
AL N.A.M.O.

FIGURA 2



## V. MATERIALES DE CONSTRUCCION

### V.1 Estudio de materiales de construcción

Para la localización de los bancos de préstamo de los distintos materiales de construcción para la sobre elevación, se realizó un reconocimiento general de las áreas cercanas a la cortina, orientado con la información de la localización de los bancos de materiales para la construcción de la actual cortina .

Hacia aguas abajo de la cortina se exploró el cauce del Río de La Gavía hasta su confluencia con el Río Lerma en un recorrido de aproximadamente 5 km. observando algunos pequeños playones y los terrenos de cultivo de sus inmediaciones; hacia la margen izquierda se exploraron las lomas, valles y cauces cercanos al camino de terracería hasta la hacienda de San Agustín, situada a 12 km., aproximadamente del eje de la cortina; en estos recorridos se ubicaron los bancos de arcilla, de arena y de roca que se utilizarán para la sobre elevación; hacia la margen derecha de la cortina se recorrieron todos los terrenos cercanos al camino hasta su entronque con la carretera Palmilla - Toluca (ver plano No. 8).

#### V.1.1 Bancos de material impermeable

Se localizaron dos bancos de material impermeable que se denominaron Banco No. 1 y Banco 2; el Banco No. 1 corresponde al que fue explotado para la construcción de la cortina y que aún presenta un volumen aprovechable importante, se localiza a una distancia aproximada de 600 m. al oriente del poblado de San Agustín Citlali, el Banco No. 2 está ubicado al noroeste de la misma población a una distancia aproximada de 150 m.

En el Banco No. 1 se trazaron cuatro líneas paralelas a los corredores libres de la siembra de maíz existente y sobre ellas se excavaron cinco pozos a cielo abierto a distancias aproximadas de 100 m., cada pozo se profundizó hasta agotar el espesor del material aprovechable (ver plano No. 9).

En el Banco No. 2 se trazó una cuadrícula de aproximadamente 100 m. por lado y sobre dos de estos vértices se excavaron dos pozos a cielo abierto, profundizados hasta agotar el espesor aprovechable (ver plano No. 9).

El muestreo de los Bancos se llevó a cabo tomando muestras integrales de todos los pozos excavados y adicionalmente en el Banco No. 1 se obtuvieron tres muestras integrales en el corte existente donde terminó la explotación anterior en la dirección de las líneas trazadas. Mediante este procedimiento se obtuvieron 10 muestras, 8 corresponden al Banco No. 1 y 2 al Banco No. 2.

Con cada una de las muestras, se realizaron las correspondientes pruebas de laboratorio para determinar :

- a) Contenido natural de agua
- b) Granulometría
- c) Límites de consistencia
- d) Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- e) Densidad de sólidos
- f) Compactación proctor tipo S.A.R.H.

Con los resultados de estas pruebas y con los perfiles estratigráficos de los pozos excavados se hizo la clasificación de los materiales encontrados. En base a esta clasificación se eligieron cuatro muestras representativas del Banco No. 1 y una del Banco No. 2. Con estas muestras se efectuaron los siguientes ensayos :

- a) Compresión triaxial rápida saturada
- b) Compresión triaxial rápida saturada consolidada
- c) Consolidación con saturación bajo primera carga y con saturación bajo última carga (2 muestras)
- d) Permeabilidad con carga variable

De cada uno de los pozos del banco de material impermeable No. 1 se determinó su perfil estratigráfico por medio de ensayos de clasificación de campo; los datos obtenidos se describen a continuación :

Fozo	Profundidades en metros		Perfil
	De	A	
P-1	0.00	0.50	Arcilla negra de mediana plasticidad.
	0.50	1.50	Arcilla negra de alta plasticidad con pequeños grumos de carbonatos.
	1.50	3.00	Arcilla negra de mediana plasticidad.
	3.00	-	Material arcilloso alterado de transición.
P-2	0.00	0.50	Arcilla negra de alta plasticidad.
	0.50	3.20	Arcilla negra de mediana plasticidad con pequeños grumos de carbonatos.
P-3	0.00	3.20	Arcilla negra de mediana plasticidad con pequeños grumos de carbonatos.
P-4	0.00	0.50	Arcilla negra de mediana plasticidad.

Pozo	Profundidades en metros		Perfil
	De	A	
P-4	0.50	0.70	na plasticidad . Arcilla negra de alta - - plasticidad .
	0.70	3.10	Arcilla negra de media - na plasticidad con peque ños grumos de carbona - tos .
P-5	0.00	0.60	Arcilla negra de alta - - plasticidad con pequeños grumos de carbonatos .
	0.60	3.20	Arcilla negra de mediana plasticidad .
P-6	0.00	0.50	Arcilla negra de media - na plasticidad .
	0.50	3.00	Arcilla negra de alta - - plasticidad con pequeños grumos de carbonatos .
P-7	0.00	0.50	Arcilla negra de media - na plasticidad .
	0.50	0.80	Arcilla negra de alta - - plasticidad .
	0.80	2.70	Arcilla negra de media - na plasticidad con peque ños grumos de carbona - tos .
P-8	0.00	0.50	Arcilla negra de alta - - plasticidad .
	0.50	5.30	Arcilla negra de media - na plasticidad con peque ños grumos de carbona - tos .

Los perfiles estratigráficos del banco de material impermeable No. 2, son :

Pozo	Profundidad en metros		Perfil
	De	A	
P-1	0.00	0.60	Arcilla negra de alta plasticidad .
	0.60	3.00	Arcilla negra de mediana plasticidad, con pequeños grumos de carbonatos .
P-2	0.00	0.70	Arcilla negra de alta plasticidad .
	0.70	3.00	Arcilla negra de mediana plasticidad.

El material estudiado para usarse en la construcción del núcleo impermeable de la sobreelevación queda clasificado como arcilla de alta plasticidad, con límite líquido superior a 50% e índice de plasticidad superior a 30 (CH), con un contenido de arena fina del orden de 20%. El material de los dos bancos estudiados pueden considerarse de características semejantes .

El volumen total disponible medido en banco es como sigue :

Banco No. 1	148 900 m <sup>3</sup>	corte de 3.00 m
Banco No. 2	<u>49 700 m<sup>3</sup></u>	corte de 3.00 m
Total	198 600 m <sup>3</sup>	

En tanto, los volúmenes de material impermeable necesarios, para una sobreelevación de 2.50 m, medidos en el sitio de su colocación son los siguientes :

Cortina	27 000 m <sup>3</sup>
Dique	<u>11 800 m<sup>3</sup></u>
Total	<u>38 800 m<sup>3</sup></u>

### V.1.2 Bancos de material semipermeable

Como bancos de material semipermeable, se eligieron las tobas que abundan en la región y presentan características variables en cuanto a su composición, presentándose tobas arenosas, tobas arcillosas y tobas silíceas dependiendo de su localización en cerros o macetas. En los recorridos preliminares se localizaron tres bancos de toba, a los cuales se les denominó como Banco de Toba No. 1, Banco de Toba No. 2 y Banco de Toba No. 3. Estos bancos se ubicaron por medio de la poligonal que sirvió para localizar los bancos de arcilla y con apoyo en ellas se trazaron cuadrículas de aproximadamente 100 m por lado en el Banco No. 1 y líneas para configuración en los Bancos Nos. 2 y 3. La ubicación de estos bancos se muestra en el plano de Localización de Bancos de Préstamo, No. 8.

El Banco de Toba No. 1 se encuentra inmediato a la cortina y presenta la menor distancia de acarreo y según se comprobó posteriormente en los resultados de su estudio, presenta buenas características de material, volumen aprovechable y facilidad de explotación, por lo cual se limitó al estudio a este banco, eliminando los Bancos Nos. 2 y 3 que por lo demás se localizan en cerros de más difícil explotación.

Para efectuar el estudio del Banco de Toba No. 1, se excavaron 12 pozos a cielo abierto localizados sobre los vértices de la cuadrícula trazada, los pozos se excavaron hasta

un máximo de 3m., de profundidad (ver plano No. 10) .

Con cada una de las muestras, se realizaron las correspondientes pruebas de laboratorio para determinar :

- a) Contenido natural de agua
- b) Granulometría
- c) Densidad de sólidos
- d) Límites de consistencia
- e) Compactación proctor tipo S.A.R.H.

De cada uno de los pozos del banco de material semipermeable No. I se determinó su perfil estratigráfico por medio de ensayos de clasificación de campo; los datos obtenidos se describen a continuación :

Pozo	Profundidad en metros		Perfil
	De	A	
P-1	0.00	3.00	Toba arenosa con pocas -- gravas con tamaño máxi -- mo de 1".
P-2	0.00	3.00	Arcilla negra contaminada con raíces y fragmentos - de roca sin compactar .
P-3	0.00	3.00	Arcilla negra contaminada con raíces y fragmentos - de roca sin compactar .
P-4	0.00	0.15	Arcilla negra de la capa - vegetal .
	0.15	3.00	Toba arenosa con muy po- ca grava .
P-5	0.00	1.10	Arcilla negra de la capa -

Pozo	Profundidad en metros		Perfil
	De	A	
P-5	1.10	3.00	vegetal. Toba arenosa con bastante - grava fina.
P-6	0.00	0.70	Arcilla negra de la capa ve- getal.
	0.70	3.00	Toba arenosa con poca gra- va.
P-7	0.00	0.60	Arcilla negra de la capa ve- getal.
	0.60	3.00	Toba arenosa con regular -- cantidad de grava fina.
P-8	0.00	0.25	Arcilla negra de la capa ve- getal.
	0.25	3.00	Toba arenosa con poca grava.
P-9	0.00	0.30	Arcilla negra de la capa ve- getal.
	0.30	3.00	Toba arenosa con bastante - grava fina .
P-10	0.00	3.00	Toba arcillosa de color café claro con poca grava fina.
P-11	0.00	0.30	Arcilla negra de la capa ve- getal.
	0.30	3.00	Toba arenosa con abundan te grava fina.
P-12	0.00	0.40	Arcilla negra de la capa ve- getal.
	0.40	3.00	Toba arenosa con abundante grava fina.

El material estudiado para usarse en la construcción de la sobreelevación, se clasifica como toba arenosa, prácticamente sin plasticidad, con un contenido de arena del orden de 80% y finos de 5%. De acuerdo con los perfiles estratigráficos todo el espesor explotable es homogéneo y en base a las gráficas de granulometría obtenidas se clasifica como bien graduado.

El volumen total disponible medido en banco es :

Banco de toba No. 1      707 100 m<sup>3</sup>      corte de 8.00 m

En tanto el volumen de material semipermeable necesario para una sobreelevación de 2.50 m medido en sitio de su colocación es :

Cortina	8 200 m <sup>3</sup>
Dique	<u>11 900 m<sup>3</sup></u>
Total	<u><u>20 100 m<sup>3</sup></u></u>

### V.1.3 Banco de arena

Se localizó un banco de arena en un arroyo frente al poblado de San Agustín Citlali, que presenta depósitos importantes de este material en un recorrido de aproximadamente 3 km. Esta zona se ubicó por medio de la poligonal que se trazó para localizar los restantes bancos y con apoyo en ella se localizaron los pozos excavados. A este banco se le denominó como Banco de Arena No. I y su localización se muestra en el plano No. 8 de Localización de Bancos de Préstamo.

Para efectuar el estudio de este banco, se excavaron 6 -

pozos a cielo abierto hasta la profundidad que lo permitía - el nivel freático y de ahí en adelante se recuperaron muestras por medio de pala posteadora hasta la profundidad máxima de 1.50 m. Esta profundidad es en la que se agotan los depósitos de arena .

Juntando el material recuperado con pala posteadora y el muestreo de la pared de los pozos, se formaron muestras integrales de toda la profundidad, eliminando los limos y arcillas superficiales donde los había .

De cada pozo excavado se determinó el perfil estratigráfico por medio de ensayos de clasificación de camp. Los datos obtenidos se describen a continuación :

Pozo	Profundidad en metros		Perfil
	De	A	
P-1	0.00	1.50	Arena fina limpia .
P-2	0.00	1.50	Arena fina sucia .
F-3	0.00	1.50	Arena fina limpia.
P-4	0.00	0.20	Limo de la capa vegetal .
	0.20	1.50	Arena fina limpia .
P-5	0.00	0.20	Limo de la capa vegetal .
	0.20	1.50	Arena fina limpia .
P-6	0.00	0.20	Limo de la capa vegetal.
	0.20	1.50	Arena fina limpia .

Nivel freático promedio a 40 cm de la superficie .

Se estudiaron las seis muestras integrales obtenidas con relación a su uso como material para filtro de la cortina efectuándose ensayos de laboratorio para determinar :

- a) Granulometría
- b) Densidad de masa
- c) Porcentaje de finos por proceso húmedo
- d) Peso volumétrico suelto
- e) Peso volumétrico compactado

Y para su uso como agregado para concreto de efectuaron los ensayos de laboratorio para determinar :

- a) Granulometría
- b) Peso volumétrico compactado
- c) Pérdida por lavado
- d) Absorción
- e) Densidad de masa
- f) Módulo de finura

Los resultados de los ensayos permiten conocer la homogeneidad del material de este banco, consistente en arena fina uniforme, con un contenido de finos que varía de 3 a 7%, por lo que se le considera como limpia y un módulo de finura promedio de 2.14, eliminando la muestra del pozo P-2 que presenta una alta contaminación de finos .

El volumen total disponible medido en banco es :

Banco de arena No. 1      65 000 m<sup>3</sup>      Corte de 1.5 m

En tanto los volúmenes de material para filtros necesarios para una sobreelevación de 2.50 m medidos en el sitio de su colocación son :

Cortina      27 100 m<sup>3</sup>

#### V.I.4 Banco de grava y arena

Como se indicó anteriormente en los reconocimientos para localización de materiales, no existen gravas en las áreas exploradas en las cercanías de la cortina, a excepción de un pequeño banco de grava mediana a fina con poco volumen que fué desechada por su poca importancia. El banco de grava y arena más cercano al sitio de la presa es el que se localiza sobre el río de Calixtlahuaca, aguas arriba de la población del mismo nombre a una distancia aproximada del sitio de la cortina de 25 km. Este banco está constituido por un gran valle formado por los acarreos del río que presenta superficialmente una capa vegetal de limo con espesor aproximado de 1 m, el cauce actual del río ha erosionado estos depósitos y presenta paredones en donde se pueden observar las características de estos materiales, las cuales se presentan muy uniformes en cuanto a granulometría y tamaños máximos de agregados .

Debido a que este banco se encuentra en explotación y hay instaladas en él varias clasificadoras y trituradores de sobretamaños y que por lo demás se encuentra concesionado a una compañía particular, no fué posible excavar pozos ni hacer levantamientos topográficos del mismo . Únicamente se obtuvieron de él una muestra integral de uno de los paredones junto al cauce del río denominada Representativa No. 2 y una muestra representativa de los almacenamientos de material en greña denominada Representativa No. 1 .

Con las dos muestras obtenidas se efectuaron los ensayos de laboratorio para determinar :

- a) Granulometría
- b) Peso volumétrico compactado de :
  - 1) Material en greña
  - 2) Grava con tamaño máximo de 1"
  - 3) Arena

- c) Pérdida por lavado en arena
- d) Densidad de grava y densidad de arena
- e) Módulo de finura de la arena

Los resultados de los ensayos de laboratorio nos permiten conocer lo siguiente :

La muestra representativa No. 2, correspondiente al pedregal natural de grava y arena fue extraída tomando la precaución de eliminar totalmente el limo del estrato superficial, resultó con un contenido de grava de 63%, arena 32% y finos 5%; el módulo de finura de la fracción arenosa resultó de 2.59 lo cual la clasifica como arena media, apta para la fabricación de concreto.

De la muestra representativa No. 1 correspondiente al almacenamiento de material en greña se obtuvieron los siguientes porcentajes de tamaños, grava 65%, arena 27% y finos 8%; el módulo de finura de la arena resultó de 1.94, lo cual la clasifica como arena fina.

Del ensayo de pérdida por lavado se obtuvieron porcentajes de 25 y 12% respectivamente, por lo que la arena se clasifica como sucia y requiere de lavado para la elaboración de concreto.

La fracción grava de ambas muestras resultó muy semejantes y con buena graduación de tamaños, el tamaño máximo es de 3", con un desperdicio de sobretamaños del orden del 10% (valor observado en las clasificadoras), densidad de 2.61 y absorción de 1.41.

Por lo observado en el campo, se estima conservadamente para este banco un volumen aprovechable de 2 millones de metros cúbicos de grava y arena .

### V.1.5 Banco de roca

Se localizó el banco de roca explotado durante la construcción de la cortina, que se encuentra a una distancia aproximada de 9 km del sitio de la obra sobre el camino de terracería a San Agustín Citlali, siguiendo a esa altura un camino a pelo de tierra aproximadamente 1 km hacia la falda de la cercana. Se ubicó por medio de lapolygonal que une todos los bancos y con apoyo en ella se trazaron varias líneas para seccionamiento, que se muestra en el plano No. 11 del banco de roca .

Este banco está formado por un derrame basáltico y muestra al descubierto el frente en el que se suspendió la explotación anterior; está limitado en dos de sus lados por cañadas en las que se encuentran afloramientos de basalto y éstos también se presentan en la parte alta del cerro que lo forma .

El muestreo se realizó desprendiendo pequeños trozos de roca del corte anterior, de los afloramientos en la parte alta y de las cañadas, procurando tener representadas todas las variaciones que a simple vista se observan, las muestras obtenidas se identificaron como muestras 1, 2, 3, y 4.

Con las muestras representativas de este banco se efectuaron los siguientes ensayos de laboratorio :

- a) Clasificación petrográfica
- b) Intemperismo acelerado (Norma C-33-63 A.S.T.M.)
- c) Abrasión (Norma C-131-64T-A.S.T.M.)
- d) Densidad
- e) Absorción

La roca estudiada para la formación del chapeo exterior de la sobreelevación, se clasifica como basalto sano, ma-

sivo. El banco presenta pocas fallas y fracturamientos - por lo que no hay limitaciones en cuanto a los tamaños de roca que se pueden obtener, dependiendo ésto unicamente del tipo de explotación que se realice .

El volumen total disponible :

Banco de Roca	<u>531 200</u> m <sup>3</sup>
---------------	-------------------------------

Entanto el volumen necesario para el chapeo de la sobre-elevación medido en el sitio de su colocacion es :

Cortina	9 300 m <sup>3</sup>
---------	----------------------

Dique	<u>1 700</u> m <sup>3</sup>
-------	-----------------------------

T o t a l	<u>11 000</u> m <sup>3</sup>
-----------	------------------------------

#### V.1.6 Resumen de las características de los bancos

Los resultados resumidos de características del material impermeable se encuentra en el cuadro V-1 .

Los resultados de las pruebas efectuadas al material semipermeable se resume en el cuadro V-2 .

Las características de la arena se muestran en el cuadro V-3 .

Las de grava-arena en el cuadro V-4 .

Y las del banco de roca en los cuadros V-5, V-6 y V-7 .

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) Todas las obras proyectadas para la sobrelevación que darán alojadas sobre tobas que varían en su contenido de finos de arena a arcilla .

Estas rocas se observan en ambos márgenes de la boquilla, son compactas y con algunos lentes de materiales inconsistentes como el vidrio volcánico alterado, - que no afectarán el buen funcionamiento de la presa so breelevada .

- 2) El material rocoso en ambos márgenes es de buena ca lidad en cuanto a sus características físicas, sin ver - se afectado por fracturamiento o intemperismo.

- 3) Cerca del empotramiento derecho del dique y hacia -- agua arriba se halla un cerro constituido por tobas. La parte superior es de toba arenosa en la cual se pue den observar conductos circulares entre 10 y 30 cm, - de diámetro posiblemente formados por el flujo de --- agua en épocas pasadas. Debajo de esta formación ya ce una toba arenolimsa con intercalaciones de lentes de arena fina, poco compacta y con tubos originados - por el arrastre de partículas .

La presencia de las tubificaciones anteriormente enun ciadas y la ausencia de N.A.F. en el pozo "C" hasta - los 15 m de profundidad total, hacen suponer la exis-- tencia de una superficie de depresión de las aguas sub terráneas en esta zona, lo cual podría deberse también a la influencia de un estrato de alta permeabilidad o -- de conductos subterráneos que estén funcionando como drenes y originando fuertes filtraciones del embalse a travis de una zona de flujo concentrado.

Es recomendable la instalación de piezómetros y la realización de pruebas de permeabilidad "in situ" de la cimentación del dique para determinar la magnitud del problema y resolverlo .

- 4) El agrietamiento de una presa de tierra comprende -- dos aspectos; el desarrollo de asentamientos diferenciales en el terraplén y la capacidad de los materiales que forman la cortina para soportarlos sin agrietarse. El primer aspecto ligado a la comprensibilidad de los suelos queda resuelto en cuanto a la capacidad de carga determinada por penetración estándar en el subsuelo de la cimentación (ver cuadros 4-1 a 4-6) y la estratigrafía de las tobas, encontrada, que muestran escasos y pequeños lentes de ceniza volcánica alterada, que es el único material que puede provocar asentamientos, y debido a sus dimensiones y distribución no representa problema para la sobreelevación de 2.50 m.

El segundo aspecto tampoco implica inconvenientes, ya que el material utilizado para el corazón impermeable es de arcilla de la más alta plasticidad usada en la construcción de presas en México.

5. Los valores determinados en la estabilidad de taludes nos dan el suficiente rango de confianza para efectuar la sobreelevación.
- 6) Los materiales que se emplearán en la sobreelevación no presentan riesgo de flujo por "licuación" debido a sus coeficientes de fricción interna y a la alta plasticidad del corazón impermeable .
- 7) La compactación del material impermeable en la cortina presentará dificultades ya que con el contenido de agua encontrado se torna muy pegajoso; atascando los equipos de acarreo y compactación; para la explota--

ción del banco se sugiere el empleo de traxcavos. El sistema de compactación que se recomienda es el tendido de capas horizontales de 20 cm de espesor compactadas con tractor D-8 o similar hasta alcanzar el 95% de compactación proctor como mínimo .

Adicionalmente en esta etapa se deberá controlar rigurosamente el contenido de agua entre el óptimo y el óptimo más 2%, para evitar fisuramientos del corazón impermeable .

Es recomendable que el agua que se requiere añadir al material impermeable, se agregue en banco y con suficiente anticipación para permitir una distribución uniforme .

El banco No. 1 de arcilla presenta la menor distancia de acarreo al sitio de la obra y deberá iniciarse la explotación en éste, recurriendo al banco No. 2 solo en caso de que el material del banco No. 1 resultará insuficiente para la sobreelevación especificada .

- 8) Respecto a la toba, ésta se presenta homogénea en toda la profundidad explotable. Antes de iniciar la explotación de este banco se deberá retirar el estrato superficial de arcilla negra. Para la explotación se recomienda aflojar primeramente el material por medio de tractor y cargar posteriormente con equipo de carga. El agua que se requiera agregar para llevarlo al contenido óptimo será conveniente suministrarla por medio de mangueras sobre los montones de material ya aflojado por el tractor .

La forma que se recomienda para colocar este material en la cortina, es el tendido en capas de espesor que se determinará en el momento de la construcción con un terraplén de prueba y compactando con rodillo

liso vibratorio hasta alcanzar un 95% de compactación proctor. El contenido de agua en el momento de la compactación deberá ser el óptimo con una tolerancia de  $\pm 2\%$ .

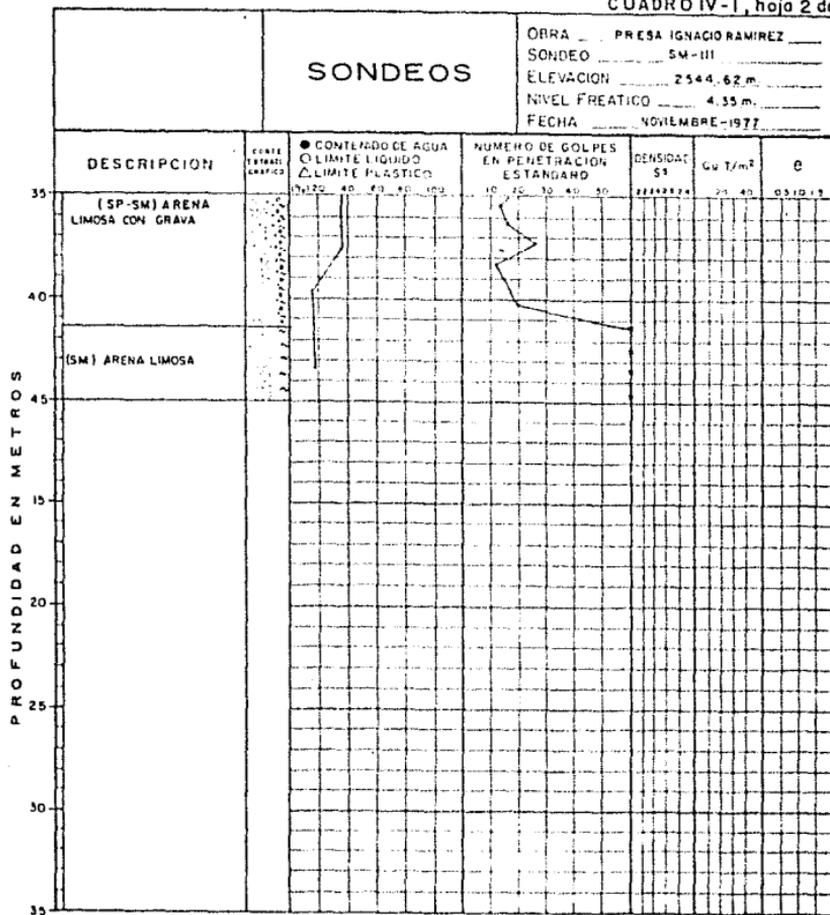
- 9) La arena para filtros se explotará directamente en el área del cauce del arroyo sin ningún despalme previo. Conviene iniciar la explotación por el lado de aguas abajo, o sea hacia el lado del valle para ir proporcionando drenaje al subálveo, permitiendo así trabajar sobre un terreno más firme. Para su colocación en la cortina se recomienda tenderla en capas de espesor que se fijará en campo de acuerdo con la potencia del equipo de compactación de que se disponga y compactarla mediante rodillo liso vibratorio hasta alcanzar una densidad relativa mínima del 90%.

La arena deberá encontrarse húmeda en el momento de su colocación, evitando el agua en exceso, pues esta zona de filtro se ubicará entre un material impermeable y otro semipermeable que limitan la pérdida de agua por filtración, pudiendo presentarse "acolchamientos" de la arena que absorban parte de la energía de compactación.

- 10) En cuanto al banco de roca, a partir del corte existente y por medio de banqueos hacia la parte alta del cerro sobre la zona de menor pendiente, programando las cargas y separación de barrenos de acuerdo con el producto que se vaya obteniendo, se explotará.
- 11) En el sondeo SM-A se halla localizado superficialmente un estrato de arena poco compacta y de grano fino con un espesor aproximado de 3 m, la cual quedaría saturada durante la operación de la presa. Tomando en cuenta que el área de estudio se encuentra localizada dentro de la zona 2 de la Zonificación Sísmica de

la República Mexicana (Manual de diseño de obras ci-  
viles de la C.F.E., sección B, de 1970), es probable  
que este suelo se licuara durante algún sismo, por -  
lo que se recomienda que durante la etapa de construc-  
ción este material sea removido.





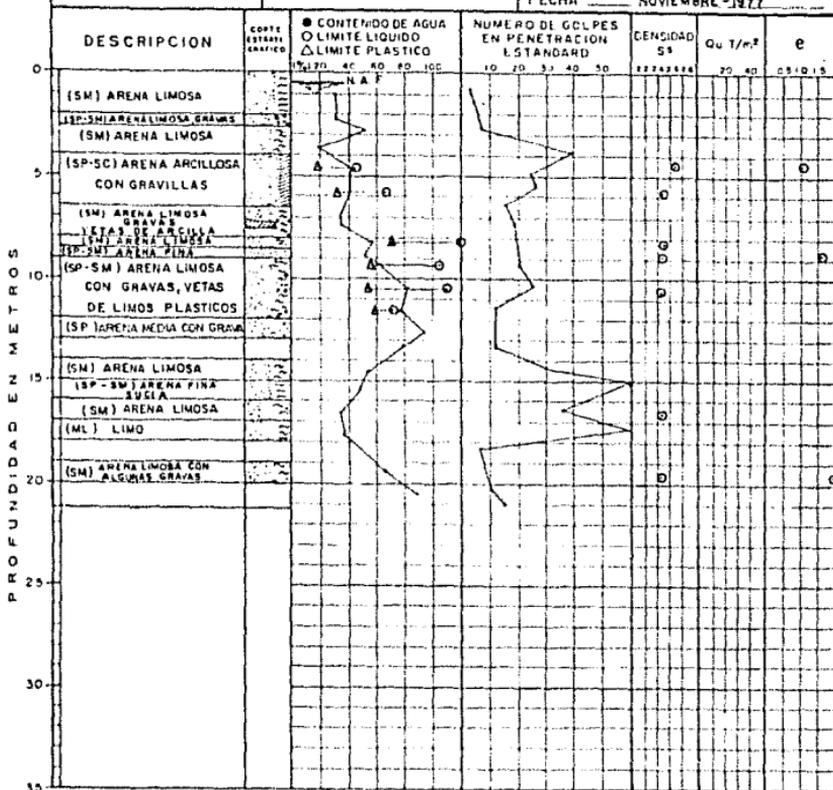
SIMBOLOS CONVENCIONALES

- |  |   |   |
|--|---|---|
|  <p>ARCILLA</p> |  <p>GRAVA</p>            |  <p>TIZATE</p> |
|  <p>LIMO</p>    |  <p>BOLED</p>            |   |
|  <p>ARENA</p>   |  <p>CENERA VOLCANICA</p> |   |

CUADRO IV - 2

SONDEOS

OBRA PRESA IGNACIO RAMIREZ  
 SONDEO SM-A  
 ELEVACION 2540.32 m  
 NIVEL FREATICO 0.30 m  
 FECHA NOVIEMBRE-1977



SIMBOLOS CONVENCIONALES

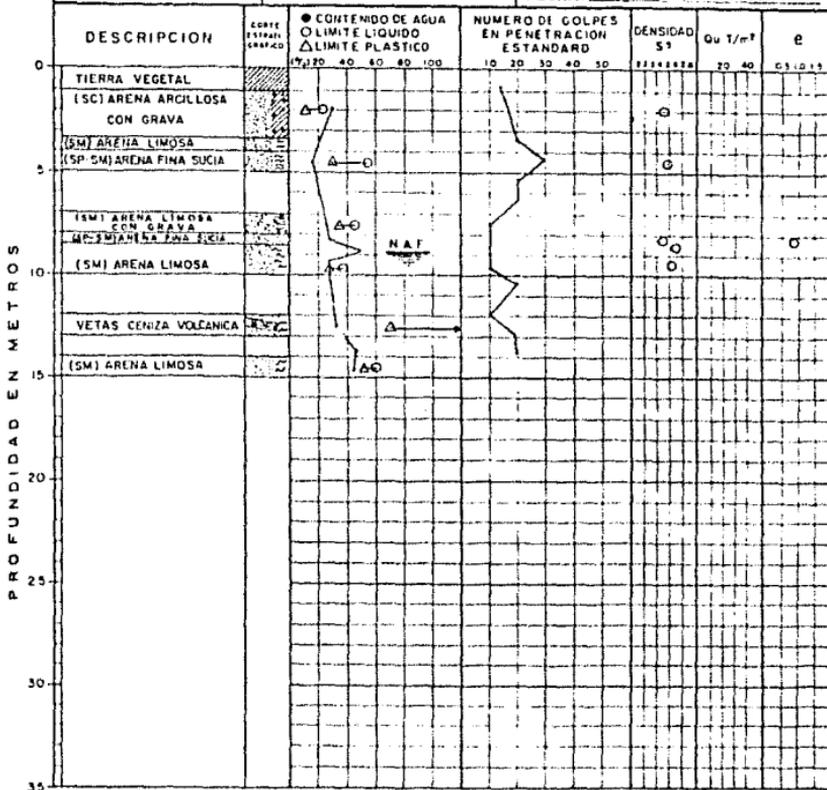
- |  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

ESTIMADOR DE 30 GOLS PES

CUADRO IV - 3

SONDEOS

OBRA PRESA IGNACIO RAMIREZ  
 SONDEO 5 M - B  
 ELEVACION 2549.03  
 NIVEL FREATICO 9.00 m  
 FECHA NOVIEMBRE - 1977



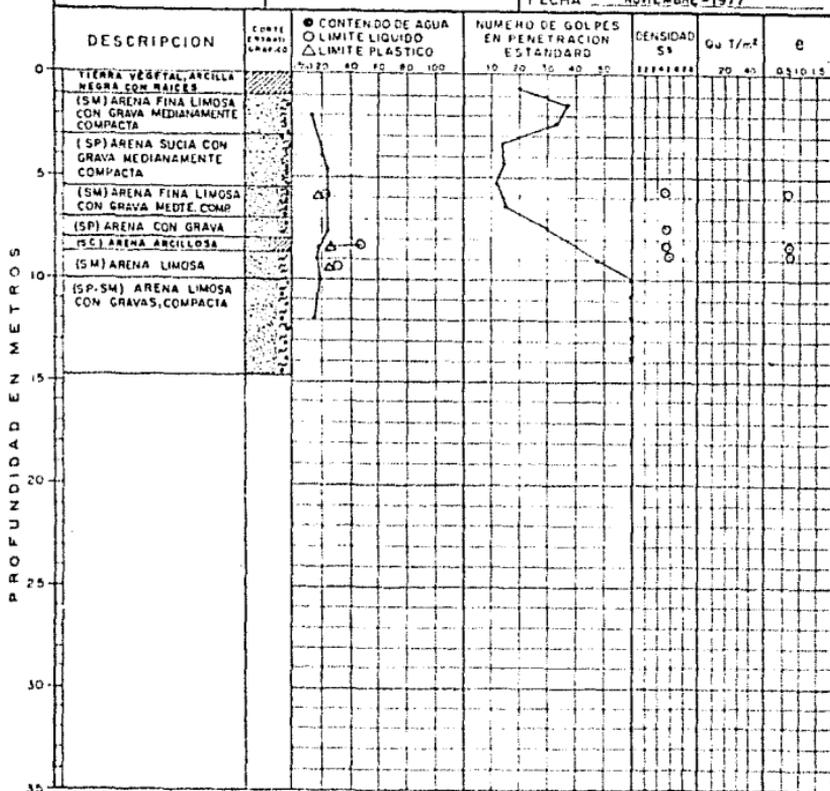
SIMBOLOS CONVENCIONALES

- ARCILLA
- GRAVA
- TIZATE
- LIMO
- BOLEO
- SIN RECUPERACION DE MUESTRA
- ARENA
- CENIZA VOLCANICA

CUADRO IV-4

SONDEOS

OBRA PRESA IGNACIO RAMIREZ  
 SONDEO SM-C  
 ELEVACION 2550.04m  
 NIVEL FREATICO -----  
 FECHA NOVIEMBRE-1977



SImbolos CONVENCIONALES

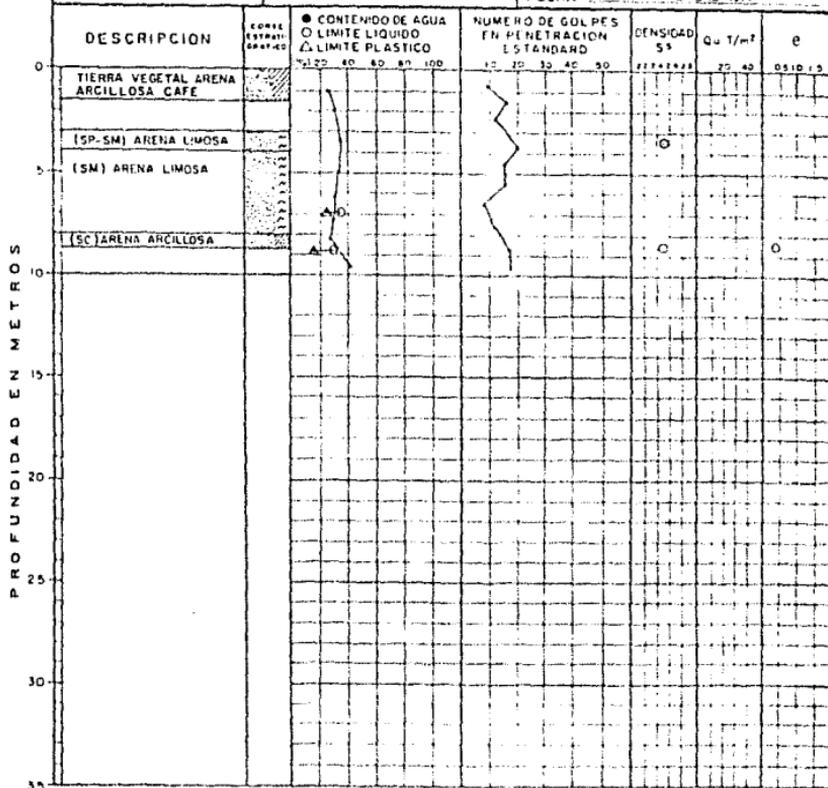
- |   |         |   |                 |   |        |
|---|---------|---|-----------------|---|--------|
|  | ARCILLA |  | GRAVA           |  | TIESTE |
|  | LIMO    |  | BOLEO           |   |        |
|  | ARENA   |  | CEMZA VOLCANICA |   |        |

(ESTIMACION DE 50 GOLPES)

CUADRO IV - 5

SONDEOS

OBRA PRESA IGNACIO RAMIREZ  
 SONDEO S.M.-D.  
 ELEVACION 2551.59 m.  
 NIVEL FREATICO  
 FECHA NOVIEMBRE-1977



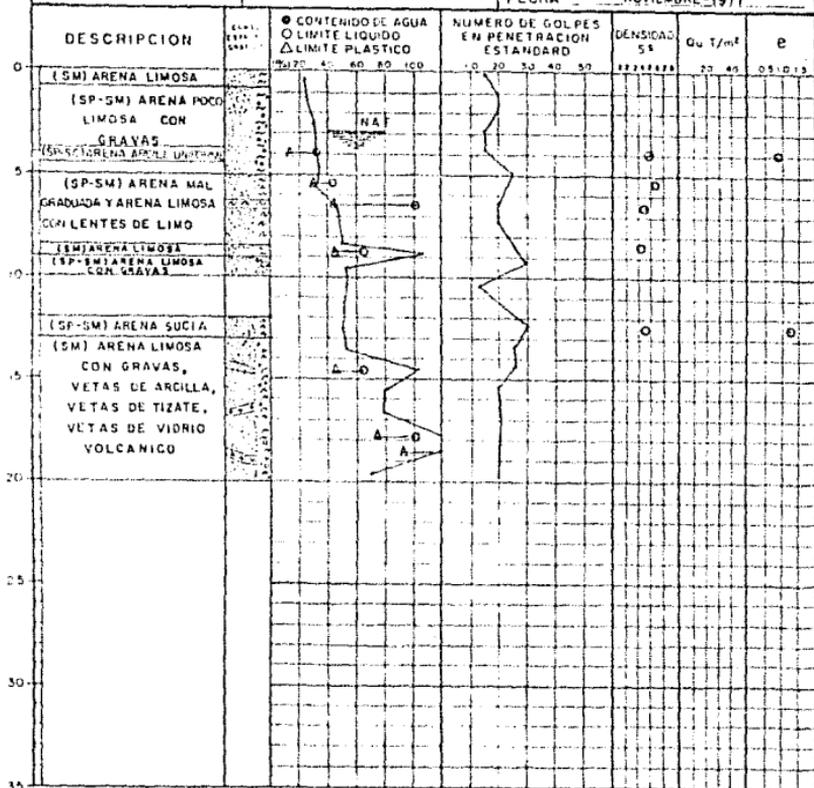
SIMBOLOS CONVENCIONALES

-  ARCILLA
-  GRAVA
-  TIZATE
-  LIMO
-  BOLEA
-  SIN RECUPERACION DE MUESTRA
-  ARENA
-  LLENZA VOLCANICA

CUADRO IV - 6

SONDEOS

OBRA PRESA IGNACIO RAMIREZ  
 SONDEO SM-E  
 ELEVACION 2543.32 m  
 NIVEL FREATICO 2.90 m  
 FECHA NOVIEMBRE 1977



SIMBOLOS CONVENCIONALES

- ARCILLA
- GRAYA
- TIZATE
- LIMO
- BOLEO
- SIN RECUPERACION DE MUESTRA
- ARENA
- CENIZA VOLCANICA

ESTIMACION DE 30 GOLPES

**SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS**  
**COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO**  
**DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA**  
**DISTRITO DE RIEGO DE IXTLAHUACA, MEX., SOBREELEVACION DE LA PRESA IGNACIO RAMIREZ**  
**RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE LOS SONDEOS**  
**EN EL AREA DE DESPLANTE DE LA SOBREELEVACION**

C.I.E.P.S.S.C.  
 INGENIEROS CONSULTORES  
 Y PROYECTISTAS

CUADRO IV - 7, hoja 1 de 2

SONDEO	PROFUNDIDAD m		CONT. AGUA NATURAL %	GRANULOMETRIA %			S <sub>s</sub>	LIMITE DE CONSISTENCIA %			PROCTOR				COMPRESION TRIAXIAL										CONSOLIDACION				PERMEABILIDAD			SUCS.	
	DE	A		SHALA	ARENA	FINOS		LL	LP	IP	Y Kg/m <sup>3</sup>	W %	e	G <sub>w</sub> %	NO CONSOLIDADA-NO DRENADA					CONSOLIDADA-NO DRENADA					SATURACION				e	Y Kg/m <sup>3</sup>	K <sub>20</sub> cm/seg		
															f	G	C	e <sub>i</sub>	e <sub>t</sub>	G <sub>i</sub>	U <sub>o</sub>	C	G <sub>i</sub>	G <sub>r</sub> %	e <sub>i</sub>	e <sub>t</sub>	PRESION Kg/cm <sup>2</sup>	e <sub>i</sub>					e <sub>t</sub>
SM-100	7.0	8.0	17.2	28.31	65.32	6.37	2.65						1297	GRAVA EN PROJETAS	1.20	0.92	100	35.5	3.0	78.8	100	1.041	0.84									SM	
SM-110	10.0	10.8	21.68	29.08	48.74	51.36	2.61	57.75	18.41	39.34			1254	27.4	1.0	1.425	0.82	98.7	13.0	4.0	100	100	0.890	0.57							CS		
SM-111	15.0	16.0	52.73	0.65	86.2	11.15	2.72	81.5	45.9	57.6			1669	100.0	26.5	7.0	0.722	0.621	100	41.0	10.0	90.8	100	0.739	0.627							TIPO 2	
SM-112	16.0	17.0	240.0	23.43	32.94	27.63	2.38	50.5	75.31	75.19			578	ES.0	0.0	4.0						100	100	3.087	2.005							CEMIZA	
SM-113	17.6	19.0	129.0	8.57	71.82	20.58	2.48															91.0	76	3.31	2.73							CP12	
SM-114	19.8	20.0	50.0	2.58	89.84	7.58	2.48															70	94	1.68	1.49							SP-SM	
SM-115	20.6	21.4	185.0	2.9	68.0	30.0	2.38	70.0	85.0	105.0												97	100	3.353	2.641							SM	
SM-116	25.1	25.5	282.0	0.07	54.8	38.5							491																			SM	
SM-A	2.0	2.4	28.80	1.81	91.39	6.85							1494																				SP-SM
SM-A	4.0	5.0	40.8	0.00	89.8	10.17	2.64	44.75	19.58	25.22			1291	27.6	2.5	1.0	2.654	0.610	100	22.5	5.0	89	96	1.033	0.875							SP-SM	
SM-A	6.0	6.4	40.2	4.38	86.33	9.00	2.48	40.75	31.97	35.28																							SP-SM
SM-A	8.0	8.5	58.0	0.00	52.3	56.7	2.50	22.20	71.54	50.66			1055									87	93	1.659	1.526							SM	
SM-A	8.5	9.0	49.0	0.00	91.3	8.9	2.47						1501																				SP
SM-A	9.6	11.0	81.0	12.38	72.7	11.92	2.4	110.75	55.07	55.69			615	91.0	0.0	3.5	GRAVA EN PROJETAS					93	98	2.937	2.525							SM	
SM-A	15.0	15.8	45.53	0.00	91.04	8.94							772																				SP-SM
SM-A	18.0	20.0	146.0	11.24	58.7	30.00	2.45						825										93	97	1.994	1.854							SM
SM-B	4.0	5.0	32.1	7.85	88.2	8.20	2.51	56.9	30.8	26.1																							SP-SM
SM-B	6.0	6.1	26.0	7.00	89.5	16.5	2.61	42.5	35.4	9.1			1062	100	82.0	0.0	PROJETAS SIN COHESION					90	100	0.841	0.710							SP-SM	
SM-B	8.5	9.0	48.2	10.0	47.3	42.7	2.47	38.2	27.2	11.0			1134																				SM
SM-B	12.0	13.0	29.5	0.00	52.7	17.3		164.6	70.8	93.8																							SM
SM-B	14.0	15.0	41.7	0.00	82.7	17.3		60.0	57.6	7.4			1146																				SM
SM-C	3.0	4.0			25.0	72.6	2.4						1519																				SP-SM
SM-C	7.0	8.0	22.6	46.0	51.1	2.9	2.59						1633																				SG
SM-C	8.0	9.0	17.5	6.1	81.4	12.5	2.60	29.8	23.3	6.5			1575																				SG
SM-D	1.00	4.0	33.7	0.00	90.4	9.6	2.55						1139	100	0.0	2.5	CAPITAS DE ARENA Y ARCILLA					87	100	1.157	1.052							SP-SM	

FECHA: NOVIEMBRE - 1977

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO

DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA

DISTRITO DE RIEGO DE IXTLAHUACA, MEX., SOBREELEVACION DE LA PRESA IGNACIO RAMIREZ

RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE LOS SONDEOS

EN EL AREA DE DESPLANTE DE LA SOBREELEVACION

CUADRO IV-7, hoja 2 de 2

C.I.E. P.S., S.C.  
INGENIEROS CONSULTORES  
Y PROYECTISTAS

SONDEO	PROFUNDIDAD m.		CONT. AGUA NATURAL %	GRANULOMETRIA %			LIMITE DE CONSISTENCIA %				PROCTOR				COMPRESION TRIAXIAL						CONSOLIDACION				PERMEABILIDAD			SUCC.					
	DE	A		GRASA	ARENA	FINOS	Ss	LL	LP	IP	Y	W	e	G <sub>w</sub>	NO CONSOLIDADA - NO DRENADA			CONSOLIDADA - NO DRENADA			SATURACION				e	Y	K <sub>20</sub>						
										Kg/m <sup>3</sup>	%		%	J	G	Q	C	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	G <sub>i</sub>	C <sub>p</sub>	C	G <sub>i</sub>	G <sub>f</sub>	e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	PRESOR <sub>2</sub>		e <sub>i</sub>	e <sub>f</sub>	e	Y	K <sub>20</sub>
														%	Kg/m <sup>3</sup>	%	Ton/m <sup>2</sup>				Ton/m <sup>2</sup>		%	%			Kg/cm <sup>2</sup>					Kg/m <sup>3</sup>	cm/seg
SP-5	3.6	4.6	30.0	0.00	22.7	11.3	2.58	22.0	13.0	15.0				1385	100	26.5	1.7						25.0	100	0.825	0.589							SC
SP-6	5.0	6.0	30.6	11.0	24.7	4.3	2.62	42.6	29.0	13.6				GRAVA EN PAREJAS																			
SP-5	6.0	7.0	36.8	0.00	22.5	7.5	2.50	100.0	43.8	37.1				LENTIS DE TIERRA EN PROCTO																			
SP-5	8.0	8.5	49.7	2.0	22.4	15.6	2.41							1052																			
SP-5	9.5	9.0	107.0	0.00	20.0	20.0	2.41	64.0	45.8	18.2				583	LENTIS MUY SUEGADOS DE TIERRA							84.0	99.0	1.144	2.517								SM
SP-5	12.0	13.0	50.1	0.00	22.8	7.2	2.12							1105								84.0	96.0	1.299	1.082							SP-SM	
SP-5	17.5	18.0	122.4	0.00	23.4	16.6		92.2	71.0	27.0				450	LENTIS MUY DELICADOS DE TIERRA																		



C. I. E. P. S., s.c.			RESUMEN DE CARACTERISTICAS							Obro: Presa I. Ramirez Banco: Material Semipermeable No. 1 Fecha: Noviembre - 1977			
BANCO	POZO	PROF. m	GRANULOMETRIA			DENSIDAD	LIMITES DE CONSISTENCIA			S.U.C.S.	PROCTOR		W Nat. %
			GRAVA %	ARENA %	FINOS %	S <sub>t</sub>	L. L.	L. P.	I. P.		Y MAX. kg/m <sup>3</sup>	W OPT. %	
TOBA-1	P-1	3.00	11.93	83.12	4.95	2.61	-----	-----	-----	SW	1717	16.2	20.56
	P-4	3.00	3.84	92.00	4.08	2.61	-----	-----	-----	SW	1542	25.42	21.07
	P-5	3.00	27.30	69.32	8.38	2.55	-----	-----	-----	SW	1690	19.40	20.52
	P-6	3.00	10.91	83.64	5.45	2.60	27.40	23.40	4.00	SW	1765	15.20	13.86
	P-7	3.00	19.61	75.97	4.42	2.62	26.51	22.20	4.31	SW	1725	16.80	12.50
	P-8	3.00	10.04	82.21	7.75	2.57	-----	-----	-----	SW	1690	15.80	13.58
	P-9	3.00	21.32	71.70	6.98	2.59	-----	-----	-----	SW	1700	18.90	17.92
	P-10	3.00	4.19	33.17	62.66	2.54	51.00	25.00	26.00	CH-SC	1605	22.00	24.78
	P-11	3.00	23.53	72.86	3.61	2.58	26.22	22.91	3.31	SW	1690	18.00	18.90
	P-12	3.00	23.92	71.05	4.99	-----	-----	-----	-----	SW	1708	15.40	14.67
POZOS:	P-2 y P-4	MCILLA	NEGRA	PRODUCTO DE	DESCARTE DEL	AREA DEL	BANCO	EXPLOTADA	ANTERIORMENTE				

C.I.E.P.S.s.c.			RESUMEN DE CARACTERISTICAS								OBRA		BANCO		FECHA	
POZO	PROFUNDIDAD		AGUA %	GRANULOMETRIA %			PESO VOLUMETRICO COMPACTADO Kg/m <sup>3</sup>			PERDIDA POR LAVADO %	DENSIDAD		ABSORCION		M F	
	DE	A		GRAVA	ARENA	FINOS	GREÑA	GRAVA	ARENA		GRAVA	ARENA	GRAVA	ARENA		
	0	1.5		1.66	95.16	3.18			1606	3.2		2.51		1.80	2.36	
	0	1.5		1.34	74.82	23.84			1614	24.2		2.52		1.83	1.74	
	0	1.5		0.66	92.16	6.98				7.0		2.52		1.65	2.19	
	0.20	1.5		1.02	94.98	4.00			1614	4.0		2.50		1.75	2.06	
	0.20	1.5		0.26	92.58	7.16			1622	7.2		2.51		1.75	2.02	
	0.20	1.5		1.00	94.80	4.20				4.2		2.51		1.80	2.08	
				PESOS VOLUMETRICOS SUELTOS												
				POZO		P-1	1415	Kg/m <sup>3</sup>								
				POZO		P-2	1428	Kg/m <sup>3</sup>								
				POZO		P-4	1498	Kg/m <sup>3</sup>								
				POZO		P-5	1437	Kg/m <sup>3</sup>								
				r												



ESTUDIO PETROGRAFICO

Muestra No. 1

I.- Descripción Megascópica.-Roca de color negro y estructura maciza, con cristales grandes diseminados en una masa de cristales más pequeños.

II.-Descripción Microscópica :

Textura.- Holocristalina-inequigranular-intergranular .

Mineralogía.-Fenocristales de piroxenos (augita), olivino (ligeramente alterado a iddingsita) y plagioclasas (labradorita) en una matriz microcristalina de igual composición; con zeolitas y cuarzo secundarios relleno de sículas. Presenta magnetita.

Origen.- Roca ígnea extrusiva

Clasificación.-Basalto de Olivino y Augita

Muestra No. 2

I.- Descripción Megascópica.-Roca de color gris oscuro-negro de estructura vesicular-compacta conteniendo grandes cristales en una masa de pequeños cristales.

II.- Descripción Microscópica

Textura.- Holocristalina-vesicular-inequigranular .

Mineralogía.- Olivino en fenocristales parcial o totalmente alterados a iddingsita y piroxenos (augita) contenidos en una matriz microcristalina constituida esencialmente por plagioclasas (labradorita) suborientadas y hematita diseminada.

Origen.- Roca ígnea extrusiva

Clasificación.- Basalto de Olivino

Muestra No. 3

I.- Descripción Megascópica-Roca de color gris claro, con escasas vesículas grandes y pequeñas distribuidas en la masa, con man-

chas de alteración de color crema y café.

II.- Descripción Microscópica :

Textura.- Porfirítica en una matriz afanítica.

Mineralogía.- Plagioclasas cálcicas como constituyente principal y fenocristales de augita, los minerales máficos presentan halos de alteración o óxidos de hierro.

Origen.- Roca ígnea extrusiva

Clasificación.- Basalto

Muestra No. 4

I.- Descripción Megascópica.-Roca de coloración gris oscuro con pequeñas vesículas distribuidas en una masa compacta y maciza.

II.-Descripción Microscópica :

Textura.- Holocristalina-porfirítica

Mineralogía.- Plagioclasas (labradorita) constituyendo la matriz microcristalina que contiene cristales diseminados de olivino y augita. Los accesorios son óxidos de hierro.

Origen.- Roca ígnea extrusiva

Clasificación.-Basalto de Olivino .

Propiedades Físicas :

Densidad de masa	2.72
Absorción	2.50 %

DISTRITO DE RIEGO IXTLAHUACA, MEXICO  
 SOBREELEVACION DE LA PRESA IGNACIO RAMIREZ

CUADRO V - 6

C. I. E. P. S. s. c.

PRUEBA DE INTemperismo ACELERADO  
 USANDO SULFATO DE SODIO  
 MUESTRAS TRITURADAS

MATERIAL PETENIDO EN MLLA. No.	GRANULOMETRIA DEL MATERIAL %	PERDIDA PARCIAL DEL MATERIAL %	PERDIDA TOTAL CORREGIDA %
1.) 19.0 mm.	20.3	1.1	0.5
9.5 mm.	20.8	6.0	1.3
4.	20.2	4.0	<u>1.2</u>
			3.0
2.) 19.0 mm.	16.2	0.8	0.3
9.5 mm.	18.4	5.0	1.1
4.	19.0	3.6	<u>0.9</u>
			2.3
3.) 19.0 mm.	28.4	2.1	1.6
9.5 mm.	26.8	3.4	1.7
4.	24.2	5.1	<u>1.1</u>
			4.4
4.) 19.0 mm.	16.4	0.7	0.3
9.5 mm.	14.2	4.1	1.2
4.	16.0	4.0	<u>0.8</u>
			2.3

Por los resultados obtenidos se consideran las muestras de grava de calidad satisfactoria conforme a la Norma C 33-61 párrafo 10 inciso a, en el que señala una pérdida no mayor del 12%

DISTRITO DE RIEGO IXTLAHUACA, MEXICO  
SOBREELEVACION DE LA PRESA IGNACIO RAMIREZ

CUADRO V -7

C.I.E.P.S.,s.c.

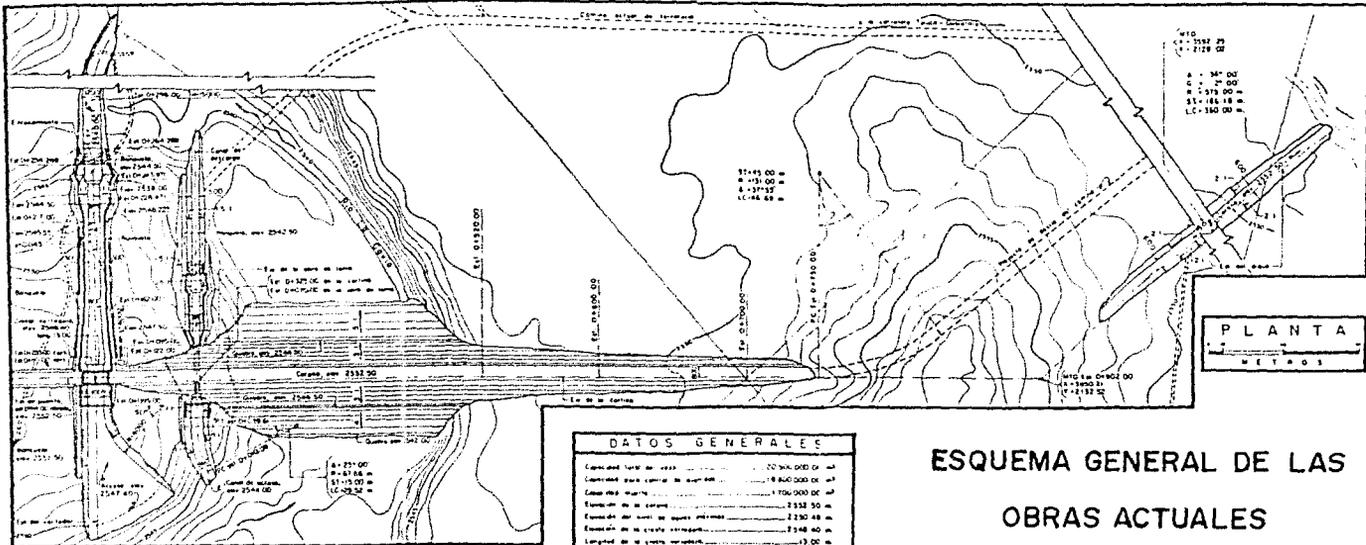
RESISTENCIA A LA ABRASION DE AGREGADO GRUESO  
POR MEDIO DE LA MAQUINA "LOS ANGELES" SEGUN  
LA NORMA A. S. T. M. C-131 - 64 T

Cantidades de desgaste en porciento de 4 muestras ensayadas a la Abrasión.

MUESTRA	GRADUACION	PERDIDA PARCIAL 100 REV %	PERDIDA TOTAL 500 REV %
1	A (38.1 mm - 9.5 mm)	7.6	22.0
2	A (38.1 mm - 9.5 mm)	8.5	26.0
3	A (38.1 mm - 9.5 mm)	9.5	28.0
4	A (38.1 mm - 9.5 mm)	6.2	13.4

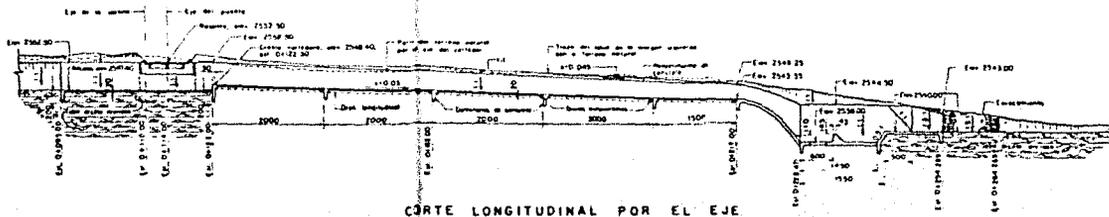
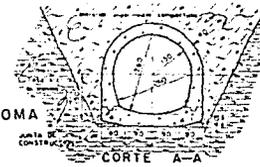
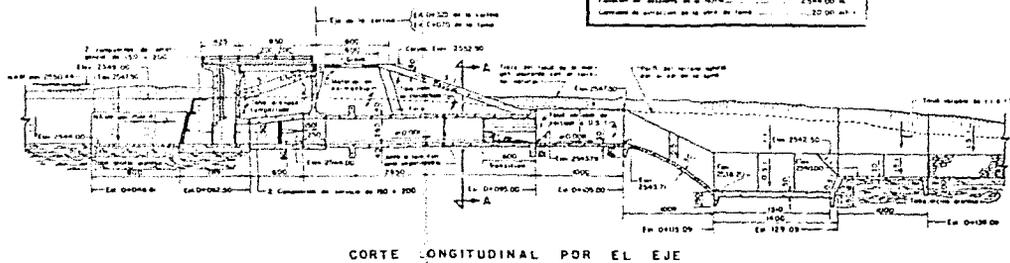
Por los resultados obtenidos se consideran las muestras  
de calidad satisfactoria segun la Norma A. S. T. M. ( 33-63 párrafo 11 inciso a )



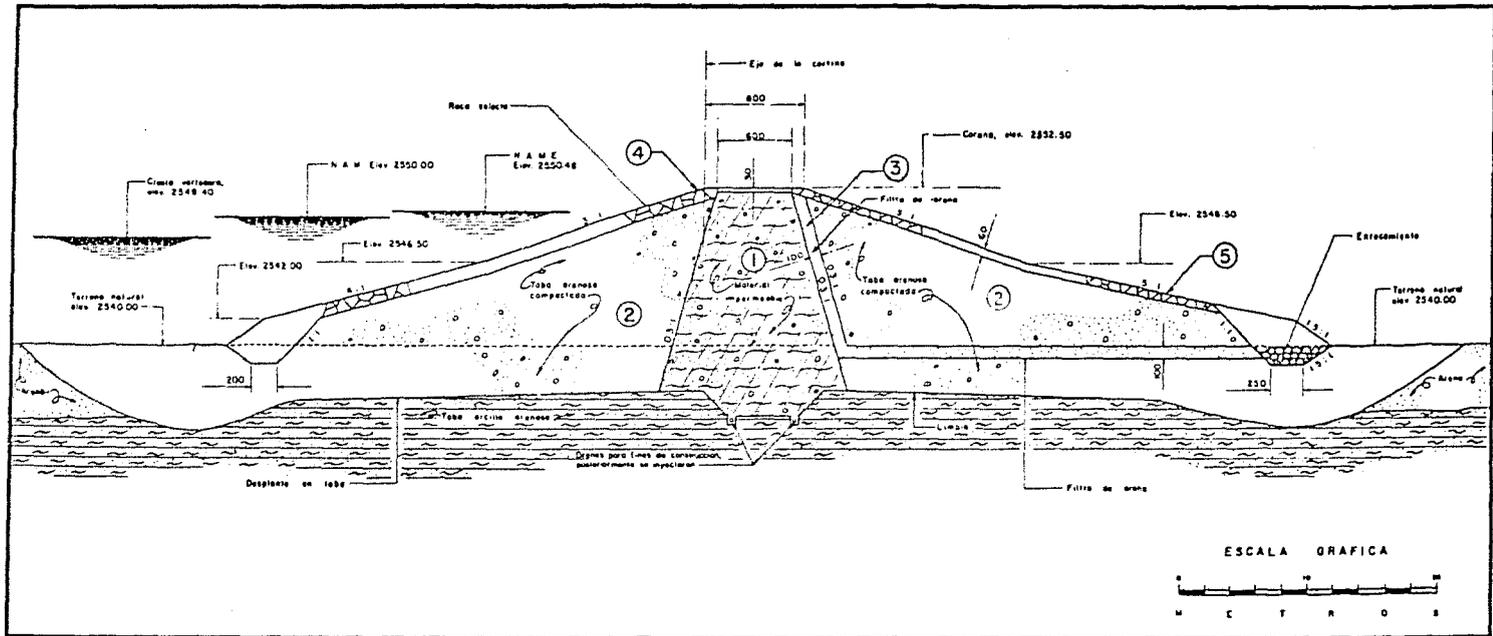


## ESQUEMA GENERAL DE LAS OBRAS ACTUALES

PLANO No. 2



VERTEDOR



## SECCION MAXIMA DE LA

## CORTINA ACTUAL

### SIGNOS CONVENCIONALES

1. — MATERIAL IMPERMEABLE
2. — RESPALDOS SEMIPERMEABLES
3. — FILTRO DE ARENA
4. — ENROCAMIENTO SELECTO A VOLTEC
5. — ROCA ACOMODADA A MANO

**PLANO No. 3**

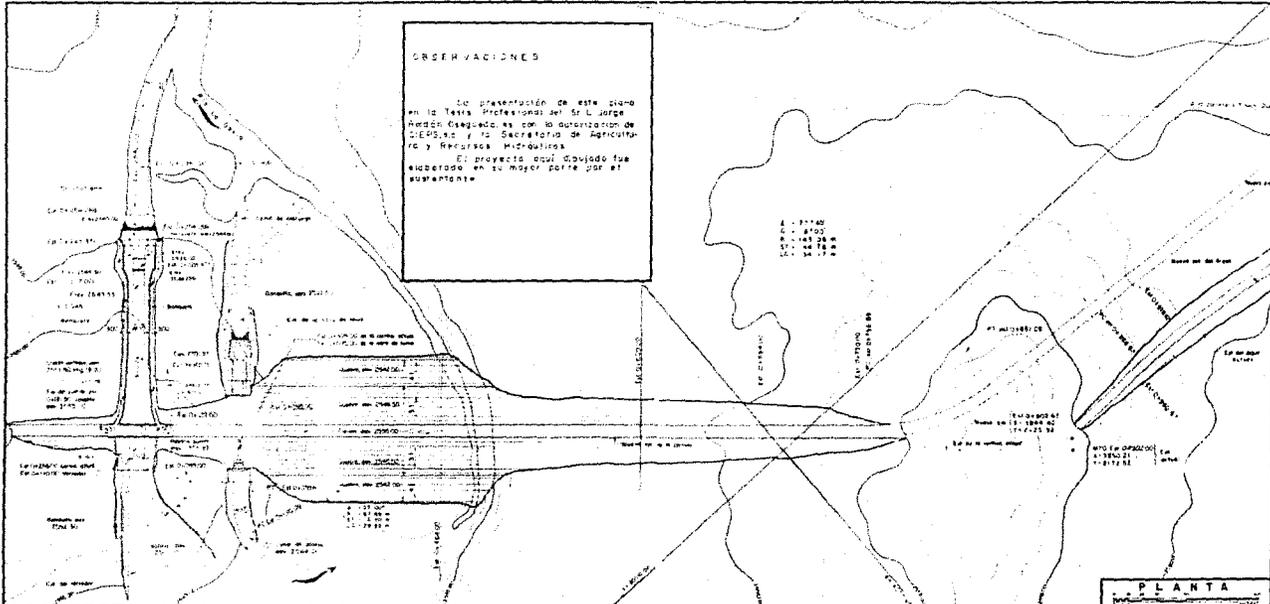




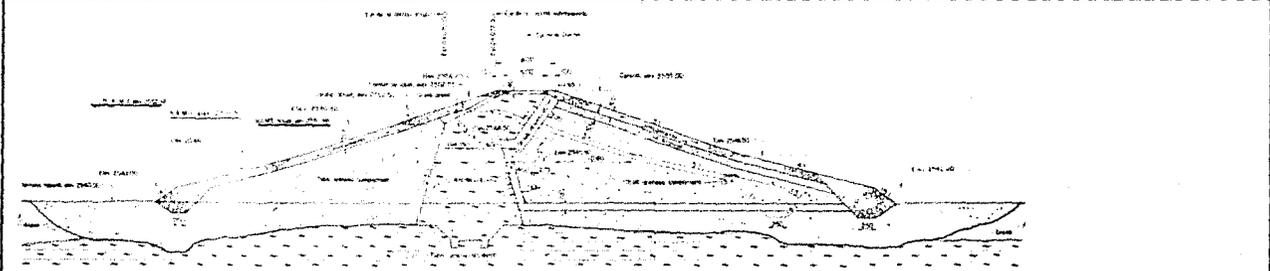
**OBSERVACIONES**

La presentación de este plano en la Tesis Profesional del Sr. Jorge Ricardo Esquivel es con la autorización de CIEGUA y el Secretario de Agricultura, F. C. y Recursos Hidráulicos. El proyecto está basado en el levantamiento en su mayor parte por el autor.

E = 1:1000  
 G = 1:1000  
 H = 1:1000  
 I = 1:1000



**PLANTA**



**SECCION MAXIMA DE LA CORTINA**  
 Est. 0146400  
 Est. 1 200



**SECCION MAXIMA DEL DIQUE**  
 Est. 14162 75  
 Est. 1100

**SARH** COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO  
 DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA

CONSEJO DE INGENIEROS EN AGUAS  
 PRESA IGNACIO RAMIREZ SOBRELEVADA  
 CORTINA Y DIQUE-PLANO GENERAL

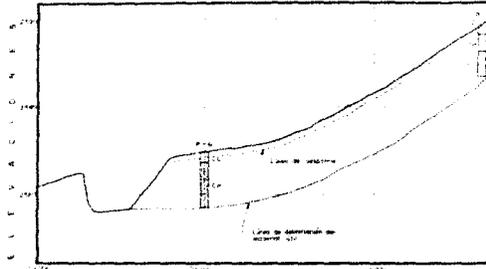
PROYECTO DE INGENIERIA CIVIL  
 INGENIERO EN AGUAS  
 INGENIERIA CIVIL

PLANO No. 6

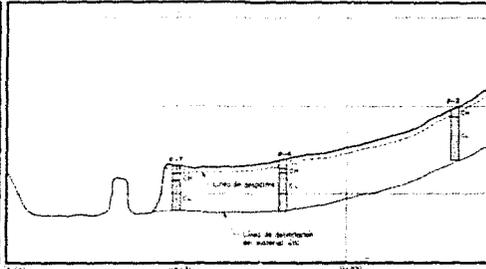
Autorizado por CIEGUA, el Sr. Jorge Ricardo Esquivel, en el día de México, a los 15 días del mes de Mayo del año 1960.	CIEGUA No. 27 Director General de Ingeniería	S A R H DIRECCION DE PROYECTOS DE OBRAS CIVILES
--	---	--



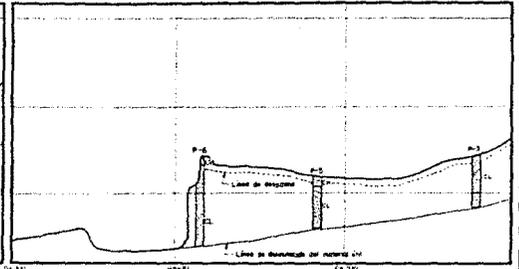




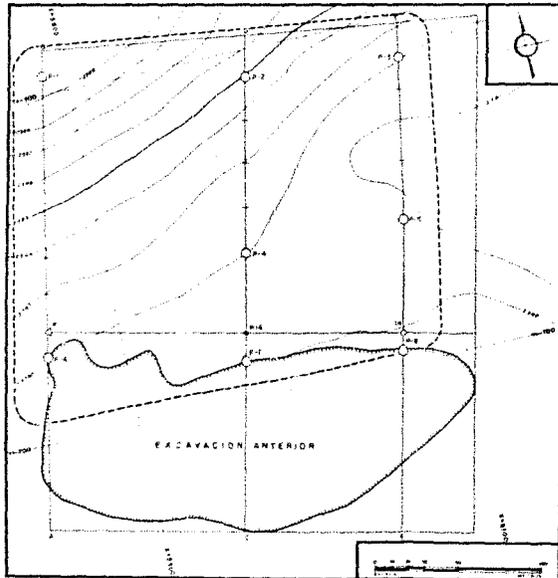
ESTACIONES  
SECCION POR EL EJE A-B



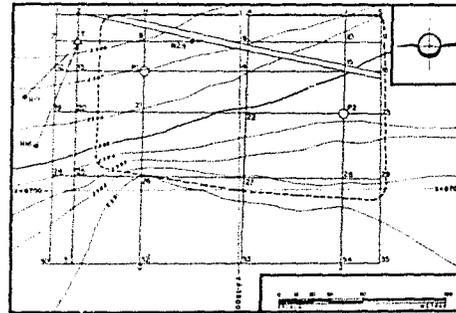
ESTACIONES  
SECCION POR EL EJE C-D



ESTACIONES  
SECCION POR EL EJE E-F

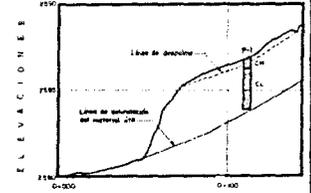


PLANTA DEL BANCO DE ARCILLA No. 1

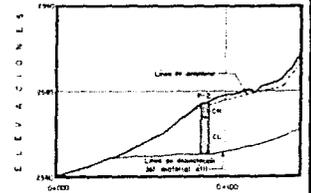


PLANTA DEL BANCO DE ARCILLA No. 2

BANCOS DE MATERIAL IMPERMEABLE							
BANCO	SECCION	AREA	AREA PROYECTADA	DISTANCIA	VOLUMEN ORIGINAL	VOLUMEN PROYECTADO	
ARCILLA No. 1	A-B	812	812	125	69,992	84	7,452
	C-D	249	249	32	5,222	9.2	2,028
ARCILLA No. 2	A-B	245	245	28	2,832	24	2,832
	C-D	248	248	21	4,024	18	2,812
VOLUMENES ESTIMADOS					198,070		12,124



ESTACIONES  
SECCION POR EL EJE G-H



ESTACIONES  
SECCION POR EL EJE I-J

**SIMBOLOGIA**

- Extracción:
- Perfil de agua:
- Alcalde:
- Quemado:
- Ante el estado:

**NOTAS:** 1. El terreno y estructura se muestra la construcción. No se tiene de los bancos de tierra con el impermeable de cualquier naturaleza, sobre los cuales se ha construido. El perfil de agua está de 30.10m. Los datos CH y CL en las planas indican el nivel de agua en el momento de levantamiento. La estructura de los bancos de tierra se muestra en el plano de levantamiento de terreno de terreno, en el folio 15.

2. OBSERVACIONES: La presentación de este plano en la Tesis de Ingeniería del Sr. Jorge Ricardo Ojeda, es con la autorización del CIEPAC y el Secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos. El presente plano fue elaborado con la colaboración del estudiante.

**SARH** COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO  
DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA

SOBRELEVACION DE LA PRESA IGNACIO RAMIREZ  
BANCOS DE MATERIAL IMPERMEABLE

JEFES DE SECCION: DIRECTOR GENERAL, JEFE DE SECCION DE INGENIERIA, JEFE DE SECCION DE INVESTIGACION Y SERVICIOS TECNICOS Y PRESENTACION DE LA OBRA

Elaborado por: CIEPAC para la Comisión de Aguas del Valle de México según Contrato No. C.A.V.M.-77.-118

DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA

DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS



