

134  
2 of



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**SOBREELEVACION DEL BORDO PERIMETRAL DE LA  
LAGUNA DE ZUMPANGO Y CONSTRUCCION DE LA  
ESTRUCTURA DEL CANAL SANTO TOMAS**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
JOSE MARIA SALCEDO LOREDO



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1991



## **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 está 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.

# I N D I C E

	Pág.
CAPITULO I	
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO II	
ESTRUCTURA DEL CANAL SANTO TOMAS.....	15
II.1.- ANTECEDENTES.....	15
II.2.- CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DEL CANAL.....	17
II.3.- OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	
CAPITULO III	
SOBREELEVACION DEL BORDO PERIMETRAL DE LA LAGUNA DE ZUMPANGO.	
III.1.- ANTECEDENTES.....	35
III.2.- BANCOS DE PRESTAMO.....	40
III.3.- SOBREELEVACION DEL BORDO PERIMETRAL.....	42
III.4.- OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	51
CAPITULO IV	
CONCLUSIONES.....	55

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

La Cuenca del Valle de México debe su formación a procesos volcánicos y tectónicos que se han ido desarrollando, a veces lentamente, o intempestivamente, a partir de los últimos 50 millones de años. Dichos procesos que son de gran escala han afectado - además a la faja volcánica Transmexicana y de una manera general a todo el sur de la República desde sus costas en el Pacífico.

Previamente a la época mencionada, estaba inundado por mares tropicales someros. A principios del Terciario éstos se retiraron al plegarse los sedimentos calizos y levantarse paulatinamente el continente. Así se inició la regresión de los mares en el terciario y comenzó el vulcanismo, que con el tiempo produjera espesores de 2 km. y más de lavas, tobas y brechas. El pozo Texcoco I, perforado en 1968 en el centro de la Cuenca de México, demostró lo anterior, pues su barreno que atravesó 2065 m. de series cuaternarias y terciarias, no alcanzó los depósitos marinos plegados en las bases de la Cuenca.

De un ancho que varía de 20 a 70 km., la faja volcánica Transmexicana atraviesa con marcada expresión morfológica en dirección poniente-oriente, desde el Pacífico hasta el Atlántico, estando coronada por los grandes volcanes, cumbres más elevadas de México. Representa una acumulada extraordinaria de rocas volcánicas de edad Cenozoica, su desarrollo principal principio hace unos 25 millones de años, siendo posterior a la formación de las ríolitas de México.

La presencia de centenares de volcanes comprueba que la corteza terrestre (unos 40 km. de espesor debajo de la Cuenca de México) está quebrada, a tal que en varios puntos de la faja volcánica Transmexicana han surgido especialmente en el cuaternario, ciertos volúmenes de basalto, originados probablemente en el manto superior. Sin embargo, la gran mayoría de volcanes consiste de

lavas intermedias, es decir, andesíticas, lo cual a la luz de la teoría de la tectónica de placas es un indicio de que este vulcanismo es derivado de la desintegración termal de corteza marina, la cual está en constante proceso de hundimiento o disolución de bajo del Continente en la Fosa de Acapulco, como queda atestiguado por los frecuentes temblores aquí generados.

La cuenca ocupa, como ya se expuso, una posición central en la Faja Volcánica Transmexicana. Hasta la fecha se conocía únicamente a través de estudios y mapeos geológicos superficiales y conclusiones indirectas, de ellos derivadas. Sin embargo, le debemos a la excavación del interceptor del poniente que constituyó la primera parte del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal, un cimiento detallado de la formación tarango a los pies de las lomas en el oeste de la Metrópoli.

La Cuenca de México está situada en el borde sur de la mesa central entre los meridianos 98°15' y 99°30' y los paralelos 19°00' y 20°15'. Queda comprendida en el Centro de una Grandiosa zona volcánica, cuyas erupciones ocurridas en distintas fases, han formado acumulaciones extraordinarias de lavas, tobas y brechas.

De contorno irregular, la Cuenca de México está alargada de norte a sur, con una extensión amplia hacia el noreste. En su eje mayor, desde las Chinampas de Xochimilco al suroeste, hasta las regiones semiáridas de Pachuca en el norte, mide unos 110 km.; - en su eje menor, desde los Bosques Frondosos que coronan la Sierra de las Cruces, en el oeste, hasta las Cimas Nevadas del Iztaaccihuatl en el este, mide unos 80 km. incluyendo la Región de Apan, Tochac y Tecocomulco, situadas al pie norte de la Sierra de Calpulalpan, la Cuenca de México cubre un área de unos 9,600 m<sup>2</sup> completamente rodeada de montañas, siendo las del sur las más importantes, la gran planicie central tiene una altitud que oscila entre 2,240 m. en el sur, y 2,390 m. en el norte. Esta cuenca cerrada contiene varios lagos someros, siendo el de Texcoco el mayor y el que ocupa el nivel más bajo en el centro entre todos. Le sigue en importancia la Laguna de Zumpango, en el noroeste, mientras que el Lago de Chalco, hasta hace poco el tercer en importancia, dejó de existir a principios de este siglo.

Dichos lagos son los últimos vestigios de numerosos lagos mucho mayores que, al final de la época glaciaria, probablemente formaban un solo y gran cuerpo de agua poco profundo. La extensión de la cuenca hacia el noreste ocupa un área llana, tapizada por numerosas elevaciones volcánicas aisladas; en ella hay también varias depresiones ocupadas por algunas lagunas someras como las de Apan, Tochac y Tecocomulco, que en el estiaje desaparecen.

El Altiplano Mexicano, vasto zócalo continental que alberga al Valle y a la Ciudad de México, se ensancha y prolonga hacia el norte, en tanto que al sur, lo limita la cordillera neovolcánica. Las sierras madres, a su vez lo aprisionan por el este y oeste.

En el extremo sur de este altiplano, aproximadamente a unos 2,240 m. sobre el nivel del mar, se encuentra una depresión tradicionalmente conocida con el nombre de Valle de México.

La eufónica designación de "Valle de México" no puede aplicarse con rigor científico a esa región, puesto que no ofrece las características necesarias: "El Valle es un área de la superficie terrestre trabajada o erosionada por una corriente fluvial o glacial o si no hay una línea de drenaje general que esté modelando la superficie considerada, no es Valle".

El "Valle de México", es en realidad, una cuenca cerrada, y su forma puede semejarse a una elipse, cuyo eje mayor de noreste a sureste, mediría unos 110 km., y el menor, de este a oeste, una longitud de 80 km.

La extensión superficial, es de 9,600 km<sup>2</sup>, extensión que incluye las antiguas cuencas tributarias de las Lagunas de Apan, Tecocomulco y Tochac, incorporadas a la Cuenca en virtud de Obras recientes de ingeniería.

La cuenca está situada en el borde sur de la mesa central, aproximadamente entre las latitudes norte 19°03'53" y 20°11'09" y las longitudes 98°11'53" y 99°30'24" al oeste de Greenwich.

La mayor parte de los ríos de la cuenca son de carácter torrencial, con avenidas de corta duración, a veces peligrosas. Sus cauces permanecen secos durante la temporada de estiaje, solo los siguientes ríos de la cuenca tienen escurrimientos perennes: Mag

dalena, Mixcoac, Tacubaya, Hondo, Tlalnepantla, Cuautitlán, Tepotzotlán, San Juan Teotihuacán y de la compañía.

El funcionamiento hidrológico del Valle de México había producido en la época que llegaron los españoles, una serie de lagos y lagunas de alguna extensión, dentro de las cuales podrían señalarse como más importantes los de Texcoco, México, Chalco, Xochimilco, Zumpango, San Cristóbal, Xaltocan, Apan, Tóchac y Tecumilco, de los cuales, el más bajo y más amplio era el de Texcoco. - Asimismo existían extensos bosques que cubrían las laderas montañosas y mantenían fijo el suelo de estas áreas, produciendo escurrimientos con poco contenido de azolve.

Los depósitos subterráneos, llenos a su capacidad, mantenían el flujo en numerosos manantiales y propiciaban un suelo relativamente estable, donde la evaporación y evapotranspiración de los lagos y de la vegetación propiciaban un nivel de humedad en la atmósfera, más confortable y menos sujeta a variaciones bruscas y pronunciadas de temperatura, que actualmente.

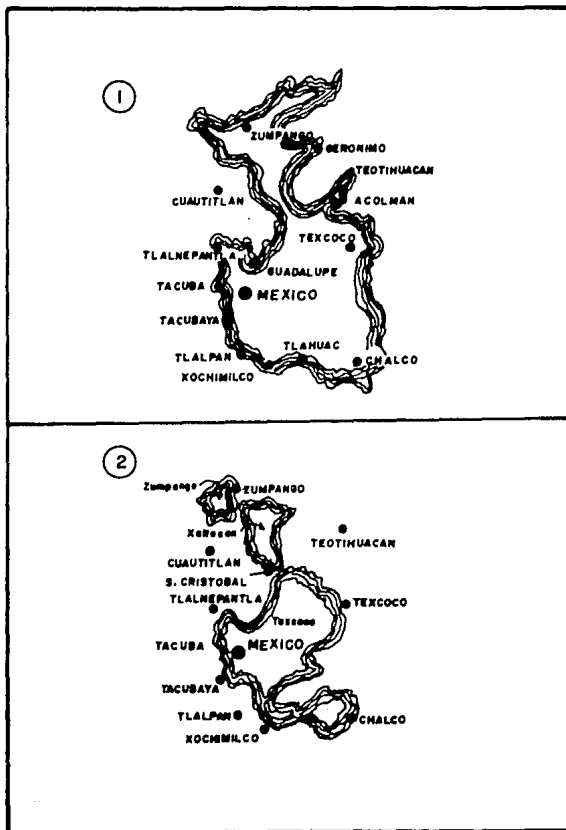
Los lagos se hallaban en un proceso natural de obliteración y se nectud, lo cual los hacían extensos y de poca profundidad, proceso que con la intervención del hombre se ha acelerado notablemente, (en anexo se puede observar el proceso de evolución de los lagos).

Dos hechos principales han contribuido a modificar el funcionamiento de entonces: La tala immoderada de los bosques y el envío de grandes volúmenes de agua hacia fuera de la cuenca, de los cuales la mayor parte ha sido bombeada del subsuelo.

Como la ciudad fue creciendo al poniente del Lago de Texcoco en el lecho de lo que originalmente era un lago, el aumento del nivel en las aguas era causa de inundaciones. Para reducir éstas se construyó, a principios del siglo XVII el Tajo de Nochistongo que permitía derivar las aguas de los ríos Cuautitlán y Tepotzotlán y sacarlas fuera del valle. Más adelante, a fines del siglo XIX, fue construido el Gran Canal de Desagüe y el Túnel de Tequixquiac para permitir la salida de las aguas del drenaje urbano y controlar los niveles de Texcoco. Todo esto ha disminuif-

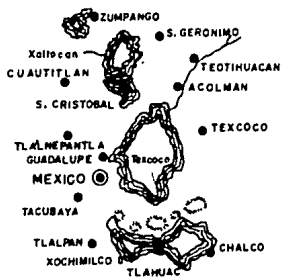


## EVOLUCION DE LOS LAOS

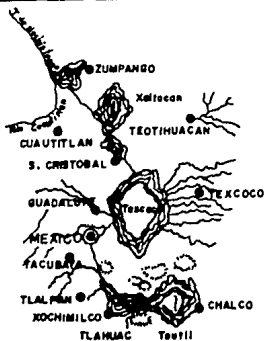


## EVOLUCION DE LOS LAGOS

3



4



do la extensión de los lagos (algunos se desecaron artificialmente) y abatido las elevaciones del nivel freático con el consiguiente hundimiento del suelo, y reduciendo notablemente la evapotranspiración con los resultados correspondientes.

Desde el Río Mixcoac hacia el norte existe un sistema de presas interconectadas mediante túneles que permiten descargar las aguas por el canal del tornillo al Río Hondo. Los sobrantes, aguas abajo de las presas, son recogidos por el interceptor del poniente o van a dar a los cauces que atraviesan la ciudad. El Río Hondo recibe, además de los aportes de su cuenca, parcialmente regulados por las Presas El Sordo, Los Cuartos y Totolica, las descargas del canal del Tornillo y del interceptor del poniente, y conduce estos caudales hacia el Vaso del Cristo.

El Vaso del Cristo recibe además los aportes del Río Chico de los Remedios, regulados en parte por las presas Las Julianas, Los Arcos, El Colorado y La Colorada. Después de ser regulados estos escurrimientos en el Vaso del Cristo, continúan por el Río de los Remedios hasta el Lago de Texcoco, cruzando el Gran Canal sobre la estructura llamada Puente Canal, o bien siguen por el interceptor del poniente, que descarga en el Río Cuautitlán y desde donde se puede llevar el agua a la Laguna de Zumpango o sacarla fuera del valle por el Tajo de Nochistongo.

Aguas abajo del Vaso del Cristo, el interceptor del poniente recoge las descargas de los Ríos Tlalnepantla y San Javier, después de haber sido reguladas por las presas Madín, Las Ruinas y San Juan.

La parte baja de los Ríos Tlalnepantla y San Javier descargan al Río de Los Remedios que conduce las aguas hacia Texcoco.

Finalmente, completan el sistema de las presas del poniente, las de Guadalupe y la de Concepción sobre los Ríos Cuautitlán y Tepetzotlán que descargan por el Tajo de Nochistongo fuera del valle.

### ANTECEDENTES

El 5 de noviembre de 1977, se formalizó en la Ciudad de Toluca, Estado de México, un convenio entre la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y el Gobierno del Estado de México, para llevar a cabo en el período 1977-1981, un programa de obras de riego que beneficiarían una superficie aproximada de 24,600 Has. dentro de las obras propuestas, destacan por su importancia la Zona de Riego "Los Insurgentes" y con fecha 27 de agosto de 1981, fue ratificado el convenio original.

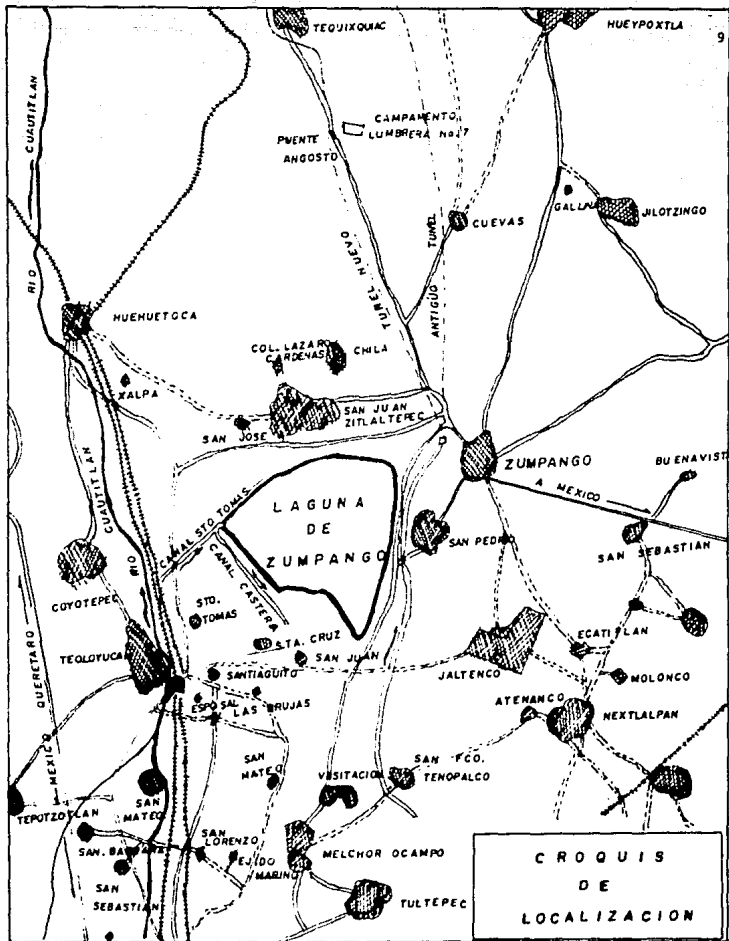
La zona de riego "Los Insurgentes", se localiza en la parte noroeste del Estado de México, abarcando 11 municipios:

Tepotzotlán, Toluca, Coyotepec, Huehuetoca, Tequixquiac, Apaxco, Hueyoptla, Zumpango, Tecamac, Nextlalpan y Jaltenco.

El relieve de la región es sensiblemente plano, con pendiente general hacia el noroeste y con algunos pequeños lomeríos, especialmente hacia el límite occidental; su altitud media es de -- 2,200 metros sobre el nivel del mar.

Hacia el sur de la región, se localiza la Laguna de Zumpango que será alimentada principalmente, mediante la estructura del Canal Santo Tomás, aprovechando los escurrimientos del Río Cuautitlán, alimentado por el interceptor del poniente, los Presas de Guadalupe, la Concepción, Madín y el Vaso del Cristo.

Los escurrimientos del Río Cuautitlán son regulados en la estructura de Represa que consta de un Vertedor Lateral y las propias obras de toma Santo Tomás y Cuautitlán, los excedentes salen del Valle de México, a través del Tajo de Nochistongo y forman el -- Río El Salto a unos 5 kilómetros al noroeste de Huehuetoca todavía dentro del Estado de México, para cruzar inmediatamente al -- Estado de Hidalgo, conservando en su recorrido un rumbo noroeste; pasa por el poblado de Melchor Ocampo, Hidalgo y aguas abajo de riva parte de su gasto a la Presa Requena mediante el Canal El -- Salto.



CROQUIS  
 DE  
 LOCALIZACION



Finalmente el Río El Salto confluye al Río Tula por su margen derecha 5 kilómetros, aguas arriba de Jasso Hidalgo.

En la Zona de Riego "Los Insurgentes" el objetivo primordial, es el de poner bajo riego una área que actualmente se explota bajo el sistema de temporal, de tal manera que se puedan incrementar los rendimientos de producción por hectárea y a la vez incorporarán algunos suelos que por características propias no son explotadas en el temporal debido a que requieren algunas prácticas de sub'soleo, rastreo y lavado de los mismos.

De la laguna se alimentará mediante bombeo, a dos canales, uno el Canal Principal Miguel Hidalgo que se orientará hacia el norte de la Zona Atequixquiac, donde se bifurcará hacia ambas margenes del Río Salado dominando una superficie aproximada de 5,482 Has. (2,950 en la margen izquierda y 932 Has. en la margen derecha), además de varias derivaciones sobre el Canal Principal Miguel Hidalgo hacia la margen derecha, anteriores a la bifurcación dominando una superficie de 1,600 Has., el otro canal se conducirá hacia el oriente dominando las Zonas de Zumpango, Guadalupe Nopala, Hueyoptlia, Tlapanaloya y Tequixquiac, con una área de 18,100 Has. aproximadamente.

Además existen al poniente las unidades de riego Teoloyucan y Coyotepec, que serán alimentadas a través de bombeo directo del Río Cuautitlán, beneficiando una área de 335 y 683 Has. respectivamente.

El llenado de la Laguna se realizará en tiempo de lluvias con los escurrimientos excedentes de la cuenca poniente de la zona metropolitana de la ciudad de México, provenientes de la Presa Guadalupe, la Concepción y Vaso del Cristo, siendo el conducto de alimentación el Canal Santo Tomás, con esta política de operación se conseguirá una mezcla en el vaso, desfavorable, de 80% aguas blancas y 20% aguas negras, mezcla tolerable para ser almacenada sin perjuicios ecológicos.

La superficie aproximada que se incorpora al riego (24,600 Has.), se distribuyen en las siguientes 10 unidades:

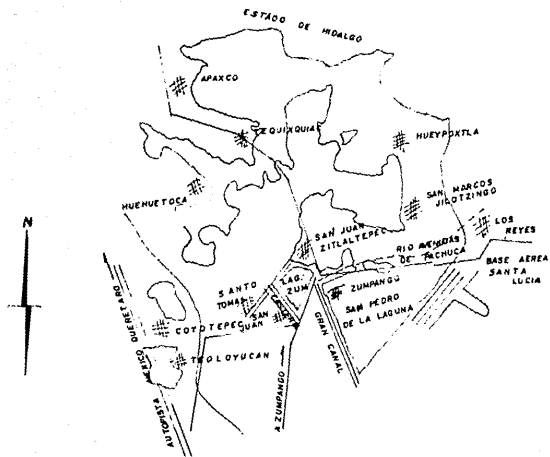
<u>U N I D A D</u>	<u>AREA (Has.)</u>
Hermenegildo Galeana (Coyotepec)	683
Mariano Abasolo (Teoloyucan)	335
Vicente Guerrero	5,549
Josefa Ortíz de Domínguez	3,596
Ignacio Allende	1,255
Miguel Hidalgo	2,367
José María Morelos y Pavón	6,933
Mariano Matamoros	932
Francisco Javier Mina	2,043
Ignacio Aldama	907
	<hr/>
S U M A :	24,600

El contar con un almacenamiento de 100 millones de metros cúbicos, permitirá restablecer el ciclo hidrológico, la recarga del acuífero, tener nubosidad y humedad alta en el medio ambiente, provocando el renacimiento de manantiales, así como la contribución a la mejora de la ecología y principalmente el dar servicio de riego a 24,600 Has. de tierra, cuyos productos predominantes serán maíz, frijol, alfalfas y hortalizas produciendo un total en bruto de 800,000 a 850,000 toneladas por los dos ciclos de riego al año (otoño-invierno y primavera-verano), con gastos promedio de 9.6 m<sup>3</sup>/seg. beneficiando a 12,000 familias.

Con dichos beneficios, el Distrito de Riego "Los Insurgentes" representa un importante abastecedor de alimentos para la zona metropolitana de la Ciudad de México, permitiendo además el desarrollo de actividades agroindustriales.



# DISTRITO DE RIEGO "LOS INSURGENTES"



CROQUIS

Entre las obras principales se encuentran:

- Estructura de Distribución Control y Cruce.
- Estructura del Canal Santo Tomás.
- Sobrelevación Bordo Perimetral de la Laguna.
- Planta de Bombeo Zumpango.
- Compuerta Oriente.
- Vertedor de Demasfas.
- Estructura de Transición de Entrada.
- Obra de Toma Santo Tomás II.
- Planta de Bombeo Coyotepec.
- Planta de Bombeo Teoloyucan.

**CAPITULO II**  
**ESTRUCTURA DEL CANAL SANTO TOMAS.**

## CAPITULO II

## ESTRUCTURA DEL CANAL SANTO TOMAS

## ANTECEDENTES.

La cuenca del Río Cuautitlán tiene un área de 972 Km<sup>2</sup> en la cual se localiza la Presa Guadalupe, la mayor del sistema, cuyo vaso puede contener 57 M<sup>3</sup>, y que controla las avenidas de los Ríos San Pedro, San Ildelfonso y La Colmena, descargando los excedentes al Río Cuautitlán.

Esta estructura, protege contra inundaciones a los municipios de: Tultitlán, Cuautitlán, Lechería y Cuautitlán Izcalli, en el Estado de México.

El Río Tepozotlán, es regulado en la Presa La Concepción que tiene una capacidad de almacenamiento para 12 M<sup>3</sup>, lo que le permite proteger gran parte de los municipios de Tepozotlán y Teoloyucán, Méx.

Aguas abajo de la Presa La Concepción, los caudales del Río Tepozotlán son manejados en la Represa "El Alemán", para de ahí enviarlos hacia el Río Cuautitlán, o al Río Chico de Tepozotlán; en este sitio confluyen el Río Cuautitlán y las aguas derivadas del Río Tepozotlán.

El Emisor del Poniente, se inicia en el Vaso del Cristo, que por medio de colectores recibe las aportaciones pluviales y Residuales de las zonas urbanas e industriales de Naucalpan, Atizapán de Zaragoza y Tlalnepantla, Méx. y parte de las corrientes de los Ríos Tlalnepantla y San Javier.

Los caudales, después se conducen hasta cerca de San Martín - Obispo, a la altura de Lechería, Méx.

A partir de aquí, se incrementa el caudal, con las aportaciones de los municipios de Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Tultitlán y Teoloyucan, Méx.

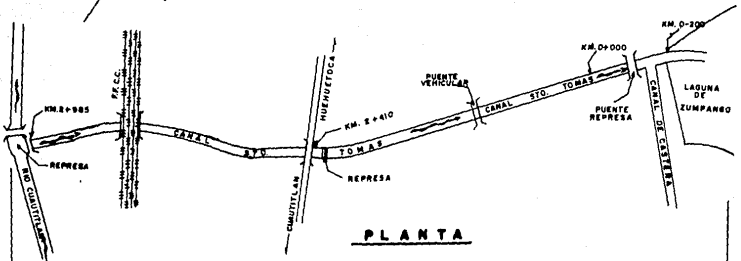
En Berriozabal, Méx., se incorpora el Emisor del Poniente al Río Cuautitlán.

Con el propósito fundamental del proyecto de aprovechar al máximo los escurrimientos del Río Cuautitlán y aguas negras de la zona poniente del Valle de México y parte de las aguas provenientes de la ciudad de México y zona metropolitana, para proporcionar riego a 24,600 Has. del Distrito de Riego Los Insurgentes, así como el seguir utilizando el Vaso de la Laguna de Zumpango como vaso regulador de avenidas, considerando aumentar la capacidad de la Laguna de 13.0 a 100.0 M<sup>3</sup>, sobreelevando el Bordo de la Laguna a 7.00 Mts. de altura en promedio, como se detalla en el capítulo III.

- CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DEL CANAL  
SANTO TOMAS.

Para poder lograr los objetivos y beneficios planteados, es pues, de suma importancia la conclusión de la obra de cabecera denominado proyecto Laguna de Zumpango, así como sus obras complementarias, dentro de la cual la más elemental, es la construcción de la estructura del Canal "Santo Tomás", el cual conducirá el fluido hacia el Vaso de la Laguna.

# CANAL SANTO TOMAS



PLANTA

La obra de distribución, control y cruce que se le ha llamado - Represa y Obras de Toma Cuautitlán y Santo Tomás, la cual fue construída en 1986, cuyo objetivo es represar los escurrimientos del Río Cuautitlán logrando la combinación de las aguas con una mezcla en proporción de 80% aguas blancas y 20% aguas negras -- como máximo, además de lograr el tirante hidráulico necesario - que permita la derivación de dichas aguas por el canal, el vaso de la Laguna.

En esta estructura Represa se ubica la Obra de Toma "Santo Tomás" que deriva las aguas al canal del mismo nombre y cuenta -- con:

Tres compuertas deslizantes de doble flujo de 4.20 m.

de ancho por 3.15 m. de altura.

Tres sistemas de mecanismos para las compuertas.

Puente de maniobras.

Electrificación de los mecanismos.

Datos generales de diseño del canal Santo Tomás:

Longitud	3,000 Mts.
Plantilla	14.00 Mts.
Altura	9.00 Mts.
Tirante Hidráulico	5.15 Mts.
Rasante (N AMIN)	Elev. 2243.45
Desplante	Elev. 2241.15
Pendiente (s)	0.000
NAME	Elev. 2248.60
Gasto	80 M3/seg.

Para tratar de lograr el óptimo aprovechamiento de los escurrimientos del Río Cuautitlán en seguida se detalla el funcionamiento hidráulico de diseño del canal.

FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DEL CANAL SANTO TOMAS PARA ALIMENTAR LA LAGUNA.

- 1.- El Canal Santo Tomás cuya finalidad es alimentar la Laguna de Zumpango, mediante derivación del Río Cuautitlán, tiene una longitud de 3,000 Mts. y su sección hidráulica será rectangular, con muros de concreto reforzado de 9.0 Mts. de altura y plantilla de 14.0 Mts. y tirante hidráulico de 5.15 Mts. como en el conjunto de obras, el canal formará parte del almacenamiento, ya que no tiene pendiente.



2.- Para dimensionar la estructura del canal, se consideró un -  
gasto de 80 M<sup>3</sup>/seg.

3.- Se elaboró una "curva de gastos" del canal para ver su fun  
cionamiento hidráulico durante el llenado de la Laguna, con  
siderando a ésta inicialmente vacía y que en el Río Cuautitlán se presenta una avenida, observándose lo siguiente:

- a) Al iniciar el proceso, las compuertas trabajan como ver  
tedores.
- b) A medida que se van incrementando las cargas en el Río Cuautitlán, se incrementan los gastos y los volúmenes de  
rivados, se van acumulando en la Laguna.
- c) Al irse acumulando volúmenes en la Laguna, su nivel de -  
agua va subiendo, hasta que su remanso alcanza al canal y  
sube por éste hasta las compuertas de la toma.
- d) Las compuertas siguen trabajando como vertedores, con -  
carga por ambos lados, hasta que el tirante en el Río so  
bre pasa los 3.15 M. trabaja brevemente como orificio li--  
bre y se ahoga inmediatamente.
- e) Con las condiciones anteriores se obtiene el gasto --  
máximo de 79 M<sup>3</sup>/seg.
- f) Una vez que las compuertas empiezan a trabajar como orifi  
cios ahogados, el gasto va disminuyendo a medida que el  
nivel del agua en el canal sube hasta llegar a "cero" al  
igualarse los niveles.

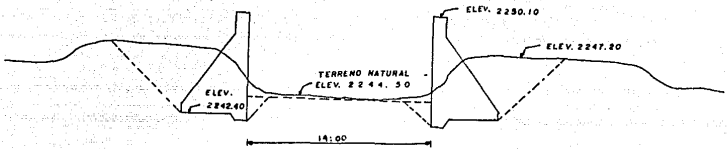
- 4.- Una vez que la Laguna alcance su nivel de conservación, se cerrarán las compuertas y si hay excedentes de escurrimientos, se dejarán pasar por la toma del Río Cuautitlán.
- 5.- Pasadas las avenidas del Río Cuautitlán, el tirante en éste bajará, pudiéndose alimentar de la Laguna, los requerimientos aguas abajo del Río, trabajando el canal Santo Tomás en sentido contrario.
- 6.- Es por lo anterior que las compuertas de la toma Santo Tomás están diseñadas para doble flujo, es decir, pueden trabajar con carga hidrostática indistintamente en ambos lados.
- 7.- El gasto en el canal podrá ser de 80 M<sup>3</sup>/seg. cuando en el Río Cuautitlán se tenga la carga máxima de 4.65 M., la Laguna vacía y con una abertura de compuertas de 1.80 M. este caso es muy poco probable, ya que se tratará de derivar las avenidas desde que éstas se inician.

Para determinar el tipo de la sección de la estructura del canal Santo Tomás, se analizaron las siguientes alternativas técnicas para su construcción:

- 1.- Canal de sección rectangular, formado con muros de gravedad de concreto simple con ancho de plantilla en tierra de 14.00 Mts.
- 2.- Canal de sección trapecial formado por terracería con bermas, revistiendo la zona aguas arriba con Rhino-Hide, tratando de que las excavaciones sean de 1.00 M. de espesor en promedio encontrando la capa más o menos resistente.
- 3.- Canal de sección trapecial formado con taludes de 1.5:1, losa de concreto armado de 0.20 Mts. de espesor, dentellones - al pie del talud, con ancho de plantilla en tierra de 10 Mts. y completando la sección con terracerías hasta nivel de corona.
- 4.- Canal de sección rectangular, formado con muros de concreto armado en lecho exterior y zapata de cimentación formando eg cuadra con altura de 9:00 Mts. y ancho de plantilla de 14.00 Mts., relleno interior hasta la elev. 2243.45 y relleno exterior compactado entre el muro y zona del bordo del canal en ambas márgenes hasta la elevación del terreno natural de los bordos.

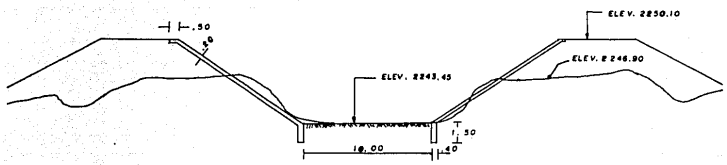
---

CANAL SANTO TOMAS



PRIMERA "ALTERNATIVA"

# CANAL SANTO TOMAS



TERCERA "ALTERNATIVA"

Esta última alternativa fue la que en un principio se autorizó como proyecto definitivo, pero en base a una solicitud de la Residencia, para revisión del proyecto, éste se corrigió y en octubre de 1989 se entregó el proyecto definitivo, para lo cual se procedió a construir la sección y es como se detalla a continuación.

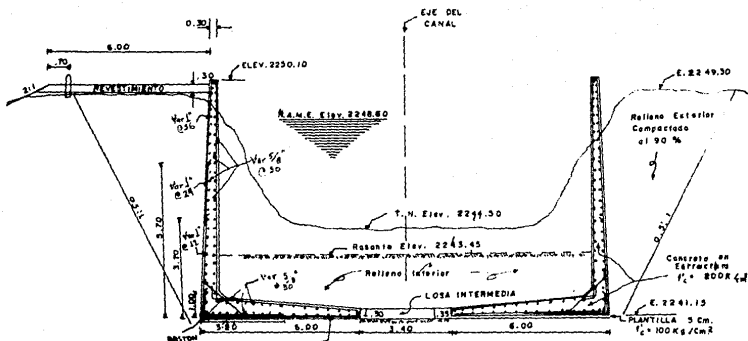
Debido a que los tipos y armado estructural de sección definitivos, en cierta forma dependen de la elevación de los bordos actuales del canal, se han dividido los 3 kilómetros de éste de la siguiente forma:

Sección Tramo "A". - Comprende del Km. 2+670 al Km. 2+980 y es de forma de " L " encontradas, con alturas de muros de 9.00 Mts. y ancho de plantilla de 14.00 Mts. (como se muestra en el anexo).

Sección Tipo A. - Comprende del Km. 2+410 al Km. 2+637 y es de forma de " U " con alturas de muros de 9.00 Mts. y ancho de --  
plantilla de 14.00 Mts. (como se muestra en el anexo).

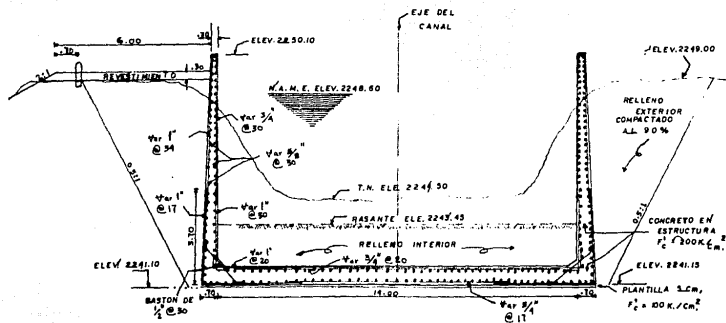
Sección Tipo B. - Comprende del Km. 1+500 al Km. 2+410 y es de --  
forma de " U ", con alturas de muros de 9.00 Mts. y ancho de --  
plantilla de 14.00 Mts. (como se muestra en el anexo).

# CANAL SANTO TOMAS



SECCION TRAMO "A"  
DE KM. 2. + 670 AL KM. 2 + 800

CANAL SANTA TOMAS

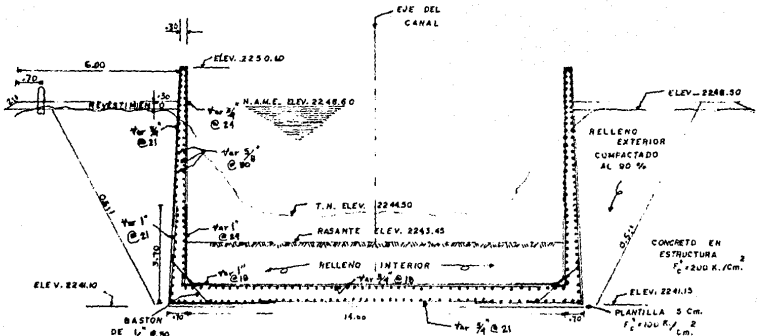


SECCION TIPO "A"

DEL KM. 2+410 AL KM. 2+450



# CANAL SANTO TOMAS



SECCION TIPO " B "

DEL KM 1+300 AL KM. 2+410

Sección Tipo C.- Comprende del Km. 0+650 al Km. 1+500 y es de forma de " U ", con altura de muros de 9.00 Mts. y ancho de -- plantilla de 14.00 Mts. (como se muestra en el anexo).

Sección Tipo D.- Comprende del Km. 0+000 al Km. 0.650 y es de - forma de " U ", con alturas de muros de 9.00 Mts. y ancho de - plantilla de 14.00 Mts. (como se muestra en el anexo).

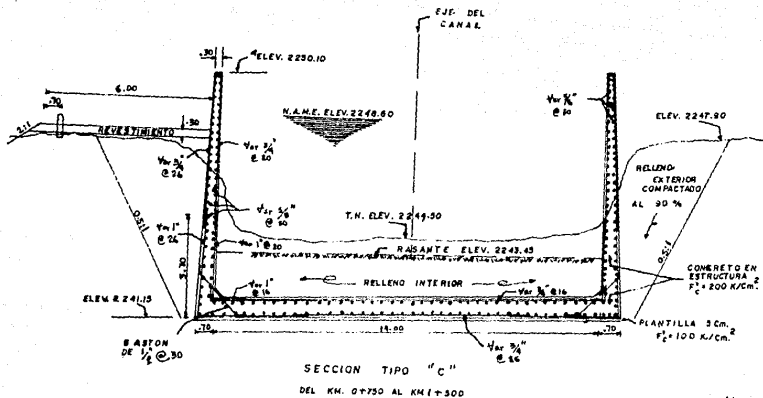
Nota : En las secciones tipo A, B, C y D, varían únicamente en el armado estructural del acero de refuerzo.

Actualmente se están ejecutando en distintos frentes a lo largo de los 3 Km. de estructura y con el tipo que corresponda según cadenamiento señalado.

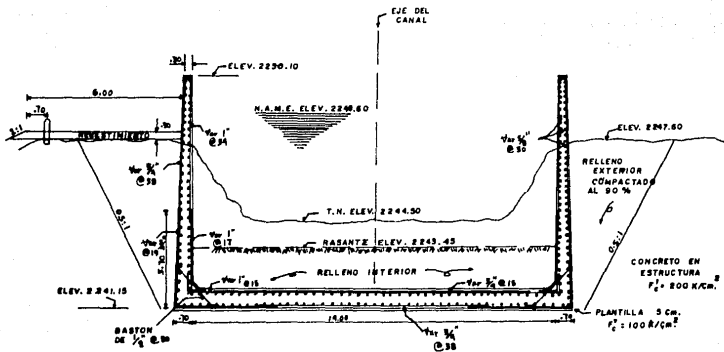
Los volúmenes de obra por ejecutar en esta estructura de 3 Km. y los más representativos, son como se detalla a continuación:

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD PROYECTO
Excavación	M3.	252,525
Concreto en Plantilla	M3.	2,000
Colocación de acero de refuerzo	Ton.	5,050
Concreto en estructura	M3.	55,860
Concreto Losa intermedia	M3.	350
Rellenos en zona intermedia	M3.	67,000
Rellenos zona exterior	M3.	120,000

# CANAL SANTO TOMAS



# CANAL SANTO TOMAS



SECCION TIPO "D"

DEL KM 0-200 AL KM 0+750

En base a las características del canal mencionado anteriormente, fue diseñada la estructura del Canal Santo Tomás que por procedimiento constructivo y como consecuencia, de mantener el riego en las zonas aledañas, en época de estiaje, del Km. 2+410 al Km. -2+980 para poder trabajar en seco, en el área de construcción -- donde se localiza la estructura, se atacara primero la margen de recha, desviando el agua sobre la margen izquierda, mediante un canal auxiliar de sección trapecial de 1.00 Mts. de plantilla y talud de 1.5:1 con tirante hidráulico de 1.20 Mts. y 0.30 Mts. - de bordo libre para un gasto de 1.5 M3/seg. que es la demanda de riego en dichas zonas. Una vez terminada la parte de la estructura en la margen derecha, se pasará el canal auxiliar a la -- otra margen para poder secar la zona donde se continuará con la otra parte de la estructura. Del Km. 0+000 al Km. 2+410 el procedimiento es más favorable, ya que se podrá trabajar totalmente en seco para la construcción de la estructura ya que los canales auxiliares de ambas márgenes de las mismas características que - el anterior, cruzan por fuera de la zona de trabajo.

Posteriormente al secado de la zona, se procederá a excavar lo - que será propiamente la cubeta del canal de las características señaladas anteriormente en los datos generales para el diseño.- Se procede después al afine del terreno en la elevación 2241.10 para fabricar y colocar concreto simple con  $f'_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ . con espesor de 5 cm. alcanzando la elevación 2241.15 y así desplantar con el armado de acero de refuerzo, previamente habilitado, seguido de la fabricación y colocación de concreto en estructura de  $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ . tanto en losa de cimentación como en los muros laterales.

Las densidades principales de consumo son:

En Sección Tramo "A" del Km. 2+670 al Km. 2+980

Colocación de acero de refuerzo	= 1.4 Ton/Ml de canal
Fabricación y colocación de concreto - en estructura	= 14.46 M3/Ml de canal
Fabricación y colocación en losa - intermedia	= 1.19 M3/Ml de losa
Acero de refuerzo por M3 de concreto	= 97 Kg/M3 de concreto

En el resto de las secciones Tipo A, B, C y D :

Colocación de acero de refuerzo	= 1.7 Ton/Ml de canal
Fabricación y colocación de concreto en - estructura	= 19.2 M3/Ml de canal
Acero de refuerzo por M3 de concreto	= 90 Kg/M3 de concreto

**Nota:** Para la elaboración de concretos se especifica que debe ser utilizado cemento tipo II, con un sobreconsumo de -- 50 Kg/M3. por el tipo de agua que se tiene y los agregados petreos serán acarreados a la obra; para la arena -- del banco de Tezontepec y para la grava del banco de -- Apaxa, será de 3/4", y 1" y 1 1/2" de diámetro, dichos - bancos ya fueron estudiados y aprobados con anticipación por la Comisión Nacional del agua.

Si siguiendo el procedimiento constructivo una vez que los muros - los colados alcancen la elevación 2245.00 ó sea 3.85 Mts., deberá iniciarse con los rellenos:

Tanto interiores que serán hasta la elevación 2243.45, o sea -- 1.60 Mts. de altura, compactados únicamente con el tránsito del equipo; como los rellenos exteriores entre el muro de la estructura y el bordo del canal, hasta la elevación actual de dichos bordos en ambas márgenes, compactado al 90% de la prueba proctor de la S.A.R.H. con pisón de mano y/o equipo de compactación.

El proceso final es revestir con 2 capas de tezontle de 15 cm. c/u., los caminos que se ubican en la corona actual en ambas márgenes de los bordos del Canal Santo Tomás.

**CAPITULO III**

**SOBREELEVACION DEL BORDO PERIMETRAL  
DE LA LAGUNA DE ZUMPANGO.**



C A P I T U L O    I I I  
SOBREELEVACION DEL BORDO PERIMETRAL  
DE LA LAGUNA DE ZUMPANGO.

ANTECEDENTES

En la década de 1950 - 60, se rehabilitó la Laguna de Zumpango - construyéndose el Canal Santo Tomás con sus respectivas estructuras de control y servicio para que el Vaso de dicha Laguna sirviera como regulador de las avenidas del Río Cuautitlán, contando con una capacidad de 13 millones de metros cúbicos, cuyos excedentes son descargados al Gran Canal de Desagüe, a través de una estructura denominada La Rápida, localizada inmediata a la entrada del túnel nuevo de Tequixquiác.

El vaso o la Laguna se localiza en los Municipios de Zumpango y Teoloyucán, Estado de México, colindando al sur oriente con la carretera "Cuautitlán - Zumpango", al norte con la carretera - "Zumpango - Huehuetoca", al occidente con los poblados de Caliacac, Santo Tomás y Santa Cruz.

Con el objeto de aprovechar al máximo las aguas del lapso de precipitación pluvial y las generadas de drenaje de estructuras de control de la zona poniente del Valle de México, para incorporar 24,600 Hectáreas nuevas de riego del Distrito de Riego denominado "Los Insurgentes", actualmente se ejecutan los trabajos de sobreelevación del Bordo Perimetral de la Laguna en una longitud - de 18.648 Km. con una altura promedio de 7.50 Mts., para aumentar la capacidad de almacenamiento de hasta 100 millones de metros cúbicos, en sondeos realizados para localizar los bancos de

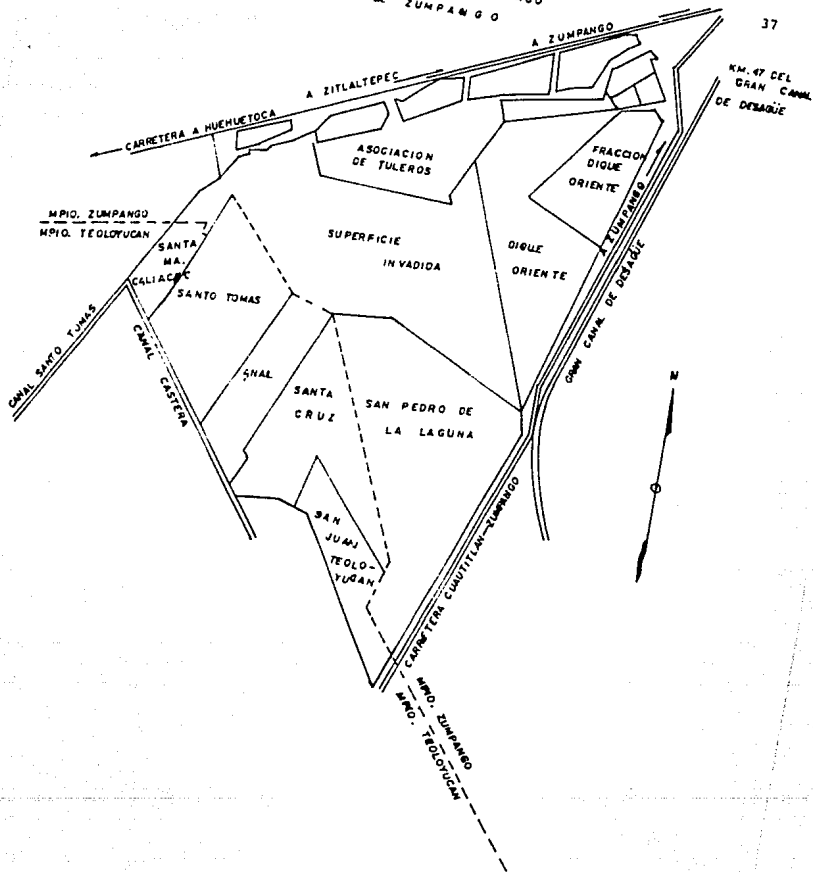
material, se determinó que precisamente el interior del vaso ser viría como Banco y extraer las arcillas necesarias para la sobre elevación del Bordo Perimetral, para lo cual se acordó desecar - la Laguna y fue a fines del año 1979, cuando ésto se realizó y - poder iniciar los trabajos en el año 1980.

De por sí cuando disminuía el nivel del vaso en los años anterio res, algunas zonas de éste, quedaban descubiertas y se presenta- ban problemas de ocupación de las tierras acarreado con ésto, - distintos problemas sociales. Cuando el vaso se desecó, estos - problemas fueron de mayor intensidad. El vaso estuvo ocupado en explotación agrícola principalmente por las poblaciones de : - San Pedro de la Laguna, Grupo Santa María Zumpango y San Juan -- Zítlattepec, todas del Municipio de Zumpango; y por parte del Mu nicipio de Teoloyucan, los poblados de: Santa María Caliacac, -- Santo Tomás, Anal, Santa Cruz y San Juan Teoloyucan, todos ellos aledaños al Bordo Perimetral de la Laguna.

Las ocupaciones enumeradas surgieron, como mencionaba anterior-- mente presentándose diversos problemas sociales, desde el año de 1929 por medio de la construcción de diques y en las superficies que quedaban descubiertas, debido a la reducción del agua en el vaso, obteniendo dichas poblaciones posesión precaria por medio de títulos condicionados al funcionamiento del sistema hidrológi- co del Valle de México, ya que la Laguna por ser un vaso natural, ha funcionado como vaso regulador del sistema de Desagüe del -- Valle de México, a la vez que el agua almacenada ha servido para riego.

INVACION DE TIERRAS EN EL VASO  
DE LA LAGUNA DE ZUMPANGO

37



KM. 47 DEL  
GRAN CANAL  
DE DESAGUE

A partir de la reducción citada y, a que durante las épocas de estiaje y por el servicio de riego que presta se reduce su volumen y los terrenos de las orillas quedan al descubierto, por lo que a solicitud de los pueblos riveraños ya enumerados, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, venía permitiendo la ocupación -- provisional de estas tierras por medio de permisos y concesiones colectivas de carácter precario condicionados a las necesidades de la Laguna, ésto es que si surgían afectaciones eran bajo cuenta y riesgo de los ocupantes.

Desde el año de 1972, la Secretaría de Recursos Hidráulicos llevo a cabo la cancelación de estas ocupaciones por considerar necesario conservar los terrenos del Vaso y Zona Federal, libres de compromisos; a pesar de lo anterior, los ocupantes continuaron -- haciendo uso de los terrenos en forma arbitraria.

Como se mencionó anteriormente, también en noviembre de 1979 la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, conjuntamente -- con el Gobierno del Estado de México, consideraron necesario llevar a cabo la obra ya descrita, para por medio del riego que se obtenga, generar mayor desarrollo de la zona, en beneficio de la clase campesina.

El inicio de la obra en marzo de 1980 fue del conocimiento público, a pesar de ello los ocupantes del Municipio de Teoloyucan, -- un grupo de San Pedro de la Laguna y la Secretaría de la Reforma Agraria, a sabiendas de que se trataba del Vaso y Zona Federal -- de la Laguna y que las ocupaciones que tenían de los terrenos -- eran irregulares y derivadas de permisos precarios, llevaron a -- cabo procedimientos de carácter agrario sobre reconocimientos y titulación de bienes comunales.

Por lo anterior el 22 de diciembre de 1979, Santa Cruz obtuvo resolución presidencial sobre reconocimiento y titulación de bienes comunales y con fechas 18 de febrero, 27 de febrero de 1980, 17 de marzo y 27 de mayo de 1981 obtuvieron resolución presidencial las comunidades de: Santo Tomás, Anal, San Juan Teoloyucan y San Pedro de Laguna, respectivamente, pasando por encima de -- las observaciones de irregularidad que al respecto les hiciera -- la Secretaría.

Además, de las comunidades que obtuvieron su reconocimiento y -- titulación de bienes comunales, existen otros grupos que tienen en posesión en forma irregular los terrenos del Vaso, ya que una vez desecado el mismo, invadieron estos terrenos con fines agrícolas. Estos grupos o comunidades son: Grupo Mateo Ramos, Cooperativa Agrícola o Grupo Francisco Bastida, Colonia 18 de marzo, Cooperativa de Producción de Tule, Comunidad de Santa María Ca--liacac, Grupo Santa María Zumpango, Barrio de San Pedro o San -- Pedro de la Laguna en diferentes fracciones.

El Grupo Santa María Zumpango, ocupaba terrenos por medio de permisos precarios cancelados, por lo que con un convenio de pago -- de resarcimiento se le liquidaron los bienes distintos a la tierra que salieron afectados con la obra.

Todo lo descrito arriba, trae como consecuencia pues, el pago de indemnizaciones por afectación, así como los compromisos para -- realizar diferentes obras de beneficio social como: mercados, egcuelas, caminos, etc., y con ésto el encarecimiento de la obra.

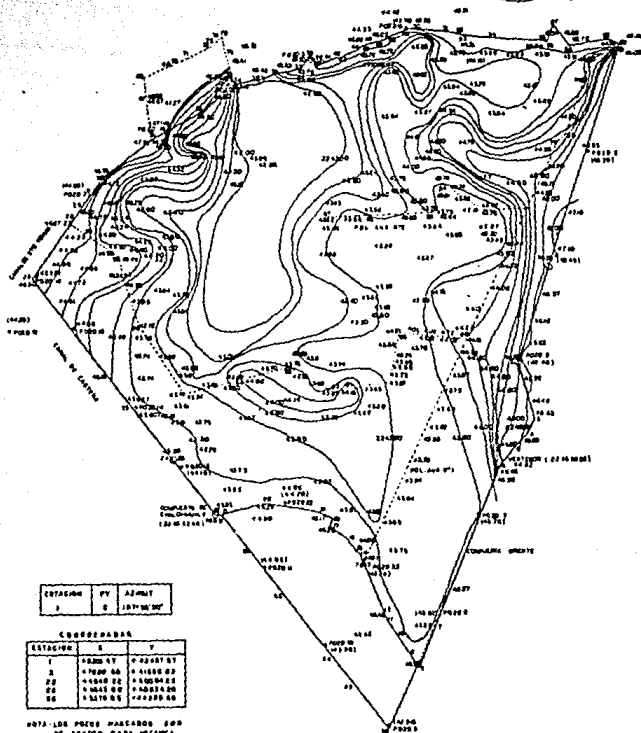
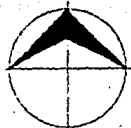
Actualmente se ejecuta la obra de Sobreelevación del Bordo Perímetro de la Laguna, para aumentar su capacidad de 13 100 millones de metros cúbicos, consistente en la construcción de un nuevo Bordo dentro de ella de sección variable con promedio de 7.50 Mts. de altura del terreno natural a su corona, con una longitud de 18,648 Mts.

La formación del Bordo se hace con material de bancos de préstamo, previamente estudiados y aprobados por la S.A.R.H. de arcilla de alta plasticidad e impermeabilidad, ubicados dentro del Vaso de la Laguna.

La sección Tipo, consiste en una corona de 6.00 Mts. con talud de 2.5:1, la base de desplante es variable de acuerdo a las características del terreno. Del Km. 0+000 al Km. 7+150 y del Km. 17+000 al 18+648, el bordo se construye con bermas en ambas partes del Bordo, con un ancho de 12.00 mts., pendiente del 2% y talud de 5:1, del Km. 7+150 al 17+000, se construye sin bermas.

Como el subsuelo de la región en gran parte está constituido por arcillas de alta compresibilidad, se llevaron al cabo una serie de sondeos de mecánica de suelos y varios diseños:

El primer estudio, realizado en agosto de 1960, consiste en 23 sondeos de tipo alterado, distribuidos en todo el perímetro de como se encontraba el Bordo, que fueron efectuados con tubo partido, los cuales proporcionaron una primera idea de la estratigrafía existente en la región, mediante pruebas de penetración estandar y pruebas de límites de consistencia y contenidos de humedad, estos suelos se pueden clasificar desde el punto de vista estratigráfico, en tres zonas características:



ESTACION	PY	AZIMUT
1	0	107°30'00"

COORDENADAS

ESTACION	X	Y
1	+6280 47	+42487 67
2	+7020 86	+41658 03
23	+6448 22	+41004 85
24	+6445 80	+40823 08
25	+6218 95	+40220 88

NOTA: LOS PUNOS MARCADOS SON DE SERVIDO PARA MEDICION DE SUAVES

TOPOGRAFIA DE LA LAGUNA DE ZUMPANGO.

CH-0-2-100

Suelos Límo-arenosos muy compactos (resistencia a la penetración superior a 50 golpes).

Estratos superficiales de arcillas de alta compresibilidad que llegan a alcanzar hasta 6 M., a partir del nivel del terreno natural; y estratos del orden de 3 Mts. de espesor de arcillas de alta compresibilidad ubicadas por debajo de estratos de toba de 2 a 5 Mts. de espesor.

Por lo anterior, se llega a la conclusión que el proyecto era factible y de que será necesario programar una serie de muestreos, tanto alterados como inalterados, para efectuar todas las pruebas necesarias, y así la elaboración del diseño.

En octubre de 1963, se llevó a cabo un nuevo programa de sondeos y pruebas de laboratorio para producir el primer diseño e identificar posibles bancos de préstamo. Los sondeos efectuados en el perímetro del Bordo fueron 9 de tipo inalterado y 210 de tipo alterado. Estos últimos fueron de solo 1 Mt. de profundidad, tomados con posteadora, con el objeto de explorar la posibilidad de usar dichos materiales en la sobreelevación de los Bordos. Con las muestras inalteradas se efectuaron pruebas de identificación, compresión directa, triaxiales consolidadas-rápidas, límites de consistencia y permeabilidad.

Respecto a las muestras integrales obtenidas de los 210 sondeos alterados, una vez clasificadas visualmente y al tacto, en húmedo y seco, se les determinó el contenido natural de agua, zonificando los bancos de préstamo, de acuerdo con los distintos tipos de suelo.



A la vista de los resultados de las pruebas de laboratorio y si guiendo métodos de diseño convencionales, se produjo el primer diseño para la sobreelevación de los bordos.

En febrero de 1964 se efectuó el tercer estudio, consistiendo en 10 sondeos de tipo alterado con pruebas de penetración estandar en el campo y pruebas de contenido de humedad y límites de consistencia en el laboratorio.

EN RESUMEN LOS ESTUDIOS GEOLOGICOS EFECTUADOS FUERON:

1ro.- (Agosto 1960) - 23 sondeos tipo alterado, proporcionando - idea sobre la estratigrafía existente en la región. Pruebas de penetración estandar, límites de consistencia y contenidos de humedad, dando como resultado la clasificación de estos suelos:

- a) Limo-Arenosos muy compactos.
- b) Arcillas de alta compresibilidad.
- c) Toba.

Conclusión: Con este estudio se determinó la factibilidad del Proyecto.

2do.- (Octubre 1963) - Nuevo programa de sondeos y pruebas de laboratorio, dieron como resultado el primer diseño del proyecto y la identificación de los posibles bancos de préstamo.

Sondeos: 9 de tipo inalterado y 210 tipo alterado.

Dando como resultado el primer diseño de Sobreelevación del Bordo.

3ro.- (Febrero 1964) - Consistió en 10 sondeos tipo alterado, - con pruebas de penetración estandar, contenido de humedad y límites de consistencia. En base a estos estudios, se pidió la colaboración del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. dando como resultado el 4o. estudio.

4to.- (Mayo 1964) - Referente a pruebas especiales que son:

- a) Influencia del secado sobre los límites de consistencia.
- b) Análisis térmico diferencial.
- c) Ciclos repetidos de consolidación.
- d) Consolidación a largo plazo.

Con esto se hicieron las siguientes correlaciones:

- 1) Entre resistencia y tiempo a la falla.
- 2) Entre esfuerzo desviador y deformación triaxial unitaria a humedad constante.
- 3) Entre resistencia y humedad.
- 4) Entre resistencia y presión confinante.
- 5) Entre deformación angular y esfuerzo tangencial.
- 6) Entre velocidad angular tangencial y esfuerzo tangencial.
- 7) Elaboración gráfica de envolventes de resistencia bajo diferentes criterios de falla.

5to.- (Octubre 1964) - Estudios efectuados con la misma finalidad que la anterior.

6to.- (Diciembre 1964) - Elaborado por el Ing. Daniel Resendiz, Instituto de Ingeniería U.N.A.M. informe titulado "Laguna de Zumpango, estudio para la Sobreelevación de los Bordos", dando como resultado el segundo diseño, que es considerablemente más económico que el primero.

En vista de la imposibilidad de introducir en los métodos de análisis disponibles un gran número de factores geológicos, y con objeto de hacer la obra segura y fuera de toda duda razonable, se propuso construir un bordo de prueba a escala natural, que produjera las características esenciales de la sección del segundo diseño.

ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE TERRAPLENES DE PRUEBA DE MATERIAL IMPERMEABLE.

- 1.- Se deberá construir un terraplén para cada tipo de compactador por utilizar.
- 2.- Verificar el contenido de humedad natural del material.
- 3.- Hacer un almacenamiento de material con humedad adecuada y volumen suficiente para la construcción del terraplén de prueba.
- 4.- Elegir un sitio cercano a la obra para la construcción.
- 5.- Limpiar y nivelar el sitio del desplante.
- 6.- La longitud será de 50.0 m. y de ancho suficiente para el tránsito del equipo (aproximadamente 5.0 m).
- 7.- La altura dependerá del número de capas (de 6 a 8). Conforme avanza la construcción se formarán taludes a los lados y rampas en los extremos para facilitar el acceso del equipo de construcción.
- 8.- Obtención del material del banco.

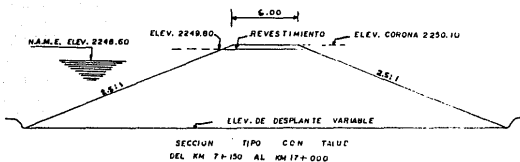
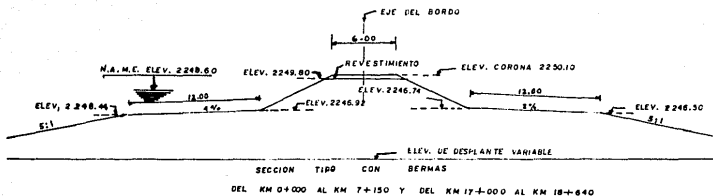
- 9.- Acarreo del material al sitio de construcción.  
El tiro de material debe hacerse en montículos espaciados - de tal manera que al extenderlos, la capa floja de material tenga un espesor de 20 cm. aproximadamente.
- 10.- El material se colocará con un contenido de humedad de 2% superior al óptimo.
- 11.- La zona central se dividirá en 5 partes iguales de 10.0 m, compactando cada parte con diferente número de pasadas del equipo (4 pasadas a la parte 5, 6 a la 4 etc., hasta dar - 12 pasadas a la parte 1). Dejando una zona de seguridad -- (rampa) al final del terraplén de 6.0 m. y una de 8.0 m. al principio para maniobras del equipo.
- 12.- Las pruebas de calas volumétricas se realizarán a partir de la capa número 6, en cada zona correspondiente a un determinado número de pasadas, obteniendo: peso volumétrico seco, contenido de humedad y grado de compactación (aproximadamente 5 calas por zona).
- 13.- EL punto 11 se repite de acuerdo al número de capas.
- 14.- Construir gráficas de grado de compactación contra número - de pasadas, indicando el contenido de humedad de colocación.

Las características y detalles de las secciones tipo para sobre-elevar el bordo, se indican en el anexo.

Aparecen en seguida los volúmenes y conceptos principales para dichos trabajos.

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNI DAD	CANTIDAD PROYECTO	OBSERVACIONES
Despalme de Bancos de Préstamo.	M3	1'100,000	
Excavación para desplante de Bordos	M3	1'770,000	
Formación de Bordos o Terraplén compactado	M3	4'200,000	
Revestimiento de la Corona. (Tezontle)	M3	37,000	
Protección Talud interior del Bordo con lámina Rhino-Hide	M2	500,000	Actualmente se está probando con otro material.
Protección Talud exterior del bordo con pasto	M2	450,000	

SOBREELEVACION BORDO PERIMETRAL



ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Al inicio de la obra en 1980, se contempló la protección interior con lámina de Rhino-Hide, que en aquel entonces su costo era más o menos adecuado, pero actualmente ya no lo es, por lo que se están ejecutando dos muestreos de 400 Mts. lineales cada uno para seleccionar posteriormente otro tipo de material adecuado, que cumpla con la protección contra el oleaje al talud interior.

Uno de los muestreos es con un producto denominado "Vinimanta", de 12.0 Mts. ancho por 48 Mts. largo y espesor de 1.5 mm. de color negro. El otro producto se denomina "Lámina de polietileno de alta densidad" de 10.0 Mts. ancho por 48 Mts. largo y espesor de 2.0 mm. de color negro.

Para lograr el óptimo avance y rendimiento en la ejecución de la obra, así como seleccionar el equipo para los trabajos de compactación de las arcillas al 95% de la prueba proctor S.A.R.H., así como el 2% de humedad arriba de la óptima, fue de importancia -- los resultados de las pruebas prácticas de los terraplenes de -- prueba, logrando concluir que el equipo idóneo para la sobre-elevación del bordo es:

- 1.- Compactador Pata de Cabra 815
- 2.- Motoconformadora
- 3.- Montacargas y/o Traxcavo
- 4.- Camiones Pipa
- 5.- Bombas para Agua
- 6.- Camión Volteo

Requiriéndose de éstos el número de unidades que fuera necesario.



Al inicio de la obra en 1980, se contempló la protección interior con lámina de Rhino-Hide, que en aquel entonces su costo era más o menos adecuado, pero actualmente ya no lo es, por lo que se están ejecutando dos muestreos de 400 Mts. lineales cada uno para seleccionar posteriormente otro tipo de material adecuado, que cumpla con la protección contra el oleaje al talud interior.

Uno de los muestreos es con un producto denominado "Vinimanta", de 12.0 Mts. ancho por 48 Mts. largo y espesor de 1.5 mm. de color negro. El otro producto se denomina "Lámina de polietileno de alta densidad" de 10.0 Mts. ancho por 48 Mts. largo y espesor de 2.0 mm. de color negro.

Para lograr el óptimo avance y rendimiento en la ejecución de la obra, así como seleccionar el equipo para los trabajos de compactación de las arcillas al 95% de la prueba proctor S.A.R.H., así como el 2% de humedad arriba de la óptima, fue de importancia -- los resultados de las pruebas prácticas de los terraplenes de -- prueba, logrando concluir que el equipo idóneo para la sobre-elevación del bordo es:

- 1.- Compactador Pata de Cabra 815
- 2.- Motoconformadora
- 3.- Montacargas y/o Traxcavo
- 4.- Camiones Pipa
- 5.- Bombas para Agua
- 6.- Camión Volteo

Requiriéndose de éstos el número de unidades que fuera necesario.

Otra de las obras de importancia en este Proyecto, además principal, para el objetivo de riego, es la Planta de Bombeo Zumpango, localizada en el Km. 14+016 del bordo perimetral de la Laguna de Zumpango, con una capacidad para proporcionar un gasto total de 12 M3/Seg. para lo cual se instalarán 6 bombas con gasto de 2 -- M3/Seg. cada una estando integradas por 3 zonas.

#### Zona 1.- ESTRUCTURA DE ENTRADA

Esta zona cuenta con dos muros alabeados de entrada -- (lateral y frontal), tanto en margen derecha como en -- margen izquierda de concreto armado con elevación a la corona del bordo.

#### Zona 2.- REJILLAS.

Esta zona consta de seis vanos, dando se instalaran -- seis rejillas con vano módulo, las cuales servirán para retener la basura que trae el agua al entrar a la es- - tructura.

#### Zona 3.- CARCAMO.

Esta zona también está constituida por seis vanos, donde se instalará en cada uno un equipo de bombeo.

A nivel de elevación de la corona del bordo se construye - la caseta de operación, conservación y mantenimiento de - esta estructura.

En ambas márgenes de la estructura se construyen ensanchamientos del bordo, para alojar la subestación de energía eléctrica en una de ellas y en la otra un estacionamiento para vehículos de conservación y operación.

Para tener acceso directo a esta Planta de Bombeo, se construye un camino con una longitud de 300 Mts. de la carretera Zumpango-Huehuetoca, que en el cruce con el Dren Zitlaltepec, se construya una alcantarilla de 12 M3/Seg.

Para que esta obra civil pueda entrar en operación, se requiere de la construcción de sus obras auxiliares: Subestación eléctrica con su línea de alimentación, equipo de bombeo con su sistema electromecánico, grúa móvil y compuerta de emergencia. Así como las Líneas de conducción de 1.83 - Mts. Ø, de esta planta a la descarga del canal principal, - Miguel Hidalgo, con una altura por elevar de 65 Mts. del nivel de operación de la planta.

Continuando con la descripción de las obras principales que integran este proyecto, tenemos ahora, el Vertedor de Demasías y -- Desagüe de Fondo.

Es un Vertedor tipo Creager, localizado en el Km. 12+230 del bordo perimetral de la Laguna de Zumpango, con las siguientes características:

Elevación Cresta Vertedora	2248.60
N.A.M.E.	2249.35
Carga máxima sobre la Cresta	0.75 Mts.
Ancho de la Cresta	20.00 Mts.
Gasto máximo de descarga del Vertedor	28.00 M3/seg.
Toma de Fondo (Ancho)	3.00 Mts.
Tubo Concreto reforzado	1.83 Mts. de Ø
Elevación Toma de Fondo	2244.00
Gasto máximo de descarga de Desagüe de Fondo	22.00 M3/seg.

El objetivo del Vertedor es el de darle seguridad al bordo que forma la Laguna, y el de la toma de fondo, la de que en una emergencia se pueda bajar el nivel del agua dentro de la Laguna con mayor rapidez.

#### Obras de Toma Complementarias:

Existe una Obra de Toma denominada Compuerta "Oriente", localizada en el Km. 7+154 del Bordo Perimetral con un gasto  $Q = 3M3/Seg.$ , la cual dará riego a la Zona Jaltenco.

Adicional a la Toma antes mencionada, existen tres Toma denominadas Dique I, II y III; localizadas en el Km. 12+800; Km. 13+500 y 15+000, respectivamente, del bordo perimetral a la Laguna de - Zumpango, éstas darán riego a la zona de San Juan Zitlaltepec.

Todos los beneficios logrados o mencionados, están incluidos en el global de 24,600 Has. nuevas al riego del Distrito de Riego - Los Insurgentes.

**CAPITULO IV**

**CONCLUSIONES**

---

CAPITULO IV  
CONCLUSIONES

En términos generales el proyecto es ambicioso e interesante, - aunque considero que se dejaron guiar por las decisiones políticas y no por las técnicas, ya que era un proyecto programado -- para año y medio inicialmente 1980-1981, a la fecha, aunque el avance en el bordo es el 90% aún falta lo más importante que es el Canal Santo Tomás, el cual alimentará a la Laguna de Zumpango.

Como decía anteriormente las decisiones han sido meramente políticas, por los conflictos sociales presentados, faltando mucha, planeación en las obras realizadas a la fecha.

El Canal Santo Tomás debió de ser lo primero que se atacara; ya que logrará uno de los beneficios primarios a realizar, pues - por el mismo fluye agua de la cual se riegan 5,300 Has. en temporada de secas, como son las unidades de riego: Santo Tomás, Calliacac, Castera, Jalpilla y parte de Coyotepec. Por otra parte, debido a que cuando se construyeron los bordos del mismo, éstos no fueron compactados, teniendo además en sus 3 Km., muchos lunares de arena, ha propiciado caídas o deslaves al interior del propio canal y además infiltraciones considerables.

Por otra parte y continuando con el mismo Canal Santo Tomás, el proyecto original, consistía en la construcción de dos estructuras de concreto armado en forma de "L" encontradas y armado exclusivamente en el lecho exterior, además una losa intermedia de las "L" para evitar que se cierre la sección hidráulica, éste -

fue modificado debido a la experiencia del colapso de 100 Mts. - de estructura del Km. 2+335 al Km. 2+235 (construido en 1988 y - colpasado el mismo año), aunque cabe hacer notar que debido a la decisión de introducir agua a la Laguna por el Canal, estando en proceso constructivo, dicha estructura, trabajó en condiciones - desfavorables ya que no tenía los rellenos exteriores que le ser virían como respaldo. Esto dió lugar a un nuevo diseño, siendo ahora una estructura en forma de "U" y armado por los dos lechos, con una losa de dos parrillas y espesor de 70 cm. en todo lo ancho de la plantilla del Canal, lo cual incrementa el Proyecto - original en un 250% el consumo de acero de refuerzo y en un 70% el consumo de cemento debido al incremento de la fabricación de concreto. Lo anterior, como el hecho de mantener el Proyecto -- hasta la fecha, encarecen en mucho el costo de la misma.

Se plantea por compromiso político, la construcción de una planta de tratamiento de aguas, ubicándola sobre el Canal Santo, -- 300 Mts. antes de entrar a la Laguna, arrojando un costo superior a los 150,000 millones de pesos, lo cual considero, que debido a que el agua que entra a la Laguna es prácticamente buena para los fines de riego como lo marca el Proyecto, dicha planta no tiene razón de ser, por lo tanto, esto encarece la obra.

Adentrándonos ya a lo que son las obras principales del propio - Vaso de Almacenamiento o Laguna, existe el Vertedor de demasías, que como se menciona en el Capítulo I, se construyó la estructura Derivadora de las Obras de Toma Santo Tomás y Cuautitlán, su función es pues de regular las avenidas para conducir las por el Canal Santo Tomás y que entren a la Laguna, por lo tanto, considero que el Vertedor ya construido, no tiene ninguna razón de -- ser pues el Vaso no le entrará más agua que la que se regule por las Tomas.



Por otra parte, actualmente se están efectuando pruebas para el recubrimiento interior de la Laguna y proteger al Bordo contra el oleaje y por consecuencia la erosión, pero se está haciendo parcialmente ya que el Va tiene un tirante de 2.0 Mts. de agua e inunda parte de lo que debe cubrir dicho revestimiento estas pruebas darán como resultado posterior, la elección de la empresa y/o el material a utilizar para el recubrimiento interior, -- aunque antes de colocarlo, deberán bajar el nivel de agua, y tratar o preparar de nueva cuenta parte de la zona interior donde se colocará posteriormente el material, como lo indica el Proyecto.

El material originalmente contemplado para colocarse es el Rhino Hide, que es un material a base de fibra de vidrio y lo fabrica exclusivamente "Protexa", fue desechado por ser actualmente in--costeable, aunque cabe hacer notar que a pesar de ésto, el material que se elija como el indicado para ser colocado, no será -- del todo económico que digamos.

NOTA: El material Rhino-Hide, lo fabrica en exclusiva Protexa y tiene la característica de no deformarse a temperatura ambiente elevada, resiste soluciones ácidas ao alcalinas y -- disminuye los efectos de abusos mecánicos. Se fabrica en placas con espesor de 6.5 ó 13 mm., ancho de 0.91 M. y largo entre 1.5 y 3.0 Mts. (el utilizado en algunos tramos -- fue en láminas de 8 mm. de espesor, 0.91 Mts. ancho y 3.0 Mts. de largo).

Ampliando un poco más la mencionada falta de planeación, existe un aspecto que actualmente ya está creando un verdadero problema, que inicialmente se planteo como poco importante, pero ahora viene a encarecer, en mucho, el Proyecto, ésto es el problema de la reproducción del lirio acuático que actualmente ya existe en un 70% del área mojada del Vaso, que son aproximadamente 1,300 Has.

Por otra parte, debido a la falta de vigilancia en la zona de la Laguna, como ya se mencionó en el capítulo III que en la zona -- exterior del Bordo se cubrirá con pasto tipo alfombra, el ganado o animales de la zona entra y causa daños al propio Bordo y al mismo pasto, para lo cual se determinó proteger toda la periferia del Bordo con cerca de alambre de púas de tres hilos, pero no funciona, ya que a pesar de ello muchas zonas de esta hilada ya las han deteriorado, y el ganado o los animales siguen entrando sin control.

Otras de las causas que han encarecido el Proyecto, es sin duda la decisión, por compromisos políticos, de introducir agua al -- Vaso de la Laguna en épocas de lluvias, por el Canal Santo Tomás sin estar terminada la obra, ocasionando rehacer las ataguías, - desazolve, limpieza del acero colocado y por supuesto el bombeo o desagüe en la zona del Canal donde se ubicará la estructura.