

# *Instituto Nacional de Ecología*

## *Libros INE*

---

**CLASIFICACION**

AE 002372

**LIBRO**

Estudio de factibilidad e ingeniería  
básica para el manejo, tratamiento y  
disposición de las aguas residuales  
en las poblaciones de Nativitas,  
Zacatelco, Tlaxcala

**TOMO**



AE 002372

C.R. E.J. 2381

M.F.N. 2372

F

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD E INGENIERIA BASICA PARA  
EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LAS AGUAS  
RESIDUALES EN LAS POBLACIONES DE NATIVITAS -  
ZACATELCO, TLAX.

# I N D I C E

## I N T R O D U C C I O N

	#	HOJA
1.- MARCO FISICO DE LA REGION		
1.1.- Antecedentes históricos		1
1.2.- Localización geográfica de la zona		2
1.3.- Hidrología y climatología		5
1.4.- Topografía, geología y edafología		15
2.- ASPECTOS SOCIOECONOMICOS		
2.1.- Información estadística de la localidad		20
2.1.1 Características políticas		20
2.1.2 Aspectos demográficos		22
2.1.3 Población económicamente activa		28
2.1.4 Vivienda		38
2.1.5 Mortalidad y morbilidad		42
2.1.6 Infraestructura y servicios		44
2.1.7 Vialidad y transporte		45
2.1.8 Equipamiento		48
2.2.- Dinámica del crecimiento urbano-industrial		56
2.2.1 Crecimiento histórico		56
2.2.2 Configuración urbana actual		59
2.2.3 Uso actual del suelo		61
2.2.4 Tenencia de la tierra		64
2.2.5 Evaluación y tendencias de crecimiento urbano		65
2.2.6 Tendencias de crecimiento industrial		67

	# HOJA
3.- CARACTERIZACION Y AFORO	69
3.1. Trabajos preliminares de campo	70
3.2. Delimitación del área de estudio	73
(3.3.) Caracterización de las aguas residuales	74
3.4. Resultados de la caracterización	80
4.- PRUEBAS DE TRATABILIDAD	82
4.1. Pruebas de tratabilidad	83
4.2. Metodología	83
4.3. Teoría de la Simulación	89
4.4. Coeficiente de transferencia de oxígeno	98
4.5. Programa de operación	102
(4.6.) Resultados de Laboratorio	106
5.- DEFINICION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO	131
5.1. Captación y conducción de las aguas residuales	133
5.2. Alternativas de tratamiento	143
5.3. Localización de la planta de tratamiento	149
6.- EVALUACION DE ALTERNATIVAS	153
6.1. Análisis técnico económico	153
7.- DISEÑO DE INGENIERIA BASICA	158
7.1. Topografía	158
7.2. Estudio de mecánica de suelos	161
7.2.1 Condiciones regionales	162
7.2.2 Estudios realizados y resultados obtenidos	163
7.2.3 Lineamientos generales para el diseño del anteproyecto	167

7.2.4 Normas Generales de Construcción	169
7.2.5 Conclusiones y recomendaciones	170
7.3. Diseño de colectores	186
7.4. Diseño del sistema de tratamiento	187
7.4.1 Dimensionamiento de la planta	188
A.- Unidad Zacatelco	188
B.- Unidad Nativitas	197
8.- ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO	207
8.1. Análisis económico	207
8.2. Análisis financiero	220
8.2.1 Fuentes de financiamiento	220
8.2.2 Capacidad de pago de la localidad	221
8.2.3 Recuperación de la inversión	221
8.2.4 Metodología para el pago de inversión	225
9.- MARCO DE REFERENCIA PARA EL PROYECTO EJECUTIVO	232
9.1. Especificaciones del programa de actividades	233

# A N E X O 1 (NATIVITAS)

## I N T R O D U C C I O N

	# HOJA
1.- MARCO FISICO DE LA REGION	244
1.1. Ubicación geográfica	244
1.2. Topografía	246
1.3. Climatología	247
1.4. Hidrología	247
1.5. Geología	248
2.- MARCO SOCIOECONOMICO	250
2.1. Población	250
2.2. Población económicamente activa	254
2.3. Calidad de vida	257
2.4. Dinámica del crecimiento urbano	267
3.- ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	273
3.1. Introducción	273
3.2. Antecedentes	273
3.3. Condiciones regionales	274
3.4. Estudios realizados y resultados obtenidos	274
3.4.1 Exploración muestreo	275
3.4.2 Ensayes de laboratorio	275
3.4.3 Estratigrafía y propiedades del sub- suelo	276
3.5. Lineamientos generales para el diseño del anteproyecto	278
3.6. Normas generales para construcción	280
3.7. Conclusiones y recomendaciones	281

## I N T R O D U C C I O N

=====

Dentro de las principales estrategias que el Gobierno Federal ha definido para prevenir y controlar la contaminación del agua, se incluye la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales; las cuales, representan una enorme infraestructura cuya elevada inversión debe ser adecuadamente protegida; de tal manera, que se construyan plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en aquellas regiones que por sus características físicas, económicas y sociales lo ameriten.

Para responder a esta necesidad, la Subsecretaría de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, a través de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, ha llevado a cabo la realización del "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD E INGENIERIA BASICA PARA EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES EN NATIVITAS Y ZACATELCO, ESTADO DE TLAXCALA", con el fin de definir la instalación de una planta de tratamiento para las aguas residuales y el uso más adecuado de éstas, una vez tratadas.

Este estudio comprende desde el Marco Físico y Socioeconómico hasta la ingeniería básica de conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales de la localidad; para lo cual se incluyen: caracterización y aforo, pruebas de tratabilidad, definición y evaluación técnica de alternativas y selección de la óptima, y finalmente, el marco de referencia para la realización del proyecto ejecutivo.

La integración del estudio considera, de manera especial "EL PLAN DIRECTOR DE DESARROLLO URBANO PARA LA CIUDAD DE ZACATELCO Y EL ESQUEMA DE DESARROLLO URBANO PARA LA LOCALIDAD DE NATIVITAS, los que forman parte del sistema Nacional de Planeación del Desarrollo Urbano y constituye el instrumento de previsión para encauzar el crecimiento de las localidades, en cumplimiento de la Ley General de Asentamientos Humanos que prevee los instrumentos para la ordenación y regulación del territorio.

Tiene como finalidad, controlar y evitar los crecimientos desordenados, mediante el favorecimiento e impulso de las dinámicas adecuadas para un desenvolvimiento equilibrado que se traduzca en mayor bienestar, tanto para los habitantes como para los visitantes de la ciudad.

Pretende por otra parte, optimizar los recursos disponibles para lograr con ellos los mejores resultados en materia de desarrollo urbano y lograr a partir de los recursos de la propia ciudad, la integración de esfuerzos a nivel de planeación municipal, estatal y federal, con otros sectores que sin pertenecer al de Asentamientos Humanos, tenga incidencia en el desarrollo urbano.



1. MARCO FISICO DE LA REGION

## 1.- MARCO FISICO DE LA REGION

### 1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

El dato más antiguo es el que se encuentra en un documento Nahuatl; que menciona el año de 1335, lugar que tomó el nombre de Zacatelulco y que fue asiento de los Teochichimecas, nombre dado por Torquemada a los Tlaxcaltecas, de quienes se consideraba una tribu de la entonces nación Chichimeca.

El lugar perteneció al Señorío de Ocotelulco (según otros autores como Clavijero lo llaman Ocotelulco, nombre por el cual es más conocido por la gente local). Este a su vez forma parte de los cuatro Señoríos en los cuales se divide la nación Tlaxcalteca. Los otros eran: Tepectipac, Quiahiztlán y Tizatlán, cada señorío tenía su propio estandarte.

**Ocotelulco:** Su divisa y armas principales es una garza o pájaro verde llamado Quetzaltotol sobre un peñasco, tiene un pico de oro y en los encuentros de las alas dos patenas redondas de oro y sobre la cola otra.

**Tizatlán:** La divisa y armas es una garza blanca sobre un peñasco.

**Quiahiztlán:** Es una garza blanca sobre otro peñasco con penacho de plumas verdes a manera de alas.

**Tepectipac:** Tiene por armas y divisas un lobo feroz sobre unas peñas que tiene en la mano un arco y flechas; pero según unas pinturas existentes en Tlaxcala, la divisa de Tepectipac es diferente, en lugar de un lobo feroz tiene un ave parada de hermosísimo plumaje.

Etimología: ZACATELCO deriva del Nahuatl, de los vocablos Zaca-apócope de Zacate, de donde proviene el aztequismo o mexicanismo Zacate la "L" como enlace eufónico y al final el locativo "CO" que se traducirá como lugar de zacate que abunda en la región del que se menciona, con el cual en un principio estaban contruidos los techos de las casas de los primeros habitantes y actualmente casi ha desaparecido por completo.

## 1.2. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA ZONA

El pueblo de Santa Inés Zacatelco, pertenece al Municipio del mismo nombre, forma parte de los cuarenta y cuatro Municipios del mismo nombre, forma parte de los cuarenta y cuatro Municipios que forman el Estado de Tlaxcala; siendo cabecera Municipal, y a su vez del 2o. Distrito Judicial de Zaragoza.

Comprende además las Municipalidades de: Nativitas, Tepeyaneo, J. M. Morelos (Mazatecocho), Miguel Hidalgo (Acuamanala), Vicente Guerrero, (San Pablo del Monte), Tenancingo, Teolochoico, Tetlatlauca, Xicohtencatl (Papalotla) y Santo Toribio Xicohtzingo.

El pueblo se encuentra situado a los 19° 12' 54" de latitud Norte y a los 98° 12' 42" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Con una altitud de 2186 m sobre el nivel del mar en promedio, con variaciones de 2100 a 2330 m. en el resto del Municipio.

Los límites políticos del municipio son:

Al norte con los municipios de Tepeyanco y Miguel Hidalgo (Acuamanala); al sur con el municipio de Xicohtzingo; al

oeste con los municipios de Tetlatlauca y Nativitas; al este con el municipio de Xicohtencatl (Papalotla).

Cuenta con una extensión territorial de 30.30 km cuadrados. (Ver Fig. 1.2.1)

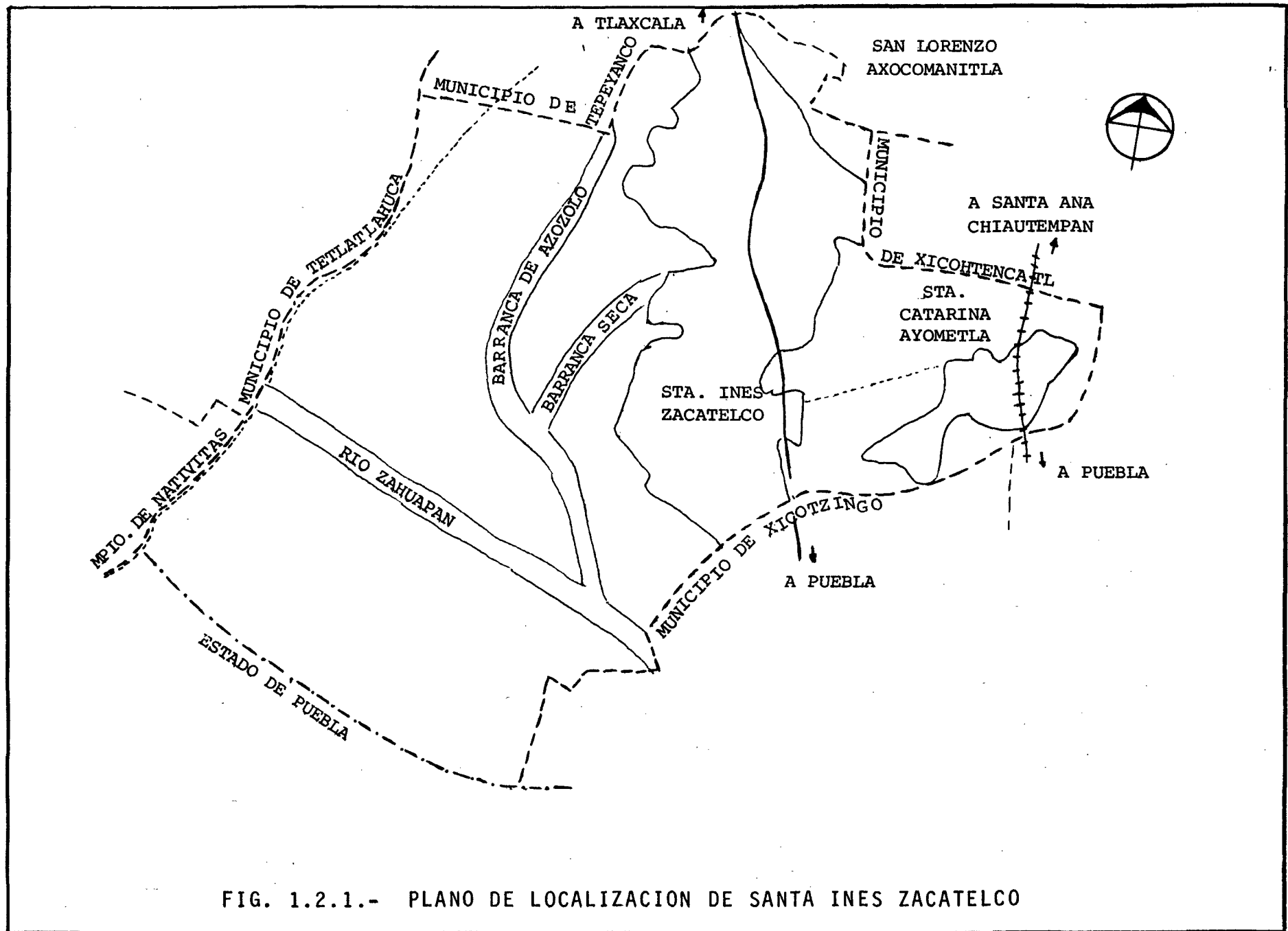


FIG. 1.2.1.- PLANO DE LOCALIZACION DE SANTA INES ZACATELCO

### 1.3. HIDROLOGIA Y CLIMATOLOGIA

#### 1.3.1.- HIDROLOGIA

En lo que a hidrología se refiere, la zona de estudio pertenece a la planicie de Panotla, que ocupa la porción suroeste del estado y forma parte de la planicie de Puebla. Entre la Sierrita de Tlatzalan y el Volcán de la Malinche, donde se forma una rinconada con una altitud media de 2210 m.s.n.m.; esta planicie se encuentra interrumpida únicamente por los lomeríos de Tlaxcala y Atoyatenco, así como por algunos cerros aislados.

Esta zona pertenece a la cuenca alta del río Balsas, denominada Atoyac-Zahuapan (Región hidrológica 18A). Toda la zona es drenada de oriente a poniente por medio de los cauces originados por las barrancas de la Malinche, las cuales se han clasificado como intermitentes, ya que sólo conducen agua en tiempo de lluvias, aunque algunas ya están definitivamente secas, debido a obras de contención en las partes altas de la montaña. Asimismo, estos cauces han sido virtualmente invadidos y utilizados como caminos, lo cual será necesario reglamentar para evitar riesgos, puesto que en agosto de 1969, se registró una inundación que ocasionó fuertes daños a la agricultura.

Al poniente de la población, existe una represa que forma un pequeño cuerpo de agua denominado Acomulco, cuya superficie de 20,000 m<sup>2</sup> es alimentada por un manantial. El río Zahuapan pasa 4 kms al poniente de Zacatelco.

Las corrientes que circulan por las Barrancas de Mextlal, Briones, Seca, Capula, Guardia, Sánchez y Tecuanatla y que cruzan el centro de población de Zacatelco, son recibidas por el río Zahuapan.

La precipitación pluvial que recibe el área es suficiente para lograr una buena recarga del acuífero, ya que la porosidad del suelo permite una alta infiltración.

Los ríos Atoyac y Zahuapan son de carácter permanente y sus barrancas tienen cursos torrenciales, ocurriendo sus avenidas en la temporada de lluvias y descargando sus aguas en el lapso de seis meses.

El río Zahuapan (del Nahuatl "agua sarnosa") tiene su origen en los cerros de Tlaxco, desde el paraje nombrado Teopan y Hacienda de Tlacotla; recibe en su trayecto un gran número de arroyos, entre los que destacan el Tenexyecac, Tepezontla y Tezoquipa. Siguiendo una trayectoria hacia el sur-suroeste, cruzando el municipio de Zacatelco por el Ejido Montones de Arena, y que a la vez es afluente del río Atoyac.

Conservando este nombre al atravesar el Estado de Puebla, para entrar al Estado de Guerrero cambiando al RIO BALSAS, el cual vierte sus aguas al Océano Pacífico en los límites de Guerrero y Michoacán en la llamada BARRA DE ZACATULA.

El río Atoyac (corriente de agua en Nahuatl), nace en la vertiente oriental de la Sierra Nevada, debido a las corrientes de los ríos Frío y San Martín. Entra en el Estado de Tlaxcala en dirección este - suroeste rumbo que conserva - hasta unirse con el Zahuapan: cruza el Municipio por los ejidos de Covadonga, Cuacualoya y el de Zopilotelco.

El río Zahuapan es la fuente superficial más importante del Estado de Tlaxcala; actualmente el desarrollo industrial en la entidad ha provocado problemas de contaminación del agua y suelo, ya que únicamente cuenta con un cuerpo receptor: el río Zahuapan. El río Zahuapan se contamina con las industrias químicas y de celulosa y papel instaladas en Apizaco, con las descargas de la industria textil en Sta. Ana Chiantempan, posteriormente recibe las aguas residuales de la -

ciudad de Tlaxcala, y posteriormente las aguas residuales de Nativitas y Zacatelco; asimismo, recibe las descargas industriales de los corredores industriales de Ixtaciuxtla y Panzacola. Con base en la problemática anterior, el Gobierno Federal ha venido realizando una serie de estudios y proyectos con el objeto de recuperar la calidad del agua superficial del recurso mencionado, teniéndose logros muy exitosos, ya que en la actualidad se cuenta con plantas de tratamiento en las localidades de Apizaco, Tlaxcala y otras están en proyecto, como es el caso de las plantas de Nativitas y Zacatelco, las cuales ayudarán a proteger y preservar la calidad del recurso aguas abajo del río.

En esta región hidrológica (18A) se ubica la mayoría de los almacenamientos de Tlaxcala, y entre ellos destaca la presa de San José Atlanga la más importante del estado, con una capacidad de 54'430,000 m<sup>3</sup>, se utiliza para irrigar 1600 hectáreas, le siguen en importancia las presas Lázaro Cárdenas y San Fernando, con 3'200,000 m<sup>3</sup> y 2'700,000 m<sup>3</sup> de capacidad respectivamente. (Ver Fig. 1.3.1 de hidrología superficial).



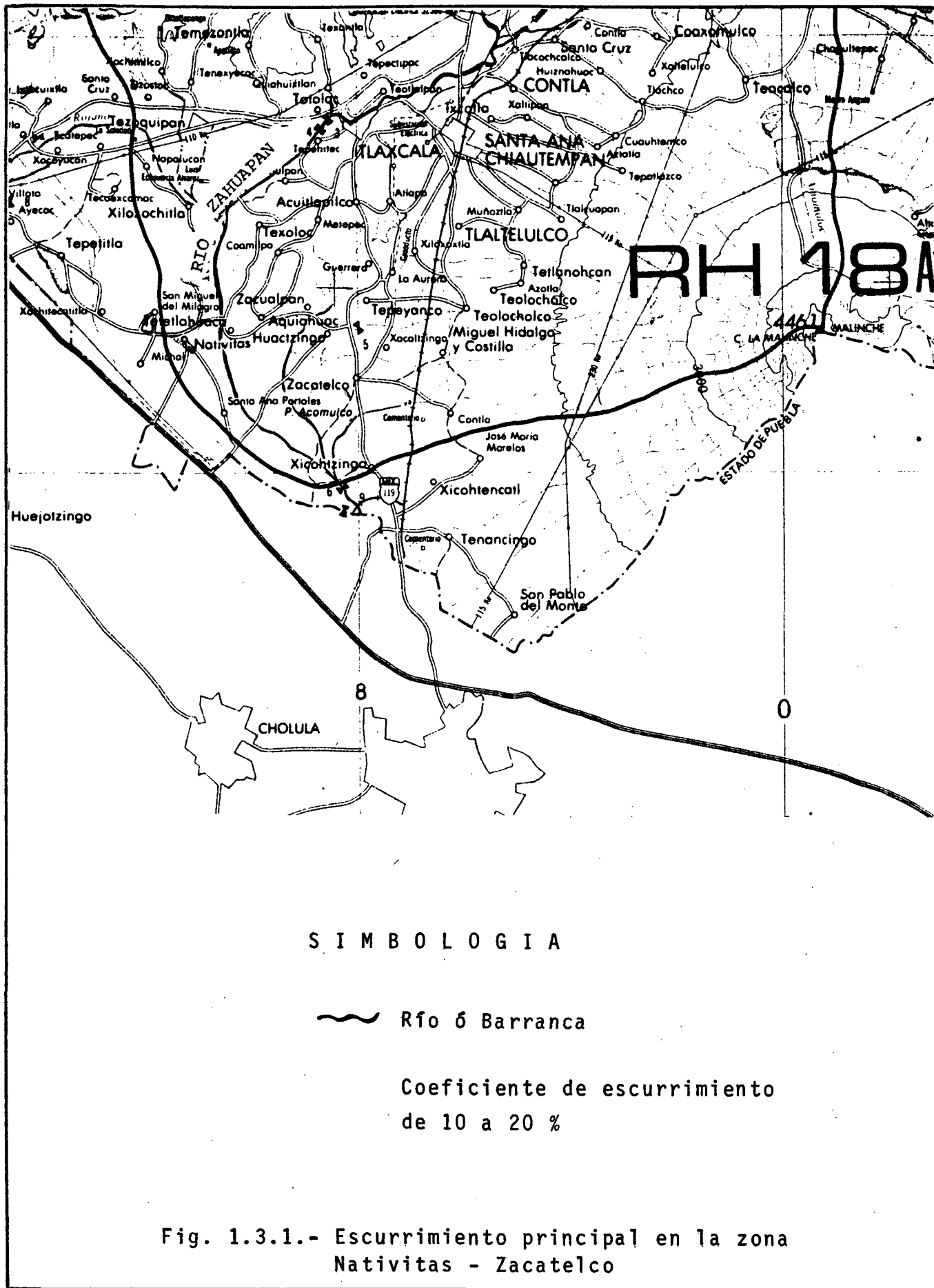


Fig. 1.3.1.- Ecurrimiento principal en la zona Nativitas - Zacatelco

### 1.3.1.1. Aguas Subterráneas:

Las aguas subterráneas que afloran en esta área son consecuencia de aquéllas que se infiltran en las sierras constituidas por andesitas, las cuales penetran en los suelos residuales forestales, alimentando así los acuíferos de la región, por lo general de escasa significación.

Esta zona de las sierras recibe un caudal de 6,400 litros por segundo (LPS), equivalentes a 46.7 % del total de aguas subterráneas.

Las aguas que se infiltran al pie de las sierras, representan unos 4,300 LPS, aflorando en algunos casos como son los de los manantiales de Ateozintla, Acomulco y Ametoxtla, ubicados en la zona poniente a corta distancia de Santa Inés Zacatelco.

La presencia de los mantos subterráneos se manifiesta también en el nivel freático que varía de 23 m., en el extremo oriente, a 1.5 m. al poniente, generándose de esta manera una zona de humedad muy importante para la agricultura, la cual cubre a base de pozos artesianos en las viviendas de 60 % de las necesidades de abastecimiento de agua de la población.

La profundidad de los pozos para riego y agua potable varía entre 35 y 70 metros, estimándose para el año de 1970 un volumen de extracción para uso doméstico, agropecuario e industrial de 1978 m<sup>3</sup> anuales 1/

La zona de estudio cuenta con un adecuado potencial hidrológico, suficiente, tanto para satisfacer las necesidades actuales como para abastecer a una población mayor en lo futuro.

1/ Secretaría de Recursos Hidráulicos, Censo 1970.

### 1.3.2. CLIMATOLOGIA

El clima de Santa Inés Zacatelco, según la clasificación de Koppen es C(W<sub>2</sub>) (W) que significa el más húmedo de los templados subhúmedos con lluvia en verano y porcentaje de lluvia invernal menor a 5 y con temperatura media anual entre 12 y 18° C. (Ver Fig.1.3.2)

El mes con temperatura media más baja es enero, existe poca variación entre la temperatura de éste y la del mes cálido, abril, ya que apenas muestra en promedio una oscilación de 3.7°C.

#### 1.3.2.1. Temperatura:

Las temperaturas máximas extremas se presentan durante los meses de abril, mayo y junio. Las mínimas extremas durante noviembre, diciembre, enero y febrero, período en que la superficie terrestre en esta latitud recibe el mínimo de asoleamiento, con temperatura entre 11 y 12 °C.

Los valores correspondientes a estos parámetros se muestran en la tabla 1 de datos climatológicos. Los promedios de temperaturas máximas y mínimas siguen en forma regular, el patrón de distribución de la temperatura media, encontrándose que el mes con promedio máximo más elevado es abril y aquel en el que se registran los promedios más bajos en enero.

Con respecto a la oscilación de temperatura máxima, la tabla número 1 muestra las condiciones de inestabilidad atmosférica que se mantienen durante el año con una variación de 14.9 a 18.8°C. Esto permite considerar las medidas necesarias para la construcción de viviendas, industrias, almacenes y en general todo tipo de edificaciones.

Los vientos dominantes provienen del norte, con una velocidad promedio anual de 8 kms. por hora.

#### 1.3.2.2. Precipitación pluvial:

El régimen de lluvias de esta localidad se presenta durante parte de la primavera, todo el verano y parte del otoño. Son lluvias de origen convectivo.

La localidad tiene una precipitación total anual del orden de 817 mm., registrándose la máxima en agosto y la mínima en febrero.

El registro de la precipitación máxima en 24 horas, según la tabla número 1, proporciona una idea de la precipitación que puede presentarse en un día. En este caso, la precipitación máxima se presenta en julio con 33.9 mm, provocando pequeños encharcamientos pasajeros en la población y sin causar ningún efecto importante a la agricultura.

Se presentan 107.4 días con precipitación apreciable al año, los cuales representan 29.4 % del total. El mayor número de días con precipitación apreciable se presentan de mayo a septiembre. Los días con precipitación inapreciable (menor de 1 mm.) son 52.8 al año.

Se presentan al año alrededor de 87 días despejados y 23 nublados. El mayor número de días nublados ocurre en los meses de junio y agosto.

Con respecto al número de días con neblina, heladas, granizo y rocío, se puede decir que las heladas se registran durante 13.8 días al año, principalmente en la temporada invernal y ocasionan graves perjuicios a la agricultura de la zona.

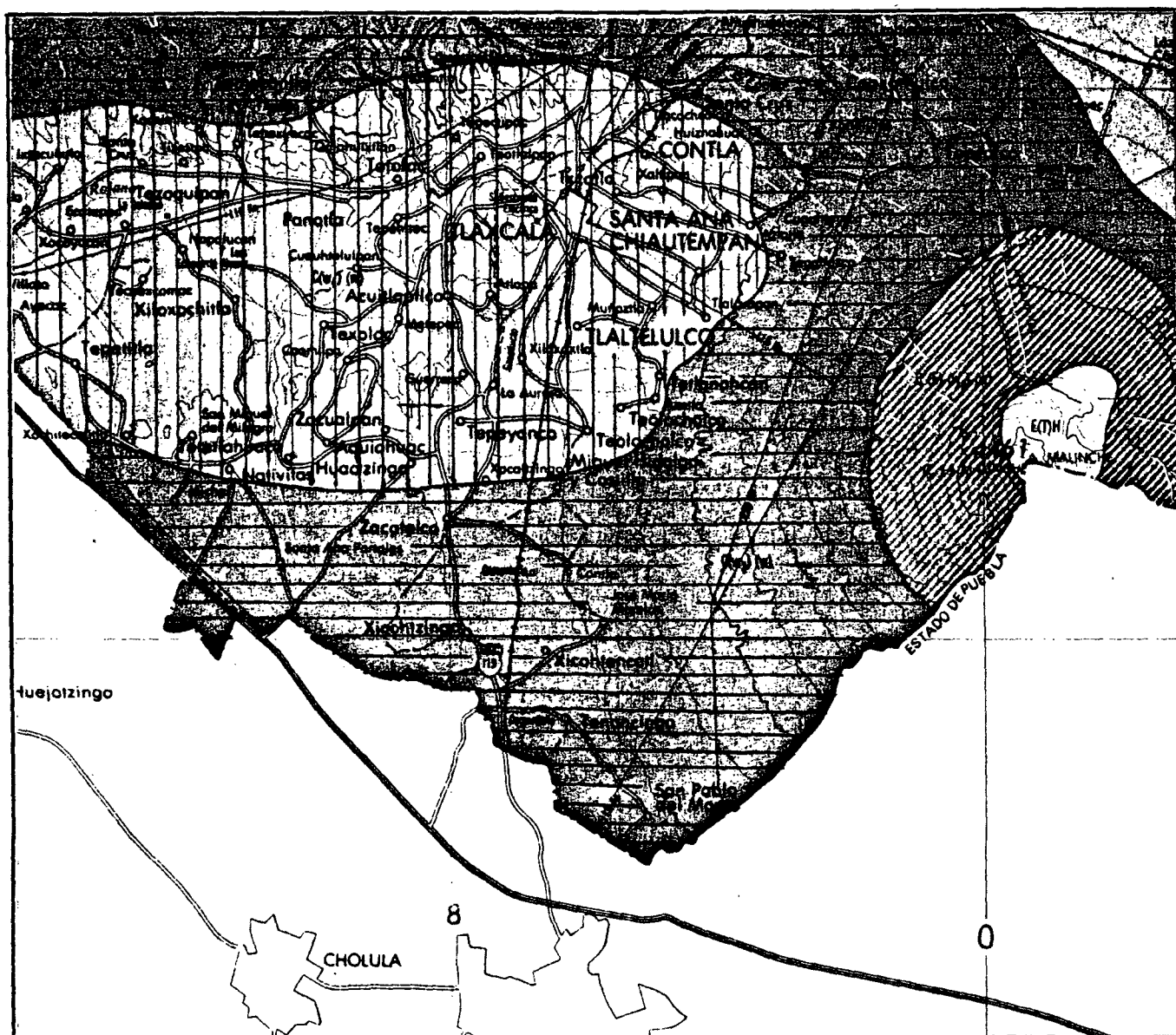
La neblina y el granizo no provocan daños de importancia a la agricultura y menos en lo que respecta a las zonas urbanas.

DATOS CLIMATOLOGICOS DE SANTA INES ZACATELCO, TLAXCALA

T A B L A 1

C o n c e p t o	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anua1
Temperatura Media °C	15.3	15.9	18.5	18.8	19.0	18.8	18.6	18.0	18.2	17.7	16.9	16.0	17.6
Temperatura Máx. Extrema °C	29.0	34.0	33.5	33.0	34.0	35.0	30.5	29.0	29.5	31.5	30.0	30.5	35.0
Temperatura Mfn. Extrema °C	6.0	7.0	3.0	4.0	5.0	5.0	6.0	5.0	5.5	1.0	3.0	6.0	7.0
Promedio Temperatura Máx.°C	23.6	24.7	27.9	28.0	27.0	26.5	26.0	25.0	25.2	25.8	25.4	24.6	25.8
Promedio Temperatura Mfn.°C	6.9	7.0	9.1	9.5	10.7	11.1	11.1	10.9	11.2	9.5	8.4	7.4	9.4
Oscilacion Temp. Máx. y Mfn.	16.7	17.7	18.8	18.5	16.3	15.4	14.9	15.0	14.0	16.3	17.0	17.2	16.4
Precipitacion Total en M.M.	10.4	3.7	7.3	31.1	93.8	138.2	132.4	164.2	149.9	60.6	20.3	5.1	81.7
Precipitacion Máx. en 24 hrs.	12.4	3.5	6.0	19.1	23.9	32.8	33.9	26.4	28.7	21.8	17.0	2.6	33.9
Días con Precipitación Apre- ciable	2.0	0.8	1.6	6.4	11.5	14.8	16.8	22.2	18.3	9.2	2.8	1.0	107.4
Días con Precipitacion Ina- preciable	5.0	2.8	4.4	2.6	2.8	5.3	2.8	4.4	3.8	6.7	7.7	4.5	52.8
Días despejados	11.4	10.0	11.4	7.2	8.0	3.0	2.3	2.0	4.2	7.3	12.8	7.7	87.3
Días Nublados	19.6	18.0	19.6	22.8	23.0	27.0	28.7	29.0	25.8	23.7	17.2	23.3	23.1
Días con Granizo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.7
Días con Neblina	2.0	0.8	1.6	1.2	1.0	0.8	0.0	0.4	1.0	2.0	2.3	0.7	13.8
Días con Helada	7.2	4.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.2	5.0	21.9
Días con Rocio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5	0.0	2.0

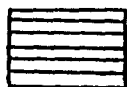
FUENTE: Secretaría de Recursos Hidráulicos, Plan Lerma 1970



SIMBOLOGIA



C(W<sub>1</sub>) (W) templado subhúmedo



C(W<sub>2</sub>) (W) El más húmedo de los templados subhúmedos

Fig. 1.3.2.- Climas en la zona de estudio (Nativitas-Zacatelco).

### 1.3.2.3. Humedad Relativa

La humedad relativa es inversa a la temperatura, tiene valores altos a las 7 A. M., cuando la temperatura es mínima; luego comienza a descender hasta alcanzar el mínimo, después del medio día cuando la temperatura alcanza el máximo; al caer la tarde comienza ascender hasta alcanzar el máximo al amanecer.

En la estación más seca (invierno), la humedad relativa baja a menos del 40% al medio día, mientras que en las épocas de lluvia se mantienen siempre por arriba de este valor, existiendo un promedio anual de 60%.

### 1.3.2.4. Microclima

Se define como el conjunto de propiedades físicas de la atmósfera que rodea a las plantas y animales. Esta región se encuentra expuesta a una gran erosión Eólica de los suelos, ya que la superficie del suelo es suave, tersa y finalmente fragmentada, el suelo es parejo y existe poca vegetación, aunado a la tala inmoderada de árboles; principalmente en las zonas cercanas a la Malinche.

El viento es lo suficientemente intenso para iniciar el movimiento de partículas. Todo esto produce que las partículas de tierra sean liberadas, ejerciendo sobre la superficie una fuerte acción erosiva.

La erosión rompe los terrenos, desgasta los residuos vegetales y daña las plantas vivas.

La estructura del suelo se modifica desfavorablemente por las prácticas de cultivo, el pisoteo de las bestias y el paso de máquinas con neumáticos. Esto puede corregirse disminuyendo la tala de árboles y reforestando el terreno.

## 1.4. TOPOGRAFIA, GEOLOGIA Y EDAFOLOGIA

### 1.4.1. Topografía

La topografía del poblado de Zacatelco, incluyendo todos sus barrios, es plana con una pendiente que varía de 0 a 2%, disminuyendo del oriente al poniente y del norte al sur.

Esta pendiente se extiende a ambos lados de la carretera Tlaxcala-Puebla hasta una distancia de 1500 m, variando a 2.5% en la cercanía de la ruta del ferrocarril Apizaco-Puebla y en la colindancia con la Presa Laguna de Acomulco.

A ambos lados de la barranca de Azozolo, la pendiente es más suave: casi de 1% o menos, lo que indica que la zona fue un lago hace muchos años y que las pocas corrientes o barrancas que existen en él se abrieron paso posteriormente por la parte más baja de este lago.

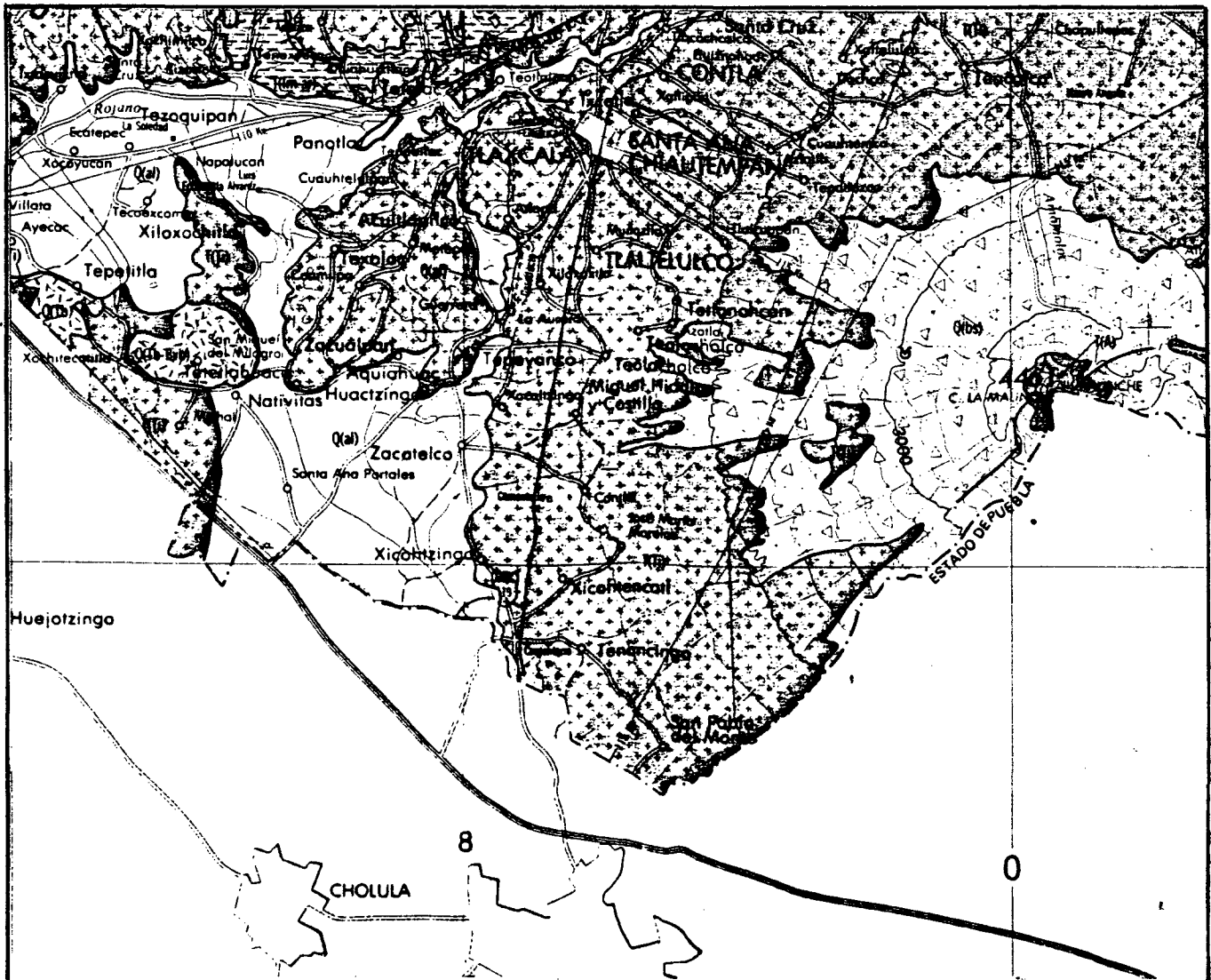
#### - Barrancas:

La población se ubica en las faldas del volcán La Malinche, lo que ocasiona que sea atravesada por varias corrientes que han formado barrancas entre las que se citan las de Mextlal, Seca, Capula, Guardia y Tecuanatla.

### 1.4.2. Geología:

La zona de estudio, está cubierta en su mayoría por una capa de material aluvial, aunque también existe material coluvial y eólico muy reciente. Es decir, la clasificación de esta zona es suelo aluvial por origen, el cual tiene una capa muy delgada y reciente de material eólico, que durante la época de descanso agrícola de los suelos es transportada por el viento (Ver Fig. 1.3.3)





SIMBOLOGIA







- |   |       |  |   |          |   |
|---|-------|--|---|----------|---|
|  | Q(a1) | Roca sedimentaria y volcanso sedimentaria cubierta por capa de aluvi3n |  | Q(TbBvb) | Rocas igneas extursivas (Toba b3sica de brecha volc3nica) |
|  | T(Ti) | Tobas intermedias  |  | Q(bs)    | Rocas igneas extursivas (Brecha sedimentaria)             |
|  | Q(Tb) | Rocas igneas extrusivas (Toba b3sica)                                  |  | T(lmar)  | Rocas igneas extrusivas y sedimentarias (limolita)        |

Fig. 1.3.3.- Geologia en la zona de estudio (Nativitas-Zacatelco)

Este aluvión está siempre sobre la toba de la región, en algunas partes alcanza varios metros de profundidad, en otras, apenas llega a los ochenta centímetros. Esa toba que es de origen volcánico regional ha quedado sepultada por la capa de aluvión reciente, derivado de la misma toba de las partes más altas que fueron desmontadas recientemente y que por la acción del agua son arrastradas a las laderas más bajas y a valles como éste que forma parte de la zona que se está estudiando.

Los materiales mencionados, están dominados siempre por el componente parental del suelo que, según su origen - puede ser volcánico, fluvial o eólico, el cual demuestra sus diferencias en la granulación y composición mineralógica o química. Entre estos sedimentos destacan los derivados de toba que abarcan grandes extensiones y que tienen la misma textura, estructura y color, de allí que este sea el mismo en toda esa región. Estos suelos tienen un alto contenido de limo y arena y alcanzan espesores de hasta 5.00 mts. los cuales pueden observarse fácilmente en las barrancas donde forman cortes verticales con una estabilidad relativamente grande.

Por la capa coluvial se filtra fácilmente el agua de lluvia, en razón de la gran cantidad de poros gruesos y por su continuidad, así como por su textura areno-limosa y por la misma estructura del suelo.

#### 1.4.3. Edafología

Como una consecuencia de la obturación de los valles por la interposición de rocas basálticas piroclásticas, los primeros depósitos de relleno en el fondo de las depresiones y en los conos de deyección de las corrientes iniciales que bajaban de las cimas aledañas, fueron de origen lacustre.

Estas consideraciones dominaron durante un largo lapso, dando origen posteriormente a la formación de suelos lacustres que se fueron cubriendo paulatinamente con rellenos aluviales recientes, al mismo tiempo que los lagos se desecaban, de tal modo que esos suelos se transformaron en fluvisoles eútricos.

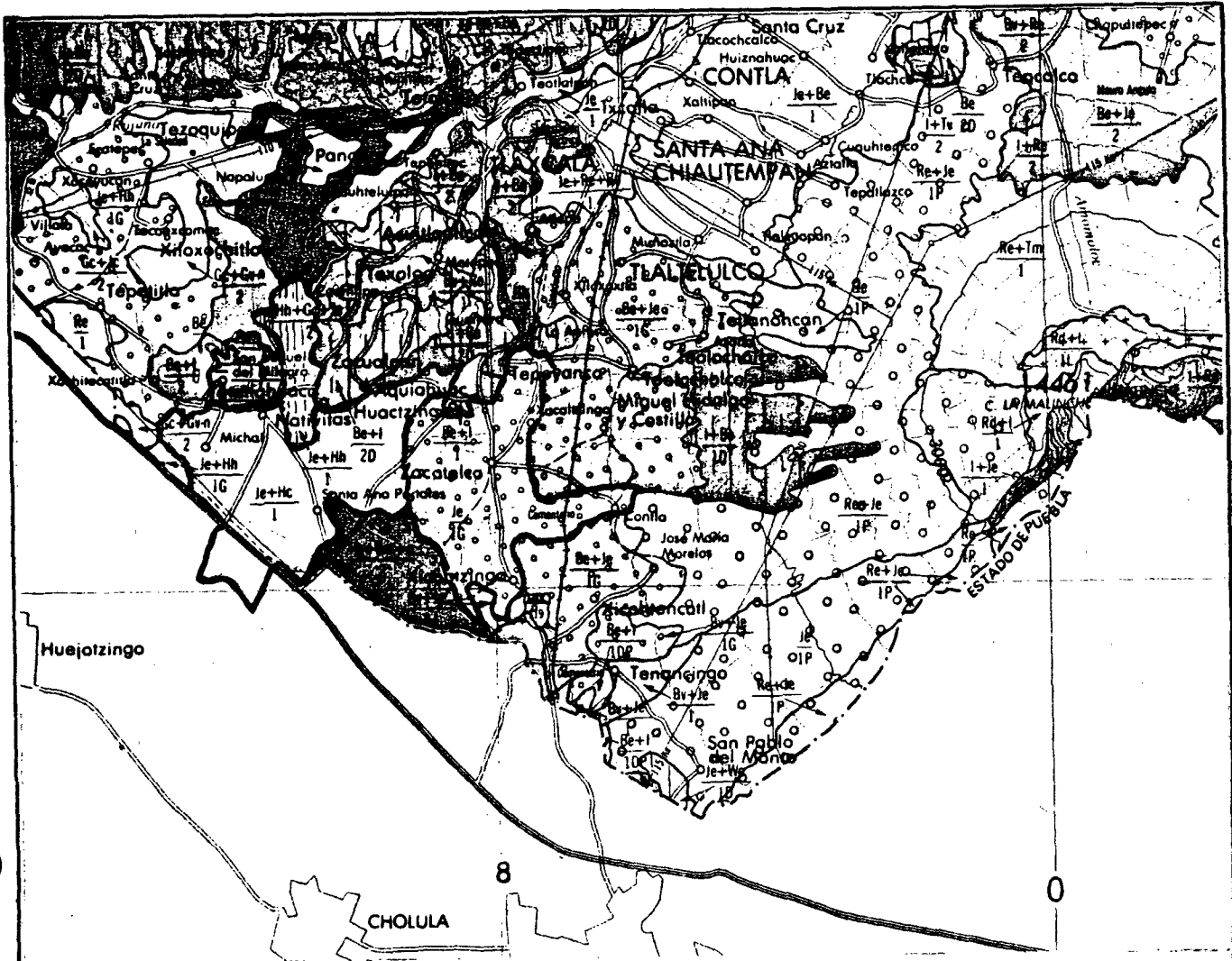
Estos suelos que tienen una textura de migajón-limoso y son sedimentos fluviales y coluviales recientes, se han convertido actualmente, por la iluviación en fluvisoles calcáricos, ya que tienen en todo su perfil carbonato de calcio, sobre todo en la parte cercana a la población. Se localizan sobre el poblado en la parte central del mismo y a ambos lados de la carretera.

Estos suelos son muy fértiles y deben cultivarse con especies que no sean el maíz o el frijol. También son aptos para el uso urbano, pero su vocación debe ser la agricultura o la silvicultura.

Sobre el área de influencia del Río Zahuapan y en el área de los manantiales de Ateozintla, Acomulco y Ametoxtla, se encuentra un suelo denominado Gleysol Calcárico, cuya característica principal es tener un horizonte Gléyico a menos de 50 cm. de profundidad, lo que origina que en esas partes broten los manantiales tan prolíficamente, ya que el agua se encuentra casi en la superficie y con una presión un poco mayor de la normal brota el agua sin ningún esfuerzo.

Su uso es exclusivamente agrícola, para especies que toleren los excesos de agua.

También puede dársele uso turístico si los manantiales brotan en forma sistemática y no esporádica.



### SIMBOLOGIA





- 
 $\frac{Be}{I}$ , Cambisol eutrítico de textura fina
- 
 $\frac{Je}{IG}$ , Fluvisol éutrítico de textura gruesa gravosa (en capa de primeros 30 cms.)
- 
 $\frac{Je + Hc}{I}$ , Fluvisol éutrítico y Fecozem Caléarico de textura gruesa (Primeros 30 cms.)
- 
 $\frac{Je + Hh}{I}$ , Fluvisol éutrítico y Fecozem háptico de textura gruesa (Primeros 30 cms.)

Fig. 1.3.4.- Edafología en la zona de estudio (Nativitas - Zacatelco)

## 2.- ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

## 2. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

### 2.1.- INFORMACION ESTADISTICA DE LA LOCALIDAD

#### 2.1.1. CARACTERISTICAS POLITICAS

El pueblo de Santa Inés Zacatelco, forma parte del mismo Municipio, y es a su vez cabecera del segundo Distrito Judicial de Zaragoza del Estado de Tlaxcala.

Este Distrito comprende además del Municipio de Zacatelco las municipalidades de San Luis Teolochoico, Miguel Hidalgo, Santo Toribio, San Pablo del Monte, Xicohtencatl, Tenancingo, Mazatecochco, Tetlatlahuca y Nativitas.

El Municipio de Zacatelco consta de siete secciones: dos suburbanas y cinco urbanas; constituidas por barrios, cada una de ellas.

Dentro de la primera sección tenemos: Mixolapa, La Venta, Tlacuilola, Tlatlacola; siendo esta la de mayor importancia, ya que constituye el primer cuadro de Zacatelco y mejor dotada de los servicios públicos. La segunda: La Cruz Colorada, Axala, Tlaxistla, La Candelaria.

La Tercera: Xochicalco, Exquitla y Guardia.

La Cuarta: sólo tiene un barrio importante llamado manantiales (El Chacal).

La Quinta: Tiene un barrio llamado Xitototla

En cuanto a las secciones suburbanas son: el poblado de San Lorenzo, Axocomanitla, Santa Catarina Ayometla, siendo la sexta y séptimas respectivamente, la última consta

de los siguientes barrios: Tlaxcaltecatla y Tlapayatlé.

- ORGANIZACION Y AUTORIDADES MUNICIPALES Y DEL DISTRITO

La población y el Municipio, al igual que los demás que componen el Estado se rigen por la ley orgánica Municipal

Así el artículo 18, nos menciona la integración y funcionamiento de los ayuntamientos y dice: "Los municipios serán administrados por un ayuntamiento de elección popular directa y no habrá ninguna autoridad intermedia entre éste y el Gobierno del Estado.

En el artículo 20 se menciona: "Los ayuntamientos se integrarán por un Presidente, un Síndico y siete Regidores, siendo la duración de éste de tres años; iniciando la toma del poder el primero de Enero y finalizando al cabo de tres años, el 31 de diciembre.

Constituyendo la máxima autoridad el Presidente Municipal, el Síndico y los siete Regidores.

El Presidente Municipal:

Es el representante legal del Ayuntamiento y el ejecutor directo de sus determinaciones y acuerdos, (Art. 52).

Síndico Municipal:

La función de éste es la procuración de los intereses del Municipio, la promoción jurídica del Ayuntamiento en los litigios y negocios en los que sea o esté interesado. (Art. 54).

Los Regidores.

A cargo de los siete regidores propietarios por orden de su elección en forma permanente, estarán las siguientes comisiones; educación pública, comunicaciones, obras públicas,

salubridad y asistencia, agricultura, ganadería, economía y estadística, fomento turístico, forestal y cultivo y conservación del maguey. (Art. 56)

Existen otras autoridades de importancia como son:

El Comisariado Ejidal.

Persona encargada de las funciones básicas de distribución y buen manejo de tierras ejidales y el puesto es de elección popular

Otras Autoridades Auxiliares: Agentes Municipales, Jefes de sección, Jefes de Manzana. (Art. 72).

Las oficinas de mayor importancia se encuentran dentro del Palacio Municipal y son las siguientes: Presidencia Municipal, Tesorería Municipal, Oficialía del Registro Civil, Recaudación de Rentas, Agencia del Ministerio Público, Oficina Subalterna de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Delegación de Tránsito, Juzgado de Primera Instancia, Comandancia de Policía y Cárcel Municipal, Promotoría del Departamento Agrario de la S.R.A. y la tienda local de la CONASUPO.

Otras oficinas que se encuentran en la localidad son:

- Junta Federal de Agua Potable de la S.A.H.O.P.
- Delegación Local de la S.A.R.H.
- Oficina de Correos (Agencia de la S.C.T.)
- Comisión Federal de Electricidad
- Teléfonos de México, S.A.

## 2.1.2.- ASPECTOS DEMOGRAFICOS

En el año de 1930 el Municipio de Zacatelco contaba con 11,632 habitantes, para los años 1940, 1960 y 1970 los censos 1/ señalaron un total de 12,253, 15,115 y 19,420



habitantes respectivamente; con una tasa de crecimiento para el periodo de 1960-1970 de 2.5%. En 1980 2/ el total era de 22,031 habitantes, con una tasa de crecimiento para el periodo 1970-1980 de 1.3%.

Santa Inés Zacatelco, la cabecera Municipal, tenía en el año de 1960, 11,303 habitantes; en 1970 contaba con - - 14,117 habitantes y para 1980 el registro fue de 17,632 habitantes. Las tasas de crecimiento para los periodos 1960-1970 y 1970-1980 fueron 2.2% y 2.3% respectivamente. La población de la cabecera municipal representa el 80% del total de la población del municipio. (Ver Fig. 2.1)

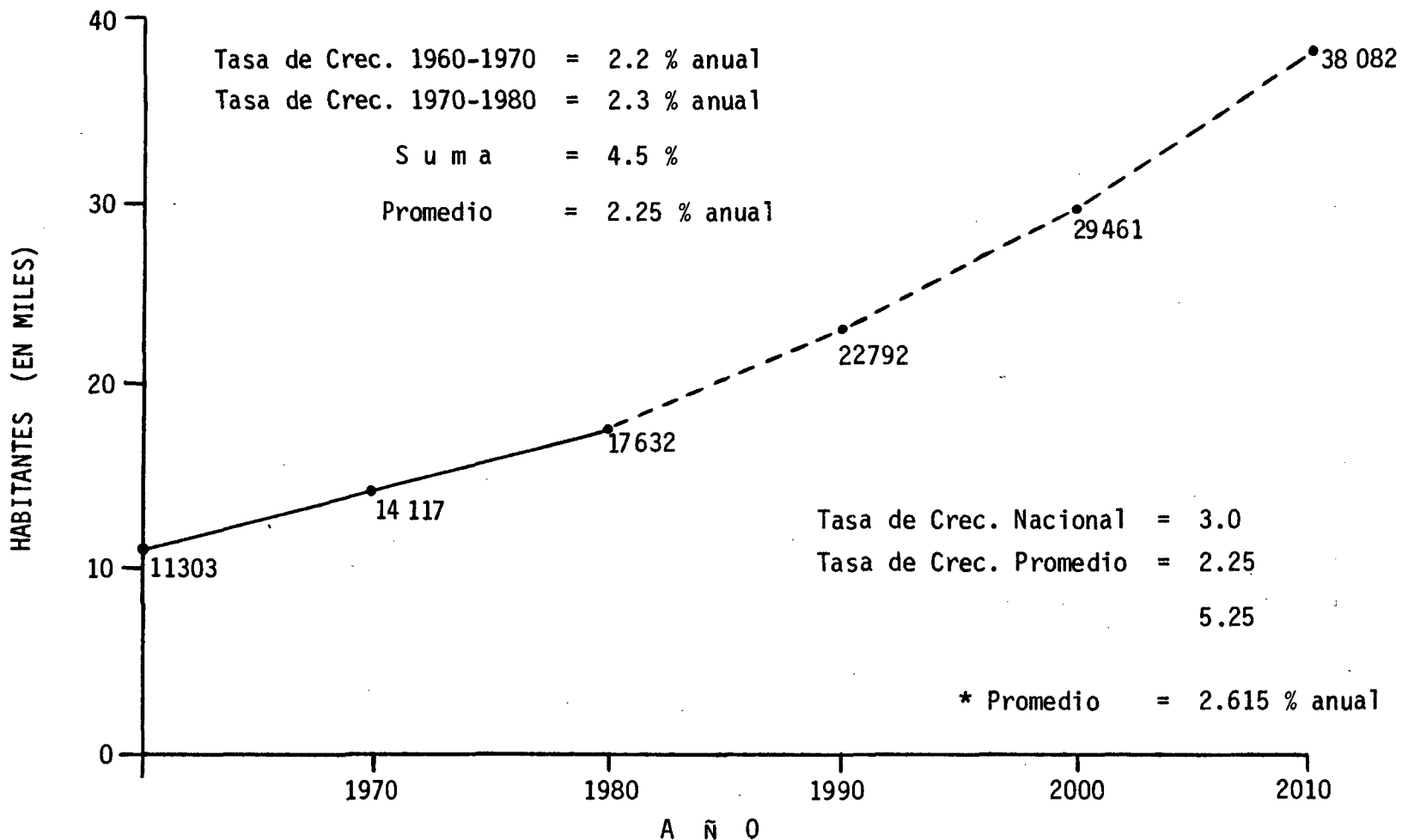
Analizando la información anterior, se desprende que la cabecera municipal tuvo una tasa de crecimiento mayor a la estatal que fue de 1.9% en el periodo 1960-1970 y menor a la municipal, la cual fué de 2.5% anual.

---

1/ Censos Generales de Población, SIC, 1940, 1960 y 1970

2/ X Censo General de Población, SPP 1980

FIG. 2.1.- TENDENCIA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LA LOCALIDAD DE ZACATELCO



\* Para la proyección a 1990, 2000 y 2010 se consideró 2.6 % anual

Con base en lo anterior, se llevaron a cabo las proyecciones de población para los años 1990, 2000 y 2010, estimándose para la localidad de Zacatelco una tasa de crecimiento anual del 2.6%, la cual se obtuvo de la manera siguiente: se determinó el promedio de las tasas de crecimiento que se presentaron en Zacatelco, en los periodos 1960-1970 y 1970-1980 (2.2 y 2.3% anual respectivamente). obteniéndose 2.25% anual; posteriormente, se promedió éste último valor con la tasa anual de crecimiento promedio en el país (3%), para el periodo 1970-1980, para finalmente obtener 2.6% anual para Zacatelco.

En 1979, se registraron 1,239 nacimientos y 233 defunciones en el municipio, lo que representó una tasa de crecimiento natural de 5.7% para ese año, comparando con la tasa del periodo 70-80, se aprecia una tasa de emigración de 3.4% anual aproximadamente.

En 1970, de los 25,695 <sup>1/</sup> inmigrantes que había en el estado, 674 residían en el municipio en estudio. De ellos el 50% tenía menos de cinco años en la localidad. Además el 60% provenía del estado de Puebla.

La participación porcentual del número de habitantes en el municipio con respecto a los que había en el estado en 1970, era de 4.63%.

En Santa Inés Zacatelco, se ubicaba el 5% de la población urbana estatal para esa misma fecha. Es importante destacar que las otras dos localidades del municipio: San Lorenzo y Santa Catarina ya son urbanas.

La densidad de población a nivel municipal en 1970 era de 643 habitantes/km<sup>2</sup>, en la actualidad es de 727 habitantes/km<sup>2</sup> para Santa Inés Zacatelco, la densidad bruta en el año de 1980 es de 26 habitantes/hectárea (Tabla 2.1)

En 1970 en la localidad de Zacatelco, 48% de la población era de sexo masculino, 51.2% era menor de 20 años; 6 personas no hablaban español; 3,320 eran analfabetas y de ellos 65% pertenecían al sexo femenino además que el 53.7% de éstas eran mayores de 40 años. (Fig. 2.2).

---

<sup>1/</sup> IX Censo General de Población, SIC, 1970

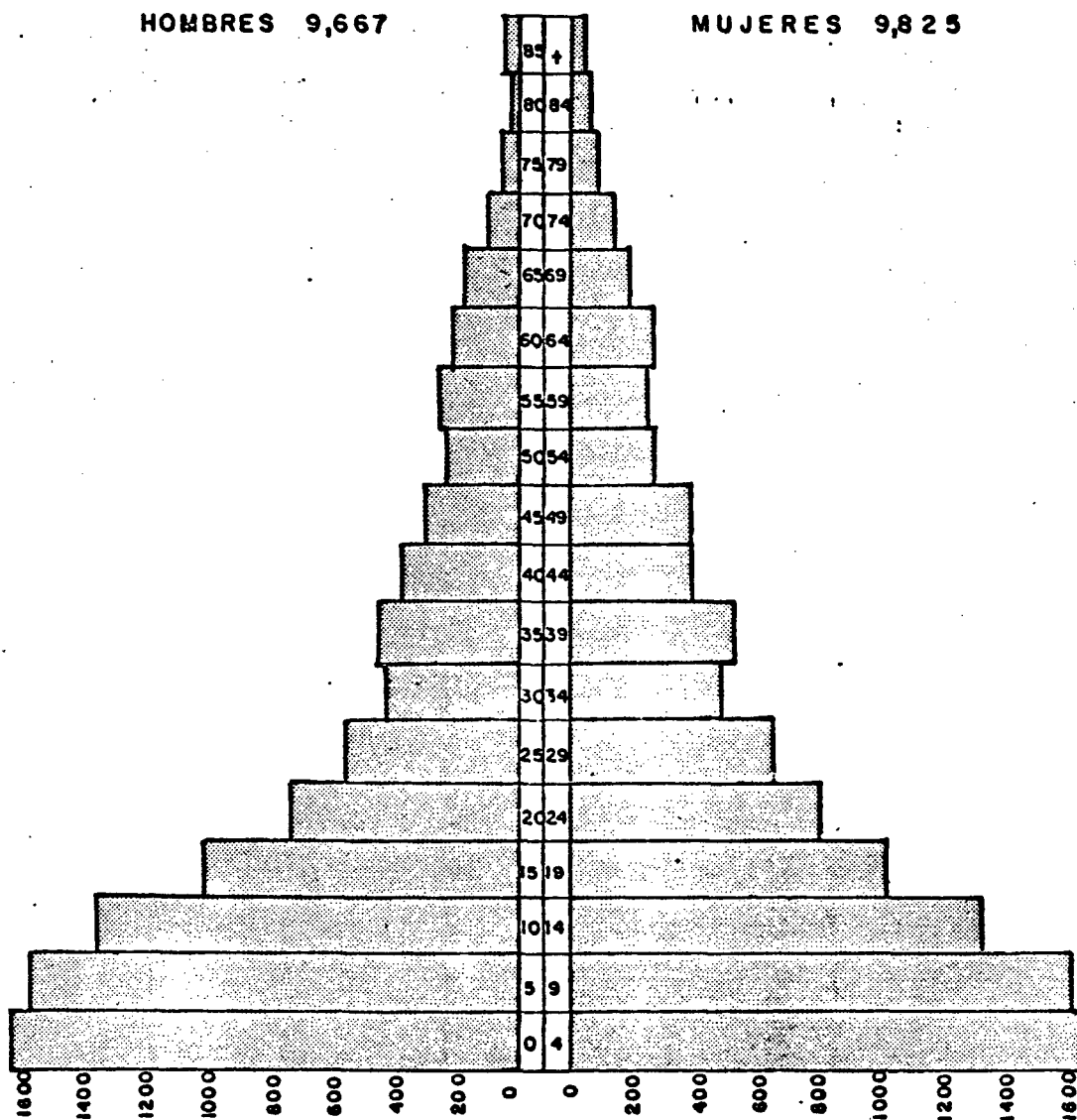
# DINAMICA POBLACIONAL DEL MUNICIPIO Y DE LA CABECERA MUNICIPAL

## TABLA 2.1

	POBLACION (HABITANTES)		TASA ANUAL DE CRECIMIENTO		DENSIDAD DE POBLACION	
	MUNICIPIO	CABECERA MUNICIPAL	MUNICIPIO	CABECERA MUNICIPAL	MUNICIPIO	CABECERA MUNICIPAL
1930	11,632	-	-	-	-	-
1940	12,253	-	-	-	-	-
1950	12,203	-	0.1	-	-	-
1960	15,115	11,303	2.2	-	-	-
1970	19,492	14,117	2.5	2.2	643 Hab/Ha	-
1980	22,031	17,632	1.3	2.3	727 Hab/Ha	26 Hab/Ha

FUENTE: Censos de Población y Vivienda, SIC, SPP

FIG. 2.2 PIRAMIDE DE EDADES Y POBLACION POR SEXO DEL MUNICIPIO DE ZACATELCO, TLAX. EN 1970



FUENTE: CENSO GENERAL DE POBLACION, SIC. 1970

### 2.1.3.- POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

La población económicamente activa (PEA) del municipio mostró tendencias decrecientes entre 1960 y 1970; de 4,485 habitantes disminuyó a 4,372, con lo que se redujo la participación en la población total del municipio de 19.3% en el primer año de la década a 22.4% en el último. Esto significa que en 1960 uno de cada tres habitantes trabajaba y para 1970 uno de cada cinco.

Este comportamiento fue similar para el estado, ya que la PEA se redujo en 31 municipios, en números absolutos.

En 1960, el sector agropecuario absorbía el 59.7%, el sector industrial el 28.4% y el sector terciario el 11.9%, en 1970 la relación fue de 36.2%, 40.5% y 15.8% respectivamente (Tabla 2.2).

De lo anterior se destaca que la disminución fue de 1,095 empleos en el sector primario, mientras que el terciario y el secundario generaron 160 y 162 empleos respectivamente, en el período 60-70.

Para 1970 Santa Inés Zacatelco formaba parte de las 5 localidades del estado con mayor participación en el sector secundario.

En 1970 declararon ingresos 3,697 habitantes, 48% de los cuales tuvieron un ingreso menor de \$ 1,000.00 mensuales, porcentaje que refleja una disminución en la concentración del ingreso con respecto al estado para el cual, en esa fecha era de 89.6% <sup>1/</sup> y de la PEA con ingresos menores a \$ 1,000.00.

---

<sup>1/</sup> Plan Estatal de Desarrollo Urbano, 1979

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA MUNICIPIO DE ZACATELCO

T A B L A 2.2

<u>T o t a l</u>		<u>S e c t o r 1</u>		<u>S e c t o r 2</u>		<u>S e c t o r 3</u>	
1960	1970	1960	1970	1960	1970	1960	1970
4485	4372	2677	1582	1263	1769	532	692
29.3%	22.4%	58.7%	36.2%	28.4%	40.5%	11.9%	15.8%

FUENTE: IX Censo General de Población, SIC, 1970

## - Sector Primario:

La agricultura en el municipio, en 1978 fue de 2,257 has. cultivadas, que corresponden al 1.07% del total de la superficie sembrada en el estado y al 74.5% de la superficie del municipio.

## R I E G O

Alfalfa	120 has.
Ajo	10 "
Cebolla	5 "
Frijol	92 "
Mafz	650 "
Papa	13 "
Mafz Forrajero	50 "
Otros	100 "
T o t a l	1440 has.

## T E M P O R A L

Alverjón	25 has.
Frijol	750 "
Haba	120 "
Mafz	237 "
Trigo	25 "
Mafz Forrajero	60 "
T o t a l	1217 has.

El total de la superficie cultivada es de 2,657 Has.

De lo anterior, se desprende que el 46% de la superficie cultivada está dotada de infraestructura de riego. Es importante hacer notar que los sistemas de riego no son aprovechados plenamente. (Tabla 2.3)

---

1/ Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Tlaxcala, 1978



En el Plan Estatal de Desarrollo Urbano se destaca la participación del Municipio de Zacatelco en cuanto a su infraestructura para riego, al cual corresponde el 4.5% de la superficie de riego del estado. Existen 22 obras para riego; 5 derivaciones, una presa o manantial, 15 pozos profundos, 8 de ellos en las inmediaciones de Santa Inés Zacatelco. Todas estas obras suman un gasto mayor de 1,600 Has./seg. y benefician a 1,599 ejidatarios y 1,746 pequeños propietarios, más del doble de la PEA que trabajaba este sector en el año 1970.

Los rendimientos por hectárea en 1978 de los cultivos básicos alcanzaron los siguientes montos a precios de garantía de 1980.

	<u>Rendimiento</u>	<u>Precio en 1980</u>	<u>Superficie</u>	<u>Monto</u>
Frijol	0.71 Ton/Ha.	\$12,000/Ton	842 Has.	\$ 7'173,840.00
Mafz	1.15 Ton/Ha.	\$ 3,900/Ton	887 Has.	\$ 3'978,195.00

La producción de mafz y frijol en el municipio para el año 1978 fue insuficiente para atender la demanda de estos dos productos básicos.

Con la comercialización de los demás productos se pudieron atender las demandas del mercado de Puebla y del D. F.

# INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EN EL MUNICIPIO DE SANTA INES ZACATELCO

TABLA 2.3

Zacatelco	Tipo de Obra	Gasto	Superficie en Hectáreas			Beneficiados		
			Proyecto	Regada	Ejidal	Pequeña Propiedad	Ejidatarios	Propietarios
Sta. Agueda	Derivación	500 p/s	500	500	500	-	500	-
Acomulco *	Presa	600,000 m <sup>3</sup>	25	25	10	15	60	20
Aquihuac	Derivación	49 p/s	40	40	40	-	40	-
Arrollo Hauactingo	Derivación	250 p/s	237	237	237	-	439	-
Ateozintla	Manantial	15 p/s	20	20	-	20	-	15
Ayometla No. 1	Pozo Prof.	60 p/s	40	40	-	40	-	187
Ayometla No. 2	Pozo Prof.	60 l/s	35	35	-	35	-	119
Ayometla No. 3	Pozo Prof.	60 l/s	47	47	-	47	-	186
Ayometla No. 4	Pozo Prof.	60 l/s	50	50	-	50	-	223
Ayometla No. 5	Pozo Prof.	60 l/s	35	35	-	35	-	120
Cuacualoya	Derivación	100 l/s	350	350	350	-	450	-
Xoxtla	Derivación	60 l/s	60	60	60	-	60	-
Zacatelco	Derivación	50 l/s	50	50	50	-	50	-
Zacatelco No. 1 *	Pozo Prof.	60 l/s	96	96	-	96	-	416
Zacatelco No. 4 *	Pozo Prof.	60 p/s	50	50	-	50	-	285
Zacatelco No. 5 *	Pozo Prof.	60 l/s	40	40	-	40	-	80
Zacatelco No. 6 *	Pozo Prof.	60 l/s	70	70	-	70	-	85

NOTA: \* Ubicados en el área de estudio

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Tlaxcala 1978

- Producción Pecuaria:

En 1970 se registraron en el municipio 888 1/ cabezas de ganado mayor y 6,259 cabezas de ganado menor. Cabe mencionar que no existe una explotación adecuada de este recurso, ya que se maneja en términos domésticos realizando la comercialización de estos animales en el tianguis. El ganado porcino es el de mayor demanda, se estima una matanza semanal de 200 cabezas 2/, - también se destaca la matanza de aproximadamente 400 pollos a la semana.

El importante señalar que existen buenas condiciones físicas para la producción de forrajes, para el ganado vacuno, sin embargo esto se ha desaprovechado.

Situación similar guardan las especies menores, las cuales sólo se manejan a nivel doméstico como un complemento de la economía familiar, a pesar de que cuentan con facilidades para su explotación intensiva.

- Producción Forestal:

Actualmente esta actividad es nula, tanto en la explotación como en la transformación de la materia prima, dada la ausencia de áreas arboladas dentro del municipio. Sin embargo, el área es propicia para la reforestación.

---

1/ Secretaría de Recursos Hidráulicos, Tlaxcala 1970

2/ Sistema de información para el diagnóstico continuo del desarrollo urbano SAHOP 1978.

En la localidad \* se observó que las instalaciones de las empresas eran mayores que las manifestadas y que la maquinaria empleada en general es anticuada, pero su producción se ajusta al mercado que no es atendido por empresas de mayor capital y tecnificación.

Se observa también la inconveniencia de que la industria de ramas inconexas con la rama agropecuaria crezca, dada la vocación agroindustrial de la zona.

- Sector Tericario:

En lo referente a servicios en 1970 participaba a nivel municipal, el 15.8 % de la PEA con 692 empleos. A la actividad comercial correspondían 264 personas, es decir, 0.25 % de las registradas a nivel estatal. No se cuenta con información actualizada que permita diagnosticar con profundidad, sin embargo, para los efectos del estudio que se realiza se detectó \* que en las cinco secciones de Santa Inés existen 76 tiendas de abarrotes y 57 negocios de comercio especializado y que de ellos el 90% son de carácter familiar con un mínimo de capital invertido, sin los registros y autorizaciones correspondientes, tanto del estado como del municipio, en este último por falta de reglamentación y en el primero por falta de un control adecuado. En el último padrón de 1975 se tenían registrados 28 negocios con un capital de \$ 72,500.00 en la Delegación de Estadística.

El 10 % restante corresponde a negocios florecientes con un incremento sustancial de sus operaciones en los últimos años, dada la influencia regional de Santa Inés Zacatelco, destacándose las carnicerías, talleres mecánicos y restaurantes.

El sector público, tiene instalada una tienda popular Conasupo con un capital de \$ 40,000.00 y ventas mensuales, en 1979, de \$ 171,000.00.

---

\* Investigación de campo

Los servicios acusan una fuerte dependencia de la ciudad de Puebla, debido a su cercanía y la facilidad de comunicación que existe; ésto no ha permitido que se desarrolle más el comercio local, a excepción de la rama de comestibles elaborados que se venden los domingos en el tianguis de esta localidad.

- Turismo:

Por ser Santa Inés Zacatelco un importante mercado de productos porcícolas, recibe dominicalmente una gran afluencia de visitantes que acuden a adquirir estos artículos en el tianguis. Con el fin de mejorar este servicio en 1978 se pavimentó el estacionamiento del mercado y se reacondicionaron las carnicerías del mismo, lo cual ha repercutido favorablemente en el sector Turismo.

A fin de aprovechar el Manantial y Presa de Acomulco se ha construido un Centro Turístico Ejidal, que permitirá, en base a estos atractivos naturales, captar un mayor número de visitantes y fortalecer la capacidad de este sector en la localidad.

Considerando que Santa Inés Zacatelco es un sitio de paso obligado entre las ciudades de Puebla y Tlaxcala, con importante comercio de productos porcícolas y atractivos turísticos, se requiere de un importante apoyo al sector para optimizar el aprovechamiento de los recursos con que cuenta.

- Gobierno:

La carencia de personal técnico en obras públicas y promoción, limita la capacidad de auto desarrollo de la comunidad. Las funciones del gobierno municipal se reducen a la gestión de obras ante organismos federales y estatales, no cuenta con suficientes instrumentos administrativos y de

recaudación que le permitan desempeñar su función plenamente. La idea de los funcionarios respecto al significado de autoridad municipal y de las funciones que han de realizar no es clara. El nivel de capacitación administrativa es muy bajo en todos los integrantes del gobierno, fenómeno que se presenta en todos los ayuntamientos del estado.

Por otra parte, los ingresos que reciben son mínimos, lo que imposibilita el empleo de personas más capacitadas para realizar los diversos trabajos que requiere la administración municipal.

El ayuntamiento carece de equipo de limpia, conservación, protección y vigilancia.

El gobierno municipal está integrado por el siguiente personal:

- Presidente Municipal
- Secretario Municipal
- Tesorero
- Alcalde municipal
- Comandante de policía
- Secretario del Registro Civil
- Delegado Municipal Electoral
- Juez Local
- Agente Subalterno del Ministerio Público
- 1 Sub Comandante
- 1 Secretario
- 1 Conserje jardinero
- 1 Cobrador Municipal
- 2 Barrenderos
- 1 Secretario
- 4 Policías
- 3 Auxiliares
- 1 Velador
- 1 Técnico en alumbrado

- Producción Pesquera:

Esta actividad es nula en esta región, sin embargo, es conveniente destacar que en la represa de Acomulco con una superficie de 2 has. es factible la explotación pesquera, pero para ello es necesario retirar el lirio acuático que la invade. Se ha proyectado sembrar carpa herbívora, sin embargo no se tiene mayor conocimiento de los estudios correspondientes.

- Sector Secundario

La PEA correspondiente al sector industrial en 1960 <sup>1/</sup> fue de 1,263 personas; y en 1970 <sup>1/</sup> de 1,769 destacándose como el sector más dinámico de la economía municipal, con una tasa de oferta de empleo de 3.5 % anual.

Este año existen instaladas en Santa Inés Zacatelco 14 empresas, entre talleres y fábricas, todas ellas de la rama textil, con una inversión declarada de \$ 22'335,200.00, la cual generó 203 empleos para obreros y 28 para personal técnico y administrativo.

La mayor parte de la PEA del sector laboral se encuentra fuera del municipio, principalmente en el corredor industrial Panzacola Xicotzingo y en la ciudad de Puebla, donde habita el personal administrativo de las empresas locales.

---

<sup>1/</sup> Censo General de Población S.I.C. 1960 y 1970

#### 2.1.4. VIVIENDA

##### - Número de Viviendas:

En el año de 1970 existían 2,372 viviendas en Santa Inés Zacatelco, para una población de 14,117 habitantes, con un factor de ocupación de 5.95, para el mismo año el total de viviendas en el municipio era de 3,217 para una población de 19,492 habitantes con un factor ocupacional de 6.05.

En el año de 1980 <sup>1/</sup> se registraron 2,681 viviendas en Santa Inés Zacatelco para una población de 17,632 habitantes con un factor de ocupación de 5.95. En el municipio hay en este mismo año un total de 3,663 viviendas para 22,031 habitantes, con un factor de ocupación de 6.18 habitantes por vivienda.

De la información anterior se desprende que el número de viviendas ha aumentado en función del crecimiento de la población, sin disminuir su factor ocupacional, manteniéndose estable en Santa Inés Zacatelco e incrementándose en el total del municipio.

Recientemente se ha dado un proceso de mejoramiento y sustitución de la vivienda, promovido por los mismos habitantes, como resultado de la paulatina incorporación de los jóvenes al empleo, básicamente en el sector industrial del estado de Puebla. Esto ha provocado un cambio en el paisaje urbano, en menoscabo en algunos casos, de los tradicionales sistemas constructivos y su expresión plástica.

---

<sup>1/</sup> X Censo General de Población y Vivienda, SPP, 1980



- Tipo de Construcción:

En 1980, del total de viviendas del municipio se considera que 1,267 cuentan con una calidad aceptable y que responden a las normas establecidas por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. Sin embargo, 1,950 viviendas requieren obras de mejoramiento. 1/

En el año de 1970 el 30.2% de las viviendas del municipio contaban con agua entubada dentro del edificio y el 3.9 % fuera del edificio; el 15.2% de las viviendas tenían drenaje; el 44.5% tenía piso de tierra; el 74.2% contaba con energía eléctrica; el 25.4% tenían televisión y 556 viviendas, baño. 1/

- Régimen de Propiedad

En 1970 de un total de 3,217 viviendas en el municipio de Zacatelco, 2,798 eran propias.

- Déficit de Vivienda

En el censo de 1970 se registraron 3,217 viviendas en el municipio de Zacatelco, ocupadas por 3,774 familias, de donde se desprende que existía un déficit de 557 unidades. Considerando el número de personas que vivían solas en ese año, el déficit se incrementa a 753 unidades.

El déficit por hacinamiento se estimó para 1970 en función de la correspondencia entre el número de viviendas y número de cuartos con el número de familias según su número de miembros (Tabla 2.4)

Se detectó que a nivel municipal el 82.5% de la población ocupaba viviendas de 1 y 2 cuartos; para abatir este alto porcentaje y equilibrar el número de miembros por familia

---

1/ IX Censo General de Población y Vivienda SIC 1970.

(5.16 miembros/familia), con el número de cuartos, es necesario reducir el número de habitantes por vivienda, que para ese año era de 6.05 habitantes, mediante la realización de 1,268 acciones de ampliación.

De lo anterior se desprende que en 1970 es necesario construir 753 viviendas nuevas, ampliar 1,268 y mejorar 1,950. A Santa Inés Zacatelco corresponde el 75 % del total de viviendas del municipio, e igual porcentaje de necesidades.

En la década de los 70's no hubo programas de mejoramiento, ampliación o construcción de viviendas a pesar de que los agentes físicos han deteriorado las viviendas y la tasa de construcción es mucho menor a la de crecimiento demográfico; por lo cual este problema se ha agravado.

Para 1980, de conservarse el índice de 6.05 habitantes/vivienda, el número de viviendas es aproximadamente de 2,914 viviendas y 3,417 familias, de donde se desprende que el déficit actual es de 503 viviendas nuevas.

DEFICIT POR HACINAMIENTO

T a b l a 2 . 4

Número de Miembros Por Familia	Número de Familias	Número de Viviendas	Superávit ó Déficit
1	196	1607/1	+ 751
2	660	1093/2	+ 517
3	579	320/3	- 452
4	541	96/4	- 192
5	490	25/5	--
6	435	20/6	--
7	337	7/7	- 343
8	288	8/8	--
9 y más	444	11/9	--

### 2.1.5.- MORTALIDAD Y MORBILIDAD

La morbilidad y mortalidad general de Zacatelco en 1980, respecto a enfermedades de tipo hídrico, se debe principalmente a enteritis y otras enfermedades diarreicas y en general a enfermedades que se mencionan en orden de importancia en la Tabla 2.5.

Las enfermedades de tipo hídrico son ocasionadas por la mala distribución, lo que permite la contaminación del líquido y la transmisión de enfermedades infecciosas y parasitarias, las cuales se ven incrementadas, debido a la infiltración de aguas residuales de alto grado de contaminación; esta infiltración se produce por ruptura de la red de distribución pública ó privada. También, producen focos de infección que se relacionan con padecimientos gastrointestinales que atacan principalmente a la población infantil.

Tabla 2.5.- Morbilidad y Mortalidad en Zacatelco

(1980)

<u>Morbilidad</u>	<u>Mortalidad</u>
1.- Enteritis y otras enfermedades diarréicas	Enfermedades del aparato respiratorio
2.- Amigdalitis	Enteritis y otras enfermedades diarréicas
3.- Bronquitis	Causas perinatales
4.- Faringitis	Accidentes
5.- Conjuntivitis	Enfermedades Cardiovasculares
6.- Neumonía	Diabetes complicada
7.- Colitis	Úlcera péptica perforada
8.- Parasitosis	Tumores malignos
9.- Gastritis	Abceso hepático
10.- Traumatismos	Cirrosis hepática

Fuente: Registro civil de Zacatelco

## 2.1.6. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS (PLANO 1)

### - Agua Potable:

El sistema de agua potable abastecía en 1980 a 7,434 habitantes, los cuales representaban el 40% de la población, que contaba con 1239 tomas domiciliarias 1/ (1,590 en investigación de campo) sin medidor, con cuota fija de \$ 17.00 mensuales por toma. En la actualidad no se tiene información confiable de estos registros.

El sistema está administrado por la Junta Federal de Agua Potable, integrada por representantes municipales que reciben asesoramiento de la SAHOP.

La fuente de abastecimiento del sistema es el pozo 1 ubicado en la plaza central, con una profundidad de 35 m. y un gasto de 37 lts/seg., perforado en 1960. El agua se bombea directamente a la red y su excedente a un tanque elevado de 150 m<sup>3</sup>, ubicado a espaldas de la Presidencia Municipal. Sin embargo, el sistema no tiene la presión suficiente para cubrir con eficiencia la red de distribución actual, que mide - - 18,439 mts., lo que representa 2.48 metros de tubo por habitante servido y 14.8 metros por toma; los diámetros de la red varían de 1/2 a 10".

En 1982 se hizo el proyecto de ampliación de la red, y en 1985 la obra para servir al 100% de la zona de estudio. Se perforó otro pozo con un gasto de 50 lts/seg. y 120 mts. de profundidad, además se construyeron dos tanques elevados, uno de 400 m<sup>3</sup> y otro de 500 m<sup>3</sup> de capacidad, para abastecer al 90% de la población.

### - Alcantarillado:

Este servicio no existía en 1980 y era evidente la falta del mismo, ya que en las calles corrían las aguas negras a cielo abierto, con las consecuencias de insalubridad, degradación del medio ambiente y entorpecimiento de la circulación vial y peatonal.

---

1/ Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Residencia General de Agua Potable 1980

मराठी

En 1980 se hizo el proyecto para la construcción del sistema de alcantarillado, el cual incluía una laguna de oxidación que se ubicaba al poniente de la población. La construcción del sistema estaba programada para 1981.

La laguna de oxidación, a la fecha no se ha construido.

#### - Electrificación y Alumbrado Público. (PLANO 2)

El 100 % de la superficie de la localidad cuenta con energía eléctrica que proviene de la subestación de Panzacola, se distribuye mediante una red principal de 13.2 kva que atraviesa la población de sur a norte, con 42 transformadores aproximadamente que cubren la demanda domiciliaria e industrial.

El sistema de alumbrado público es elemental, limitándose a unas cuantas lámparas ubicadas en el centro cívico comercial.

#### 2.1.7.- VIALIDAD Y TRANSPORTE

##### - Ferrocarril:

La estación del ferrocarril Apizaco-Puebla se localiza a 3 kms. al oriente de la población, llegando a ella por la avenida Zaragoza. Sin embargo, se encuentra abandonada y no presta ningún servicio a la localidad.

##### - Vialidad Regional

La principal vía de comunicación regional es la carretera Tlaxcala-Puebla, que atraviesa la población de norte a sur, pasando por el centro. Esta vía se construyó de 1935 a 1950 con las siguientes características: 9 m de corona; 6.90 m de ancho de carpeta y una capacidad de 979 vehículos por hora, 10% de ellos de tránsito pesado, estimándose que esta vialidad estaría saturada en 1982.



मराठी

El tránsito promedio diario en 1976 fué de 6,500 vehfculos y en 1979 de 8,500 \*, el derecho de vía en el tramo que cruza la población está invadido. Actualmente se trabaja para ampliar la carretera a 9 m., con lo que se pretende dar mayor fluidez al tráfico y disminuir los frecuentes accidentes.

#### - Vialidad Primaria

Está constituida por las siguientes vías: la avenida Zaragoza que comunica con la localidad de Quiletla y con la estación del FFCC; la calle Benito Juárez que comunica con la localidad de San Lorenzo Axocomanitla y la calle Domingo Arenas que cruza la zona urbana de norte a sur.

Actualmente estas vías están pavimentadas, aún cuando las dos primeras reciben conservación por parte del Gobierno Federal, las tres presentan problemas de alineamiento. Tienen una sección máxima de 6 m. Existe otra vialidad que está pavimentada: es la calle denominada Cruz Colorada, que va del centro de la localidad a la unidad deportiva y al Centro Turfstico Ejidal, aún falta un pequeño tramo por pavimentar pero la obra está suspendida hasta que las construcciones queden alineadas.

#### - Vialidad Secundaria

Las calles no están pavimentadas y carecen de un trazo definido, ya que el centro de población se ha ido haciendo conforme aparece la necesidad de comunicar una sección o área, lo que ha dado por resultado un trazo aleatorio, no pensado para la circulación de vehfculos automotores.

#### - Transporte Foráneo

La localidad cuenta con este servicio por medio de los transportes foráneos de las líneas Calpulalpan-Tlaxcala-Puebla, la Cooperativa Apizaco-Tlaxcala-Huamantla, los autobuses Texcoco-Calpulalpan y los Estrella

---

\* Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas

Blanca, que comunican principalmente con Puebla, Tlaxcala, San Martín Texmelucan, Poza Rica y México, D.F., con un movimiento diario de aproximadamente 500 viajes, uno cada 2 minutos. Considerando el servicio directo y el de paso se transportan aproximadamente 10,000 pasajeros diarios. No existen las instalaciones adecuadas para atender este flujo lo cual afecta bastante la circulación sobre la carretera Tlaxcala-Puebla.

#### - Transporte Urbano

El transporte urbano e intermunicipal se realiza mediante tres rutas de autobuses: la primera con dos unidades sale cada 20 minutos y va a Ayometla, la segunda que se dirige a Quiletle hasta Chiautempan cada 25 minutos y la tercera, a la zona de la unidad deportiva, sus unidades salen cada 20 minutos. Ninguna de estas rutas de autobuses cuentan con un local apropiado, por lo que las tres rutas se ven obligadas a partir de la esquina de la calle J.M. Saldaña y la carretera Tlaxcala-Puebla.

Existe un servicio particular y otro colectivo de taxis. El primero con 2 sitios localizados en la plaza central y otro sitio en la parada de autobuses, llamada Guardia, con un total de 31 unidades. El servicio colectivo tiene un sitio a un costado de la iglesia de Santa Inés, cuenta con 10 unidades, con la ruta San Pedro Xacaltzingo, San Cosme-Atlamaxac.

En base a lo anterior, se ha detectado un fuerte déficit en el transporte colectivo urbano, debido a que grandes zonas en la localidad quedan sin servicio, sin embargo tampoco es redituable instalar un servicio con más rutas y mayor frecuencia, debido a lo disperso de la población de Zacatelco.

## 2.1.8. EQUIPAMIENTO (PLANO 3)

### - Educación

Para enseñanza a nivel de Jardín de Niños existen dos planteles a cargo del gobierno estatal con 304 niños inscritos y uno particular con 20 niños inscritos. Los tres planteles cuentan con un total de 9 aulas. Considerando que la población de niños de cinco años representa el 3.61% de la población total, la demanda de atención en este nivel es de 677 niños, por consiguiente existe un déficit de atención del 50% (Tabla 2.6).

La población escolar en edad apropiada para recibir instrucción primaria corresponde el 18.1% del total de la población y equivale a 3,379 niños. En Santa Inés Zacatelco existen nueve planteles de educación primaria, que cuentan con 93 aulas, donde se atiende a 3,701 alumnos en el turno matutino y 695 en el vespertino, el total de alumnos atendidos, por lo tanto, es de 4,396 alumnos, de donde se desprende que el equipamiento de esta población está prestando servicio también a las localidades vecinas (Tabla 2.6).

En Santa Inés Zacatelco existen cinco secundarias estatales, dos federales y tres particulares que atienden a un total de 2,186 alumnos, lo que representa una cifra mayor de la demanda existente en la localidad, por lo tanto, también se deduce que se atiende parte de la demanda de las localidades vecinas (Tabla 2.6)

Existe una preparatoria con turno vespertino, cuya inscripción es de 150 alumnos. Actualmente, ocupa las instalaciones de una antigua escuela. Ya está construido el nuevo edificio con cuatro aulas en un terreno con una superficie de 8,000 m<sup>2</sup>, el cual permitirá cubrir la demanda regional de hasta 400

मराठी

alumnos. Para el período 80-81 se espera una inscripción de 250 alumnos, por lo que será necesario prever su crecimiento a futuro (Tabla 2.6)

Funcionan también dos academias particulares de capacitación: una técnica contable y la otra secretarial.

TABLA 2.6

EDUCACION CIENCIA Y TECNOLOGIA

LOCALIZACION	NOMBRE DE LA INSTITUCION	NIVEL	ACADEMICO	ALUMNOS MATUTINO	ALUMNOS VESPERTINO	ALUMNOS NOCTURNO	LABORATORIO	TALLERES	BAÑOS	AUDITORIO	CANCHAS	SUPERFICIE TOTAL DEL TERRENO	SUPERFICIE CONSTRUIDA	TIPO DE ESCUELA	NUMERO DE AULAS	AÑO DE CONSTRUCCION	POSIBILIDAD DE AMPLIACION	NUMERO DE PROFESORES
Calle Emperador 2	Calle González Abascal	Primaria	849					2		2				Federal	22	1961		19
Calle Emperador 2	Profr. Raúl Isidro Vargas	Primaria		334				2		2				Federal	22	1961		10
Calle Emperador 2	Gral. Domingo Arenas	Primaria			X			2		2				Federal	22	1961		
Independencia	Ignacio Zaragoza	Primaria	686	150				2		1	1,200	700		Estatal	17	1900	SI	19
Cruz Colorada 76	Patria	Primaria	377					2			2,400			Federal	10	1977	SI	10
Xochicalco	Gral. Domingo Arenas	Primaria	639	211				2			16,000	3,000		Estatal	16	1961	SI	20
Hidalgo 38	Benito Juárez	Primaria	362					2			2,500	1,500		Federal	8			10
Av. Manantiales s/n.	Hicanor Serrano	Primaria	335					2		patio	10,000	654		Federal	11		SI	10
Av. Manantiales s/n	F. Nicolás Bravo	Primaria			X			2			10,000	654		Federal	11			
Francisco I. Madero 2	Gral. Domingo Arenas	Primaria	450					2		1	1,200	400		Federal	9	1928	SI	11
Av. Morelos 21	Mariano Matamoros	Secundaria	40	211				2			1,250	500		Part.	2	1955		
Emperador y Av. Tlaxcala		Secundaria	849				4	2		2				Federal	10	1961		29
Emperador y Av. Tlaxcala		Secundaria		209			4	2		2				Federal	10	1961		29
Lerdo de Tejada 2	Federico Froebel	Jardín de Niños	169					2						Estatal	4	1978	SI	
Lerdo de Tejada		Preparatoria	250 PS	150		1		2		1	100			Federal	4	1979	SI	
Av. Juárez 1	Benito Juárez	Secundaria		32			1							Part.	2			7
Lerdo de Tejada 17	Centro de estudios técnicos	Cap. Técnica												Part.				
Danito Juárez	Sr. Juana Inés de la Cruz	Cap. Técnica		32										Part.				
16 de Septiembre 6	Niños Héroes	Primaria												Federal				
16 de Septiembre 13	Progreso	Primaria												Estatal				
	Prol. Juan V y Ramírez	Secundaria		56										Part.				
Xochicalco Domingo Arenas	Margarita Maza	Preescolar	135					2		1				Estatal	4	1970		

FUENTE: Secretaría de Educación Pública. Delegación Tlaxcala 1980

- Salud:

En la primera sección de este centro de población se localiza un centro de salud tipo "C" de la Secretaría de Salubridad y Asistencia que cuenta con un médico y cuatro pasantes de medicina. El centro tiene un consultorio y tres camas y en él se atiende a un promedio de 4 pacientes diarios en la consulta de medicina general. Proporciona atención a 17178 habitantes de la zona. Por su nivel de servicio se considera que cubre la demanda de la población de escasos recursos del área.

El IMSS cuenta con una unidad médica familiar, equipada con seis camas, cinco consultorios, nueve médicos en medicina general y odontología, quienes cubren una demanda de 14,222 derechohabientes. Estas instalaciones presentan un estado regular de conservación.

Existen también 14 consultorios médicos particulares con atención de medicina general, odontología y ginecología. Cubren una demanda de aproximadamente 17,500 personas.

En función de los datos anteriores, la población atendida en el renglón salud, es aproximadamente de 50,000 habitantes, que cubren las necesidades que se requieren en un nivel intermedio como el que se le asignó en el Plan Estatal de Desarrollo Urbano.

Sin embargo, la atención hospitalaria es muy deficiente, ya que según las normas de dosificación\* existe un fuerte déficit de camas (Tabla 2.7).

---

\* Normas de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.



# I N S T A L A C I O N E S   D E   S A L U D

TABLA N° 2.7

Clave SAHOP	Localización Población Municipio	Tipo Servicio (Clínica Hospital, etc.)	# de Camas	# de Consultorios	# de Médicos	Especialidades	Población Servida	Déficit Médico	Déficit Instalaciones	Estado Actual
	Zacatelco SSA	Centro de Salud "C"	3	1	1 Médico 4 Pasantes	Medicina General	17,178	-	-	Nuevas
	IMSS	Unidad Médica Familiar	6	5	9	Medicina General Odontología	14,222 Derechohabientes	-	-	Regular
	Consultorio	Privado	-	14	14	Medicina General Odontología	17,511	-	-	Buenos

Fuente: Secretaría de Salubridad y Asistencia, Servicios Coordinados Tlaxcala, 1980

#### - Abasto y Comercio

El equipamiento para comercio y abasto en Santa Inés Zacatelco consta de un mercado municipal con 100 puestos y una explanada para tianguis dominical, ocupa una superficie de 3,126 m<sup>2</sup>. En función de la norma que establece un puesto por cada 125 habitantes, se tiene una cobertura para 12,500 habitantes, lo cual denota un déficit en el servicio.

En la zona se localizan también tres bodegas particulares que abastecen a los comerciantes locales.

Existe además, una tienda popular Conasupo con 30 m<sup>2</sup> de superficie que resulta insuficiente para la demanda local, en función de lo cual se requiere una ampliación de la misma.

#### - Administración Pública

El único edificio exclusivo para estas funciones es el Palacio Municipal, el cual alberga las oficinas de la Presidencia, Secretaría y Tesorería Municipal; el Registro Civil; un salón de actos, el Juzgado local; la Alcaldía; el Reclusorio; la recaudación de rentas, la Delegación de Tránsito Estatal; el Juzgado de Primera Instancia; la Agencia Subalterna de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público; la Agencia del Ministerio Público; el Comisariado Ejidal; la oficina de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna y la Tienda Conasupo. Es una construcción de dos niveles que se encuentra en regulares condiciones. Fue construido en los años 40 con una superficie de 500 m<sup>2</sup> por planta.

Existen otras dependencias en edificios con instalaciones no adecuadas que se localizan en las cercanías de la Presidencia Municipal, como la del Distrito de Riego de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la Junta Federal de Agua Potable de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas y las oficinas de teléfonos y correos.

### - Cultura, Recreación y Deportes

No existe equipamiento cultural en esta localidad ni tampoco promoción de ninguna actividad de este tipo por parte de las autoridades estatales, locales, ni por el sector privado.

Con respecto al equipamiento recreativo, existen dos locales a cubierto: el salón de actos del Palacio Municipal y el área destinada a peleas de box, con capacidad para 500 y 1500 personas respectivamente, donde eventualmente se desarrollan actividades cívicas y recreativas.

La construcción del Auditorio Municipal está suspendida desde hace ya varios años, cuando se termine se contará con la superficie necesaria para que se cubran las demandas de espacios adecuados para las actividades recreativas.

El Centro Turfstico Ejidal "Zacatelco", recientemente inaugurado, permitirá a la población local una alternativa en la ocupación de su tiempo libre. Está construido en una superficie de 15 has. y cuenta con alberca olímpica, estacionamiento, jardines, vestidores y otras instalaciones. Para este centro se aprovecho el manantial y la presa de Acomulco.

En cuanto al equipamiento deportivo, en 1980 se inauguró la unidad deportiva que cuenta con una cancha de foot-ball, dos de basket ball, dos de voliball y un frontón. Tiene una superficie de 6 has. y se localiza junto al Centro Turfstico. Se considera que este equipamiento cubrirá las demandas de la población con superficie en lo futuro.

### - Limpieza, Conservación, Protección y Vigilancia

El servicio de limpia y recolección de basura no existe en la localidad; para los servicios de conservación y protección no se cuenta con recursos suficientes; además el servicio de vigilancia es mínimo, ya que se cuenta unicamente con cuatro policia. Es decir un policia por cada 4,000 habitantes.

- Comunicación

El servicio telefónico de Santa Inés Zacatelco depende de la central automática de Puebla. Cuenta con 60 teléfonos particulares. Esta localidad tiene una Central Rural que coordina los teléfonos en dos poblaciones rurales. Este servicio resulta insuficiente para la población y poco operativo.

Santa Inés Zacatelco cuenta con una administración de correos que proporciona servicio a las poblaciones de los municipios de Zacatelco, Xicoténcatl, Xicotzingo y José Ma. Morelos mediante cuatro agencias postales.

Con respecto a medios de difusión, se puede decir que este centro de población recibe distintas señales de radio y televisión, además de los diarios de mayor circulación nacional.

## 2.2.- DINAMICA DEL CRECIMIENTO URBANO - INDUSTRIAL

### 2.2.1. CRECIMIENTO HISTORICO

El primero es aquél que se remonta a la fecha de su fundación que por aquél entonces se llamó Zacatelulco en el año de 1335, sin embargo del nombre que en la actualidad tiene no existen datos exactos y más bien existen dos versiones del mismo.

La primera se remonta al año de 1529, fecha en que el español Don Agustín Castañeda, se dice donó sus tierras para el establecimiento del poblado y además para la creación de la primera iglesia, en donde se menciona se veneraban a los Santos Cosme y Damián, sin embargo, por la gran devoción de Don Agustín Castañeda a Santa Inés, fue considerada esta última como la Santa Patrona del Pueblo.

No se menciona nuevamente la población sino hasta el año de 1760, fecha en que se inicia la construcción de la iglesia parroquial actual ordenada al parecer por San Esteban de Guzmán, del que se menciona era el propietario de la mayor parte de las tierras de la región y del mismo se dice tenía una hija llamada Inés y que además era devota de esa misma Santa, y es por 1765 cuando aparece el nombre completo, que en la actualidad lleva la población, Santa Inés Zacatelco, más aún el cambio de Zacatelulco por Zacatelco, no se menciona y quizás sea debido a la tradición hablada; como dice Humberto Toscano, las personas nacen y mueren, algunas tienen períodos de esplendor y períodos humildes, algunas son efímeras y otras viven mucho tiempo. Muchas veces se mudan los sonidos de las palabras, pero no son menos frecuentes los cambios de sentido.

Efemérides más importantes de la comunidad:

- En el año de 1335 fundación de Zacatelco por los Teochichimecas.
- En 1529 el español Don Agustín Castañeda dona sus tierras para el establecimiento del poblado.
- En 1760 se inicia la construcción de la iglesia parroquial actual.
- En 1765 aparece por vez primera el nombre completo de la comunidad "Santa Inés Zacatelco"
- Entre el fin de año de 1779 y principios de 1780 se registran cientos de muertos en la población, así como los poblados vecinos de Teolocholco y Tepeyanco por la evidencia de viruela, fecha en que esta enfermedad se generalizó por todo el país y en la que se menciona al médico Esteban Enrique Moral, el cual emprendió con aprobación del Virrey y del protomedicato la inoculación o "Variolización" como medio preventivo.
- En el año de 1882 se le otorga el nombramiento oficial a la población de cabecera municipal.
- En el año de 1883 se presenta un conflicto entre el municipio y el Estado de Puebla por las pretensiones anexionistas de éste último, rechazándose el proyecto, el cual es aprobado por los municipios de Nativitas, Chiautempan y Xaltocan.
- En el año de 1910, al igual que en el resto del país la población se levanta en armas en apoyo del movimiento Maderista en contra del régimen del dictador General Porfirio Díaz, siendo el caudillo principal de esta zona Isidro Ortíz.
- El 13 de julio de 1911, en plena lucha revolucionaria y al mando de Benjamín Rodríguez y Victorio Meneses, es asaltada la fábrica "La Covadonga", donde se cometieron toda

clase de atropellos en contra de los empleados y dueños de la misma, lo cual estuvo a punto de ocasionar un conflicto entre nuestro país y Alemania, lugar de origen de los dueños de la mencionada fábrica.

- En 1913 se mencionan nuevos sucesos de la lucha revolucionaria a razón de la muerte de Don Francisco I. Madero, en que se levantan en armas los generales Pedro Morales, Felipe Villegas y Domingo Arenas en contra del nuevo gobernante, General Victoriano Huerta.
- En el año de 1914 el General Domingo Arenas, considerado el principal caudillo agrarista, combate contra las fuerzas del General Alvaro Obregón, una en la población vecina de Panzacola y otra en esta localidad, lo que ocasiona la retirada de las tropas de Obregón.
- En 1915, tras constantes batallas, toma las poblaciones de Chiahutempan, Tlaxcala, Otumba e Irolo; el 21 de mayo de ese mismo año a iniciativa suya se reformó la primera comisión agraria de Zacatelco.
- El 30 de agosto de 1917 es asesinado el General Domingo Arenas en la población de Teochimilco, Puebla, por las fuerzas del General Emiliano Zapata, por los jefes Everardo González Ayaquica y Magaña, siendo decapitado en ese mismo sitio.
- En 1920 es fusilado en la ciudad de Puebla el General Cirilo Arenas, hermano del caudillo agrarista.
- En 1922 se forma el comité administrativo agrario integrado por las siguientes personas:

Presidente:	Nicanor Serrano
Secretario:	Gregorio Serrano
Tesorero:	Rosario Melendez

Haciéndose el reparto de las primeras tierras que pertenecían a la hacienda de "Cuaculoya", "Dolores", "Santa Agueda" "Las Lomas", "Xoxtla" y "San Isidro".

- En 1924 muere asesinado Don Nicanor Serrano Ortiz, último de los Serrano del Comité agrario.
- En 1940 es inaugurada la carretera federal Puebla-Tlaxcala, que atraviesa la comunidad.
- En 1945 se inicia la construcción del Palacio Municipal.
- En 1961 se inaugura el centro materno infantil que después tomara el nombre de Centro de Salud "C"
- En 1967 se termina la construcción del Parque Público y de la pavimentación de las calles circunvecinas al mismo.
- En 1970 se concluye la construcción del Mercado Municipal.
- En 1979 se inicia la remodelación completa de la Clínica Rural de la S.S.A., así como de la construcción del Parque Público, de obras de drenaje y agua potable en la mayoría de las secciones de la comunidad.
- En 1980 se termina la remodelación de la Clínica Rural de esta población.

#### 2.2.2. CONFIGURACION URBANA ACTUAL

Actualmente, la ciudad de Zacatelco presenta un contorno de forma irregular, cuyos límites principales son: Al norte por la barranca Azozolo de Briones, al sur por los límites de los barrios Xitototla y Benito Juárez y al oriente y poniente por las zonas de preservación ecológica indicadas en el plan de desarrollo urbano. (Ver Plano 3)

##### 2.2.2.1. Centro Urbano:

El núcleo central es el elemento urbano principal de la estructura y del sistema urbano; y está conformado por dos partes básicas: La plaza del zócalo y la iglesia.

La morfología de la traza urbana es inorgánica; dentro de ella se confunden y coinciden las vías destinadas al tráfico vehicular con la circulación peatonal, por lo que se da



mayor importancia al vehículo sobre el ser humano. La estructura vial vehicular limita los espacios de uso comunitario como la plaza del zócalo, impidiendo con ello su integración espacial.

En cuanto al tejido urbano se perciben 4 diferentes tipos de traza: De plato roto, de malla, rectilínea e irregular.

#### 2.2.2.2. Barrios

Se ha definido a los barrios como generadores de la estructura urbana actual, los que están ubicados en la localidad de Zacatelco, (Tlaxistla, Colorines, Benito Juárez, Los Manantiales, etc.) ninguno tiene una caracterización clara, debido principalmente a la uniformidad socioeconómica de la población, a la lenta expansión urbana y a la magnitud de la ciudad.

La estructura social - cultural y económica de los barrios reflejada en su aspecto físico espacial, es una de las bases sobre las que se debe fundamentar el desarrollo urbano de la ciudad con el objeto de mantener su identidad y fomentar la integración, no sólo en el aspecto físico, sino también en la participación comunitaria de la planeación y toma de decisiones para la solución de problemas.

Las deficiencias del funcionamiento de la estructura se fundamentaron principalmente en la carencia de una estructura peatonal que permita la interrelación de los barrios con el centro y de los barrios entre sí.

### 2.2.3. USO ACTUAL DEL SUELO

El uso actual del suelo en la localidad de Santa Inés Zacatelco está distribuido en la siguiente forma: 81.1% se destina a huertos familiares, cría de especies menores y vivienda; 7.7% a vialidad; 4.2% a equipamiento y comercio; 0.6% a industria y el 6.4% corresponde a áreas verdes.

#### - Vivienda:

En esta población la vivienda se divide en dos tipos fundamentales: vivienda residencial, que se ubica al centro de la localidad y se circunscribe a unas pocas manzanas alrededor de la plaza central y vivienda unifamiliar de tipo medio distribuida en la población.

Existe una mezcla entre los diferentes tipos de vivienda para las clases media alta y media popular, sin que se definan zonas específicas para la ubicación de cada una de ellas.

Las dimensiones de los predios son grandes; las construcciones se ubican en el perímetro de las manzanas, dejando grandes espacios libres en el centro de las mismas, en los que

todavía en algunos casos existen huertos, sembradíos y cría de especies menores que reflejan los patrones culturales de la población de carácter eminentemente agrícola.

- Comercio

La zona comercial se encuentra ubicada en el centro de la población y junto con el equipamiento, ocupa 4.2% de la superficie del área urbana.

- Industria:

El uso industrial se manifiesta en la localización de algunas factorías y talleres en el extremo poniente de la segunda sección, sin que se identifique aun una zona homogénea destinada a este uso dentro del área urbana, ya que en las cinco secciones se encuentran diseminadas otras fábricas. Es importante señalar que al suroriente de la población se localiza el Parque Industrial Zacatelco, que tiene servicio de ferrocarril, gas, energía eléctrica, esta zona está próxima a Zacatelco y cuenta con incentivos fiscales de zona III de propiedad estatal.

- Areas Verdes

Se localizan en la plaza central, en la unidad deportiva y en los jardines del Centro Turístico Ejidal; ocupan el 6.4% del área de la población.

Esta superficie sumada a la de las pequeñas parcelas familiares es suficiente, para atender los requerimientos en esta materia, lo cual reducirá significativamente la dosificación futura de áreas verdes por habitante, que demandan otras localidades que presentan otras características.

- Agricultura de Temporal:

La agricultura es una de las principales actividades de la población de Zacatelco y presenta los mismos problemas que se manifiestan en el resto del estado. Sin embargo, las limitaciones físicas, geográficas y socioculturales no representan graves obstáculos como en otras áreas. El cultivo principal es el maíz, con bajos rendimientos y sujeto al temporal.

- Agricultura de Riego:

La agricultura de riego se localiza en la zona de los ríos Atoyac-Zahuapan, ubicada al oeste de la población, con canales que se conectan al curso del río Zahuapan. El problema que se presenta en esta área, es que el manto freático se encuentra muy cercano a la superficie, e inhibe el crecimiento radicular de muchos cultivos, principalmente el del maíz. Al oriente de la localidad se ubican varios pozos de riego con su respectivo sistema de canales.

- Turismo

En las cercanías de la población se localizan varias zonas que poseen atractivos turísticos como los manantiales de Ateozintla, Acomulco y Ametoxtla, la arboleda del Xatlal y el Centro Turístico Ejidal de la Laguna de Acomulco.

Para lograr un mejor aprovechamiento de los primeros sitios es necesario dotarlos de la infraestructura mínima, como son caminos, asadores, quioscos y servicios sanitarios que permitan la atracción de un mayor número de visitantes.

El Centro Turístico Ejidal, cuenta con la infraestructura necesaria, únicamente requiere de mayor promoción a nivel regional, a fin de obtener un mejor aprovechamiento del mismo.

#### 2.2.4 Tenencia de la Tierra (PLANO 4)

El municipio de Zacatelco tiene una superficie de 30.3 km<sup>2</sup>, de los cuales 14 km<sup>2</sup> son ejidales; de éstos, 3.62 km<sup>2</sup> pertenecen a la población de Santa Inés Zacatelco, la cual tiene un total de 6.7 km<sup>2</sup>. La diferencia, 3.08 km<sup>2</sup> está constituida por pequeña propiedad, propiedad federal y municipal 1/

Los terrenos que constitufan la propiedad municipal, pasaron a formar parte del ejido por Decreto Presidencial del 5 de julio de 1923.

Existe irregularidad de la tenencia de la tierra por no estar definida la zona ejidal de la pequeña propiedad, lo que ocasiona problemas de evasión del impuesto predial.

A la población la cruzan cinco barrancas, que son de propiedad federal; tienen una superficie de 11.7 has. Las barrancas Capula y Seca son usadas en algunos tramos como caminos.

También de propiedad federal son dos templos y las escuelas federales.

La propiedad Municipal la comprende el Palacio Municipal con una superficie de 500 m<sup>2</sup>, un terreno con superficie de 2,500 m<sup>2</sup>, ubicado en la calle Reforma de la 1a. sección y el predio donde se encuentra ubicado el auditorio, aún inconcluso de 2,000 m<sup>2</sup>.

Recientemente el municipio adquirió un terreno con superficie de 12,000 m<sup>2</sup> para la construcción de la escuela preparatoria; por lo que la propiedad municipal suma 1.75 has. que corresponden al 0.35% de la superficie total neta de la localidad.

---

1/ Comisariado ejidal

मराठी

### 2.2.5. EVOLUCION Y TENDENCIAS DE CRECIMIENTO URBANO (PLANO 5)

Debido a las particulares condiciones físicas de la zona de las cuales destacan: los terrenos de humedad, la infraestructura para riego y un clima adecuado para la agricultura, el Desarrollo Urbano se ha generado de manera dispersa y a lo largo de las vías que concurren al centro cívico-religioso de la localidad con un proceso paulatino de densificación que no ha permitido definir la tendencia ni precisar sus etapas de crecimiento.

Las construcciones más viejas, ya en ruinas, se localizan a lo largo del llamado Camino Real que comunicaba a la ciudad de Tlaxcala con Puebla. Estas edificaciones datan de fines del siglo XVII y se encuentran totalmente aisladas, en el extremo oriente de la zona urbana.

La existencia de calles que llegan al centro de la localidad y de las cuales algunas comunican con otras poblaciones, tienen estructura y vialidad con disposición de plato roto. Sin embargo, la carencia de pavimentos para el tránsito vehicular y peatonal, no permite un adecuado funcionamiento del sistema vial.

La localidad es una unidad física funcional, integrada por 5 secciones, cada una de las cuales, excepto la 1ª. cuenta con un pequeño sub-centro, identificable por el establecimiento de algunos comercios y la presencia de una escuela. Estas secciones están compuestas por once barrios de características diversas.

La tendencia de crecimiento se manifiesta de manera anárquica en dos formas, la primera en una extensión inadecuada de la mancha urbana hacia zonas de alto potencial agrícola, principalmente hacia el poniente de la localidad; la segunda, mediante un lento proceso de lotificación que está invadiendo

Handwritten text in a cursive script, possibly reading "MORPIS".



Los predios agrícolas y convirtiéndolos en terrenos de baja productividad, lo cual se auna a un desaprovechamiento de la infraestructura para riego localizada al oriente del área urbana.

Si se continúa con este proceso, por ausencia de planeación y de procedimientos legales y administrativos, que lo regulen, se disminuirá el nivel de vida de la población y ésta no podrá mejorarse en el largo plazo, ya que se restarán aproximadamente 400 Has. de fértil tierra a la frontera agrícola en contradicción con los postulados que plantea el Sistema Alimentario Mexicano.

- Tendencias de Crecimiento: (PLANO 6)

Los patrones de asentamiento de Santa Inés Zacatelco son similares a los que presentan otras localidades de la misma área en función, básicamente, de su ubicación en una zona de alto potencial agrícola, lo que aunado a la tenencia de la tierra y a las características culturales de la población da los siguientes resultados: una baja densidad de población, (26 habitantes/Ha.); un coeficiente de ocupación del suelo de 0.0749; vivienda de características precarias construidas al frente y límite del lote con grandes vacíos dentro de los mismos, destinados a la agricultura y a la cría de pequeñas especies.

Actualmente algunos de los principales problemas que tiene la localidad para el desarrollo urbano son: Déficit de drenaje, la poca pendiente del terreno y la falta de pavimentación, por ello, es importante hacer notar que, de continuar con los patrones actuales de poblamiento, la localidad seguirá creciendo horizontalmente, lo que se traducirá en un alto costo de la urbanización y en mayor deterioro del medio ambiente.

warps

La tendencia actual de crecimiento se manifiesta en dos formas; la primera que parte de la zona central de las secciones 1a. y 2a. hacia todas las partes de la localidad sobre la zona agrourbana modificando el uso del suelo; la segunda forma es que la zona agrourbana se extiende hacia la zona agropecuaria invadiendo tierras de cultivo. Se presenta también una tendencia de crecimiento lineal sobre la carretera Tlaxcala-Puebla.

#### 2.2.6. TENDENCIAS DE CRECIMIENTO INDUSTRIAL

Actualmente al suroriente de este centro de población se localiza un área que goza de incentivos fiscales de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo Urbano y al Plan Nacional de Fomento Industrial, a dicha zona se le denomina Parque Industrial Zacatelco y tiene una superficie de 100 Has. Actualmente tiene un uso agrícola

Los incentivos otorgados corresponden a:

- a) Crédito Fiscal equivalente al 25% de las inversiones que se efectúen en pequeñas industrias
- b) Crédito Fiscal equivalente al 20% de las inversiones efectuadas en actividades industriales prioritarias de Categoría I
- c) Crédito Fiscal equivalente al 10% de las inversiones que se efectúen en actividades industriales prioritarias de Categoría II.
- d) Crédito Fiscal equivalente al 20% del salario mínimo general anual de la zona económica correspondiente, multiplicado por el número de empleos generados directamente por la inversión. Este estímulo se otorgará durante 2 años

- e) Crédito Fiscal equivalente al 5% del valor de la adquisición de la maquinaria y equipos nuevos de fabricación nacional.

Esta resolución tendrá una vigencia de dos años a partir de 1979 para la rama textil de categoría II.

La tendencia de las industrias a ubicarse en estas zonas es muy alta debido a que la ciudad de Puebla y su área metropolitana no tienen incentivos fiscales; además está el hecho del crecimiento económico acelerado en Puebla. Los efectos de esta ocupación de terrenos agrícolas son los siguientes:

- Contradice la política general de consolidación que se marca para esta localidad en el Plan Estatal.
- Invade terrenos agrícolas disminuyendo la frontera de agro de esta localidad y por lo tanto, del estado.
- Estimula con incentivos a esta zona, cuando por sus características es innecesario debido a su potencialidad.
- Fomenta el incremento poblacional en esta zona, contradiciendo el Ordenamiento Territorial que señala el plan Estatal de Desarrollo Urbano. Además el desequilibrio de la distribución de la población en el Estado.

Con lo descrito se concluye que no es conveniente revalidar los incentivos otorgados al Parque Industrial Zacatelco para la instalación de industrias que no sean compatibles con su desarrollo agroindustrial.

### 3. CARACTERIZACION Y AFORO

El primer paso para resolver un problema de tratamiento de aguas, consiste en conocer la naturaleza, caudal y características del agua residual a tratar.

El identificar estos factores es esencial para el establecimiento de alternativas de tratamiento, fijar normas locales de vertido y determinar los costos de conducción, operación y mantenimiento a los diferentes usuarios del sistema de tratamiento.

La importancia de conocer la naturaleza de las aguas residuales estriba en que existen residuos industriales que no son susceptibles de tratarse con éxito en las plantas depuradoras municipales y este problema se complica cada vez más al producirse continuamente nuevos y desconocidos residuos como resultado del progreso tecnológico en la síntesis de compuestos orgánicos, desarrollo de nuevos productos y aplicación de nuevas técnicas de fabricación.

El caudal y las características del agua residual son variables en el tiempo y en el espacio; por lo que es sumamente importante que al dimensionar una planta de tratamiento, se considere el tipo y el volumen de aguas residuales que

llegarán a la planta, sobre todo de aquellas industrias cuyas aguas residuales crudas no sea posible incorporarlas al sistema de tratamiento y las cuales requieren se les fijen condiciones particulares de descarga, para poder descargar al alcantarillado o a un cuerpo receptor.

### 3.1.- TRABAJOS PRELIMINARES DE CAMPO

Los trabajos preliminares de campo, consistieron en las actividades siguientes:

#### 3.1.1.- LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE LAS FUENTES DE CONTAMINACION.

Mediante recorridos físicos en la zona de estudio se localizaron las principales descargas de agua residuales, tanto municipales como industriales, las cuales se presentan en las figuras 3.1 y 3.2.

Las descargas de aguas residuales son:

- 1.- Descarga Municipal 1.- Localizada en la esquina del cruce de las calles los Colorines y Privada Puebla.
- 2.- Descarga Municipal 2.- Localizada en el cruce de las calles Manantiales y Carmen Serdán.
- 3.- Descarga Municipal 3.- Localizada al final de la calle Xitototla.
- 4.- Descarga Industrial 4.- Localizada en la Empresa Acabados Textiles San Carlos.

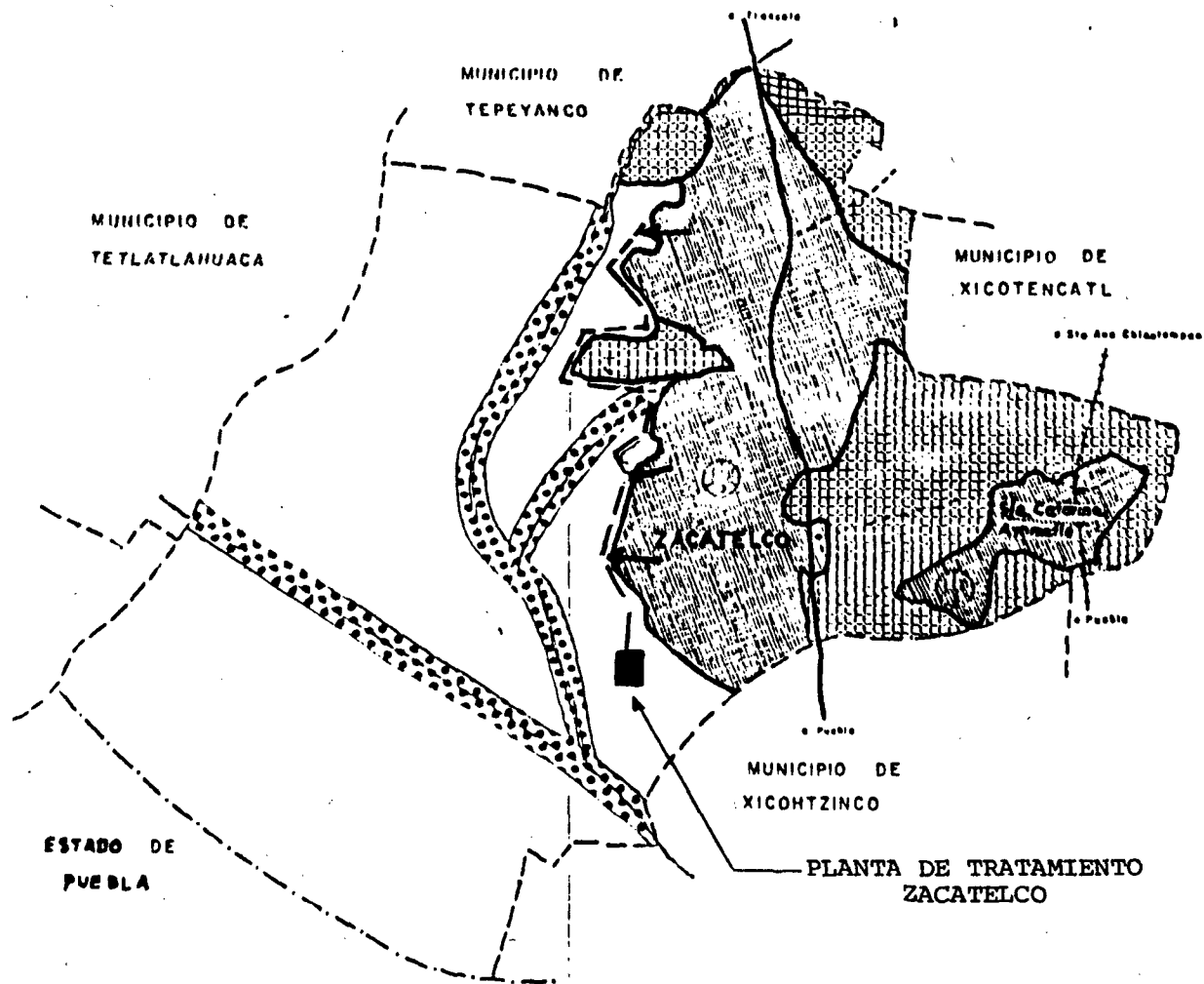


FIG. 3.1.- CROQUIS GENERAL DE SITIOS DE MUESTREO Y AFORO EN ZACATELCO

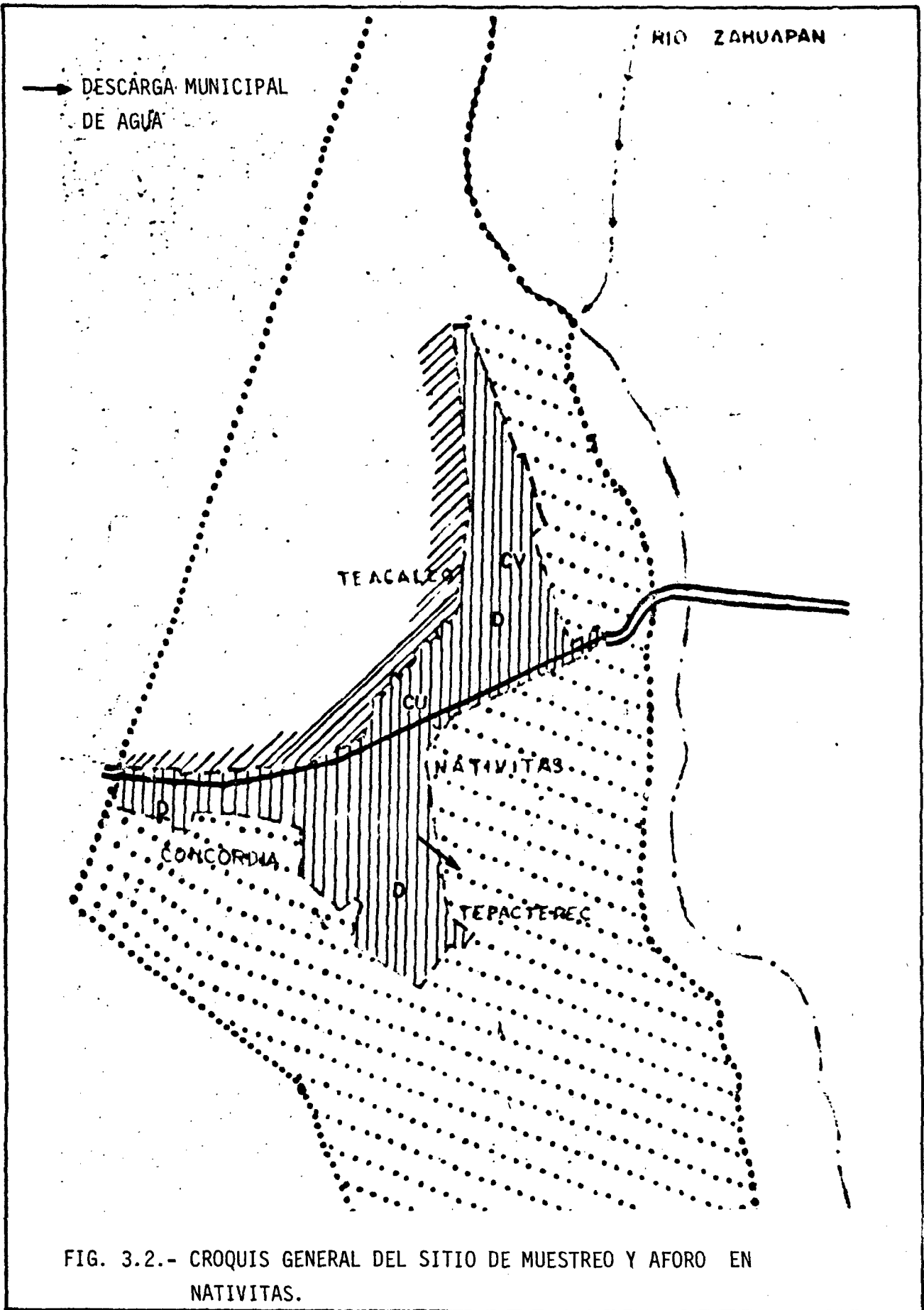


FIG. 3.2.- CROQUIS GENERAL DEL SITIO DE MUESTREO Y AFORO EN NATIVITAS.



5.- Descarga Industrial 5.- Localizada en la empresa Zacatelco Industrial.

## N A T I V I T A S

1.- Descarga Municipal 1.- Localizada en las afueras de Nativitas (al Sureste), en la prolongación de la calle Niños Héroes, aproximadamente a 1500 m de la terminación de la calle hacia el Río Zahuapan.

### 3.2.- DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

Con la información obtenida en el Marco Físico de la Región y parte Socioeconómica del estudio (Capítulo 1 y 2), se definió la delimitación del área de estudio, la cual incluye la totalidad de la superficie de las localidades de Zacatelco y Nativitas, tanto actual como futura, esta delimitación es la misma que se considera en el Plan Director de Desarrollo para la ciudad de Zacatelco y en el esquema de Desarrollo Urbano para Nativitas, lo anterior se presenta en los planos 6 y 1 anexo, que corresponden a los planos de Estrategia General, presentado en la última parte del Marco Socioeconómico de este estudio (Capítulo 2).

### 3.3.- CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

La caracterización de las aguas residuales debe cumplir los siguientes cuatro objetivos:

- 1). Determinar la cantidad y calidad de las aguas residuales de los posibles usuarios de la planta de tratamiento.
- 2). Determinar que industrias no son susceptibles de incorporarse al sistema de tratamiento.
- 3). Establecer las bases para prorratear los costos de construcción, operación y mantenimiento entre los usuarios del sistema de tratamiento, en función de la cantidad y calidad de las aguas vertidas por cada uno de ellos, haciendo una distribución justa de dichas erogaciones.
- 4). Seleccionar las pruebas de tratabilidad requeridas.

#### Metodología:

La caracterización de las Aguas Residuales se realizó mediante el muestreo de las descargas industriales y municipales existentes en la zona siguiendo las normas estipuladas por la bibliografía técnica consultada, las muestras son representativas de las condiciones que se presentaron en el punto y hora de muestreo, además de tener el volumen suficiente para efectuar los análisis de laboratorio correspondientes a los parámetros especificados.

Igualmente se determinaron los caudales descargados en el momento del muestreo.

Los datos de calidad del agua son útiles sólo cuando se cumplen satisfactoriamente las etapas de campo y de laboratorio, por lo que se procuró tomar las muestras al centro de la corriente, de preferencia en donde se tenga un buen mezclado, enjuagando previamente los recipientes con el agua colectada.

Los parámetros de laboratorio que se determinaron fueron: PH, Temperatura (°C), Conductividad ( mho/cm), color,  $SS_e$ , Alcalinidad, Acidez, dureza, cloruros, Sulfatos, ST, STV, SST,  $DBO_5$ , DQO,  $N(NH_3)$ ,  $N(org)$ , Fosfatos Totales, Grasas y Aceites, detergentes, coliformes totales y O.D.

Durante el muestreo se determinó adicionalmente el caudal de descarga presentado en el momento del muestreo; dicho gasto se determinó en cada descarga, por el procedimiento de "volumen - tiempo" o bien empleando un molinete que mide la velocidad media de la sección, la cual se multiplica por el área mojada. Los métodos de aforo fueron previamente seleccionados durante el reconocimiento físico de la zona, y fue el de volumen tiempo y sección velocidad.

Métodos de Afqro:

- a). Volumen - Tiempo.- El procedimiento consiste en recolectar el agua residual descargada en un depósito de volumen conocido y de capacidad suficiente para medir lo captado en un tiempo determinado.  
El caudal de la corriente se conoce al dividir el volumen captado en el recipiente entre el tiempo empleado en la captación.
- b). Uso de Molinete.- El molinete es un aparato provisto de una hélice o rueda de copas que accionado por la corriente gira alrededor de un eje montado en un dispositivo de suspensión, que transmite su movimiento a un sistema registrador que emite un sonido de acuerdo al número de vueltas registradas.

En cada aparato la relación entre el número de revoluciones presentadas en un tiempo determinado y la velocidad de la corriente se conoce por observaciones de laboratorio hechas por el fabricante.

Para medir la velocidad con el molinete se procede de la siguiente manera:

- 1). Se coloca el molinete a la profundidad deseada, (de acuerdo a fabricante), y se mide con un cronómetro el tiempo que tarda en mandar un determinado número de sonidos.

El molinete que se usó fue colocado a las 6/10 partes de la profundidad de la sección, contados a partir de la superficie del agua.

- 2). Con el tiempo medido y el número de sonidos emitidos, se observaron las tablas proporcionadas por el fabricante del aparato para conocer la velocidad.

Adicionalmente se midió la sección transversal de la corriente, haciendo un levantamiento de la misma; midiendo tramo a tramo la profundidad del agua mediante sondeos, siendo los resultados más precisos entre más próximos entre sí se ejecuten los sondeos.

Conociendo el área transversal perpendicular a la corriente comprendida entre dos sondeos consecutivos y la velocidad media presentada en dicho tramo; se calculó el gasto parcial de la sección. La suma de los gastos parciales obtenidos en toda el área mojada determinan el caudal de agua.

En cuanto a los parámetros de calidad del agua, se realizaron en el laboratorio utilizando las técnicas descritas en el manual "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater" publicado por la American Water Works Association (AWWA), American Public Health Association (APHA), y la Water Pollution Control Federation (WPCF), 16 th, edición.

### 3.3.1. ESPECIFICACIONES DE MUESTREO.

El muestreo de las descargas de aguas residuales municipales e industriales previamente seleccionados se llevó a cabo de acuerdo a las especificaciones siguientes:

Para las descargas de aguas residuales municipales se tomaron muestras simples a intervalos de 4 horas, durante 24 horas y tres días consecutivamente, determinando los parámetros indicados en la Tabla 3.2., y el caudal correspondiente al momento del muestreo. Con las muestras simples adecuadamente preservadas, se formaron muestras compuestas diarias determinándose los parámetros de laboratorio mostrados en la Tabla 3.2.

Fábricas Textiles Zacatelco Industrial, S.A. y Acabados Textiles San Carlos, S. A., con el propósito de tener un criterio en la fijación de condiciones particulares de descarga, se tomaron muestras simples a intervalos de 4 horas, durante un día. Las muestras fueron tomadas en el efluente de la fábrica, abarcando tanto las descargas de proceso como las corrientes de los Servicios sanitarios.

El muestreo se llevó a cabo de acuerdo con la publicación "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" de la American Water Works Association (AWWA), American Public Health Association (APHA), y la Water Pollution Control Federation (WPCF), 16th, edición.

En la tabla 3.1, se presenta el calendario de muestreo y el número de muestras a analizar en laboratorio.

TABLA 3.1.- CALENDARIO DE MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES EN  
NATIVITAS - ZACATELCO

PUNTOS DE MUESTREO	LUNES 1 DE DIC.	MIERCOLES 3 DE DIC	VIERNES 5 DE DIC	LUNES 8 DE DIC	No. DE MUESTRAS A ANALIZAR EN LAB.
Z A C A T E L C O					
1.- Descarga Municipal 1	X	X	X		3 COMPUESTA DE 24 HORAS
2.- Descarga Municipal 2	X	X	X		COMPUESTA DE 24 HORAS
3.- Descarga Municipal 3	X	X	X		COMPUESTA DE 24 HORAS
4.- Descarga Industrial 1 Zacatelco Industrial S.A.			X		1 COMPUESTA DE 24 HORAS
5.- Descarga Industrial 2 Acabados Textiles San Carlos, S. A.				X	1 COMPUESTA DE 24 HORAS
N A T I V I T A S					
1.- Descarga Municipal 1	X	X	X		3 COMPUESTAS DE 24 HORAS

### 3.4.- RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION

En la tabla 3.2, se presentan los resultados obtenidos del muestreo, aforo y análisis de las aguas residuales industriales y municipales de Zacatelco y Nativitas, Tlaxcala. A continuación se da una breve interpretación de los resultados obtenidos

1.- Descargas Municipales 1, 2 y 3 de Zacatelco.- Estas descargas de aguas residuales presentan características de calidad normales de una descarga municipal; es decir un PH en un rango de 6 a 8 unidades, temperatura de 15 a 25°C, color de 50-150 U. P<sub>tco</sub>, materia orgánica de concentración un poco arriba de la moderada (390 mg/l promedio medido como DBO<sub>5</sub>), que es de 200 a 300 mg/l como DBO<sub>5</sub>.

El flujo no corresponde al que se debe obtener para la población existente de 25,000 habitantes que tienen una dotación de 150 litros por habitante y por día, lo que indica que una gran parte de la ciudad no está conectada al alcantarillado.

2.- Descarga de Zacatelco Industrial.- Tal parece que esta descarga es únicamente de los servicios sanitarios, pues tiene todas las características similares a una descarga municipal.

3.- Descarga de Acabados Textiles San Carlos, S. A.

Esta descarga de aguas residuales si es característica



de una empresa textil, la cual contiene alto  $DBO_5$ , DQO, Alcalinidad y PH. Sin embargo se puede observar que aparentemente es una empresa que no tiñe, pues su color registra 100 Upt-Co.

El gasto es muy pequeño, por lo que se puede incluir en el sistema de tratamiento.

- 4.- Descarga Municipal de Nativitas.- Esta descarga tiene todas las características descritas en el punto 1.

TABLA 3.2.- RESULTADOS PROMEDIO DEL PROGRAMA DE CARACTERIZACION  
 DE LAS AGUAS RESIDUALES, INDUSTRIALES Y MUNICIPALES  
 DE MATIVITAS-ZACATECO, TLAM.

PUNTO DE MUESTRO	PARAMETROS DE LABORATORIO																	OTROS DATOS													
	PH	TEMP. (C)	COND. (COND. CM)	ST	STP	SST	SSP	SSC	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	ALC. ACID. TOC.	AMON. NH <sub>4</sub> -N	AMON. NITR. NO <sub>2</sub> -N	AMON. NITR. NO <sub>3</sub> -N	AMON. NITR. TOTAL	DIURET. COMPUESTOS	OD <sub>5</sub>	BOD <sub>5</sub>	RESIDUOS	S/D	SAN	COLIF. (1000)	METODO	TIPO	FRECUENCIA	INTERVALO					
ZACATECO																															
1. Manera Municipal 1. C. Solimes-Fric. Pachuca	7.36	28.5	50	829	3.5	920	448	296	244	2.5	330	633	394.5	153.11	134.6	11.3	146.1	41.35	83.76	0	22.49	16.67	28.43	25	7.21	1.54x10 <sup>6</sup>	VOLUMEN TIEMPO	COMUESTA	3 DIAS CONSECUTIVOS	4 HORAS 24 HORAS	
2. Manera Municipal 2. C. Manatiles-Cordoba	7.60	29.0	50	820	3.5	1000	540	360	300	5.5	378	731	346.6	112.5	81.2	22.1	102.8	40.2	44.7	0	30.1	44.6	34.34	146.8	7.11	1.64x10 <sup>6</sup>	VOLUMEN TIEMPO	COMUESTA	3 DIAS CONSECUTIVOS	4 HORAS 24 HORAS	
3. Manera Municipal 3. Finca de C. Xicoatlax	8.04	30.8	50	819	3.7	1100	676	373	353.3	4.5	482	875	339.2	130.8	83.8	15.8	58.72	110.28	51.92	69.3	0	36.47	37.28	30.10	28.0	7.7	1.64x10 <sup>6</sup>	VOLUMEN TIEMPO	COMUESTA	3 DIAS CONSECUTIVOS	4 HORAS 24 HORAS
4. Manera Industrial B. Deterfco Industrial S.A.	8.07	30.7	75	792	5.3	1176	624	370	270	4.0	369	697	360	46.5	40.27	47.11	127.9	37.3	34	0	33.4	29.9	31.35	28.3	2.48	1.54x10 <sup>6</sup>	VOLUMEN TIEMPO	COMUESTA	1 DIA	4 HORAS 24 HORAS	
5. Manera Industrial B. Deterfco Textiltes San Carlos, S. A.	12.31	31	100	866	0.1	8136	4032	202	139	12.0	1239	4035	1397	0	67	30.6	96.35	32.5	170.7	0	6.9	32.5	37.99	66.0	1.7	2.6x10 <sup>6</sup>	VOLUMEN TIEMPO	COMUESTA	1 DIA	4 HORAS 24 HORAS	
MATIVITAS																															
1. Manera municipal 1. Produccion C. Minho Hites	8.2	18	83	1121	1.0	962	333	284	0.6	401	650	668	62	360	171	533	97.3	107.4	0	24	36	33	27	24	5.5x10 <sup>6</sup>	VOLUMEN TIEMPO	COMUESTA	3 DIAS	4 HORAS 24 HORAS		

#### 4. PRUEBAS DE TRATABILIDAD

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales está sujeto a factores tales como: naturaleza, caudal y caracterización del agua de desecho, grado de depuración que se desea en el efluente, de acuerdo al uso a que se destine, disponibilidad de terreno y facilidad de operación. Dichos factores debidamente equilibrados dan como consecuencia el máximo beneficio al menor costo posible, lo que transforma a la planta de tratamiento en una buena inversión.

La naturaleza, caudal y caracterización del agua de desecho es variable en el tiempo y en el espacio; lo que implica, que el diseño deberá estar respaldado tecnológicamente por determinaciones experimentales estadísticamente confiables del proceso idóneo a emplear. Para tal efecto, se simula dicho proceso mediante modelos de laboratorio, y se determinan los parámetros de diseño para la planta de tratamiento de acuerdo con la calidad del agua residual que se espera recibir

Tomando en cuenta que las aguas residuales de las localidades de Zacatelco y Nativitas, Tlax., son en su mayoría aguas de desecho doméstico, se consideró conveniente únicamente tomar aguas residuales de la ciudad de Zacatelco para llevar a cabo las pruebas de tratabilidad, y con los resultados obtenidos diseñar el sistema de tratamiento para las localidades mencionadas.

En la zona en estudio existe terreno suficiente de baja productividad y con la topografía adecuada; por lo que se ha optado por implantar un tratamiento a futuro a base de Lagunas Aireadas, sin pasar por alto los problemas de operación que se presentarán.

#### 4.1. PRUEBAS DE TRATABILIDAD.

Las pruebas de tratabilidad deben de cumplir con los siguientes dos objetivos:

- 1). Determinar las posibilidades de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad, mediante la interpretación de los resultados obtenidos en modelos.
- 2). Determinar los valores de los parámetros de diseño que rigen la simulación de Lagunas Aireadas, de acuerdo con las aguas residuales a tratar; sentando las bases para la realización del anteproyecto de la planta de tratamiento.

#### 4.2. METODOLOGIA

Las pruebas de tratabilidad de las aguas residuales, se hacen mediante modelos de tratabilidad biológica, siguiendo las normas estipuladas por la bibliografía técnica consultada: (1) (2)

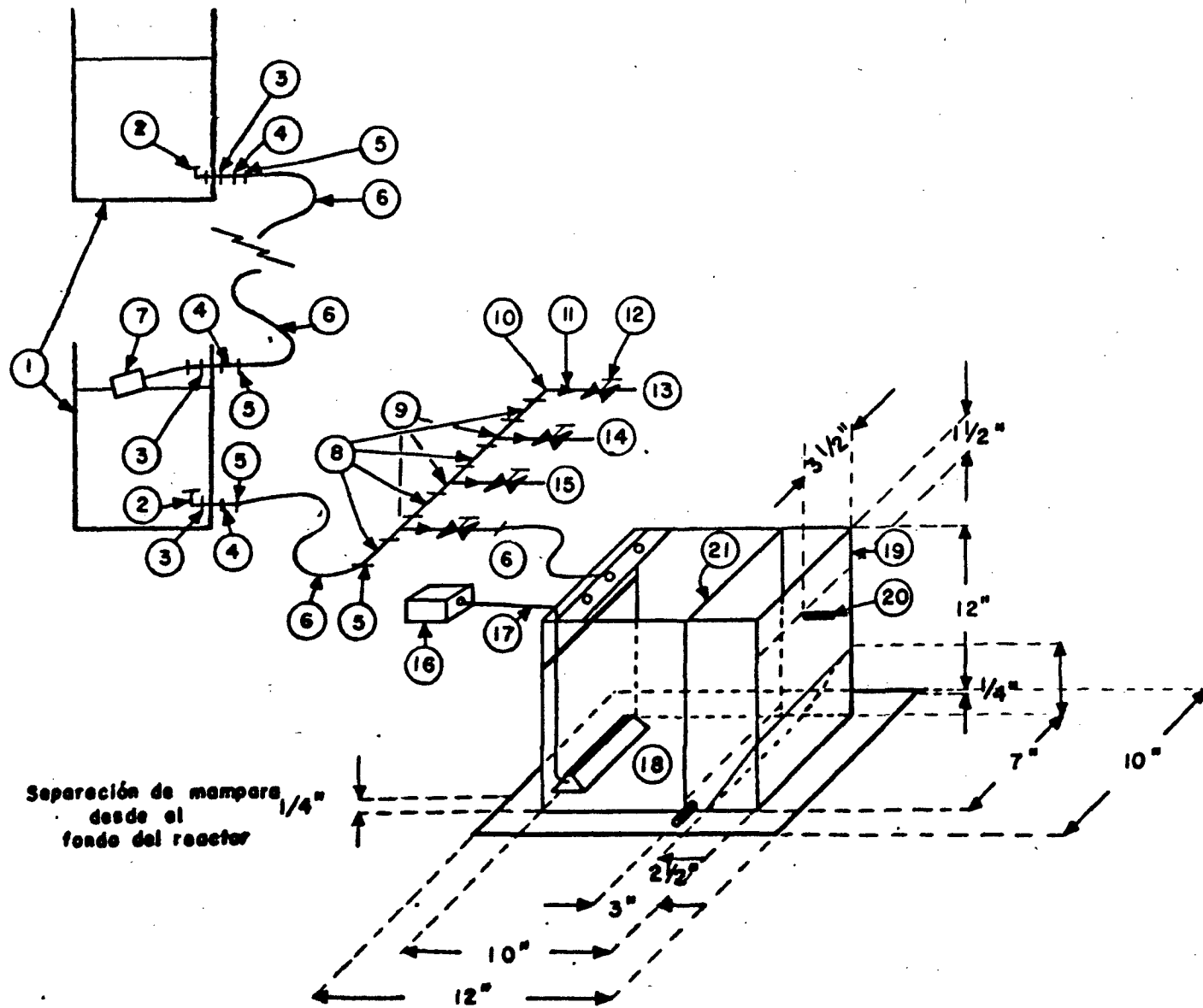
(1) (2) Estos modelos simulan un proceso de operación continua y dimensionalmente corresponden al diagrama de la Figura 4.1. Al respecto cabe hacer notar que; con el propósito de obtener el mínimo de puntos para definir los parámetros de diseño, de una manera confiable y ahorrar tiempo se colocaron tres modelos de flujo continuo que trabajaron con tiempos de retención de 2, 3 y 4 días respectivamente.

Debido a que la gran mayoría de las aguas residuales de las ciudades de Zacatelco y Nativitas, Tlax., corresponden a aguas de desecho domésticas, los modelos se alimentaron con el agua proveniente del colector ubicado al final de la calle Xitototla hacia la barranca Capula. Dicho colector recoge parte de las aguas residuales de la zona sur de Zacatelco, pero con características similares a las otras descargas.

La generación de información por los modelos fue continua, por lo que se estableció la conveniencia de analizar las muestras de agua tanto del influente como del efluente a la mayor brevedad posible. Se evaluaron los resultados y se retroalimentó el programa de operación que se estuvo siguiendo en ese momento, esto permitió tener una mayor certeza del comportamiento del modelo.

- 
- (1) R.S. Ramalho. "Introduction to wastewater Treatment Processes", Academic Press, Inc., 1979
  - (2) W.W. Eckenfelder and D.L. Ford. "Water Pollution Control" Pemberton Press, 1970

FIG. 4.1.- MODELO PARA PRUEBAS DE TRATABILIDAD BIOLOGICA



## PRUEBAS DE TRATABILIDAD BIOLÓGICAS

## DESCRIPCION DE MATERIAL

PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	Pza.	2	Tanque para almacenar y alimentar aguas residuales.
2	Pza.	2	Codo de 90°, 1/4" Ø AC. C.
3	Pza.	3	Cople de AC. C. 1/4" Ø x 2" longitud.
4	Pza.	6	Niples de AC. C. 1/4" Ø x 2" -- longitud.
5	Pza.	5	Abrazadera para 1/4" Ø
6	m	5	Manguera de hule de 1/4" Ø
7	Pza.	1	Válvula tipo tinaco y flotador
8	Pza.	4	Niples de PVC de 1/2" Ø x 5" -- longitud.
9	Pza.	3	"T" PVC de 1/2" Ø
10	Pza.	1	Codo de 90° PVC, 1/2" Ø
11	Pza.	4	Reducción Bushing de 1/2" x 1/4"
12	Pza.	4	Válvula de agua, AC. C., 1/4" Ø
13			A Reactor 4
14			A Reactor 3
15			A Reactor 2
16			Bomba de aire para pecera 2700 cm <sup>3</sup> aire/minuto.
17	m	3	Manguera de 1/4"
18	Pza.	4	Difusores de aire de piedra porosa (para pecera)
19	Pza.	4	Reactor biológico en acrílico de 1/4" de espesor
20	Pza.	8	Niple de PVC de 1/4" Ø x 2" long.
21	Pza.	4	Mampara de separación.

La operación del modelo, consistió primeramente en aclimatar el cultivo microbiano, que se utilizó como simiente -- a las aguas de desecho por tratar; este proceso puede llevarse de 1 a 4 semanas, finalmente se manejó de una forma continua durante 4 semanas para obtener los datos experimentales que permitieron calcular los parámetros que rigen el proceso biológico.

De acuerdo con la bibliografía consultada, y puesto que se simuló el proceso de tratamiento a base de Lagunas Aireadas, se mantuvo una concentración de sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado (SSVLM) en un rango de 120 - 520 mg/l, con el fin de obtener constantes de biodegradabilidad altas <sup>(1)</sup> y purgando el reactor cuando fuera necesario.

Los lodos activados que se emplearon como simiente de cultivo microbiano se obtuvieron de la Planta de Tratamiento de Aguas Negras de Chapultepec, operada por el D. D. F. La aclimatación del cultivo se determinó por medio de pruebas frecuentes de:

- 1). Remoción de DBO o DQO.
- 2). Consumo de oxígeno disuelto en el licor mezclado.
- 3). Concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSVLM) en el reactor.

---

(1) R.S. Ramalho. "Introduction to Wastewater Treatment Processes".- Academic Press, Inc., 1979.



Además, para fines de control se consideró conveniente llevar registros de pH y temperatura del licor mezclado y del ambiente.

Para operar el modelo, se elaboró el programa de muestreo que se presenta en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1.

PROGRAMA DE MUESTREO

ANALISIS	FRECUENCIA	INFLUENTE	LICOR MEZCLADO	EFLUENTE
Q	2/día	X		
DBO <sub>5</sub>	3/semana	X		X
DQO	3/semana	X		X
SSV	3/semana		X	
Temperatura <sup>*/</sup>	3/semana		X	
pH	3/semana		X	
Consumo de O <sub>2</sub>	3/semana		X	
Turbiedad	3/semana			X

\*/ Se registró también la temperatura del ambiente.

La información generada, se presenta en forma procesada incluyendo material gráfico, resúmenes y conclusiones. Las gráficas de operación de cada reactor se llevaron al día, de acuerdo con los muestreos y análisis realizados, de tal for-

ma que sea fácil revisar el comportamiento de un reactor en cualquier momento.

#### 4.3. TEORIA DE LA SIMULACION

##### 4.3.1. CONSTANTE DE BIODEGRABILIDAD.

En un tratamiento biológico se establece que "la velocidad de remoción del sustrato, es proporcional a la cantidad de sustrato presente en un momento dado", pudiendo escribir la siguiente ecuación:

$$\frac{ds}{dt} = -KS \quad (1)$$

donde:

$\frac{ds}{dt}$  velocidad de remoción del sustrato, en:  
mg/l/día.

S cantidad de sustrato presente en: mg/l.

K constante de proporcionalidad, en: día<sup>-1</sup>

Asumiendo que la constante de proporcionalidad "K" es una función lineal de la cantidad de sólidos suspendidos, -- presentes en el licor mezclado del reactor se tiene:

$$K = kXa \quad (2)$$

donde:

Xa Sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado (SSVLM); en: mg/l.

k nueva constante de proporcionalidad, en:  $[d/a^{-1} - (mg/l)^{-1}]$ .

En estas condiciones la ecuación (1) se transforma en:

$$\frac{ds}{dt} = kXaS \quad (3)$$

Si se trata de un reactor continuo; para un tiempo "t" igual al tiempo de residencia, la concentración S corresponde al sustrato que escapa por el efluente  $S_e$ , o sea:

$$\frac{ds}{dt} \text{ reactor} = kXaSe \quad (4)$$

donde:

$S_e$  Cantidad de sustrato en el efluente, en: mg/l.

Realizando un balance de materia en el reactor se tiene:

$$\begin{array}{l} \text{Cambio de sus-} \\ \text{trato en el --} \\ \text{reactor.} \end{array} = \begin{array}{l} \text{carga de sus-} \\ \text{trato que en-} \\ \text{tra al reactor} \end{array} - \begin{array}{l} \text{carga de -} \\ \text{sustrato -} \\ \text{que sale -} \\ \text{del reac.} \end{array} \quad (5)$$

En condiciones estables se asume que:

$$\begin{array}{l} \text{Cambio de sustrato en} \\ \text{el reactor.} \end{array} = 0 \quad (6)$$

$$\begin{array}{l} \text{Carga de sustrato que} \\ \text{entra al reactor} \end{array} = QSo \quad (7)$$

$$\begin{array}{l} \text{Carga del sustrato que} \\ \text{sale del reactor.} \end{array} = QSe \quad (8)$$

De la ecuación (4), se obtiene que el decremento del --  
sustrato debido a la reacción, por unidad de volumen, es: --  
 $kX_aSe$ ; este valor multiplicado por el volumen del reactor, --  
representa el cambio que se tiene en toda la unidad.

entonces:

$$\text{Cambio en el reactor} = kX_aSeV \quad (9)$$

De las ecuaciones (5); (6) y (9) se obtiene:

$$Q/V [(S_o - S_e)/X_a] = kSe \quad (10)$$

Sin embargo, hidráulicamente el término  $Q/V$  representa  
el inverso del tiempo de retención del reactor o sea:

$$1/t = Q/V \quad (11) \quad \text{donde: } t \text{ tiempo de retención hidráulica en: días.}$$

consecuentemente:

$$(S_o - S_e)/X_{at} = kSe \quad (12)$$

La ecuación (12) representa la ecuación de una línea --  
recta de la forma:  $Y = MX$  que pasa por el origen.

Si:

$$Y = (S_o - S_e)/X_{at}; \quad M = k$$

$$X = S_e$$

Desgraciadamente, en las aguas residuales no todo el --  
sustrato presente es biodegradable por lo que la ecuación --

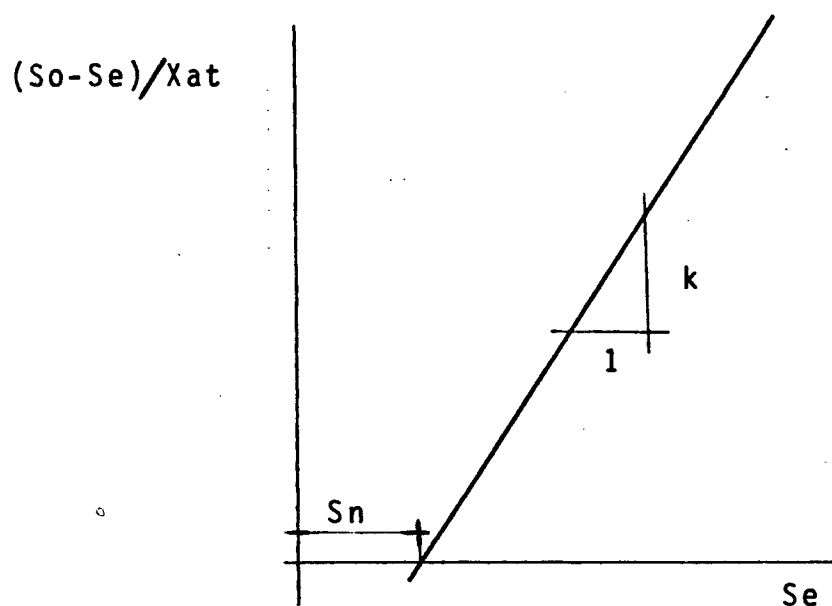
(12) se transforma en:

$$(S_0 - S_e) / X_{at} = k (S_e - S_n) \quad (13)$$

donde:

$S_n$  Sustrato nobiodegradable en: mg/l.

La representación gráfica de la ecuación (13) se presenta a continuación:



De acuerdo con lo anterior, el valor de "k" se obtiene encontrando la pendiente de dicha recta, a través de la observación de los valores medios de varios reactores donde se ha hecho variar el tiempo de retención hidráulica y el valor de "k" (constante de biodegradabilidad) de la ecuación (12).

#### 4.3.2. REQUERIMIENTOS DE AIREACION.

En el proceso biológico, la cantidad de nutrientes contenidos en el agua residual, es empleada por los microorganismos con dos propósitos:

- a). Crecimiento y movilidad de los microorganismos.
- b). Producción de nuevas células.

Estas actividades requieren produzcan energía a través de sus procesos metabólicos.

Si se define "a'" como la fracción de oxígeno utilizado para la producción de energía se tiene:

a' = Cantidad de oxígeno utilizado para la producción de energía/cantidad total de sustrato removido.

Los requerimientos de oxígeno para la producción de -- energía estarán dados por la siguiente expresión:

$$\begin{array}{l} \text{Cantidad de } O_2 \\ \text{para la producción} \\ \text{de energía} \end{array} = a' (S_o - S_e) Q \quad (14)$$

Por otra parte, conforme se degrada el sustrato; los -- microorganismos entran en una fase llamada de "respiración endógena", en donde se destruyen los unos a los otros.

Si se define "b'" como la cantidad de oxígeno utilizada por día por cantidad de SSVLM en el reactor para el proceso de respiración endógena, se tiene:

$b'$  = cantidad de  $O_2$ /(día) (SSVLM)  
en respiración endógena o sea:

$$\text{Cantidad de } O_2 \text{ en respiración endógena/día} = b'XaV \quad (15)$$

La cantidad total de oxígeno que emplean los microorganismos está dada por la suma de las ecuaciones (14) y (15) o sea:

$$\text{Cantidad total de } O_2/\text{día} = a'(S_o - S_e)Q + b'XaV \quad (16)$$

Definiendo "Rr" como la tasa de oxígeno utilizada por volumen de reactor al día; se tiene:

$$RrV = a'(S_o - S_e)Q + b'XaV \quad (17)$$

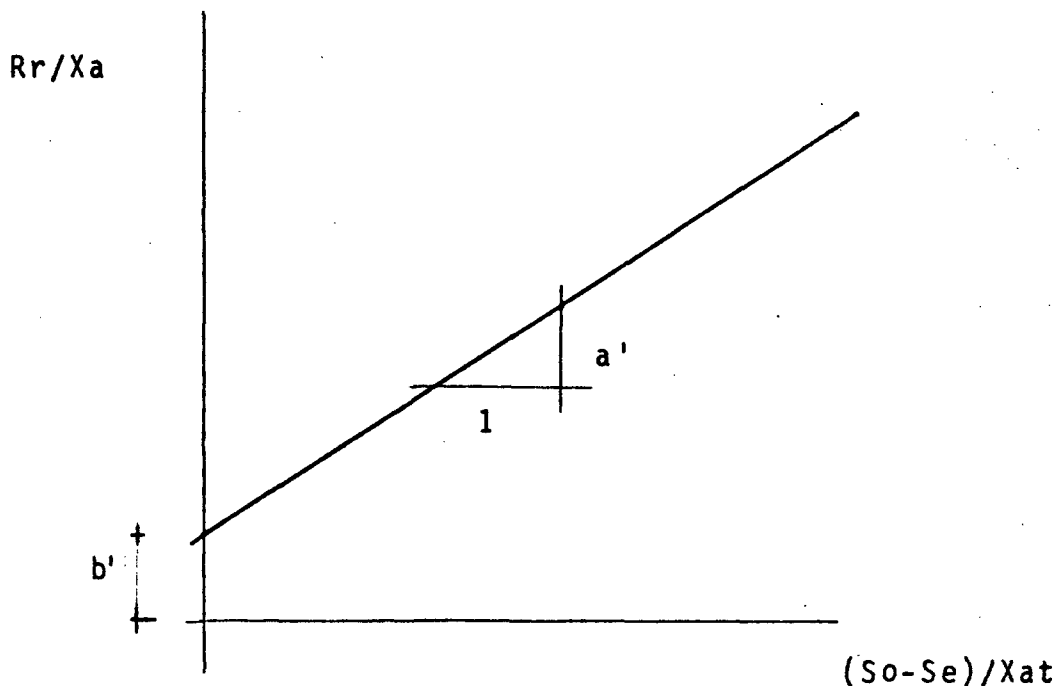
La ecuación (17) puede escribirse de la siguiente manera, utilizando la ecuación (11):

$$Rr/Xa = a'[(S_o - S_e)/Xat] + b' \quad (18)$$

La ecuación (18) tiene la forma de una línea recta ----  
 $Y=MX+B$ , si se hace:

$$Y=Rr/Xa; \quad M = a'; \quad X=(S_o - S_e)/Xat; \quad B=b'$$

La representación gráfica de la ecuación (18) se presenta a continuación:



De acuerdo con lo anterior, el valor de "a'" se obtiene encontrando la pendiente de dicha recta y el valor de "b'" - encontrando la ordenada al origen. Estas determinaciones se obtienen a través de la observación de los valores medios de varios reactores donde se hace variar el tiempo de retención hidráulica.

#### 4.3.3. PRODUCCION DE LODOS.

Como una consecuencia de la producción de nuevas células, la cantidad de sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado (SSVLM) aumenta en el reactor paulatinamente.

Si se define "a" como la cantidad de SSVLM producidos - por substrato removido se tiene:



$a$  = Cantidad de SSVLM producido/cantidad de substrato remo  
vido.

La producción de SSVLM en el reactor se obtiene median-  
te la siguiente expresión:

$$\begin{array}{l} \text{Cantidad de SSVLM} \\ \text{producidos} \end{array} = a (S_o - S_e)Q \quad (19)$$

Sin embargo, durante el proceso de respiración endógena  
existe una disminución de células.

Si se define "b" como la cantidad de SSVLM destruidos -  
al día por SSVLM en el reactor se tiene:

$$b = \frac{\text{cantidad de SSVLM destruidos}}{\text{día}} \times (\text{cantidad de SSVLM en el reactor})$$

$$\begin{array}{l} \text{Cantidad de SSVLM destruidos en} \\ \text{respiración endógena.} \end{array} \text{ /día} = bXaV \quad (20)$$

La cantidad neta de SSVLM producidos, está dada por la  
diferencia de las ecuaciones (19) y (20) o sea:

$$\begin{array}{l} \text{Cantidad neta de SSVLM/día} \\ \text{producidos} \end{array} = a(S_o - S_e)Q - bXaV \quad (21)$$

Definiendo " $\Delta X$ " como el cambio de concentración de - -  
SSVLM en el reactor por día; se tiene:

$$\Delta X = a(S_o - S_e)Q - bXaV \quad (22)$$

La ecuación (22) puede escribirse de la siguiente mane-

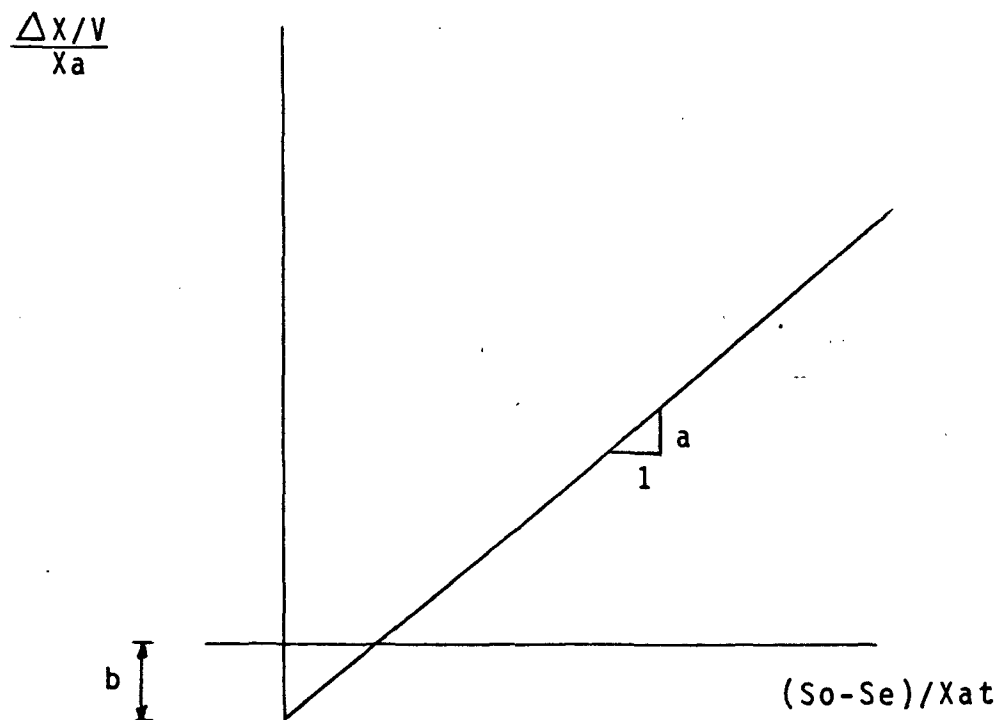
ra, utilizando la ecuación (11):

$$\frac{\Delta X/V}{X_a} = a[(S_o - S_e)/X_{at}] - b \quad (23)$$

La ecuación (23) tiene la forma de una línea recta  $Y = MX + B$ , si se hace:

$$Y = \frac{\Delta X/V}{X_a}; \quad M = a; \quad X = (S_o - S_e)/X_{at}; \quad B = -b$$

La representación gráfica de la ecuación (23) se presenta a continuación:



De acuerdo con lo anterior, el valor de "a" se obtiene encontrando la pendiente de dicha recta; y el valor de "b" - encontrando la ordenada al origen. Estas determinaciones se obtienen a través de la observación de los valores medios de

varios reactores donde se hace variar el tiempo de retención hidráulica.

#### 4.4. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE OXIGENO

Con el propósito de seleccionar el equipo de aireación a emplear; se determinó el coeficiente de transferencia de oxígeno del agua residual y del agua limpia.

La determinación de estos parámetros sirvió para definir el "factor de corrección relativo a la transferencia de oxígeno", de acuerdo con la naturaleza del desecho.

##### 4.4.1. METODOLOGIA.

De acuerdo con la bibliografía consultada<sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> el factor de corrección relativo a la transferencia de oxígeno se define como:

$$\alpha = K_L a \text{ (agua residual)} / K_L a \text{ (agua limpia)}. \quad (24)$$

donde:

$\alpha$  = Factor de corrección relativo a la transferencia de oxígeno, (adimensional).

$K_L a$  Coeficiente de transferencia de oxígeno; en  
[kg de O<sub>2</sub> / (día) (m<sup>3</sup>) (mg/l)]

---

(1) OPCIT.

(2) OPCIT.

La metodología para determinar  $K_L$  a tanto del agua residual como del agua limpia, consiste en lo siguiente:

Primer paso:

Se desoxigena el agua hasta lograr una concentración ce ro de oxígeno disuelto. Esto se logra mediante la adición de sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) utilizando como catalizador de la reacción cloruro de cobalto ( $\text{CoCl}_2$ ).

Teóricamente, se emplean 7.9 mg/l de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  para remover 1 mg/l de oxígeno disuelto sin embargo, se agrega un exceso de 10 a 20% para garantizar la remoción. La cantidad de cloruro de cobalto a emplear debe de proveer un mínimo de  $\text{Co}^{+2}$  a razón de 1.5 mg/l.

Segundo paso:

Una vez que se comprueba que el agua en estudio está carente de oxígeno disuelto; se procede a airearla, midiendo el contenido de oxígeno en 1,2,3,5,7,10,15 y 20 minutos. Se tomará la temperatura del agua.

Tercer paso:

Se calcula la diferencia entre el oxígeno de saturación del agua en estudio y los valores de recuperación obtenidos en el paso anterior.

Cuarto paso:

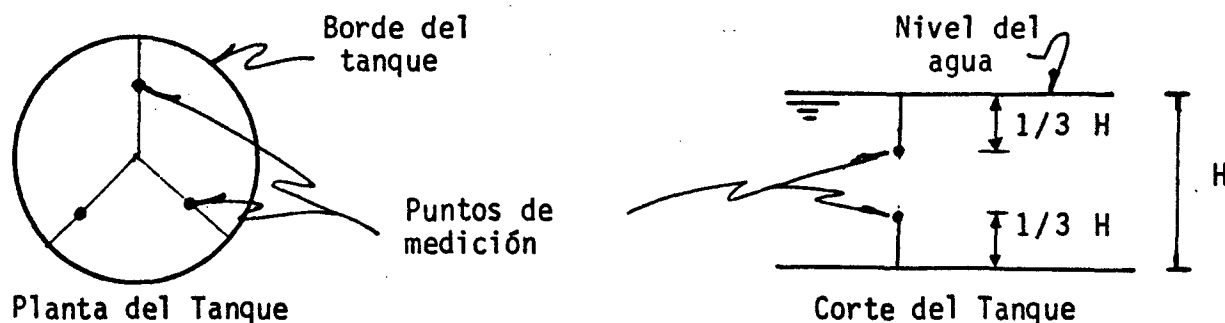
Se grafican los logaritmos naturales de las diferencias de saturación contra los tiempos de recuperación. La pendiente de la recta obtenida representa el valor del coeficiente de transferencia de oxígeno  $K_L a$ .

De acuerdo con la bibliografía consultada (2); la determinación del coeficiente de transferencia de oxígeno se realizará en un recipiente circular de 80 cm., de profundidad al cual se le acondicionarán unas mamparas para evitar el fenómeno de vortice.

Las mediciones se realizaron de una forma alternada en la cuarta parte del diámetro del tanque, introduciendo el aparato analizador del oxígeno disuelto YSI en 1/3 y 2/3 partes del tirante del agua; tal como se muestra en la figura 4.2.

FIGURA 4.2.

LOCALIZACION DE PUNTOS DE MEDICION



(2) OPCIT.

#### 4.4.2. TEORIA DE LA DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE -- TRANSFERENCIA DE OXIGENO.

La ecuación para representar la cinética de aireación -  
es la siguiente:

$$\frac{dc}{dt} = K_L a (C_s - C) \quad (25)$$

donde:

$\frac{dc}{dt}$  Velocidad de cambio de concentración de oxígeno disuelto, en: mg/l/min.

$C_s$  Concentración de oxígeno de saturación en: mg/l.

$C$  Concentración de oxígeno disuelto en un momento dado, en: mg/l.

$K_L a$  Coeficiente global de transferencia de oxígeno, en: (kg.  $O_2$ /día)(m<sup>3</sup>) (mg/l).

La solución de la ecuación diferencial anterior conduce a la siguiente expresión:

$$\ln (C_s - C) = K_L a t \quad (26)$$

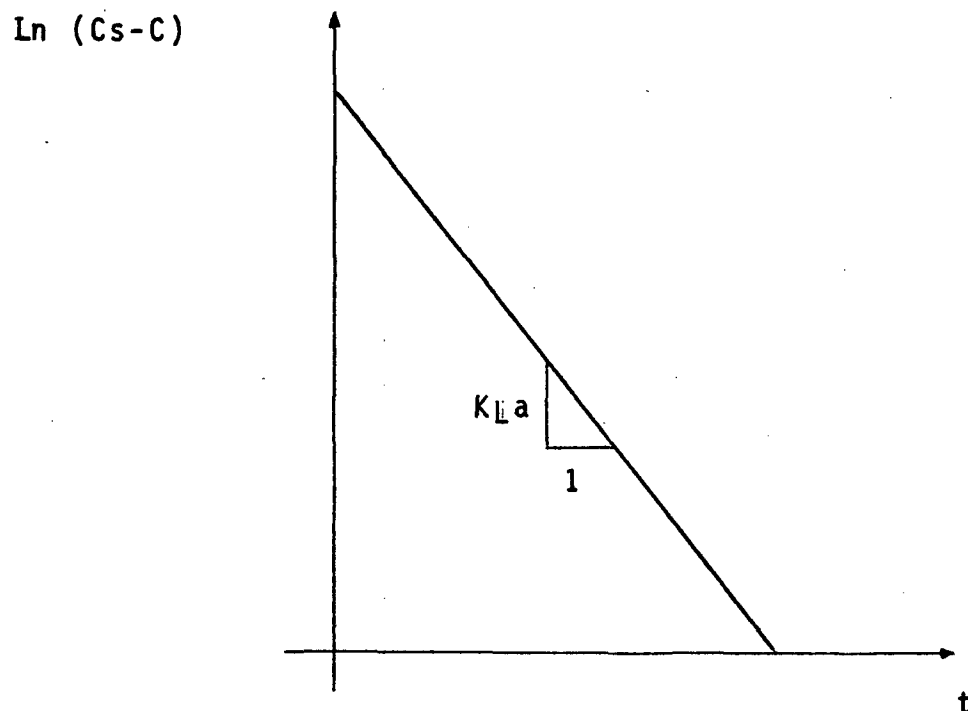
La ecuación (26) representa la ecuación de una línea --  
recta de la forma:  $Y=MX$

Si:

$$Y = \ln (C_s - C); \quad M = -K_L a$$

$$X = t$$

La representación gráfica de la ecuación (26) se presenta a continuación:



De acuerdo con lo anterior el valor de  $K_L a$  se obtiene encontrando la pendiente de dicha recta. Esta determinación se obtiene a través de la metodología citada anteriormente.

#### 4.5. PROGRAMA DE OPERACION

La tratabilidad biológica de las aguas residuales de las localidades de Zacatelco y Nativitas, Tlax., fue estudiada en reactores de flujo continuo simulando Lagunas Aireadas. La secuencia de las pruebas que se realizaron, salvo ajustes efectuados sobre la marcha fue la siguiente:

Etapa de aclimatación:

1. Colectar en la planta de tratamiento de aguas de chapultepec, en México, D.F., aproximadamente 40-lt., de lodos activados, por sedimentación de los SSLM. Estos lodos fueron empleados para inóculo de los modelos de tratabilidad.
2. Transportar los lodos al laboratorio situado en Tlaxcala, Tlax. en un recipiente de plástico el cual recibe aire a presión por medio de una cámara de llanta de automóvil conectada al recipiente mediante manguera flexible y una válvula de control.
3. Mantener los lodos activados por medio de aireación constante en el laboratorio.
4. Recolectar agua residual de la descarga situada al final de la calle Xitototla. La cantidad de agua recolectada fue aproximadamente de 50 lts.
5. Obtener la concentración de SSV tanto de los lodos activados como del agua residual a tratar.
6. Mediante mezcla de agua residual y lodos se preparó un licor con una concentración de 150 mg/l de SSV y un volumen de 30 lts., el cual fue colocado en la cámara de aireación de los reactores continuos.



7. Conectar las bombas de aire para mezclar completamente el licor de la cámara de tal modo que el -- contenido de oxígeno disuelto en el agua alcance valores de 2 a 4 mg/l.
8. Se ajustó con una abertura de 1/4" la mampara deslizante entre las cámaras de aireación y sedimentación del reactor.
9. Alimentar por gravedad el agua residual a razón - de: 0.208, 0.104 y 0.052 lts/hr para tener un - tiempo de retención de 2, 3 y 4 días respectiva-- mente en cada uno de los reactores.
10. Mantener un flujo de agua residual ininterrumpido hasta que prevalezcan condiciones estables en el sistema. Estas condiciones se alcanzan cuando -- una vez que la tasa de consumo de oxígeno (Rr), - en el contenido del tanque permanece constante -- y se estabiliza la DBO o DQO del efluente en un - rango estrecho de valores.

#### Operación Rutinaria.

Una vez aclimatado el lodo activado al agua residual, - lo cual puede durar de 1 a 4 semanas; se procedió a la operación sistemática del modelo con el Programa de Muestreo que se presenta en la Tabla 4.1.

Se recolectó agua residual del mismo punto en cantidad suficiente para operar el reactor continuo por lo menos 4 -- días seguidos con una misma calidad de agua, tanto para la -- etapa de aclimatación como de operación rutinaria. El agua residual se mantuvo en refrigeración (4°C) y se homogenizó -- previamente a la alimentación del reactor.

Durante la operación rutinaria de los reactores, se de-- terminó el factor de corrección relativo a la transferencia de oxígeno, de acuerdo a la metodología respectiva anterior-- mente citada.

#### 4.6 RESULTADOS DE LABORATORIO

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REACTOR No. 1

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

FECHA DE MUESTREO	TEMP. AMBIENTE °C	INFLUENTE						LICOR MEZCLADO					EFLUENTE		
		TEMP. °C	PH Unid.	GASTO ml/min	DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l	ST mg/l	TEMP. °C	PH Unid.	Rr mg/l/min	SSV mg/l	OD mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l	ST mg/l
		7/I/87	12.5	19	7.84	3.6	510	1066	1376	14.5	7.94	0.0993	140	2.2	39
9/I/87	18	20	7.57	3.4	724	1191	1444	18	7.64	0.1126	185	2.45	30	104	696
12/I/87	16	18	7.55	3.4	480	671	1008	14	7.95	0.1753	220	4.6	24	147	732
14/I/87	14.5	18	7.46	3.5	546	945	1192	15.5	7.72	0.1644	240	2.8	46	191	762
16/I/87	18	24	7.91	3.4	750	1157	1496	17.5	7.75	0.2292	300	3.95	38	143	644
19/I/87	18	18	7.6	3.6	428	909	964	14.5	7.89	0.2478	370	3.05	25	129	668
21/I/87	18	18	7.6	3.6	540	1072	1132	14.5	7.90	0.2260	440	3.0	30	141	632
23/I/87	18	17	7.45	3.5	410	1160	1396	14	7.67	0.2497	450	2.45	23	123	652
26/I/87	17	15	7.2	3.6	573	1645	1624	14	7.77	0.2873	480	3.6	15	143	616
28/I/87	20	19	7.4	3.6	426	934	1084	15	7.85	0.2734	500	2.95	20	98	612
30/I/87	20	19	7.3	3.5	603	1120	1736	15	7.83	0.2582	510	4.2	25	110	603
2/II/87	19	21	7.75	3.4	684	1231	1752	15	7.72	0.4186	520	2.5	17	124	598
PROMEDIOS: 17.42								15.13		362.92					

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REACTOR No. 2

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

FECHA DE MUESTREO	TEMP. AMBIENTE °C	INFLUENTE						LICOR MEZCLADO					EFLUENTE		
		TEMP. °C	PH Unid.	GASTO ml/min	DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l	ST mg/l	TEMP. °C	PH Unid.	R <sub>r</sub> mg/l/min	SSV mg/l	OD mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l	ST mg/l
		7/I/87	12.5	19	7.84	2.33	510	1066	1376	14.5	7.86	0.1135	180	2.98	30
9/I/87	18	20	7.57	2.58	724	1191	1444	18	8.18	0.1153	200	2.07	43	105	652
12/I/87	16	18	7.55	2.38	480	671	1008	14	8.47	0.1452	219	3.16	30	110	528
14/I/87	14.5	18	7.46	2.2	520	945	1192	15.5	8.22	0.1114	255	4.28	60	182	676
16/I/87	18	24	7.91	2.4	750	1157	1496	17.5	8.26	0.1168	290	3.40	26	120	600
19/I/87	18	18	7.6	2.4	428	909	964	14.5	8.2	0.1624	330	4.62	18	118	608
21/I/87	18	18	7.6	2.4	540	1072	1132	15	8.13	0.2412	400	3.96	25	120	676
23/I/87	18	17	7.45	2.4	410	1160	1396	14	8.0	0.1734	405	4.20	16	104	644
26/I/87	17	15	7.2	2.3	573	1645	1624	14	7.96	0.2612	415	4.68	11	100	584
28/I/87	20	19	7.4	2.4	426	934	1084	15	7.76	0.2105	424	3.96	10	135	570
30/I/87	20	19	7.3	2.4	603	1120	1736	15	7.63	0.1599	440	3.28	14	197	564
2/II/87	19	21	7.75	2.3	684	1231	1752	15	7.76	0.2474	450	3.52	11	104	552
PROMEDIOS		17.42						15.17			334.00				

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REACTOR No. 3

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

FECHA DE MUESTREO	TEMP. AMBIENTE °C	INFLUENTE						LICOR MEZCLADO					EFLUENTE		
		TEMP. °C	PH Unid.	GASTO ml/min	DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l	ST mg/l	TEMP. °C	PH Unid.	R <sub>r</sub> mg/l/min	SSV mg/l	OD mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l	ST mg/l
		7/I/87	12.5	19	7.84	1.62	510	1066	1376	14.5	7.86	0.0860	180	4.5	25
9/I/87	18	20	7.57	1.68	696	1191	1444	18	7.82	0.0250	195	4.71	22	215	757
12/I/87	16	18	7.55	1.68	480	671	1008	14	7.9	0.1092	207	4.20	18	89	772
14/I/87	14.5	18	7.46	1.70	513	945	1192	15.5	7.92	0.0490	225	5.05	23	176	700
16/I/87	18	24	7.91	1.80	750	1157	1496	17.5	8.03	0.0979	260	5.0	28	140	652
19/I/87	18	18	7.6	1.62	428	909	964	14	8.10	0.0788	290	4.33	17	78	652
21/I/87	18	18	7.6	1.6	540	1072	1132	15	8.06	0.1815	330	5.45	20	80	672
23/I/87	18	17	7.45	1.8	410	1160	1396	14	8.13	0.1737	340	5.5	10	92	664
26/I/87	17	15	7.2	1.8	573	1645	1624	14	8.26	0.2217	350	5.1	9	66	568
28/I/87	20	19	7.4	1.68	426	934	1084	15	8.2	0.1071	370	5.1	8	74	558
30/I/87	20	19	7.3	1.68	603	1120	1736	15	8.03	0.1345	375	5.6	13	62	552
2/II/87	19	21	7.75	1.7	684	1231	1752	15	8.20	0.1176	380	4.5	10	58	556
PROMEDIOS		17.42						15.13			291.83				

BIODEGRADABILIDAD DEL DESECHO

## PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REACTOR:   1  

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

FECHA DE MUESTREO	X			Y						X			Y	
	D B O <sub>5</sub>									D Q O				
	So	Se	Sr	Xa	Q	q	t = V/q	Xa t	Sr / Xa t	So	Se	Sr	Sr / Xa t	
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/min	l/día	días	mg/l x día	día <sup>-1</sup>	mg/l	mg/l	mg/l	día <sup>-1</sup>		
7/I/87	510	39	471	140	3.6	5.18	2.02	282.80	1.665	1066	143	923	3.264	
9/I/87	724	30	694	185	3.4	4.89	2.14	395.90	1.752	1191	104	1087	2.746	
12/I/87	480	24	456	220	3.4	4.89	2.14	470.80	0.968	671	147	524	1.113	
14/I/87	546	46	500	240	3.5	5.04	2.08	499.20	1.002	945	191	754	1.510	
16/I/87	750	38	712	300	3.4	4.89	2.14	642.00	1.109	1157	143	1014	1.579	
19/I/87	428	25	403	370	3.6	5.18	2.02	747.40	0.539	909	129	780	1.044	
21/I/87	540	30	510	440	3.6	5.18	2.02	888.80	0.573	1072	141	931	1.047	
23/I/87	410	23	387	450	3.5	5.04	2.08	936.00	0.413	1160	132	1028	1.098	
26/I/87	573	15	558	480	3.6	5.18	2.02	969.60	0.575	1645	143	1502	1.549	
28/I/87	426	20	406	500	3.6	5.18	2.02	1010.00	0.401	934	98	836	0.828	
30/I/87	603	25	578	510	3.5	5.04	2.08	1060.80	0.545	1120	110	1010	0.952	
2/II/87	684	17	667	520	3.4	4.89	2.14	1112.80	0.599	1231	124	1107	0.995	
<b>PROMEDIOS:</b>	27.67		362.92						0.845	133.75			1.477	

- So = DBO<sub>5</sub> del influente (o' DQO)
- Se = DBO<sub>5</sub> del efluente (o' DQO)
- Sr = So - Se = DBO<sub>5</sub> removida (o' DQO)
- Xa = Solidos suspendidos  
Volatiles en el licor  
Mezclado (SSVLM)
- Q = Flujo observado
- q = 1.44 Q

- V = Volumen del reactor = 10 litros
- t =  $\frac{V}{q}$  = tiempo de retención
- k = Constante de biodegradabilidad  
(mg/l)<sup>-1</sup> x día<sup>-1</sup>



## PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REACTOR: 2

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

FECHA DE MUESTREO	X			Y						X			Y
	D B O <sub>5</sub>									D Q O			
	So	Se	Sr	Xa	Q	q	t = V/q	Xa t	Sr / Xa t	So	Se	Sr	Sr / Xa t
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/min	l/día	días	mg/l x día	día <sup>-1</sup>	mg/l	mg/l	mg/l	día <sup>-1</sup>	
7/I/87	510	30	480	180	2.33	3.35	3.13	563.40	0.852	1066	110	956	1.697
9/I/87	724	43	681	200	2.58	3.71	2.82	564.00	1.207	1191	105	1086	1.926
12/I/87	480	30	450	219	2.38	3.42	3.06	670.14	0.672	671	110	561	0.837
14/I/87	520	60	460	255	2.64	3.80	2.77	705.52	0.652	945	182	763	1.081
16/I/87	750	26	724	290	2.40	3.45	3.04	881.60	0.821	1157	120	1037	1.176
19/I/87	428	18	410	330	2.40	3.45	3.04	1003.20	0.409	909	118	791	0.788
21/I/87	540	25	515	400	2.40	3.45	3.04	1216.00	0.424	1072	120	952	0.783
23/I/87	410	16	394	405	2.40	3.45	3.04	1231.20	0.320	1160	104	1056	0.858
26/I/87	573	11	562	415	2.30	3.31	3.17	1315.55	0.427	1645	100	1545	1.174
28/I/87	426	10	416	424	2.40	3.45	3.04	1288.96	0.323	934	135	799	0.620
30/I/87	603	14	589	440	2.40	3.45	3.04	1337.60	0.440	1120	197	923	0.690
2/II/87	684	11	673	450	2.30	3.31	3.17	1426.50	0.472	1231	104	1127	0.790
<b>PROMEDIOS:</b>	24.50		334.00						0.585		125.42		1.035

- So = DBO<sub>5</sub> del influente (o DQO)
- Se = DBO<sub>5</sub> del efluente (o DQO)
- Sr = So - Se = DBO<sub>5</sub> removida (o DQO)
- Xa = Solidos suspendidos  
Volatiles en el licor  
Mezclado (SSVLM)
- Q = Flujo observado
- q = 1.44 Q

- V = Volumen del reactor = 10 litros
- t =  $\frac{V}{q}$  = tiempo de retención
- k = Constante de biodegradabilidad  
(mg/l)<sup>-1</sup> x día<sup>-1</sup>

## PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REACTOR: 3

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

FECHA DE MUESTREO	X							Y		X			
	D B O <sub>5</sub>									D Q O			
	So	Se	Sr	Xa	Q	q	t = V/q	Xa t	Sr / Xa t	So	Se	Sr	Sr / Xa t
	mg / l	mg / l	mg / l	mg / l	ml / min	l / día	días	mg / l x día	día <sup>-1</sup>	mg / l	mg / l	mg / l	día <sup>-1</sup>
7/I/87	510	25	485	180	1.62	2.33	4.29	772.20	0.628	1066	103	963	1.247
9/I/87	696	22	674	195	1.68	2.42	4.13	805.35	0.837	1191	215	976	1.212
12/I/87	480	18	462	207	1.68	2.42	4.13	854.91	0.540	671	89	582	0.681
14/I/87	513	23	490	225	1.70	2.45	4.08	918.00	0.534	945	176	769	0.838
16/I/87	750	28	722	260	1.80	2.59	3.86	1003.60	0.719	1157	140	1017	1.013
19/I/87	428	17	411	290	1.62	2.33	4.29	1244.10	0.330	909	78	831	0.668
21/I/87	540	20	520	330	1.60	2.30	4.35	1435.50	0.362	1072	80	992	0.691
23/I/87	410	10	400	340	1.80	2.59	3.86	1312.40	0.305	1160	92	1068	0.814
26/I/87	573	9	564	350	1.80	2.59	3.86	1351.00	0.417	1645	66	1579	1.169
28/I/87	426	8	418	370	1.68	2.42	4.13	1528.10	0.274	934	74	860	0.563
30/I/87	603	13	590	375	1.68	2.42	4.13	1548.75	0.381	1120	62	1058	0.683
2/II/87	684	10	674	380	1.70	2.45	4.08	1550.40	0.435	1231	58	1173	0.757
<b>PROMEDIOS:</b>	16.92		291.83						0.480		86.08		0.861

- So • DBO<sub>5</sub> del influente (o' DQO)
- Se • DBO<sub>5</sub> del efluente (o' DQO)
- Sr • So - Se = DBO<sub>5</sub> removida (o' DQO)
- Xa • Solidos suspendidos  
Volatiles en el licor  
Mezclado (SSVLM)
- Q • Flujo observado
- q • 1.44 Q

- V • Volumen del reactor = 10 litros
- t •  $\frac{V}{q}$  = tiempo de retención
- k • Constante de biodegradabilidad  
(mg/l)<sup>-1</sup> x día<sup>-1</sup>

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS  
MUNICIPIOS DE ZACATELCO Y NATIVITAS, TLAX.

CONSTANTE DE BIODEGRADABILIDAD

CALCULO DE "K" y "Sn"

PROMEDIO DE SSVLM EN EL SISTEMA:  $\bar{X}_a = 329.58 \text{ mg/l}$

PROMEDIO DE TEMPERATURA EN LOS REACTORES:  $T_w = 15.14 \text{ }^\circ\text{C}$

PROMEDIO DE TEMPERATURA DEL AMBIENTE:  $T_a = 17.42 \text{ }^\circ\text{C}$

SUSTRATO: DBO<sub>5</sub>

DATOS:

	X	Y
	Se	Sr/Xat
REACTOR 1	27.67	0.845
REACTOR 2	24.50	0.585
REACTOR 3	16.92	0.480

RESULTADOS:

LINEA RECTA.-

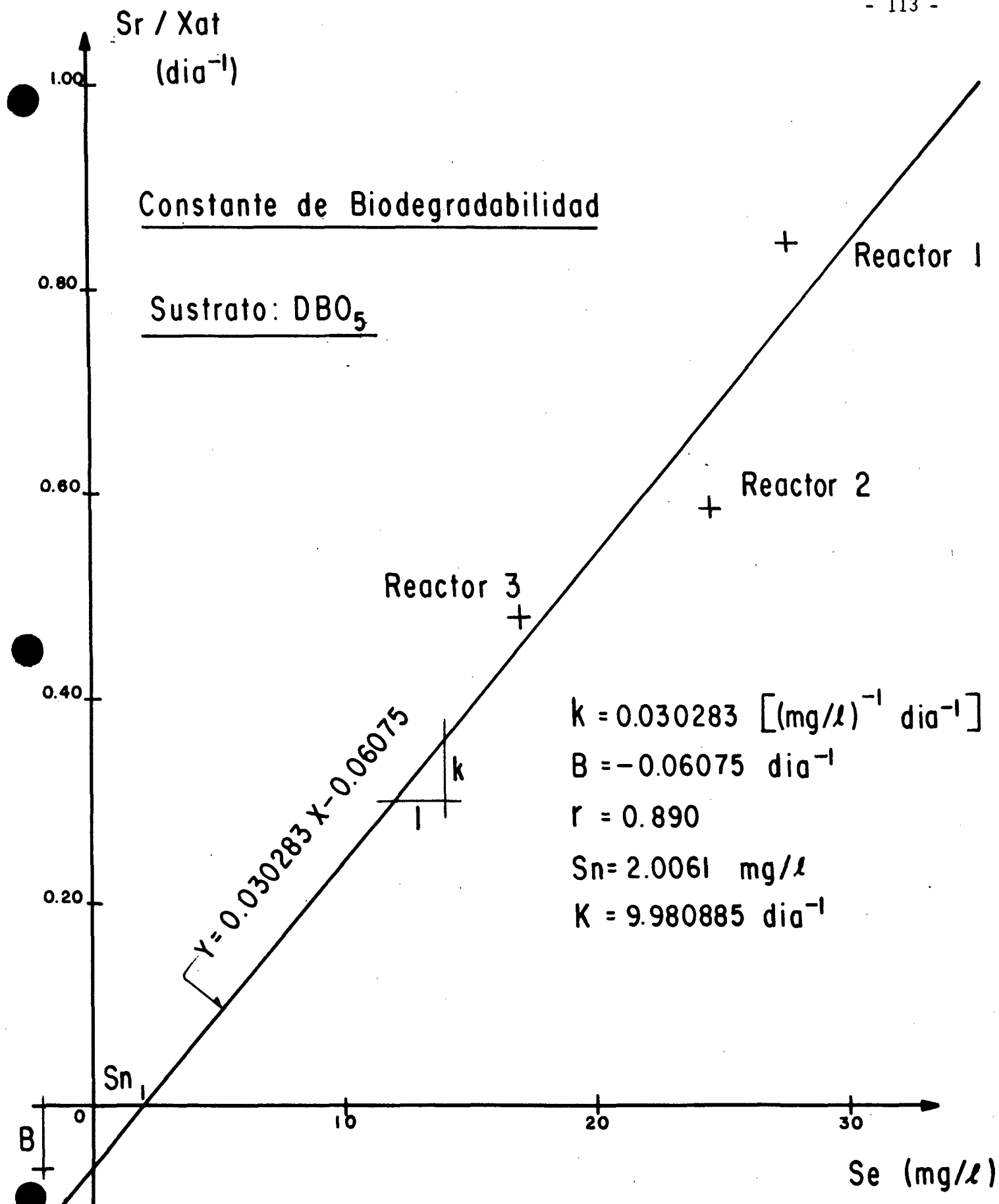
PENDIENTE:  $K = 0.030283 \text{ [(mg/l)}^{-1} \text{ dfas}^{-1}]$

ORDENADA AL ORIGEN:  $B = -0.060752 \text{ dfas}^{-1}$

COEFICIENTE DE CORRELACION:  $r = 0.890$

SUSTRATO NO DEGRADABLE:  $S_n 2.0061 \text{ mg/l}$

$K = K\bar{X}_a = 9.980685 \text{ dfas}^{-1}$



Pruebas de Tratabilidad de las Aguas Residuales  
Zacatelco - Nativitas, Tlax.

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS

MUNICIPIOS DE ZACATELCO Y NATIVITAS, TLAX.

CONSTANTE DE BIODEGRADABILIDAD

CALCULO DE "K" Y "Sn"

PROMEDIO DE SSVLM EN EL SISTEMA:  $\bar{X}_a = 329.58 \text{ mg/l}$   
PROMEDIO DE TEMPERATURA EN LOS REACTORES:  $T_w = 15.14 \text{ }^\circ\text{C}$   
PROMEDIO DE TEMPERATURA DEL AMBIENTE:  $T_a = 17.42 \text{ }^\circ\text{C}$

SUSTRATO: DQO

DATOS:

	X Se	Y Sr/Xat
REACTOR 1	133.75	1.477
REACTOR 2	125.42	1.035
REACTOR 3	86.08	0.861

RESULTADOS:

LINEA RECTA.-

PENDIENTE:  $K = 0.010256 \text{ [(mg/l}^{-1}) \text{ dfas}^{-1}]$

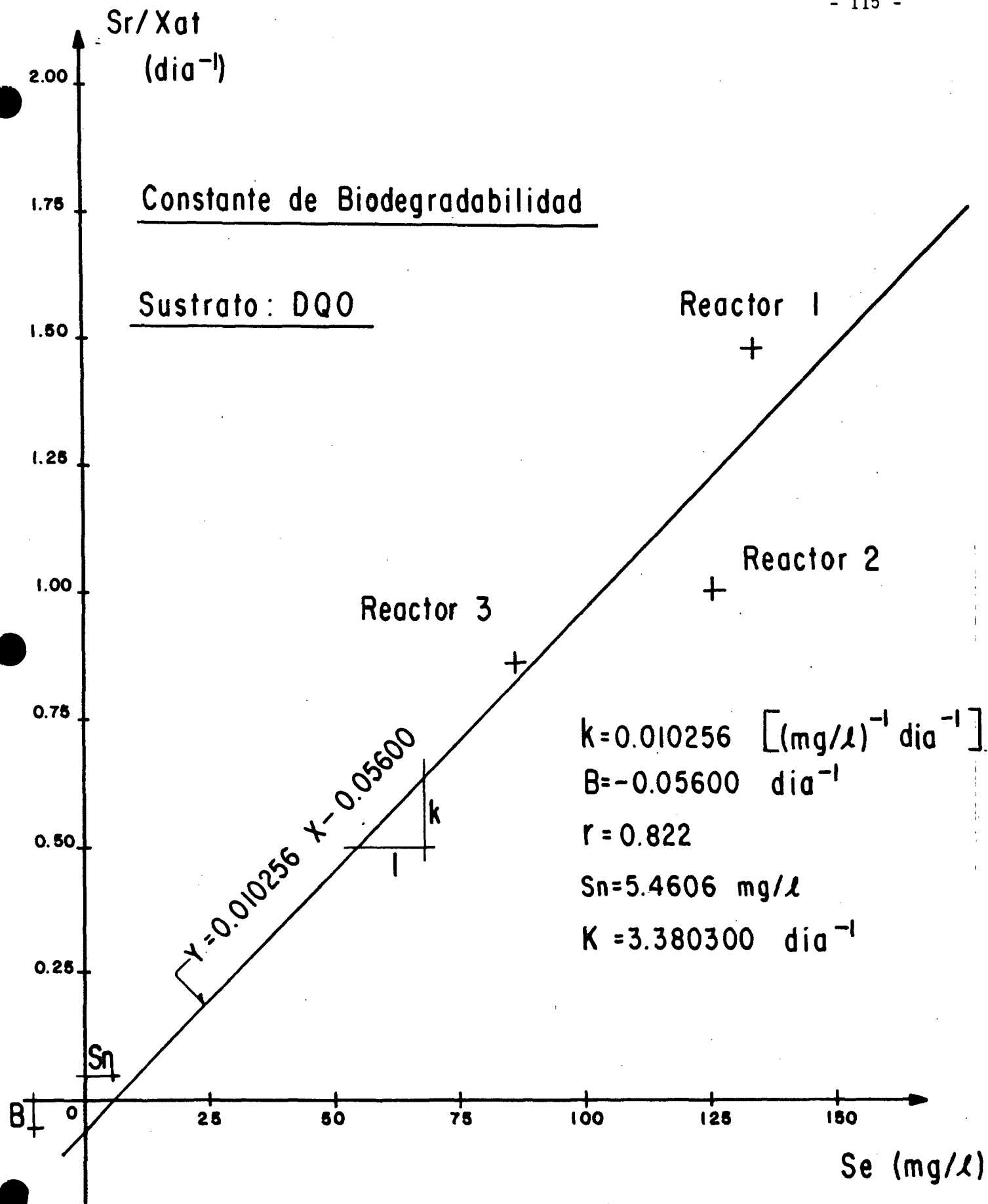
ORDENADA AL ORIGEN:  $B = -0.056006 \text{ dfas}^{-1}$

COEFICIENTE DE CORRELACION:  $r = 0.822$

SUSTRATO NO DEGRADABLE:  $S_n = 5.4606 \text{ mg/l}$

$K = K \bar{X}_a = 3.380300 \text{ dfas}^{-1}$

PRODUCCION DE LODOS



Pruebas de Tratabilidad de las Aguas Residuales  
Zacatelco - Nativitas, Tlax.

## PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REACTOR: 1

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

	<b>X</b>							<b>Y = y</b>	<b>X</b>
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>DBO<sub>5</sub> Sr / X<sub>0</sub> t día<sup>-1</sup></b>	<b>X<sub>0</sub> SSVLM mg/l</b>	<b>X X - X<sub>0</sub> V mg</b>	<b>X<sub>n</sub> - X<sub>n-1</sub> mg</b>	<b>Δ t Observ. días</b>	<b>Δ X (X<sub>n</sub> - X<sub>n-1</sub>) / Δ t mg / día</b>	<b>Δ X / V mg/día x l</b>	<b>Δ X / V X<sub>0</sub> n-1 días<sup>-1</sup></b>	<b>DQO Sr / X<sub>0</sub> t día<sup>-1</sup></b>
<b>COL. N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3 = 2 x V</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6 = 4 / 5</b>	<b>7 = 6 / V</b>	<b>8 = 7 / X<sub>0</sub> n-1</b>	<b>9</b>
7/I/87	1.665	140	1470	472.5	2	236.25	22.50	0.161	3.264
9/I/87	1.752	185	1942.5	367.5	3	122.50	11.67	0.064	2.746
12/I/87	0.968	220	2310	210	2	105	10	0.045	1.113
14/I/87	1.002	240	2520	630	2	315	30	0.125	1.510
16/I/87	1.109	300	3150	735	3	245	23.33	0.078	1.579
19/I/87	0.539	370	3885	735	2	367.50	35	0.095	1.044
21/I/87	0.573	440	4620	105	2	52.50	5	0.011	1.047
23/I/87	.413	450	4725	315	3	105	10	0.022	1.098
26/I/87	.575	480	5040	210	2	105	10	0.021	1.549
28/I/87	.401	500	5250	105	2	52.50	5	0.010	0.828
30/I/87	.545	510	5355	105	3	35	3.33	0.006	0.952
2/II/87	.599	520	5460	---	-	-----	-----	-----	0.995
<b>PROMEDIOS:</b>	0.845							0.058	1.477

V= Volumen del reactor = 10 litros

Δt= Intervalo de tiempo entre fechas de muestreo

NOTA: Datos para obtener los parámetros a y b de producción de lodos.



## PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REACTOR: 2

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

		X							Y = y	X
FECHA DE MUESTREO	DB O <sub>5</sub> Sr / X <sub>0</sub> t día <sup>-1</sup>	X <sub>0</sub> SSVLM mg/l	X X = X <sub>0</sub> V mg	X <sub>n</sub> - X <sub>n-1</sub> mg	Δ t Observ. días	$\frac{\Delta X}{\Delta t} (X_n - X_{n-1})$ mg / día	ΔX/V mg/día x l	$\frac{\Delta X}{V} X_{0n-1}$ días <sup>-1</sup>	DDO Sr / X <sub>0</sub> t día <sup>-1</sup>	
COL. N <sup>o</sup>	1	2	3 = 2 x V	4	5	6 = 4 / 5	7 = 6 / V	8 = 7/X <sub>0n-1</sub>	9	
7/I/87	0.852	180	1890	210	2	105	10	0.055	1.697	
9/I/87	1.207	200	2100	199.5	3	66.5	6.33	0.032	1.926	
12/I/87	0.672	219	2299.5	378	2	189	18	0.082	0.837	
14/I/87	0.652	255	2677.5	367.5	2	183.75	17.5	0.069	1.081	
16/I/87	0.821	290	3045	420	3	140	13.33	0.046	1.176	
19/I/87	0.409	330	3465	735	2	367.5	35	0.106	0.788	
21/I/87	0.424	400	4200	52.5	2	26.25	2.5	0.006	0.783	
23/I/87	0.320	405	4252.5	105	3	35	3.33	0.008	0.858	
26/I/87	0.427	415	4357.5	94.5	2	47.25	4.5	0.011	1.174	
28/I/87	0.323	424	4452	168	2	84	8	0.019	0.620	
30/I/87	0.440	440	4620	105	3	35	3.33	0.007	0.690	
2/II/87	0.472	450	4725	---	-	---	---	---	0.790	
<b>PROMEDIOS:</b>	0.585							0.040	1.035	

V= Volumen del reactor = 10 litros

Δt= intervalo de tiempo entre fechas de muestreo

NOTA: Datos para obtener los parámetros a y b de producción de lodos.

## PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REACTOR: 3

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

		X							Y = y	X
FECHA DE MUESTREO	DB O <sub>5</sub> Sr / Xa t día <sup>-1</sup>	Xa SSVLM mg/l	X X = Xa V mg	X <sub>n</sub> - X <sub>n-1</sub> mg	Δ t Observ. días	Δ X (X <sub>n</sub> - X <sub>n-1</sub> ) / Δ t mg / día	Δ X / V mg/día x l	Δ X / V Xa n-1 días <sup>-1</sup>	D Q Q Sr / Xa t día <sup>-1</sup>	
COL. N°	1	2	3 = 2 x V	4	5	6 = 4 / 5	7 = 6 / V	8 = 7 / Xa n-1	9	
7/I/87	0.628	180	1800	150	2	75	7.5	0.042	1.247	
9/I/87	0.837	195	1950	120	3	40	4	0.021	1.212	
12/I/87	0.540	207	2070	180	2	90	9	0.043	0.681	
14/I/87	0.534	225	2250	350	2	175	17.5	0.078	0.838	
16/I/87	0.719	260	2600	300	3	100	10	0.038	1.013	
19/I/87	0.330	290	2900	400	2	200	20	0.069	0.668	
21/I/87	0.362	330	3300	100	2	50	5	0.015	0.691	
23/I/87	0.305	340	3400	100	3	33.33	3.33	0.010	0.814	
26/I/87	0.417	350	3500	200	2	100	10	0.028	1.169	
28/I/87	0.274	370	3700	50	2	25	2.5	0.007	0.563	
30/I/87	0.381	375	3750	50	3	16.67	1.667	0.004	0.683	
2/II/87	0.435	380	3800	--	-	---	---	-----	0.757	
<b>PROMEDIOS:</b>	0.480							0.032	0.861	

V = Volumen del reactor = 10 litros

Δt = Intervalo de tiempo entre fechas de muestreo

NOTA: Datos para obtener los parámetros a y b de producción de lodos.

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS

MUNICIPIOS DE ZACATELCO Y NATIVITAS, TLAX.

PRODUCCION DE LODOS

CALCULO DE "a" y "b"

SUSTRATO DBO<sub>5</sub>

DATOS:

	X	Y
	Sr/Xat	AX/V/Xa
REACTOR 1	0.845	0.058
REACTOR 2	0.585	0.040
REACTOR 3	0.480	0.032

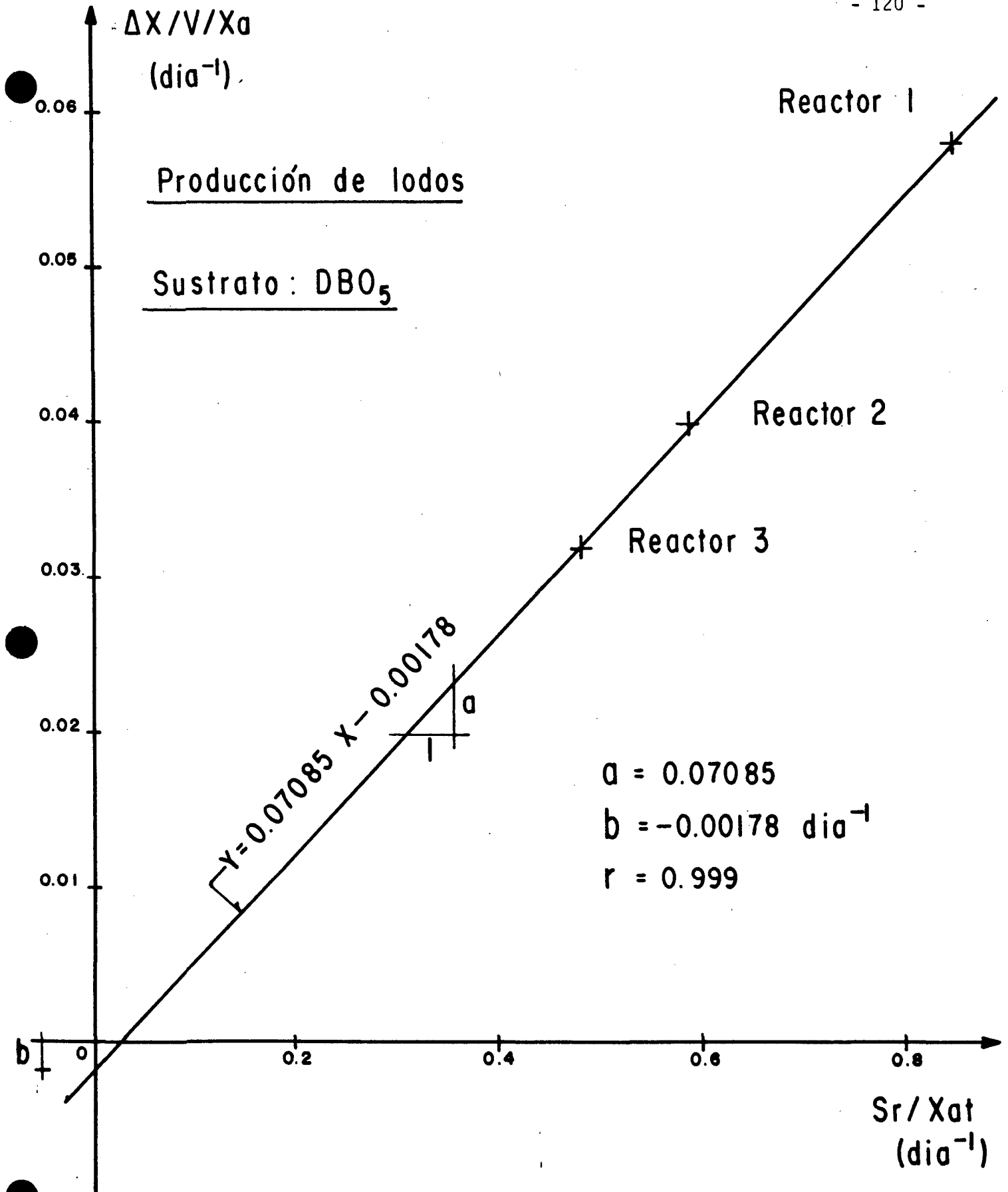
RESULTADOS:

LINEA RECTA.-

PENDIENTE: a = 0.07085

ORDENADA AL ORIGEN: b = 0.00178  $dfas^{-1}$

COEFICIENTE DE CORRELACION: r = 0.999



Pruebas de Tratabilidad de las Aguas Residuales  
Zacatelco - Nativitas, Tlax.

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS  
MUNICIPIOS DE ZACATELCO Y NATIVITAS, TLAX.

PRODUCCION DE LODOS

CALCULO DE "a" y "b"

SUSTRATO: DQO.

DATOS:

	X	Y
	$S_r/X_{at}$	$AX/V/X_a$
REACTOR 1	1.477	0.058
REACTOR 2	1.035	0.040
REACTOR 3	0.861	0.032

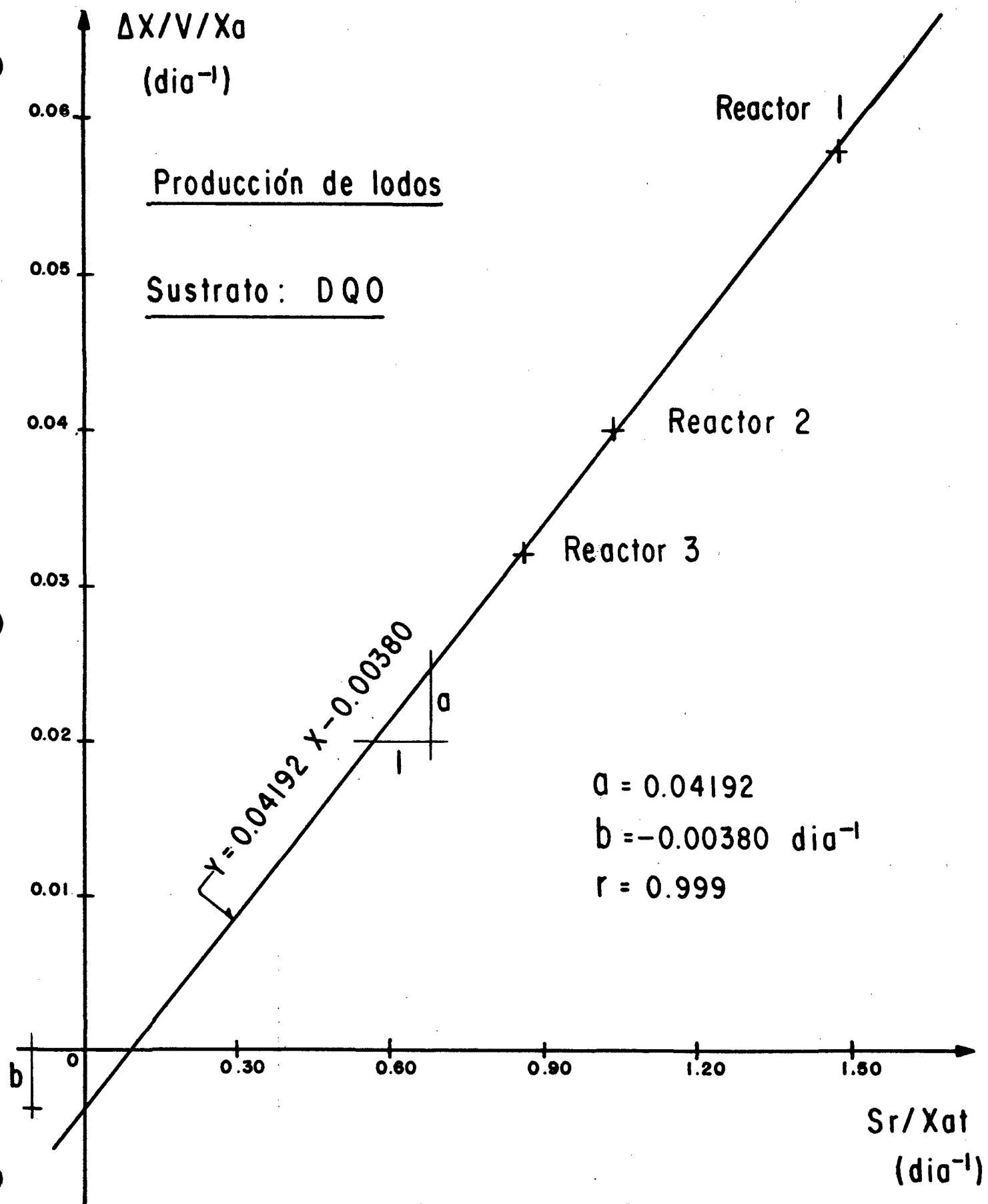
RESULTADOS,

LINEA RECTA.-

PENDIENTE:  $a = 0.04192$

ORDENADA AL ORIGEN:  $b = 0.00380$

COEFICIENTE DE CORRELACION:  $r = 0.999$



Pruebas de Tratabilidad de las Aguas Residuales  
Zacatelco - Nativitas, Tlax.

# PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

## REQUERIMIENTOS DE AIRIACION

REACTOR: 1

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

FECHA DE MUESTREO	X	Rr mg/l x min	Rr 1440R mg/l x día	Xa SSVLM mg/l	Y + y	X
	DB O <sub>5</sub> Sr / Xa t día <sup>-1</sup>				$\frac{Rr}{Xa}$ día <sup>-1</sup>	D Q O Sr / Xa t día <sup>-1</sup>
7/I/87	1.665	0.09932	143.0208	140	1.0216	3.264
9/I/87	1.752	0.11264	162.2016	185	0.8768	2.746
12/I/87	0.968	0.17534	252.4896	220	1.1477	1.113
14/I/87	1.002	0.16440	236.7360	240	0.9864	1.510
16/I/87	1.109	0.22929	330.1776	300	1.1006	1.579
19/I/87	0.539	0.24785	356.9040	370	0.9646	1.044
21/I/87	0.573	0.22608	325.5552	440	0.7399	1.047
23/I/87	0.413	0.24978	359.6832	450	0.7993	1.098
26/I/87	0.575	0.28730	413.7120	480	0.8619	1.549
28/I/87	0.401	0.27340	393.6960	500	0.7874	0.828
30/I/87	0.545	0.25826	371.8944	510	0.7292	0.952
2/II/87	0.599	0.41860	602.7840	520	1.1592	0.995
<b>PROMEDIOS:</b>	0.845				0.9312	1.477

NOTA: Estos datos son para obtener los parámetros de aireación  $a'$  y  $b'$

# PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

## REQUERIMIENTOS DE AIRIACION

REACTOR: 2

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

FECHA DE MUESTREO	X			X <sub>a</sub> SSVLM mg/l	Y = y	
	DBO <sub>5</sub> Sr / X <sub>a</sub> t día <sup>-1</sup>	R <sub>r</sub> mg/l x min	R <sub>r</sub> 1440R mg/l x día		$\frac{R_r}{X_a}$ día <sup>-1</sup>	D Q O Sr / X <sub>a</sub> t día <sup>-1</sup>
7/I/87	0.852	0.11359	163.5696	180	0.9087	1.697
9/I/87	1.207	0.11535	166.1040	200	0.8305	1.926
12/I/87	0.672	0.14521	209.1024	219	0.9548	0.837
14/I/87	0.652	0.11144	160.4736	255	0.6293	1.081
16/I/87	0.821	0.11683	168.2352	290	0.5801	1.176
19/I/87	0.409	0.16248	233.9712	330	0.7090	0.788
21/I/87	0.424	0.24122	347.3568	400	0.8684	0.783
23/I/87	0.320	0.17342	249.7248	405	0.6166	0.858
26/I/87	0.427	0.26122	376.1568	415	0.9064	1.174
28/I/87	0.323	0.21056	303.2064	424	0.7151	0.620
30/I/87	0.440	0.15996	230.3424	440	0.5235	0.690
2/II/87	0.472	0.24744	356.3136	450	0.7918	0.790
<b>PROMEDIOS:</b>	0.585				0.7529	1.035

NOTA: Estos datos son para obtener los parámetros de aireación  $a'$  y  $b'$



# PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

## REQUERIMIENTOS DE AIRIACION

REACTOR: 3

CIUDAD: ZACATELCO, TLAX.

FECHA DE MUESTREO	X	Rr mg/l x min	Rr 1440R mg/l x día	Xa SSVLM- mg/l	Y + y	X
	DB O <sub>5</sub> Sr / Xa t día <sup>-1</sup>				$\frac{Rr}{Xa}$ día <sup>-1</sup>	D Q O Sr / Xa t día <sup>-1</sup>
7/I/87	0.628	0.08605	123.9120	180	0.6884	1.247
9/I/87	0.837	0.02507	36.1008	195	0.1851	1.212
12/I/87	0.540	0.10924	157.3056	207	0.7599	0.681
14/I/87	0.534	0.04906	70.6464	225	0.3140	0.838
16/I/87	0.719	0.09795	141.0480	260	0.5425	1.013
19/I/87	0.330	0.07886	113.5584	290	0.3916	0.668
21/I/87	0.362	0.18150	261.3600	330	0.7920	0.691
23/I/87	0.305	0.17373	250.1712	340	0.7358	0.814
26/I/87	0.417	0.22172	319.2768	350	0.9122	1.169
28/I/87	0.274	0.10715	154.2960	370	0.4170	0.563
30/I/87	0.381	0.13456	193.7664	375	0.5167	0.683
2/II/87	0.435	0.11764	169.4016	380	0.4458	0.757
<b>PROMEDIOS:</b>	0.480				0.5584	0.861

**NOTA:** Estos datos son para obtener los parámetros de aireación  $a'$  y  $b'$

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS

MUNICIPIOS DE ZACATELCO Y NATIVITAS, TLAX.

REQUERIMIENTOS DE AIREACION

CALCULO DE "a'" Y "b'"

SUSTRATO DBO<sub>5</sub>

DATOS:

		X Sr/Xat	Y Rr/Xa
REACTOR	1	0.845	0.9312
REACTOR	2	0.585	0.7529
REACTOR	3	0.480	0.5584

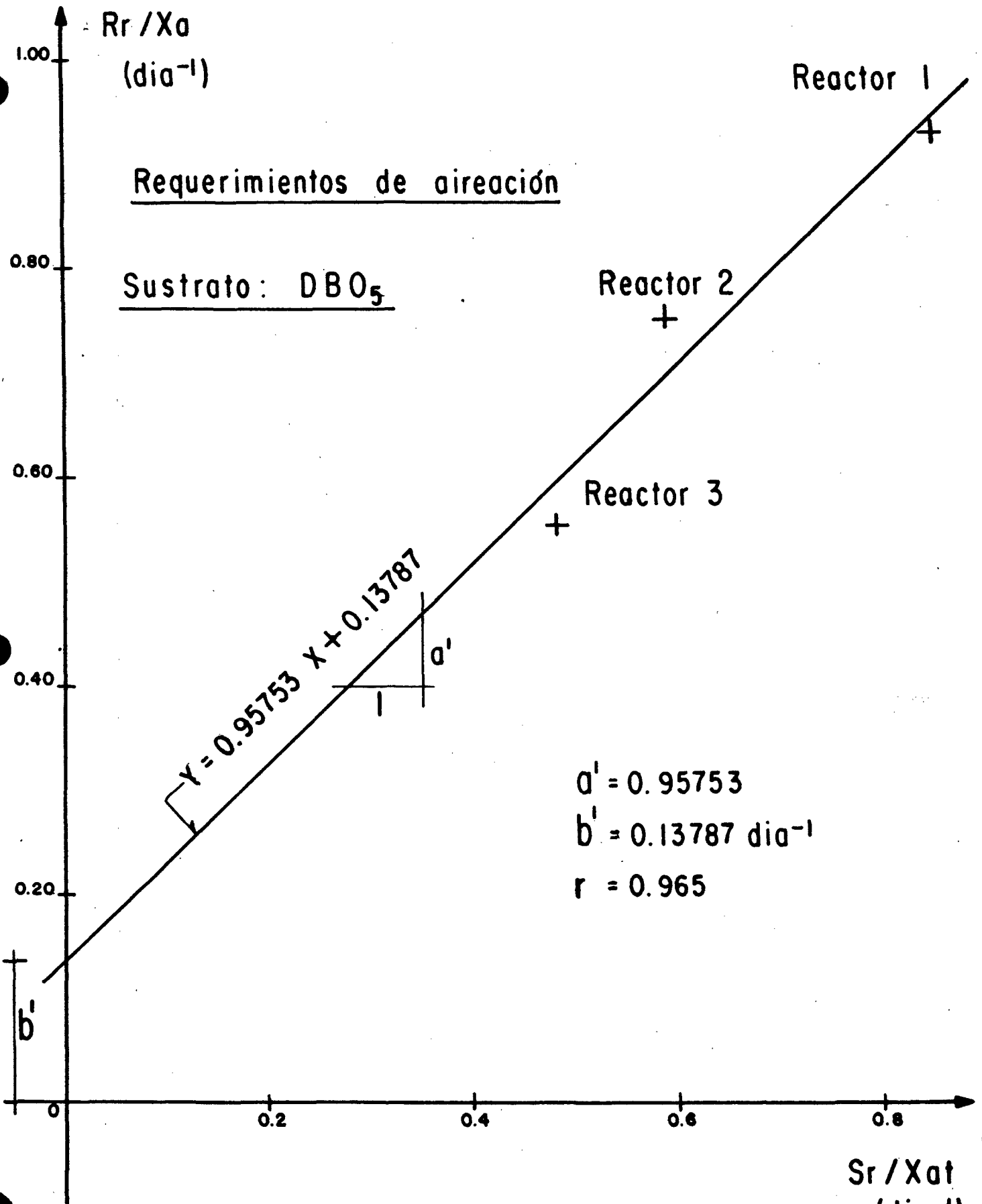
RESULTADOS:

LINEA RECTA.-

PENDIENTE:  $a' = 0.95753$

ORDENADA AL ORIGEN:  $b' = 0.13787 \text{ dfa}^{-1}$

COEFICIENTE DE CORRELACION:  $r = 0.965$



Pruebas de Tratabilidad de las Aguas Residuales  
Zocateco - Nativitas, Tlax.

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS

MUNICIPIOS DE ZACATELCO Y NATIVITAS, TLAX.

REQUERIMIENTOS DE AIREACION

CALCULO DE "a'" Y "b'"

SUSTRATO: DQO

DATOS:

	X	Y
	Sr/Xat	Rr/Xa
REACTOR 1	1.477	0.9312
REACTOR 2	1.035	0.7529
REACTOR 3	0.861	0.5584

RESULTADOS:

LINEA RECTA:

PENDIENTE:  $a' = 0.56569$   
ORDENADA AL ORIGEN  $b' = 0.11148 \text{ dfas}^{-1}$   
COEFICIENTE DE CORRELACION:  $r = 0.963$

REQUERIMIENTOS DE AIREACION

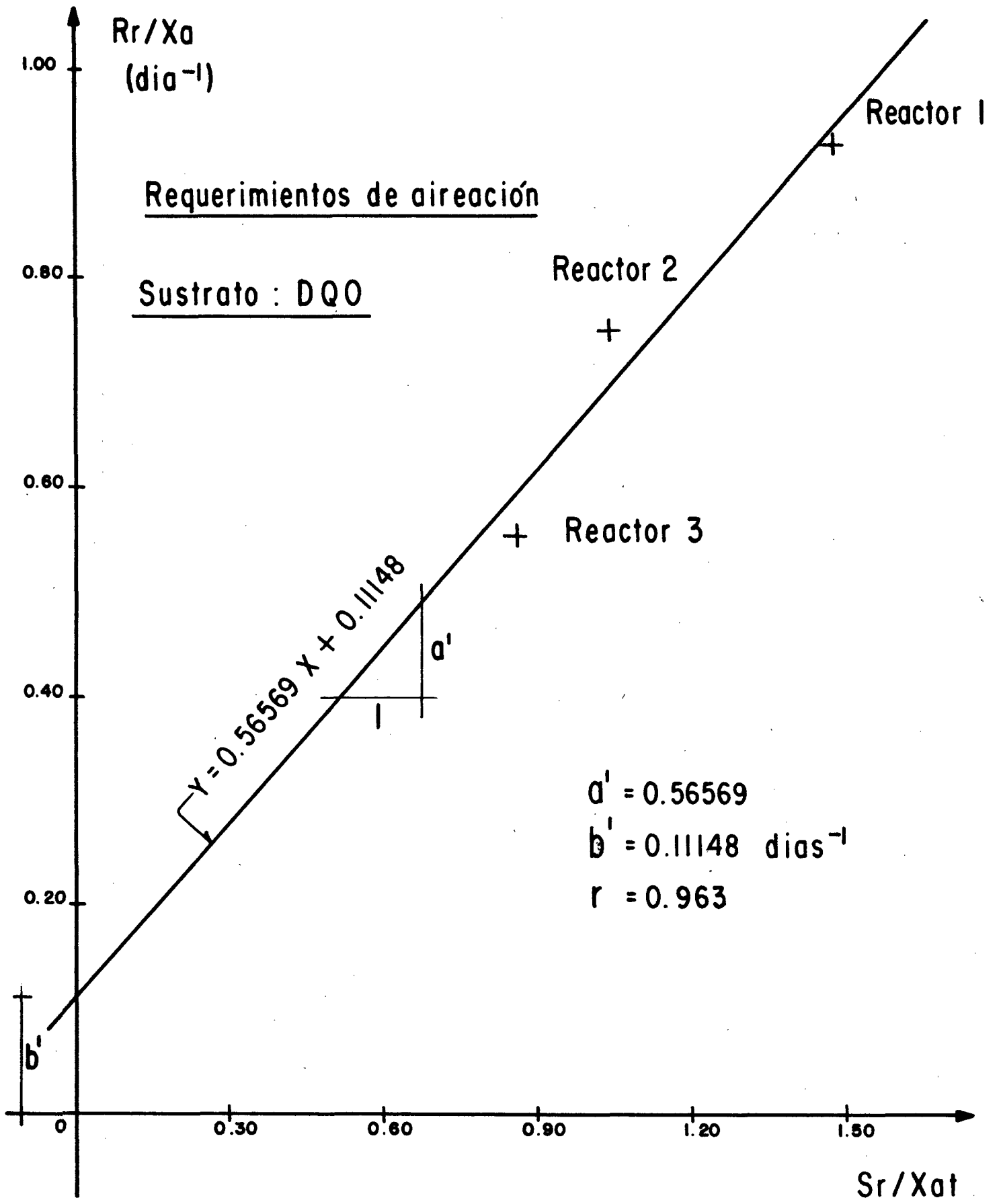
PRUEBAS DE TRATABILIDAD

DE LAS AGUAS RESIDUALES

RESUMEN

MUNICIPIOS DE:

ZACATELCO Y NATIVITAS, TLAX.



Pruebas de Tratabilidad de las Aguas Residuales Zacatelco - Nativitas, Tlax.

PRUEBAS DE TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS  
MUNICIPIOS DE ZACATELCO Y NATIVITAS, TLAX.

RESUMEN:

PROMEDIO DE SSVLM EN EL SISTEMA:  $\bar{X}_a = 329.58$   
 PROMEDIO DE TEMPERATURA EN LOS REACTORES:  $T_w = 15.14^\circ\text{C}$   
 PROMEDIO DE TEMPERATURA DEL AMBIENTE:  $T_a = 17.42^\circ\text{C}$

S U S T R A T O	<u>D. B. <math>O_5</math></u>	<u>D. Q. O.</u>
BIODEGRADABILIDAD	( $r=0.890$ )	( $r=0.822$ )
$K[(\text{mg/l})^{-1} \text{dfas}^{-1}]$	0.030283	0.010256
$S_n$ (mg/l)	2.00	5.46
$K = (\text{dfas}^{-1})$	9.980685	3.380300
PRODUCCION DE LODOS	( $r=0.999$ )	( $r=0.999$ )
a	0.07085	0.04192
b (dfas $^{-1}$ )	-0.00178	-0.00380
REQUERIMIENTOS DE AIREACION	( $r=0.965$ )	( $r=0.963$ )
a'	0.95753	0.56569
b' (dfas $^{-1}$ )	0.13787	0.11148



## 5. DEFINICION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAS LOCALIDADES DE NATIVITAS-ZACATELCO, TLAX.

Actualmente la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, por conducto de la Residencia General de Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Tlaxcala, está llevando a cabo un programa de integración de redes de alcantarillado para las localidades ubicadas en el corredor comprendido entre Nativitas y Zacatelco. Particularmente, Nativitas y Zacatelco cuentan con sus sistemas de drenaje terminados en un 100%, sin embargo el problema principal a la fecha es la falta de conexión de las casas habitación a la red, lo cual se estima en un 50% para Zacatelco y en un muy bajo porcentaje ( $\approx 10\%$ ) para Nativitas. Por otro lado el Gobierno del Estado dentro de su plan de acción de control de la contaminación del río Zahuapan, ha contemplado esta zona como parte de sus programas a corto plazo, por lo que no solo el problema de Nativitas y Zacatelco debe ser resuelto sino también las siguientes poblaciones importantes en dicha zona:

- San Pedro Rojano
- San Mateo Ayecac
- Tepetitla
- Guadalupe Victoria, en el Municipio de Lardizabal
  
- San Rafael Tenanyecac
- San Miguel Xochitecatitla
- San Vicente Xoloxochitla
- San Miguel del Milagro

- Capula
- Guadalupe Victoria
- Santiago Michac
- San José Atoyatenco, en el municipio de Nativitas
  
- San Damián Texoloc
- San Bartolomé Tenango
- Sta. Isabel Tetlatlahuca
- Sta. Cruz Aquiahuac
- San Jerónimo Zacualpan, en el municipio de Tetlatlahuca

Sin embargo, éstas no están contempladas en el presente estudio, únicamente serán consideradas como aportadoras a futuro, ya sea con su propio sistema de tratamiento o integradas a alguna de las localidades estudiadas aquí.

En esta forma se plantean cuatro zonas o sistemas de tratamiento, las cuales se delimitan en el plano 5.1.

Por lo tanto, para proyectar la planta de tratamiento para cada localidad, será necesario considerar la problemática expuesta anteriormente; es decir, estimar los caudales de acuerdo al número de habitantes de cada población; y a futuro, si es el caso, la integración de otras poblaciones, al sistema propuesto actualmente.

En este capítulo se presentarán las alternativas de conducción de las aguas residuales, las que a juicio se consideraron más adecuadas para la solución del problema de

Handwritten text: "m r p s"

contaminación de la zona, así como las alternativas de tratamiento de las mismas, haciendo una ligera evaluación de éstas, para seleccionar las que se consideren más adecuadas de ser evaluadas en forma mas detenida. En el siguiente capítulo se hará esta evaluación, de donde se sacará la alternativa de tratamiento óptima para hacer el diseño de la planta.

### 5.1. CAPTACION Y CONDUCCION DE LAS AGUAS RESIDUALES

Debido a que las aguas residuales generadas en la zona de estudio difícilmente podrán ser tratadas en un mismo punto, dadas las características topográficas y ubicación de las localidades comprendidas en la zona Nativitas-Zacatelco, en esta sección solo se darán los planteamientos generales de las alternativas de captación y conducción de los desechos generados por aquellas localidades fuera del alcance del presente estudio. Por otra parte, tomando en cuenta que esta zona de control de contaminación abarca un total de cuatro municipios: Lardizabal, Nativitas, Tetlatlahuca y Zacatelco, se plantean cuatro alternativas o sistemas de tratamiento, cada uno dentro de su propia jurisdicción. Por lo tanto, la captación y conducción de las aguas residuales queda sujeta a la localización del posible sitio de tratamiento y preferentemente que ésta sea por gravedad.

A continuación se dan algunas características de cada una de las alternativas o sistemas de tratamiento.

S I S T E M A S   D E   T R A T A M I E N T O

TABLA 5.1

SUROESTE DEL EDO. DE TLAX.

SISTEMA DE TRATAMIENTO 1

POBLACION	CAUDAL ( LT / S E G )				N° HABITANTES A SERVIR	
	MIN.	MED.	MAX.	MAX. MAX.	ACTUAL	PROYECTO
SN. PEDRO ROJANO	0.21	0.42	1.79	2.68	100	300
SN. MATEO AYECAC	1.39	2.78	9.96	14.94	1410	2000
TEPETITLA	5.56	11.11	39.89	50.83	5342	8000
GPE. VICTORIA	0.21	0.42	1.79	2.68	114	300
S U M A :	7.37	14.73	53.43	71.13		
Q DISEÑO PLANTA DE TRAT. (ACTUAL)				---		
Q DISEÑO PLANTA DE TRAT. (FUTURO)				15.0 L/SEG		

SISTEMAS DE TRATAMIENTO COLECTORES

TABLA 5.1 (a)

SUROESTE DEL EDO. DE TLAX.

SISTEMA DE TRATAMIENTO 1

DE:	A:	CAUDAL (LT/SEG)	Q. ACUM. (LT/SEG)	LONGITUD (M)	DIAM. (CM)	A COLOCAR (PULG.)
SN. PEDRO ROJANO	SN. MATEO AYEACAC	2.68	-	860	20	8"
SN. MATEO AYEACAC	GPE. VICTORIA	14.94	17.62	700	20	8"
GPE. VICTORIA	TEPETITLA	2.68	20.05	480	20	8"
TEPETITLA	PLANTA DE TRA- TAMIENTO	50.83	71.13	2080	20	8"
			SUMA :	4120		

NOTA: POR NORMA DE ALCANT. EL Ø MIN. ES DE 20 CM  
TUBERIA DE 20 CM (8") Ø = 4120

### Sistema de Tratamiento 1:

Esta alternativa solo se plantea en forma general por quedar fuera del alcance del estudio. La finalidad es captar y conducir las aguas generadas por las localidades de San Pedro Rojano, San Mateo Ayecac, Tepetitla y Guadalupe Victoria, hasta un punto común de tratamiento el cual deberá ser localizado preferentemente al sureste de Tepetitla. En las tablas 5.1 y 5.1 (a) se resumen algunos datos técnicos de este sistema y en general como sigue:

- a) Longitud de colector: 4.1 km (aprox.)
- b) Diámetro de colector: 20 cms.
- c) Gasto a manejar: 15.0 l/seg
- d) Conducción: por gravedad

### Sistema de Tratamiento 2:

En este sistema se plantea la recolección y conducción de las aguas residuales de la zona conurbada de Nativitas (Sta. Apolonia Teacalco, Tepactepec, La Concordia y Nativitas) y en forma general en un futuro próximo, la integración a este sistema de tratamiento; las aguas generadas por las siguientes localidades: San Rafael Tenanyecac, San José Atoyatenco, San Miguel Xochitecatitla, San Vicente Xiloxochitla, Santiago Michac, Capula, Gpe. Victoria y San Miguel del Milagro. En las tablas 5.2 y 5.2(a) se resumen las características generales de esta alternativa.

En lo que respecta al sistema en estudio, localidad conurbada Nativitas, las redes de alcantarillado de cada una de

S I S T E M A   D E   T R A T A M I E N T O

TABLA 5.2

SISTEMA DE TRATAMIENTO 2

POBLACION	CAUDAL (LT/SEG)			N° DE HABITANTES A SERVIR		
	MIN.	MED.	MAX.	MAX. MAX.	ACTUAL	PROYECTO
SN. RAFAEL TENANYECAC	4.31	8.61	20.71	31.06	4000	6200
SN. MIGUEL XOCHITECATITLA*	3.47	6.94	22.52	33.78	2500	5000
SN. VICENTE XILOXOCHITLA	0.66	1.32	5.00	7.50	670	795
CAPULA* (2)	2.78	5.56	18.52	27.78	2600	4000
GPE. VICTORIA (2)						
SN. MIGUEL DEL MILAGRO* (2)						
SANTIAGO MICHAC	2.78	5.56	18.52	27.78	--	4000
SN. JOSE ATOYATENCO	1.39	2.78	9.96	14.94	--	2000
STA. APOLONIA TEACALCO* (1)	10.42	20.83	57.87	86.80	7500	15000
LA CONCORDIA* (1)						
TEPACTEPEC* (1)						
NATIVITAS* (1)						
S U M A :	25.81	51.60	153.10	229.64		

Q DISEÑO

PLANTA DE TRAT. 1) ACTUAL  
2) FUTURO

26.4 (30.0)

51.60



SISTEMAS DE TRATAMIENTO COLECTORES

TABLA 5.2 (a)

<u>SISTEMA DE TRATAMIENTO 2</u>		SURESTE DEL EDO. DE TLAX.				
DE:	A:	CAUDAL (LT/SEG)	Q. ACUM. (LT/SEG)	LONG. (M)	DIAM. A COLOCAR (CM)	(PULG.)
SN. RAFAEL TENANYECAC	SN. MIGUEL XOCHITECATITLA	31.06	-	1680	20	8"
SN. JOSE ATOYATENCO	"	14.94	46.00	1840	20	8"
SN. MIGUEL XOCHITECA- TITLA	CAPULA	33.78	79.78	1280	25	10"
SANTIAGO MICHAC	CAPULA	27.78	107.56	1200	30	12"
CAPULA	NATIVITAS	27.78	135.34	2400	30	12"
SN. VICENTE XILOXO- CHITLA	NATIVITAS	7.50	142.84	7400	30	12"
NATIVITAS	PTA. DE TRATAMIENTO	86.80	229.64	1500 (existente)	20	8" (A PRE- SION)

TUBERIA DE 20 CM (8") Ø = 3520 M  
 TUBERIA DE 25 CM (10") Ø = 1280 M  
 TUBERIA DE 30 CM (12") Ø = 11000 M

estas poblaciones están interconectadas con el sistema Nativitas, por lo que su recolección y conducción es hacia el mismo punto de desfogue de la red de esta población. Este se localiza al final de la Calle Niños Héroes, punto del cual se tendrá que bombear hasta el sitio de tratamiento.

Los caudales estimados para cada localidad y en particular para Nativitas se presentan en las tablas mencionadas anteriormente. Estas estimaciones fueron establecidas por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Estado, a través de la Residencia General de Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, como datos de proyecto para cada uno de los sistemas de atarjeas de las poblaciones involucradas. En resumen esta alternativa contempla lo siguiente:

1.- Proyecto Actual:

Conducir las aguas de Nativitas, Tepactepec, Teacaico y la Concordia hasta el sitio propuesto para la planta de tratamiento, al sureste de Nativitas.

- a) Longitud de colector: 1.5 km (existentes)
- b) Diámetro de colector: 20 cms. (8 pulg.)
- c) Gasto a manejar: 30 l/seg
- d) Conducción: por bombeo en el sitio de la planta

2.- A Futuro:

Integración a este sistema de tratamiento, las aguas residuales de: San Rafael Tenanyecac, San Miguel Xochitecatitla,

San Vicente Xiloxochitla, Capula, Gpe. Victoria, Santiago Michac, San José Atoyatenco y San Miguel del Milagro.

- a) Longitud total de colectores: 15.8 km (aprox.)
- b) Diámetro de colector: 20 cms.
- c) Gasto a manejar: 52 l/seg.
- d) Conducción: por gravedad, hasta interconexión con sistema Nativitas.

#### Sistema de Tratamiento 3:

Recolectar y conducir las aguas hasta un solo punto de tratamiento al suroeste de Tetlatlahuca, de las siguientes localidades: San Damián Texoloc, San Bartolomé Tenango, Sta. Isabel Tetlatlahuca, Sta. Cruz Aquiahuac y San Jerónimo Zacualpan. Esta alternativa solo se plantea en forma general, por quedar fuera del alcance del estudio. Algunos datos técnicos se dan en las tablas 5.3 y 5.3(a). En resumen esta alternativa contempla lo siguiente:

- a) Longitud total de colectores: 11.5 km (aprox.)
- b) Diámetro de colector: 20 y 30 cms.
- c) Gasto a manejar: 32.0 l/seg
- d) Conducción: por gravedad

#### Sistema de Tratamiento 4:

Esta alternativa contempla la captación y conducción de las aguas residuales de la Ciudad de Zacatelco, hasta el sitio propuesto para su tratamiento. El caudal de agua, estimado por la Residencia General de Construcción de sistemas de Agua Potable

S I S T E M A S   D E   T R A T A M I E N T O

TABLA 5.3

SUROESTE DEL EDO. DE TLAX.

SISTEMA DE TRATAMIENTO 3

POBLACION	CAUDAL (LT/SEG)				N° DE HABITANTES A SERVIR	
	MIN.	MED.	MAX.	MAX. MAX.	ACTUAL	PROYECTO
SN. DAMIAN TEXOLOC*	3.13	6.25	20.54	30.82	3360	4500
SN. BARTOLOME TENANGO*	1.04	2.08	7.67	11.50	796	1500
STA. ISABEL TETLATLAHUCA*	4.17	8.33	26.41	39.62	3300	6000
STA. CRUZ AQUIAHUAC*	4.17	8.33	26.41	39.62	2725	6000
SN. JERONIMO ZACUALPAN(*)	3.47	6.94	22.52	33.78	2500	5000
S U M A :	15.98	31.93	103.55	155.34		23 795 HAB.

Q DISEÑO  
PLANTA DE TRAT.

ACTUAL

FUTURO

32.0 L/SEG

SISTEMAS DE TRATAMIENTO COLECTORES

TABLA 5.3 (a)

SUROESTE DEL EDO. DE TLAX.

SISTEMA DE TRATAMIENTO 3

A:	DE:	CAUDAL (LT/SEG)	Q. ACUM. (LT/SEG)	LONG. (M)	DIAM. (CM)	A COLOCAR (PULG.)
SN. DAMIAN TEXOLOC	SN. BARTOLOME TENANGO	30.82	-	3360	20	8"
SN. BARTOLO TENANGO	STA. ISABEL TETLA-- TLAHUCA	11.50	42.32	3040	20	8"
SN. JERONIMO ZACUALPAN	STA. CRUZ AQUIAHUAC	33.78	76.1	1840	25	10"
STA. CRUZ AQUIAHUAC	STA. ISABEL TETLA- TLAHUCA	39.62	115.72	2400	30	12"
STA. ISABEL TETLATLAHUCA	A PLANTA DE TRAT.		155.34	800	38	15"

TUBERIA DE 20 CM (8") Ø = 6400 M  
 " DE 25 CM (10") Ø = 1840 M  
 " DE 30 CM (12") Ø = 2400 M  
 " DE 38 CM (15") Ø = 800 M

y Alcantarillado del Estado de Tlaxcala, para el proyecto de la red de alcantarillado de la ciudad y otros datos técnicos, se presentan en las tablas 5.4 y 5.4(a). A continuación se resumen las características de esta alternativa:

- a) Longitud de colector: 5.3 kms.
- b) Diámetro de colector: 20 cms.
- c) Gasto a manejar: 50.0 l/seg
- d) Conducción: por gravedad

En la siguiente tabla se resumen los costos de conducción para los sistemas involucrados en este estudio:

ALTERNATIVA	INVERSION (MM PESOS)	O P E R A C I O N	
		Kw - Hr	\$/DIA
SISTEMA 2	45	269	5910
SISTEMA 4	265	-	-

## 5.2. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Tomando en cuenta que el uso potencial de las aguas tratadas es de riego y que casi la totalidad de las aguas residuales de la localidad son de origen doméstico, se analizarán algunos de los métodos más convencionales para remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos, así como organismos patógenos.

S I S T E M A S   D E   T R A T A M I E N T O

TABLA 5.4

SUROESTE DEL EDO. DE TLAX.

SISTEMA DE TRATAMIENTO 4

POBLACION	C A U D A L   ( L T / S E G )				N° DE HABITANTES A SERVIR	
	MIN.	MED.	MAX.	MAX. MAX.	ACTUAL	PROYECTO
ZACATELCO*	20.00	40.00	103.00	154.00	14 117	25 000
S U M A :			103.00			
Q DISEÑO PLANTA DE TRAT.			50.0			

NOTAS;   \* DATOS DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADO

(1) ZONA CONRUBADA DE NATIVITAS

(2) INTEGRADOS A CAPULA

Q DISEÑO

PLANTA DE TRAT. (ACTUAL), INCLUYE HORIZONTE DE PROYECTO (ESTUDIO) Y SOLO  
ALCANCE DEL ESTUDIO

Q DISEÑO

PLANTA DE TRAT. (FUTURO), INCLUYE OTRAS LOCALIDADES APARTE DEL ALCANCE DEL ESTUDIO

SISTEMAS DE TRATAMIENTO COLECTORES

TABLA 5.4. (a)

SUROESTE DEL EDO. DE TLAX.

SISTEMA DE TRATAMIENTO 4

DE:	A:	CAUDAL (LT/SEG)	Q. ACUM. (LT/SEG)	LONG. (M)	DIAM. (CM)	A COLOCAR (PULG.)
ZACATELCO	A PLANTA DE TRAT.	154.00	154.00	5300	30.8	15"

TUBERIA DE 38 CM (15") Ø = 5300 M



Primeramente se hará una selección cualitativa de estos métodos, para después analizar en forma cuantitativa cada uno de ellos y poder determinar el método más adecuado para la lo calidad y de acuerdo al uso que se estima tendrán las aguas tratadas. Una comparación de estos métodos, tomando en cuenta diversos parámetros, se da en la siguiente Tabla:

Tabla 5.5.

PARAMETRO	LAGUNAS DE ESTABILIZACION	LAGUNAS AIREADAS	FILTROS BIOLÓGICOS	LODOS ACTIVADOS	PROCESO FISICO-QUIMICO
Area requerida	Muy grande	Grande	Pequeña	Pequeña	Pequeña
Reducción de $DBO_5$ , %	50 - 80	50-90	40-75	70-95	30-50
Necesidades de mano de obra	Poco especializada	Poco especializada	Especializada	Especializada	Especializada
Resistencia a cargas - shock	Muy alta	Muy alta	Alta	Limitada	Alta
Resistencia a variaciones de flujo	Muy alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Producción de lodos	Muy pocos	Pocos	Grande	Grande	Grande
Necesidades de mantenimiento	Muy poco	Poco	Poco	Bastante	Bastante
Necesidades de energía	Poca	Moderada	Moderada	Alta	Alta
Costos de instalación	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto
Costos de operacion	Muy bajo	Bajos	Alto	Alto	Bastante Altos

De acuerdo a la Tabla anterior, podemos ver que cualquier de los métodos que se seleccione cumple con los requerimientos de calidad del agua para uso agrícola. Sin embargo, si tomamos en cuenta los parámetros de comparación, podemos hacer una selección cualitativa de algunos de los procesos de tratamiento.

Así, tenemos que uno de los parámetros más importantes en esta comparación, es el área requerida para la planta de tratamiento. Comparativamente podemos decir que las necesidades de área para cada uno de los procesos analizados es -- como sigue:

	<u>Unidades de Area</u>
Proceso físico-químico.....	1
Filtros biológicos.....	2
Lodos activados.....	2
Lagunas aireadas.....	3-10
Lagunas de estabilización.....	30-100

De acuerdo a lo anterior, en forma apriori podemos seleccionar tres de las alternativas analizadas: físico-químico, lodos activados y lagunas aireadas. Se descartan filtros biológicos por ser un proceso similar a lodos activados en cuanto a su comportamiento, pero de menor eficiencia y además, por requerirse una inversión del mismo orden. Las lagunas de estabilización, por requerir demasiado espacio en -

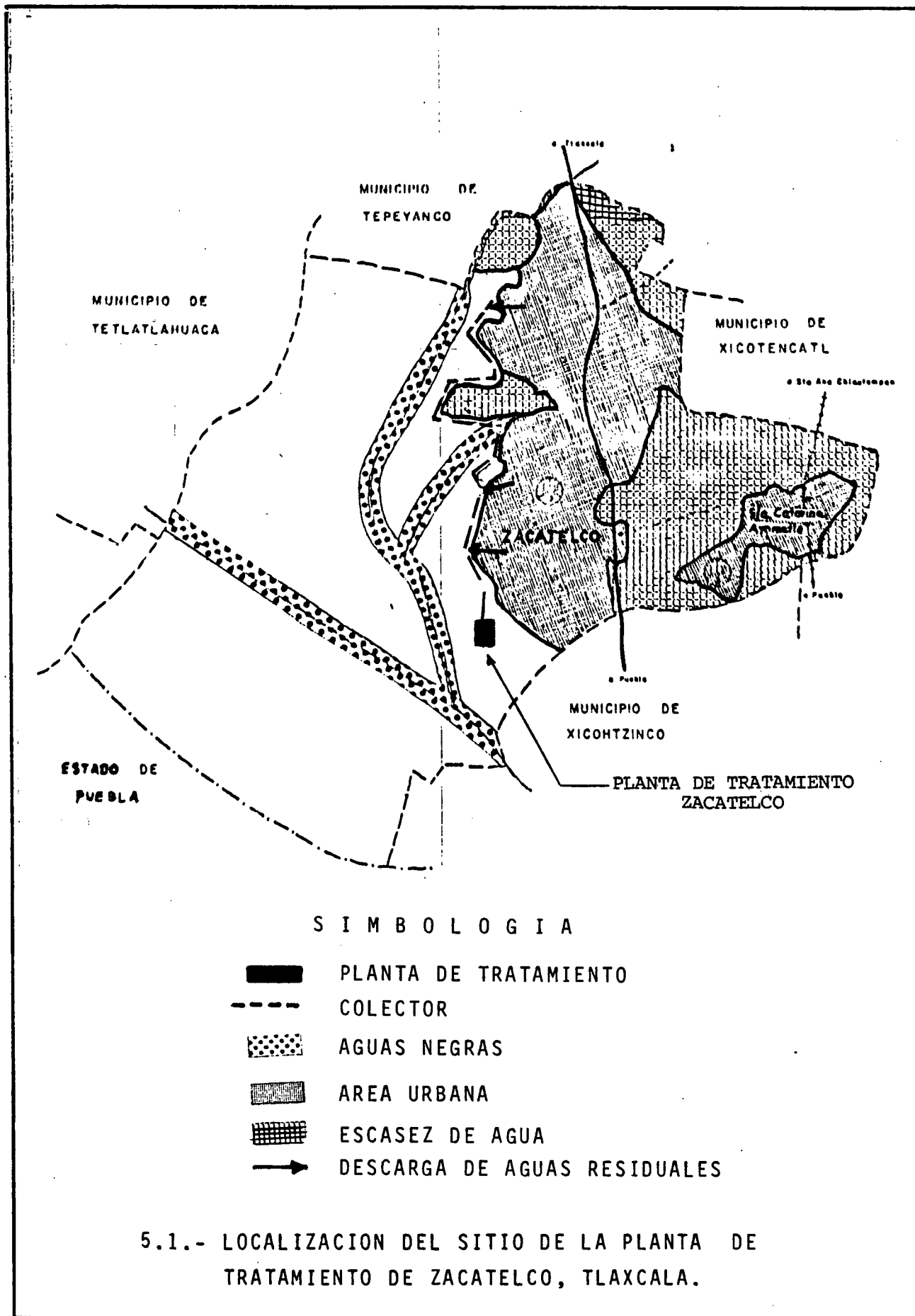
una zona donde la disponibilidad de área no es suficiente, debido a las condiciones de tenencia de la tierra. Posteriormente, en la evaluación de alternativas, se hará la selección de la que se considere mas adecuada de acuerdo a aspectos técnico-económicos.

### 5.3. LOCALIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:

Dado que es imperativo el tratamiento por separado de las aguas residuales, debido a la localización geográfica de las dos localidades en estudio, se han analizado dos sitios posibles para la ubicación de las plantas de tratamiento, uno para la ciudad de Zacatelco y el otro para la zona conurbada de Nativitas. Estos sitios fueron propuestos a juicio conjunto con la Delegación Regional de SEDUE en Tlaxcala.

#### 1).- Planta de Tratamiento Zacatelco:

Este sitio se localiza al suroeste de la ciudad de Zacatelco, entre la Barranca Seca y la Barranca Capula. Consiste de una superficie de 6.0 hectáreas (200 x 300 m) y el régimen de propiedad es particular. Este terreno se considera adecuado por contar con el área necesaria para las instalaciones de la planta y además el escurrimiento natural de las aguas residuales es hacia este sitio (ver croquis de localización en el estudio de mecánica de suelos, Cap. 7 y figura 5.1). Por otro lado reúne las siguientes características:

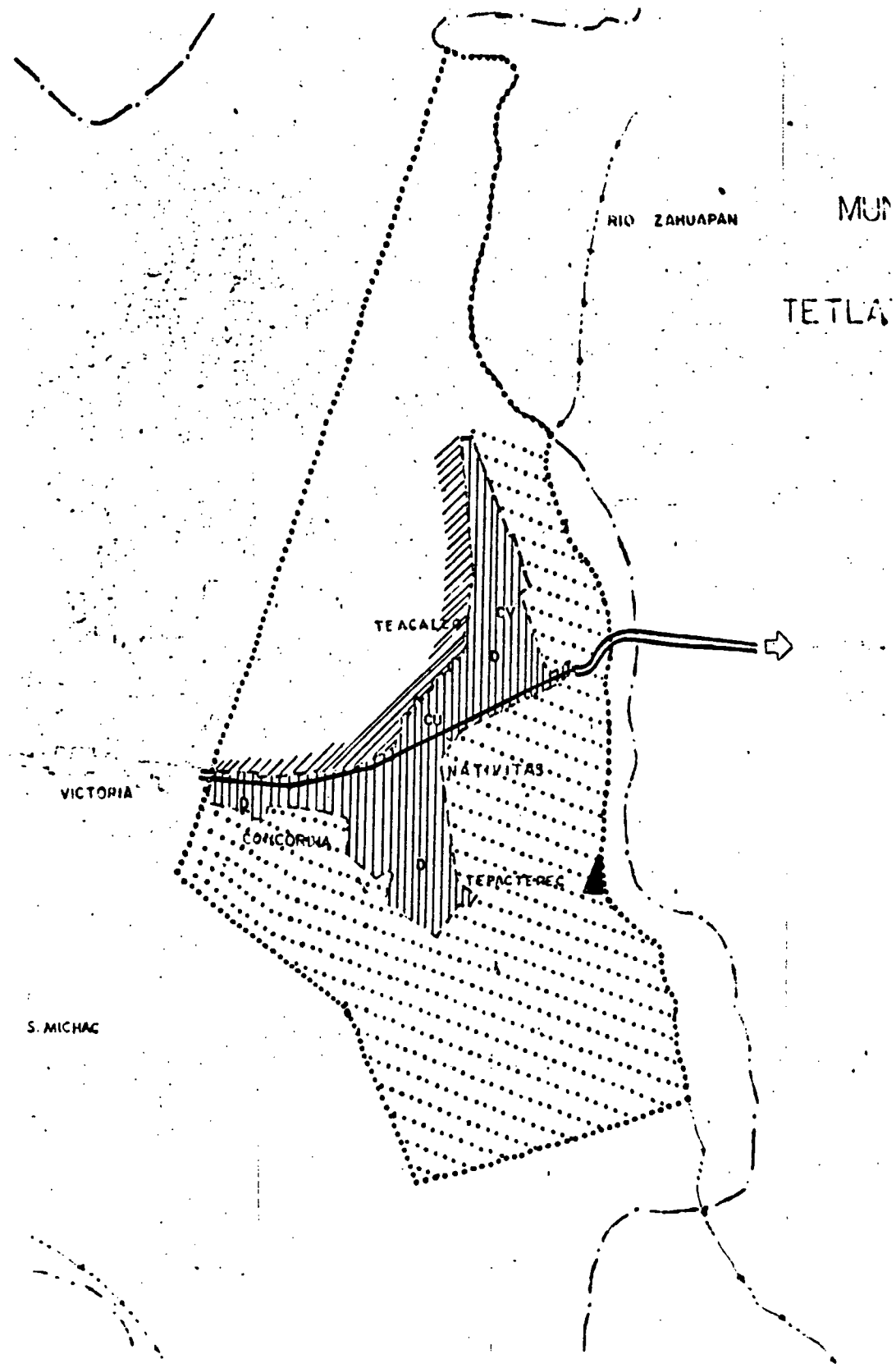


- a) Son terrenos de baja productividad
- b) Cuenta con acceso y posibilidad de servicios
- c) El agua tratada puede utilizarse en la misma zona, para riego agrícola.

2).- Planta de Tratamiento Nativitas:

El predio para ubicar la planta de tratamiento fué adquirido con anterioridad por el Municipio de Nativitas, el cual está ubicado al sureste de esta población, aproximadamente a 1500 mts. del desfogue de la red de alcantarillado, en la margen derecha del río Zahuapan (ver croquis de localización en el estudio de mecánica de suelos, Capítulo 7 y figura 5.2). Cuenta con una superficie de 10,000 m<sup>2</sup> en forma de triángulo isósceles, de 98 mts. de base por 210 m en sus lados aproximadamente iguales.

Este terreno no es suficiente para ubicar la planta de tratamiento del proceso seleccionado, la cual anda por el órden de 3.0 hectáreas. Por otro lado, según la recomendación de la mecánica de suelos practicada a este sitio, no es el adecuado desde el punto de vista del comportamiento de suelos.






-  AREA URBANA
-  ZONA AGRICOLA
-  LOCALIZACION PTA. DE TRATAMIENTO

FIG. 5.2

## 6.- EVALUACION DE ALTERNATIVAS



## 6. EVALUACION DE ALTERNATIVAS

De acuerdo a las alternativas de tratamiento planteadas en el punto anterior, se hará un análisis técnico-económico de las mismas, con base de comparación y en esta forma definir la alternativa óptima sobre la cual se base el diseño de la planta de tratamiento.

### 6.1. ANALISIS TECNICO - ECONOMICO

Las alternativas de tratamiento a evaluar son:

- 1). Proceso físico - químico
- 2). Lodos activados convencionales
- 3). Lagunas aereadas

Las alternativas consideran la construcción de dos plantas; una para Zacatelco, ubicada al suroeste de la localidad en terreno de propiedad particular (6 Ha.) y otra para Nativitas ubicada al sureste de la localidad en terreno de propiedad municipal --- (1 Ha). Ver croquis de localización en Cap. 7 y Fig. 5.1 y 5.2. Cabe mencionar que la superficie del terreno para Nativitas no es suficiente, por lo que se tienen que comprar 2 Has. más.

El costo de conducción de las aguas residuales, tanto para Zacatelco como para Nativitas en la etapa actual es el mismo para las 3 alternativas.

Las consideraciones técnicas y sociales de los 3 procesos se mencionan a continuación:

- 1). Las necesidades de área para cada uno de los procesos es como sigue:

	<u>M<sup>2</sup></u>
Proceso fisico-químico. . . . .	3,000
Lodos activados . . . . .	6,000
Lagunas aireadas. . . . .	20,000

Lo anterior para un gasto aproximado de 50 l/seg.

- 2). Las variaciones de carga orgánica que aceptan estos procesos es variada, la cual influye en la remoción de DBO, grandes variaciones afectan significativamente el proceso de lodos activados y en menor grado al proceso de lagunas aireadas, siendo insignificante en el tratamiento fisico-químico, el cual absorbe estos cambios variando la dosificación de productos químicos. Lo anterior es importante, dado que las aguas residuales de las localidades de Nativitas y Zacatelco tendrán estas características, puesto que la disposición del drenaje sanitario de la ciudad permite la combinación de aguas pluviales, característica que hará variar la carga orgánica dependiendo de la época del año.
- 3). La mano de obra requerida para la operación de la planta mediante estos procesos es como sigue:

Mano de Obra

Proceso físico-químico . . . . .	Especializada
Lodos activados. . . . .	Especializada
Lagunas aireadas . . . . .	Poco espec.

La necesidad de mano de obra especializada, es un inconveniente de bastante peso, debido a la carencia de la misma actualmente y al alto costo que significa su contratación.

- 4). La producción de lodos es otro factor importante en la operación de una planta de tratamiento, ya que una alta generación de lodos practicamente requiere la construcción de otra planta para su tratamiento y evitar que su disposición final cause problemas de contaminación. Así, tenemos que comparativamente nuestros procesos al respecto se comportan de la siguiente manera:

	<u>Producción de Lodos</u>
Proceso físico-químico . . . . .	Alta
Lodos activados. . . . .	Alta
Lagunas aireadas . . . . .	Baja

La diferencia en la producción de lodos se debe al tiempo de retención de cada proceso, así tenemos por ejemplo, que la producción de lodos en un proceso de lodos activados es el doble que en lagunas aireadas. Lo anterior se debe a que un lodo de mayor tiempo de retención permite que éste sea degradado y mineralizado.

- 5). Los costos de operación y mantenimiento son altos para estos procesos, sobre todo para lodos activados y proceso físico-químico, debido a que estos procesos demandan mayor cantidad de personal y están sujetos a sufrir mayores alteraciones en su funcionamiento. En este aspecto van incluidos los requerimientos de energía como parte integrante de los costos de operación.
- 6). Los costos de construcción e instalación del equipo para una planta de tratamiento, podemos considerar que son más altos si se trata de un proceso de lodos activados o físico-químico. En el caso de lagunas aireadas, estos costos dependen mucho del costo de construcción, debido a que las necesidades de equipo son mucho menos que la de los otros procesos. Sin embargo, si se cuenta con el terreno disponible, las lagunas aireadas son el método preferido en climas cálidos.

Las consideraciones económicas de los tres procesos se presentan en la Tabla 6.1, donde se comparan los costos de construcción, compra e instalación del equipo. Estos costos se engloban en uno solo, considerándose como la inversión de la planta.

Tabla 6.1  
 INVERSION REQUERIDA  
 En Miles de Pesos

ALTERNATIVAS	INVERSION 1/	COSTO DEL 2/ TERRENO	TOTAL
Físico-químico	1'300,000	1,500	1'301,500
Lodos activados	1'500,000	3,000	1'503,000
Lagunas aireadas	550,000	10,000	560,000

1/ Sin considerar la conducción de aguas residuales a la planta ni ingeniería.

2/ Considerando un costo de \$  $5 \times 10^6$  /Ha de terreno

De acuerdo a los planteamientos anteriores, podemos concluir, que la alternativa más adecuada para proyectar la planta de tratamiento de aguas residuales en las localidades de Zacatelco y Nativitas, Tlax., son las lagunas aireadas, puesto que técnicamente reúne las características necesarias para lograr un tratamiento eficiente de las aguas, con un costo de inversión mucho menor que los otros dos procesos, requiriendo menor costo de operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento.

En el siguiente capítulo se hará el diseño básico de las unidades que comprende la planta de tratamiento por medio de las lagunas aireadas, con base en las características del terreno y pruebas de tratabilidad del desecho.

## 7. DISEÑO DE INGENIERIA BASICA

## 7. DISEÑO DE INGENIERIA BASICA

### 7.1. TOPOGRAFIA

El levantamiento topográfico tanto del predio donde se instalarán las Plantas de Tratamiento, como el del trayecto de colectores; tiene como objeto proporcionar las bases para diseñar y distribuir las unidades que conforman el sistema de tratamiento y edificios accesorios, así como la posterior -- evaluación de cantidades de excavación y relleno para determinar los costos que comprenden dichos conceptos.

En lo referente a colectores; el conocimiento de la -- Planta y perfil del trazo, es el punto de partida para colocar pozos de visita que de acuerdo a las normas<sup>1/</sup> garanticen tanto una buena ventilación del sistema, como una adecuada -- limpieza. El perfil del trazo es la base para determinar -- pendientes de las tuberías, caídas en pozos de visita y consecuentemente diámetros que aseguren velocidades de escurrimiento sin provocar el deterioro del emisor o asentamiento -- de sólidos que lo azolven.

---

<sup>1/</sup> Normas de Proyecto para Alcantarillado Sanitario para Poblaciones de la República Mexicana. Dirección Gral de Agua Potable y Alcantarillado, México.

### 7.1.1. LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO

La planimetría del predio donde se alojará cada una de las plantas de Tratamiento se realizó mediante una poligonal cerrada con una tolerancia lineal de 1:500 y un angular de:

$$\text{Tolerancia angular} = 1' \sqrt{n} \quad (1)$$

Donde:  $n$  = número de lados.

Dichas tolerancias de cierre son las normalmente utilizadas para este género de trabajos cuando los levantamientos se realizan con cinta y teodolito con precisión angular de un minuto.<sup>2/</sup>

Con el objeto de determinar el punto de los lados, se procedió a orientar astronómicamente uno de ellos, haciendo observaciones al sol y deduciendo los azimutes y rumbos de los lados restantes.

En el campo se mojoneó cada uno de los vértices de la poligonal para su pronta reconstrucción. (Ver plano topográfico del predio en el anexo).

El eje del trazo de colectores se realizó mediante una poligonal abierta, estacando a cada 50 m. y en cada cambio de dirección. Los vértices predominantes de la poligonal fueron debidamente referenciados a puntos inmóviles del te--

---

<sup>2/</sup> Topografía. Miguel Montes de Oca, Editorial Servicios -  
Técnicos de Ingeniería.



rreno pasa su fácil identificación. (Ver plano topográfico-de colectores y reconstrucción del trazo).

### 7.1.2. LEVANTAMIENTO ALTIMETRICO.

La altimetría del predio donde se alojará la planta de tratamiento, comprendió la nivelación de los vértices de la poligonal de apoyo y la realización de una configuración, determinando curvas de nivel equidistantes cada 50 cm.

La nivelación de los vértices se realizó mediante una nivelación diferencial y la tolerancia de cierre adoptada -- fue de:

$$T = \sqrt{n} \quad (2)$$

Donde: T = Tolerancia admitida en (cm)

n = Cantidad acumulada de kilómetros recorridos.

Dicha tolerancia de aire vertical en nivelaciones diferenciales de ida y regreso, son las normalmente utilizadas para este género de trabajos cuando se emplea un nivel fijo.<sup>2/</sup>

La nivelación del eje de trazo de colectores se realizó mediante una nivelación de perfil, leyendo al milímetro en el estado los puntos de liga y las estacas del trazo al centímetro. En dicha nivelación los puntos de liga fueron debidamente estacados y los predominantes, donde el terreno lo -

---

<sup>2/</sup> Op. Cit.

permitía, se referenciaron a puntos inmóviles.

En el recorrido del trazo se fijaron varios bancos de nivel mojoneados y/o debidamente referenciados.

La tolerancia de cierre se determinó mediante la expresión (2), habiendo hecho la nivelación tanto de ida como de regreso.

La planta y el perfil del trazo del eje de colectores aparecen en el anexo.

## 7.2. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

El estudio del subsuelo tiene como objetivo principal proporcionar los elementos necesarios para el anteproyecto de la planta de tratamiento, en cuanto a las siguientes características requeridas del subsuelo: Capacidad de carga, - compresibilidad y permeabilidad.

A continuación se describen las principales características de la zona estudiada para ZACATELCO; los trabajos llevados a cabo; las condiciones estratigráficas del subsuelo y las propiedades mecánicas obtenidas. En el anexo 1 se presenta el estudio de mecánica de suelos para el sitio seleccionado en NATIVITAS.

El sitio elegido para el anteproyecto se ubica en una propiedad particular y cuenta con una superficie aproximada de 6 hectáreas, las cuales han sido destinadas al cultivo de alfalfa y haba.

El predio se localiza entre la barranca seco y el río Zahuapan a 1.3km. aproximadamente y al poniente de la población de Zacatelco.

El anteproyecto de la planta de tratamiento contempla la construcción de lagunas de aereación y sedimentación, las cuales deberán formarse mediante bordos y excavaciones parciales dentro del área de las lagunas.

Por lo anterior se hace necesario conocer las posibilidades que presenta el subsuelo para ser utilizado en la construcción de los bordos y sus propiedades en cuanto a permeabilidad y características del suelo de cimentación.

#### 7.2.1.- CONDICIONES REGIONALES

La geología superficial se puede catalogar como representativa de la existente en las márgenes del Río Zahuapan caracterizada por dos eventos principales: la erosión de la zona de lomeríos y depósito posterior de materiales en estas áreas bajas constituidos principalmente por arenas, arcillas y limos e inundaciones por desbordamientos del río Zahuapan, originando secuencias estratigráficas de arenas, limos y arcillas arenosas con intercalaciones de estratos de turbas con diferentes grados de oxidación.

Entre el predio y el arroyo Seco existe un bordo formado por arenas pocas limosas que aparentemente a tenido problemas de desbordamientos, turbidificaciones y erosiones, por lo que en algunos tramos se han colocado sacos con relleno de suelos para contener al agua.

Por lo anterior se estima que el predio elegido a estado sujeto a fuertes inundaciones, lo cual se corrobora con la estratigrafía obtenida de los sondeos realizados y que posteriormente se describen.

La topografía en la zona se puede catalogar como plana y sensiblemente horizontal con drenes perimetrales del orden de 50cm de profundidad.

La zona se puede clasificar dentro de la zona sísmica, con sismos frecuentes y con intensidades comprendidas entre 4 y 6° de la escala de Richter

### 7.2.2.- ESTUDIOS REALIZADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Con el objeto de conocer las condiciones estratigráficas y las propiedades de los suelos existentes en el sitio en estudio, se programó y llevo a cabo un visita preliminar conjunta con el personal técnico de "Ingenieros Ambientales Asociados" en la cual se nos mostró el predio a estudiar.

En otra visita técnica posterior fué posible definir las condiciones geotécnicas superficiales existentes, así como la exploración y muestreo requeridos.

#### a).- EXPLORACION Y MUESTREO

Se estableció que para esta etapa preliminar del proyecto se ejecutara unicamente una exploración superficial, mediante la excavación manual con pico y pala de dos pozos a cielo abierto, los cuales se llevaron a una profundidad promedio de 1.50m., determinandose posteriormente los espesores de cada estrato y la profundidad del nivel de aguas freáticas.

De las paredes de los pozos se obtuvieron muestras alteradas representativas y muestras cúbicas inalteradas, mediante su labrado en el sitio.

Despues a las muestras obtenidas se les clasificó mediante técnicas de campo, sometendolas en forma manual a pruebas índices de dilatancia, tenacidad y resistencia en estado seco, acto seguido se identificaron y se les colocaron etiquetas protegiendolas finalmente para su envío al laboratorio.

#### b).- ENSAYES DE LABORATORIO

Las pruebas en el laboratorio fueron orientadas y programadas con el objeto de conocer de cada estrato del subsuelo sus propiedades físicas y mecánicas y establecer del resultado de ellas parámetros para el diseño y recomendaciones generales para el anteproyecto.

Así a todas las muestras se les sometió en una etapa inicial a clasificación visual y al tacto en humedo y en seco, contenido de agua natural, límite líquido, límite plástico, contracción lineal y analisis granulométrico.

A las muestras cúbicas se les sometió además a pruebas de resistencia al esfuerzo cortante en compresión simple, triáxial rápida y permeabilidad. A las muestras alteradas representativas se les determinó su peso volumétrico seco máximo y humedad óptima en pruebas Proctor y posteriormente se obtuvieron especimenes al 95% de su peso volumétrico y se les ejecutaron pruebas de compresión simple, triáxial y permeabilidad.

c).- ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO

En base a los trabajos de exploración, muestreo y a la información obtenida en el campo y en el laboratorio es posible definir en el predio estudiado una estratigrafía bastante homogénea en cuanto a la disposición de los estratos y en términos generales se puede describir así: Superficialmente y con espesores comprendidos entre 0.60 y 0.80m existe: arcilla poco limosa café oscuro de baja compresibilidad con materia orgánica a la cual subyace hasta la máxima profundidad explorada de 1.50m una arcilla limosa de alta compresibilidad café oscuro con intercalaciones de materia orgánica y un estrato de arena gruesa gris de compacidad media en el sondeo PCA-2.

El nivel freático en el momento de hacer la exploración se detecto a 1.50m de profundidad, pero se estima que este sube en la época de lluvias.

SONDEO PCA-1

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
0.00 - 0.20	Arcilla poco limosa, café oscuro, de baja compresibilidad, con materia orgánica.
0.20 - 0.80	Arcilla, poco limosa, café oscuro, de baja compresibilidad de consistencia media con contenido de agua natural de 38%, límite líquido de 40%, límite plástico de 26%(Cl.)

0.80 - 1.50

Arcilla limosa, café oscuro, de alta compresibilidad, de consistencia media con intercalaciones de materia organica con contenido de agua natural de 56%, límite liquido de 65% , límite plástico de 45% (MH-CH).

El nivel de aguas freaticas se localizó a 1.50m de profundidad con respecto al nivel del terreno natural.

SONDEO PCA-2

PROFUNDIDAD  
(m)

D E S C R I P C I O N

0.00 - 0.17

Limo arcilloso, café oscuro, de baja compresibilidad, con materia orgánica

0.17 - 0.65

Limo arcilloso, café oscuro, de baja compresibilidad, de consistencia media, con contenido de agua natural de 31%, límite líquido de 42%, límite plástico de 21%(ML).

0.65 - 0.95

Arena gruesa, limosa, gris oscuro de compacidad media.

0.95 - 1.50

Arcilla limosa, café oscuro, de alta compresibilidad, con intercalaciones de materia orgánica de consistencia media, con contenido de agua natural de 54%, límite líquido de 60% y límite plástico de 38% (MH-CH) .

El nivel de aguas freáticas se detectó a 1.40m de profundidad con respecto al nivel del terreno natural.

Las propiedades físicas y mecánicas obtenidas en el laboratorio pueden resumirse como a continuación se indica:

<u>Estrato superior</u>	0.20 - 0.80
Clasificación SUCS	CL
Espesor	0.80
Contenido natural de agua	35%

Contenido de grava	0%
Contenido de arena	10%
Contenido de finos	90%
Límite líquido	42%
Límite plástico	30%
Índice plástico	12%
Contracción lineal	5.5%
Peso volumetrico humedo	1.65ton/m <sup>3</sup>
Resistencia en compresión simple	8.8ton/m <sup>2</sup>
Angulo de fricción interna	6°
Cohesión aparente	3.82ton/m <sup>2</sup>
Compresibilidad	Media
Permeabilidad en estado natural	1.19x10 <sup>-4</sup> cm/seg
Peso volúmetrico seco máximo	1.230ton/m <sup>3</sup>
Humedad óptima	36.4%
Resistencia en compresión simple al 95% de compactación.	12.0ton/m <sup>2</sup>
Permeabilidad al 95% de compactación	1.05x10 <sup>-4</sup> cm/seg.

Estrato Inferior                      0.80 - 1.50m

Clasificación SUCS.	MH-CH
Contenido natural de agua	56%
Contenido de grava	0%
Contenido de arena	3%
Contenido de finos	97%
Límite líquido	63%
Límite plástico	41%
Índice plástico	22%
Contracción Lineal	7.5%
Peso volúmetrico humedo	1.70ton/m <sup>3</sup>
Resistencia en compresión simple	3.60ton/m <sup>2</sup>
Angulo de fricción interna	0°
Compresibilidad	alta
Permeabilidad en estado natural	1.58x10 <sup>-5</sup> cm/seg
Peso volúmetrico seco máximo	1.382ton/m <sup>3</sup>

Humedad óptima	28.2%
Resistencia en compresión simple al 95% de compactación	5.6ton/m <sup>2</sup>
Permeabilidad al 95% de compactación	2.74x10 <sup>-6</sup> cm/seg
Cohesión aparente	1.91ton/m <sup>2</sup>

### 7.2.3).- LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DEL ANTEPROYECTO

Los bordos que conformaran a las lagunas de sedimentación y aereación para la Planta de Tratamiento estaran constituidos por terraplenes con altura de embalse de 2.5m y un bordo libre de 1.00m, por lo cual se tendrán alturas máximas de 3.5m con anchos de corona promedio de 5m.

En función de la estratigrafía obtenida y las propiedades físicas y mecánicas exhibidas por los suelos en el sitio elegido para ubicar esta planta se desprenden las siguientes condiciones importantes del subsuelo para hacer factible la construcción.

. El estrato subyacente de 0.60m de espesor presenta alta permeabilidad en estado natural y aun compactado, por lo cual solamente podrá ser aprovechado si se le recubre con un zampeado completo, procurando empotrar un dentellón de 50cm en el estrato más profundo. Así mismo el suelo de este estrato (0.20-0.80m) presenta algunas características que lo catalogan como colapsable, por lo que es preferible desecharlo para la construcción de los terraplenes y construir estos con materiales de préstamo o bancos cercanos que presenten propiedades mejores.

Estas características en parte son reflejadas por el comportamiento del bordo del rio Seco el cual presenta varias fallas de erosión y tubificaciones a lo largo de su desarrollo.

. El estrato comprendido entre 0.80-1.50m es una arcilla de alta compresibilidad (CH) con intercalaciones de arcillas orgánicas (OH) presentando las primeras valores de permeabilidad que son adecuados para retener el producto de aguas negras dentro de las lagunas, pero será necesario eliminar los depósitos de materia orgánica ya que estos en parte son permeables.



Se sugiere adoptar para el anteproyecto los siguientes lineamientos generales los cuales deberán ratificarse o rectificarse según sea el caso en el momento de realizarse el proyecto ejecutivo, el cual deberá estar apoyado en un estudio más intenso de Mecánica de Suelos con exploración profunda y muestreo de posibles bancos.

Recomendaciones: El anteproyecto en este sitio puede ser factible si se construyen los bordos con materiales de préstamo de bancos de mejor calidad o en su defecto utilizar el estrato superior de 0.20-0.80m pero recubriendo los bordos con zampeados que eviten la saturación del cuerpo del terraplen, compactando al material del bordo al 95% con respecto a su peso volumétrico seco máximo del lado humedo. Además se deberá construir un dentellón dentro del estrato de arcilla de alta compresibilidad.

a) CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO DE CIMENTACION

Se determinó la capacidad de carga del suelo de cimentación en base al criterio de Skempton para el estrato (0.80-1.50m) y para suelos predominantemente arcillosos, adoptando para el analisis una cohesión aparente de  $2\text{ton/m}^2$  y un peso volumétrico de  $1.70\text{ton/m}^3$ .

La expresión utilizada fué:

$$Q_u = C N_c + \gamma D_f$$

Donde:

$Q_u$  = Capacidad de carga última

$C$  = Cohesión aparente

$N_c$  = Parámetro de capacidad de carga

$\gamma$  = Peso volumétrico

$D_f$  = Profundidad de desplante

En estas condiciones la capacidad de carga última por falla al esfuerzo cortante del suelo de cimentación resulta de  $12.3\text{ton/m}^2$  y la sobrecarga estimada que actuará será del orden de  $3.7\text{ton/m}^2$  con lo cual se tendrá un factor de seguridad del orden de 3.4 el cual resulta adecuado. Se sugiere adoptar para el anteproyecto una capacidad de carga permisible de  $4\text{ton/m}^2$ .

b). ASENTAMIENTOS .- En virtud de que en esta primera etapa del proyecto no fué posible la ejecución de sondeos profundos por el costo que implica, no se pudo conocer la potencialidad de los estratos compresibles y la recuperación de muestras inalteradas a diferentes profundidades y determinar posteriormente en el laboratorio pruebas de consolidación. Por lo anterior no es posible calcular los asentamientos que se producirán a largo plazo los cuales se estiman sean importantes por lo que se hace necesario construir los terraplenes con antelación para que se presenten estos asentamientos antes de proceder al zampeado de los bordos y puesta en operación la planta de tratamiento.

c). ESTABILIDAD DE TERRAPLENES . Se estimaron las condiciones de estabilidad en base a los valores de cohesión y peso volumétrico de los materiales obtenidos del estrato superior (0.20-0.80) y es posible admitir taludes de 2.1 con lo que se tendrán factores de seguridad superiores a 2, siempre y cuando se les de la protección adecuada y se cuiden los procedimientos constructivos, control de calidad y de asentamientos.

d). PERMEABILIDAD Las arcillas limosas existentes entre 0.80 y 1.50m proporsionarán al fondo de la laguna buena impermeabilidad despues que sean saturadas y estar posteriormente en contacto con los sedimentos orgánicos contenidas en ellas.

Es aconsejable antes de proceder al proyecto ejecutivo valorar con más presición la potencialidad y extensión de los denositos de arcillas organicas (OH) existentes que se manifestaron en el sondeo PCA-2 así como la fluctuación del nivel freático el cual estimamos no rebase el nivel superior del estrato impermeable (0.80m); en el momento de efectuar los sondeos el nivel freático se detecto a 1.50m de profundidad.

#### 7.2.4.- NORMAS GENERALES DE CONSTRUCCION

A continuación se proporcionan las normas generales que a nivel de anteproyecto deben tomarse en cuenta las cuales posteriormente deberán ser ampliadas y adecuadas en base al estudio de mecánica de suelos a nivel de proyecto ejecutivo.

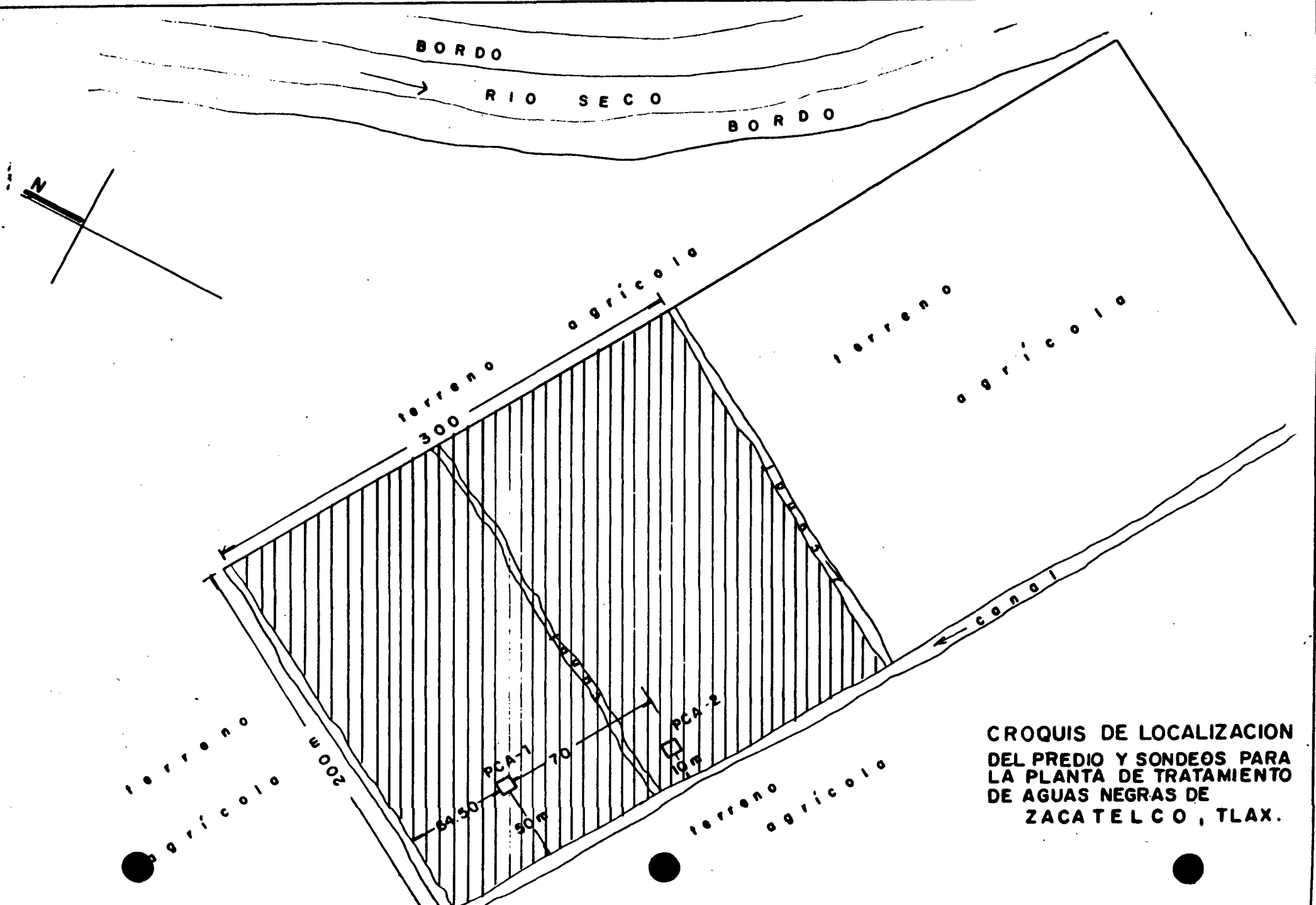
- Llevar a cabo la limpieza v despalme superficial del terreno donde se ubicarán las lagunas para la planta de tratamiento.

- Realizar los cortes necesarios de la Arcilla limosa (CL) de baja compresibilidad localizada entre 0.20-0.80m, para conformar los terraplenes para los bordos, pero de ser posible no excavar este estrato y traer material de importación de bancos cercanos para construir los bordos.
- Posteriormente proceder a compactar los suelos expuestos en las áreas de desplante de los terraplenes y lagunas, a un 95% con respecto a su peso volumétrico seco máximo.
- Formar los terraplenes (con cualquiera de las dos alternativas expuestas) en capas de 30cm. compactadas al 95% de su peso volumetrico seco máximo del lado humedo. Estos terraplenes deberán construirse con antelación para observar el comportamiento de ellos ante asentamientos.
- Posteriormente inundar las lagunas con aguas que contengan un alto contenido de sales durante un lapso de 10 días.
- Después se llevará a cabo el afine de los bordos, antes de colocar el zampeado para el arroje total de los bordos, para protegerlos contra todo tipo de intemperismo.
- De ser posible desde el punto de vista operacional de la planta se recomienda bajar la altura de los bordos a 3m.

#### 7.2.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

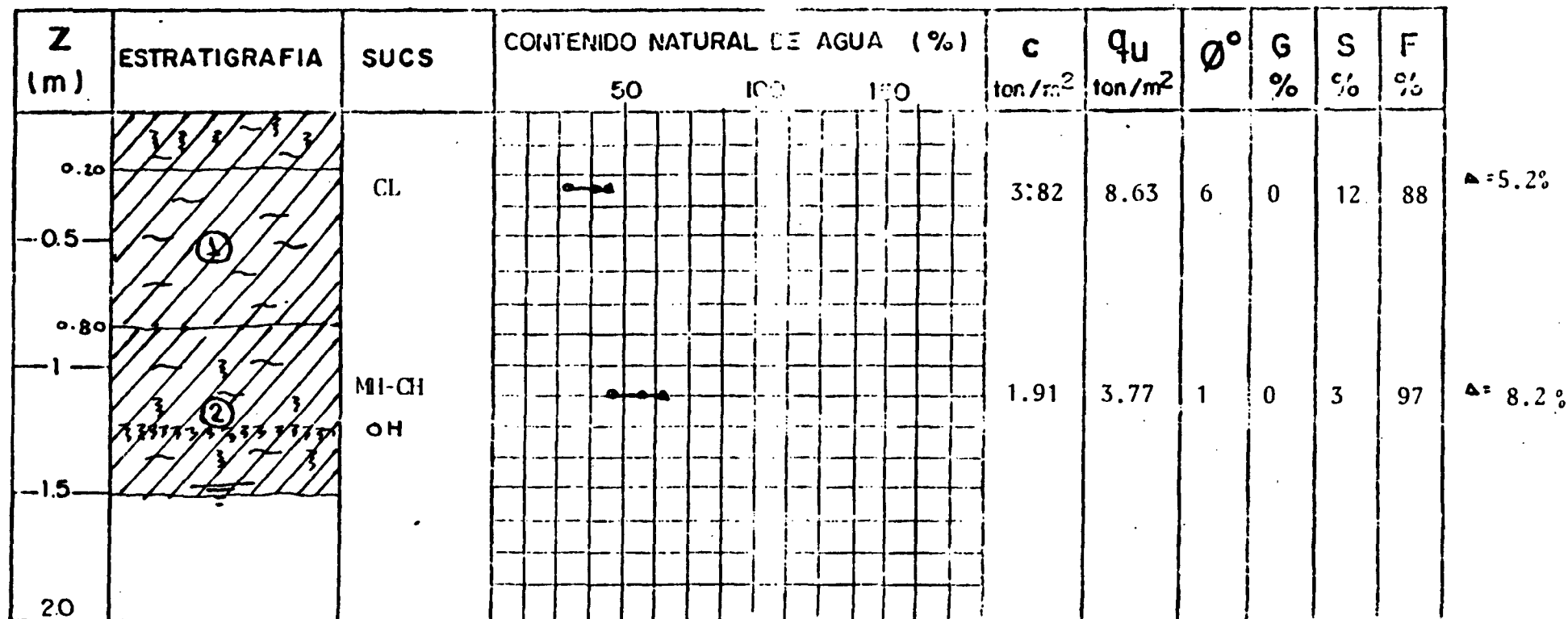
Los suelos existentes localizados superficialmente en el sitio elegido presentan propiedades heterogeneas en cuanto a impermeabilidad, siendo el estrato superior permeable y el inferior (0.80 -1.50) practicamente impermeable, por otra parte el estrato inferior es de alta compresibilidad y en algunas zonas con materia orgánica, por lo que es de esperarse se produzcan asentamientos a largo plazo al construir los terraplenes. Por lo anterior se estima que el sitio puede ser factible si se adoptan estos aspectos para el proyecto:

- Recubrir con zampeados los bordos
- Estudiar bancos para suelos de mejor calidad para la construcción de los bordos
- Llevar un control de asentamientos y construir los bordos con antelación.
- Llevar a cabo observaciones de las fluctuaciones del nivel freático para ponderar este efecto en épocas de lluvias.



**CROQUIS DE LOCALIZACION  
DEL PREDIO Y SONDEOS PARA  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS NEGRAS DE  
ZACATELCO, TLAX.**

RESUMEN  
EXPLORACION - LABORATORIO



① Arcilla poco limosa café oscuro de baja compresibilidad

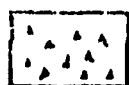
② Arcilla limosa café oscuro de alta compresibilidad con materia orgánica



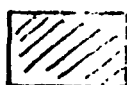
LIMO



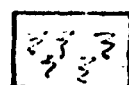
ARENA



GRAVA



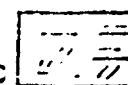
ARCILLA



MATERIA  
ORGANICA

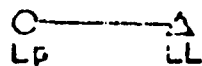


RELLENC

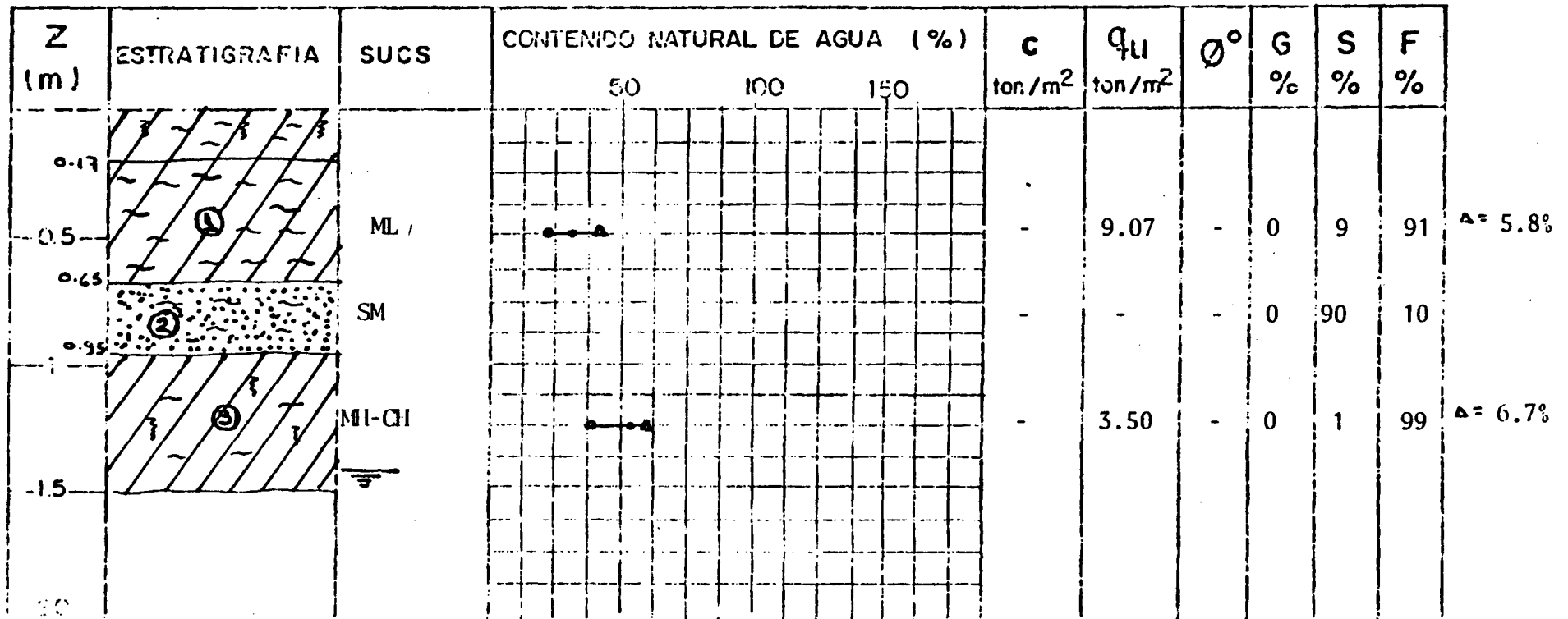


ROCA

Δ = Contracción Lineal.



RESUMEN  
EXPLORACION - LABORATORIO



- ① Limo arcilloso café oscuro de baja compresibilidad
- ② Arena gruesa poco limosa gris oscuro
- ③ Arcilla limosa café oscuro de alta compresibilidad con intercalaciones de materia orgánica



Δ: Contracción lineal

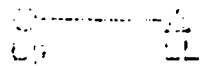
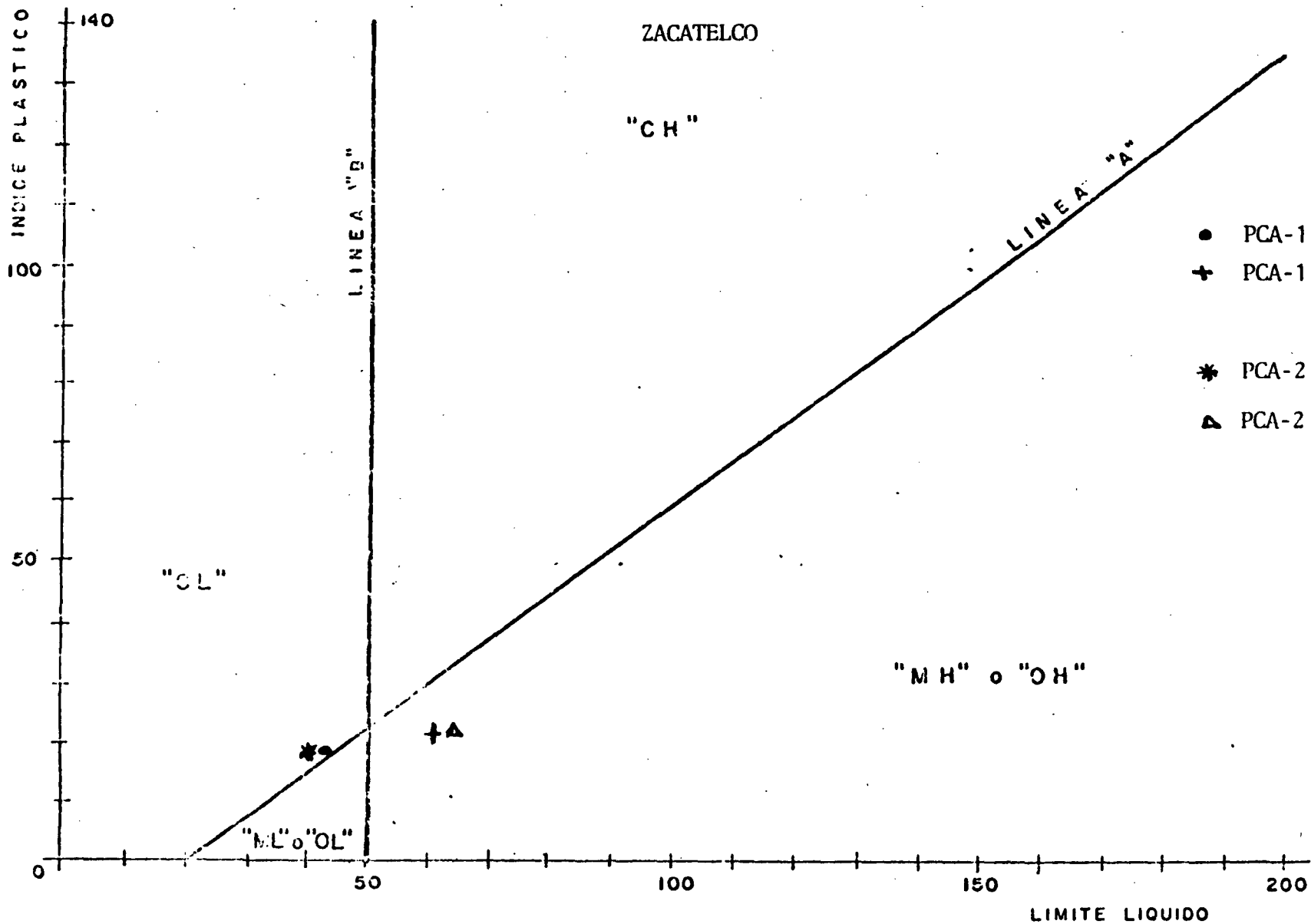


Fig.

# CARTA DE PLASTICIDAD

ZACATELCO





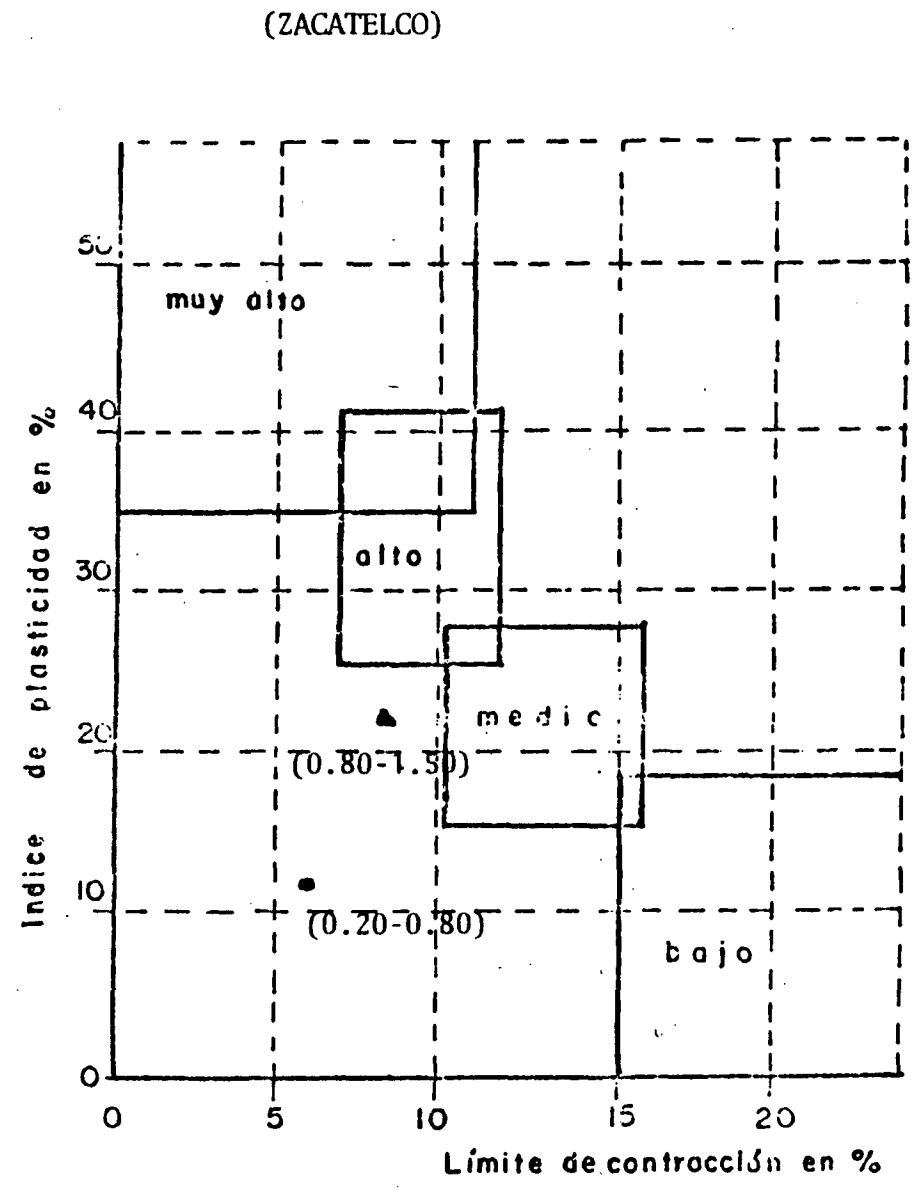
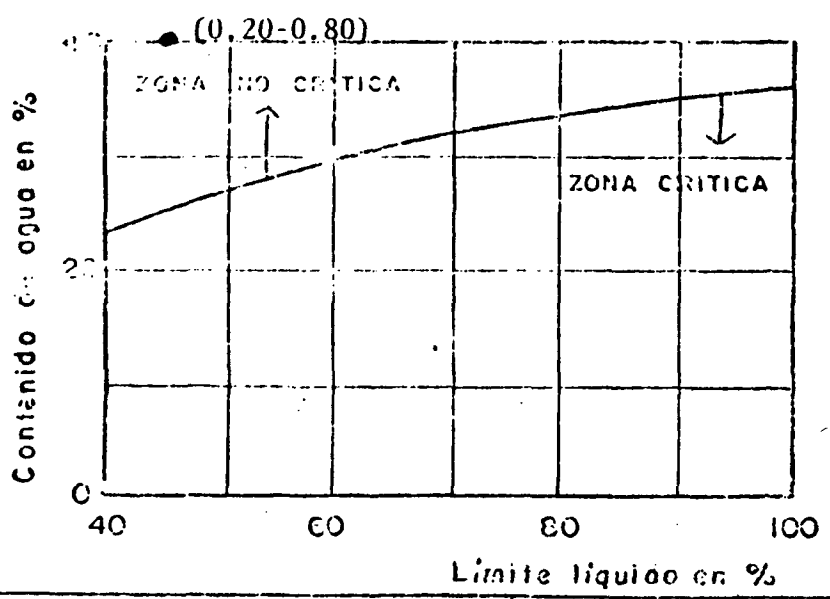
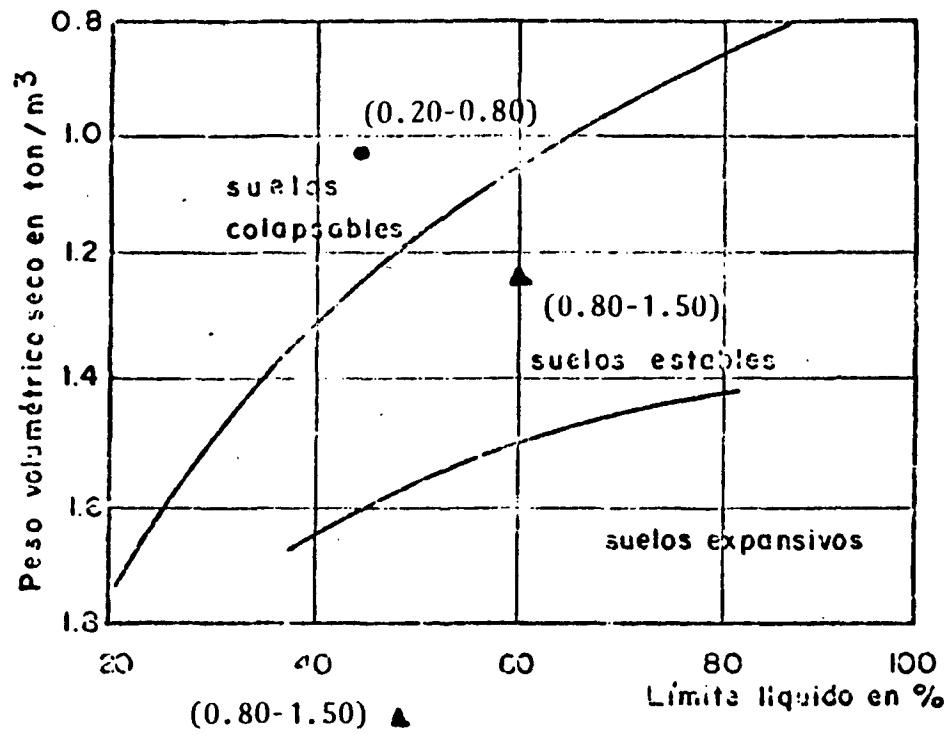
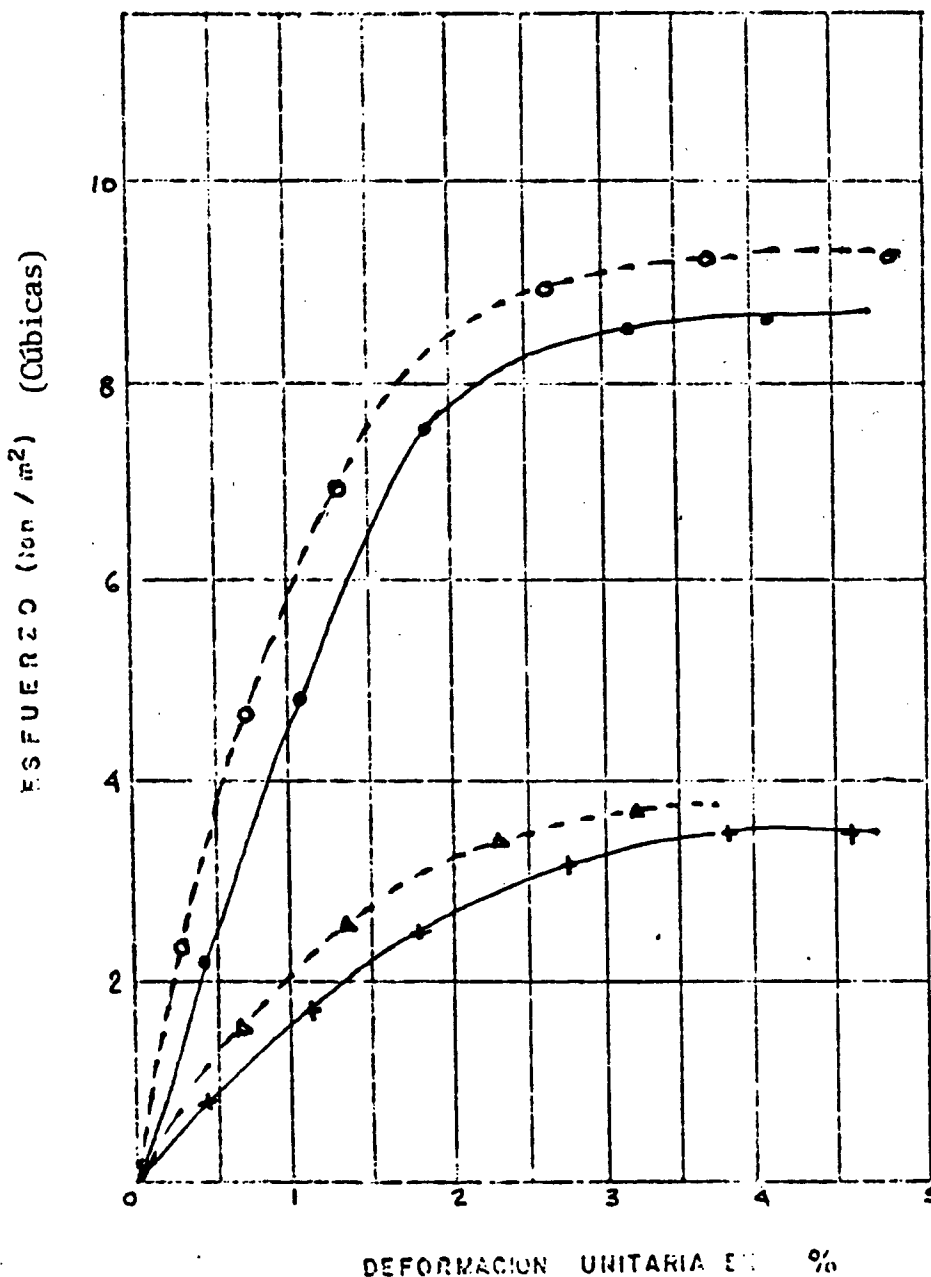






Fig. No.

### PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE

SERIE	MUESTRA	PROB. en (m)	$\gamma_m$ (1/m <sup>2</sup> )	W %	Ss
PCA-1	1	0.35	1.73	40.7	3.30
PCA-1	2	1.12	1.59	57.6	3.30
PCA-2	1	0.50	1.74	40.4	3.40
PCA-2	2	1.25	1.62	57.6	3.31



 PCA-2 M-1  
 PCA-2 M-2

 PCA-1 M-1  
 PCA-1 M-2

# PRUEBA TRIAXIAL

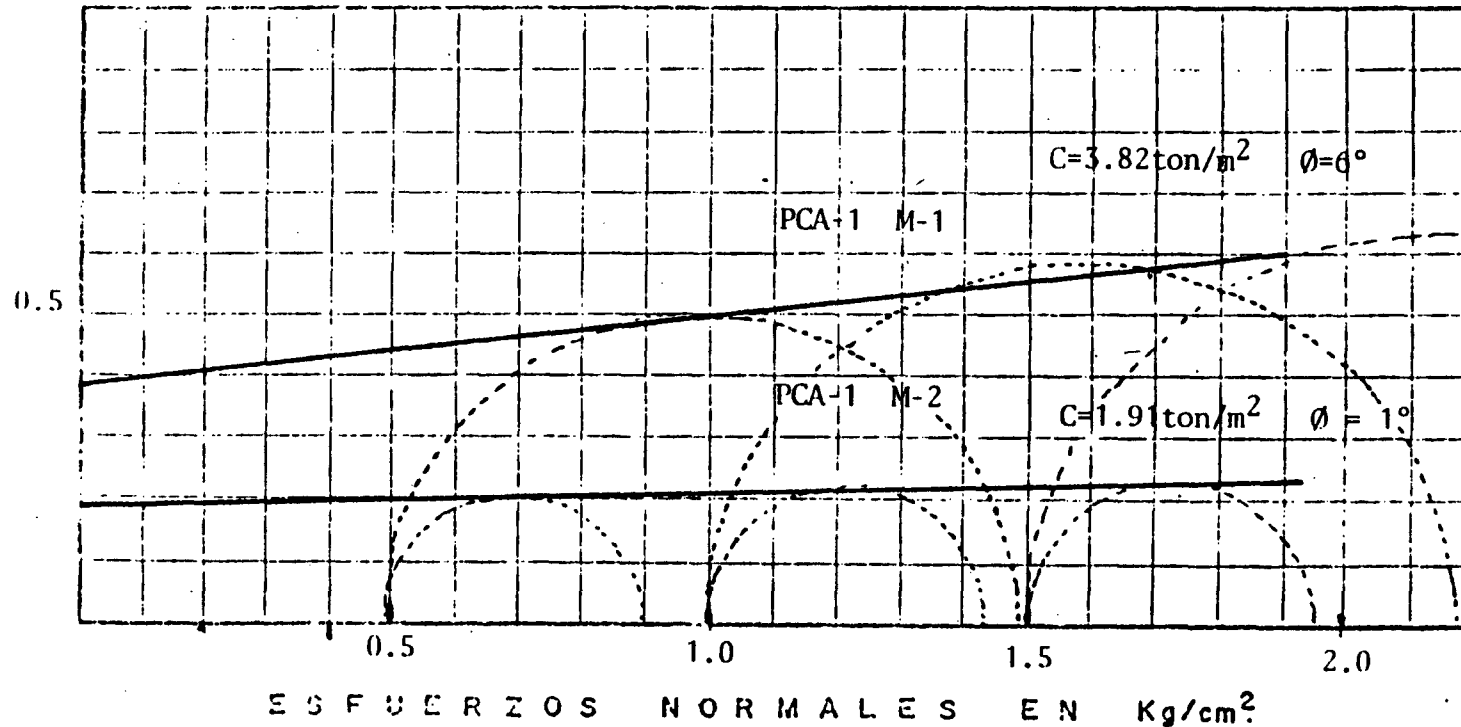
ESTUDIO: PLANTA DE TRATAMIENTO ZACATELCO TLAX

N° DE HOJA \_\_\_\_\_

DENSIDAD RELATIVA $S_s$	HUMEDAD, % $w$	RELACION DE VACIOS $e$	GRADO DE SATURACION $G_l$ , %	PESO VOLUMETRICO Ton/m <sup>3</sup> $\gamma_m$	ESF. PRINCIPALES		DEFORMACION UNITARIA %	$E_{tan}$ Kg/cm <sup>2</sup>
					$\sigma_3$ Ton/m <sup>2</sup>	$\sigma_1$ Ton/m <sup>2</sup>		
3.32	40.8	-	-	1.732	5.0	-	4.5	-
3.30	41.3	-	-	1.729	10.0	-	4.1	-
3.31	41.9	-	-	1.730	15.0	-	3.8	-
3.30	57.3	-	-	1.610	5.0	-	3.5	-
3.30	57.8	-	-	1.592	10.0	-	3.2	-
3.31	58.1	-	-	1.598	15.0	-	2.9	-

SONDEO N° PCA-1  
 MUESTRA N° 1 y 2  
 PROFUNDIDAD 0.5 1.25  
 LIMITE LIQUIDO LL \_\_\_\_\_ %  
 INDICE PLASTICO IP \_\_\_\_\_ %  
 SUCS \_\_\_\_\_  
 COHESION  $C =$  \_\_\_\_\_ Ton/m<sup>2</sup>  
 ANG. FRICCION  $\phi =$  \_\_\_\_\_

ESFUERZOS TANGENCIALES, EN Kg/cm<sup>2</sup>



## PERMEABILIDAD

ESPESOR DEL ESPECIMEN = 1.03 cm

ALTURA DE LA BASE = 34.90

a)  $1 \text{ cm}^3 = 32.74 \text{ cm}$        $t = 30''$

b)  $2 \text{ cm}^3 = 30.58 \text{ cm}$        $t = 65''$

c)  $4 \text{ cm}^3 = 26.26 \text{ cm}$        $t = 151''$

$K_a = 1.28 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$

$K_b = 1.18 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$

$K_c = 1.12 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$

$K_{\text{prom}} = 1.19 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$

ZACATELCO

PCA-1 M-1

Prof. 0.50m.

## PERMEABILIDAD

ESPESOR DEL ESPECIMEN = 1.96cm

ALTURA DE LA BASE = 34.90

a)  $1 \text{ cm}^3 = 32.74 \text{ cm}$        $t = 3' 23''$

b)  $2 \text{ cm}^3 = 30.58 \text{ cm}$        $t = 7' 49''$

c)  $4 \text{ cm}^3 = 26.26 \text{ cm}$        $t = 13' 58''$

$$K_a = 1.12 \times 10^{-5} \text{ cm/seg}$$

$$K_b = 1.73 \times 10^{-5} \text{ cm/seg}$$

$$K_c = 1.87 \times 10^{-5} \text{ cm/seg}$$

$$K_{\text{prom}} = 1.58 \times 10^{-5} \text{ cm/seg}$$

ZACATELCO

PCA-2 M-2

Prof. 1.25

# COMPACTACION

OBRA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

LOCALIZACION : ZACATELCO TLAXCALA

SONDEO : PCA-1

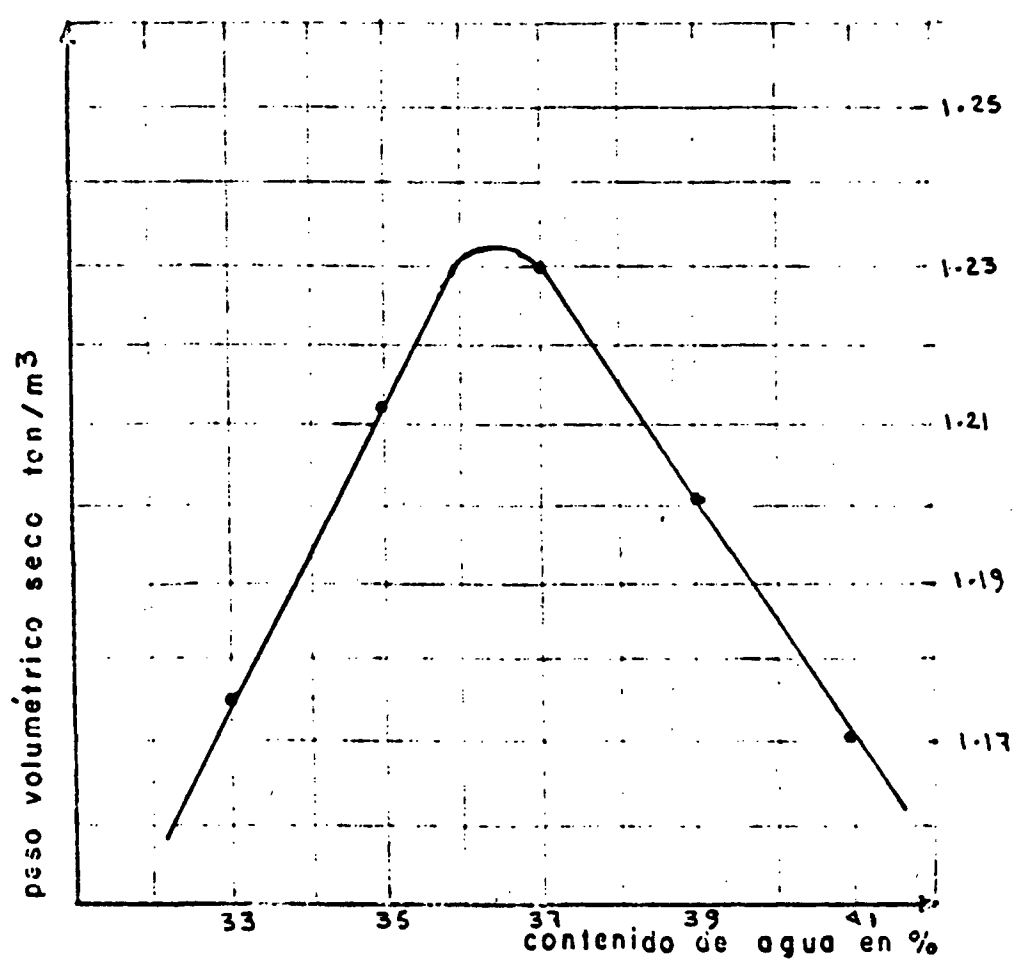
ENSAYE : M-1

PROFUNDIDAD 0.50

TIPO DE PRUEBA : Proctor Estandar

HUMEDAD OPTIMA : 36.4 %

PESO VOLUMETRICO SECO MAX. : 1.230 ton/m<sup>3</sup>



# COMPACTACION

OBRA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

LOCALIZACION : ZACATELCO, TLAXCALA

SONDEO : PCA-2

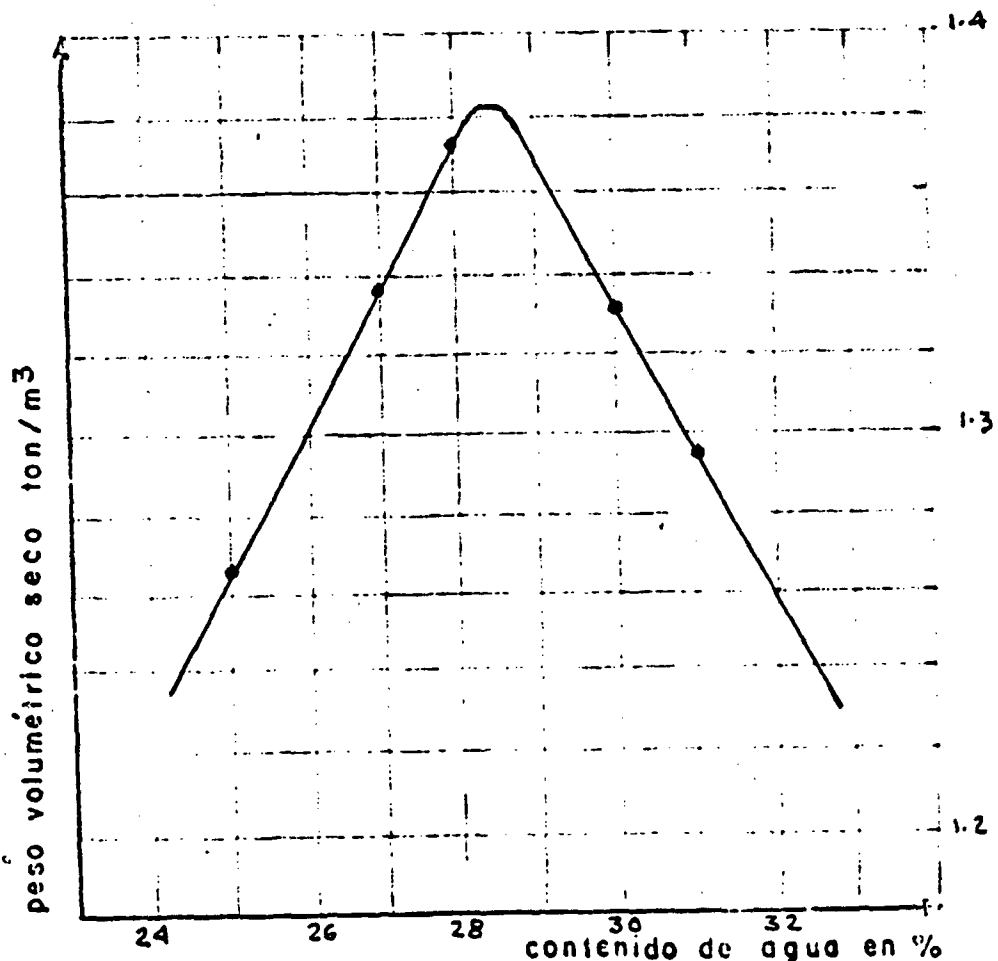
ENSAYE : M-2

PROFUNDIDAD 1.25m

TIPO DE PRUEBA : Proctor Estandar

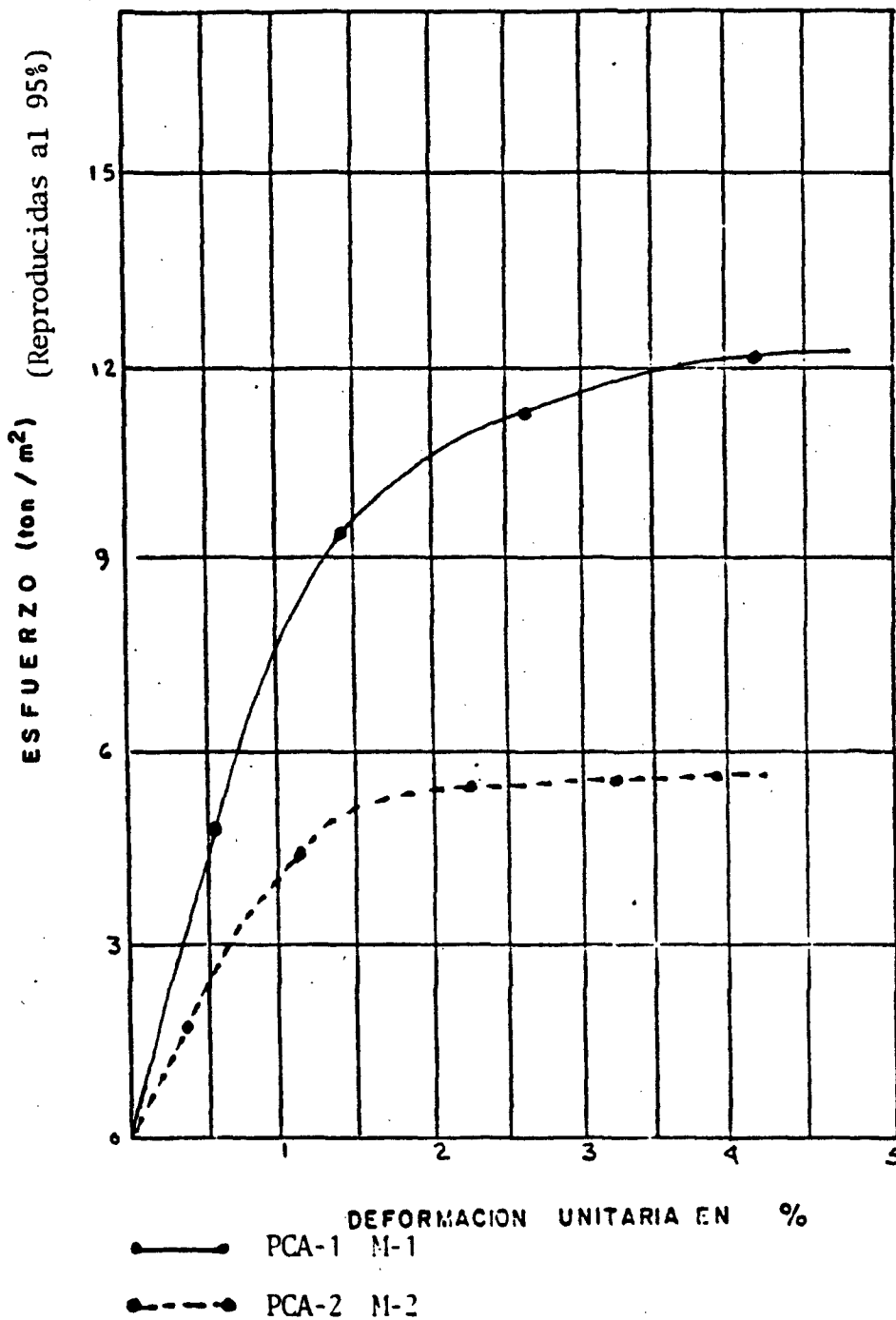
HUMEDAD OPTIMA : 28.2 %

PESO VOLUMETRICO SECO MAX.: 1.382 ton/r<sup>3</sup>



### PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE

SONDEO	MUESTRA	PROF. en (m)	$\gamma_m$ (t/m <sup>3</sup> )	w %	Ss
PCA-1	M-1	0.50	1.68	36	3.32
PCA-2	M-2	1.25	1.75	28	3.30





## PERMEABILIDAD

ESPESOR DEL ESPECIMEN = 1 cm

ALTURA DE LA BASE = 34.90

a)  $1 \text{ cm}^3 = 32.74 \text{ cm.}$        $t = 42''$

b)  $2 \text{ cm}^3 = 30.58 \text{ cm.}$        $t = 77''$

c)  $4 \text{ cm}^3 = 26.26 \text{ cm}$        $t = 163''$

$$K_a = 1.09 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

$$K_b = 1.05 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

$$K_c = 1.01 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

$$K_{\text{prom}} = 1.05 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

ZACATELCO

PCA-1 M-1

Prof. 0.50m

Reproducida al 95% de compactación.

# PERMEABILIDAD

ESPESOR DEL ESPECIMEN = 1 cm

ALTURA DE LA BASE = 34.90

a)  $1 \text{ cm}^3 = 32.74 \text{ cm.}$        $t = 28' 28''$

b)  $2 \text{ cm}^3 = 30.58 \text{ cm.}$        $t = 35' 54''$

c)  $4 \text{ cm}^3 = 26.26 \text{ cm}$        $t = 52' 58''$

$$K_a = 2.83 \times 10^{-6} \text{ cm/seg}$$

$$K_b = 2.75 \times 10^{-6} \text{ cm/seg}$$

$$K_c = 2.63 \times 10^{-6} \text{ cm/seg}$$

$$K_{\text{prom}} = 2.74 \times 10^{-6} \text{ cm/seg.}$$

ZACATELCO

PCA-2 M-2 Prof. 1.25m

Reproducida al 95% de compactación.

### 7.3. DISEÑO DE COLECTORES PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

#### a) Unidad Zacatelco:

Con el propósito de conducir el agua residual desde el alcantarillado municipal hasta el lugar de tratamiento, se ha considerado conveniente diseñar la tubería como un canal circular que trabaja parcialmente lleno. Este criterio se debe a que existe pendiente suficiente para conducir el gasto por gravedad, evitando realizar estaciones de bombeo y sifones invertidos que ocasionan un mantenimiento costoso.

Los colectores se diseñaron utilizando la fórmula de Manning para tuberías, considerando un coeficiente de rugosidad "n" de 0.013 usualmente empleado en tuberías de concreto y cuidando que las velocidades del agua en el ducto estén comprendidas entre 0.60 y 3.00 m/seg., de acuerdo con las Normas de Diseño y Alcantarillado empleadas por la SAHOP.

Para realizar la limpieza de dicha tubería y darle una ventilación conveniente; la colocación de los pozos de visita se realizó tomando en cuenta las normas anteriores citadas. Ver planos de colectores en el anexo.

#### b) Unidad Nativitas:

Como ya se mencionó en puntos anteriores, la conducción del agua residual desde el alcantarillado municipal, hasta el sitio de tratamiento, se realizará mediante bombeo. Para ésto, la red de drenaje municipal actualmente cuenta con una

estación de bombeo en el punto de desfogue del sistema.

En esta forma, para cumplir con este punto solo se hará la recomendación del equipo de bombeo necesario para el sistema de tratamiento propuesto.

#### 7.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de las pruebas de tratabilidad y en la caracterización de las aguas residuales, se ha considerado conveniente diseñar los sistemas de tratamiento en dos etapas (dos módulos), la primera etapa será construida inmediatamente y consiste en lagunas aireadas y una de maduración. La laguna aireada se diseñó con mezcla suficiente que permita la distribución necesaria de oxígeno con el fin de satisfacer las condiciones apropiadas a los microorganismos que llevarán a cabo el tratamiento.

A cada laguna de aireación le seguirá una laguna de maduración; cuyo objetivo es la remoción bacteriana que garantiza una calidad de agua adecuada para riego de cultivos de diversa índole. La capacidad del primer módulo es de 50 l/seg. para Zacatelco y de 30 l/seg para Nativitas.

En la segunda etapa se construirá un módulo similar a la primera etapa y con la misma capacidad. Se estima que la segunda etapa será requerida al año 2010 en ambos casos. Las características y distribución de las unidades de tratamiento se presentan en el plano respectivo en el anexo de planos.

## 7.4.I.- DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA

### A.- UNIDAD ZACATELCO

#### DATOS DE LAGUNA AIREADA

Q	Gasto	50 l/seg
So	DBO <sub>5</sub> de entrada	390 mg/l
A	Area de la laguna (38 x 76)	2 800 m <sup>2</sup>
d	Tirante de la laguna	3 m
Ta	Temperatura del ambiente (invierno) (Dic, Ene, Feb.)	16 °C
"	" (verano) (Prom. Jun. Jul. Ago.)	18.5
Ti	Temperatura del influente	19 °C
h	Coefficiente de transferencia de calor	100 BTU dfa X °F X Fy 2
k	Constante de biodegradabilidad	0.0303 (mg/l <sup>-1</sup> dfa <sup>-1</sup> )
K	Constante de biodegradabilidad	9.98 dfa <sup>-1</sup>
t	Temperatura a la que se midió "K"	15.14 °C
Sn	Sustrato no degradable	2.0 mg/l
θ	Constante de reacción (invierno)	1.135
θ	Constante de reacción (verano)	1.056
P	Potencia de aireador a utilizar	
No	Kg de oxígeno/HP - hr transferidos en agua limpia a 20°C 1 atm y cero de oxígeno disuelto	3.5 lbs/hr x HP
Cw	Concentración de saturación de OD en el desecho	7.5 mg/l
C <sub>L</sub>	Nivel de OD en condiciones de funcionamiento	2 mg/l
	Factor de corrección al coeficiente de transferencia de oxígeno	0.9
a'	Kgs. de oxígeno disuelto utilizado para energía/kg totales de sustrato removido.	0.96

b'	Kgs de oxígeno disuelto utilizado para resp. endogenia/día kgs totales de sust. removido.	0.138 día <sup>-1</sup>
a	Kg SSV producidos/kg de sustrato total removido	0.071
b	Kg SSV distr. por resp. endog/día 1 kg de SSV en el tanque de aireación	0.002 día <sup>-1</sup>
M	Factor de mezcla	0.0175 HP/1000 Gal

DATOS DE LAGUNA DE AIREACION

Q	Gasto	50 l/seg.
A	Area de la laguna (38m x 38m)	1440 m <sup>2</sup>
d	Tirante de la laguna	3 m
k	Coefficiente de remoción bacteriana (invierno)	1.5 día <sup>-1</sup>
	" " " (verano)	2.0 día <sup>-1</sup>

## DISEÑO DE LAGUNA AIREADA

### 1. Cálculo del volumen

Se seleccionó un  $tr = 2$  días

$$V = Q \times tr = \left(50 \frac{1}{\text{seg}} \times 86.4\right) \times 2 \text{ días} =$$
$$\underline{\underline{V = 8,640 \text{ m}^3}}$$

### 2. Cálculo del área superficial

Se fijó un tirante de 3 m

$$A = \frac{\text{Vol.}}{\text{Tirante}} = \frac{8640}{3} = 2880 \text{ m}^2$$

### 3. Dimensiones de la laguna

$A = \text{Largo} \times \text{ancho}$ ; Si  $l = 2a$

$$A = 2a^2; \quad a = \frac{A}{2} = \frac{2880}{2} = 37.95 \text{ m} \approx 38 \text{ m}$$

$$L = 2a = 38 \times 2 = 76 \text{ m}$$

### 4. Temperatura del agua

#### a) Condiciones de Invierno

$$T_i = 19^\circ\text{C} \quad (66.55^\circ\text{F})$$

$$T_a = 16^\circ\text{C} \quad (61.^\circ\text{F})$$

$$Q = 50 \frac{1}{\text{Seg}} = 1.14 \text{ MGD}$$

$$A = 2880 \text{ m}^2 = 30,984 \text{ ft}^2$$

$$\text{Factor de proporc.}; \quad f = 12 \times 10^{-6}$$

$$T_w = \frac{f A T_a + Q T_i}{Q + f A} = \frac{(12 \times 10^{-6})(0.030984 \times 10^{-6})(6.1) + 1.14 \times 66.55}{1.14 + 12 \times 10^{-6} \times 0.030984 \times 10^6}$$

$$T_w = \frac{22.68 + 75.87}{1.51} = 65.26^\circ\text{F} = 18.3^\circ\text{C} \approx 18^\circ\text{C}$$

b).- Condiciones de verano

$$T_i = 19^\circ\text{C} \text{ (66.55 } ^\circ\text{F)}$$

$$T_a = 18.5 \text{ (65.64 } ^\circ\text{F)}$$

$$T_w = \frac{12 \times 10^{-6} \times 0.030984 \times 10^{+6} (65.64) + 1.14 \times 66.55}{1.51}$$

$$T_w = \frac{24.41 + 75.87}{1.51} = 66.41 = 18.92^\circ\text{C} \approx 19^\circ\text{C}$$

5. Cálculo de constante de biodegradabilidad

a).- Condiciones de invierno

$$T_w = 18^\circ\text{C}; K_{15.14^\circ\text{C}} = 9.98 \text{ día}^{-1}$$

$$K_{15.14^\circ\text{C}} = K_{20} (1.135)^{15.14-20}$$

$$K_{20^\circ\text{C}} = 18.47 \text{ día}^{-1}$$

$$K_{18^\circ\text{C}} = 18.47 (1.135)^{18-20} = \frac{18.47}{(1.135)^2} = \underline{\underline{14.34 \text{ día}^{-1}}}$$

b).- Condiciones de Verano

$$T_w = 19^\circ\text{C}; K_{15.14} = 9.98 \text{ día}^{-1}$$

$$K_{19^\circ\text{C}} = K_{15.14} (1.056)^{19-15.14} = 9.98 (1.056)^{3.86} = 12.36 \text{ día}^{-1}$$

6. Cálculo de la  $\text{DBO}_5$  del efluente y la eficiencia de remoción

a).- Condiciones de invierno

$$\text{Datos: } T_w = 18^\circ\text{C} (64.73^\circ\text{F}); K_{18^\circ\text{C}} = 14.34 \text{ día}^{-1}$$

$$S_o = 390 \text{ mg/l}; t_r = 2 \text{ días}$$

$$S_n = 2 \text{ mg/l}$$

$$S_e = \frac{K t_r S_n + S_o}{1 + K t_r} = \frac{(14.34)(2)(2) + 390}{1 + 14.34 \times 2} = 15 \text{ mg/l}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{390 - 15}{390} \times 100 = 96\%$$



b).- Condiciones de verano

$$T_w = 19^\circ\text{C} \quad (68^\circ\text{C}) \quad K_{19^\circ\text{C}} = 12.32 \text{ día}^{-1}$$

$$S_e = \frac{K t S_n + S_o}{1 + K t} = \frac{(12.32)(2)(2) + 390}{1 + 12.32 \times 2} = 17 \text{ mg/l}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{390 - 17}{390} \times 100 = 96\%$$

7. Cálculo del N° de aireadores necesarios

a) Requerimientos necesarios de oxígeno

- Para energía

$$R_{O_2} = a'(S_o - S_e)Q; \quad a' = \frac{\text{Kg } O_2 \text{ para energía}}{\text{Kg } DBO_5 \text{ Total remov.}}$$

$$S_o = 390 \text{ mg/l}$$

$$S_e = 15 \text{ mg/l}$$

$$Q = 50 \text{ l/seg}$$

$$R_{O_2} = 0.96(390-15) \times 50 \times 0.0864 = 1555.2 \text{ kg}/O_2/\text{día}$$

$$R_{O_2} = 64.80 \frac{\text{kg}O_2}{\text{Hr}} = 142.6 \frac{\text{lbs}}{\text{hr}}$$

- Para respiración endógena

$$\text{Kg}O_2 = b' X_a V; \text{ donde:}$$

$$b' = \frac{\text{kg}O_2 \text{ (Para resp. endógena)/día}}{\text{Kg SSVLM en el reactor}}$$

$$X_a = 329.6 \text{ mg/l}$$

$$V = 8640 \text{ m}^3$$

$$b' = 0.138 \text{ día}^{-1}$$

$$\text{Kg}O_2 = 0.138 \frac{\text{mg}O_2/\text{día}}{\text{mg SSVLM}} \left(329.6 \frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) (8640 \text{ m}^3) \times \frac{1 \text{ kg}O_2}{10^6 \text{ mg}O_2} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{día}} = 393 \text{ kg}O_2/\text{día} = 36 \text{ lbs/hr}$$

$$R_{O_2T} = 142.6 \frac{\text{lbs}}{\text{Hr}} + 36 \frac{\text{lbs}}{\text{Hr}} = 178.6 \frac{\text{lbs}}{\text{Hr}}$$

b).- Condiciones de Verano:

No se calcularon los requerimientos de oxígeno en verano porque la eficiencia de remoción en verano fué la misma que en invierno.

8. Eficiencia de transferencia de oxígeno de los aireadores.

$$N = N_o \frac{[C_w - C_L]}{C_{st}} \theta^{T_w - 20} \cdot \alpha$$

Donde:

$N_o$  = Kg  $O_2$ /hr x HP transferidos al agua limpia, en condiciones estandar (1 atm, cero de 0.0 y 20°C).

$\alpha$  = Relación entre los coeficientes globales de transferencias de masa de oxígeno del agua residual y agua limpia.

$\beta$  = Relación de la concentración de oxígeno en el agua residual a la concentración de oxígeno del agua limpia.

$C_w$  = Concentración de saturación de oxígeno del agua residual a la temperatura de operación y a la elevación del sitio donde se localice la laguna aireada.

$C_{st}$  = Concentración de saturación de oxígeno del agua limpia en condiciones estandar, 1 atm, 20°C y cero de O.D.)

$C_L$  = Nivel de oxígeno disuelto, al cual se quiere mantener el agua residual durante operación de la laguna aireada.

$T_w$  = Temperatura del agua residual.

$N = \text{Kg } O_2/\text{hr} \times \text{HP}$  transferidos al desecho mezclado, en condiciones del sitio donde se localice la laguna aireada.

$$C_w = \beta C_s \cdot P$$

Donde:

$P = \text{Presión atmosférica en el sitio de la laguna}$   
 Presión atmosférica a nivel del mar

$\theta = \text{Coeficiente de corrección por temperatura de transferencia de oxígeno al agua residual}$

$C_s = \text{Concentración de saturación de oxígeno del agua limpia a la temperatura del desecho.}$

a).- Condiciones de invierno:

$$T_w = 18^\circ\text{C}$$

$$N_o = 3.5 \text{ lbs/hr} \times \text{HP}$$

$$\theta = 1.024$$

$$= 0.9$$

$$C_{st} = 9.02 \text{ mg/l (20}^\circ\text{C y 1 atm)}$$

$$ASNM = 2186 \text{ (11 lbs/in}^2 \text{ - 0.75 atm)}$$

$$C_{st} = 9.02 \text{ mg/l (20}^\circ\text{C y 1 atm)}$$

$$C_L = 1 \text{ mg/l}$$

$$C_w = \beta \times C_{st} \frac{P}{p} = 0.9 \times 9.02 \times 0.75 = 6.09 \text{ mg/l}$$

$$N = 3.5 \frac{\text{lbs } O_2}{\text{hr} \times \text{HP}} \times \frac{[6.09-1]}{9.02} [(1.024)^{18-20}] 0.9$$

$$N = 1.69 \text{ lbs } O_2/\text{hr} \times \text{HP}$$

- Cálculo de la potencia requerida:

$$Pr = \frac{178.6 \frac{\text{lbs } O_2}{\text{hr}}}{1.69 \text{ lbs } O_2/\text{hr} \times \text{HP}} = 105.68 \text{ HP}$$

Se recomiendan 8 aireadores de 15 HP y además comprar 2 adicionales para mantenimiento. Lo anterior, se debe a que los 8 aireadores cumplen los requerimientos de oxígeno y mezclado.

9.- Potencia requerida para mezclado.

0.0175 HP/1000 Gal Vol Laguna

Volumen Laguna =  $8640 \text{ m}^3 = 2282.7 \times 10^3 \text{ Gal}$

$$2282.7 \times 10^3 \text{ Gal} \times \frac{0.0175 \text{ HP}}{1000 \text{ Gal}} = 40 \text{ HP}$$

Como la potencia para un buen mezclado es menor que la potencia necesaria para aireación, se toma la de aireación para diseño, como recomendable.

## LAGUNA DE MADURACION:

### 1. Cálculo de volúmen

$$Tr = 1 \text{ día}$$

$$V = 50 \frac{1}{\text{seg}} \times 86.4 \times 1$$

$$\underline{\underline{V = 4320 \text{ m}^3}}$$

### 2. Cálculo del área superficial:

Se fijó un tirante de 3 m al espejo del agua según mecánica de suelos.

$$A = \frac{\text{Vol}}{\text{Tirante}} = \frac{4320 \text{ m}^3}{3} = 1440 \text{ m}^2$$

### 3. Dimensiones de Laguna

$$\text{Area} = \text{Largo} \times \text{ancho}; a = 38 \text{ M}$$

$$1440 \text{ m}^2 = l \times 38$$

$$l = 37.89 \quad \text{largo} = 38 \text{ m}$$

### 4. Eficiencia de remoción bacteriano

a) Condiciones de invierno  $K = 1.5 \text{ día}^{-1}$

$$E = 100 \left(1 - \frac{1}{Ktr + 1}\right) = 100 \left(1 - \frac{1}{1.5 \times 1 + 1}\right) = 100 \left(1 - \frac{1}{1.5 \times 1 + 1}\right)$$

$$E = 100 \left(1 - \frac{1}{2.5}\right) = 60\%$$

b) Condiciones de Verano

$$E = 100 \left(1 - \frac{1}{2 + 1}\right) = 67 \%$$

B.- UNIDAD NATIVITAS

DATOS DE LA LAGUNA AIREADA

Q	Gasto	30.0 l/seg
So	DBO <sub>5</sub> de entrada	430.0 mg/l
A	Area de la laguna	
d	Tirante de la laguna	3.0 m
Ta	Temperatura del ambiente (invierno)	16.0 °C
	" " " (verano)	18.5 °C
Ti	Temperatura del efluente	18 °C
h	Coeficiente de transferencia de calor	100 BTU/día °F pie <sup>2</sup>
k	Constante de biodegradabilidad	0.0303 ( $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$ ) <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>
K	Constante de biodegradabilidad	9.98 día <sup>-1</sup>
t	Temperatura a la que se midió "K"	15.14 °C
Sn	Sustrato no degradable	2.0 mg/l
θ	Constante de reacción (invierno)	1.135
θ	Constante de reacción (verano)	1.056
P	Potencia de aireador a utilizar	
No	kg de oxígeno/HP - hr transferidos en agua limpia a 20°C 1 atm y cero de oxígeno disuelto.	3.5 lb/Hr x HP
Cw	Concentración de saturación de OD en el desecho	7.5 mg/l
C <sub>L</sub>	Concentración de saturación de OD en condiciones de funcionamiento	1.0 mg/l
	Factor de corrección al coeficiente de transferencia de oxígeno	0.9
a'	Kgs. de oxígeno disuelto utilizado para energía/kg totales de sustrato removido.	0.96
b'	Kgs. de oxígeno disuelto utilizado para respiración endógena/kg de sustrato removido/día	0.138 día <sup>-1</sup>

a	kg SSVLM/kg de sustrato total removido	0.071
b	kg SSVLM destruidos por resp. endógeno/día/kg SSVLM	0.002 día <sup>-1</sup>
M	Factor de mezcla	0.5 HP/1000 pie <sup>3</sup> (17.65 HP/1000 m <sup>3</sup> )

DATOS DE LAGUNA DE MADURACION

Q	Gasto	30.0 l/seg
A	Area de la laguna	
d	Tirante de la laguna	3.0 m
K	Coficiente de remoción bacteriana (invierno)	1.5 día <sup>-1</sup>
	" " " " (verano)	2.0 día <sup>-1</sup>

## SISTEMA DE TRATAMIENTO 2.

POBLADOS:

SN. RAFAEL TENANYECAC

SN. MIGUEL XOCHITECATITLA

CAPULA

SANTIAGO MICHAC

SN. JOSE AYOTATENCO

SN. MIGUEL DEL MILAGRO

STA. APOLONIA

LA CONCORDIA

GPE. VICTORIA

NATIVITAS

GASTO DE DISEÑO ESTIMADO :  $Q = 30.0$  lps (ACTUAL)

DATOS DE DISEÑO (VER TABLA 5.2)

### 1. Cálculo del volúmen

para un tiempo de retención de  $tr = 2$  días (seleccionado)

$$\begin{aligned} V &= Q \times tr = \left( 30 \frac{1}{\text{seg}} \times 2 \text{ días} \right) 86.4 \\ &= 5,184 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 2. Cálculo del área superficial

para un tirante de  $3.0$  m al espejo de agua

$$A = \frac{\text{volúmen}}{\text{tirante}} = \frac{5184}{3.0} = 1728 \text{ m}^2$$



3. Dimensiones de la laguna

A = largo x ancho ; si  $l = 2a$

$$A = 2a^2 ; a = \frac{A}{2} = \frac{1728}{2} = 29.4 (\approx 30.0 \text{ m})$$

$$l = 2(30.0) = 60.0 \text{ m}$$

4. Temperatura del agua ( $T_w$ )

a) Condiciones de invierno

$$T_i = 18^\circ\text{C} \text{ (influyente); } 64.7^\circ\text{F}$$

$$T_a = 16^\circ\text{C} \text{ (aire); } 61^\circ\text{F}$$

$$Q = 120 \text{ lps (0.685 MGD)}$$

$$A = 1800 \text{ m}^2 \text{ (19,365 pie}^2\text{)}$$

$$f = 12 \times 10^{-6} \text{ (factor de proporcionalidad)}$$

$$T_w = \frac{f A T_a + Q T_i}{Q + f A}$$

$$= \frac{12 \times 10^{-6} \times 19365 \times 61.0 + 64.7}{0.685 + 12 \times 10^{-6} \times 19365} = 63.8^\circ\text{F (17.5}^\circ\text{C)}$$

b) Condiciones de verano

como  $T_i(18^\circ\text{C})$   $T_a(18.5^\circ\text{C})$

$$T_w = 18^\circ\text{C}$$

5. Cálculo de constantes de biodegradabilidad ( $k$ )

a) Condiciones de invierno

$$T_w = 17.5^\circ\text{C}; K_{15.14^\circ\text{C}} = 9.98 \text{ día}^{-1}$$

$$K_{15.14^\circ\text{C}} = K_{20^\circ\text{C}} (1.135)^{15.14-20}$$

$$K_{17.5} = \frac{K_{15.14}}{(1.135)^{-4.86}} = 9.98 (1.135)^{4.86}$$

$$K_{20} = 18.46 \text{ día}^{-1}$$

$$K_{17.5^{\circ}\text{C}} = K_{20} (1.135)^{17.5 - 20} = 18.46 (1.135)^{-2.5}$$

$$K_{17.5^{\circ}\text{C}} = 13.45 \text{ día}^{-1}$$

b) Condiciones de verano

$$T_w = 18^{\circ}\text{C}; K_{15} = 4.070405 \text{ día}^{-1}$$

$$K_r = K_{20} (1.056)^{T-20}$$

$$K_{18} = 18.46 (1.056)^{18-20}$$

$$K_{18^{\circ}\text{C}} = 16.55 \text{ día}^{-1}$$

6. Cálculo de la  $\text{DBO}_5$  del efluente y la eficiencia de remoción

a) Condiciones de invierno

$$T_w = 17.5^{\circ}\text{C} (63.8^{\circ}\text{F}); K_{17.5^{\circ}\text{C}} = 13.45 \text{ día}^{-1}$$

$$S_o = 430 \text{ mg } \text{DBO}_5/\text{l}; t_r = 2 \text{ días}$$

$$S_n = 2.0 \text{ mg/l}$$

$$S_e = \frac{K t_r S_n + S_o}{1 + K t_r}$$

$$= \frac{13.45 (2.0)(2.0) + 430}{1 + 13.45 (2.0)} = 17.34 \text{ mg/l}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{430 - 17.3}{430} \times 100$$

$$= 96.0 \%$$

b) Condiciones de verano

$$T_w = 18^{\circ}\text{C} (64.7^{\circ}\text{F}); K_{18} = 16.35 \text{ día}^{-1}$$

$$S_e = \frac{16.55 (2.0)(2.0) + 430}{1 + 16.55 (2.0)} = 14.6 \text{ mg/l}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{430 - 14.6}{430} \times 100$$

$$= 96.6 \%$$

## 7. Cálculo de número de aireadores

### a) Requerimiento de oxígeno

- Para energía:

$$R_{O_2} = a'(S_o - S_e)Q; a' = \frac{\text{Kg } O_2 \text{ para energía}}{\text{kg } DBO_5 \text{ Tot. remov.}}$$

$$S_o = DBO_5 \text{ del influente, mg/l}$$

$$S_e = DBO_5 \text{ del efluente, mg/l}$$

$$Q = \text{Gasto del influente, l/seg}$$

$$\begin{aligned} R_{O_2} &= 0.96 (430 - 14.6) 30 \frac{1}{\text{seg}} \times \frac{86400}{10^6} \\ &= 1054 \text{ kg } O_2/\text{día} \quad (95.0 \text{ lb } O_2/\text{hr}) \end{aligned}$$

- Para respiración endógena

$$\text{Kg } O_2 = b' \bar{X}_a V; b' = \frac{\text{Kg } O_2 \text{ (para resp. endógena)/día}}{\text{Kg SSVLM en el reactor}}$$

$$\bar{X}_a = 329 \text{ mg/l (promedio de SSVLM)}$$

$$V = 20,736 \text{ m}^3$$

$$b' = 0.138 \text{ día}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \text{Kg } O_2/\text{día} &= 0.138 \frac{\text{mg } O_2/\text{día}}{\text{mg SSVLM}} (329 \frac{\text{mg}}{\text{l}}) (5184 \text{ m}^3) \times \frac{1000}{10^6} \\ &= 235 (21.6 \text{ lb } O_2/\text{hr}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{TOTAL}} &= 95.0 \frac{\text{lb } O_2}{\text{hr}} + 21.6 \\ &= 116.6 \frac{\text{lb } O_2}{\text{hr}} \end{aligned}$$

## 8. Eficiencia de transferencia de oxígeno

$$N = N_o \frac{(C_w - C_L)}{C_o} \theta^{Tw-20} \cdot \alpha$$

a) Para condiciones de invierno

$$T_w = 17.5^\circ\text{C} \text{ (63.8}^\circ\text{F)}$$

$$N_o = 3.5 \text{ lb/hr x HP (fabricante)}$$

$$\theta = 1.024$$

$$\alpha = 0.9$$

$$C_s = 9.02 \text{ mg/l (20}^\circ\text{C y 1 atm)}$$

$$C_{sw} = 9.5 \text{ mg/l (a 17.5}^\circ\text{C y 1 atm)}$$

$$C_L = 1 \text{ mg/l}$$

$$C_w = \beta \times C_{sw} \times \frac{P}{p} = 0.9 \times 9.5 \times \frac{11.0}{14.7}; p = 2300 \text{ m (11.0 lbs)}$$

$$= 6.4 \text{ mg/l}$$

$$N = 3.5 \left( \frac{6.4 - 1}{9.02} \right) (1.024)^{17.5 - 20} \times 0.9$$

$$= 1.8 \text{ lbs O}_2\text{/hr x HP}$$

Potencia requerida:

$$Pr = \frac{R_{O_2}}{M}$$

$$= \frac{116.6 \text{ lb O}_2\text{/hr}}{1.8 \text{ lb O}_2 \text{ x HP}} = 64.8 \text{ HP}$$

Número de aireadores

Con aireadores de 20 HP

$$N^\circ \text{ de aireadores} = \frac{64.8}{20} = 3.24$$

Se seleccionan 4 aireadores de 20 HP con diámetro de influencia de 72 pies (22m)

## DISEÑO DE LA LAGUNA DE MADURACION

### 1. Cálculo de volúmen

Seleccionando un tiempo de retención de 1.0 día

$$V = 30.0 \frac{1}{\text{seg}} \times 1.0 \text{ día (86.4)}$$
$$= 2592.0 \text{ m}^3$$

### 2. Cálculo del área superficial

con tirante de 3.0 m

$$A = \frac{V}{H} = \frac{2592}{3.0} = 864.0 \text{ m}^2$$

### 3. Dimensiones de la laguna

A = largo x ancho ; con ancho = 30 m

$$\text{largo} = \frac{864}{30} = 28.8 \text{ m (30.0 m)}$$

### 4. Eficiencia de remoción bacteriana

#### a) Condiciones de invierno

$$E = 100 \left( 1 - \frac{1}{Ktr + 1} \right); K = 1.5 \text{ día}^{-1}$$
$$= 100 \left( 1 - \frac{1}{1.5 \times 1.0 + 1} \right) = 60\%$$

#### b) Condiciones de verano

$$E = 100 \left( 1 - \frac{1}{Ktr + 1} \right); K = 2.0$$
$$= 100 \left( 1 - \frac{1}{2 \times 1 + 1} \right) = 67 \%$$

## R E S U M E N

### LAGUNA AIREADA

Capacidad, l/seg	30.0
Tiempo de retención, días	2
Volúmen, m <sup>3</sup>	5184
Area superficial, m <sup>2</sup>	1800
Largo, m	60.0
Ancho, m	30.0
Temperatura del agua (Tw)	
Invierno, °C	17.5
Verano, °C	18.0
Constante de biodegradabilidad:	
K <sub>17.5°C</sub> (invierno), día <sup>-1</sup>	13.45
K <sub>18.0°C</sub> (verano), día <sup>-1</sup>	16.55
Eficiencia de remoción	
Invierno, %	96.0
Verano, %	96.6
Requerimiento de oxígeno, lb/hr	116.6
Potencia requerida, HP	64.8
N° de aireadores, 20 HP	4

LAGUNA DE MADURACION

Capacidad, l/seg	30.0
Tiempo de retención, días	1.0
Volúmen, m <sup>3</sup>	2592.0
Area superficial, m <sup>2</sup>	864.0
largo, m	30.0
ancho, m	30.0

8. ANALISIS ECONOMICO - FINANCIERO



## 8. ANALISIS ECONOMICO - FINANCIERO

Con base en el sistema considerado para el tratamiento de las aguas residuales de las localidades de Nativitas y Zacatelco, Tlax., de lagunas aireadas, se hará el análisis económico, tomando en cuenta los siguientes aspectos: inversión requerida, costos de operación y mantenimiento y costo unitario del agua tratada.

### 8.1. ANALISIS ECONOMICO

A continuación, se hace un desglose de los principales conceptos que cubre el análisis económico.

#### 1). Inversión Requerida:

El costo de la construcción de las plantas de tratamiento se sacó, considerando el costo por conducción del agua residual hasta el sitio de tratamiento y el costo por la construcción y compra e instalación del equipo de la planta.

En las Tablas 8.1 y 8.2, se detallan estos conceptos.

TABLA 8.1

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO "ZACATELCO"  
LAGUNAS AIREADAS

C O N C E P T O	COSTO (\$) MILES
I. CONDUCCION DE AGUAS RESIDUALES	
1. Caja de demasfas e interc.	500
2. Colector (5.3 km)	262 905
II. OBRA CIVIL (*)	
1. Laguna aireada	95 487
2. Laguna de maduración	49 029
3. Oficinas y laboratorio	50 000
4. Subestación y casetas	4 500
5. Cárcamo de bombeo	15 000
6. Desarenadores	2 000
III. EQUIPO E INSTALACION MECANICA	
1. Laguna aireada	
a) Aereadores mecánicos sup.	144 000
b) Instalación	20 000
2. Cárcamo de bombeo	
a) Equipo	8 000
b) Instalación	3 500
3. Equipo Adicional	
a) Tubería y materiales	12 500
b) Instalación	5 000
IV. EQUIPO E INSTALACION ELECTRICA	
1. Centro de Control de Motores	
a) Equipo y materiales	25 000
b) Instalación	30 000

C O N C E P T O	COSTO (\$)
v. INSTRUMENTACION Y CONTROL	
1. Equipo	8 000
2. Instalación	4 000
VI. EQUIPO DE LABORATORIO Y OFICINA	36 500
VII. TERRENO, CERCA Y VIALIDADES	51 400
S U B - T O T A L:	807 321
Ingeniería y Supervisión (10% del Subtotal)	80 732
T O T A L :	888 053 =====

(\*) La Obra Civil incluye:

- Excavación y acarreos
- Rellenos y configuración de bordos
- Excavación y rellenos para tubería de acero
- Bases de equipos
- Drenajes
- Registros y cajas de válvulas
- Atraques y bases para soportería
- Casetas de control o para equipo electromecánico
- Concreto, acero y cimbras
- Etc.

TABLA 8.2

PRESUPUESTO DE INVERSION PLANTA DE TRATAMIENTO "NATIVITAS"  
LAGUNAS AIREADAS

C O N C E P T O	COSTO (\$) MILES
I. CONDUCCION DE AGUAS RESIDUALES	
1. Caja de demasfas e interc.	500
2. Colector (1.5 kms)	45 000
II. OBRA CIVIL (*)	
1. Laguna aireada	100 382
2. Laguna de maduración	56 334
3. Oficinas y laboratorio	22 500
4. Subestación y casetas	4 500
5. Cárcamo de bombeo	15 000
6. Desarenadores	2 000
III. EQUIPO E INSTALACION MECANICA	
1. Laguna aireada	
a) Aireadores mecánicos sup.	100 000
b) Instalación	10 000
2. Cárcamo de Bombeo	
a) Equipo	8 000
b) Instalación	3 500
3. Equipo Adicional	
a) Tubería y Materiales	12 500
b) Instalación	5 000
IV. EQUIPO E INSTALACION ELECTRICA	
1. Centro de Control de Motores	
a) Equipo y materiales	25 000
b) Instalación	30 000

C O N C E P T O	COSTO (\$)
V. INSTRUMENTACION Y CONTROL	
1. Equipo	8 000
2. Instalación	4 000
VI. EQUIPO DE LABORATORIO Y OFICINA	36 500
VII. TERRENO, CERCA Y VIALIDADES	30 898
S U B - T O T A L	527 614
Ingeniería y Supervisión (10% del subtotal)	52 761
T O T A L	520 375 =====

(\*) La Obra Civil incluye:

- Excavación y acarreos
- Rellenos y configuración de bordos
- Excavación y rellenos para tubería de acero
- Bases de equipos
- Drenajes
- Registros y cajas de válvulas
- Atraques y bases para soportería
- Casetas de control o para equipo electromecánico
- Concreto, acero y cimbras
- Etc.

# A N T E P R E S U P U E S T O

## PRIMERA ETAPA, ZACATELCO, TLAX.

### I. COLECTORES

1. TERRACERIAS	<u>CANT.</u>	<u>UNID.</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
1.1 Excavacion	14 745	m <sup>3</sup>	3,500	51'607,500
1.2 Plantilla de arena apisonada	1 308	m <sup>3</sup>	6,870	8'985,960
1.3 Relleno de zanjas	13 437	m <sup>3</sup>	3,870	52'269,930
1.4 Formación de Terra- plenes	5 564	m <sup>3</sup>	5 400	30'045,600
 2. SUMINISTROS				
2.1 Tuberfa de concre- to simple, 45 cmØ (18")	1 601	ml	8,970	14'360,970
2.2 Tuberfa de concreto simple de 60 cmØ (24")	3 618	ml	13,817	47'819,106
 3. INSTALACION				
3.1 Instalación de tu- berfa de concreto: de 45 cmØ (18")	1 601	ml	8 680	13'896,680
de 60 cmØ (24")	3 681	ml	10 475	38'558,475
3.2 Construcción pozos de visita comunes	54	Pza.	90 000	4'860,000
3.3 Caja de demacias	1	Pza.	500 000	500,000
				262'904,221

### II. LAGUNAS (1a. ETAPA)

#### 1. TERRACERIAS

##### 1.1 Excavación (0.8 mt)

a) laguna aireada	2 310	m <sup>3</sup>	2 895	6'687,000
b) Laguna de madura- ción	1 155	(m <sup>3</sup> )	2 895	3'344,000

	<u>CANT.</u>	<u>UNID.</u>	<u>UNITARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
1.2 Compactación del área de lagunas	2 888	m <sup>2</sup>	290	838,000
	1 444	(m <sup>2</sup> )	290	419,000
1.3 Formación de base y sub-base en área de lagunas	693	m <sup>3</sup>	1,000	6'237,000
	347	(m <sup>3</sup> )	9,000	3'123,000
1.4 Compactación del área de desplante de terraplenes	3 725	m <sup>2</sup>	290	1'080,000
	1 863	(m <sup>2</sup> )	290	540,000
1.5 Formación de terraplenes material de préstamo (arcilla) en capas de 30 cms. Compact. al 90 %	6 570	m <sup>3</sup>	2 350	15'440,000
	3 285	(m <sup>3</sup> )	2 350	7'720,000
1.6 Zampeado de bordos de tal forma que se arropan taludes internos	1 432	m <sup>2</sup>	20,000	28'640,000
	995	(m <sup>2</sup> )	20,000	19'100,000
1.7 Material de Préstamo para formación de bordos	6 570	m <sup>3</sup>	4 500	29'565,000
	(3 285)	(m <sup>3</sup> )	4 500	14'783,000

## 2. SUMINISTROS

2.1 Aireadores mecánicos superficiales, 15HP	8	Pza.	18x10 <sup>6</sup>	144'000,000
2.2 Cajas de interconexión	2	Pza	3.5x10 <sup>6</sup>	7'000,000
2.3 Tubería y accesorios e Inst.	1	Lote		16'500,000

## 3. INSTALACION

3.1 Mecánica		Lote		20'000,000
3.1 Eléctrica (subest. CCM)		Lote		35'000,000

## III. EDIFICIOS

### 1. CONSTRUCCION

1.1 Oficinas y Laborat.	200	m <sup>2</sup>	150 000	30'000,000
1.2 Subestación, CCM, Casetas	30	Lote	150 000	4'500,000

	<u>CANT.</u>	<u>UNID.</u>	<u>UNITARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
<b>2. SUMINISTROS</b>				
2.1 Equipo de oficina		Lote		6'500,000
2.2 Equipo de Laboratorio		Lote		30'000,000
2.3 Alumbrado general		Lote		20'000,000
<b>IV. CARCAMO DE BOMBEO</b>				
<b>1. EQUIPO</b>				
1.1 Bombas, 15 HP	2	Pza.	4 000	8'000,000
<b>2. INSTALACION</b>				
		Lote		3'500,000
<b>3. OBRA CIVIL</b>				
		Lote		15'000,000
<b>V. INSTRUMENTACION Y CONTROL</b>				
<b>1. EQUIPO (*)</b>				
		Lote		8'000,000
<b>2. INSTALACION</b>				
		Lote		4'000,000
(*) Incluye medidor de flujo				
<b>VI. VIALIDADES</b>				
1. PAVIMENTACION	1 710	m <sup>2</sup>	6 000	10'260,000
2. CERCA PERIMETRAL	1 000	m1	11 140	11'140,000
<b>VII. EQUIPO ADICIONAL</b>				
<b>1. REJILLA DE LIMPIEZA MANUAL</b>				
1.1 Equipo	1	Pza.	50 000	500,000
1.2 Instalación		Lote		500,000
<b>2. DESARENADORES</b>				
2.1 Obra Civil		Lote		2'000,000
<b>VIII. TERRENO</b>				
1. AREA REQUERIDA	6	Ha.		30'000,000



2). Costo de Operación y Mantenimiento.

Los costos para mantener en óptimas condiciones de operación las plantas de tratamiento, se estimaron tomando en cuenta los siguientes costos y requerimientos:

Planta Zacatelco:

a). Mano de obra (Ver Tabla 8.3)

- 1 Jefe de la planta
- 4 Operadores
- 2 Ayudantes

TABLA 8.3

PERSONAL	REQUERIDO	MENSUAL/1	SUELDO TOTAL DIARIO, (\$)
Jefe de la Planta	1	300 000	10 000
Operador	4	200 000	26 270
Ayudante	2	105 000	7 000
T O T A L, \$/DIA			43 670

b). Energía Eléctrica.

EQUIPO	HPop	Hrs. Op.	Hp. Hr.	COSTO ENERGIA
Bombas	15	24	360	
Aereadores	120	24	2880	
Alumbrado		24	58	
TOTAL Hp - Hr.			3298	
TOTAL Kw - Hr = 0.746 (Hp - Hr)			2460	
COSTO, \$/Kw - Hr.				22.00

c). Costo de Mantenimiento:

Este costo se estimó como un porcentaje del costo de operación, el cual se consideró que es bajo para este tipo de plantas.

Costo de mantenimiento = 5 % (costo de operación).

3) Costo Unitario del agua tratada

El costo por m<sup>3</sup> de agua tratada, tomando en cuenta los conceptos anteriores y para un gasto de operación de la planta de 50 l/seg. (4320 m<sup>3</sup>/día).

$$\text{Costo Unitario, } \$/\text{m}^3 = \text{Costo de Operación} + \text{Costo de Mantenimiento}$$

$$\text{CU} = \text{CO} + \text{CM}$$

Donde:

$$\text{CO} = \text{Costo de Mano de Obra} + \text{Costo energía eléctrica}$$

$$\text{CM} = 0.05 (\text{CO})$$

$$\text{CU} = \text{Costo Unitario, } \$/\text{m}^3$$

Así:

$$\text{CO} = \frac{43670}{4320} + 22.00 \quad (2460/4320)$$

$$\text{CO} = 10.11 + 12.53$$

$$\text{CO} = \$ 22.64/\text{m}^3$$

$$\text{CM} = 0.05 (22.64)$$

$$\text{CM} = 0.05 (22.64)$$

$$\text{CM} = 1.13$$

Así:

El costo unitario del agua tratada es:

$$\text{CU} = 22.64 + 1.13 = 23.77/\text{m}^3$$

$$\text{CU} = \$23.80/\text{m}^3$$

NOTA: Este costo unitario es sin considerar la inversión inicial de la planta.

Planta Nativitas:

a) Mano de obra (ver tabla 8.4)

- 1 Jefe de la planta
- 4 operadores
- 2 Ayudantes

TABLA 8.4

PERSONAL	REQUERIDO	SUELDO MENSUAL/1	SUELDO TOTAL DIARIO, (\$)
Jefe de planta	1	300 000	10 000
Operador	4	200 000	26 670
Ayudante	2	105 000	7 000
T O T A L, \$/DIA			43 670

b) Energía Eléctrica.

EQUIPO	HpoP	Hrs. Op.	Hp. Hr.	COSTO ENERGIA
Bombas	15	24	360	
Aereadores	80	24	1920	
Alumbrado		24	58	
TOTAL Hp - Hr			2338.0	
TOTAL Kw-Hr = 0.746 (Hp - Hr)			1744	
COSTO \$/Kw - Hr				22.0

c) Costo de Mantenimiento

Costo de mantenimiento = 5 % (costo de operación)

3). Costo Unitario del agua tratada

El costo por m<sup>3</sup> de agua tratada, tomando en cuenta los conceptos anteriores y para un gasto de operación de la planta de 30 l/seg. (2592 m<sup>3</sup>/día)

$$\text{Costo Unitario } \$/\text{m}^3 = \text{Costo de Operación} + \text{Costo de Mantenimiento}$$

$$CU = CO + CM$$

Donde:

$$CO = \text{Costo de Mano de Obra} + \text{Costo energía eléctrica}$$

$$CM = 0.05 (CO)$$

$$CU = \text{Costo unitario, } \$/\text{m}^3$$

Así:

$$CO = \frac{43670}{2592} + 22.0 \quad (1744/2592)$$

$$CO = 16.85 + 14.80$$

$$CO = \$ 31.65/\text{m}^3$$

$$CM = 0.05 (31.65)$$

$$CM = 1.58/\text{m}^3$$

Así:

El costo unitario del agua tratada es:

$$CU = 31.65 + 1.58 = 33.23/\text{m}^3$$

NOTA: Este costo unitario es sin considerar la inversión inicial de la planta.

## 8.2. ANALISIS FINANCIERO

Debido a que este estudio no contempla un horizonte de proyecto definido, para desarrollar este análisis se consideraron los siguientes aspectos:

- 1). Se tomó la inversión de la obra civil y equipo electromecánico a precios actuales
- 2). Se establecieron las condiciones del crédito para la inversión, de acuerdo a las fuentes de financiamiento constantes para este tipo de proyectos.

### 8.2.1. FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

En la Tabla 8.5 se dan las principales características de las instituciones que otorgan créditos para la realización de proyectos de beneficio social.

TABLA 8.5

C O N D I C I O N E S	BANOBRAS	FONEI
Tasa de interés anual %	89.10 (max)	89.10 (+)
Período de gracia, años	3	3 (*)
Período de Amortización años	13	13

(+) Mayo de 1987 (94% CPP)

(\*) De acuerdo a las características del financiamiento

### 8.2.2. CAPACIDAD DE PAGO DE LA LOCALIDAD

Tomando en cuenta el nivel socioeconómico de la localidad, el cual se considera bajo, debido a lo manifestado en el estudio socioeconómico de la zona (Nativitas-Zacatelco), donde se observan los bajos ingresos de la población y la falta de cobertura de servicios en general, indicando que la capacidad de pago de estas localidades es baja, por lo que la inversión deberá ser cubierta en forma tripartita (Gobiernos: Federal, Estatal y Municipal), con mayor participac*ión* del Gobierno Estatal.

Por otra parte, se plantea, que la recuperación de la inversión sea cubierta mediante el cobro de cuotas entre la población y usuarios (por tratamiento y venta de agua tratada); además, el municipio otorgue un subsidio para la recuperación de la inversión.

### 8.2.3. RECUPERACION DE LA INVERSION

Tomando en cuenta que la capacidad de pago de la localid*ad* es baja, se plantean las siguientes alternativas para recuperar la inversión y que la operación de la planta de tratamiento sea autosuficiente.

- 1). Mediante el cobro de cuotas a:
  - Población e industrias
  - Usuarios del agua tratada
  - Subsidio (Gobiernos: Federal y Estatal)

Una vez recuperada la inversión, se plantea la siguiente alternativa:

2). Mediante el cobro de cuotas a:

- Población e industria
- Usuarios del agua tratada

En las Tablas 8.6 y 8.7, se establecen las posibles cuotas que se pagarán para recuperación de la inversión.



TABLA 8.6  
SISTEMA ZACATELCO

PARAMETRO	\$/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> \$/AÑO
Costo agua tratada	23.80	37.53
Costo agua superficial <sup>1/</sup>	3.20	5.0
Ahorro por el uso de agua tratada	--	--
Anualidades a pagar a <u>2/</u> 13 años y 89.10% para una inversión de: \$ 890 x 10 <sup>6</sup>	Variable (Ver Tabla 8.7)	Variable (Ver Tabla 8.7)
Cuota de la población e industria	23.00	37.53
Cuota al usuario (riego) (costo agua sup.)	3.20	5.0
Subsidio	Variable (Ver Tabla 8.8)	Variable (Ver Tabla 8.8)
Capacidad de pago	3.20	5.0
Recuperación de la inver- sión (13 años)	Variable (Ver Tabla 8.7)	Variable (Ver Tabla 8.7)

1/ Costo del agua superficial según Ley Federal de Derechos 1987, Art. 223

2/ Ver metodología para pago de inversión. (Punto 8.2.4)

TABLA 8.7  
SISTEMA NATIVITAS

PARAMETRO	\$/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> \$/AÑO
Costo agua tratada	33.23	31.00
Costo agua superficial <sup>1/</sup>	3.20	5.00
Ahorro por el uso de agua tratada		
Anualidades a pagar a <sup>2/</sup> 13 años y 89.10% para una inversión de: \$ 580 X 10 <sup>6</sup>	Variable (Ver Tabla 8.8)	Variable (Ver Tabla 8.8)
Cuota de la población e industria	33.23	31.00
Cuota al usuario (riego) (Costo agua sup.)	3.20	5.00
Subsidio	Variable (Ver Tabla 8.9)	Variable (Ver Tabla 8.9)
Capacidad de Pago	3.20	5.00
Recuperación de la inversión (13 años)	Variable (Ver Tabla 8.8)	Variable (Ver Tabla 8.8)

1/ Costo del agua superficial según Ley Federal de Derechos 1987 (Art. 223)

2/ Ver metodología para pago de inversión (Punto 8.2.4)

### 8.2.4. METODOLOGIA PARA EL PAGO DE INVERSION

Para el pago de la inversión se analizaron tres métodos, para redistribuir en el tiempo los pagos de crédito, los cuales se plantean a manera de ejemplo a continuación:

a). Sistema de pagos a valor presente.

#### CARACTERISTICAS DEL CREDITO

Monto del Crédito: 100 millones  
 Plazo: 5 años  
 Tasa de Interés: 50% anual  
 Fecha de Aprobación: 1o. de enero.

Final de Año	Pago Propuesto	Interés	Financiamiento de Interés	Amortizacion de Capital	Saldo M. M.
1	30.0	50.0	20.0	---	120.0
2	45.0	60.0	15.0	---	135.0
3	67.5	67.5	---	---	135.0
4	101.3	67.5	---	33.8	101.3
5	151.9	50.6	---	101.3	0.0

Fórmula:  $PC = A (1 + i)^n$

Donde: PC = Pago propuesto

A Anualidad;  $A = \frac{100 \text{ M.M.}}{5 \text{ años}} = 20$

n = Número de años

i = Tasa de interés

b). Método de pagos iguales de capital.

Para las mismas características de crédito tenemos:

Final de Año	Interés	Amortización de Capital	Pago Total	Saldo M. M.
1	50	20	70	80.0
2	40	20	60	60.0
3	30	20	50	40.0
4	20	20	40	20.0
5	10	20	30	0.0

$$\text{Fórmula: } PT = \frac{C}{n} + (C - \frac{mC}{n}) i$$

Donde:

PT = Pago total

C = Monto de la inversión

n = Período de años

m = Año considerado menos 1

i = Tasa interés.

c). Método de pagos iguales de capital e intereses.

Para las mismas características de crédito anteriores, tenemos:

Final de año	1	2	3	4	5
Amortización de Capital e Intereses	57.6	57.6	57.6	57.6	57.6

$$\text{Fórmula: } A = \frac{Pi (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

A = Pago de intereses y amortización de capital

P = Monto de la inversión

n = Período de años

i = Tasa de interés

De acuerdo al análisis de los métodos anteriores, se observa que el método B es el más conveniente de aplicar, debido a que la amortización de capital devenga menores intereses en el tiempo, por lo que en este estudio se siguió este método para el análisis financiero.

En las Tablas 8.8 y 8.9 se presenta el análisis resumido para el pago del crédito, si se considera que los usuarios paguen la cantidad correspondiente por venta del agua tratada (5.0 M.M./año a valor presente -\$ 3.20/m<sup>3</sup>), y el resto lo aporte la Federación y el Estado (40% y 60% respectivamente), se observa que la capacidad de pago es muy baja y los inte-

TABLA 8.8 ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ZACATELCO, TLAX.

METODO: Pagos iguales de capital

CARACTERISTICAS DEL CREDITO:

Inversión: \$ 890'000,000.00

P. Amortización: 13 años

Tasa de Interés: 89.10 \$ anual (94% del CPP)

FINAL DE AÑO	INTERES	AMORTIZACION DE CAPITAL	PAGO TOTAL	SALDO	A P O R T A C I O N		
					FEDERAL (40%)	ESTATAL (60%)	USUARIOS
1	792,990	68,462	861,452	821,538	342,581	513,871	5,000
2	731,990	68,462	800,452	753,076	318,181	477,271	5,000
3	670,991	68,462	739,453	684,614	293,781	440,672	5,000
4	609,991	68,462	678,453	616,152	269,381	404,072	5,000
5	548,991	68,462	617,453	547,690	244,981	367,472	5,000
6	487,992	68,462	556,454	479,228	220,582	330,872	5,000
7	426,992	68,462	495,454	410,766	196,182	294,272	5,000
8	365,993	68,462	434,455	342,304	171,782	257,673	5,000
9	304,993	68,462	373,455	273,842	147,382	221,073	5,000
10	243,993	68,462	312,455	205,380	122,982	184,473	5,000
11	182,994	68,462	251,456	136,918	98,582	147,874	5,000
12	121,994	68,462	190,456	68,462	74,182	111,274	5,000
13	60,700	68,462	129,162	---	49,665	74,497	5,000

NOTAS: 1). CPP - Costo Porcentual Promedio de Captación (Banco de México)

TABLA 8.9. ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE NATIVITAS, TLAX.

METODO: Pagos iguales de capital

CARACTERISTICAS DEL CREDITO:

Inversión: \$ 580'000,000.00

P. Amortización 13 años

Tasa de Interés: 89.10% anual (94% del CPP)

FINAL DE AÑO	INTERES	AMORTIZACION DE CAPITAL	PAGO TOTAL	SALDO	A P O R T A C I O N		
					FEDERAL (40%)	ESTATAL (60%)	USUARIOS
1	516,780	44,615	561,395	535,385	225,558	332,837	5,000
2	477,028	44,615	521,643	490,770	206,657	309,986	5,000
3	437,276	44,615	481,891	446,155	190,756	286,135	5,000
4	397,524	44,615	442,139	401,540	174,856	262,283	5,000
5	357,772	44,615	402,387	356,925	158,955	238,432	5,000
6	318,020	44,615	362,635	312,310	143,054	214,581	5,000
7	278,268	44,615	322,883	267,695	127,153	190,730	5,000
8	238,516	44,615	383,131	223,080	111,252	166,879	5,000
9	198,764	44,615	243,379	178,465	95,352	143,027	5,000
10	159,012	44,615	203,627	133,850	79,451	119,176	5,000
11	119,260	44,615	163,875	89,235	63,550	95,325	5,000
12	79,508	44,615	124,123	44,615	47,649	71,474	5,000
13	39,751	44,615	84,367	--	31,747	47,620	5,000

NOTAS: 1).- CPP - Costo Porcentual Promedio de Captación (Banco de México)

reses a pagar muy elevados, por lo que se recomienda que la inversión sea tramitada a través de un donativo del Gobierno Federal.

Por otro lado, en las tablas 8.10 y 8.11, se presentan las alternativas de cuotas para que la operación de la planta sea autosuficiente.

TABLA 8.10  
SISTEMA ZACATELCO

PARAMETRO	\$/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> \$/AÑO
Costo de agua por tratar	23.80	37.53
Cuota de la población	23.80	37.53
Cuota al usuario (riego)	3.20	5.0
Fondo de Recuperación <sup>1/</sup>	3.20	5.0

<sup>1/</sup> Pasará a formar el fondo para compra de nuevos equipos para la planta.



TABLA 8.11  
SISTEMA NATIVITAS

PARAMETRO	\$/m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> \$/AÑO
Costo agua por tratar	33.23	31.00
Cuota de la población	33.23	31.00
Cuota al usuario (riego)	3.20	5.00
Fondo de Recuperación <sup>1/</sup>	3.20	5.00

1/ Pasará a formar el fondo para compra de nuevos equipos para la planta.

9. MARCO DE REFERENCIA PARA EL PROYECTO EJECUTIVO

## 9. MARCO DE REFERENCIA PARA EL PROYECTO EJECUTIVO

El estudio de factibilidad e ingeniería básica para el sistema de tratamiento de aguas residuales se tomará como base fundamental para llevar a cabo el proyecto ejecutivo de las plantas de tratamiento de aguas residuales para las localidades de Zacatelco y Nativitas, Tlax., ya que comprende los aspectos técnicos, socioeconómicos y financieros suficientes, que permiten conocer, de una manera integral, la problemática de contaminación del agua en la zona y la solución más conveniente, lo cual permitirá llevar a cabo, de una manera clara, fácil y rápida el proyecto ejecutivo.

Los trabajos del proyecto ejecutivo se desarrollarán de acuerdo al siguiente programa:

- PROGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO EJECUTIVO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE NATIVITAS Y ZACATELCO.
- 1. Recopilación, estudio y evaluación de información
- 2. Delimitación del área de estudio
- 3. Caracterización y aforo de las aguas residuales
- 4. Pruebas de tratabilidad
- 5. Definición de la alternativa más conveniente
- 6. Estudios topográficos y de mecánica de suelos

7. Diseño definitivo de las obras de la planta de tratamiento.
8. Estudio económico financiero y determinación de cuotas a los usuarios.
9. Integración del sistema administrativo.
10. Informe final.

#### 9.1. ESPECIFICACIONES DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES

1. Recopilación, estudio y evaluación de información.

En esta actividad se tendrá como objetivo primordial el disponer de información suficiente, confiable y actualizada; por tanto se tomará como base la información contenida en el marco físico y socioeconómico de este estudio; actualizándola, en caso necesario y adicionando cualquier otra información pertinente para el mejor cumplimiento del estudio.

2. Delimitación del área en estudio.

Con base en los resultados de la actividad anterior, la delimitación del área que se hace en este estudio, y a un reconocimiento físico detallado en la región que considere las zonas que originan los problemas de contaminación y los que se ven afectados por los mismos y los sitios probables para ubicación de la planta de tratamiento, se actualizará la delimitación del área que se recomienda en este estudio y se definirán los usuarios potenciales, tanto industriales como-

municipales. Se pondrá a consideración de la Dependencia para su aprobación, las ventajas y desventajas de incluir ciertas industrias.

### 3. Caracterización y aforo de las aguas residuales.

Se actualizará la caracterización y aforo de las aguas residuales para determinar si las condiciones de diseño son las mismas o requieren modificarse. Se llevará a cabo lo siguiente:

- Se determinarán los parámetros convenientes que permitan caracterizar las aguas residuales municipales e industriales de la localidad en cuestión, y se elaborarán los programas de aforo, muestreo y análisis de las descargas. Los programas que se preparan, considerarán el aforo y caracterización de las descargas para efectos de definir los procesos de tratamiento y parámetros de diseño más adecuados. Además, se establecerá la calidad requerida de las descargas industriales que se conecten a la planta de tratamiento.
- Los métodos y técnicas de laboratorio que se utilizaron para la medición de caudales, toma de muestras y análisis de campo son los métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)

última edición, editados por APHA, AWWA y WPCF.

- Queda a juicio de la Dependencia el indicar algún método alternativo para el análisis o alguna modificación a los ya mencionados.

#### 4. Pruebas de tratabilidad.

Los parámetros que se utilicen para el diseño de la planta de tratamiento deberán basarse en los resultados obtenidos en las pruebas de tratabilidad que se llevaron a cabo en este estudio. En caso que se requiera llevar a cabo pruebas de tratabilidad adicionales, serán sometidas a consideración de la dependencia.

Todos los trabajos de tratabilidad serán realizados en el laboratorio del contratista y será responsable de la coordinación, supervisión de los estudios de tratabilidad, así como de la interpretación y evaluación de resultados.

#### 5. Definición de la alternativa de tratamiento más conveniente.

Con base en las actividades anteriores y la alternativa de tratamiento seleccionada en este estudio, se determinará en forma definitiva, el sistema de tratamiento más conveniente para la localidad en cuestión, tomando en cuenta la localización de los usuarios, los lugares donde es posible ubicar la planta, la demanda de agua para uso agrícola, así como demás

factores técnicos, económicos, políticos y sociales que sean pertinentes.

El terreno que se seleccione para la ubicación de la planta de tratamiento será previamente investigado, con el fin de definir su disponibilidad, adecuabilidad y facilidad de adquisición y costo.

## 6. Estudios topográficos y de mecánica de suelos.

### 6.1. Topografía.

Con la definición específica de las partes que constituyen el sistema de control de la contaminación y del terreno donde se localizarán las instalaciones de tratamiento, se procederá a la determinación de las variables físicas que apoyen el diseño constructivo de las obras de conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales.

Se realizará el levantamiento topográfico detallado del predio donde se localizará la planta de tratamiento, con una configuración de nivel a cada 50 cm., o a la que sea necesaria, de acuerdo con las dimensiones y las características del terreno, y se presentarán en planos a escala conveniente. Asimismo, se hará el levantamiento de poligonales nivelados a lo largo de los predios donde se proyectarán las líneas de conducción y las de disposición de las aguas residuales.

## 6.2. Mecánica de suelos.

Se abrirán pozos a cielo abierto, se muestrearán los -- distintos estratos de suelos detectados y se realizarán los ensayos de laboratorio, que permitan determinar las características del subsuelo.

En el terreno seleccionado para la instalación de la -- planta de tratamiento se efectuarán exploraciones con máquina rotaria y los sondeos a cielo abierto, con obtención de -- muestras y ensayos de laboratorio de las mismas para determinar las características físicas y mecánicas de los suelos -- que son indispensables conocer para el diseño de las cimentaciones de las estructuras que se construirán.

## 7. Diseño definitivo de las obras de la planta de tratamiento.

Con base en los resultados de las actividades anteriores, se procederá al diseño constructivo de las obras de conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales -- municipales e industriales que se generen en la localidad.

7.1. El diseño hidráulico y de geometría de los sistemas de recolección y de conducción de las aguas residuales, se apoyará en la nivelación del trazo, secciones transversales a niveles de rasante y perfiles, para efectos de anchos -- de zanja, plantillas, colchones mínimos, velocidades, etc. -- El diseño evitará en lo posible el uso de estaciones de bom-



beo; se considerarán todas las obras complementarias que sean necesarias para su adecuada operación y mantenimiento tales como estaciones de bombeo, derivaciones, registros, válvulas, etc., y se realizará el diseño detallado de cruzamientos con estructuras existentes, como vías de ferrocarril, carreteras y canales, cuando sea el caso.

7.2. Se hará la definición de los procesos y operaciones seleccionadas para el tratamiento de aguas residuales y lodos, así como el dimensionamiento de unidades, y se procederá a su distribución, en las áreas disponibles para las plantas, incluyendo edificios administrativos y de operación y además obras complementarias y de servicio; se realizará el proyecto detallado de todas y cada una de las unidades de tratamiento, interconexiones, estaciones de bombeo, edificios administrativos y de operación y demás obras complementarias y de servicio como dispositivos de medición, regulación y distribución de caudales, bardas, caseta de vigilancia, etc., contemplando en todos los casos los aspectos funcionales, estructurales, arquitectónicos, sanitarios, hidráulicos y electromecánicos.

7.3. Los edificios que se proyecten para la administración y operación de la planta serán funcionales y proveerán el servicio adecuado a la alternativa seleccionada.

En todos los casos los edificios proveerán los siguientes servicios:

- Oficinas y salas de espera para servicio al público.
- Sanitarios para personal y público.
- Baños con regadera y gabinetes guardarropa.
- Sala de conferencias.
- Laboratorio que incluya área de análisis físico - -  
químicos y bacteriológicos, y almacén de reactivos-  
químicos.
- Almacén general.
- Taller de reparación y mantenimiento.

Adicionalmente se deberán considerar todas las - -  
áreas o servicios que sean necesarios, de acuerdo con los --  
procesos de tratamiento seleccionado y, en general, a la al-  
ternativa escogida para el manejo de las aguas residuales.

De cualquier manera, el diseño definitivo del edifi-  
cio o edificios de administración y operación serán de común  
acuerdo con la Dependencia.

7.4. Con base en los diseños y proyectos resultan-  
tes de las actividades anteriores, se elaborarán los planos-  
funcionales, estructurales, arquitectónicos, sanitarios y --  
electromecánicos de las obras de conducción, tratamiento y -  
disposición de aguas para cada localidad y se definirán los  
catálogos de obra y equipo correspondientes. Se determinarán  
los presupuestos desglosados respectivos y se elaborarán las  
especificaciones generales de obra civil, equipo y del siste-  
ma de fuerza. En equipo se incluirá un juego completo de he

rramientas y accesorios para uso de los operadores del sistema, y el equipo de laboratorio necesario.

7.5. Se preparará un manual para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, que describa en forma detallada el control de los procesos y la manera de operar todas y cada una de las unidades, para que funcionen siempre en los niveles previstos de eficiencia y economía, y el mantenimiento necesario al equipo, instrumentos y sistemas eléctricos, así como de las obras en general.

#### 8. Ingeniería de detalle.

Como resultado del estudio, el contratista entregará a la Dependencia el siguiente material:

- a) Planos constructivos detallados de los diseños funcionales, estructurales, arquitectónicos, según el caso, de los diferentes elementos que constituyen las obras de recolección, conducción, tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales, edificios administrativos y de operación, fuerza y alumbrado, interconexiones, redes de agua potable y drenaje, cercas y demás obras complementarias y de servicio.
- b) Planos generales de distribución y de todas las unidades de proceso, edificios, vialidades, jardines y demás obras complementarias y de servicio.

- c) Planos de diseño hidráulico con diagramas de proceso, perfiles y conducciones.
- d) Planos de diagramas de flujo, unifilares y diagramas operativos, mostrando los principales elementos de operación de los sistemas.
- e) Memorias descriptivas y de cálculo de los diseños - relativos a los incisos a), b), c) y d), incluyendo los estudios topográficos y mecánica de suelos.
- f) Catálogo de cantidades de obra y equipo y presupuesto desglosado.
- g) Especificaciones de obra civil y equipo.
- h) Manuales de operación y mantenimiento en las obras de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales.
- i) Desarrollo del análisis económico de las obras.
- j) Memoria general del estudio, que contenga una descripción detallada de los trabajos realizados y se complementa con los cuadros, planos, croquis, fotografías, etc., que sean necesarios.

Adicionalmente, el contratista presentará en original - un folleto descriptivo del estudio, que comprenda el resumen de antecedentes, objetivo, actividades principales desarrolladas y resultados obtenidos, ilustrados con gráficas, cuadros, diagramas y dibujos que sean necesarios.

9. Estudio económico - financiero y determinación de cuotas a los usuarios.

Se realizará el estudio económico - financiero relativo a las inversiones necesarias para la construcción, operación, mantenimiento y administración de la planta. A este respecto se analizarán las fuentes de financiamiento tanto internas como externas, pero no sólo en cuanto a las tasas de interés con que operan y a los plazos de gracia que conceden, sino - en cuanto a la facilidad o dificultad para llenar los requisitos que exigen sus reglas de operación, a los plazos de entrega de los recursos que se solicitan, a la flexibilidad o rigidez de su control en el ejercicio de los créditos, a los gastos financieros que cargan, etc. Solo de este modo se definirá la mejor alternativa de financiamiento.

De acuerdo con la opción que haya resultado más conveniente, se tomarán en cuenta para el estudio tarifario, las erogaciones por concepto de pagos de capital, intereses, administración, operación, mantenimiento, gastos legales, integración del fondo de reposiciones y demás gastos ordinarios y extraordinarios en que incurrirá el funcionamiento normal de la planta.

Se definirá el estudio tarifario correspondiente para que sobre una base de distribución equitativa y justa de costos, se determine la cuota que deberá pagar cada usuario, en función de la cantidad y calidad de sus aguas residuales.

10. Integración del sistema administrativo.

En función de todas los factores que intervienen en la integración de la planta, se recomendará y en común acuerdo con la Dependencia se definirá el sistema administrativo más adecuado para la operación y administración de la planta, estableciendo su forma de integración y funciones que debe desarrollar el cuerpo administrativo. Asimismo, se definirá la metodología para el prorrateo de los costos de inversión, operación, mantenimiento y administración de la planta, entre todas los usuarios del sistema.

11. Informe final.

Se elaborará una memoria final del estudio que contenga la descripción, análisis y resultados de las diferentes actividades llevadas a cabo, así como las conclusiones y recomendaciones generales obtenidas del desarrollo del estudio.

