5135

DESCARTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

Sistema de Lagunas de Estabilización para el Tratamiento de las Aguas Negras de Tlaltizapan, Morelos

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA EL PASANTE

Ulises Aguilera Hernández

1973

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

FACULTAD DE INGENIERIA
Exámenes Profesionales
Núm.40-585
Exp. Núm. 40/214.2/

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Al Pasante señor Ulises AGUILERA HERNANDEZ,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Ubaldo Bonilla Domínguez, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS DE TLALTIZAPAN,MORELOS".

I. Introducción.

II. Factores climatológicos e hidrológicos.

III. Sistema de alcantarillado y características de las aguas negras.

IV. Sistemas de tratamiento de aguas negras mediante lagunas de estabilización.

V. Factibilidades económicas y técnicas.

VI. Diseño del sistema más adecuado y análisis de costos.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 4 de Febrero de 1972
EL DIRECTOR

Dr. Juan Casillas G. de L.

JCGL'GSA'mrg.

A LA MEMORIA DE MIS PADRES,

Y HERMANO.

A MI ESPOSA E HIJOS.

A MIS HERMANAS.

A MIS MAESTROS.

AL ING. UBALDO BONILLA DOMINGUEZ.

Por su atinada dirección.

A MIS AMIGOS.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS DE LA CD. DE -- TLALTIZAPAN, MOR.

C O N T E N I D O

		Pag.
1.-	GENERALIDADES	
1.1	Introducción	1
1.2	Descripción de la Zona	1
1.3	Crecimiento Demográfico	3
2.-	FACTORES CLIMATOLOGICOS E HIDROLOGICOS	7
3.-	SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS NEGRAS	
3.1	Descripción del Sistema	11
3.2	Gastos en la Descarga	13
3.3	Localización del Sitio de Tratamiento	14
3.4	Características Físicas, Químicas y Biológicas de las Aguas Negras	14
4.-	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS MEDIANTE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.	
4.1	Lagunas de Oxidación	17
4.2	Lagunas Anaerobías	19
4.3	Lagunas Facultativas	20
4.4	Lagunas Aireadas	21
4.5	Otros Tipos de Lagunas	21
5.-	FACTIBILIDADES TECNICAS Y ECONOMICAS.	
5.1	Aspectos Constructivos.	23
5.2	Características de los Efluentes y Eficiencias de las Lagunas	26

Pág.

5.3 Operación y Mantenimiento de Lagunas de Estabilización. 28
5.4 Aspectos Económicos 30
5.5 Selección del Método y Sistemas de Tratamiento 31

6.- DISEÑO DEL SISTEMA DE LAGUNAS Y ANALISIS DE COSTOS.

6.1 Parámetros y Fórmulas de Diseño 33
6.2 Datos de Diseño 35
6.3 Diseño Preliminar 36
6.4 Diseño y Revisión del Funcionamiento de las Lagunas 40
6.5 Estructuras Especiales 45
6.6 Catálogo de Obra y Presupuesto 46

7.- APENDICE 50

8.- BIBLIOGRAFIA 56

9.- TABLAS 57

10.- FIGURAS 58

1.- GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION.-

Debido a la importancia que en nuestro país y en todo el mundo se ha dado a últimas fechas al control de la contaminación de las corrientes, especialmente por lo que se refiere a los métodos de disposición de las aguas negras de poblaciones pequeñas, resulta conducente analizar la factibilidad y aplicar el Método de Lagunas de Estabilización a las aguas de desecho de Tlaltizapán, Mor.

El uso eficiente de Lagunas de Estabilización requiere de condiciones climatológicas especiales, así como de la disponibilidad de extenciones substanciales de terreno a bajo precio, para su aplicación. Estos requerimientos se satisfacen plenamente en las poblaciones rurales y semi rurales de nuestro país, dando por resultado, en comparación con otros métodos de tratamiento, más bajos costos tanto de construcción como de operación y mantenimiento.

En este trabajo se presenta el procedimiento seguido en el diseño de un sistema de lagunas facultativas aplicado al caso de Tlaltizapán, Mor. y el análisis de costos de construcción respectivo. Este estudio complementa el proyecto de alcantarillado para aguas negras elaborado para dicha población por la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

1.2 DESCRIPCION DE LA ZONA.

La ciudad de Tlaltizapán se encuentra situada al Sur del Estado de Morelos, en la confluencia de los ríos Yautepec y Agua Dulce, en la zona denominada

de los balnearios, a 11 Km. al Noreste de la población de Zacatepec, 15 Km. al Noreste de Jojutla y 6 Km. al Poniente del centro recreativo Las Estacas. - Sus coordenados geográficos son 18° 41' Latitud Norte y 99° 08' Longitud - Oeste; su altitud es de 940 m. sobre el nivel del mar. (Fig. No. 1).

Tlaltizapán es la cabecera del municipio del mismo nombre. Su importancia - se ha visto incrementada en los últimos años por estar situada en una de las zonas principales del beneficio de la caña, que además presenta grandes atractivos turísticos.

La población cuenta con servicios de telégrafos, correo, radio, energía eléctrica y agua potable. En la ciudad se encuentran tres escuelas primarias, una secundaria, una preparatoria, así como un centro de adiestramiento del IMSS. Los servicios médico-sanitarios incluyen una clínica del IMSS, un Centro de - Salud de la Secretaría de Salubridad y Asistencia y un Hospital Infantil. La - Secretaría de Agricultura y Ganadería mantiene en la región un Centro de Investigación para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo.

Desde el punto de vista cultural e histórico, Tlaltizapán se enorgullece de contar con el mejor museo de la región, de la Revolución de 1910, dignamente denominado "EMILIANO ZAPATA".

Tlaltizapán se comunica con las poblaciones de Cuautla, Yautepec y Zacate - pec, todas en el Estado de Morelos, mediante carreteras asfaltadas de segundo

orden y por medio del ferrocarril de vía angosta que va de Puente de Ixtla a la ciudad de Cuautla.

La principal actividad y fuente de ingresos económicos de la población es la agricultura, en la que predomina el cultivo de la caña, seguido por el del maíz y el frijol.

Otros renglones de ingreso son la ganadería practicada en pequeña escala, los servicios municipales, el comercio y algunas pequeñas industrias y artesanías.

La topografía de la ciudad (Fig. No. 2) es de tipo accidentada, localizándose en la zona central, un parteaguas sobre la calle Guerrero, que determinados zonas de escurrimiento, una en el Oriente que drena hacia el río Yautepec y la otra, al Poniente, que drena al río Agua Dulce, ambos afluentes del río Balsas. Al Norte de la población está localizada la zona más accidentada, en la cual se presentan fuertes pendientes. La zona Suroeste presenta ligeras elevaciones.

1.3 CRECIMIENTO DEMOGRAFICO.

La expansión demográfica de la población de Tlaltizapán sigue una tasa de crecimiento mayor que la observada en la República Mexicana, según se observa en el siguiente cuadro:

CENSOS		TASA DE CRECIMIENTO	
AÑO	POBLACION	TLALTIZAPAN	REP. MEXICANA
1921	798		
1930	1,433		
1940	1,966		
1950	2,914	4.8	3.1
1960	4,308	4.8	3.5
1970	9,802	12.7	3.9

Para determinar la población futura de proyecto, se fijó un período económico de obra de 20 años. La extrapoblación se efectuó usando el modelo geométrico de crecimiento, por ser el que se ajusta mejor a la tendencia observada en los datos censales. (Fig. 3).

La rapidez de crecimiento según el modelo geométrico se expresa mediante:

$$\frac{dy}{dx} = Ky \quad \text{——} \quad (1.1)$$

$\frac{dy}{dx}$ _ Incremento de la población.

K — Tasa de rapidez de crecimiento.

Y _ Población.

Despejando e integrando:

$$\int_{y_o}^{y} \frac{dy}{y} = \int_{x=o}^{x} K\,dx$$

$$\left[\text{Ln } Y\right]_{y_o}^{y} = K\left[x\right]_{o}^{x}$$

$$\text{Ln } \frac{y}{y_o} = Kx$$

$$\frac{y}{y_o} = e^{Kx} \quad ; \quad Y = Y_o\, e^{Kx} \quad \text{————————} \quad (1.2)$$

Tomando logaritmos y sumas:

$\Sigma \, Ln \; y - n \, Ln \, Yo = K \, \Sigma x$

de donde

$$K = \frac{\Sigma \, Ln Y - n \, Ln \, Yo}{\Sigma x} \qquad (1.3)$$

La aplicación de la fórmula 1.3 a los datos censales de 1930 a 1970 de Tlaltizapán, Mor. conduce a:

AÑO	X	POB. Y	Ln Y
1930	0	1433	7.2676
1940	10	1966	7.5837
1950	20	2914	7.9774
1960	30	4308	8.3684
1970	40	9802	9.1904
SUMA:	100		40.3875

$$K = \frac{40.3875 - 5 \; (7.2676)}{100} = 0.0405$$

valor que sustituído en la fórmula 1.2, permite extrapolar la población para el año de 1990,

$$Y = 1433 \; e^{0.0405 \; (60)}$$

$$Y = 16,264 \text{ hab.}$$

Tomando ahora en consideración los censos de 1940 a 1970 se tiene:

AÑO	X	POB. Y	Ln
1940	0	1966	7.5837
1950	10	2914	7.9774
1960	20	4308	8.3684
1970	30	9802	9.1904
SUMAS	60		33.1200

$$K = \frac{33.1200 - 4 \ (7.5837)}{60} = 0.04642$$

Substituyendo en 1.2

$$Y = 1966 \ e^{0.04642 \ (50)}$$

$$Y = 20,053 \text{ Hab.}$$

El promedio de los dos valores obtenidos, redondeado a la segunda cifra significativa se eligió como población de proyecto, la que resulta ser 18,000 - habitantes.

2.- FACTORES CLIMATOLOGICOS E HIDROLOGICOS.

El método de autodepuración de aguas negras mediante Lagunas de Estabilización está íntimamente relacionado con las condiciones climatólogicas e hidrológicas, a saber: precipitación, temperatura, insolación, evaporación y vientos, por lo que es de vital importancia el estudio y determinación de sus valores ya que, intervienen como parámetros en el diseño de las lagunas.

Los datos respectivos fueron proporcionados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, según registros de las estaciones climatológicas establecidas en Tecomalco, Ticuman y Zacatepec, poblaciones aledañas a Tlaltizapán (Fig. 1), de los que se derivaron mediante interpolación por coordenadas, los datos correspondientes a Tlaltizapán.

PRECIPITACION PLUVIAL.

Este factor es importante ya que, la lluvia que cae directamente sobre la superficie de la laguna representa agua prácticamente limpia que diluye las aguas negras disminuyendo la concentración de DBO en este cuerpo de agua.

TEMPERATURA.

La temperatura influye directamente en la rapidez de las reacciones químicas y biológicas, a temperaturas mayores de 35°C se presentan efectos nocivos tales como: proliferación de algas verdiazules que originan manchas superficiales y producen disminución de la actividad de las algas verdes; aumento del --

ritmo de consumo de oxígeno por las bacterias y de producción de gases en el sedimento bental. A temperaturas inferiores a 4°C la actividad de algas y bacterias se hace insignificante.

La gama de variación de la temperatura para el proceso adecuado de autodepuración de las lagunas está comprendida entre 4°C y 35°C.

INSOLACION.

El proceso fotosintético de las algas se realiza en presencia de luz, con lo que se favorece el proceso de oxigenación del agua.

La oxigenación por intercambio a través de la superficie expuesta representa una muy pequeña parte si se compara con la aportación realizada de las algas; de aquí la importancia de conservar libre de sombras el area de la laguna.

EVAPORACION.

Este factor también es de suma importancia ya que, al disminuir el volumen de aguas negras, aumenta la concentración de DBO modificando las características de los efluentes, eficiencias y tiempos de retención. La altura de evaporación es generalmente mayor que la de precipitación, lo cual ocurre en el caso de Tlaltizapán.

Es evidente que los tiempos de retención deben ser calculados considerando el gasto influente de aguas negras, y los respectivos a precipitación, evaporación

e infiltración.

VIENTOS.

El viento interviene en el proceso de depuración en las lagunas en forma mecánica, provocando una mezcla del agua almacenada que ayuda a una mejor --- aireación en la zona superficial, además, gracias a los vientos se tiene una mejor distribución de los nutrientes que utilizan las algas, lo cual favorece a su -- crecimiento y reproducción.

Se considera que para que el viento produzca una acción efectiva de mezclado, es necesario que para su velocidad sea mayor a los 50 Km/Hr.

La dirección del viento debe tomarse en cuenta en el diseño, para evitar el -- transporte de olores producidos por la descomposición anaerobia y los propios - de las A.N. a los centros de población.

La población de Tlaltizapán presenta las siguientes características climatológicas e hidrológicas:

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL:	
Mes más frío Enero	19.9°C
Mes más caliente Mayo	27.4°C
PRECIPITACION PLUVIAL:	
Enero	30 m.m.
Mayo	45 m.m.
EVAPORACION:	
Enero	1.5 m.m.
Mayo	2.9 m.m.
Dirección: Vientos	N - NE

En las tablas 1 a 5 se presentan ejemplos de registro de los datos climatológicos e hidrológicos a partir de los cuales, según se explicó anteriormente, se obtuvieron los parámetros anotados arriba.

3.- SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS NEGRAS.

3.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA.-

Para la población de Tlaltizapán se adoptó el sistema separado para aguas negras, tomando en consideración los siguientes aspectos:

a).- Que se pretende dar tratamiento a las aguas servidas.

b).- El bajo potencial económico de la población, ya que ésta practicamente no cuenta con industrias que eleven el ingreso bruto per capita.

c).- Que las aguas de lluvia pueden ser desalojadas por escurrimiento superficial, aprovechando la topografía de la ciudad, ya que se cuenta con suficiente pendiente en casi toda la población y el vertido de los escurrimientos se puede hacer rápidamente en corrientes naturales que la circundan.

A pesar de que en el plano topográfico se definen dos zonas de aportación, una hacía el río Yautepec y otra hacía el río Agua Dulce, el proyecto de la Secretaría de Recursos Hidráulicos se forzó para tener una sola descarga, tomando en consideración que se dará tratamiento a las aguas servidas.

Las tuberías principales de la red son, un Colector principal que tiene una longitud de 140 m. de tubería de 38 cm. de diámetro y 1 115 m. de tubería de 45 cm. de diámetro que se inicia en el cruce de las calles Zaragoza y Nicolás

Bravo para seguir por ésta, con sentido de escurrimiento Norte-Sur hasta su - entronque con la calle Corregidora por la que continúa con sentido de escu-- rrimiento Oriente Poniente hasta su descarga en el Emisor.

Otra tubería principal de la red es el Sub-colector que se localiza sobre la - calle Independencia con sentido de escurrimiento de Oriente Poniente, que - tiene su origen en el cruce de la calle Miguel Hidalgo y descarga sus aguas - al Colector principal. Su diámetro es de 30 cm. y su pendiente de 2 milésimos.

Tanto en el diseño del Colector principal así como del Sub-Colector, se cuidó principalmente que las velocidades mínimas no fueran menores que las permitidas por la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

El trazo de las atarjeas se hizo indistintamente en forma de peines y bayonetas, predominando los primeros, dadas las características topográficas de la ciudad. Su diámetro corresponde al mínimo permitido o sea 20 cm., y se cuidó en la -- zona de topografía accidentada que sus pendientes no determinaran velocidades mayores a 3.00 m/seg. a tubo lleno. (Fig. 4).

El Emisor consiste de un tramo que trabaja por gravedad y otro tramo a presión, éste último con el objeto de tener carga suficiente para entregar las aguas a - la elevación necesaria en la caja de entrada a las Lagunas de Estabilización.

El primer tramo del Emisor o sea el de gravedad, tiene una longitud de 168 m. de tuebería de concreto simple de 45 cm. de diámetro con 32 milésimos de -- pendiente en sus primeros 92 m., y 15 milésimos de pendiente en sus restantes 76 m. Se inicia en el cruce de las calles Corregidora y Aquiles Serdán, paralelamente a la carretera a Tlalquiltenango, yendo a descargar sus aguas a una caja, en donde se inicia el Emisor a presión con tubería de asbesto cemento - clase A-5 con una longitud de 490 m., que verterá finalmente sus aguas a la Laguna de Tratamiento (Fig. 5).

3.2 GASTOS EN LAS DESCARGAS.

Las fluctuaciones de gasto de aguas negras fueron valuadas mediante la fórmula de Harmon, para estimar los gastos máximos instantáneos en un tramo determinado del Colector o Sub-colector.

En base a la población de proyecto (18,000 habitantes) a la dotación fijada - (200 lts/hab/día) y considerando un coeficiente de aportación del 75%, el - gasto medio de aguas negras, de acuerdo con la fórmula :

$$Q \text{ medio} = \frac{\text{Población x Dotación } (0.75)}{86,400}$$ resulta ser de 31.2 Lts/seg.

El gasto mínimo, de acuerdo con el criterio de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, es igual a la mitad del gasto medio ó sea 15.6 Lts/seg.

El coeficiente de Harmon, para determinar el gasto máximo se determina con la fórmula:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

P - Población en miles de habitantes.

M - Coeficiente de Harmon, que para una población de 18,000 habitantes resulta ser igual a 2.7; por lo tanto es:

31.2 Lts/seg. x 2.7 = 84.4 Lts/seg., por lo que el volumen de aguas negras producido diariamente será:

$$\frac{31.2 \times 86\,400}{1000} = 2\,700 \text{ m}^3$$

3.3 LOCALIZACION DEL SITIO DEL TRATAMIENTO.

El sitio donde se pretende construir las Lagunas de Estabilización, se encuentra al Suroeste del poblado, aproximadamente a 400 m. del crucero que forman las calles Aquiles Serdán y prolongación de la calle Corregidora, a orillas de la carretera Tlaltizapán-Jojutla, sobre la margen derecha del río Agua Dulce. Aquí el terreno es ligeramente plano, y supone el menor movimiento de terracería posible, y la facilidad de verter el efluente de las lagunas a una corriente natural receptora con capacidad adecuada. Otro de los factores que determinaron la selección de este sitio, fue la dirección de los vientos dominantes; así como la naturaleza de los suelos que deben ser arcillosos para lograr condiciones de impermeabilidad en los bordos y fondo de las lagunas.

3.4 CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y BIOLOGICAS DE LAS AGUAS NEGRAS.

Las aguas negras a las que se pretende dar tratamiento, son de hecho residuos

domésticos, ya que dentro de la población no se tienen industrias de transformación, y además, como se dijo anteriormente, el agua de lluvia no se captará - mediante la red de alcantarillado.

De las características físicas de las aguas negras, la única que puede considerarse fundamental en el tratamiento mediante lagunas de estabilización, es la temperatura, pues juega un papel muy importante en el desarrollo de las algas, además, según experiencias en laboratorio, se ha observado que la DBO del -- efluente disminuye a medida que aumenta la temperatura de las lagunas ya que, conforme ésta se eleva, se aceleran los procesos biológicos, aún sin incremento considerable en la población de las algas.

Las características químicas que intervienen directamente, en los procesos -- aerobios y anaerobios son las relativas a la interacción entre los contaminantes y nutrientes de las aguas negras y la parte viva de las mismas. De aquí -- que tenga primordial importancia la determinación en el influente de las lagunas la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), parámetro que sirve para estimar indirectamente la concentración de materia orgánica de las aguas; la concentración de substancias nutritivas, fosfatos y nitratos; y el p.H.ó concentración de iones de hidrógeno.

A bajos valores de p.H. se presenta producción de gas metano en las aguas, - negras aparejada con la presencia de bióxido de carbono (C02), ácidos orgáni-

cos y malos olores.

La falta de fósforo, nitrógeno y carbono en los influentes de las lagunas puede ser la causa de desarrollo limitado de las algas y de producción de malos olores. La presencia de elementos y compuestos tóxicos provenientes de los residuos químicos causan grandes dificultades en el funcionamiento de las lagunas.

Desgraciadamente no existen datos acerca del análisis de las aguas negras de Tlaltizapán, ni de poblaciones cercanas que tengan características semejantes, no obstante, una idea a éste respecto puede obtenerse del análisis de los residuos líquidos de la ciudad de Colima, Col. (tabla 6) que se suponen semejantes a los de la población que nos ocupa.

4.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS MEDIANTE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

El objetivo del tratamiento de las aguas negras de una población es afectar - en el menor grado posible las condiciones de los cuerpos receptores, ya que éstos pueden ser usados para diversos fines como son abastecimiento de agua a otras poblaciones, recreo, irrigación, explotación de especies acuáticas, etc.

Los procesos de tratamiento de aguas negras persiguen acelerar y controlar los procesos naturales de purificación, de manera de lograr la estabiliza-- ción de la materia orgánica, sin que se presenten condiciones ofensivas.

Las lagunas de estabilización proporcionan un método de tratamiento sencillo y eficiente, en que las aguas negras crudas del sistema de alcantarillado descargan en un almacenamiento de relativamente baja profundidad en donde - quedan sujetas al mismo proceso de oxidación que ocurre en los lagos natu-- rales.

En las lagunas de estabilización se retienen las aguas negras hasta que se reduce la demanda bioquímica de oxígeno a niveles adecuados, después de lo cual el efluente puede ser descargado a los cuerpos receptores o usarse para riego - de cultivos específicos. Durante el proceso, los sólidos llevados por el influen

te se convierten en lodos que se asientan en el fondo de la laguna.

Debido a la baja concentración de sólidos en las aguas negras, la producción de lodos es prácticamente despreciable, circunstancia que permite que una laguna correctamente diseñada preste muchos años de servicio sin padecer reducciones detectables en su capacidad.

4.1 LAGUNAS DE OXIDACION.

Cuando las Lagunas se diseñan y operan de manera que la estabilización es predominante aeróbica se les llama lagunas de oxidación. Son de escasa profundiad (máximo 1.50 m.) para permitir el paso de la luz hasta las capas inferiores.

La estabilización de las aguas negras se debe a la acción de las bacterias y las algas; las bacterias digieren y oxidan las aguas negras, y las algas, mediante la fotosíntesis, producen el oxígeno que se requiere para la acción bacteriana aeróbica.

El ciclo de descomposición del oxígeno es cerrado y continuo ya que, el bióxido de carbono (C02) producido en la descomposición de la materia orgánica es utilizado por las algas en el proceso de fotosíntesis como consecuencia del cual se produce oxígeno.

La ecuación química que ilustra el proceso de respiración de las algas duran-

te la noche es la siguiente:

$$C_6H_{12}\ O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\ H_2O + \text{energía}$$

Durante el día se produce la fotosíntesis, cuya ecuación química es:

$$CO_2 + H_2O + \text{luz} \longrightarrow CH_2O + O_2 - \text{energía}$$

Ecuación de los procesos combinados.

$$CH_2O + O_2 \xrightarrow[\text{fotosíntesis}]{\text{respiración}} CO_2 + H_2O$$

La cantidad de oxígeno necesario para la descomposición aeróbica se denomina demanda bioquímica de oxígeno ó DBO; a 20°C, el ritmo al que se requiere el oxígeno es máximo durante los primeros 5 ó 6 días, disminuyendo después de modo constante, pudiendo acelerarse nuevamente alrededor del vigésimo día, después del cual disminuye gradualmente durante un tiempo indefinido.

4.2 LAGUNAS ANAEROBIAS.

Por lo general se construyen para dar tratamiento primario, sin embargo realizan al mismo tiempo, una parte substancial de la función del tratamiento secundario.

La descomposición anaerobia degrada la materia orgánica a través de pasos sucesivos hasta productos gaseosos finales. Durante la fase ácida de la fermentación se degradan los carbohidratos, proteínas y grasas. Microorganismos productores utilizan ácidos orgánicos para elaborar metano, dióxido de carbono y otros productos volátiles. La fermentación es una acción escencial en lagunas

anaerobias. El hidrógeno sulfurado o ácido sulfrídico es liberado durante las fases de fermentación de los ácidos orgánicos y del metano.

La relación entre el area de unidades aeróbias y anaeróbias, para eficiencias similares es aproximadamente de 5 a 1, pero por regla general las lagunas anaerobias producirán más olores que las aeróbias.

4.3 LAGUNAS FACULTATIVAS.

Este tipo de lagunas son más profundas que las aeróbicas, variando su profundidad entre 0.90 m. a 1.80 m.

El proceso de estabilización se desarrolla parte en forma aeróbica y parte en forma anaeróbica, es decir, el amoniaco que se forma por la acción anaeróbica (fermentación reductora) se estabiliza a su vez por la oxidación de la acción aeróbica.

Durante el proceso a valores del p.H. inferiores a 7.5 pueden resultar olores desagradables por la emanación de ácido sulfidríco, debido a la acción bioquímica en condiciones anaeróbicas.

Las cargas orgánicas expresadas en DBO, varían entre 45 y 225 Kg/ha/día de DBO_5.

El efluente de este tipo de lagunas se considera por lo general más estabilizado

que el obtenido en lagunas aeróbicas.

Para este tipo de lagunas Marais y Shaw recomiendan un tiempo de retención no menor de 7 días.

4.4. LAGUNAS AIREADAS.-

Como las lagunas de estabilización ordinarias necesitan una gran extensión, - se han proyectado lagunas de mayor profundidad, a las cuales se les instalan - aireadores de tipo mecánico, con lo cual se acelera la oxidación de la materia orgánica. Con esto se ha logrado obtener una gran disminución en la superficie necesaria para el tratamiento, con el consiguiente ahorro en la inversión inicial o sea la adquisición del terreno.

4.5 OTROS TIPOS DE LAGUNAS.

Existen otros tipos de lagunas, de los cuales las más importantes son las siguientes:

a).- Zanjas Sanitarias de Oxidación.- Son zanjas generalmente provistas de - rotores mecánicos para producir la inyección de aire para lograr el trata-- miento a base de lodos activados, con lo que se obtiene un proceso de depuración similar al de un río.

b).- Lagunas de Maduración.- Se usan para tratar el efluente de dispositivos convencionales tales como plantas de tratamiento, sistemas de lagunas --

aeróbicas y anaeróbias, etc., o para depurar a niveles semejantes a los de una corriente no contaminada, lo cual prácticamente constituye un - tipo de tratamiento terciario. Son unidades biológicas en las cuales un efluente secundario bien estabilizado, es tratado para dar al agua una - alta calidad bacteriológica y virológica. La profundidad de estas lagunas se recomienda que no exceda de 1.20 m. y su forma es generalmente rectangular.

c).- Sistemas de Lagunas.- En algunos casos se emplean varios tipos de lagunas, constituyendo un sistema, con lo que se busca reducir la extensión necesaria de terreno y acelerar los procesos de estabilización. Cuando la extensión de terreno disponible es limitada es conveniente pensar en acelerar los procesos incluyebdo en el diseño más de un tipo de laguna, frecuentemente se usa una laguna aneróbica, una facultativa y otra -- aeróbica o de oxidación.

Este sistema de lagunas puede operarse en serie desde un principio, o - construírse y operarse de acuerdo a las necesidades presentes en distintos períodos del horizonte de diseño.

5.- FACTIBILIDADES TECNICAS Y ECONOMICAS.

5.1 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.

Aunque las fórmulas de diseño de las Lagunas de Estabilización son semi empíricas, este tipo de tratamiento se ha estudiado y desarrollado suficientemente como para ser considerado entre los más importantes, debido a la facilidad y economía que presentan en su construcción, mantenimiento y operación. Salvo las estructuras de entrada, salida y medición, que consisten en cajas de concreto armado sencillas, el resto de las estructuras son exclusivamente de terracerías, lo que por sí solo habla de su facilidad constructiva.

En la construcción de una laguna de estabilización deben considerarse los siguientes aspectos:

a).- Replanteo.- Como en toda obra de ingeniería, se deben estudiar las características topográficas y físicas del terreno para poder seleccionar la localización de las obras.

b).- Desmonte.- Eliminación de la vegetación que estorbe para la ejecución de la obra.

c).-. Despalme.- Remoción del material que se considere no llena los requisitos para la obra.

d).- Excavación.- Este es el principal aspecto constructivo ya que, la formación de las lagunas se logra a base de excavación para dar fondo y de formación de bordos compactados con material producto de la excavación.

e).- Escarificación.- Consiste en la remoción del material superficial en las zonas donde se van a construír los terraplenes. Esta excavación no excede 0.20 m. y su finalidad es la de evitar que puedan ocurrir fallas por - deslizamiento, además con esta operación se contribuye a disminuir la - tubificación.

f).- Formación de Terraplenes.- Estos se forman con material producto de la excavación realizada para dar fondo a la laguna. Los taludes varían -- de 2:1 a 3:1 dependiendo de la plasticidad del material. El ancho -- de la corona debe ser como mínimo 3.00 m. para permitir el tránsito de vehículos pequeños, como por ejemplo tractores agrícolas o camionetas pick-up.

Los cruces de terraplenes se proyectan curvos con radio de giro no menor de 7.50 m. con el objeto de evitar acumulación de sólidos y de partículas de agua que no circularían en las esquinas de las lagunas, y considerando también el tránsito de vehículos sobre la corona.

g).- Afinación de las secciones.- El uso de maquinaria pesada en la excava

ción produce fondos disparejos por lo que éstos deben ser afinados con - motoconformadora o bien a mano.

h).- Preparación del fondo.- Si el material original de que esté formado el - fondo es permeable, deberá ser recubierto con material arcilloso de bentonita o cualquier tipo de arcilla de los alrededores para formar un nucleo- o capa de éste material. Esta capa puede variar entre 10 y 40 cm. de -- espesor. La impermeabilización también puede lograrse a base de cual-- quier otro material de tipo impermeable.

i).- Protección de los taludes.- Se puede hacer a base de arcilla, algún material impermeable, zampeado de piedra o concreto.

j).- Estructura de entrada.- El diseño de la estructura de entrada debe ten-- der a evitar que se produzcan obstrucciones. Generalmente es de concreto armado, mampostería etc. Consiste de una caja que descarga el agua negra al fondo de la laguna. Solamente cuando existe bombeo se recomienda que la descarga se realice en la superficie de la laguna, lo que facilita la inspección de la tubería en caso de falla.

En caso de que el gasto de entrada a la laguna, sea mayor que el que -- puede regular una caja de 1.20 m. x 1.20 m., se opta por distribuirlo - en forma proporcional en varias cajas, en vez de agrandar las dimensiones de la caja.

k).- Estructura de salida.- Consiste de una caja cuya función principal es - permitir la salida de excesos de caudal para que no se rebasen los bordos de la laguna.

l).- Tuberías de intercomunicación.- Todas las lagunas de un sistema se interconectan entre sí a nivel de fondo y para esto normalmente se usa tubería de concreto simple.

m).- Estructura de medición.- Cuando el sistema del alcantarillado es combinado no se puede permitir el paso de todo el volumen de agua combinadas a la laguna ya que, su tratamiento sería muy costoso, por lo que antes de la caja de entrada se instalan vertederos seguidos de un medidor Parshall que garantice que el gasto de entrada a la laguna es igual al de diseño.

n).- Estructura de distribución proporcional.- Tiene por objeto distribuir el -- gasto entre varias lagunas funcionando en paralelo.

5.2 CARACTERISTICAS DE LOS EFLUENTES Y EFICIENCIAS DE LAS LAGUNAS -- DE ESTABILIZACION.

El efluente de las Lagunas de Estabilización no necesariamente está libre de organismos patógenos, y puede requerir tratamiento adicional, dependiendo del uso a que se destine y de las normas respectivas. Si el efluente no es clorado - su uso debe restringirse al riego de cultivos que no sean de consumo humano --

directo.

Se considera que el efluente de lagunas de estabilización es el resultado de - un tratamiento adecuado cuando:

a).- No contenga más de 30 miligramos por litro de materia en suspensión.

b).- No se detecte olor amoniacal o desagradable al inicio y término de una prueba de incubación de 5 días a 30°C.

c).- No contenga substancias tóxicas a los peces o dañinas para animales -- acuáticos del cuerpo receptor.

d).- Una muestra incubada a 18°C no absorba más de 40 miligramos de oxígeno disuelto por litro en un período de 5 días.

En general las lagunas profundas que reciben una carga ligera de DBO producen mejores efluentes que las poco profundas y más cargadas, debido a que -- el período de retención es más grande.

Los parámetros comunmente usados para medir las eficiencias del tratamiento - de aguas negras mediante lagunas de estabilización son los % de reducción de:

a).- Demanda bioquímica de oxígeno.

b).- Número más probable de microorganismos Coli.

La DBO (5 días, 20°C) del efluente con relación al agua alimentadora de la - laguna se ha tomado como una medida de eficiencia del tratamiento, llegán-

dose a obtener reducciones hasta de poco más del 98%. En general la eficiencia de la laguna puede ser obtenida mediante la fórmula 6.7.

La eficiencia en el tratamiento mediante sistemas de lagunas de estabilización puede ser comparado con el proceso convencional de tratamiento mediante lodos activados precedido por sedimentación simple.

5.3 OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

Los problemas más frecuentemente observados en el funcionamiento de Lagunas de Estabilización son:

a).- Pérdida de nivel de agua por infiltración excesiva en el fondo de la laguna o fallas y tunificación en los diques.

b).- Producción de malos olores.

c).- Falta de desarrollo en la población de algas.

La operación de lagunas de estabilización es bastante simple. El proceso de tratamiento es de carácter natural y la intervención del hombre se reduce a controlarla para evitar fenómenos adversos, para este objeto es necesario:

a).- Mantener un nivel de agua adecuado, para evitar que las lagunas se sequen parcial o totalmente ya que, en tal caso pueden presentarse malos olores debidos a crecimiento y descomposición anaeróbia de plantas y materia orgánica en el fondo de la laguna.

b).- Promover la acción solar sobre la capa superior de la laguna para que el fenómeno de fotosíntesis se efectúe en forma adecuada.

c).- Evitar substancias cuya influencia pueda afectar el normal desarrollo del proceso estabilizador, mantener el pH cercano a 7 y controlar las concentraciones de nutrientes necesarios para la procreación de las algas. -- Normalmente, en el caso de las aguas negras existen condiciones adecuadas al respecto.

d).- Controlar la carga orgánica y caudales aplicados para no exceder las condiciones de diseño.

En cuanto al mantenimiento de las lagunas es necesario:

a).- Conservar los diques y terrenos adyacentes libres de hierbas y maleza -- para evitar la cría y albergue de mosquitos y otra clase de insectos. -- Aplicar insectisidas en el caso que fuera necesario.

b).- Conservar las condiciones de impermeabilidad en el fondo y paredes de la laguna para evitar pérdidas excesivas de agua.

c).- Cuidar las cercas y señales que se pongan en los linderos del terreno de las lagunas, para evitar que por deterioro de éstas haya acceso de personas y animales al sitio.

BIBLIOTECA CENTRAL
U. A. N. L.

d).- Cuidar las estructuras de entrada y salida para evitar que haya obstrucciones.

e).- Mantener la superficie de la laguna libre de masas flotantes de algas y otros cuerpos que puedan estorbar la penetración de la luz.

5.4 ASPECTOS ECONOMICOS.

Por lo general en el tratamiento mediante lagunas de estabilización resultan costos, tanto de construcción como de operación y mantenimiento, menores a los obtenidos por los métodos convencionales de tratamiento. Los análisis de los costos de operación y mantenimiento de algunas plantas que se encuentran en funcionamiento en diferentes ciudades de Estados Unidos de Norteámerica, que dan idea de lo citado anteriormente, se presenta en la tabla 7.

A últimas fechas en México, la Secretaría de Recursos Hidráulicos ha elaborado los proyectos para el tratamiento de las aguas negras de distintas entidades como son: Guanajuato, Zihuatanejo y Salamanca, utilizando sistemas de Lagunas de Estabilización.

Analizando los presupuestos correspondientes a los proyectos citados se puede deducir fácilmente los costos por habitante servido, habiéndose obtenido los siguientes valores:

Población	Hab.Proyecto	Hab.servido actualmente para los cuales se proyectó el tratamiento.	Costo de Constr. por habitante.
Guanajuato, Gto.	80,000	40,000	$ 43.45
Zihuatanejo, Gro.	65,000	65,000	36.92
Salamanca, Gto.	97,000	97,000	41.68

5.5 SELECCION DEL METODO Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

En el caso que nos ocupa se opta por dar tratamiento mediante Lagunas de Estabilización, debido a que:

a).- Se dispone de la superficie necesaria para la ubicación de las Lagunas de Estabilización.

b).- El tipo de tratamiento propuesto es el más adecuado desde el punto de vista económico ya que, según el inciso anterior bajo las mismas condiciones de carga, los costos de construcción de Lagunas de Estabilización, son más bajos que para los sistemas de tratamiento convencionales.

El análisis socio-económico de la población indica que ésta no podría soportar métodos y sistemas de tratamiento más costosos.

c).- Se pretende remover cuando menos el 70% de la DBO de las aguas negras crudas. Lo cual puede ser satisfecho con este tipo de sistemas.

d).- Los suelos del sitio seleccionado para alojar las instalaciones de trata--

miento presentan características adecuadas para la construcción, operación y mantenimiento de Lagunas de Estabilización.

Se optó por formar un sistema mediante tres lagunas colocadas en serie, ya que:

a).- La topografía del sitio disponible para las instalaciones del tratamiento - prácticamente impone la disposición escalonada de un sistema de lagunas para obtener el mínimo movimiento de terracerías. (Fig. 6).

b).- Los volúmenes de tierra resultantes de la nivelación del terreno pueden - ser aprovechadas para la construcción de los bordos de las lagunas.

c).- Las condiciones meteorológicas y climatológicas de la zona suponen una eficiencia adecuada en este tipo de tratamiento.

d).- Las fórmulas de diseño indican que la concentración de DBO del efluente de un sistema de lagunas disminuye a medida que aumenta el número de - unidades; ésta relación es asintótica, de manera que en la práctica resulta antieconómico usar sistemas con un número mayor de unidades.

e).- La reducción de bacterias provenientes de heces fecales, es bastante mayor en este tipo de tratamiento.

6.- DISEÑO DEL SISTEMA DE LAGUNAS Y ANALISIS DE COSTOS.

Con el diseño de lagunas se pretende esencialmente que éstas tengan capacidad suficiente para retener las aguas por tratar el tiempo necesario que permita obtener el grado de calidad deseado.

Para la determinación de la capacidad de las lagunas es esencial obtener la siguiente información básica:

a).- Gasto máximo de aguas negras que entran a la laguna.

b).- Gasto mínimo de aguas negras que se va a retener en la laguna.

c).- Concentración de las aguas negras en términos de DBO por persona, por día.

6.1 PARAMETROS Y FORMULAS DE DISEÑO.

Para el diseño del sistema de lagunas propuesto se emplearán las fórmulas desarrolladas por Hermann, Gloyna, Marais y Shaw:

$$P_i = \frac{P_o}{\pi_i^i \; (K_T R_i + 1)} \qquad (6.1)$$

P_i — DBO_5 a 20^oC del efluente de la laguna, i, kg/día.

Son particularmente notables los siguientes parámetros: Tiempo de retención, Temperatura, Carga de la laguna.

El tiempo de retención, R_i, días, se define como el tiempo durante el cual

las aguas negras permanecen bajo tratamiento en una laguna específica "$_i$" =

$_i$ = 1, 2, 3.

Se considera que en cada una de las tres lagunas del sistema ocurre mezcla -- completa, es decir que la concentración de la DBO del efluente es el promedio de la degradación alcanzada por la materia que tiene varios días de estar expuesta a la acción degradante, así como de aquellas de reciente ingreso a la laguna.

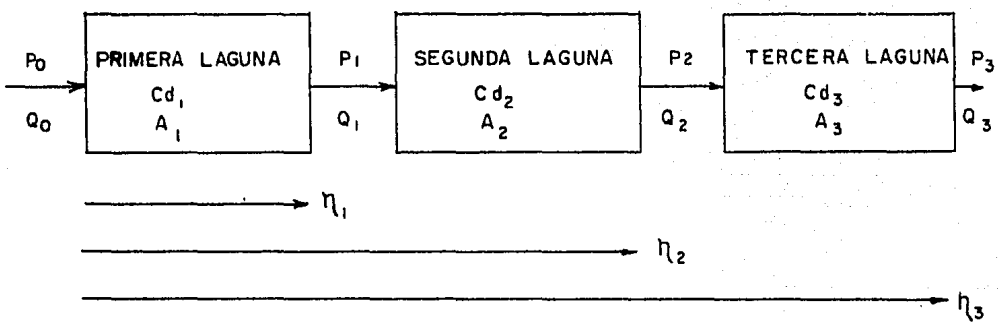
La temperatura "T" °C, aparece involucrada en la fórmula:

$$K_T = 1.2\ \theta^{-(35-T)} \qquad (6.2)$$

en la que el parámetro 0 puede variar entre los valores 1.072 y 1.085, de-- pendiendo de las variaciones de las temperaturas registradas, tomando el - valor superior para poblaciones en las que no se registran grandes cambios - durante el año, y el inferior cuando las variaciones son notables (clima extre) moso); se considera que Tlaltizapán queda comprendida en el primer caso.

La carga de materia orgánica Po, Kg/día, se refiere la DBO_5, que presenta la cantidad de oxígeno, $\frac{mg}{lt}$, requerida para la degradación de la materia -- orgánica durante un período de incubación de 5 días, que es en el que se alcanza la máxima degradación a una temperatura de 20°C.

En el siguiente esquema se indican las variables en el sistema de lagunas:



6.2 DATOS DE DISEÑO.-

Los datos más importantes, que intervienen en el diseño de lagunas, tanto los que sirven para el dimensionamiento de las áreas requeridas para los embalses como los que intervienen en el proyecto de las estructuras especiales, son los siguientes:

Población:

Actual (año 1970) ----------	9,500 Hab.
De proyecto (año 1990) ----------	18,000 Hab.

Gasto de Aguas Negras:

Medio (Aportación x población/86400) --------	0.0312 m^3/seg.
Mínimo (0.5 gasto medio) ----------	0.0156 m^3/seg.
Máximo (2.7 x Gasto medio) ----------	0.0844 m^3/seg.
Aportación de aguas negras (75% dotación) - - - -	150 Lts/Hab./día
Gasto de aguas negras (gasto medio x 86,400) - - -	2,700 m^3/día

Carga Biológica:

DBO_5 20°C ---------- 360 mg/lt (54 gr/hab/día

DBO_5 20°C (54 gr/hab/día x 18,000 hab) ----- 972 Kg/día

Temperatura media mensual (1971)

Mes más frío Enero ---------- 19.9°C

Mes más caliente Mayo _____ 27.4°C

Precipitación pluvial (1971)

Enero ---------- 1.5 mm.

Mayo ---------- 2.9 mm.

Evaporación:

Enero ---------- 30 mm.

Mayo ---------- 45 mm.

Capacidad máxima del colector ---------- 125 Lts/seg.

Diámetro de la tubería de llegada ---------- 45 cm.

6.3 DISEÑO PRELIMINAR.

El diseño preliminar se lleva a cabo con objeto de conocer en forma aproximada, el area requerida por cada una de las lagunas, para compararlas con las áreas disponibles, así mismo es necesario conocer las capacidades de depuración para determinar el tipo de funcionamiento resultante (anaerobio, facultativo, etc).

En el diseño preliminar se observan los pasos siguientes:

Considerando la temperatura media mensual correspondiente al mes más frío - un coeficiente 0 = 1.085, un tiempo de retención de 7 días para la primera laguna y de 13 días para cada una de las dos siguientes, se procede a determinar los siguientes conceptos:

a).- Valor del coeficiente de reacción K_T, de acuerdo con la fórmula 6.2.

b).- Cargas de materia orgánica Pi, P2, y P3 de acuerdo con las fórmulas 6.1.

c).- Remoción de DBO en cada laguna, lo cual se efectúa restando a la DBO influente la DBO efluente.

d).- Considerando los tiempos de retención referidos anteriormente, y una -- profundidad de 1.50 m. se procede a determinar el area requerida para cada laguna mediante la fórmula:

$$Ai = \frac{Qm \times Ri}{1.50} \qquad (6.3)$$

Donde:

Ai --- Area necesaria para la laguna i

Qm -- Gasto medio de aguas negras

Ri --- Tiempo de retención en la laguna i

e).- Considerando las cargas de DBO removidas en cada laguna, se procede a determinar las capacidades de depuración por unidad de superificie y

y por día "Cd_i", para cada laguna, mediante la fórmula:

$$Cd_i = \frac{P_i - (P_{i+1})}{A_i} \qquad (6.4)$$

De acuerdo con las teorías de Hermann, Gloyna, Marais y Shaw, las lagunas con valores de Cd mayores a 200 Kg/Ha/día, funcionan anaeróbicamente y áquellas con valores menores o iguales a esta cifra, funcionan como facultativas.

A continuación se muestra los cálculos correspondientes al proceso descrito:

Primera Laguna:

a).- Para T-19.9°C (Mes más frío)

$$K_T = 1.2\ \theta^{-(35-T)} = 1.2 \times 1.085^{-(35-19.9)} = 1.2 \times 1.085^{-15.1} = 0.353$$

b).- $$P1 = \frac{972}{(0.353 \times 7) + 1} = 345 \text{ Kg/día}$$

c).- $Po - P_1 = 972 - 345 = 627$ Kg/día

d).- $Vol. = Qm \times R_1 = 0.0312 \times 7 \times 86400 = 18{,}900\ m^3$

$$Area = \frac{18{,}900}{1.50} = 12{,}700\ m^2 = 1.27\ Ha.$$

e).- $$Cd_1 = \frac{627}{1.27} = 495 \text{ Kg/Ha/día} > 200 \text{ Kg/Ha/día}$$

La laguna trabajará como anaerobia.

Segunda Laguna:

b).- $P_2 = \dfrac{972}{[(0.353 \times 7)+1][(0.353 \times 13) + 1]} = 70$ Kg/día

c).- $P_1 + P_2 = 345 - 70 = 275$ Kg/día.

d).- Vol. $= 0.0312 \times 13 \times 86400 = 35,155$ m^3.

Area $= \dfrac{35,155}{1.50} = 23,500\ m^2 = 2.35$ Ha.

e).- $Cd_2 = \dfrac{2.75}{2.35} = 117$ Kg/Ha/día

Tercera Laguna:

b).- $P_3 = \dfrac{972}{[(0.353 \times 7) + 1][(0.353 \times 13) + 1][(0.353 \times 13) + 1]} = 14.2$ Kg/día

c).- $P_2 - P_3 = 70 - 14.2 = 55.8$ Kg/dia.

d).- Vol $= 35,155\ m^3$; Area $= 2.35$ Ha.

e).- $Cd_3 = \dfrac{55.8}{2.35} = 23.8$ Kg/Ha./día

R E S U M E N

LAGUNA	Tiempo Retención	Remoción DBO (Kg/día)	Capacidad Depuración(Kg/Ha/día)		Funcionamiento Resultante	Areas Resultante	Areas Disponible
PRIMERA	7 días	627	495	200	Anaerobio	1.27	
SEGUNDA	13 días	275	117	200	Facultativo	2.35	
TERCERA	13 días	55.8	23.8		Facultativo	2.35	
					AREA TOTAL	5.97 Ha.	7.5

Las lagunas aeróbicas corresponden a profundidades menores a la considerada en general de 0.30 a 1.50 m.

6.4 DISEÑO Y REVISION DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS LAGUNAS.

El diseño preliminar indica que las superficies necesarias para las lagunas, -- son inferiores a las disponibles, por tanto considerando que el uso total de - esta area conduce al incremento de la eficiencia del sistema, se opta por realizar el diseño definitivo aprovec hando el total del terreno disponible.

Se procede al diseño geométrico de las lagunas, procurando, al trazarlas sobre el plano configurado de la zona minimizar el movimiento de terracerías. Bajo éstas circunstancias, las superficies de cada una de las lagunas queda - establecida como sigue:

NIVEL	AREAS LAGUNAS (Ha.)		
	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA
Bajo	2.00	2.51	2.72
Alto	2.04	2.58	2.83
Fondo	1.55	2.30	2.55

(Ver Fig.7)

En donde el nivel alto corresponde a un tirante de funcionamiento de 1.50 m y el bajo a 1.20 m. (Ver capítulo 5).

Con las áreas del cuadro anterior se procede a revisar el funcionamiento y -- eficiencias de las lagunas, procediendo de la siguiente manera:

a).- Considerando una profundidad de 1.50 m. se determina el volumen de cada laguna.

b).- Se corrigen sucesivamente los gastos influentes, a cada laguna por precipitación pluvial, evaporación e infiltración, mediante la fórmula:

$$Q_i = Q_{i-1} + LL_i - E_i - I_i \; ; \quad i = 1,2,3. \qquad (6.5)$$

en donde:

Q_o, Q_i, ... influentes a la primera, segunda, etc. lagunas

LL_i - Precipitación pluvial m^3/día

E_i - Evaporación. m^3/día

I_i - Infiltración. m^3/día

c).- Con el valor de Q_i, se determinan los tiempos de retención, días con la fórmula:

$$R_i = \frac{V_i}{Q_i} \qquad (6.6)$$

d).- Con la fórmula 6.1 se calcula la carga de materia orgánica del efluente de cada laguna.

e).- Se calcula la capacidad de depuración en cada una de las lagunas con la fórmula 6.4.

f).- Se calculan las eficiencias hasta la laguna i mediante la fórmula:

$$\eta_i = \frac{P_o - P_i}{P_o} \qquad (6.7)$$

g).- Por último se calcula la concentración del efluente de cada laguna con la fórmula:

$$C_i = \frac{P_i}{Q_i} \times 1000 \qquad (6.8)$$

C_i ___ Concentración de DBO en mg/Lt.

A continuación se muestran los cálculos correspondientes al proceso descrito:

PRIMERA LAGUNA:

	Nivel Alto	Nivel Bajo
a).- Area, A_1	2.04 Ha	2.00 Ha
Volumen, V_1 (h = 1.50 m)	26,900 m^3	21,300 m^3
b).- Influente, Po	2,700 m^3/día	2,700 m^3/día
Evaporación 20400x0.03/31	- 20 m^3/día	- 20 m^3/día
Infiltración 20400x 0.005	- 102 m^3/día	- 102 m^3/día
Precipitación Pluvial 20400x0.0015	+ 3 m^3/día	+ 3 m^3/día
Efluente, P_1	2,581 m^3/día	2,581 m^3/día

c).- Tiempo de Retención:

$$P_1 = \frac{26,900}{2,581} = 10.4 \text{ días}; \quad P_1 = \frac{21,300}{2,581} = 8.2 \text{ días}$$

d).- DBO del efluente:

$$P_1 = \frac{972}{0.35 \times 10.4 + 1} = 209 \text{ Kg/día}; \quad P_1 = \frac{972}{0.35 \times 8.2 + 1} = 251 \text{ Kg/día}$$

e).- Capacidad de Depuración:

$$Cd_i \cong \frac{972 - 209}{2.04} = 374 \text{ Kg/ha/día}; \quad Cd_l = \frac{972 - 251}{2.00} = 361 \text{ Kg/ha/día}$$

f).- Eficiencia hasta la primera Laguna:

$$\eta_i = \frac{972 - 209}{972} = 0.78; \qquad \eta_l = \frac{972 - 251}{972} = 0.74$$

g).- Concentración del efluente:

$$\frac{209}{2581} \times 1000 = 81 \text{ p.p.m.}; \quad \frac{251}{2581} \times 1000 = 98 \text{ p.p.m.}$$

SEGUNDA LAGUNA:

	Nivel Alto	Nivel Bajo
a).- Area, A_2	2.58 Ha	2.51 Ha
Volumen, V_2 (h = 1.50 m.)	36,600 m^3	28,800 m^3
b).- Influente, P_1	2,581 m^3/día	2,581 m^3/día
Evaporación 25800 x 0.03/31	- 25 m^3/día	- 25 m^3/día
Infiltración 25800 x 0.005	- 129 m^3/día	- 129 m^3/día
Precip. Pluvial 25800 x 0.0015	+ 4 m^3/día	+ 4 m^3/día
Efluente, P_2	2431 m^3/día	2,431 m^3/día

c).- Tiempo de Retención:

$$R_2 = \frac{36\,600}{2,431} = 15.1 \text{ días}; \quad R_2 = \frac{28\,800}{2\,431} = 11.8 \text{ días.}$$

d).- DBO del efluente:

$$P_2 = \frac{972}{4.64(0.35 \times 15.1 + 1)} = 38 \text{ Kg/día}; \quad P_2 = \frac{972}{3.87(0.35 \times 11.8 + 1)} = 49 \text{ Kg/día}$$

).- Capacidad de Depuración:

$$Cd_2 = \frac{209 - 38}{2.58} = 66 \text{ Kg/Ha/día}; \quad Cd_2 = \frac{251 - 49}{2.51} = 80 \text{ Kg/Ha/día}$$

).- Eficiencia hasta la segunda laguna:

$$\eta_2 = \frac{972 - 38}{972} = 0.96; \quad \eta_2 = \frac{972 - 49}{972} = 0.95$$

).- Concentración del efluente:

$$\frac{38}{2431} \times 1000 = 16 \text{ p.p.m.}; \quad \frac{49}{2431} \times 1000 = 20 \text{ p.p.m.}$$

TERCERA LAGUNA.

	Nivel Alto	Nivel Bajo
a).- Area, A_3	2.83 Ha	2.72 Ha
Volumen, V_3 (h = 1.50 m.)	40,300 m^3	31,600 m^3
b).- Influente, P_2	2,431 m^3/día	2,431 m^3/día
Evaporación 28300 x 0.03/31	- 27 m^3/día	- 27 m^3/día
Infiltración 28300 x 0.005	- 141 m^3/día	- 141 m^3/día
Precipitación Pluvial 28300x0.0015	+ 4 m^3/día	+ 4 m^3/día
Efluente, P_3	2,267 m^3/día	2,267 m^3/día

c).- Tiempo de Retención:

$$R_3 = \frac{40,300}{2,267} = 17.8 \text{ días}; \quad R_3 = \frac{31,600}{2,267} = 13.9 \text{ días}$$

d).- DBO del efluente:

$$P_3 = \frac{972}{4.64 \times 6.28(0.35 \times 17.8 + 1} = 4.6 \text{ Kg/día}; \quad P_3 = \frac{972}{3.87 \times 5.13(0.35 \times 13.9 + 1)} = 8.4 \text{ Kg/día}$$

e).- Capacidad de Depuración:

$$Cd_3 = \frac{38 - 4.6}{2.83} = 12 \text{ Kg/Ha/día}; \quad Cd_3 = \frac{49 - 8.4}{2.72} = 15 \text{ Kg/Ha/día}$$

f).- Eficiencia hasta la tercera laguna:

$$\eta_3 = \frac{972 - 4.6}{972} = 0.99; \quad \eta_3 = \frac{972 - 8.4}{972} = 0.98$$

g).- Concentración del efluente:

$$\frac{4.6}{2267} \times 1000 = 2 \text{ p.p.m.}; \quad \frac{8.4}{2267} \times 1000 = 4 \text{ p.p.m.}$$

En la revisión llevada a cabo se encuentra que con las dimensiones propuestas para las lagunas, se logra mejorar la capacidad de depuración de cada laguna, por lo que se puede considerar que el funcionamiento de las mismas será más -- eficiente.

Aunque en la revisión se obtiene una eficiencia de 99% para el sistema, se -- considera poco probable en la práctica que ésta se alcance, debido a los múltiples factores que intervienen en la operación del sistema.

6.5 ESTRUCTURAS ESPECIALES.

Las estructuras que necesariamente se tienen que construir para la operación - del sistema, son la caja de entrada a la primera laguna y las de salida de las - tres lagunas.

En cada una de las cajas de salida hay un vertedor para controlar el gasto y el -

tirante de la laguna correspondiente y una mampara para impedir la entrada de lirios u otro tipo de plantas acuáticas que obstruirían el funcionamiento del vertedor.

El vertedor se calcula con las fórmulas de Hidráulica para vertedores de cresta delgada, procurando no exceder un tirante de vertido de 10cm. para el gasto máximo.

La sección de la caja de entrada es cuadrada de 1.20 x 1.20 m. y la de salida rectangular de 1.20 x 1.45 m. En ambos casos la profundidad es la correspondiente al fondo de la laguna a que sirve. La caja de entrada no tiene vertedor ni mampara.

Las cajas se construirán de concreto armado ya que, en la región se cuenta con los agregados y aglomerantes necesarios.

Las tuberías de interconexión entre lagunas se especifican de concreto simple, por ser las más usuales, pero en caso de que en la localidad se fabriquen tuberías de barro vitrificado se recomienda usar éstas por su larga duración.

En la figura 8 aparecen los detalles de construcción de las cajas.

6.6 CATALOGO DE OBRA Y PRESUPUESTO.

Para la elaboración del catálogo de las obras, se procede a cuantificar los si--

guientes conceptos:

a).- El área ocupada por las instalaciones, para determinar la limpia de terreno.

b).- El volumen de despalme en la base de los bordos.

c).- La excavación con máquina para la formación de los bordos, compactando a 90% Proctor, agregando la humedad necesaria.

d).- La excavación con máquina para nivelar el fondo.

e).- Las cajas, las cuales se consideran como unidad por su tamaño pequeño, en vez de presupuestarlas por conceptos.

f).- Las tuberías de interconexión de las lagunas.

g).- Los zampeados de piedra en seco, para la protección de los bordos.

En obvio de tiempo y por ser una obra en la que interviene directamente la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en lo concerniente a construcción, para saber el importe de la obra, se aplican para la zona correspondiente, los precios unitarios del catálogo de dicha Secretaría. Los importes por estos conceptos se obtienen multiplicando las cantidades de obra por los precios unitarios correspondientes.

TLALTIZAPAN, MOR.

ALCANTARILLADO

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS

LAGUNAS DE ESTABILIZACION

PRESUPUESTO

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
OBRA CIVIL				
Limpia del Terreno	8.4	Ha.	$ 1,500.00	$ 12,600.00
Despalme en la base de los bordos y acarreo del material extraído a una distancia de - 500 m.	4000	m^3	8.00	32,000.00
Excavación con máquina, acarreo a una distancia máxima - de 500m. para la formación de bordos, compactados a 90% -- Proctor, agregando la humedad necesaria.	28400	m^3	16.00	454,400.00
Excavación con máquina, acarreo a una distancia máxima- de 500m.,el material exce-- dente.	11350	m^3	8.00	90,800.00
Caja de entrada según plano No. 2.	1	Pza.	5,000.00	5,000.00
Caja de salida según plano No. 2	8	Pza.	8,000.00	64,000.00

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
Suministro de tubería de concreto simple de 30cm. de diámetro.	212	M.	19.60	4,155.20
Instalación de tubería de concreto simple de 30 cm. de diámetro.	212	m^3	17.50	3,675.00
Relleno de zanjas con materiales I y 1o II apisonado y compactado con agua, en capas de 20 cm. de espesor.	130	m^3	13.90	1,807.00
Zampeado con piedra de -- pepena colocada en seco.	1400	m^3	62.10	86,940.00
		SUMA:		$ 757,603.20
15% Administración e imprevistos:				113,640.48
		TOTAL:		$ 871,243.68

APENDICE

TEORIA DE LA ESTABILIZACION

Dentro de los estudios llevados a cabo para desarrollar la teoria de la Estabilización, se tienen los efectuados por Hermann y Gloyna (1958) para determinar el volúmen necesario para obtener del 80 al 90% de reducción de DBO. En tal estudio se introduce el concepto "tiempo de retención" para una laguna ó "tiempo de retención acumulativo", en series de lagunas. El desarrollo de la teoría es el siguiente:

A una temperatura To se encuentra experimentalmente que se requiere un tiempo de retención Rto, para dar 90% de reducción. Se admite que a una temperatura T, para la misma reducción, el tiempo de retención Rt, se relaciona con un tiempo de retención previo de acuerdo con la Ley de Arrhenius:

$$R_T = R_{To}\ \theta^{(To - T)}$$

De experimentos a escala, en laboratorio, llevados a cabo en una serie de cuatro lagunas, Hermann y Gloyna concluyen que la óptima eficiencia es lograda a 35°C, obteniéndose 90% de reducción para un tiempo de retención total de 3.5 días. Cuando la temperatura decrece, el tiempo total de retención, para la misma reducción, aumenta de acuerdo con:

$$R_{35} = R_{35}\ \theta^{(35-T)} = 3.5\ (1.072)^{(35-T)} \qquad \text{(A-1)}$$

Del análisis estadístico efectúado por los autores se concluye, que el promedio de DBO para aguas negras en bruto en los Estados Unidos de Norteámerica, es aproximadamente de 200 mg/lt. Una reducción del 80 al 90% da una DBO - del efluente de 20 a 40 mg/lt. Con el fin de conservar estos límites, el tiempo de retención para DBO del influente (Po), debe ajustarse según la siguiente relación:

$$R = \frac{Po}{200} \; R_T \qquad \text{(A-2)}$$

de aquí:

$$R = \frac{Po}{200} \; R_{35} \; \theta^{(35-T)} = \frac{3.5}{200} \; Po \; (1.072)^{(35-T)} \qquad \text{(A-3)}$$

Para los diseños en base a esta teoría se recomienda la temperatura media para el mes más frío del año. Una profundidad para la laguna entre 0.75 m. y 0.90 m. Así, conociendo la temperatura, la profundidad de la laguna e influente diario de DBO y el gasto de entrada, se puede determinar el volúmen deseado y el - área de la laguna.

Marais y Shaw en 1961, consideraron cada laguna, sea sola o de una serie, individualmente, tomando en cuenta los gastos influente y efluente, DBO, la capacidad de depuración y el volumen de la laguna. La carga de materia orgánica se determina en la suposición de que el mezclado es completo e instantáneo y la capacidad de depuración ocurre mediante una reacción de primer orden que no depende de la temperatura. La ecuación diferencial para determinar la --

carga de materia orgánica (S_i) en la laguna es:

$$\frac{ds}{dt} + (K + \frac{Qo}{V})\, S = \frac{S_o Q_o}{V} \qquad \text{(A-4)}$$

El efluente tiene poco efecto en la carga de materia orgánica en la laguna y se puede tomar como igual para el influente, la ecuación (4) se simplifica a:

$$\frac{ds}{dt} + (K + \frac{1}{R})\, S = \frac{S_o}{R} \qquad (R = \frac{V}{Q}) \qquad \text{(A-5)}$$

Si S_o, R y K permanecen constantes, se establece eventualmente un equilibrio en la carga de materia orgánica en la laguna de manera que:

$ds/dt = 0$ de la ecuación (5)

$$S = \frac{S_o}{KR + 1} \qquad \text{(A-6)}$$

En la serie de lagunas, el equilibrio de la carga de materia orgánica puede ser calculado mediante las fórmulas:

$$S_i = \frac{S_o}{KR_1 + 1}, \quad S_2 = \frac{S_i}{KR_2 + 1}, \quad \text{etc.} \qquad \text{(A-7)}$$

INTEGRACION DE LA TEORIA.

Un análisis de las dos teorías anteriores en términos del estudio de Fair (1960) indica que ambas se basa en dos parámetros del rango de depuración (temperatura y tiempo de retención) con lo cual dichas teorías pueden ser integradas.

Esta integración proviene del concepto tiempo de retención que se define como el tiempo durante el cual las aguas negras permanecen bajo tratamiento en la -

laguna.

$$P = P_o e^{-Kt} \qquad \text{(A-11)}$$

S_o, S de Hermann y Gloyna, corresponden P_o, P de Marais y Shaw.

En una laguna en que ocurre mezcla completa, el tiempo de retención puede - ser analizado en una muestra de aguas negras del influente. La proporción del remanente en cualquier tiempo, t, después de su introducción es dado por:

$$\text{Proporción del remanente} \quad e^{-(\frac{Q}{V})t} \qquad \text{(A-12)}$$

esto muestra que se requiere un tiempo infinito para completar la estabiliza-- ción del sobrante. Si no hay flujo, la carga de materia orgánica del sobrante en la laguna, en cualquier tiempo t, es dado por:

$$\frac{Po}{\left(\frac{V}{Q}\right)} e^{-Kt}$$

por tanto, tomando en cuenta el flujo, la carga de materia orgánica debida a la muestra en cualquier tiempo t, es:

$$\frac{Po}{\left(\frac{V}{Q}\right)} e^{-Kt} \; e^{-\left(\frac{Q}{V}\right)t}$$

La carga de materia orgánica tomando en consideración que el flujo contínuo, es dado por:

$$P = \frac{Po}{\left(\frac{V}{Q}\right)} \int_{t=0}^{\infty} e^{-Kt} e^{-\left(\frac{Q}{V}\right)t} \, dt \qquad \text{(A-13)}$$

Si V/Q es definido como tiempo de retención, R, entonces

$$P = \frac{Po}{R} - \left[\frac{1}{K + \frac{1}{R}}\right]\left[e^{-\left(K + \frac{1}{R}\right)t}\right]_0^{\infty} = \frac{Po}{KR + 1} \qquad \text{(A-14)}$$

De la ecuación II, para un porcentaje de depuración fijado, puede ser demostrado que, bajo condiciones de flujo discontinuo para temperaturas T1 y T2, - la relación entre el tiempo de exposición t1 y t2 y las constantes de depura-- ción K1 y K2 es:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{t_2}{t_1} \qquad \text{(A-15)}$$

Similarmente, para una laguna, de la ecuación 14, en términos del parámetro, R, la relación es:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{R_2}{R_1} \qquad \text{(A-16)}$$

En una serie de lagunas, si la disposición (volúmenes relativos y el número en serie) permanece la misma, el tiempo de retención, R, puede ser escogido arbitrariamente como también el tiempo de retención de una laguna o el tiempo total de retención de la serie. De nuevo, en términos de este parámetro, la - ecuación 16 es válida. Si la disposición cambia, el valor de R puede dar un porcentaje de depuración fijado que cambiará, pero la ecuación 16 se seguirá aplicando a cada disposición. Por consiguiente el valor 3.5 que Hermann y - Gloyna dan a R_{35} (equivalente a R en la ecuación 1) se aplican a una serie de lagunas sólo si la disposición es igual a la del modelo estudiado; esta es una -

condición restrictiva ya que, los valores experimentales para R_{35} en la ecuación 1 no pueden, por ejemplo usarse legítimamente para determinar el volumen de una sola laguna. Teóricamente para la reducción del 90% en una sola laguna, se usa la ecuación 18, con $K_{35} = 1.2$ dando por resultado $R_{35} = 7.5$días.

De la relación expresada por las ecuaciones 1 y 16, la relación funcional entre R, K, θ y T se puede escribir:

$$\frac{R_T}{R_{35}} = \theta^{(35-T)} = \frac{K_{35}}{K_T} \qquad (A-17)$$

K se expresa ahora en términos de θ y t y se puede ser incorporada a la teoría de Marais y Shaw.

$$P = \frac{P_o}{K_T R + 1}, \quad \text{donde} \quad K_T = K_{35}\ \theta^{-(35-T)} \qquad (A-18)$$

Para probar la validez de la ecuación 18, un análisis de los resultados sostenidos por Suwannakarn en 1963, en una serie de lagunas de oxidación a escala en laboratorio, operadas a 35°C, 24°C, 20°C y 9°C, arrojaron valores $\theta = 1.085$ y $K_{35} = 1.2$. El valor de θ está cercano a 1.072 aceptado por Hermann y Gloyna en 1958.

Las condiciones bajo las cuales los experimentos de Suwannakarn fueron llevados a cabo, son semejantes a aquellas empleadas en la obtención de la ecuación 18.

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

1.- Aguirre Jorge, "influence of the Anaerobc Sludge Layer Design of Facultative Waste Stabilization Pond Performances". The University of Texas at Austin, (1970).

2.- Marais GVR. "New Factors in the Design, Operation and Performance of Waste-stabilization Ponds". World Health Org., (1966).

3.- "Lagunas de Estabilización para Países en Desarrollo". Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el desarrollo Internacional (A.I.D.) México, (1968).

4.- "Lagunas de Estabilización". Universidad Nacional Autónoma de México, -- Facultad de Ingeniería-División de Estudios Superiores. México.- (1966).

T A B L A S

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

TLALTIZAPAN, MOR.

ULISES AGUILERA HERNANDEZ

ABRIL 1973

212-40-5

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION DE HIDROLOGIA

TABLA 1.-

DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA - OFICINA DE CLIMATOLOGIA

LATITUD .....
LONGITUD .....
ALTITUD .....

LLUVIA
EN mm.

CONTROLADA POR S.M.M.
ESTACION ZACATEPEC
ESTADO MORELOS.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1961	0.0	0.0	1.0	0.0	10.2	232.3	208.9	84.3	147.2	35.7	40.0	INAP	759.6
1962	0.0	0.0	INAP	21.9	23.1	179.3	72.7	215.3	166.7	43.5	4.4	0.6	727.5
1963	0.0	0.0	8.3	4.6	67.4	237.4	200.5	92.8	120.8	97.0	INAP	0.0	828.8
1964	16.9	0.0	INAP	1.7	106.6	210.7	117.1	108.3	166.1	38.0	25.9	8.6	799.9
1965	21.2	6.9	0.0	33.4	74.1	176.2	153.5	303.1	130.5	98.2	0.9	2.7	1000.7
1966	0.8	INAP	12.3	38.9	81.1	76.0	136.0	94.0	217.7	42.2	0.0	0.0	699.0
1967	61.1	0.0	INAP	0.2	61.8	207.8	93.0	229.6	168.5	113.5	11.0	0.3	946.8
1968	12.8	8.9	1.8	30.3	93.9	171.1	80.3	158.8	114.7	44.7	INAP	20.5	737.8
1969	19.0	INAP	9.1	5.4	6.1	64.4	138.8	254.2	226.6	48.9	0.0	INAP	772.5
1970	0.1	INAP	0.0	0.0									
SUMA													
PROM.													

T. G. N.—6246-70

212 - 40 - 6

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION DE HIDROLOGIA

TABLA No. 2.-

DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA - OFICINA DE CLIMATOLOGIA

LATITUD .....
LONGITUD .....
ALTITUD .....

EVAPORACION
EN mm.

CONTROLADA POR S M . M
ESTACION ZACATEPEC
ESTADO MORELOS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1961	117.5	138.3	201.4	215.5	213.1	145.1	153.1	162.3	134.6	130.0	86.8	89.1	1786.8
1962	111.5	146.0	216.9	207.6	207.6	179.7	172.3	180.2	129.1	123.4	106.8	90.8	1871.9
1963	115.3	143.2	201.7	208.2	176.4	146.9	141.0	145.6	129.2	121.9	100.7	93.6	1723.7
1964	107.6	166.9	197.8	214.4	172.9		.	166.6	143.9	133.7	106.5	88.2	
1965	95.9	129.1	200.4	201.8	203.6	155.9	165.5					83.6	
1966	105.5	137.2	185.9	185.2	191.0	185.0	163.7	158.6	137.1	113.3	107.2	106.3	1776.0
1967	95.4	128.7	178.9	191.2	190.4	154.4	168.3	160.1	134.4	131.5	146.6	121.3	1801.2
1968	115.7	128.9	174.1	197.7	177.8	156.8	160.5	157.2	139.7	149.7	118.3	117.6	1794.0
1969	108.3	130.7	204.2	221.8	247.0	195.9	177.5	146.7	146.8	151.0	139.3	120.6	1989.8
1970	129.2	147.3	181.6	201.8									
SUMA													
PROM.													

T. G. N.—6247-70

212 - 40 - 3

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION DE HIDROLOGIA

DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA - OFICINA DE CLIMATOLOGIA

TABLA 3.-

LATITUD

LONGITUD

ALTITUD

TEMPERATURA MEDIA EN °C.

CONTROLADA POR SMM

ESTACION ZACATEPEC

ESTADO MORELOS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1961	21.9	22.2	25.4	27.9	29.0	25.4	23.9	23.7	22.5	22.6	21.3	18.8	23.7
1962	19.4	23.3	26.0	26.2	28.8	28.8	28.2	26.5	25.7	25.4	21.7	22.0	24.8
1963	21.2	21.0	26.1	27.9	27.4	26.3	25.1	25.3	25.1	23.8	21.7	20.3	24.3
1964	21.6	23.5	25.6	27.4	26.8	25.2	25.0	25.1	24.7	22.4	21.5	19.6	24.0
1965	19.1	20.7	23.8	26.1	26.7	25.7	24.8	23.8	24.5	22.8	21.4	20.5	23.3
1966	19.7	22.2	23.6	25.2	26.7	26.2	25.5	24.6	24.1	23.5	19.6	18.5	23.3
1967	18.6	21.0	24.6	26.7	27.2	26.3	25.1	24.8	24.5	22.9	20.5	20.1	23.5
1968	19.9	20.2	22.8	27.3	26.6	26.3	25.3	25.3	25.0	23.7	21.5	20.9	23.7
1969	20.0	22.6	25.0	25.9	27.7	28.0	25.8	25.0	24.8	23.8	21.2	19.3	24.1
1970	19.5	22.4	23.4	27.1									
SUMA													
PROM.													

T. G. N.—6227-67

LATITUD
LONGITUD
ALTITUD

VIENTOS DOMINANTES

CONTROLADA POR
ESTACION CUAUTLA
ESTADO MORELOS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1961	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	
1962	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	
1963	W	W	W	W	W	W	SW	NW	NW	W	NW	N	
1964	N	N	NW	NW	NE	NE	NE	E	N	N	N	N	
1965	N	N	N	N	N	N	NE	NE	NE	NE	N	N	
1966	N	N	NE	N	NE	N	NE	NE	NE	NE	NW	NE	
1967	N	N	N	N	N	NE	NE	NE	N	N	N	N	
1968	N	NE	N	N	NE	N	NE	E	NE	NE	N	N	
1969	N		N	NE	N	N	NE	NW	N	NE	N	N	
SUMA													
PROM.													

T. G. N.—6120-65

212 - 40 - 1

TABLA No.5.-

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION DE HIDROLOGIA

DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA - OFICINA DE CLIMATOLOGIA

LATITUD.....
LONGITUD.....
ALTITUD.....

INSOLACION TOTAL EN HORAS.

CONTROLADA POR.....
ESTACION CUERNAVACA
ESTADO MORELOS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1941	171.7	217.1	258.8	189.4				214.2	160.0	186.5			1397.7
1942		224.8	280.2	166.0	132.1	145.7	209.1	175.4	122.4	234.9	219.2	263.4	2173.2
1943	281.9	255.7	197.4	87.8	121.2	150.2	261.2	250.8	220.6	233.2	234.7	269,9	2564.6
1944	240.6	260.9	201.2	121.1	128.3	100.1	181.7	150.7	103.5	224.2	222.2	205.7	2140.2
1945	206,0	252.4	220.2	101.9	71.5	105.5	157.0	131.4	160.5	193.6	228.2	164.1	1992.3
1946		163.6	127.5	68.0	100.2	103.1		135.8	124.4	149.3	191.4	202.5	1365.8
1947	208.0	160.9	122.8	11.0									502.7
SUMA													
PROM.													

T. G. N.—6225-67

TABLA No. 6

RESULTADOS ANALITICOS DE MUESTRAS DE AGUAS NEGRAS TOMADAS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA CD. DE COLIMA, COL.

Muestras	Muestra compuesta de 10 partes de la descarga "Emisor río Colima" y 1 parte descarga arroyo "Moralete".	Muestra descarga al arroyo "Moralete"	Muestra tomada en la descarga al río "Colima"
pH	6.9	7.1	6.9
DBO	212	196	270
DQO	524	710	828
AF/AT	0/244	0/264	0/256
DT	156	144	164
Cl^-	44	36	40
$SO_4^{=}$	60	52	48
S.T.	802	822	672
STF	374	320	312
STV	428	502	360
SS	332	280	240
SSF	100	100	72
SSV	232	180	168
SD	470	542	432
SDV	274	220	240
SDF	196	322	192
S.I	5.0	6.0	4.0

Nota.- Resultados expresados en mg/l, excepto sólidos Imhoff (S.I) que se expresan en ml/l.

TABLA No. 7

Tipo de Tratamiento	Datos de Diseño	Cloración (mg/1)	Costos totales de la planta($mgd)	Costos de Operación y mantenimiento ($ mgd)
Lagunas de Estab.	20#/acres/día	2.5	365,000[e]	7,200[e]
Lagunas de Estab.	20#/acres/día	Ninguno	360,400[e]	5,500[e]
Lagunas de Estab.	40#/acres/día	2.5	196,900[e]	6,900[e]
Lagunas de Estab.	40#/acres/día	Ninguno	191,400[e]	5,200[e]
Lagunas de Estab.	60#/acres/día	2.5	140,300[e]	6,900[e]
Lagunas de Estab.	60#/acres/día	Ninguno	134,800[e]	5,200[e]
Primario + Lagunas de Oxidación	2 hr. de sedimentación 65#/acres/día	2.5	337,300[c]	16,100[c]
Primario + Lagunas de Oxidación	3 Hr. de sedimentación. 170#/acres/día	2.5	300,200[c]	14,100[c]
Primario + Lagunas de Oxidación	3 hr. de sedimentación 170#/acres/día	Ninguno	290,200[e]	11,400[e]

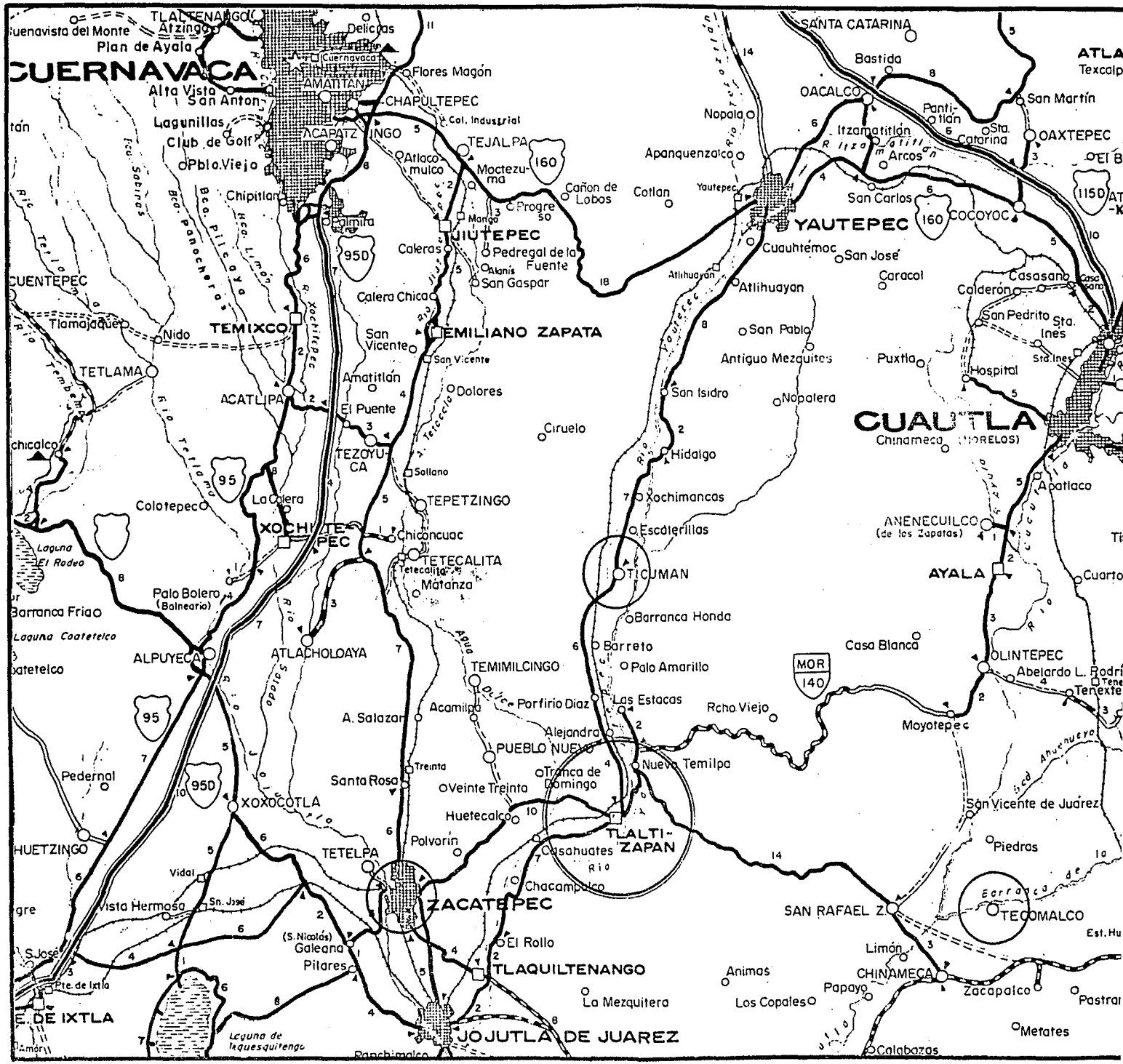
[a] Las cifras están basadas en dólares de 1963 y en un índice de costos del - Engeineering News Record - $ 900.00.

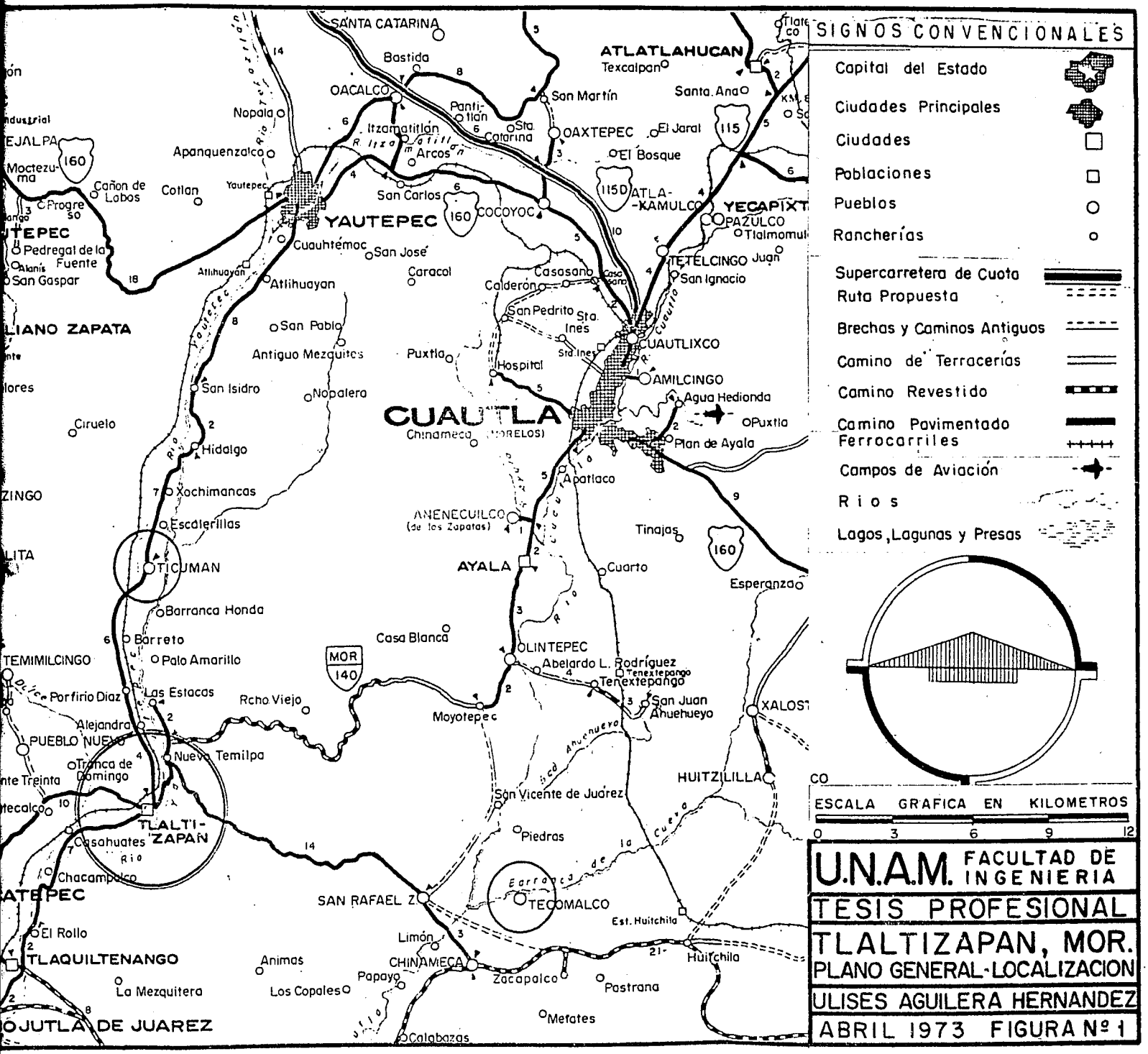
[e] Estimado de datos publicados (costo del terreno - $1200/acre).

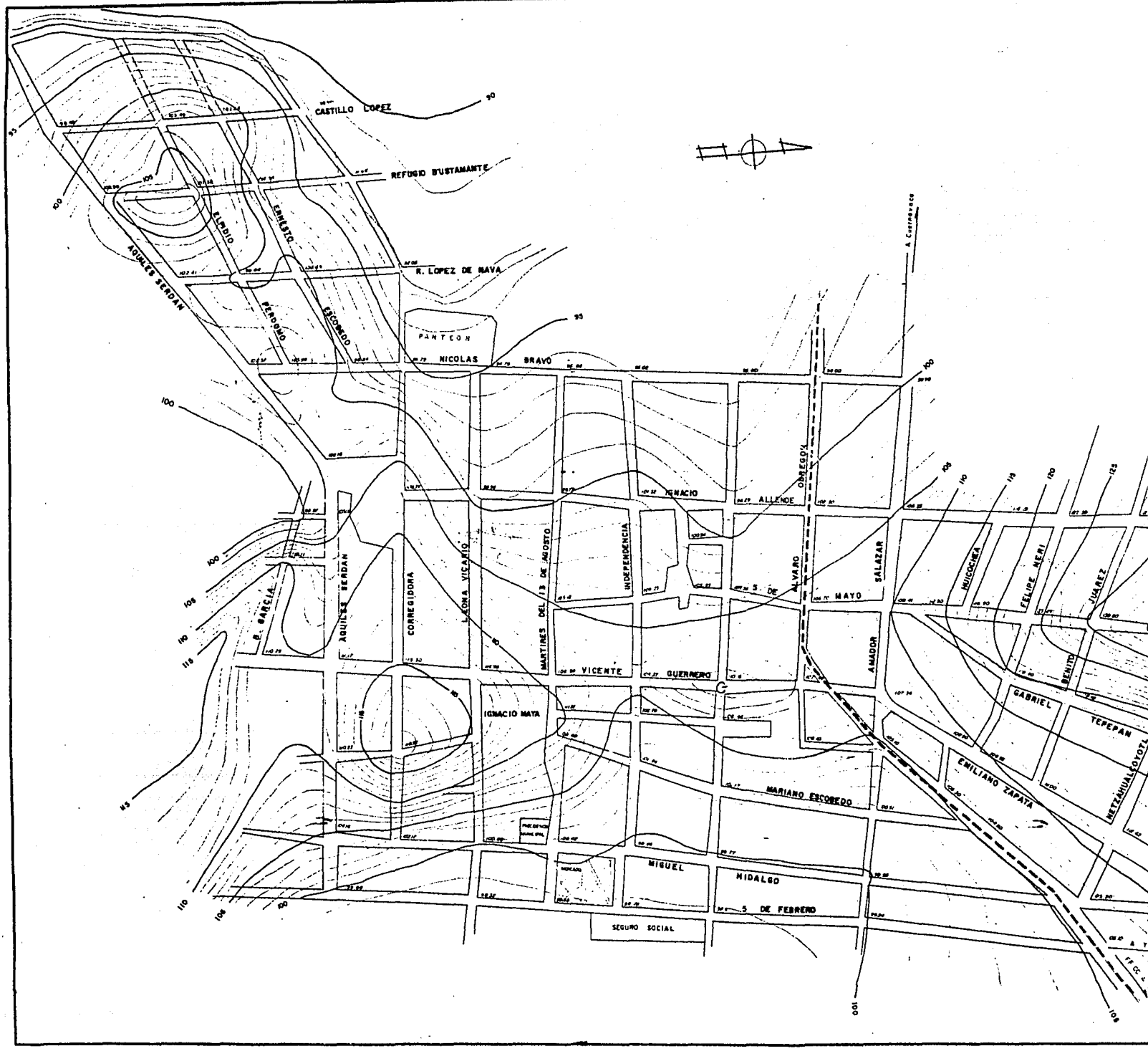
[c] Calculado (costo del terreno - $ 1200/acre)

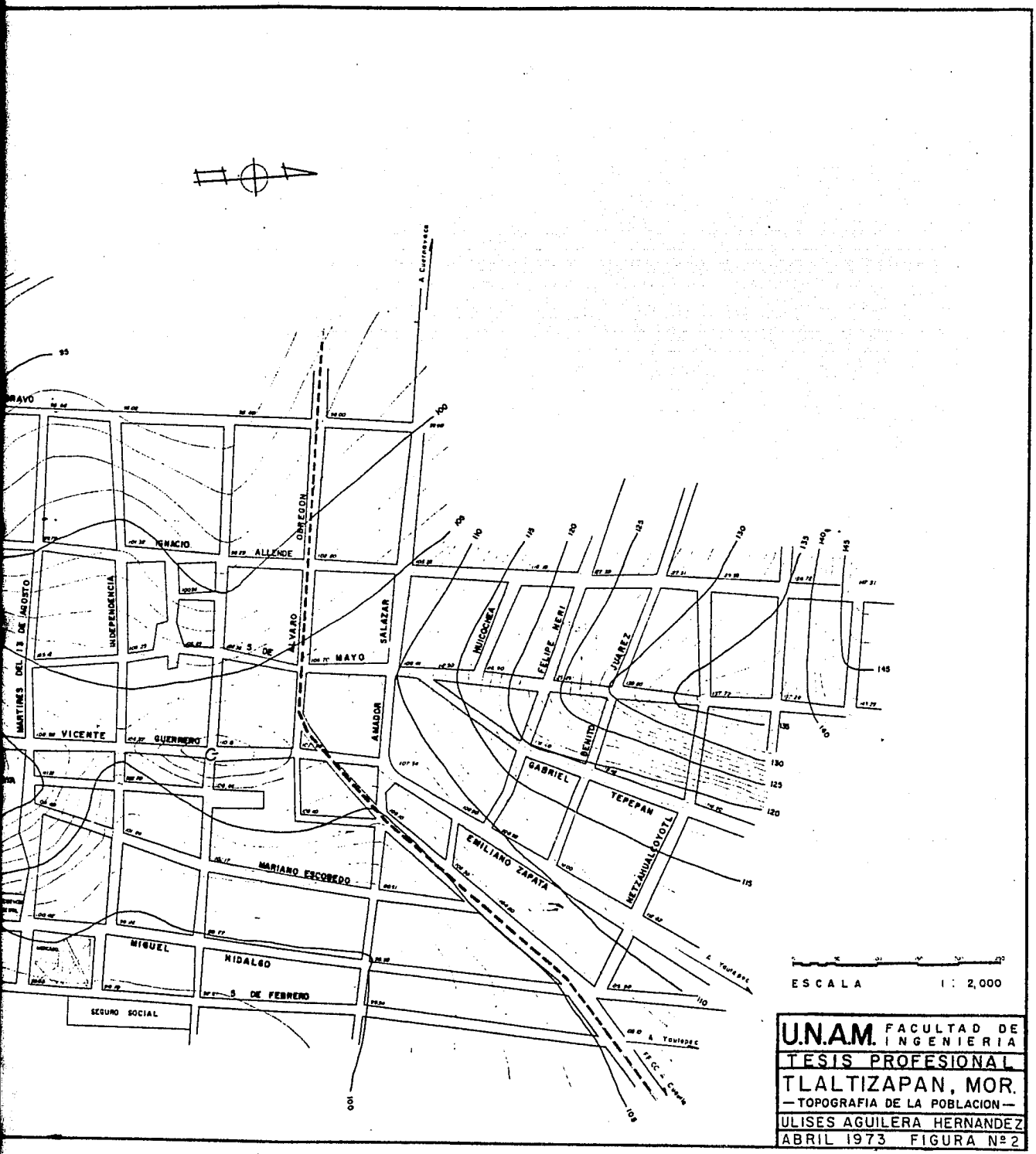
F I G U R A S

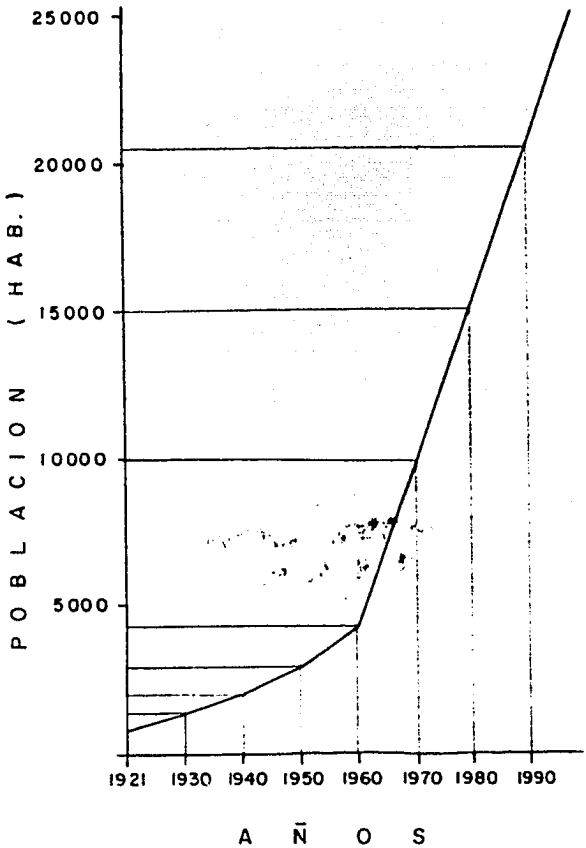
U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
TLALTIZAPAN, MOR.
ULISES AGUILERA HERNANDEZ
ABRIL 1973


CUERNAVACA
TLALTENANGO
Buenavista del Monte
Atzingo
Plan de Ayala
Delicias
Cuernavaca
Flores Magón
Alta Vista
San Anton
AMATITLAN
CHAPULTEPEC
Col. Industrial
Lagunillas
Club de Golf
ACAPATZINGO
TEJALPA
Pblo. Viejo
Atlacomulco
Moctezuma
Chipitlan
Progreso
Cañon de Lobos
Cotlan
Olmita
Mango
JIUTEPEC
Caleras
Pedregal de la Fuente
Alanis
San Gaspar
Calera Chica
CUENTEPEC
Tlamajaque
Nido
TEMIXCO
EMILIANO ZAPATA
San Vicente
TETLAMA
Amatitlan
Dolores
ACATLIPA
El Puente
TEZOYUCA
Sollano
Ciruelo
Colotepec
La Calera
TEPETZINGO
XOCHITEPEC
Chiconcuac
TETECALITA
Tetecalita
Matanza
Palo Bolero (Balneario)
Barranca Frio
Laguna Coatetelco
ALPUYECA
ATLACHOLOAYA
TEMIMILCINGO
Acamilpa
Porfirio Diaz
A. Salazar
PUEBLO NUEVO
Alejandra
Treinta
Santa Rosa
Veinte Treinta
Tranca de Domingo
Pedernal
XOXOCOTLA
Huetecalco
HUETZINGO
Polvorin
TETELPA
Casahuates
TLALTIZAPAN
Vidal
Vista Hermosa
Sn. José
Chacampalco
ZACATEPEC
(S. Nicolás) Galeana
El Rollo
Pilares
TLAQUILTENANGO
Pte. de Ixtla
E. DE IXTLA
Laguna de Tequesquitengo
JOJUTLA DE JUAREZ
Ranchimalco
La Mezquitera
Animas
Los Copales
Papayo
Calabazas
Metates
Zacapalco
CHINAMECA
Limón
SAN RAFAEL Z.
TECOMALCO
Barranca de Tecomalco
Est. Hu
Tenancingo
Moyotepec
Rcho. Viejo
Casa Blanca
MOR 140
Barranca Honda
Barreto
Palo Amarillo
Las Estacas
Nuevo Temilpa
TICUMAN
Escaterillas
Xochimancas
Hidalgo
San Isidro
Antiguo Mezquites
San Pablo
Nopalera
Atlihuayan
Cuauhtémoc
San José
Caracol
Yautepec
YAUTEPEC
San Carlos
COCOYOC
Apanquenzalco
Nopala
OACALCO
Itzamatitlán
Arcos
Pantitlán
Sta. Catarina
Bastida
SANTA CATARINA
OAXTEPEC
San Martín
Texcalpa
Calderón
Casasano
San Pedrito
Sta. Ines
Puxtla
Hospital
CUAUTLA
Chinameca
(MORELOS)
Apatlaco
ANENECUILCO (de los Zapatas)
AYALA
Cuarto
OLINTEPEC
Abelardo L. Rodríguez
Tenexte
San Vicente de Juárez
Piedras
Río Amacuzac
Río Cuautla
Río Yautepec
Río Tetlama
Río Tembembe
Río Tlaltenango
Río Salado
Río Tetecala
Río Apatlaco
Río Chinameca
Río Tlaquiltenango
Río Ixtla
Río Amacuzac
Río Cuernavaca
Río Chapultepec
Río Atlacomulco
Río Tejalpa
Río Itzamatitlán
Río Tlaltenango
Río Sabinas
Río Panoche
Río Pilcaya
Río Limón
Río Tetlama
Río Tembembe

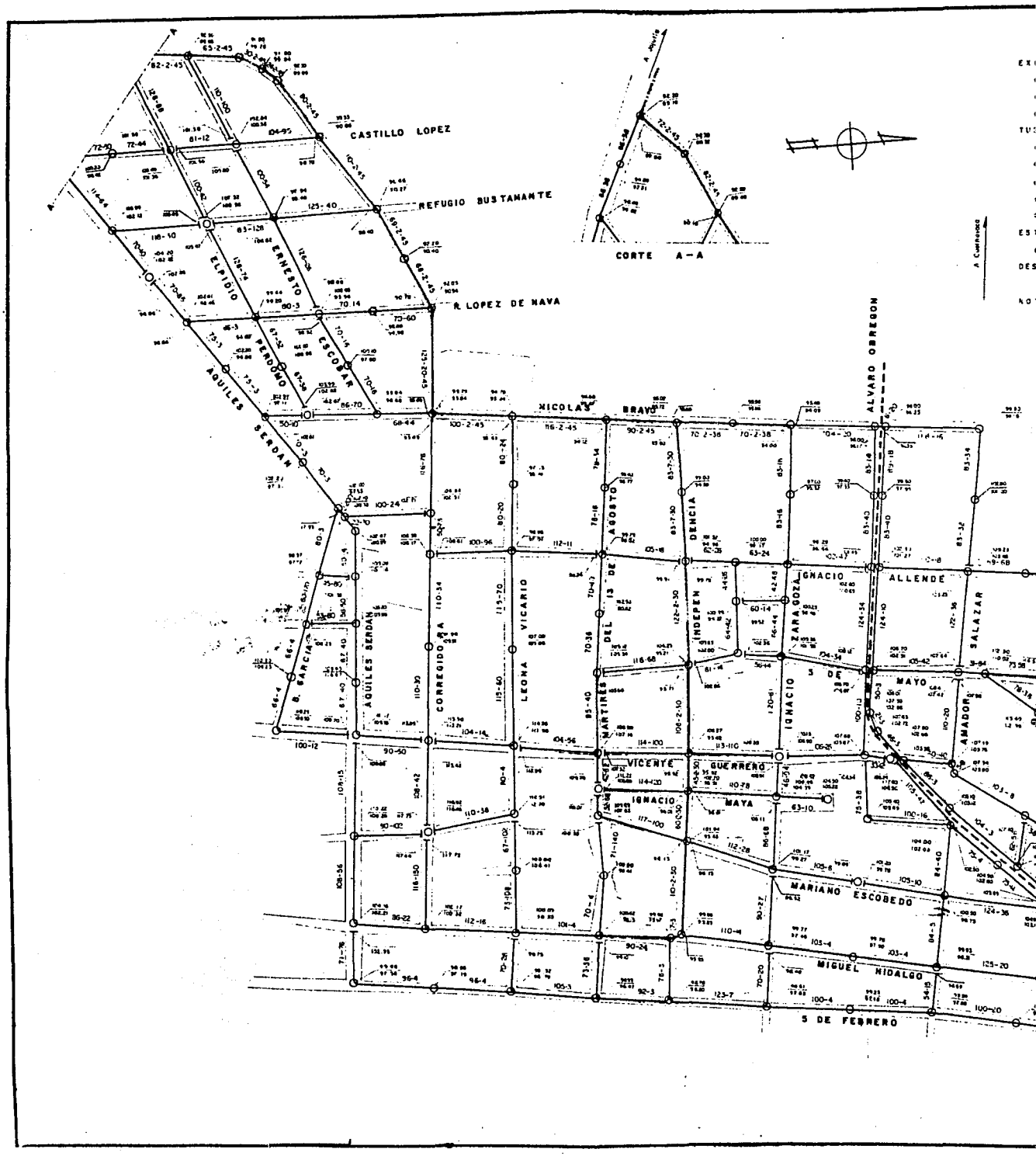

SIGNOS CONVENCIONALES
Capital del Estado
Ciudades Principales
Ciudades
Poblaciones
Pueblos
Rancherías
Supercarretera de Cuota
Ruta Propuesta
Brechas y Caminos Antiguos
Camino de Terracerías
Camino Revestido
Camino Pavimentado
Ferrocarriles
Campos de Aviación
Ríos
Lagos, Lagunas y Presas
ESCALA GRAFICA EN KILOMETROS
0 3 6 9 12
U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
TLALTIZAPAN, MOR.
PLANO GENERAL-LOCALIZACION
ULISES AGUILERA HERNANDEZ
ABRIL 1973 FIGURA Nº 1
CUAUTLA
Chinameca (MORELOS)
YAUTEPEC
TLALTIZAPAN
TICUMAN
AYALA
OLINTEPEC
ANENECUILCO (de los Zapatas)
TECOMALCO
CHINAMECA
SAN RAFAEL Z.
ATLATLAHUCAN
YECAPIXTLA
TETELCINGO
CUAUTLIXCO
AMILCINGO
OACALCO
OAXTEPEC
COCOYOC
ATLA-KAMULCO
Tinajas
Cuarto
Esperanza
Casa Blanca
Moyotepec
Abelardo L. Rodríguez
Tenextepango
San Juan Ahuehueyo
HUITZILILLA
XALOSTOC
San Vicente de Juárez
Piedras
Zacapalco
Pastrana
Metates
Calabazas
Huitchila
Est. Huitchila
Tlaltizapan
Casahuates
Chacampalco
Tranca de Domingo
Nuevo Temilpa
Alejandra
Las Estacas
Porfirio Díaz
Rcho. Viejo
Barreto
Barranca Honda
Palo Amarillo
Xochimancas
Escalerillas
Hidalgo
San Isidro
Nopalera
Ciruelo
Antiguo Mezquites
San Pablo
Atlihuayan
Cuauhtémoc
San José
Caracol
Puxtla
Hospital
Casasano
Calderón
San Pedrito
Sta. Inés
Agua Hedionda
Plan de Ayala
Apatlaco
Tlaltizapan
Nopala
Apanquenzalco
Cotlan
Cañón de Lobos
Moctezuma
Pedregal de la Fuente
San Gaspar
Bastida
Santa Catarina
San Martín
Santa Ana
El Jaral
El Bosque
San Carlos
Arcos
Itzamatitlán
Pantitlán
Texcalpan
Pazulco
Tlalmomulco
San Ignacio
El Rollo
TLAQUILTENANGO
La Mezquitera
Animas
Los Copales
Papayo
Limón
Calderón
Tlaltizapan
Río Cuautla
Río Yautepec
Río Tlaltizapán
Río Cuernavaca
Río Apatlaco
Río Chinameca
Río Amacuzac
Río Tepalcingo
Barranca de Cuernavaca
Barranca de Tecomalco
Barranca de Amacuzac
Barranca de Tlaltizapán
Barranca de Tlaquiltenango
Barranca de Jojutla
Barranca de Tepalcingo
Barranca de Xochitepec
Barranca de Cuernavaca

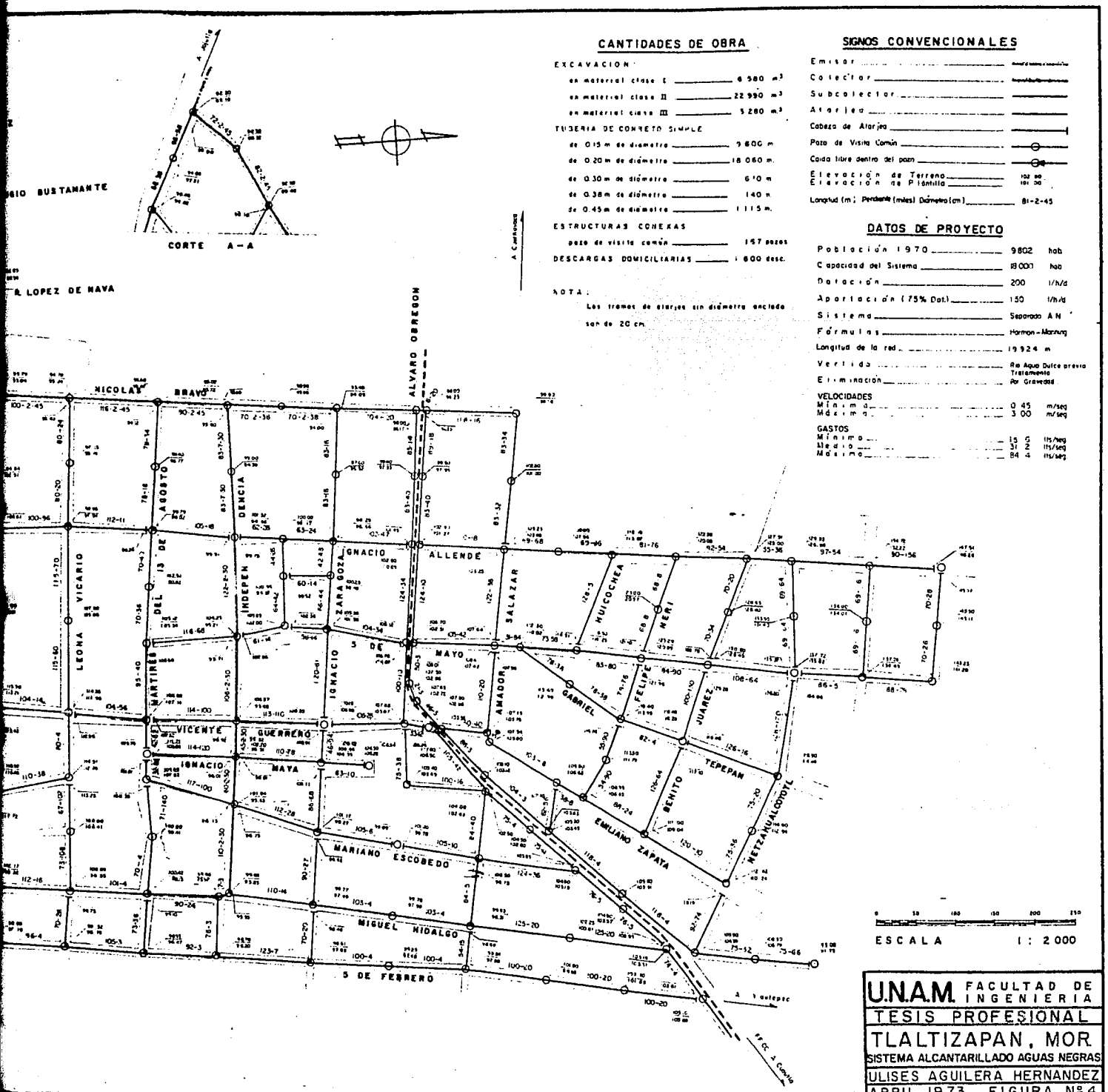

CASTILLO LOPEZ
REFUGIO BUSTAMANTE
R. LOPEZ DE NAVA
AQUILES SERDAN
ELPIDIO
ERNESTO
PERIODO
ESCOBEDO
PANTEON
NICOLAS BRAVO
IGNACIO ALLENDE
OBREGON
A. Cuernavaca
B. GARCIA
AQUILES SERDAN
CORREGIDORA
LAGUNA VICARIO
MARTIRES DEL 13 DE AGOSTO
INDEPENDENCIA
S. DE ALVARO
MAYO
SALAZAR
HUICOCHEA
FELIPE NERI
JUAREZ
BENITO
VICENTE GUERRERO
AMADOR
IGNACIO MAYA
GABRIEL
TEPEPAN
EMILIANO ZAPATA
MEZZAHUALCOYOTL
MARIANO ESCOBEDO
MIGUEL HIDALGO
5 DE FEBRERO
SEGURO SOCIAL
MERCADO


A Cuernavaca
BRAVO
IGNACIO ALLENDE
OBREGON
ALVARO
SALAZAR
5 DE MAYO
INDEPENDENCIA
MARTINES DEL 13 DE AGOSTO
VICENTE GUERRERO
AMADOR
HUICOCHEA
FELIPE NERI
JUAREZ
BENITO
GABRIEL TEPEPAN
HETZAHUALCOYOTL
EMILIANO ZAPATA
MARIANO ESCOBEDO
MIGUEL HIDALGO
5 DE FEBRERO
SEGURO SOCIAL
A Yautepec
A Yautepec
F.C. a Cuernavaca
ESCALA 1 : 2,000
U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
TLALTIZAPAN, MOR.
— TOPOGRAFIA DE LA POBLACION —
ULISES AGUILERA HERNANDEZ
ABRIL 1973 FIGURA Nº 2



U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
TLALTIZAPAN, MOR.	
ESTIMACION POBLACION FUTURA	
ULISES AGUILERA HERNANDEZ	
ABRIL 1973	FIGURA Nº3


CASTILLO LOPEZ
REFUGIO BUSTAMANTE
R. LOPEZ DE NAVA
CORTE A-A
ELPIDIO
PERDOMO
ERNESTO
ESCOBAR
AQUILES SERDAN
NICOLAS BRAVO
ALVARO OBREGON
R. GARCIA
CORREGIDORA
LEONA VICARIO
MARTIRES DEL 13 DE AGOSTO
INDEPENDENCIA
IGNACIO ZARAGOZA
IGNACIO ALLENDE
SALAZAR
5 DE MAYO
AMADOR
VICENTE GUERRERO
IGNACIO MAYA
MARIANO ESCOBEDO
MIGUEL HIDALGO
5 DE FEBRERO



CANTIDADES DE OBRA

EXCAVACION

en material clase I	6 580 m³
en material clase II	22 990 m³
en material clase III	5 280 m³

TUBERIA DE CONCRETO SIMPLE

de 0.15 m de diámetro	9 600 m
de 0.20 m de diámetro	18 060 m.
de 0.30 m de diámetro	610 m
de 0.38 m de diámetro	140 m
de 0.45 m de diámetro	1 115 m.

ESTRUCTURAS CONEXAS

pozo de visita común	157 pozos
DESCARGAS DOMICILIARIAS	1 600 desc.

NOTA:

Los tramos de atarjas sin diámetro anotado son de 20 cm.

SIGNOS CONVENCIONALES

Emisor	
Colector	
Subcolector	
Atarjea	
Cabeza de Atarjea	
Pozo de Visita Común	
Caida libre dentro del pozo	
Elevación de Terreno / Elevación de Plantilla	102 80 / 101 30
Longitud (m); Pendiente (miles) Diámetro (cm)	81-2-45

DATOS DE PROYECTO

Población 1970	9802	hab
Capacidad del Sistema	18000	hab
Dotación	200	l/h/d
Aportación (75% Dot.)	150	l/h/d
Sistema	Separado A N	
Fórmulas	Harmon-Manning	
Longitud de la red	19 924	m
Vertida	Río Agua Dulce previo Tratamiento	
Eliminación	Por Gravedad	

VELOCIDADES

Mínima	0 45	m/seg
Máxima	3 00	m/seg

GASTOS

Mínimo	15 5	lts/seg
Medio	31 2	lts/seg
Máximo	84 4	lts/seg

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA

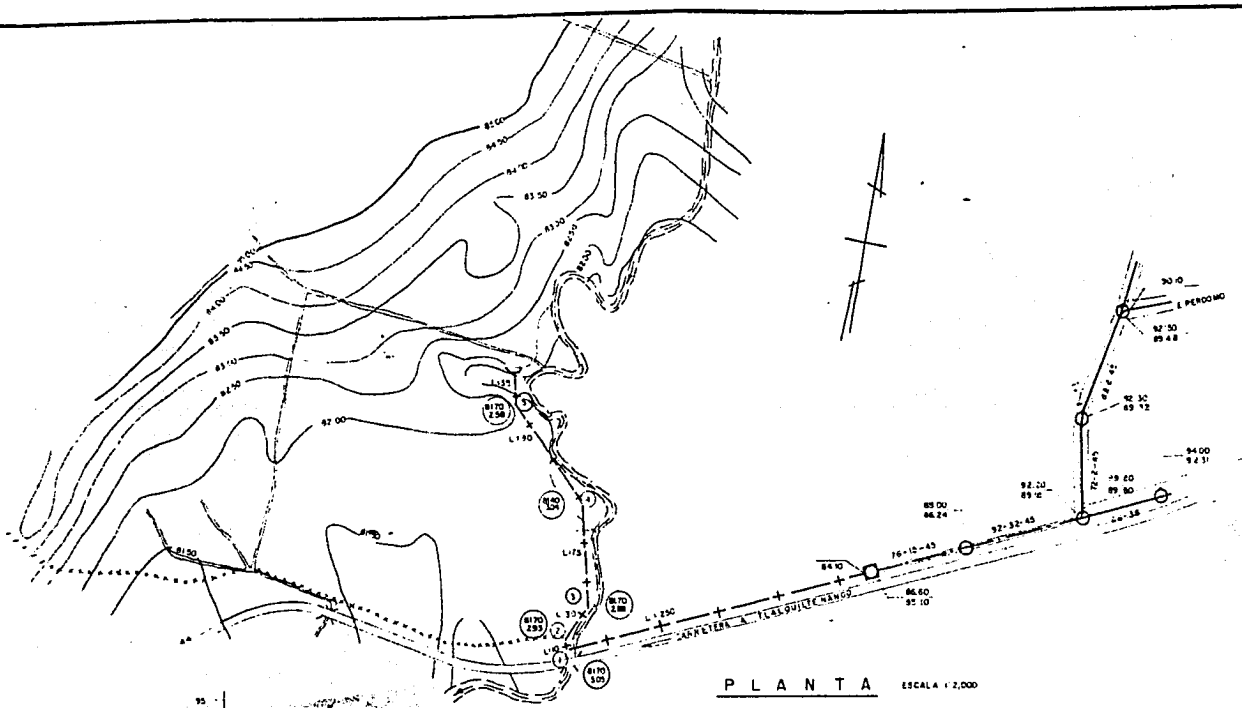
TESIS PROFESIONAL

TLALTIZAPAN, MOR.

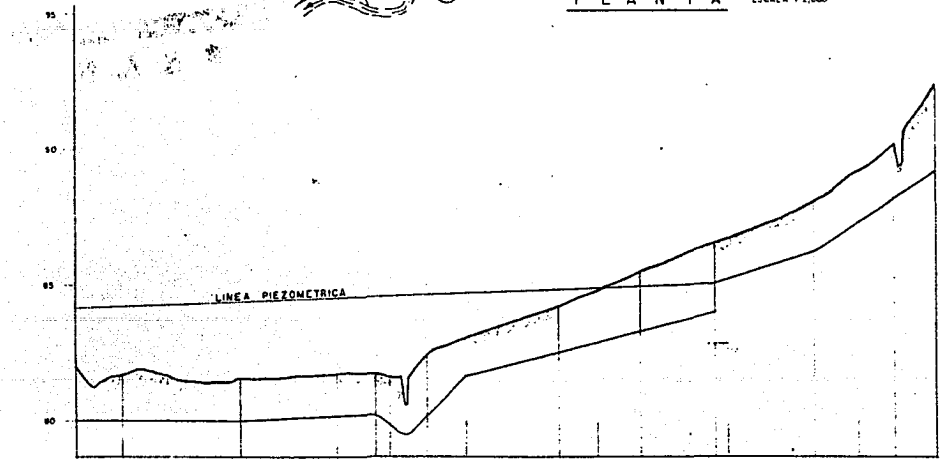
SISTEMA ALCANTARILLADO AGUAS NEGRAS

ULISES AGUILERA HERNANDEZ

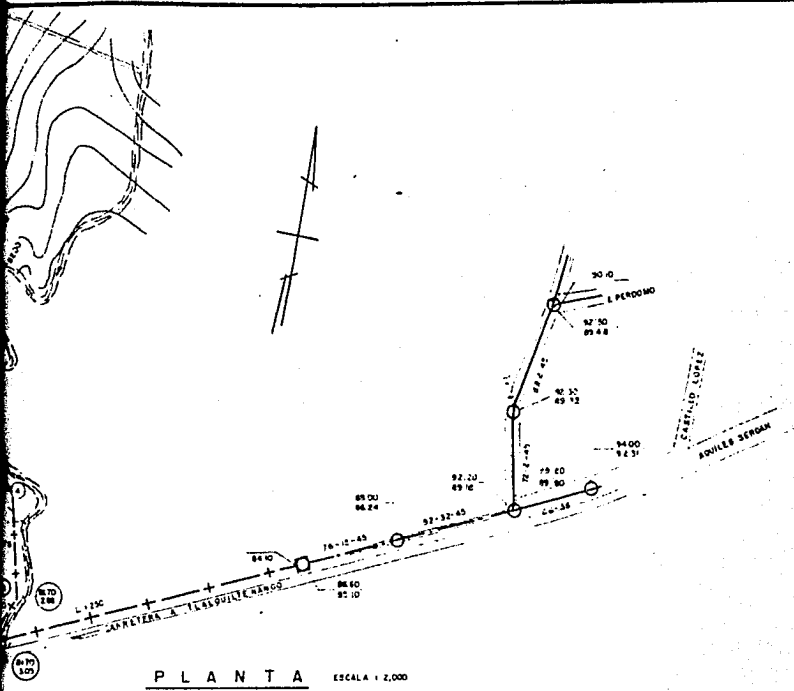
ABRIL 1973 FIGURA Nº 4



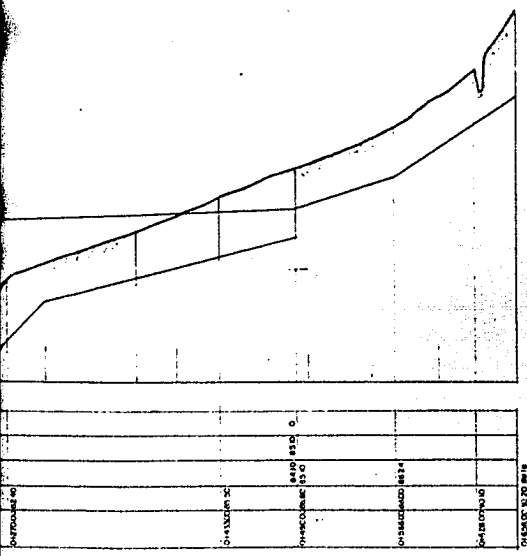
PLANTA ESCALA 1:2,000



| | | |



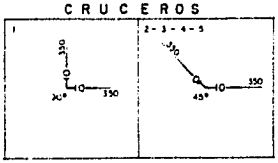
PLANTA ESCALA 1:2,000



PERFIL

HORIZONTAL 1:2,000
VERTICAL 1:100

CRUCEROS



DATOS DE PROYECTO

GASTO MINIMO	15.5	lts/seg
GASTO MEDIO	31.2	lts/seg
GASTO MAXIMO	84.4	lts/seg
FORMULAS	MANNING WILLIAM-HAZEN	
LONG TUBO GRAVEDAD	1.68	mts
LONG TUBO A PRESION	4.90	mts
VERTIDO	ZONA TRATAMIENTO	

CANTIDADES DE OBRA

EXCAVACIÓN

EN MATERIAL CLASE I	140	m^3
EN MATERIAL CLASE II	690	m^3
EN MATERIAL CLASE III	155	m^3
TUBERIA DE CONCRETO SIMPLE DE 0.45 m DE DIAM	170	m

ESTRUCTURAS CONEXAS

POZO DE VISITA COMUN	1	POZO
POZO DE CAIDA	1	POZO
ESTRUCTURA DE DESCARGA	1	ESTRUC.
TUBERIA DE A.C TIPO A-5 DE 350 mm (14") DE Ø	490	mt.

SIGNOS CONVENCIONALES

EMISOR	
COLECTOR	
ATARJEA	
POZO DE VISITA COMUN	
POZO DE CAIDA	
TUBERIA DE A.C TIPO A-5 DE 350 mm (14") Ø	
NO. DE CRUCERO	2
ESTRUCTURA DE DESCARGA	
ELEVACION DE TERRENO	88.00
ELEVACION DE PLANTILLA	88.00 / 88.24
ELEVACION DE TERRENO	81.77
CARGA DISPONIBLE	3.05
LONG. (m) = PENDIENTE (%) × DIAM (cm)	76 = 15 × 4.5
LONG. DEL TRAMO EN m	L = 170

NOTAS:

EN TODOS LOS CODOS SE DEBERAN CONSTRUIR ATRAQUES DE CONCRETO SIMPLE DE UN $f'_c = 90$ kg/cm²

LAS LONGITUDES DE TRAMOS ENTRE CRUCEROS ESTAN DADAS EN METROS Y LAS CARGAS DISPONIBLES EN METROS COLUMA DE AGUA

PIEZAS ESPECIALES

CODO DE fo fo C/o DE 90° x 350 mm (90° x 14") Ø	1 pza.
CODO DE fo fo C/o DE 45° x 350 mm (45° x 14") Ø	4 pzs.
JUNTA UNIVERSAL GPB DE 350 mm (14") Ø	10 pzs.

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA

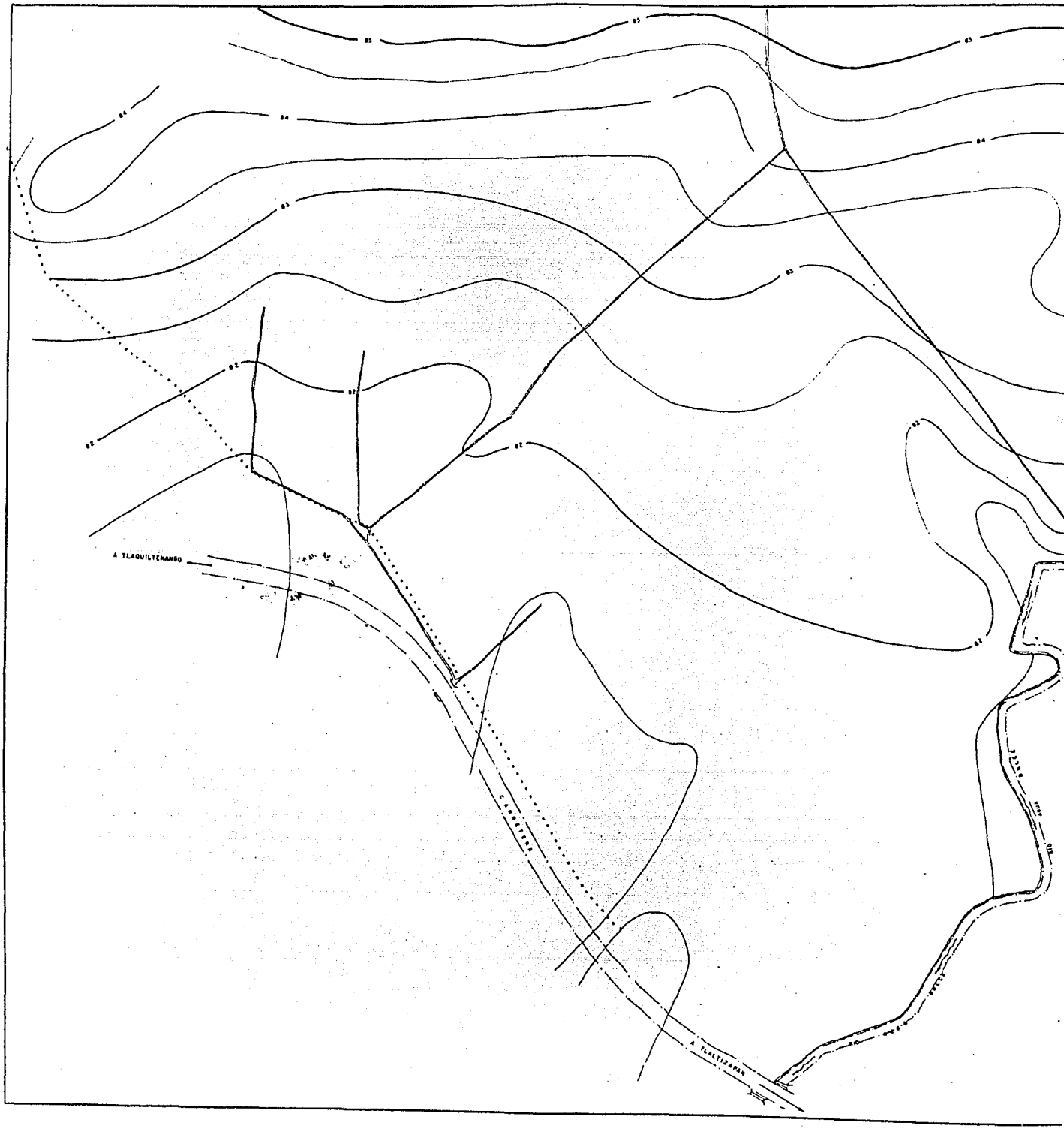
TESIS PROFESIONAL

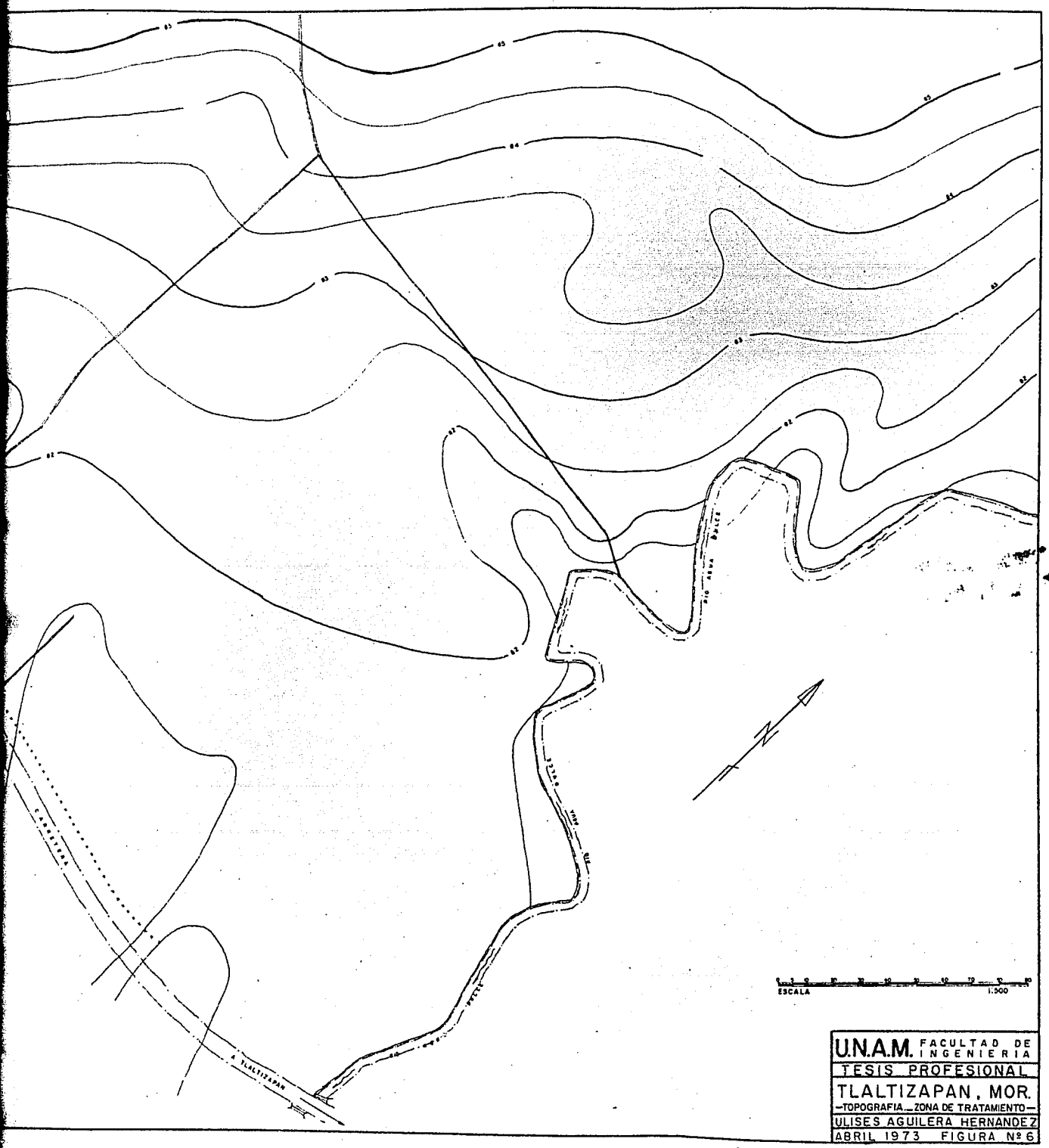
TLALTIZAPAN, MOR.

—EMISOR DE AGUAS NEGRAS—

ULISES AGUILERA HERNANDEZ

ABRIL 1973 FIGURA Nº 5


A TLAQUILTENANGO
CARRETERA
A TLALTIZAPAN



U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA

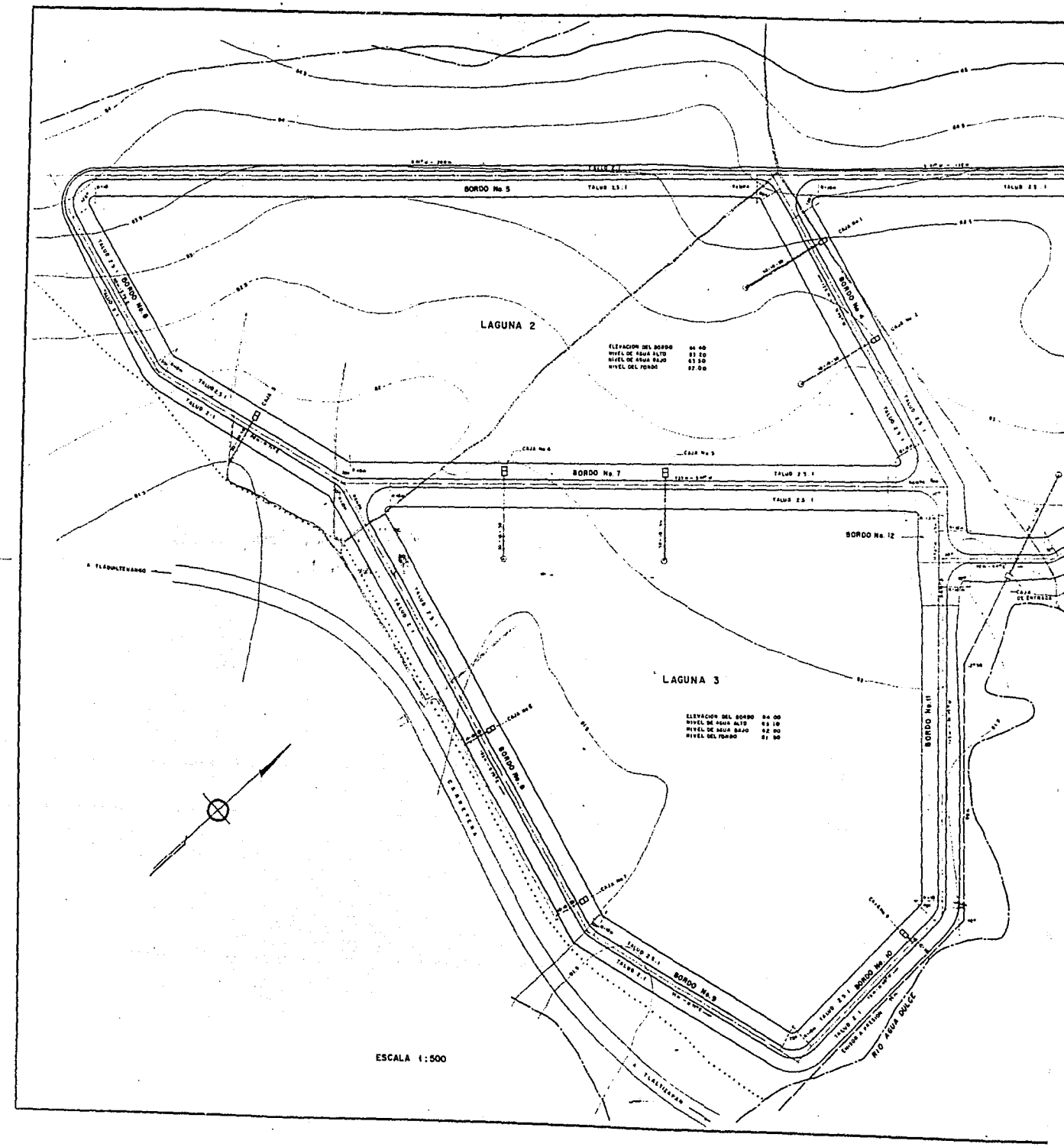
TESIS PROFESIONAL

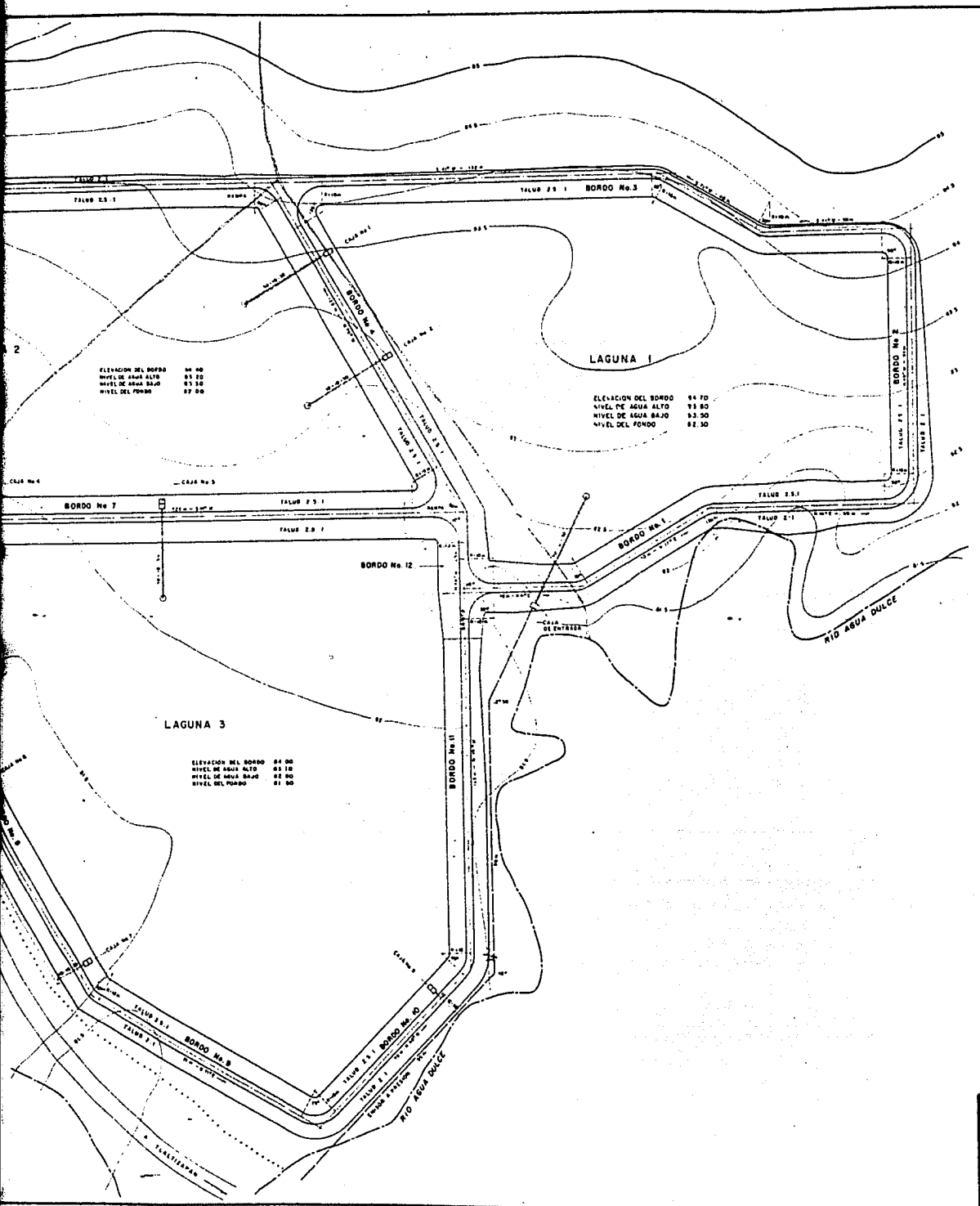
TLALTIZAPAN, MOR.

—TOPOGRAFIA—ZONA DE TRATAMIENTO—

ULISES AGUILERA HERNANDEZ

ABRIL 1973 FIGURA Nº 6


LAGUNA 2
ELEVACION DEL BORDO 84.00
NIVEL DE AGUA ALTO 83.20
NIVEL DE AGUA BAJO 81.30
NIVEL DEL FONDO 82.00
LAGUNA 3
ELEVACION DEL BORDO 84.00
NIVEL DE AGUA ALTO 83.10
NIVEL DE AGUA BAJO 82.00
NIVEL DEL FONDO 81.50
BORDO No. 5
BORDO No. 6
BORDO No. 7
BORDO No. 8
BORDO No. 9
BORDO No. 10
BORDO No. 11
BORDO No. 12
TALUD 2.5:1
TALUD 2:1
CAJA No. 1
CAJA No. 2
CAJA No. 3
CAJA No. 4
CAJA No. 5
CAJA No. 6
CAJA No. 7
CAJA No. 8
CAJA DE ENTRADA
CARRETERA
A TLAQUILTENANGO
A TLALTIZAPAN
RIO AGUA DULCE
ESCALA 1:500



DATOS DE PROYECTO

Poblacion 1970	9500 Hab
Poblacion de proyecto	18000 Hab
Dotacion	270 lts/hab/dia
Aportacion de aguas negras	150 lts/hab/dia
Gasto medio de aguas negras	31.8 l.p.s.
Gasto maximo de aguas negras	84.4 l.p.s
Capacidad del colector	125 l.p.s
Diametro del colector	45" cm
Volumen de aguas negras	2700 m³/dia
CARGA BIOLOGICA	
DBO (5 dias, 20°c)	54 g/hr/dia
DBO (5 dias, 20°c)	972 kg/dia
Concentracion del influente	360 p.p.m
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (1971)	
Mas mas frio, enero	19.9°c
Mas mas caliente, mayo	27.4°c
PRECIPITACION PLUVIAL (1971)	
Enero	1.5 mm
Mayo	2.9 mm
EVAPORACION	
Enero	33 mm
Mayo	45 mm
FORMULAS	
Harmon-Fitzgerald y Moreno - Sanchez	$\theta_t = \frac{\theta}{(1+K_1 H)(1+K_2 t)}$

LAGUNA No 1

Tirante alto	1.50 m
Tirante bajo	1.20 m
Area a nivel alto	2.04 Ha
Area a nivel bajo	2.00 Ha
Area del fondo	1.35 Ha
Volumen a nivel alto	26500 m³
Volumen a nivel bajo	21300 m³
Perdida por evaporacion, enero	20 m³/dia
Incremento pluvial, enero	31 m³/dia
Perdida por infiltracion	102 m³/dia
Tiempo de retencion, nivel alto	10.4 dias
Tiempo de retencion, nivel bajo	8.2 dias
Carga biologica, DBO (5 dias, 20°c)	
Influente	972 kg/dia
Efluente	209 kg/dia
Laguna	763 kg/dia
Concentracion del efluente	81 p.p.m
Eficiencia en la laguna	0.78

LAGUNA No 2

Tirante alto	1.50 m
Tirante bajo	1.20 m
Area a nivel alto	2.58 Ha
Area a nivel bajo	2.51 Ha
Area del fondo	2.30 Ha
Volumen a nivel alto	36600 m³
Volumen a nivel bajo	28800 m³
Perdida por evaporacion, enero	25 m³/dia
Incremento pluvial, enero	38 m³/dia
Perdida por infiltracion	129 m³/dia
Tiempo de retencion, nivel alto	19.1 dia
Tiempo de retencion, nivel bajo	17.0 dia
Carga biologica, DBO (5 dias, 20°c)	
Influente	209 kg/dia
Efluente	38 kg/dia
Laguna	171 kg/dia
Concentracion del efluente	15 p.p.m
Eficiencia en la laguna 2	0.82
Eficiencia en la laguna 1 y 2	0.97

LAGUNA No 3

Tirante alto	1.50 m
Tirante bajo	1.20 m
Area a nivel alto	2.83 Ha
Area a nivel bajo	2.72 Ha
Area del fondo	2.55 Ha
Volumen a nivel alto	40500 m³
Volumen a nivel bajo	31800 m³
Perdida por evaporacion, enero	27 m³/dia
Incremento pluvial, enero	48 m³/dia
Perdida por infiltracion	141 m³/dia
Tiempo de retencion, nivel alto	17.8 dias
Tiempo de retencion, nivel bajo	13.9 dias
Carga biologica, DBO (5 dias, 20°c)	
Influente	38 kg/dia
Efluente	5 kg/dia
Laguna	33 kg/dia
Concentracion del efluente	2 p.p.m
Eficiencia en la laguna 3	0.87
Eficiencia en las lagunas 1, 2 y 3	0.99

CANTIDADES DE OBRA

LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Limpia de terreno	9.5 Ha
Despalme en base de bordos	4300 m³
Excavacion	19750 m³
Bordos compactados	28400 m³
Caja de entrada	1 Unidad
Cajas de salida	8 Unidades

NOTAS:

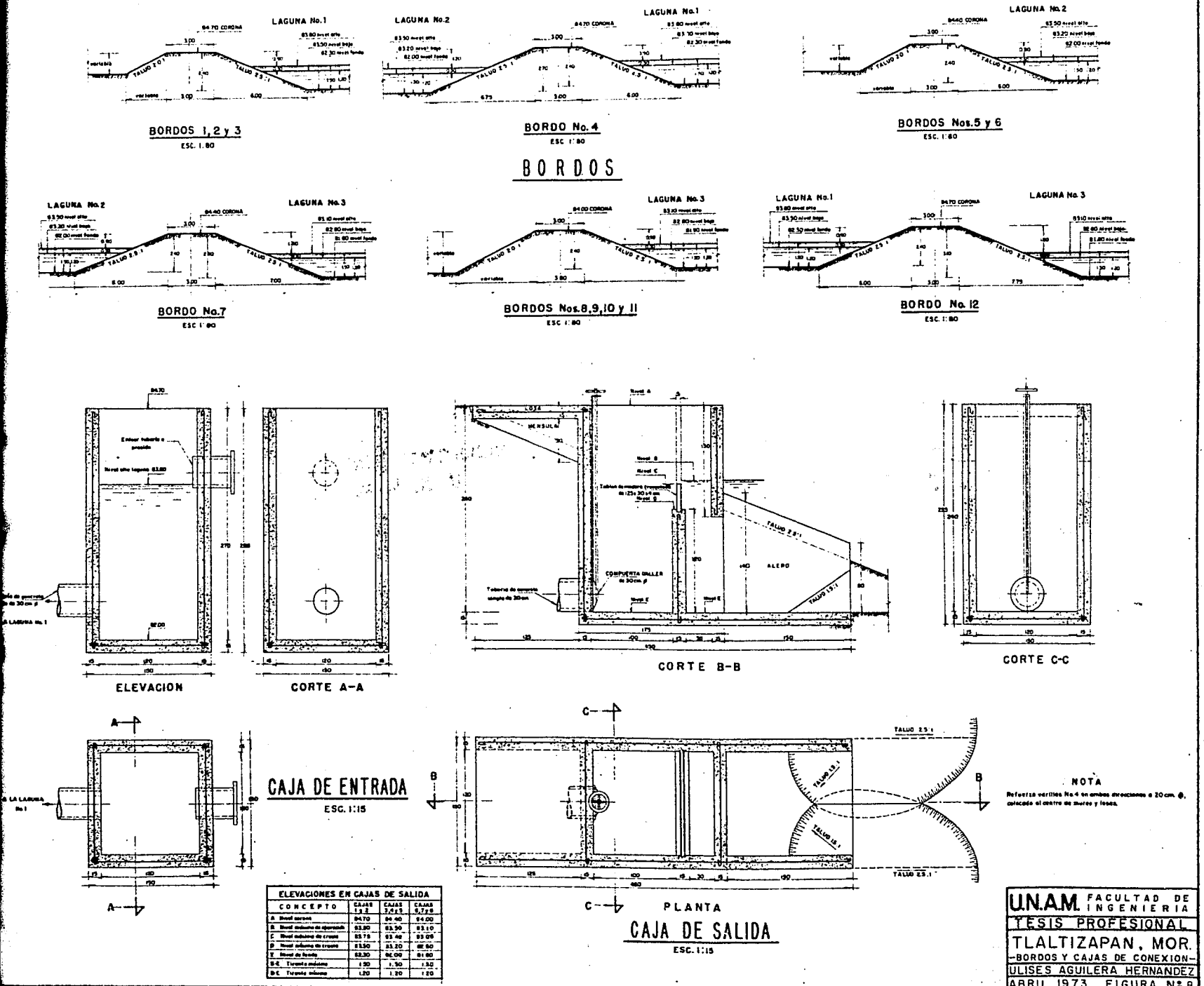
Las dimensiones y elevaciones estan en metros excepto cuando se indica en otra unidad

Los bordos se compactaran a 90% Proctor

Las medidas de eficiencia son teoricas, no considerandose la D.B.O. correspondiente a la materia vegetal en el afluente

Considerando como medio el nivel alto del agua, se hara un recubrimiento de los bordos de 300 m de ancho de zacate tipo de aproximadamente 20 cm de espesor.

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
TLALTIZAPAN, MOR.	
-LAGUNAS DE ESTABILIZACION-	
ULISES AGUILERA HERNANDEZ	
ABRIL 1973	FIGURA Nº 7



ELEVACIONES EN CAJAS DE SALIDA			
CONCEPTO	CAJAS 1 y 2	CAJAS 3,4 y 5	CAJAS 6,7 y 8
A Nivel corona	84.70	84.40	84.00
B Nivel máximo de operación	83.80	83.50	83.10
C Nivel máximo de crecida	83.75	83.40	83.05
D Nivel máximo de crecida	83.50	83.20	82.80
E Nivel de fondo	82.30	82.00	81.60
B-C Tirante máximo	1.50	1.50	1.50
D-E Tirante máximo	1.20	1.20	1.20