

872715 4

2ej

UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

---

INCORPORADA A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
CLAVE. N° 8727-15

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO  
DE LAS AGUAS RESIDUALES DE  
LA CIUDAD DE URUAPAN MICH.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

HUGO ALONSO RENDÓN PEREZ

Director de Tesis

ING. MIGUEL ANGEL RICO MACIAS

272099

URUAPAN MICH. 30 ENERO DE 1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

# AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer infinitamente a las siguientes personas que con su colaboración y apoyo, me ayudaron a lograr la realización de este trabajo.

Ing. Raul Jamit Abud.

Ing. Carlos Benitez Contreras.

Ing. Gabriel Meza Mora.

Y muy especialmente al Ing. Miguel Angel Rico Macias, que con su inapreciable ayuda y entusiasmo, dirigió este trabajo.

Además de un agradecimiento amplio a quienes con su colaboración y apoyo moral me ayudaron a realizar esta tesis.

Ing. Cecilia Martínez Islas.

Lic. Elizabeth Pio Rodríguez.

Lic. Uriel Alfaro Chapa.

# **Dedicatoria.**

**A MI FAMILIA.**

**Mi madre: Virginia Pérez Martínez.**

**Mi abuelita: Isabel Martínez de Pérez.**

**Mi Hermana: Frida Paola Villarreal Pérez.**

Que con sus sacrificios y esfuerzos, sostuvieron y apoyaron en mi carrera hasta el momento.

Y a mis Tíos que con su apoyo y ejemplo me ayudaron a terminar mi carrera.

Y sobre todo, a Dios que dijo la siguiente frase y ésta ha guiado mi vida.

**HÁGASE SEÑOR TU VOLUNTAD Y NO LA MIA.**

# ÍNDICE

## CAPITULO I GENERALIDADES.

1.1.-	GENERALIDADES.....	1
1.2.-	IMPORTANCIA DEL AGUA.....	2
1.2.1.-	CICLO DEL AGUA.....	3
1.2.2.-	CLASIFICACIÓN DEL AGUA.....	4
1.3.-	DISTRIBUCIÓN DEL AGUA.....	6
1.3.1.-	DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL MUNDO.....	6
1.3.1.-	DISTRIBUCIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA.....	7
1.3.2.1.-	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	7
1.3.2.2.-	CONTAMINACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA...	9
1.4.-	FUENTES DE CONTAMINACIÓN.....	9
1.4.1.-	FUENTES NATURALES.....	10
1.4.2.-	FUENTES ANTROPOGENICAS.....	10
1.4.2.1.-	FUENTES MUNICIPALES.....	10
1.4.2.2.-	FUENTES INDUSTRIALES.....	11
1.4.2.3.-	FUENTES AGRÍCOLAS.....	11
1.4.2.4.-	FUENTES ACCIDENTALES.....	12
1.4.2.-	CARACT. DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS...	12
1.5.-	CUENCAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA.....	15

**CAPITULO II CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS, HIDRÁULICAS,**  
**SERVICIOS Y DEMOGRAFÍA DE LA CIUDAD DE**  
**URUAPAN MICH.**

2.1.-	LOCALIZACIÓN.....	17
2.2.-	RECURSOS HIDRÁULICOS Y CLIMA.....	18
2.2.1	CUENCA.....	18
2.3.-	SERVICIOS.....	21
2.4.-	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	25
2.4.1	POBLACIÓN.....	25

**CAPITULO III FASES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS**  
**RESIDUALES.**

3.1.-	DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	27
3.2.-	AUTO DEPURACIÓN DE LAS AGUAS.....	28
3.3.-	CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN LÍQUIDA PARÁMETROS ORGÁNICOS.....	33
3.3.1.-	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ( DBO ).....	33
3.3.2.-	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO ( DQO ).....	33
3.3.3.-	CARBÓN ORGÁNICO TOTAL ( COT ).....	34
3.3.4.-	DEMANDA DE OXÍGENO TOTAL ( DOT ).....	34
3.4.-	CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN LÍQUIDA	

PARÁMETROS INORGÁNICOS.....	34
3.5.- CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN SÓLIDA.....	36

**CAPITULO IV ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.**

4.1.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	37
4.2.- TRATAMIENTO PRELIMINAR.....	39
4.2.1.- REJILLAS.....	39
4.2.2.- DESARENADOR.....	39
4.3.- TRATAMIENTO PRIMARIO.....	42
4.3.1.- SEDIMENTACIÓN.....	42
4.3.2.- DIGESTIÓN.....	42
4.4.- TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	42
4.4.1.- SISTEMAS FLOCULADOS.....	42
4.4.1.1.- LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.....	43
4.4.1.1.1.- LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ANAEROBIAS.	46
4.4.1.1.2.- LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVAS.	46
4.4.1.1.3.- LAGUNAS DE MADURACIÓN.....	47
4.4.1.2.- LODOS ACTIVADOS.....	47
4.4.1.3.- AEREACIÓN EXTENDIDA.....	52
4.4.1.3.1.- DIGESTIÓN AEROBIA.....	56
4.5.- MANEJO DE RESIDUOS.....	56

**CAPITULO V EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN Y PROCESO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICH.**

5.1.-	DEFINICIÓN DE ÁREA PROBABLE DE LOCALIZACIÓN DE PLANTA .....	57
5.2.-	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE DESCARGA.....	60
5.3.-	DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	69
5.3.1.-	PRIMERA OPCIÓN: Una sola planta de tratamiento.....	69
5.3.1.1.-	SITIO I.....	69
5.3.1.2.-	SITIO II.....	73
5.3.1.3.-	SITIO III.....	77
5.3.2	SEGUNDA OPCIÓN: Dos plantas de tratamiento.....	79
5.3.2.1.-	ALTERNATIVA 1.....	80
5.3.2.2.-	ALTERNATIVA 2.....	80
5.3.2.3.-	ALTERNATIVA 3.....	81
5.3.3.-	EVALUACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.....	85
<b>CAPITULO VII</b>	<b><u>CONCLUSIONES.</u></b> .....	<b>91</b>



# INTRODUCCIÓN.

El tratamiento de las aguas residuales es una opción que ya no tenemos, debido a que la contaminación que generamos y vertimos a los ríos, lagos y otros cuerpos de agua, atenta contra la salud de cada uno de los habitantes de la región. La contaminación que se realiza en un sitio, rompe el equilibrio ecológico del entorno, en las últimas convenciones ecológicas se ha llegado a la conclusión de que la Tierra es un cuerpo vivo y que el daño de cualquier sitio de ella afecta al equilibrio ecológico del planeta. Por lo tanto, no se puede ver la contaminación de un sitio como hecho aislado sino como un problema mundial.

El problema de la contaminación del agua es uno de los problemas, que más fuertemente afectan a este país, su peligrosidad radica en que es recurso limitado e indispensable y que en la mayoría de las Ciudades requieren más cada día y las aguas residuales de estas, dañan el recurso hidráulico de la siguiente Ciudad. Esto forma una cadena, sobre todo en las zonas, que cuentan con ríos cercanos. Uruapan es un ejemplo claro de este tipo, vierte sus aguas residuales directamente al río Cupatitzio afectando a las ciudades y pueblo río abajo, y ellos repiten este fenómeno que termina por tener al río Balsas como uno de los más contaminados del país.

La construcción de un sistema de tratamiento de las aguas residuales en la Ciudad de Uruapan, es un proyecto que se comenzó a realizar en el año de 1993, por CNA y el Gobierno del Estado. Este proyecto consideró en su investigación, la construcción de una o dos Plantas de Tratamiento, y diferentes tipos de tratamiento, opciones para las rutas del sistema de drenaje, aprovechamiento y costos, en el capítulo V se explica claramente cada una de las opciones y la decisión tomada por el Gobierno. Este es un proyecto de gran importancia para la Ciudad, considerando que Uruapan está en el programa federal de las 100 Ciudades más grandes del País.

**Esta tesis tiene el objetivo de conocer si el proyecto realizado cumple con las necesidades de la ciudad de Uruapan, Mich. bajo las siguientes hipótesis.**

1. - ¿ El proyecto es económicamente viable ?
2. - ¿ Se requieren dos plantas ?
3. - ¿ El sitio ó sitios para construcción son los adecuados ?
4. - ¿ El proceso ó procesos de tratamiento de las aguas residuales será correcto ?
5. - ¿ El proyecto considera factores externos que lo alteren ?
6. - **¿ La decisión tomada por el gobierno, para el proyecto de tratamiento de las residuales de la Ciudad de Uruapan, es correcta ?**

Todas estas hipótesis se resolverán a lo largo de los capítulos de esta tesis e iremos conociendo lo necesario para confirmarlas o rechazar cada una de estas.

Al final realizaremos una evaluación del proyecto, es decir, valoraremos su capacidad, su eficiencia y economía, con todos los datos recopilados en los capítulos V. Que nos permitirá contestar la pregunta 6 y cumplir nuestro objetivo, conocer si la solución del gobierno es un acierto ó un error. Para dar una felicitación sincera ó si es necesario plantear una alternativa de solución.

# CAPITULO I

---

---

## 1.1.- GENERALIDADES

El deterioro de la calidad del agua de los ríos y embalses con la consecuente desaparición de la vida que sustentan y la limitación en las oportunidades en su aprovechamiento. Junto con la contaminación de los suelos y productos agrícolas y la generación de situaciones sanitarias altamente adversas, son factores que actualmente se presentan en cualquier lugar donde el esquema de Captación y disposición de los desechos líquidos está incompleto. Desde la perspectiva actual, siempre estará incompleto si no existe una forma de disposición adecuada de la que en muchos casos, dependerá el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales a través de su tratamiento.

El problema de la contaminación de agua en México es muy complejo debido a la diversidad de fuentes de contaminación, tanto naturales como las producidas por el hombre, así como a las implicaciones de tipo económico y social. Por lo cual se requiere grandes esfuerzos para lograr controlar la contaminación, tanto por las autoridades como de la sociedad en su conjunto.

De acuerdo con el primer diplomado internacional sobre contaminación ambiental y ecología, realizado en Cejaya, Gto. En octubre de 1993. La cuenca del Balsas es la cuarta más contaminada del País, a esta es a la que pertenece la cuenca del Cupatitzio. Y es, por tanto, es vital dar solución a la contaminación generada dentro de la ciudad de URUAPAN, MICH. Para dejar de ser una fuente de contaminación y pasar a ser un ejemplo de solución.

La contaminación del agua es un problema que podemos solucionar conociendo como se contamina, por que se contamina y los diferentes sistemas de tratamientos de aguas residuales que

existen para tratar el agua. En el caso de la Ciudad de Uruapan es necesario analizar las características particulares del problema, y con esto lograr saber si la construcción de una planta de tratamientos de aguas residuales es la solución óptima al problema.

## **1.2.- EL AGUA.**

El agua es uno de los compuestos más importantes de la tierra. Esto es innegable ya que el agua abarca aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes de la superficie terrestre, además, es el principal componente de todos los organismos vivos. Simplemente en el hombre representa casi el 70% del peso total de su cuerpo.

El hombre emplea el agua para sus necesidades diarias como lavado de ropa, utensilios, doméstico, preparación de alimentos, etc. Y en un innumerable número de actividades industriales y comerciales. Convirtiéndose así en el elemento más importante para su supervivencia.

Las antiguas civilizaciones humanas se percataron de la importancia vital que el agua tenía para su desarrollo. Por lo que se establecieron y florecieron a lo largo de grandes ríos tales como el Nilo, Ganges, Tigris, Eufrates, Danubio, Volga, etc. Estos primeros conglomerados humanos aprovecharon la cercanía de los ríos para obtener de ellos agua para saciar su sed, peces para su alimentación y como medio de transporte.

A medida que el ser humano fue evolucionando y las Ciudades fueron creciendo, el hombre encontró nuevos usos para el agua, entre los que destaca el uso de las corrientes superficiales como medios de transporte y de riego de cultivos. Este aumento de la dependencia del hombre con respecto al recurso del agua le obligó a inventar técnicas que permitieran la captación, transmisión, almacenamiento y distribución de este preciado líquido para el consumo diario.

El surgimiento de la revolución industrial originó la creación de grandes complejos industriales, los cuales sirvieron de núcleos para la creación de grandes metrópolis. Para estas industrias el agua ha alcanzado una función predominante en las actividades del mundo moderno y su consumo se ha visto multiplicado rápidamente.

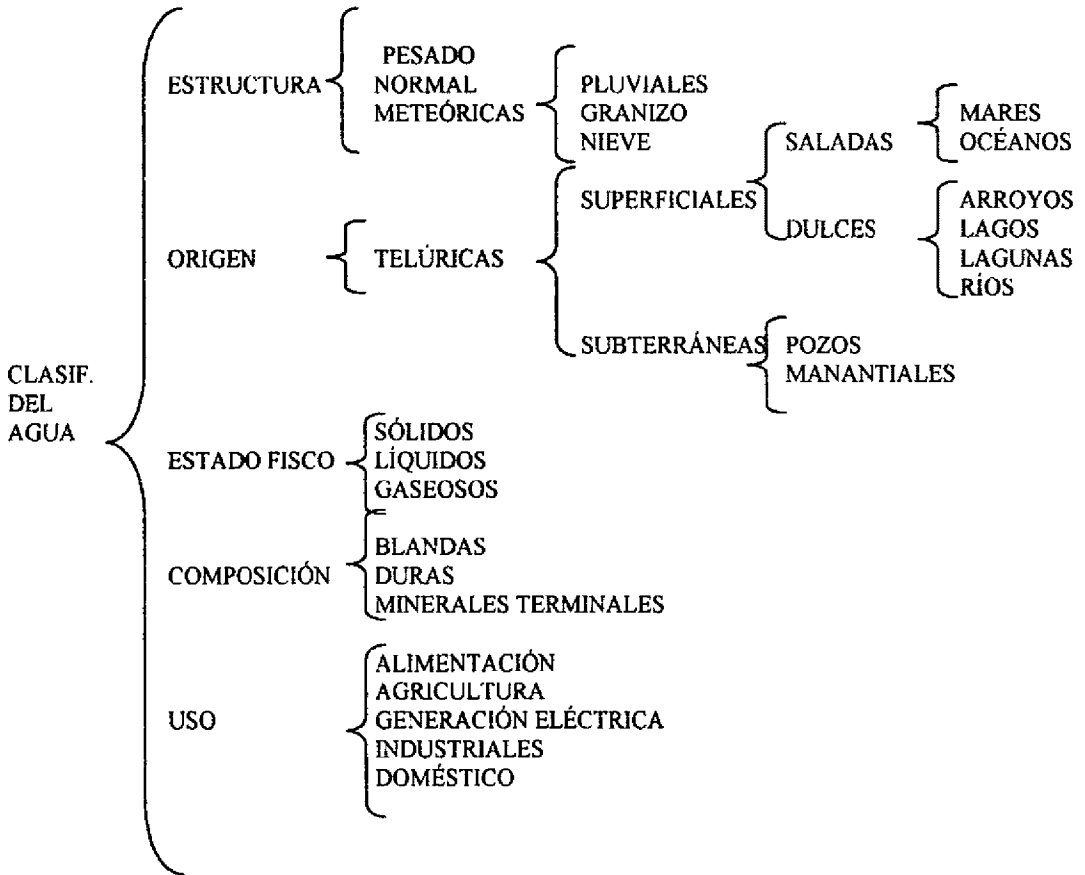
### **1.2.1.- CICLO DEL AGUA.**

La cantidad de agua en nuestro planeta se mantiene constante gracias al fenómeno de la naturaleza conocido como ciclo del agua o ciclo hidrológico, éste permite que el agua circule continuamente a través del aire y del suelo con una serie de cambios físicos en un proceso que no tiene fin.

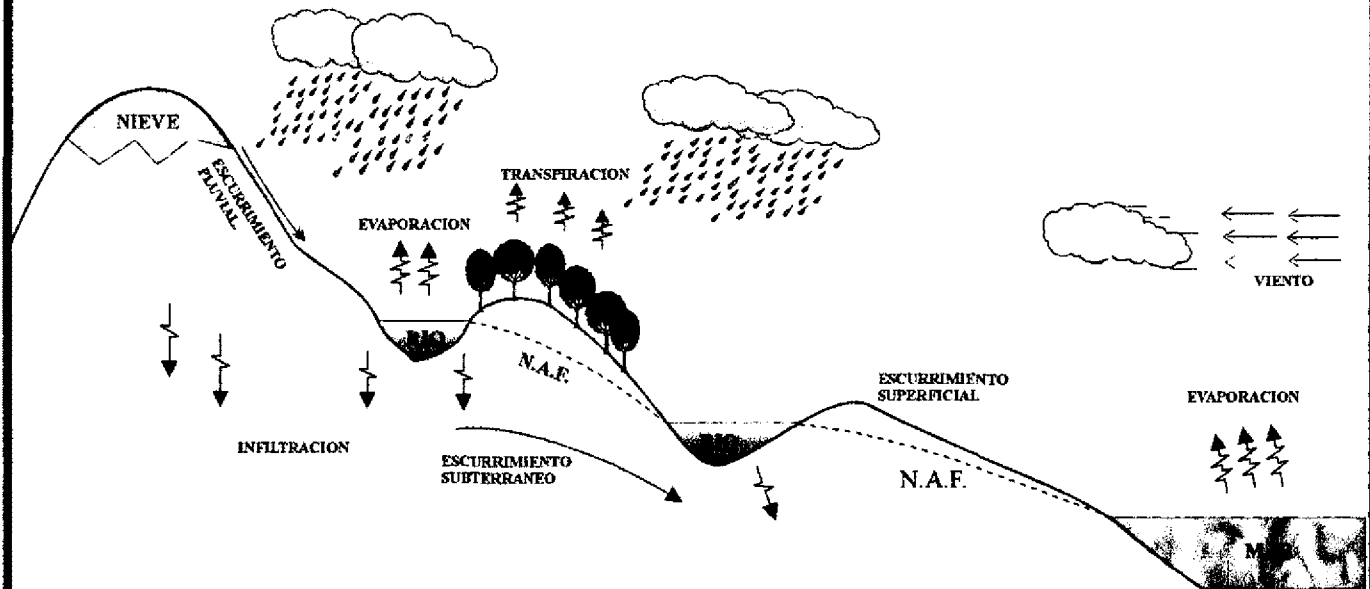
Los escurrimientos que no retornan a la atmósfera, forman corrientes que fluyen hacia los mares y, además, los depósitos de agua superficiales que finalmente se integran al ciclo. A continuación se muestra la fig. 1.1 en la que se señalan las partes principales del ciclo hidrológico.

El hombre agrega un eslabón al ciclo hidrológico, extrayendo importantes cantidades de agua del ciclo, las cuales emplean posteriormente y las regresa a los mismos cuerpos de agua, modificando su cantidad y calidad.

**1.2.2.- CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE ACUERDO A SU VARIEDAD, EN CUANTO A SU ORIGEN, ESTRUCTURA Y USO.**



# CICLO HIDROLOGICO



FORMAS EN QUE SE PRESENTA EL AGUA.

Fig. 1.1

## 1.3.- DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

### 1.3.1.- DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL MUNDO.

Aquí se puede apreciar que a pesar de la abundancia del agua, las cantidades aprovechables de esta son muy escasas en el mundo. Dado que el agua aprovechable tan solo es una fracción de la existente.

- EN OCÉANOS.	97 %
- EL AGUA DULCE REPRESENTA	<u>3 %</u>
SUMA	100 %

### DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DULCE

- Casquetes polares y glaciales:	75.0 %
- Aguas subterráneas con profundidad de 750 a 4,000 m.	14.0 %
- Aguas subterráneas con profundidad menor a 750 m.	<u>10.5 %</u>
SUMA	99.5 %

- En lagos.	0.37 %
- Humedad del suelo.	0.06 %
- En ríos.	0.03 %
- En la atmósfera	<u>0.04 %</u>
SUMA	0.50 %



### **1.3.2.- DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA REPÚBLICA MEXICANA.**

El territorio nacional cuenta con un volumen suficiente de agua para satisfacer las necesidades de su población, pero tenemos dos problemas principales su distribución y contaminación de las fuentes de abastecimiento como ríos, lagos, lagunas y aguas subterráneas. El primero no se puede evitar ya que se debe a condiciones topográficas y climáticas. El segundo se puede evitar con la responsabilidad de la población civil y con el apoyo de la ingeniería.

La distribución del recurso resulta ser muy complicado considerando que la ubicación del agua es muy desproporcionada en nuestro País, existiendo zonas de gran abundancia y otra donde se carece totalmente del vital líquido. Y este problema se agrava aun más considerando el gran índice de crecimiento poblacional, que lleva por consecuencia la demanda creciente de un recurso limitado.

En la fig. 1.2 se muestra el aprovechamiento que se hace en la República Mexicana y se puede apreciar como ha crecido la demanda del vital líquido a lo largo de los años y como esta tendencia será en años futuros.

#### **1.3.2.1.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.**

El País es encuentra dividido en 320 cuencas hidrológicas con un escurrimiento medio de 410,000 millones de m<sup>3</sup>, ésto representa el total disponible para su aprovechamiento.

En su distribución en la zona Norte del País solo se tiene un escurrimiento de 12,300 millones de m<sup>3</sup> que representa el 3 % del total en una área equivalente de 30% del País y se tienen 205,000 millones de m<sup>3</sup> en un área no mayor al 20 % del territorio nacional. La disponibilidad de agua como fuente de abastecimiento se encuentra abajo de 1,500 m.s.n.m. mientras que más del 70 % de población y 80 % de la industria se localiza en zonas altas.

## APROVECHAMIENTO HIDRAULICO EN LA REPUBLICA MEXICANA.

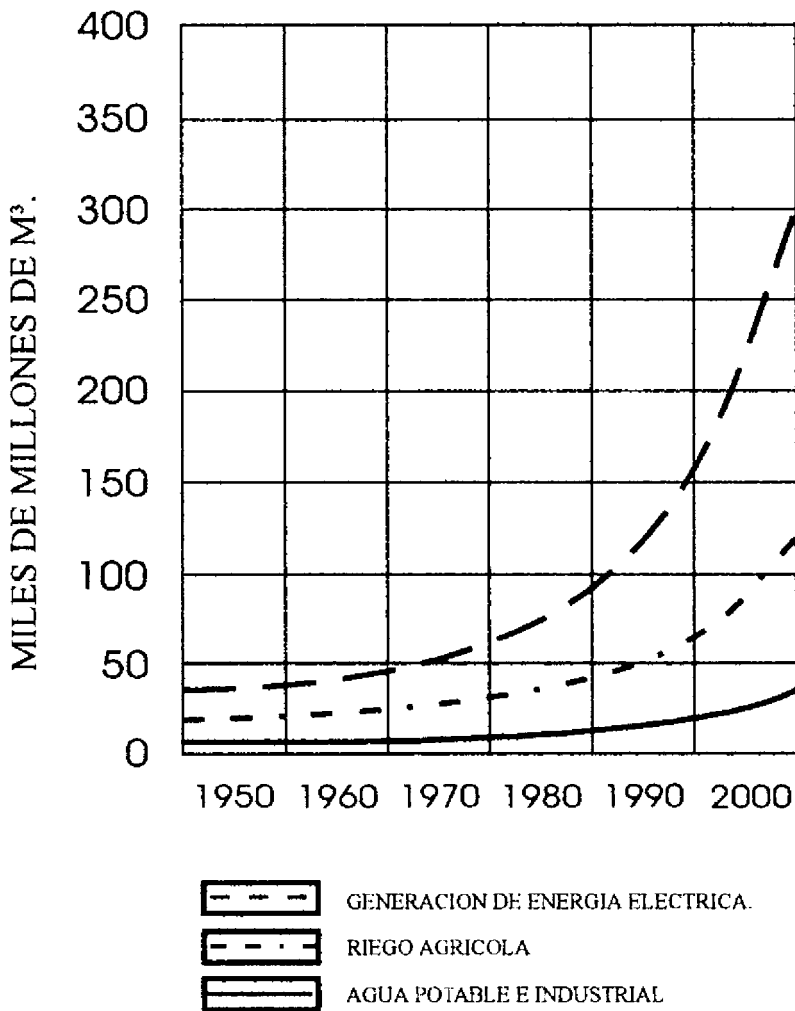


FIG. 1.2.

### **1.3.2.2.- CONTAMINACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA.**

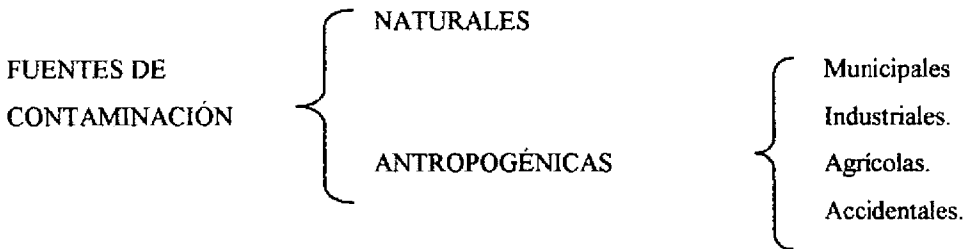
La contaminación del agua en zonas donde se escasea es criminal, el desperdicio y además de las corrientes que se contaminan y que pueden servir como fuente de abastecimiento de agua potable. Sin embargo, los ríos del país son usados para depositar los desechos líquidos y sólidos, generados en las ciudades y comunidades. Esto provoca un impacto ecológico, alteramos el ecosistema terrestre de estas zonas con el desarrollo de corrientes contaminadas a cielo abierto. Al contacto con el ser humano son la causa de varias enfermedades gastrointestinales aparte de que no tiene un uso adecuado y su manejo tiene un costo económico alto y no existe mucha preocupación por este hecho. En nuestro País existe muy poca gente interesada por este tema y Profesionistas especializados en esta área son escasos, de ahí la importancia de educar y concientizar a la población de la magnitud del problema e *incentivar a los profesionistas a especializarse y con ello no solo buscar soluciones sino también evitar los problemas.*

### **1.4.- FUENTES DE CONTAMINACIÓN.**

El desarrollo industrial y el acelerado crecimiento demográfico ha suscitado un aumento de agua residuales que al ser vertidas sin tratamiento previo a los cuerpos de agua, han ocasionado problemas ecológicos de distintas formas, esta situación provoca la necesidad de conocer el grado de contaminación que se presenta en las aguas del País, con la finalidad de avocarse en aquellas cuencas que por sus características particulares presentan mayores problemas de contaminación.

La industrialización sin planificación ha ocasionado más de la quinta parte de la población se concentra en dos o tres ciudades, originando con ésto, una concentración masiva de contaminantes, que lleva consigo un deterioro en el medio ambiente.

## CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN.



1.4.1. - **FUENTES NATURALES.**- Son las que emiten de manera natural, sustancias extrañas que degradan la calidad de las aguas limpias contenidas en los depósitos ó corrientes de agua, como ejemplo tenemos: La erosión acuática, erosión eólica, erupción volcánica y marea roja. Sin embargo, cuando se presentan avenidas arrastran a su paso basura, residuos industriales o de otro tipo, entonces si se puede llegar a presentar un problema, en especial si la avenida desemboca a un cuerpo receptor, no contaminado.

1.4.2. - **FUENTES ANTROPOGENICAS.**- Son las fuentes que como resultado de las actividades humanas emiten sustancias extrañas al medio acuático, degradando su calidad y dificultando su uso.

1.4.2.1. - **FUENTES MUNICIPALES.**- Constituyen la mayor fuente de contaminación en cuanto a volumen se refiere, ya que las aguas residuales emitidas por ellas están formadas por las descargas de las actividades domésticas de las Poblaciones, las cuales en ocasiones se encuentran mezcladas con las aguas pluviales, la mayor parte de las aguas de los centros urbanos está constituida por desperdicios caseros, desechos humanos y animales, los que son conectados mediante sistemas de alcantarillado.

Sin embargo, las poblaciones pequeñas por su reducido tamaño no cuentan con una red de alcantarillado, y los desechos son vertidos directamente a los cuerpos de agua o infiltrados en el subsuelo. El hecho de que el rápido crecimiento de población supera ampliamente la capacidad para dotar a la misma de un eficiente sistema de alcantarillado y convierte a las descargas municipales en focos peligrosos de contaminación.

**1.4.2.2. - FUENTES INDUSTRIALES.**- Como su nombre lo indica, estas fuentes están constituidas por todas las industrias que de una u otra forma, aprovechan el agua para sus procesos, modificándola en todas sus propiedades y desechándola posteriormente con una calidad mucho menor que la que tenía a la entrada. Estas fuentes de contaminación aumentan rápidamente en volumen y peligrosidad, como resultado del desarrollo tecnológico e industrial del mundo moderno. Si a lo anterior se agrega que algunas industrias descargan sus aguas sin tratamiento alguno a los cuerpos naturales (lagos, ríos, etc.) o a los sistemas de alcantarillado, por esta razón se considera que la contaminación debida a la industria es de mayor peligrosidad en la actualidad y en el futuro.

**1.4.2.3. - FUENTES AGRÍCOLAS.**- estas fuentes son el resultado del riego de los campos agrícolas tratados con compuestos químicos, tales como: fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, fungicidas, etc., para el control de plagas y para aumentar la productividad de la tierra. Las aguas excedentes del riego, conocidas como aguas de retorno agrícola, aunadas a aguas pluviales arrastran parte de las sustancias antes mencionadas y las depositan en los cuerpos y corrientes de aguas limpias, alterando con ésto la calidad del ecosistema acuático y provocando un excesivo crecimiento de la flora de los mismos en detrimento de la cantidad de oxígeno, debido a que las áreas de riego son demasiado extensas y poseen varias salidas, el manejo y control de las aguas de retorno es demasiado complejo.

1.4.2.4. - **FUENTES ACCIDENTALES.**- Lo provoca, como su nombre lo indica, los accidentes durante el desarrollo de alguna actividad, como ejemplo: un derrame de petróleo en el océano, que trae consigo varias consecuencias como el impedimento para la oxigenación del agua, causando la muerte de la fauna y ocasionando daños a los centros turísticos, afortunadamente no son muy comunes.

#### 1.4.2. - **CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.-**

Las aguas residuales domésticas son aquellas que resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas habitación, edificios comerciales e instituciones. La cantidad o volumen de aguas residuales domésticas que se producen varían de acuerdo con el tipo de población y número de habitantes. Se considera que el intervalo normal de desecho de aguas residuales en un municipio puede variar desde 160 a 300 litros por habitante en un día.

Estas aguas están constituidas por las exoneraciones corporales de humanos y animales, que llegan a formar parte de las aguas residuales domésticas mediante los sistemas hidráulicos de los retretes o letrinas.

Estos desechos son un problema para la salud pública, debido a que pueden contaminar a los cuerpos receptores con organismos perjudiciales, causando enfermedades como: cólera, tifoidea, disentería vacilar, disentería amibiana, gastroenteritis y otras enfermedades.

En términos generales las aguas residuales municipales se caracterizan por elevadas concentraciones de sólidos, materia orgánica, grasas, aceites y detergentes.

En el siguiente cuadro se muestra un esquema de las fuentes de contaminación del agua en el cual se identifica claramente los factores que se involucran para el deterioro de los cuerpos

receptores de agua (ríos, lagos, manantiales, etc.), y, además, en la tabla siguiente se muestran los valores típicos de contaminantes existentes en las aguas residuales.

### COMPOSICIÓN TÍPICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

( VALORES EXPRESADOS EN MG/L )

COMPUESTOS	FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Sólidos totales (ST)	1200	700	350
Sólidos disueltos totales (SDT)	850	500	250
Sólidos disueltos fijos (SDF)	525	300	145
Sólidos disueltos volátiles (SDV)	325	200	105
Sólidos suspendidos totales (SST)	350	200	100
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	275	150	70
Sólidos sedimentables (SSE)ml/lit	20	10	5
DBO <sub>5</sub> (Demanda bioquímica de oxígeno al 5° día.)	300	200	100
DQO (Demanda química de oxígeno.)	1000	500	250
Carbono orgánico total	300	100	100
Nitrógeno total (como N)	85	40	20
Nitrógeno orgánico	35	15	8
Nitrógeno amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitritos	0	0	0
Fósforo total (como P)	20	10	6
Fósforo orgánico	5	3	2
Fósforo inorgánico	15	7	4
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Grasas y aceites	150	100	50

# IDENTIFICACION DE LA PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN MEXICO

ESQUEMA GENERAL DE FUENTES DE CONTAMINACION DEL AGUA.



CUADRO 1



## **1.5. - CUENCAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA.**

Con la finalidad de dar a conocer las cuencas de atención prioritaria en materia de contaminación del agua en el País se creó el *plano semáforo*, con el objeto de regular las fuentes de contaminación más importantes en cada una de ellas.

El universo de cuencas estudiadas está formado por 218 cuencas, de las cuales 20 son prioritarias, 34 de segundo orden y 164 de tercer orden las prioritarias no cuentan con las condiciones particulares fijadas en la Norma Técnica Ecológica (Norma Oficial Mexicana).

### **Las cuencas de primer orden son las siguientes:**

- |                      |                  |                   |
|----------------------|------------------|-------------------|
| 1. - Lerma Santiago. | 8. - Fuerte.     | 15. - Salado.     |
| 2. - Pánuco.         | 9. - Nazas.      | 16. - Conchos.    |
| 3. - San Juan.       | 10. - Jamapa.    | 17. - Armería.    |
| 4. - Balsas.         | 11. - Antigua.   | 18. - Coahuayana. |
| 5. - Blanco.         | 12. - Sonora.    | 19. - Tijuana.    |
| 6. - Culiacán.       | 13. - Guayalejo. | 20. - Bravo.      |
| 7. - Colorado.       | 14. - Yaqui.     |                   |

La atención que se a realizado a estas cuencas a sido pobre, sin embargo, en el lago de Chapala, se han construido plantas de tratamiento para disminuir a los contaminantes liquidos generados por la industriales, agricultura y urbanos vertidos a este lago. En el D.F. existe una serie de plantas de tratamiento aguas residuales que alivian parcialmente el problema, la más importante es la del Ex lago de Texcoco, en Michoacán existe un pequeño numero plantas con capacidades de menos de 100,000 habitantes y, además, del tipo industrial. La ciudad de Uruapan cuenta con plantas de tipo industrial, ejemplo la Papelera y las usadas por gasolineras para eliminación de aceites.

# CAPITULO II

---

---

## **RECOPIACIÓN, ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE.**

Para iniciar el análisis de la problemática existente en las aguas de la Ciudad de Uruapan, es necesario hacer una recopilación confiable de la información actual existente. Sin perder en ningún momento que toda esta información es actual y que en el caso de un proyecto de tratamiento de aguas residuales será necesario hacer una **proyección de la población futura, para evitar que el proyecto quede obsoleto a corto plazo.**

La información recopilada acerca de la región de Uruapan se obtuvo de la información publicada por el INEGI. Cartas topográficas y recorridos del área de estudio que sirvieron para detectar rasgos morfológicos característicos de la Ciudad, entre otros, lo accidentado de la topografía y la abundancia de los recursos hidrológicos. Se consultaron publicaciones de la SARH (1980) para conocer los fenómenos morfológicos de la ciudad y la región hidrológica en que se sitúa.

Se obtuvo información de CFE y de INEGI para determinar la población actual y proyectar su crecimiento futuro, así como las principales actividades económicas de la población y por medio de la CNA se obtuvo datos acerca de los servicios de agua potable y alcantarillado.

## **2.1.- LOCALIZACIÓN.**

La ciudad de Uruapan, cabecera del municipio del mismo nombre en el estado de Michoacán, se ubica a 120 km. en dirección suroeste de la ciudad de Morelia, capital del estado; tiene coordenadas 102 ° 04' de longitud oeste y 19° 25' de latitud norte. (Ver fig. 2.1 )

El área de estudio comprende la totalidad de la localidad, incluidas las zonas de crecimiento a futuro lo que abarca una extensión de 3540.40 ha. Uruapan se asienta en la margen izquierda del río Cupatitzio; habiéndose extendido hacia la margen derecha prácticamente hasta la tenencia de Jicalán, al norte las nuevas colonias han poblado los cerros de La Cruz y La Charanda, y hacia el sur se ha conurbado con la tenencia de Zumpimito.

Uno de los rangos sobresalientes en la ciudad es el Parque nacional donde afloran múltiples manantiales (algunos aprovechados para abastecer a la población), que da forma al río Cupatitzio. El cual cruza al poniente de la ciudad en dirección norte-sur, en general la topografía es muy accidentada, siendo características las fuertes pendientes en las calles del centro de la ciudad, así como las barrancas, canales y lomas que se tienen en la mancha urbana y que en conjunto da forma de la ciudad.

En general las características morfológicas en el área de la ciudad de Uruapan están dadas por los rasgos de las subprovincias Neovolcánicas Tarascas y Escarpa Límitrofe del Sur en las que se encuentra situada la zona en estudio.

## 2.2. - RECURSOS HIDRÁULICOS Y CLIMA.

En la zona de Uruapan tiene una situación privilegiada con respecto a la disponibilidad de agua aprovechable ya que en el norte de la localidad brotan una serie de manantiales que dan origen al río Cupatitzio. Y cuyo caudal no solo es suficiente para el abastecimiento de agua para el consumo humano, sino que adicionalmente se tiene un excedente bastante considerable con el cual se riega una gran diversidad de productos agrícolas sobre todo huertas de aguacate, también industrias locales y se tiene un sobresaliente aprovechamiento para la generación de energía hidroeléctrica.

Se cuenta en la ciudad también algunos pozos profundos que abastecen zonas habitacionales, huertas de aguacate e instalaciones industriales.

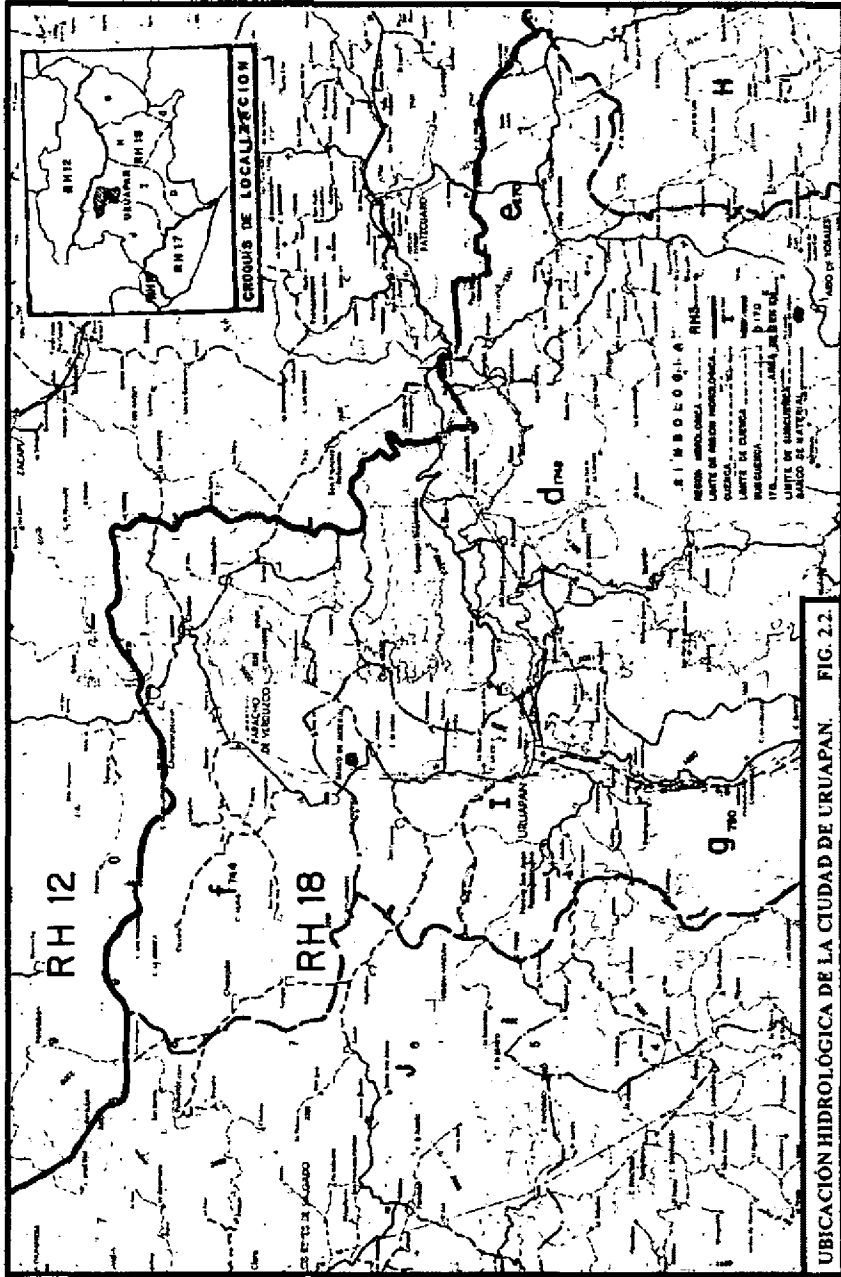
### 2.2.1 CUENCA

El río Cupatitzio se ubica dentro de la región hidrológica denominada “ Río Balsas “, localizada en la porción central del Estado; es un escurrimiento importante dentro de la Cuenca denominada río “Tepalcatepec - Infiernillo “, en particular, se cuenta con una subcuenca intermedia llamada río Cupatitzio. ( Ver fig. 2.2)

La cuenca de Cupatitzio se localiza entre las coordenadas geográficas 19° 20' y 19° 33' 49" latitud norte en los meridianos 102° 00' y 102° 14' 02" longitud Oeste, con una altitud que varía de 1,300 a 3,100 msnm. La extensión de la cuenca del Cupatitzio se encuentra repartida aproximadamente en los siguientes rubros:

USO DE CUENCA	AGRICULTURA	FORESTAL	URBANO	DESPROVISTO DE VEGETACIÓN	DE CUERPOS DE AGUA	AREA TOTAL DE CUENCA
ÁREA (ha.)	12712	19997	3540	522	29	36800
PORCENTAJE	34.54 %	54.34 %	9.62%	1.42 %	0.08 %	100 %





## **2.3. - SERVICIOS.**

Debido a la discontinuidad en las administraciones del organismo operador y la falta de los planos en los que se pudiera consultar la situación de la red de distribución de agua potable, no se conoce con exactitud la conformación de ésta, especialmente de la parte centro de la Ciudad, que es la más antigua.

Sin embargo, en el anteproyecto de Mejoramiento del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, de la C.N.A. que realizó a través de SIHASA en los años de 1989 - 1990 se tiene información detallada de la infraestructura existente; así mismo, en los Proyectos Ejecutivos de las Redes de Distribución de la Ciudad de Uruapan que ha venido realizando la C.N.A por medio de esta empresa se presenta parte de la red actual y la forma en que se integrará a los proyectos.

En la Ciudad de Uruapan se tiene gran abundancia de agua ya que en las márgenes del río Cupatitzio afloran una serie de manantiales que se han captado para el abastecimiento de la Ciudad, sé tenía tal disponibilidad de agua, que incluso se prescindía de tanques de regulación, ya que se podía extraer máximo horario; *sin embargo, en épocas recientes las captaciones existentes han disminuido sus niveles y las tuberías de conducción que anteriormente funcionan a tubo lleno actualmente salen a la mitad de su capacidad.*

Lo anterior aunado al crecimiento de la demanda ha generado problemas en el abastecimiento y distribución del agua. Por otra parte, la topografía de la Ciudad que presenta fuertes desniveles en dirección norte-sur dificulta la racionalización del agua por seccionamiento.

A partir de las fuentes de abastecimiento se han formado una serie de redes que en la mayoría de los casos operan con cargas superiores a las recomendadas y no están integradas adecuadamente. *Además, principalmente en la zona centro las tuberías se encuentran muy deterioradas ya que no han sido rehabilitadas en muchos años.*

Actualmente se aprovechan 7 manantiales situados en el área del Parque Nacional para el abastecimiento de la población, estos son: La yerbabuena, Riyitos, Revelero I, Revelero II, Gandarillas I, Gandarillas II y el Pescadito. ( ver tabla 2.1 )

Además de los situados manantiales, existen varios pozos en operación de los cuales se destinan al abastecimiento de fraccionamientos o unidades habitacionales.

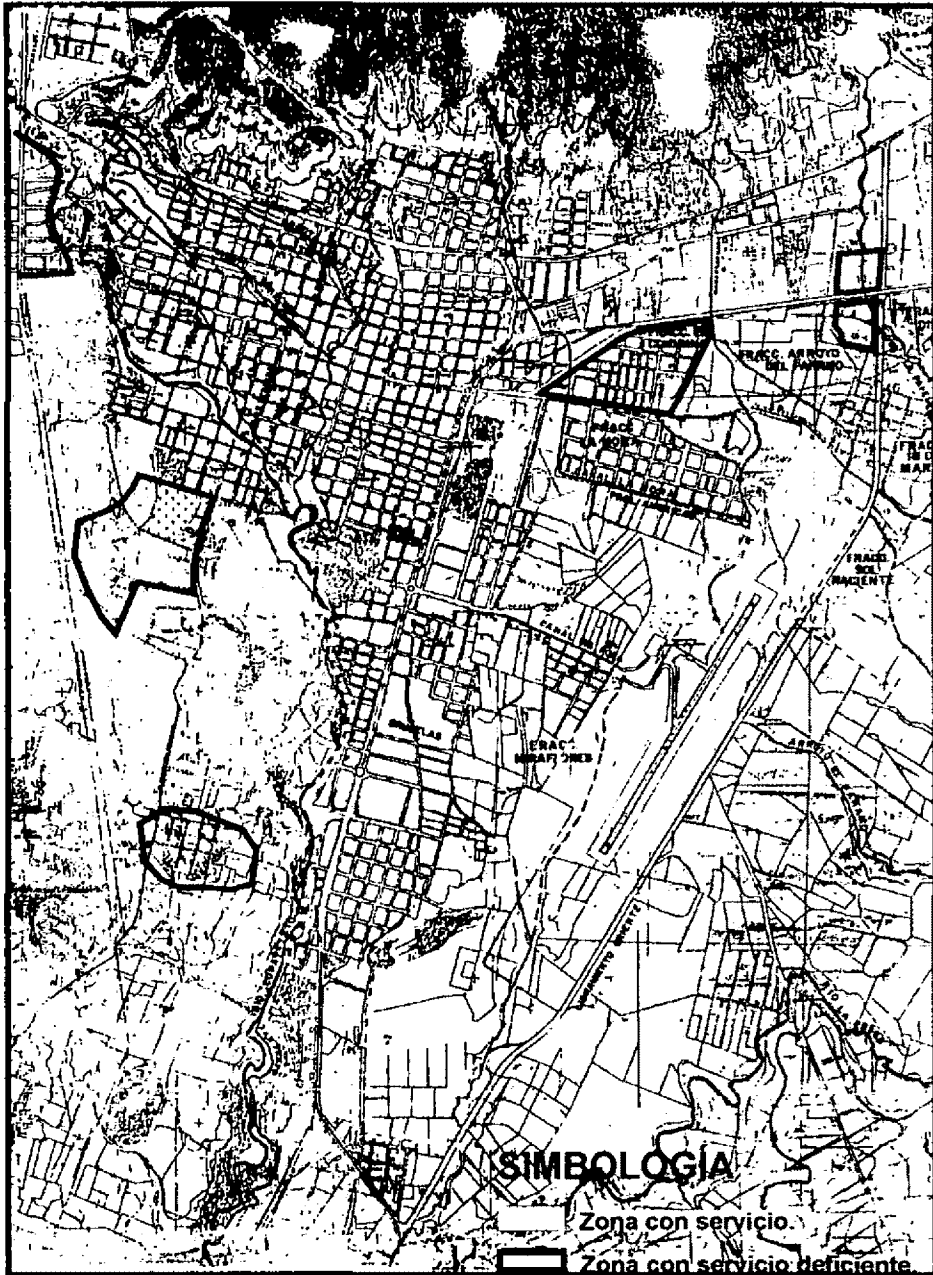
En la figura 2.3. se muestra, la red primaria que cubre la Ciudad y la ubicación de las fuentes de abastecimiento, se estima que el servicio de agua potable tiene una cobertura del 85% del total de la población.

Análogamente al caso del agua potable, no se tiene conocimiento exacto de la forma en que está integrado el sistema de alcantarillado por las razones ya expuestas, pero se considera que cuenta con este servicio la mayoría de los usuarios que disponen de agua potable. Lo que representa entre el 50% y el 85% de la población total de la Ciudad.

FUENTES DE ABASTECIMIENTO.					Tabla 2.1.		
MANANTIAL	GASTO	LPS	DISPONIBI	ZONA DE	EQUIPAMIE		
	AFORADO 1990	OPERANDO	LIDAD ( LPS )	DISTRIBUCIÓN ACTUAL	C	T	B
LA YERBABUENA	1081	130	951	SUROESTE	X	X	X
RIYITOS	50	50	-	NORTE	X	X	X
REVELERO I	5	5	-	CENTRO -NTE.	X	X	-
REVELERO II	5	5	-	NTE. - OESTE	X	X	-
GANDARILLAS I	140	60	80	CENTRO - SUR	X	X	-
GANDARILLAS II	542	80	462	SUR- ORIENTE	X	X	-
EL PESCADITO	263	205	58	NORTE	X	X	X
TOTAL	2086	535	1551				

C = Caja de Captación. T = Tubería de distribución por gravedad. B = Equipo de bombeo.





**COBERTURA DE SERVICIO DE AGUA POTABLE. FIG. 2.3.**

Con el apoyo de C.N.A. se obtuvo el plano de la red de alcantarillado de la Ciudad y los puntos principales de descarga. Funcionamiento hidráulico del sistema actual de drenaje, se detalla ampliamente tanto colectores como sitios de descarga en los sig. Capítulos.

En cuanto a la disposición de las aguas negras, el organismo operado sabe que éstas llegan finalmente al río Cupatitzio, sin embargo se desconoce la mayoría de los puntos de descarga y el uso que se les da. Las aguas residuales conducidas tanto en la red de atarjeas como en los canales que cruzan la zona urbana descargan en un 70% a los afluentes del río Cupatitzio, y el 30% restante lo hace directamente a éste.

En los recorridos realizados por los sitios de descarga se pudo verificar que las aportaciones más caudalosas se tienen en los ríos Cupatitzio y Santa Bárbara (ó San Antonio); así mismo en los arroyos Tarecho, Riyitos, El Páramo, la Papelera y en las barrancas de la zona norte vierten un gran número de colectores; en general, en todos los cauces y canales que atraviesan la Ciudad descargan colectores y una elevada cantidad de viviendas particulares.

En el capítulo 5.2 se describen ampliamente.

## 2.4. - ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.

### 2.4.1 POBLACIÓN.

De acuerdo a los censos realizados por la federación, la población observada en el Estado de Michoacán, en el municipio de Uruapan y en la Ciudad de Uruapan, ver tabla 2.2.

POBLACIÓN HISTÓRICA CENSADA					Tabla 2.2.		
AÑO	EDO. MICHOACAN		MPIO. URUAPAN		CD. URUAPAN		
	POB. (Hab.)	CREC. (%)	POB. (Hab.)	CREC. (%)	POB. (Hab.)	CREC. (%)	URB. (%)
1970	2'324,226	2.30	102,649		82,667		80.53
1980	2'868,824	2.13	146,998	3.66	122,828	4.04	83.56
1990	3'534,024	2.11	217,068	3.98	202,445		93.11

También de datos censales se sabe que en 1980, los 122,828 habitantes de la Ciudad de Uruapan, moraban en 21 705 viviendas, de ellas 19,551 tenían energía eléctrica, de lo cual se deduce que el número de habitantes por vivienda era de 5.66 y la cobertura del servicio de energía eléctrica era del 90.1%. Considerando que el número de habitantes por vivienda se ha mantenido constante durante la última década, ya que la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) tenía registradas 32,216 conexiones domésticas con las cuales se daba servicio aproximadamente al 95% de la población, se puede deducir que la población a Diciembre de 1989 era de 191,940 habitantes.

Con base en información publicada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) para el estado de Michoacán, se sabe que las tasas de natalidad brutas para 1950, 1960, 1970 y 1980 fueron de 47.9, 48.1, 47.22 y 44 nacimientos por cada mil habitantes respectivamente. Y las correspondientes a la mortandad bruta fueron de 15.2, 9.6, 8.6 y 7.6 por cada mil habitantes, se

puede deducir que la tasa de crecimiento natural del estado ha variado de 3.27%, a 3.85%, a 3.86%, y finalmente a 3.64%, mostrando una tendencia a disminuir, al igual que pasa en el resto del País.

Con la información anterior, es posible hacer el análisis de población para el periodo 1980-1990, donde se aprecia que el valor calculado de la población para 1989 es de 191,026 habitantes, éste resulta congruente con el previamente calculado (191,940) a partir de las conexiones domésticas que la C.F.E. tenía registradas para fines de ese año. De acuerdo con lo anterior se efectuó la proyección del año 1990 al año 2010, con los siguientes resultados por quinquenios:

AÑO	POBLACIÓN (HAB)
1990	217,068 (Dato mas reciente de INEGI)
1995	255,517
2000	322,741
2005	408,283
2010	517,743

Con estos datos de proyección se tomarán de base para el desarrollo del proyecto.

# CAPITULO III

---

---

## **FASES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.**

### **3.1. - DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES.**

Desde el comienzo de la historia el hombre ha requerido el agua para diversos fines, y la naturaleza tenía la capacidad para eliminar los desechos generados por el hombre, pero a lo largo del tiempo se fue concentrando el hombre en grandes ciudades con desechos altamente adversos hasta el punto que no se puede realizar la autodepuración de forma natural, sin embargo el hombre ha buscado métodos para que el tratamiento de los residuos líquidos se lleve a cabo. Todo esto como respuesta creciente a la preocupación pública sobre la salud y los efectos adversos causados por las descargas directas de las aguas residuales al ambiente.

Dentro de esta creciente necesidad por controlar la contaminación se ha creado la disciplina de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, hoy en día se cuenta con los conocimientos y técnicas suficientes para ayudar a la naturaleza a eliminar todos los contaminantes existentes y hacer un medio ambiente más habitable.

*Inicialmente el propósito del tratamiento*, fue el de acelerar las fuerzas naturales bajo condiciones controladas en instalaciones de tratamiento para lograr los siguientes objetivos:

- Remoción de materia flotante y suspendida.

- Remoción de materia orgánica biodegradable.
- Eliminación de organismos patógenos.

En la actualidad contamos con la tecnología adecuada para convertir cualquier líquido contaminado en agua potable. Sin embargo, existen factores que vuelven esta tecnología poco viable como por ejemplo:

- Costo
- El uso del efluente
- Disponibilidad de recursos humanos
- Materiales
- Condiciones socioeconómicas y políticas.

### **3.2. AUTODEPURACIÓN DE AGUAS.**

Las **aguas negras** son líquidos turbios que contienen material sólido en suspensión, en forma coloidal o disuelta, sólidos orgánicos y sólidos inorgánicos.

La naturaleza por sí sola tiene la capacidad de **autodepurar** las aguas a lo largo de su ciclo hidrológico. Resulta que a lo largo de su camino sufre numerosos cambios de régimen o circunstancias físicas que le ayuda al agua a limpiarse.

*Las aguas negras generadas en las ciudades se canalizan hacia un sistema de drenaje sanitario donde se recolectan todos los líquidos y sólidos derivados de casas habitación áreas comerciales e industriales. Pero todas las aguas negras generadas por lo general son vertidas a cuerpos de agua receptores que por lo general son: Ríos, lagunas, lagos y océanos. Sin ningún tratamiento antes de su vertido a los cuerpos receptores.*

Como se mencionó anteriormente, el agua tiene la facultad de autodepurarse y se lleva a cabo en cuatro etapas que a continuación se describe:

**ETAPA DE DEGRADACIÓN**.- La primera de estas etapas queda inmediatamente después abajo del punto de contaminación, se caracteriza por presentar signos visibles de contaminación, pues se presentan sólidos flotantes, el agua tiene relativamente poco oxígeno disuelto.

**ETAPA DE DESCOMPOSICIÓN**.- A medida que se va agotando el oxígeno disuelto, es donde se inicia la descomposición anaerobia o putrefacción, y ha desaparecido todo tipo de fauna acuática, el agua se vuelve negra y se producen olores ofensivos como resultado de la descomposición de los sólidos orgánicos por los organismos anaerobios que se presentan en grandes cantidades. En el transcurso se va aereando de manera que al final existe una pequeña cantidad de oxígeno.

**ETAPA DE RECUPERACIÓN**.- En esta etapa reaparece el oxígeno disuelto en cantidades mayores, los sólidos disminuyen y el color presenta una apariencia más favorable, se han extinguido los organismos anaerobios, los peces pueden vivir nuevamente, los sólidos orgánicos se sedimentan formando lodos y poblándose de gusanos y larvas que son perfectamente visibles.

**ETAPA DE AGUA LIMPIA**.- En esta zona la apariencia del agua es similar a la que tenía antes de que recibiera la descarga contaminante, no hay sólidos suspendidos, la concentración de oxígeno está cercana al punto de saturación.

El peligro de la autopurificación es que pueden sobrevivir algunos microorganismos patógenos, virus u otras sustancias tóxicas, especialmente compuestos metálicos provenientes de las industrias que existen.

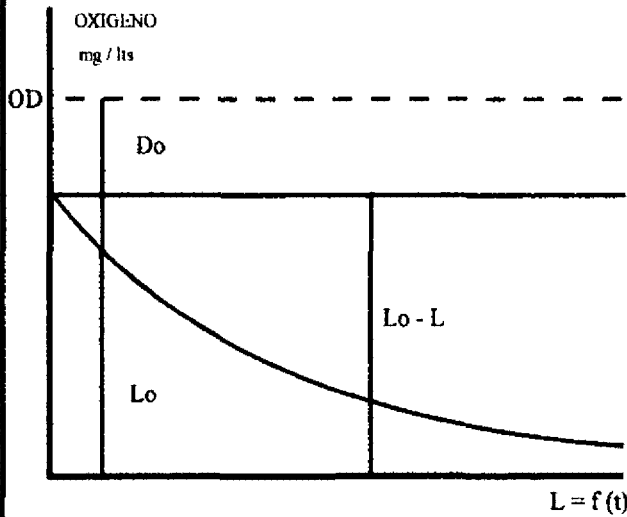
Las fig. 3.1. y 3.2. se presentan las curvas de desoxigenación y oxigenación, es decir, como pierde el agua el oxígeno presente en ella y como lo recupera a lo largo del tiempo, esto se presenta mas comúnmente en los ríos donde al ingresar las aguas residuales a un río. Los microorganismos aerobios que requieren oxígeno disuelto en el agua y que se alimentan de la materia orgánica que esta presente en el agua, desarrollan e incrementan su número hasta el punto de que consumen casi todo el oxígeno presente en el agua y a este fenómeno se le llama desoxigenación y lleva a la desaparición de los microorganismos aerobios.

Al tiempo en que se consume el oxígeno en el agua los microorganismos anaerobios se desarrollan en ausencia de oxígeno disuelto en el agua, sin embargo al desaparecer los agentes que consumen el oxígeno en combinación con el movimiento del agua se reoxigena el agua en un determinado tiempo lo que lleva a la desaparición de los microorganismos anaerobios y finalmente esto logra la autodepuración de las aguas.

Los fenómenos antes mencionados no se presentan de forma aislados si no que interactúan entre sí, como se muestra en la fig. 3.3. se describen las etapas de la autodepuración y la línea delgada continua, muestra como cambia la cantidad de oxígeno disuelto en el agua por la presencia de los microorganismos aerobios y anaerobios presentes en el agua y su presencia sirve para eliminar toda la materia orgánica contaminante en el agua y todo esto a lo largo de las etapas de autodepuración.



### CURVA DE DESOXIGENACION

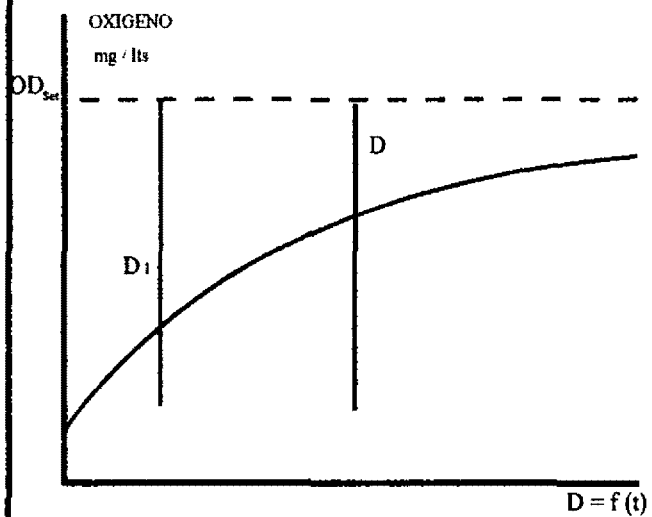


$$L = Lo e^{-K t}$$

- $Lo$  = Demanda ultima de oxigeno.
- $L$  = Oxigeno remanente al tiempo.
- $Do$  = Deficit inicial de oxigeno.
- $Lo - L$  = Oxigeno consumido.
- $K$  = Constante de desoxigenación

Fig. 3.1

### CURVA DE OXIGENACION



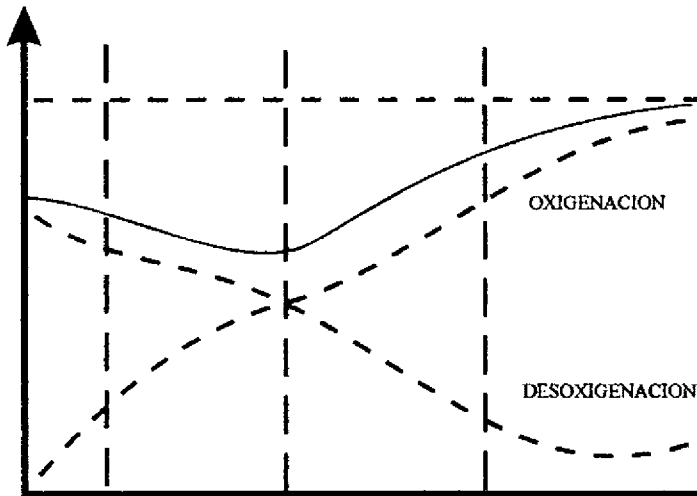
$$D = Do e^{-K t}$$

- $Do$  = Deficit inicial de oxigeno.
- $D$  = Deficit de Oxigeno al tiempo  $t$ .

Fig. 3.2

# PROCESO DE AUTODEPURACION

OXIGENO



DESCARGA DE  
AGUA RESIDUAL.

- 1.- ETAPA DE DEGRADACIÓN.
- 2.- ETAPA DE DESCOMPOSICIÓN.
- 3.- ETAPA DE RECUPERACIÓN.
- 4.- ETAPA DE AGUA LIMPIA.

$K$  = Ctc. de oxigenación.  
 $D$  = Deficit de oxígeno disuelto en el tiempo  $t$ .  
 $K_1$  = Ctc. de desoxygenación.

$$D = \frac{K}{K - K_1} Lo \left[ e^{-K_1 t} - e^{-K t} \right] + D_0 e^{-K_1 t}$$

Fig. 3.3

### **3.3.- CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN LIQUIDA** **PARÁMETROS ORGÁNICOS.**

Las aguas de desecho pueden dividirse para su caracterización en dos fracciones, una líquida que contiene solamente material disuelto y una sólida que contiene el material suspendido original o el que se ha formado después del tratamiento biológico.

#### **3.3.1.- DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ( DBO ).**

Este parámetro da una estimación de la cantidad de oxígeno contenido en el agua, y nos da la pauta para conocer los materiales orgánicos biodegradables en una muestra clarificada, filtrada o centrifugada de aguas residuales por medio de una población microbiana heterogénea.

Para la determinación de este parámetro se tiene la necesidad de tomar una muestra e incubarla durante un lapso de 5 días. Este lapso tiene un origen histórico ya que esta medición fue establecida por investigadores ingleses que, considerando que las descargas de sus ríos al mar se realiza en lapsos menores o iguales a cinco días no tenían necesidad de hacer un seguimiento mayor. Por ello se reporta como  $DBO_5$ . Sin embargo, la estabilización completa de la materia orgánica se presenta en las aguas residuales en forma disuelta o demanda última de oxígeno, ( $DBO_u$ ) se presenta en función de las propiedades propias de la materia orgánica. Se ha encontrado casos en que se requiere de 40 ó más días para alcanzar la estabilización.

#### **3.3.2.- DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO ( DOO ).**

La demanda química de oxígeno, es la medida del equivalente de oxígeno de la fracción orgánica que es susceptible a la oxidación. Este parámetro ha sido usado por muchos años para estimar el contenido de materia orgánica contenida en las aguas y en las aguas residuales.

### **3.3.3.- CARBÓN ORGÁNICO TOTAL ( COT ).**

El carbón orgánico total existente en las aguas residuales es el parámetro que muestra la cantidad de anhídrido carbónico producido por la oxidación de cualquier materia carbonácea presente en un líquido y se determina por el método de análisis basado en la oxidación catalítica total de la materia orgánica y detecta el bióxido de carbono resultante de los procesos orgánicos dentro del agua y se miden por medio de un analizador infrarrojo

### **3.3.4.- DEMANDA DE OXÍGENO TOTAL ( DOT ).**

Este método se desarrolla hace años (Clifford, 1967), se basa en el principio de determinar la demanda de oxígeno más que el de carbono. La demanda total de oxígeno de la sustancia orgánicas e inorgánicas.

## **3.4.- CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN LIQUIDA PARÁMETROS INORGÁNICOS.**

Como ya se dijo en las aguas residuales existe materia orgánica que se desea eliminar pero es necesario considerar su naturaleza y características de la fracción soluble de estas aguas y después de evaluarse, seleccionar el proceso de tratamiento más adecuado para eliminar la materia contaminante.

Para poder llevar a cabo la eliminación de la materia contaminante disuelta es necesario considerar las concentraciones de los parámetros inorgánicos de materia inorgánica contenida en el agua si esto está por encima de ciertas concentraciones, se dificulta el tratamiento del agua. En la tabla 3.1. se presenta estas concentraciones, así como el pretratamiento o tratamiento primario recomendado por los expertos en la materia.

**Tabla 3.1 Requerimientos para el pretratamiento o tratamiento primario**

<b>Constituyente.</b>	<b>Concentración límite.</b>	<b>Tratamiento</b>
Sólidos suspendidos.	125 mg/l	Sedimentación, Floculación, etc.
Grasas o aceites.	50 mg/l	Desnatador.
Metales pesados.	1 - 10 mg/l	Precipitación, intercambio iónico.
Alcalinidad	0.5 g alcalinidad/g DBO.	Neutralización.
Acidez.	Acidez mineral libre.	Neutralización.
Sulfatos.	100 mg/l	Precipitación, arrastre.
Cloruros.	8000 - 5000 mg/l	Disolución.
Fenoles.	70 - 160 mg/l	Arrastre.
Amoniaco.	1600 mg/l ph y arrastre.	Disolución, ajuste de
Sales disueltas.	16000 mg/l	Disolución, intercambio iónico.

Fuente :W.W. Eckenfelder y Ford, D.L. 1970. Water Pollution Control. The Pemberton Press Jenkins Pub. Co.  
Austin y New york.

### **3.5.- CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN SÓLIDA.**

De los puntos que se mencionan en los subcapítulos anteriores hay algunos que inciden directamente en el diseño del equipo de separación de sólidos, en especial, sus características de sedimentabilidad o flotabilidad.

Tal vez sea necesario enfatizar que los sistemas de tratamiento son, esencialmente, **procesos de separación** de diferentes tipos. Los más económicos son los que emplean operaciones unitarias simples de sedimentación, flotación, etc. Naturalmente la materia disuelta no puede separarse por estos métodos y es necesario buscar maneras de precipitarla para separarla. Estos procesos de precipitación pueden ser químicos o biológicos. En los primeros se hace reaccionar al material disuelto con alguna sustancia de bajo costo que permita, posteriormente, separar los sólidos suspendidos obtenidos también por métodos sencillos y económicos (preferentemente la sedimentación). En los segundos, si el material soluble es biodegradable, sirve como alimentos a diferentes microorganismos que, en presencia de oxígeno, se reproducen “convirtiendo” el material soluble en nuevos microorganismos. Estos, como sólidos suspendidos pueden ser separados del agua también por sedimentación.

Al material sólido separado antes del tratamiento químico o biológico se le llama sólidos primarios, ya que a esta fase de separación se le conoce, como ya se dijo antes, como tratamiento primario o pretratamiento.

Al material sólido generado durante la precipitación química o biológica se le conoce como sólidos secundarios o lodos secundarios, ya que a esta fase de separación se le identifica como el tratamiento secundario.

# CAPITULO IV

---

---

## **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO**

En términos generales, una **planta de tratamiento de aguas residuales** es un lugar donde se disminuye o se elimina las características perjudiciales de los contaminantes que contiene el agua y es el lugar donde se lleva a cabo el proceso de depuración del agua, en un espacio mucho menor al requerido por la naturaleza para realizar este proceso. En este capítulo se llevara a cabo un análisis, es decir, *una descripción detallada de elementos principales y procesos, con el objetivo de obtener los criterios de selección de la planta más adecuada a las condiciones geográficas y económicas de nuestra región. Se consideraron para evaluación solo los procesos más económicos y de tecnología más viables para nuestro País.*

### **4.1.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.**

Las aguas residuales son por lo general producidas en áreas urbanas e industriales que en las colindancias de la ciudad se descarga el agua residual al sistemas de alcantarillado, y de hay a grandes cuerpos de agua como ríos, lagos, etc. Integrando al agua una gran cantidad de sustancias y materia sólida que se mencionó en los capítulos anteriores. Pero en general las aguas residuales consisten de agua, sólidos disueltos y sólidos suspendidos.

Los desechos industriales algunas veces contienen productos químicos altamente contaminantes por lo cual se deben tratar en forma especial antes de su disposición final; incluso pueden interferir en el tratamiento de las aguas domésticas.

Los sólidos suspendidos son perceptibles a simple vista y pueden separarse por medios físicos o mecánicos como sedimentación o filtración. Los sólidos pueden ser orgánicos e inorgánicos. Como ya se mencionó con anterioridad en el capítulo anterior.

Los sólidos orgánicos son en general de origen vegetal o animal, aunque pueden ser orgánicos sintéticos. Contienen carbón, hidrógeno pudiendo tener nitrógeno, azufre y fósforo. Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes que no están sujetas a la degradación, también se conocen como sustancias minerales.

Los sólidos disueltos se encuentran dispersos a nivel molecular y por lo tanto no pueden separarse por medio físicos.

Las aguas residuales pueden contener gases disueltos como oxígeno, bióxido de carbono y ácido sulfhídrico; desde el punto de vista biológico contienen microorganismos, bacterias y otros tipos de coliformes fecales y virus patógenos.

En el tratamiento de las aguas lo que se busca es primeramente separar los sólidos que sea posible, transformar los sólidos orgánicos a minerales o orgánicos más estables y tratar de separarlos de las aguas. Que en forma automática disminuyen considerablemente el contenido de gérmenes patógenos, que son causa de múltiples enfermedades.

Los niveles de tratamiento se pueden clasificar en:

- a) Pretratamiento o preliminar
- b) Primario
- c) Secundario
- d) Terciario

Cada uno de los niveles mencionados va precedido de los indicados en primer término, es decir el nivel terciario se ejecuta mediante una secuencia de: pretratamiento, primario y secundario.



## **4.2.- TRATAMIENTO PRELIMINAR**

En el pretratamiento (o preliminar) se remueven sólidos de tamaño grande como arenas, flotantes y objetos, la remoción de éstos en general mejora los resultados del tratamiento posterior.

Los dispositivos más comúnmente utilizados son rejillas y desarenadores; se pueden emplear también trampas de grasa, cámaras de preaeración, cámaras de flotación y desmenuzadores. En algunos casos la utilización de equipo de bombeo es requerido ver fig. 4.1.

**4.2.1.- REJILLAS:** se instalan en un canal por el que pasará el agua, se diseñan dobles en paralelo para que cada una funcione con el gasto total; una en funcionamiento y la otra en reserva. Estas pueden ser de limpieza automática o manual.

**4.2.2.- DESARENADOR:** la finalidad de esta parte del proceso es eliminar arena, grava u otros sólidos más pesados que los suspendidos, con lo anterior se evitará la interferencia que causan en el tratamiento y al mismo tiempo se protegerá de la abrasión y del taponamiento de tuberías.

Los procesos que se analizarán para el acondicionamiento de las aguas negras de la Ciudad de Uruapan que invariablemente incluirán el pretratamiento.

En la fig. 4.2 se ejemplifica un modelo típico de un sistema de rejillas y desarenador.

CROQUIS BOMBAS TIPO TORNILLO.

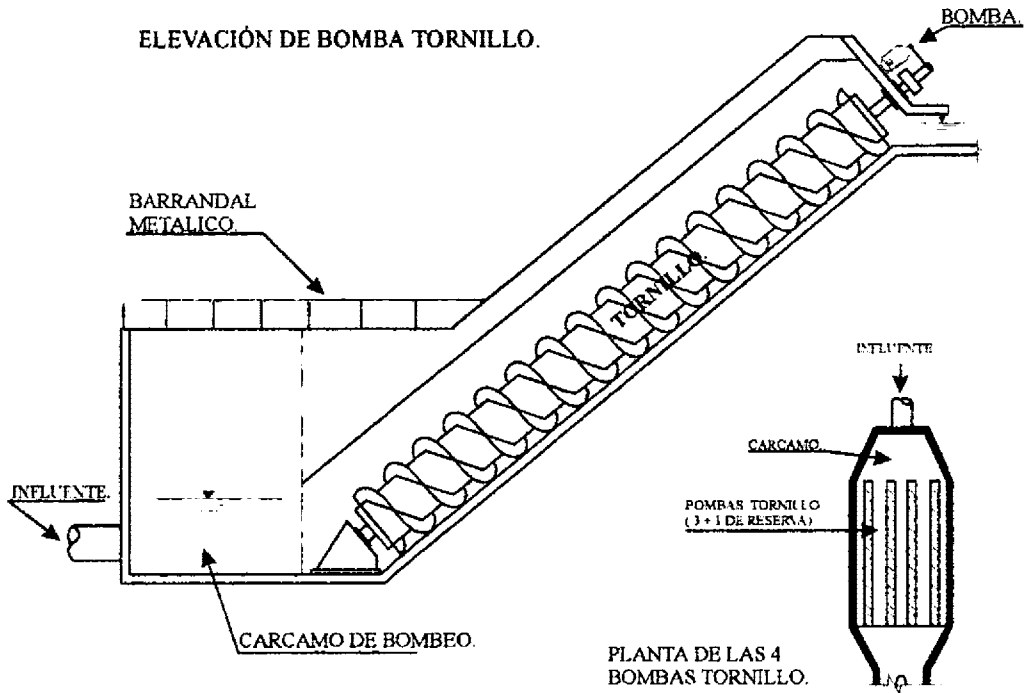


FIG. 4.1.

# CROQUIS TIPICO DE REJILLAS Y DESARENADOR

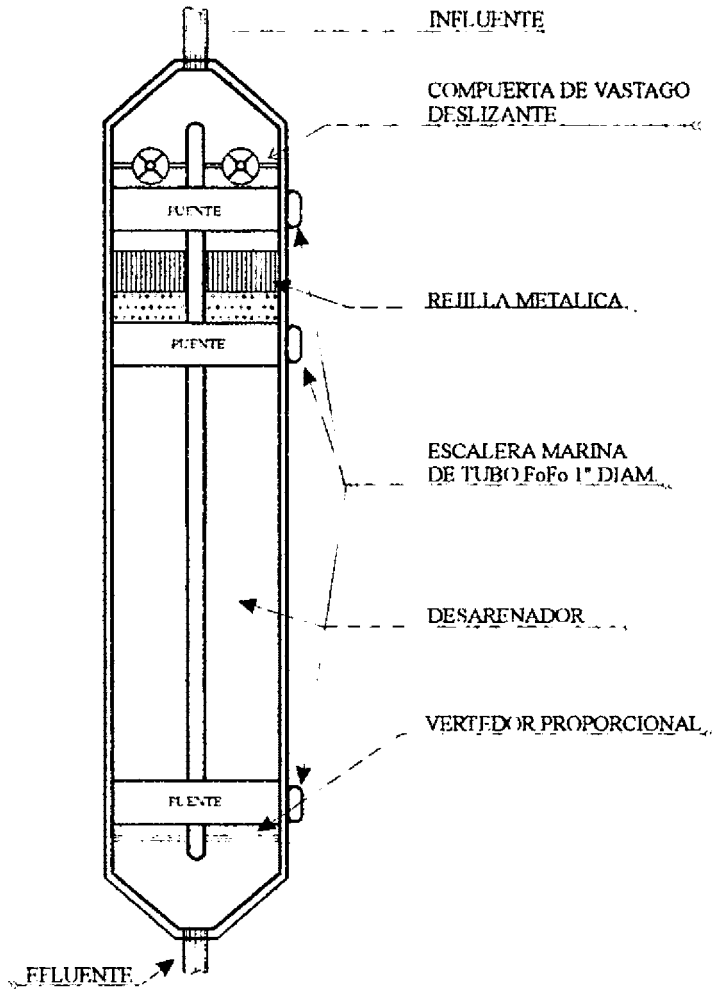


FIG. 4.2.

### **4.3.- TRATAMIENTO PRIMARIO.**

Las aguas residuales que entran en una depuradora contienen materiales (sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables) que podrían atascar o dañar las bombas y la maquinaria. A continuación se describen los procesos necesarios para la realización de este proceso.

**4.3.1.- SEDIMENTACIÓN:** Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la  $DBO_5$  y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento incorporando procesos llamados coagulación y floculación químicas al tanque de sedimentación. La coagulación es un proceso que consiste en añadir productos químicos como el sulfato de aluminio a las aguas residuales. La floculación provoca la aglutinación de los sólidos en suspensión. Ambos procesos eliminan más del 80% de los sólidos en suspensión.

**4.3.2.- DIGESTIÓN:** Es un proceso microbiológico que convierte el lodo, orgánicamente complejo, en metano, dióxido de carbono y un material inofensivo similar al humus (parte orgánica del suelo). Las reacciones se producen en un tanque cerrado o digestor, y se producen en ausencia de oxígeno. En primer lugar, la materia sólida se hace soluble por la acción de enzimas (fermentos solubles). La sustancia resultante fermenta por la acción de un grupo de bacterias productoras de ácidos, que la reducen a ácidos orgánicos sencillos. Entonces los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias. La digestión reduce el contenido en materia orgánica entre un 45 y un 60 por ciento.

#### **4.4.- TRATAMIENTO SECUNDARIO.**

Los procesos llamados secundarios, tienen como principal objetivo remover las sustancias coloidales y estabilizar la materia orgánica presente en las aguas residuales.

Los procesos biológicos más comunes usados son los *Lodos Activados*, *Filtros Percoladores* y *Lagunas de Estabilización*; sin embargo, existen muchas otras modificaciones que pueden ser utilizadas para lograr los requerimientos específicos de tratamiento. Otros procesos que se incluyen en este grupo, son las variantes de lodos activados, zanjas de oxidación, discos biológicos y lagunas aereadas mecánicamente, aerobias y anaerobias.

Que a continuación se describen algunos de ellos en función del sistema de operación.

##### **4.4.1.- SISTEMAS FLOCULADOS.**

En los sistemas de tratamiento, los microorganismos pueden estar homogéneamente distribuidos en las aguas residuales a tratar, logrando esta distribución homogénea por medio mecánicos. Los microorganismos se adhieren unos a otros formando flóculos que son suficientemente pesados para que al suspender la agitación y/o la aeración se sedimenten fácilmente.

Los sistemas basados en este principio son los siguientes:

##### **4.4.1.1.- LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

Las lagunas de estabilización datan desde hace ya bastantes años, utilizada para la disposición de los desechos de viviendas y animales en zonas rurales, no fue sino a principios de siglo, cuando la ciudad de San Antonio Texas tuvo la necesidad de disponer de las aguas negras de una zona importante de su vigoroso crecimiento urbano. Se escogió una depresión onda del terreno

de (275 Has.), como depósito temporal hasta encontrar una solución permanente. Al notar la capacidad de depuración de la depresión. La práctica se extendió rápidamente por toda la unión americana, las experiencias obtenidas en distintas zonas climáticas permitieron elaborar criterios empíricos de diseño.

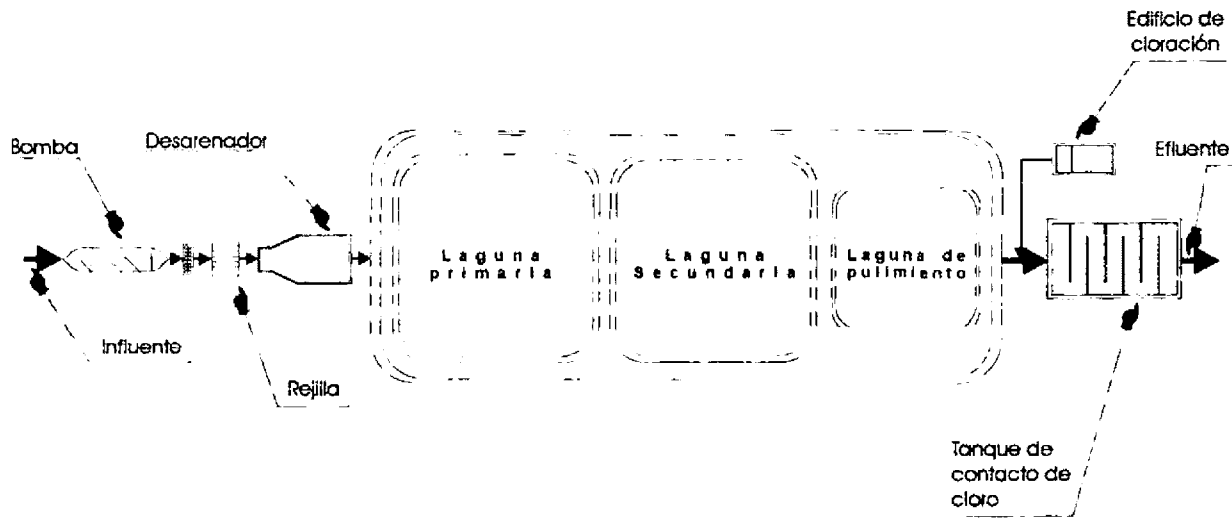
Después de un período de estudios en 1940 - 1950 se inició la elaboración de criterios racionales para el diseño de lagunas. En 1962 ya había 1647 lagunas de estabilización, en EUA este uso se extendió en países Europeos, África, etc. posteriormente en 1970 se extendió a América del Sur.

La investigación básica aplicada también ha crecido rápidamente en los últimos años, ya que este método de tratamiento representa un costo más económico que otras alternativas, siempre y cuando el terreno donde se proyecten no sea demasiado costoso.

Se han utilizado muchos nombres para los distintos tipos de lagunas. La mayoría de lagunas en su uso actualmente, son unidades de tratamiento facultativo. En este aspecto se asemejan al funcionamiento de ríos y lagos se mantienen condiciones aerobias cerca de la superficie y existe un ambiente anaerobio cerca del fondo donde siempre habrá materia orgánica sólida sedimentada, En la fig. 4.3 se ve la representación de las lagunas de estabilización.

En el país el desarrollo de plantas de tratamiento se ha visto incrementado debido a la legislación existente que obliga a la construcción de plantas de tratamiento a todas las industrias densas y ligeras, o cualquier ramo comercial que sobrepase la norma oficial NTE.- CCA-031/91, que establece los índices máximos de contaminantes vertidos a un cuerpo de agua.

El antecedente de las normas nos muestra que el jueves 1 de agosto de 1988 en el diario oficial se publicó. Que las aguas residuales son generadas por actividades económicas y limita los parámetros de contaminación y obliga a su tratamiento.



**DIAGRAMA DE LAGUNAS AEREADAS**

**FIG. 4.3.**

Sh

#### 4.4.1.1.1.-

### LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ANAEROBIAS.

La teoría operacional y mecanismos de las lagunas de estabilización anaerobia son similares a las del proceso de contacto anaerobio. La fermentación anaerobia es un proceso de dos etapas. La etapa de formación de ácidos que es llevado a cabo por un tipo de bacterias, éstas convierten la materia orgánica compleja ( proteínas, carbohidratos y lípidos) en ácidos orgánicos mediante hidrólisis y fermentación.

#### 4.4.1.1.2.-

### LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVAS.

Son las de uso más común, dentro de estos la acción de tres grupos de microorganismos para formar una relación entre las algas productoras de oxígeno y las bacterias aerobias y facultativas. El tercer grupo de organismos, las bacterias productoras de metano son responsables de un 90% a 95% del total de la DBO (Demanda bioquímica de oxígeno) removida, de las aguas negras a través de la emisión de gases.

La profundidad de las lagunas facultativas, normalmente de 1.5 a 1.8 metros es suficiente para permitir el desarrollo de estratificación térmica, en zonas facultativas y anaerobias. En las capas superiores abundan las algas que pueden supersaturar la laguna con oxígeno disuelto. La mayor parte del carbono sirve como fuente de energía para las bacterias y es respirando como  $\text{CO}_2$ ; el remanente es utilizado para formar nuevas células. Así parece que la oxigenación fotosintética y la fermentación a metano son los dos procesos claves que hacen posible la reducción de DBO en las lagunas facultativas.

La fotosíntesis y la producción de oxígeno son dos fuentes de las algas facultativa, debido a la recreación atmosférica y de la luz solar.



#### 4.4.1.1.3.-

### **LAGUNAS DE MADURACIÓN.**

Las lagunas de maduración son unidades de tratamiento terciario, que utilizan la capacidad natural de autopurificación del agua y no deben ser empleados como adiciones a los sistemas sobre cargados.

#### 4.4.1.2.-

### **PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.-**

Actualmente, dentro de la tecnología disponible para el tratamiento de aguas residuales se llama proceso de lodos activados a un conjunto de procedimientos que ponen en contacto el agua residual con una masa biológica preformada. En el tanque de aereación el objeto es lograr que la materia orgánica presente en el agua residual sea degradada o descompuesta a sustancias más simples e inofensivas para el ambiente a través de la acción de microorganismos presentes en los flocúlos. ( ver fig. 4.4., 4.5 y 4.6).

El término “lodo activo” se aplica a un conglomerado floculento de microorganismos, materia orgánica y materiales inorgánicas. Las superficies de estos flocúlos son altamente activos en la acción de absorber los materiales coloidales y suspendidos que se encuentran en el agua residual.

La degradación de la materia orgánica por microorganismos se debe a una serie compleja de reacciones químicas.

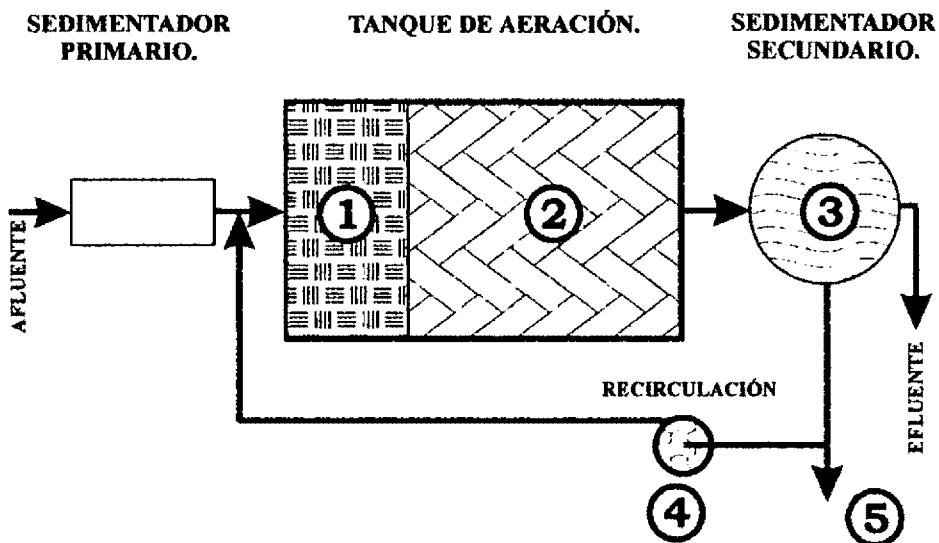
Existen dos aspectos fundamentales en el mecanismo de degradación de un residuo orgánico, la naturaleza del desecho y el tipo de microorganismo presente, por otra parte las sustancias tóxicas son condicionantes en este proceso.

Estos procesos biológicos de tratamiento no es más que un sistema controlado de la carga orgánica y la cantidad de microorganismos para que esta sea descompuesta lo más rápido posible a sustancias más simples, esto depende del diseño y la eficiencia del proceso.

Un sistema de lodos activados; consiste de un reactor biológico o tanque aerador y un separador sólido-líquido. En el tanque aerador coexisten dos fases, el llamado licor mezclado, que es el agua a tratar (LM) y los sólidos suspendidos en el licor mezclado (SSLM), que son los microorganismos activos que biooxidan la materia orgánica presente y que se encuentran generalmente en un intervalo de concentraciones entre 2000 a 4000 mg/L en peso seco. Durante los primeros 20 a 50 minutos, los flóculos de microorganismos activos (lodos activados) absorben la materia que se encuentra en forma coloidal o suspendida y sorben los materiales solubles oxidándolos biológicamente en un tiempo normalmente menor que el requerido para absorber los materiales coloidales y suspendidos. El aire requerido para esta oxidación está generalmente dado por compresoras o por aeradores mecánicos superficiales que, además de proveer el oxígeno, garantizan el mezclado eficiente para mantener en contacto a los flóculos activos con el material orgánico y las burbujas de aire.

Como el proceso es continuo y están saliendo los flóculos activos del sistema y siendo separados en el sedimentador secundario, para mantener su concentración constante en el reactor se recircula una parte de ellos. La relación de recirculación  $R/Q$  o reflujo (Fig. 4.4) depende de la concentración deseada en el tanque.  $Q$  es el gasto de alimentación de aguas crudas al tanque y  $R$  es la recirculación de lodos.

## FACTORES ESENCIALES DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS



- ① **ETAPA DE CONTACTO, ABSORCIÓN O FLOCULACIÓN :**  
Se lleva a cabo el contacto de las aguas residuales con los lodos activados.
- ② **ETAPA DE AERACIÓN :**  
Se mantiene en aeración de lodos activados.
- ③ **ETAPA DE REMOCIÓN :**  
Se remueven los lodos activados del agua tratada.
- ④ **ETAPA DE RECIRCULACIÓN :**  
Se hace retornar parte de los lodos al afluente.
- ⑤ **ETAPA DE DISPOSICIÓN :**  
Se retira el exceso de los lodos activados del sistema.

FIG. 4.4.

# DETALLES DE UN SISTEMA DE LAGUNAS AEREADAS TÍPICA.

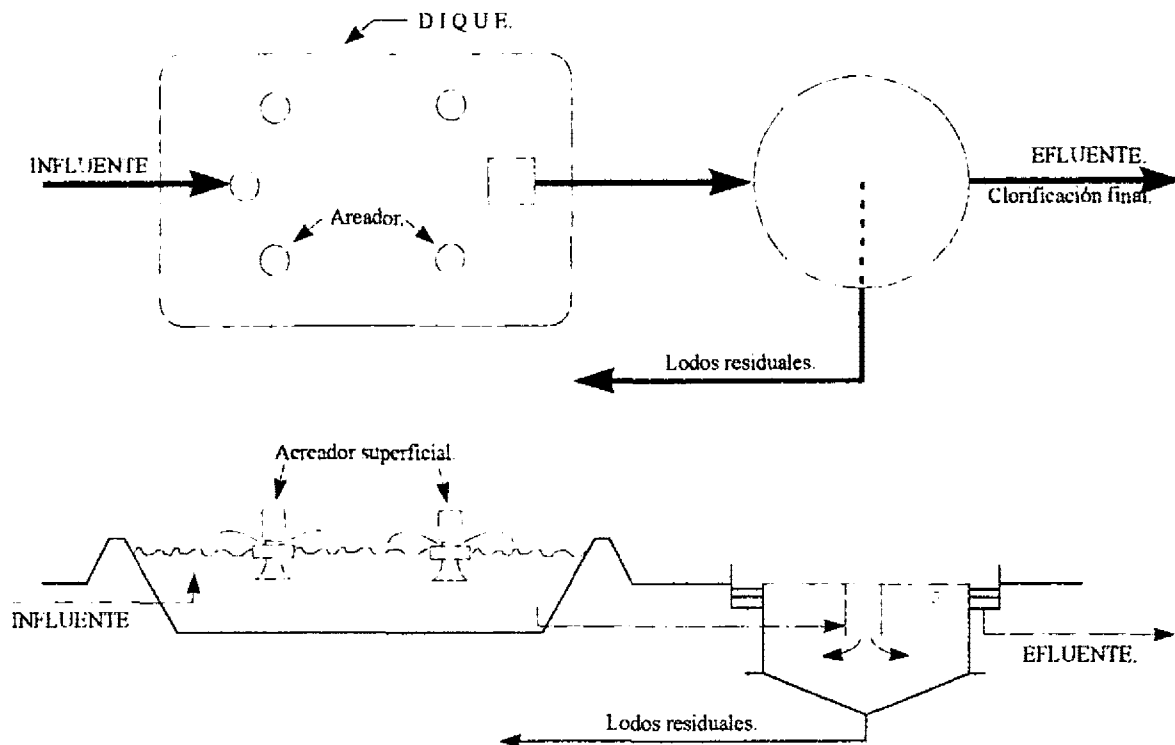


FIG. 4.5.

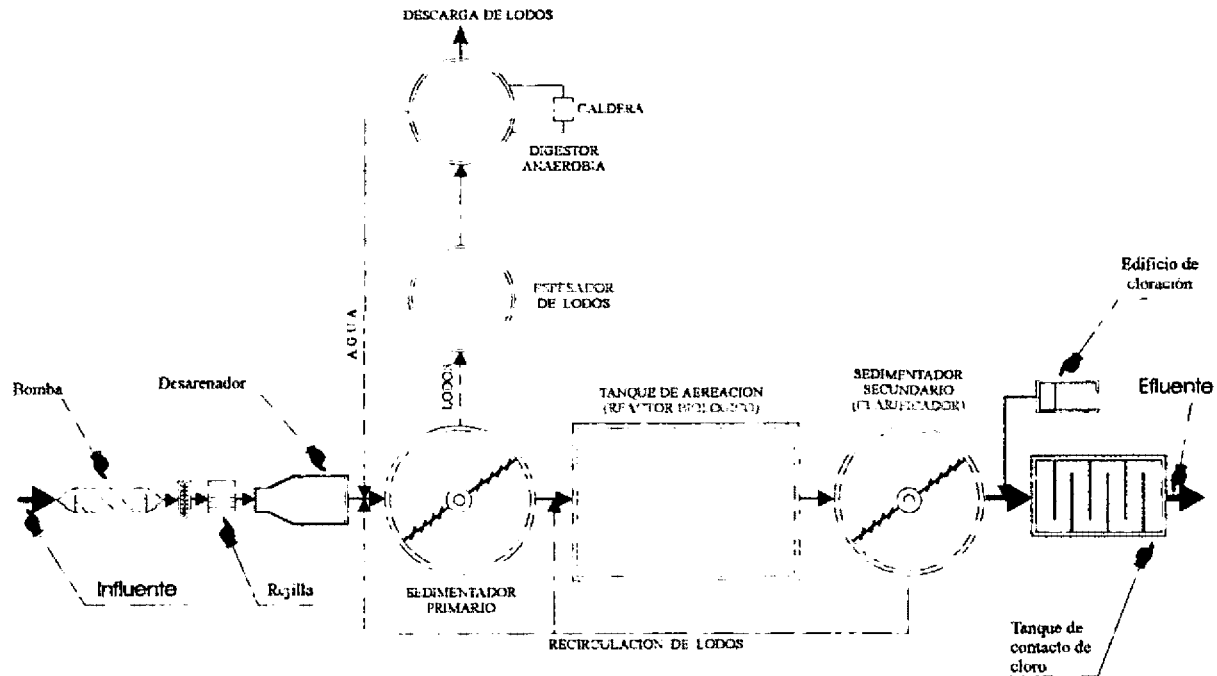


DIAGRAMA LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL

FIG. 4.6.

#### **4.4.1.3.- AEREACIÓN EXTENDIDA.**

Este es un proceso variante de lodos activados en el cual se puede omitir el clarificador primario (sedimentador), y el tratamiento de los lodos se puede complementar en un digestor aerobio (ver fig. 4.6.). En este tipo de plantas de aereación de las aguas negras es más prolongada, teniéndose periodos hasta de 36 horas.

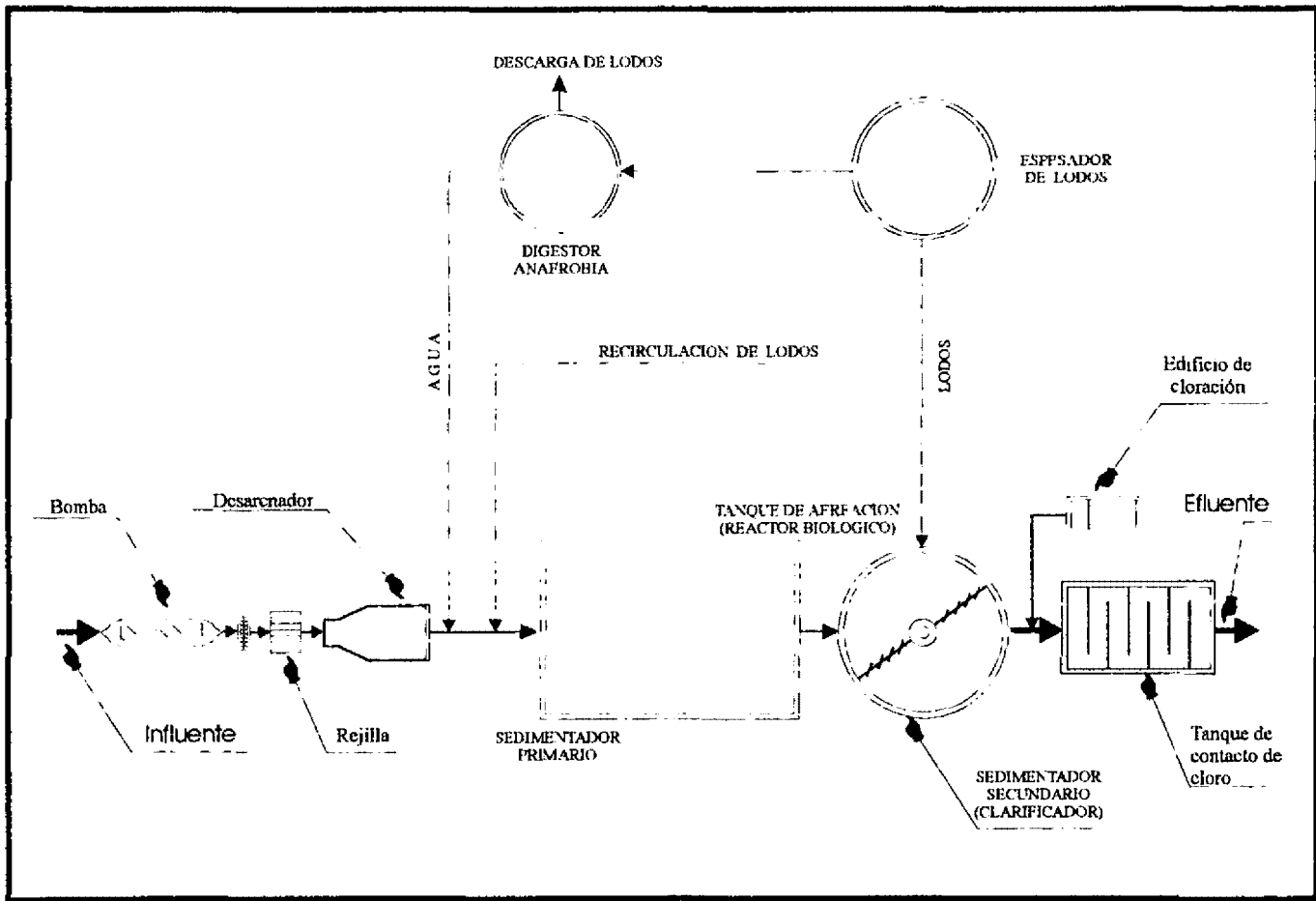
Este proceso puede desarrollarse en una extensión de 7.5 Has., incluyéndose los edificios administrativos, áreas verdes y vialidades.

Las unidades en que se desarrolla este proceso básicamente son: tanque de aereación ó reactor biológico, clarificador (sedimentador secundario) y tuberías para el reciclo y/o desecho de lodos. Además se deben tener los elementos de pretratamiento (rejillas y desarenador) y desinfección final.

La areación extendida es un tratamiento secundario idéntico al de lodos activados con las variantes ya mencionadas.

En la figura 4.7 se ilustra un diagrama del proceso de AEREACIÓN EXTENDIDA.

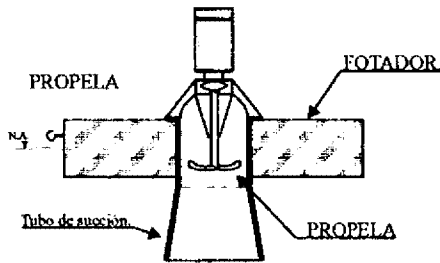
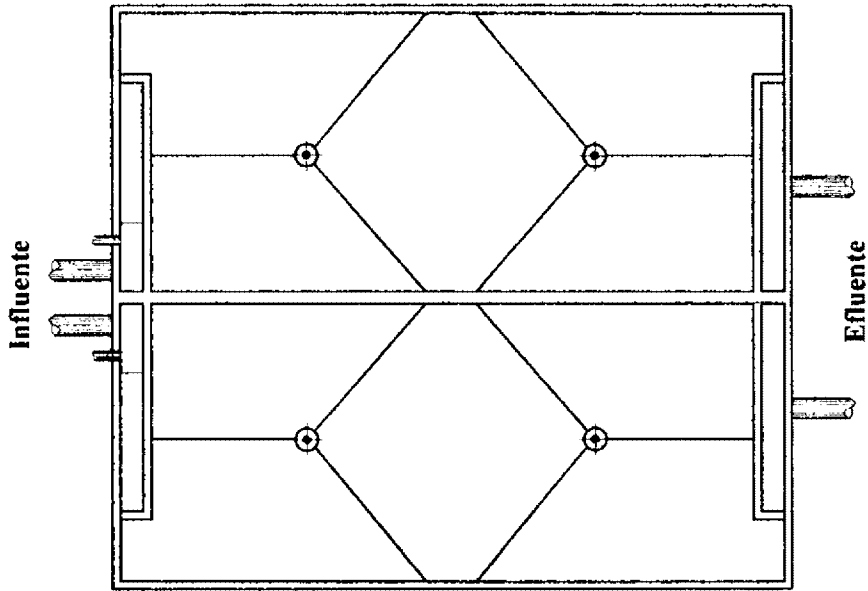
El acondicionamiento de los lodos resultantes requiere la sustitución del digestor anaerobio por un digestor aerobio. No se tienen otros cambios en los elementos de la estabilización de lodos. En las figuras 4.8 y 4.9 se muestra planta y corte de los equipos antes mencionados.



**DIAGRAMA AERACION EXTENDIDA**

**FIG. 4.7.**

# CROQUIS TÍPICO DE TANQUE DE AERACIÓN



EQUIPO DE AERACIÓN

FIG. 4.8



# CORTE TÍPICO DE DIGESTOR

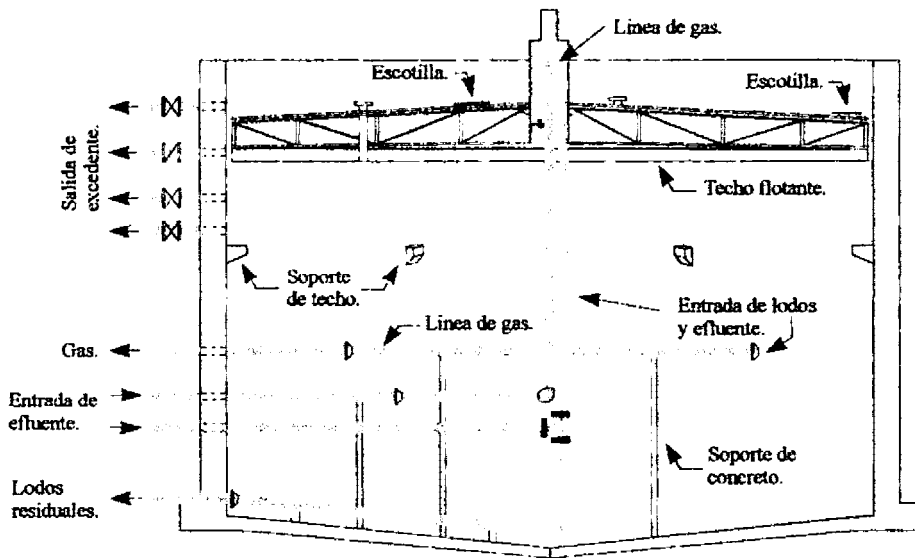


FIG. 4.9

#### 4.4.1.3.1.-

### **DIGESTIÓN AEROBIA.**

Se emplea para estabilizar los sólidos que ya se tienen parcialmente digeridos mediante una aereación sostenida por un período grande de tiempo que ocasiona una reducción de la DBO que contiene y destruye los sólidos volátiles. Generalmente se usa en plantas de lodos activados que carecen de sedimentadores primarios (AEREACIÓN EXTENDIDA) con una capacidad de hasta 500 l.p.s. La desventaja primordial es que debido a su pobre sedimentabilidad crearán problemas para el espesado, por lo que se deberá usar centrifugado o flotación, dependiendo de la economía del tratamiento.

Cada una de estas alternativas mencionadas corresponden a los procesos que por sus características pueden considerarse como la solución más adecuada para el problema de la contaminación de la ciudad de Uruapan. En el capítulo próximo se escogerá la solución óptima de para un proceso adecuado.

### **4.5.- MANEJO DE RESIDUOS.**

Los residuos generados son de dos tipo basura y lodos activados. La basura se elimina por métodos convencionales (tiraderos, fosas y incineración) y en algunos casos se emplea el reciclado. El lodo activados se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación. El secado al aire requiere un clima seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima, y algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos de arena. El lodo desecado se usa sobre todo como acondicionador del suelo; en ocasiones se usa como fertilizante, debido a que contiene un 2% de nitrógeno y un 1% de fósforo y en otros casos se emplea la incineración.

# CAPITULO V

---

---

## EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN Y PROCESO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE URUAPAN, MICH.

### 5.1.- DEFINICIÓN DE ÁREA PROBABLE DE LOCALIZACIÓN DE PLANTA.

*Para la construcción de cualquier planta de tratamiento, es indispensable analizar la forma existente en el punto geográfico más favorable y económicamente viable. Para lograr que la construcción se lleve a cabo sin costos excesivos. Dado que en la presente situación del país el análisis de costo-beneficio, es un factor que afecta al interés no solo del gobierno sino también al de cada uno de nosotros, por que con nuestros impuestos se cubrirá su construcción, operación y mantenimiento.*

El primer punto importante a considerar es su punto de localización dentro de la ciudad de Uruapan, esta presenta un marcado desnivel hacia el norte-sur que determina el sentido de los escurrimientos naturales y de los colectores existentes en la Ciudad.

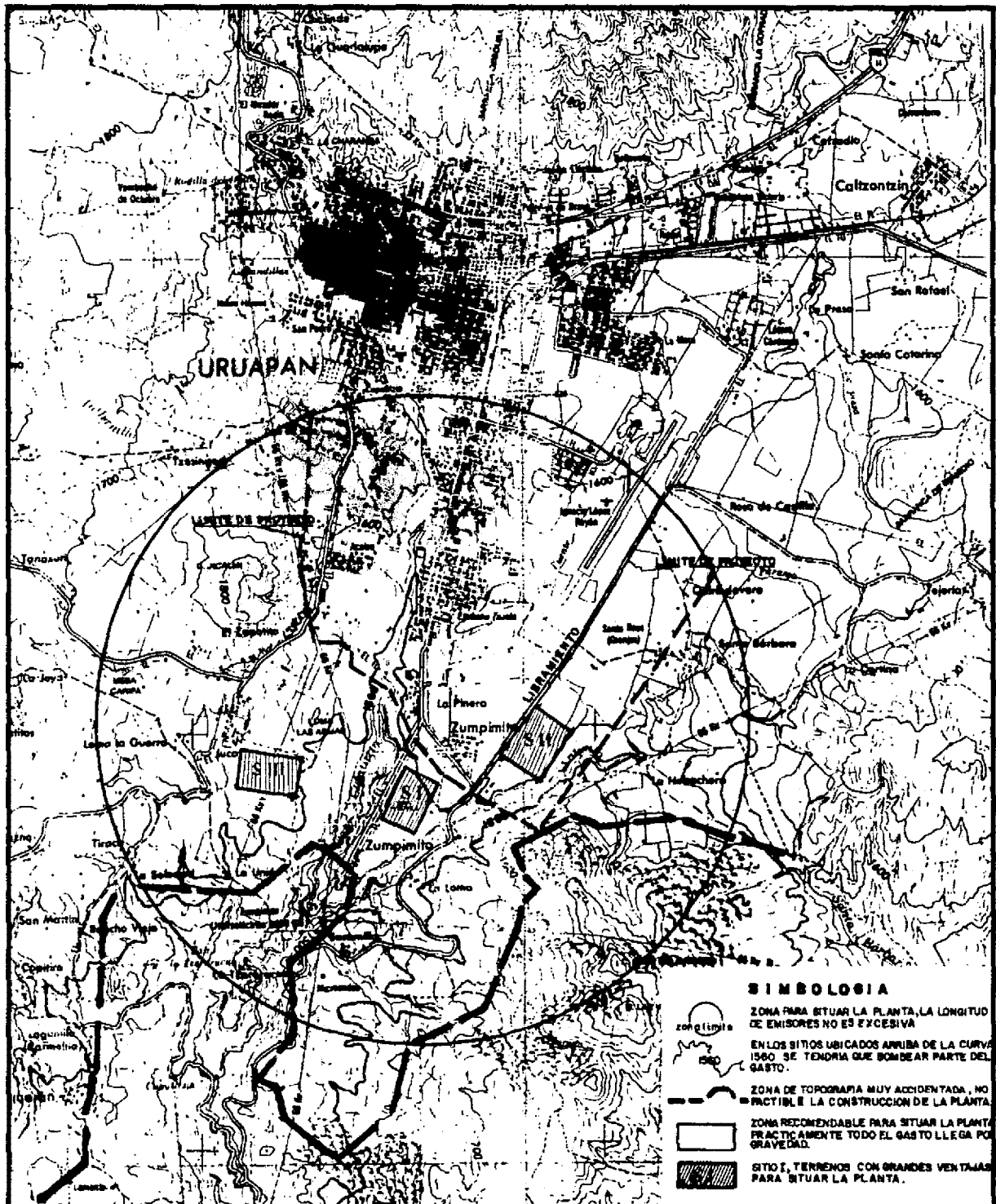
Dadas las características topográficas generales que predominan en el área de Uruapan, la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales localizada en la zona sur de la Ciudad resulta totalmente evidente, sin embargo, se tiene las siguientes limitantes:

- a) La zona sur inmediata a la tenencia de Zumpimito (conurbada con la Ciudad de Uruapan) presenta terrenos muy accidentados, que limitan los lugares donde se puede ubicar una planta. En virtud de lo accidentado del terreno y la presencia del río Cupatitzio.
- b) Los ríos Cupatitzio y San Antonio, en la zona sur los cauces de estos ríos presentan una profundidad y una amplitud, que requieren estudios especiales por su gran volumen. Cabe mencionar que C.F.E. hace uso de estas aguas, muy cerca de donde confluyen estos ríos, con la finalidad de tener un aprovechamiento hidroeléctrico de estas aguas.

Los puntos antes mencionados concluyen que debido a lo accidentado del terreno no se tiene grandes áreas en donde sea factible situar una planta. Además, que sería incosteable la construcción de la planta, debido al enorme movimiento de tierras que sería necesario, además, los emisores deberían ser modificados para ajustarse en lo posible a la pendiente natural del terreno para disminuir su costo. Todo ésto hace que no sea factible la construcción en el sur.

La segunda opción se localiza al sur-este de la Ciudad, entre el libramiento y el río de La Presa al sur de la tenencia de Zumpimito; donde se tiene una topografía mucho menos accidentada, que en forma general tiene una pendiente del terreno suave en dirección al río San Antonio. Esta zona presenta la ventaja de tener áreas suficientes para alojar la planta de tratamiento y futuras ampliaciones. Además, que esta zona cuenta con terrenos agrícolas con un costo relativamente bajo en comparación con los localizados en la zona conurbada de la Ciudad ( fig. 5.1. )

Con esta información nos planteamos en forma general los factores geográficos a considerar más adelante.



LOCALIZACIÓN DEL SITIO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO FIG. 5.1.

## **5.2.- LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN**

La Ciudad se localiza en una zona de cauces naturales en donde el escurrimiento más importante es el río Cupatitzio, el cual tiene como principales afluentes al arroyo de Tarecho y al río de La Presa. Estos escurrimientos también tienen cauces tributarios que cruzan la zona urbana, de hecho el río Cupatitzio y sus afluentes atraviesan la Ciudad ha propiciado que en estas corrientes se tengan descargas de aguas residuales, tanto de viviendas particulares como los de fraccionamientos urbanos.

Lo accidentado de la topografía ha sido factor para que los colectores que cubren muy diversas áreas de la Ciudad, se repartan en sectores hasta grupos de fraccionamientos o en otros casos zonas muy amplias.

Las aguas residuales generadas por la Ciudad no son usadas directamente para actividades productivas. En cambio, ya mezcladas y como parte del río Cupatitzio y el río Santa Bárbara ( La Presa ) se aprovechan en las zonas sur de la Ciudad de Uruapan para generar electricidad y regar principalmente huertas de aguacate, y en regiones de tierra caliente tienen gran importancia en producción agrícola, sin embargo; Al incrementarse el tamaño de la población estas aguas pueden ser afectadas para su disposición, por la enorme descarga contaminante generada en la Ciudad.

Con las aguas del Cupatitzio se genera electricidad en las hidroeléctricas Zumpimito, Cupatitzio y el Cobano, además de regar toda la producción agrícola de esta región.

Con las aguas del río Santa Bárbara se riegan los ejidos El Sabino, San Marcos, El Tehuaje y Rancho Seco, en éstos el principal cultivo es de caña de azúcar.

Se puede decir que la Ciudad de Uruapan tiene descargas tanto de colectores, como de viviendas particulares por los distintos rumbos y en todos los cauces que la atraviesan.

En la figura 5.2. se muestran los distintos sitios de descarga más importantes, y a continuación se describen:

a) **Descarga calle río Marqués (D-1).** Esta se sitúa a 50 m. de las captaciones del manantial Riyitos sobre la mencionada calle, las aguas negras vierten en la margen derecha del arroyo Riyitos, la tubería de descarga es de concreto de 45 cm. De diámetro y se encuentra anclada con un atraque de mampostería, entre la caída de las aguas y el arroyo se tiene una altura aproximada de 5 m.

b) **Descarga privada de Pueblita (D-2).** Esta se localiza en la privada Pueblita a la entrada de un grupo de viviendas conocido como “La Bolsa de Canoa Alta”, las aguas vierten en la margen derecha del arroyo Riyitos, la tubería de concreto de 38 cm. De diámetro y no cuenta con ninguna estructura adicional. El desnivel de la caída de 1.5 m. ( ver Fig. 5.3.)

En la zona centro-poniente se tienen 2 descargas en el río Cupatitzio cerca del puente de la calle Jesús García, en la margen derecha se descarga por una tubería de concreto de 30 cm de diámetro (D-3), en la margen izquierda el tubo de descarga es idéntico (D-4).

c) **Descarga calle gran parada (D-5).** Esta vierte en al margen izquierda del río Cupatitzio y se localiza al final de la calle Gran Parada ( ver Fig. 5.4.). La tubería de descarga es de concreto de 61 cm de diám. y está protegida en los 20 m. finales con una especie de dentellón de piedra, cuenta, además, con una estructura de descarga (lavadero). Desnivel aprox. 1.5 m, el gasto que aporta no es considerable, sin embargo, durante la temporada de lluvias la tubería descarga totalmente lleno.

d) **Descarga calle Madrid (D-6).** Esta descarga se localiza al final de la calle Madrid, vierte en la margen izquierda del río Cupatitzio aguas abajo de la descarga anterior con la cual guarda una gran similitud. El gasto que aporta no es considerable, sin embargo, durante el periodo de lluvias también funciona como colector pluvial. ( ver Fig. 5.5.)

e) **Descarga calle Bruselas (D-7).**- Esta es una de las descargas más importantes de la zona sur, se localiza al final de la calle Bruselas, vierte al río Cupatitzio en la margen izquierda y aguas abajo de la descarga anterior. ( ver Fig. 5.6.)

Las aguas salen por un ducto rectangular de concreto de 80 x 70 cm y recorren aprox. 20m antes de incorporarse al río. El gasto que aporta es importante y, además, funciona como colector pluvial. Se tienen otras descargas de menor importancia en la margen izquierda del río, en las calles Plan de San Luis y Reforma Agraria.

La descarga de Plan de San Luis (D-8) está formada con 2 tuberías de concreto, de 45 cm de diámetro. vierten en una zona muy accidentada, a un altura aprox. de 25 m. En la calle Reforma Agraria (D-9) se tiene una descarga de importancia menor, la cual se forma con tubería de 20 cm de diám.

En la misma zona se tiene la descarga de 2 tuberías de concreto de 25 cm de diámetro (D-10 y D-11), éstas se encuentran en los extremos de una alcantarillada situada sobre el Paseo Lázaro Cárdenas a la altura del edificio de la PFC.

f) **Descarga del cruce del camino a las Delicias y la calle diagonal Aldama (D-13).** En la intersección de estas calles se tiene la descarga de tres colectores que vierten sus aportaciones a un canal que inicia en este punto y termina al incorporarse al río Cupatitzio en su margen derecha. ( ver Fig. 5.7.)



Las descargas se localizan aproximadamente a 200 m del río y se forman con 3 tuberías de concreto; 2 de 30 cm de diámetro y la otra de 61 cm, vierten parcialmente ahogadas y están ancladas con un atraque de mampostería. **Una de las tuberías de 30 cm drena el gasto de un manantial y escurre mezclado con las aguas residuales.**

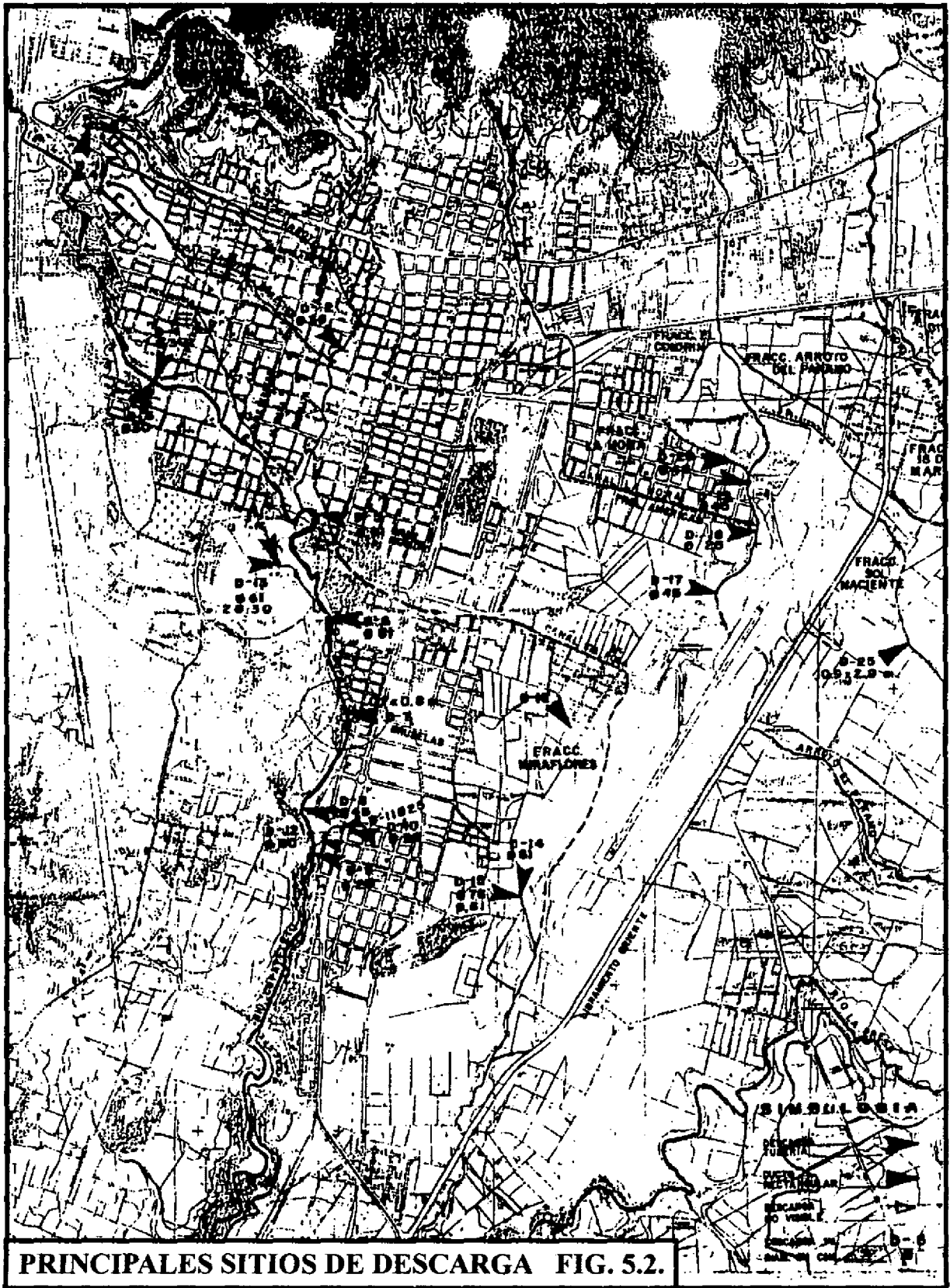
- g) **Descarga de la parte sur del aeropuerto (D-14, D15).**- Muy cerca de la parte sur del aeropuerto se tiene la descarga de 2 colectores, las aguas residuales que vierten van a un canal que principia en este sitio; su caudal se forma con las aguas que se decargan y con los escurrimientos de unos manantiales que se tienen en la misma zona. ( ver Fig. 5.8.)

Se descarga a través de 3 tuberías de concreto, 2 de 61 cm y otra de 76 cm de diámetro; en el mismo sitio de la descarga se tienen otras 2 tuberías de concreto de 61 cm que funcionan como alcantarilla, por la cual pasan los escurrimientos de los manantiales, actualmente estos tubos se encuentran colapsados.

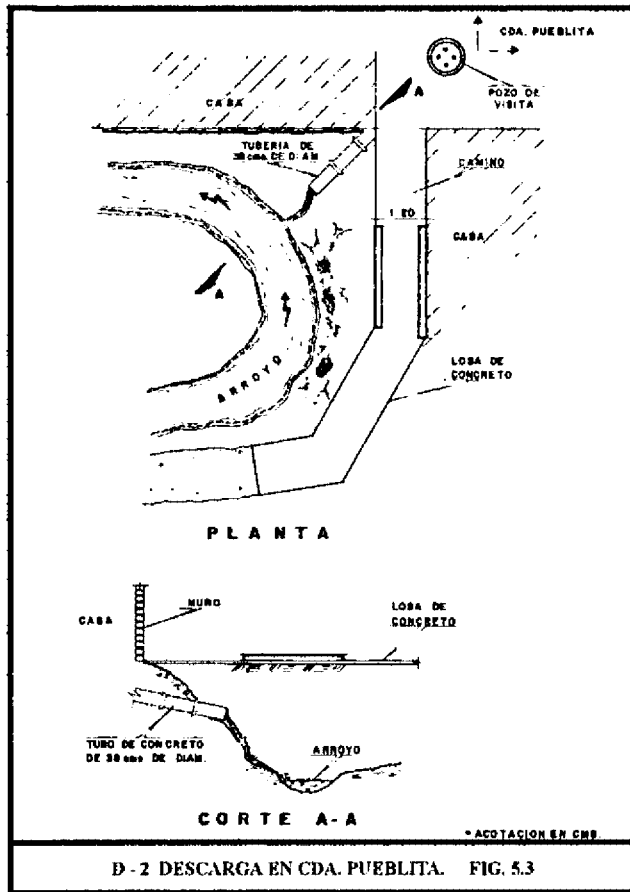
- h) **Descarga prolongación calzada de la Fuente (D-21).**- En la zona situada al oriente del libramiento se tiene una descarga al final de la calzada de la Fuente, a la altura de la colonia 18 de Marzo, las aguas residuales vierten en la margen derecha del río La Presa (ó Santa Bárbara) en la confluencia de éste y el canal de la papelera. ( ver Fig. 5.9.)

Se descarga por el brocal de un pozo de visita, ya que probablemente la salida original se encuentra azolvada, de escurrimiento lento, un mal aspecto general del sitio y es insalubre.

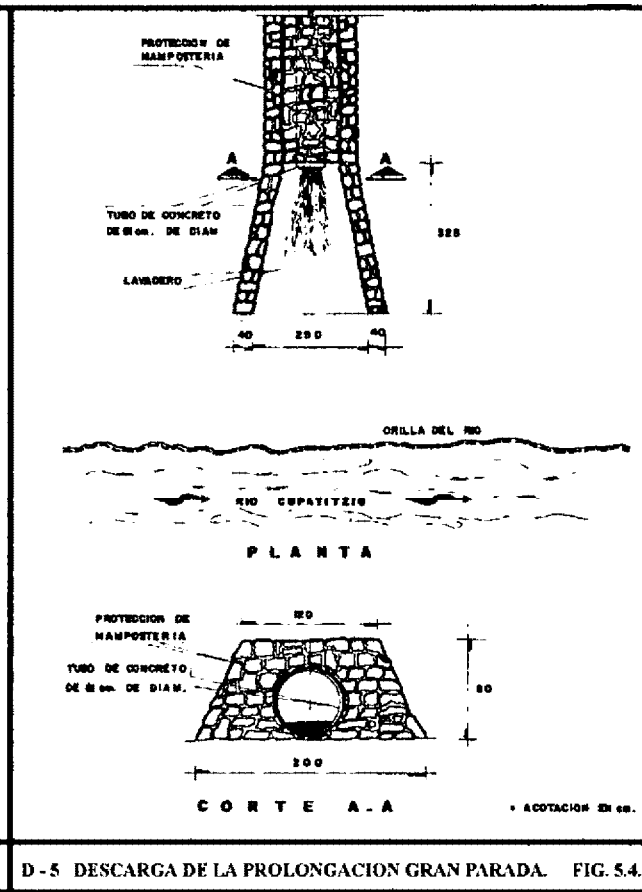
- i) **Descarga Infonavit Constituyentes.**- Al sur-este de la Ciudad se sitúa la descarga de la unidad habitacional Infonavit Constituyentes (D-25) se trata de un ducto rectangular de 0.90 x 2.90 m que vierte a un arroyo afluente al río de la Presa. La descarga se sitúa al final de la calle Júpiter en la colonia "Ignacio López Rayón" ( ver Fig. 5.10.)



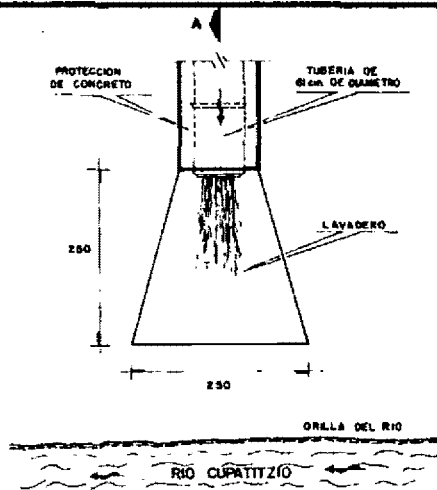
PRINCIPALES SITIOS DE DESCARGA FIG. 5.2.



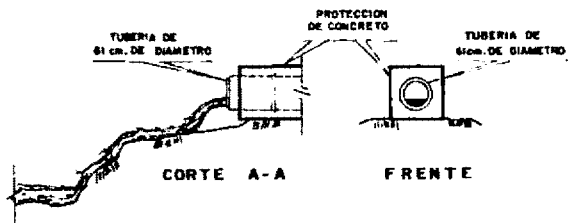
D-2 DESCARGA EN CDA. PUEBLITA. FIG. 5.3



D-5 DESCARGA DE LA PROLONGACION GRAN PARADA. FIG. 5.4



PLANTA

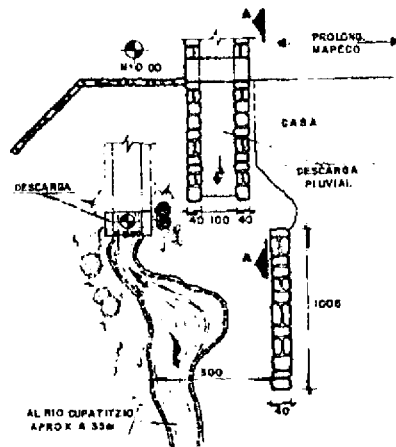


CORTE A-A

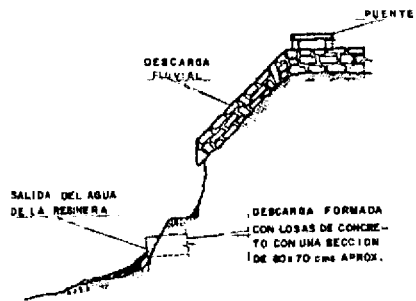
FRENTE

• ACOTACION EN CM

D-6 DESCARGA DE LA CALLE MADRID. FIG. 5.5.



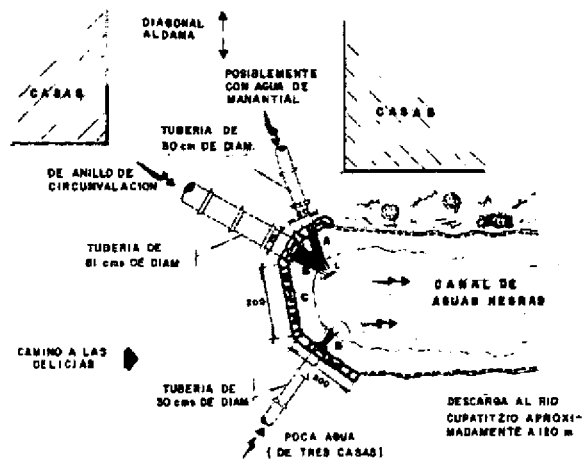
PLANTA



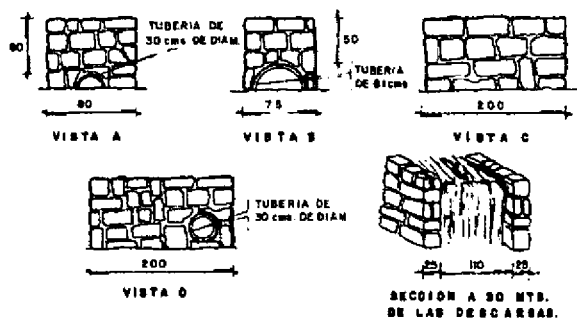
CORTE A-A

• ACOTACION EN CM.

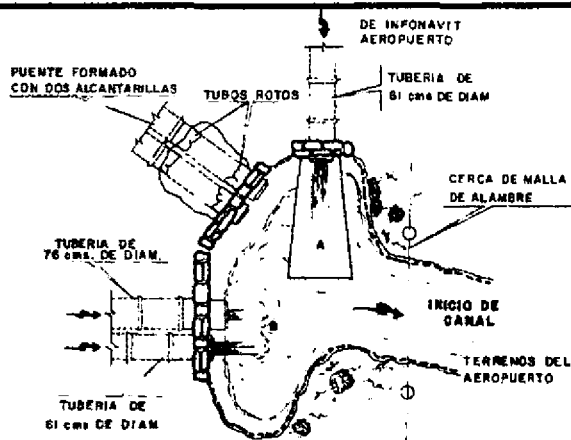
D-7 DESCARGA CALLE BRUSELAS. FIG. 5.6.



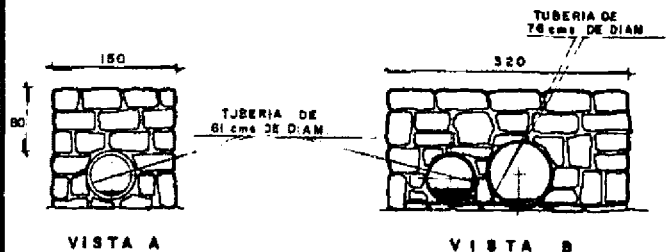
PLANTA



D-13 DESCARGA DEL CAMINO A LAS DELICIAS FIG. 5.7

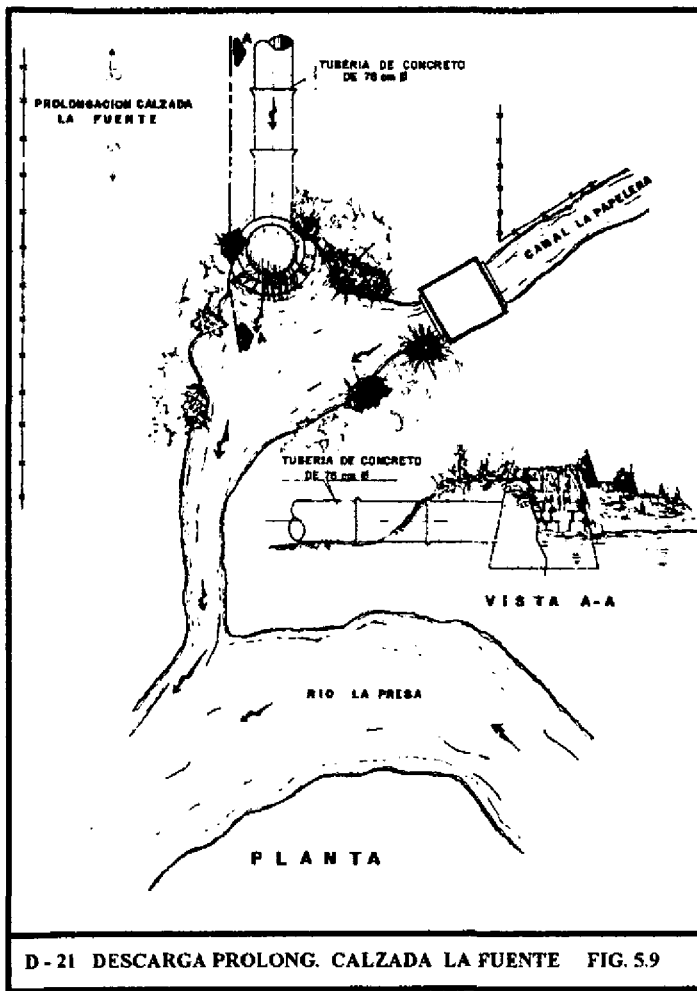


PLANTA

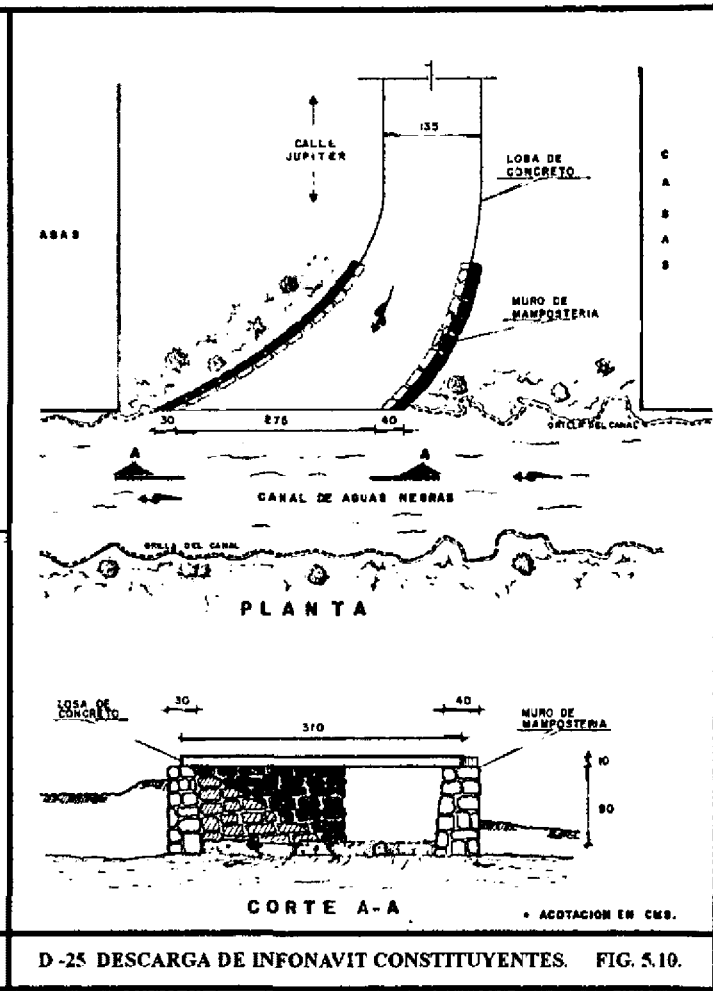


\*COTACION EN CMS

D-14 Y 15 DESCARGA DE LA PARTE SUR DEL AEROPUERTO. FIG. 5.8.



D-21 DESCARGA PROLONG. CALZADA LA FUENTE FIG. 5.9



D-25 DESCARGA DE INFONAVIT CONSTITUYENTES. FIG. 5.10.

### 5.3.- DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN.

El proyecto considera un gasto de operación de 1034 l/s, para el año de 2010, con una equivalencia promedio del 86.3 % del gasto generado por la población de la ciudad, tomando como base un consumo de 200 lts/Hab/día, y una población de 517,743 Hab. *Como objetivo de solución se analizaron dos opciones para dar tratamiento a las aguas residuales de Uruapan: la primera consistiría en tener una sola planta de tratamiento y la segunda contempla la posibilidad de tener dos plantas.*

#### 5.3.1.- PRIMERA OPCIÓN: Una sola planta de tratamiento.

Se tienen definidos 3 sitios para la ubicación de la planta, la selección de éstos se hizo atendiendo a diversos factores como área disponible, desnivel del terreno, acceso, factibilidad de adquisición y localización de emisores. A continuación se detallan algunas características de los 3 sitios y del trazo de los emisores.

##### 5.3.1.1.- Sitio I.

Este es prácticamente el único sitio al cual pueden escurrir por gravedad las aguas residuales generadas en la Ciudad a través de un emisor de corta longitud que no requiere de obras adicionales ni de modificar la red de colectores de proyecto.

El sitio se localiza en la zona sur, a la altura de la tenencia de Zumpimito, entre los ríos Cupatitzio y San Antonio, los terrenos forman una especie de triángulo que tiene su vértice en la confluencia de los mencionados ríos; tiene un área aproximada de 69 Has. Se requiere mayor

superficie para alojar una planta de Lagunas aeradas, para entender esto se explica a continuación como está repartida esta superficie. ( ver Fig. 5.11.)

La elevación media del terreno es de 1660 msnm, su pendiente es moderada y se dirige al río San Antonio; sin embargo, en la zona marginal se presentan desniveles de más de 40 m. El sitio es de fácil acceso, se encuentra a 50 m de la carretera que va a Apatzingán, y entre los caminos que llevan a las instalaciones de la C.F.E. (Planta Zumpimito). Actualmente en los terrenos se tienen huertas de aguacate que incluyen bodegas, casa para vigilante e infraestructura de riego por aspersión.

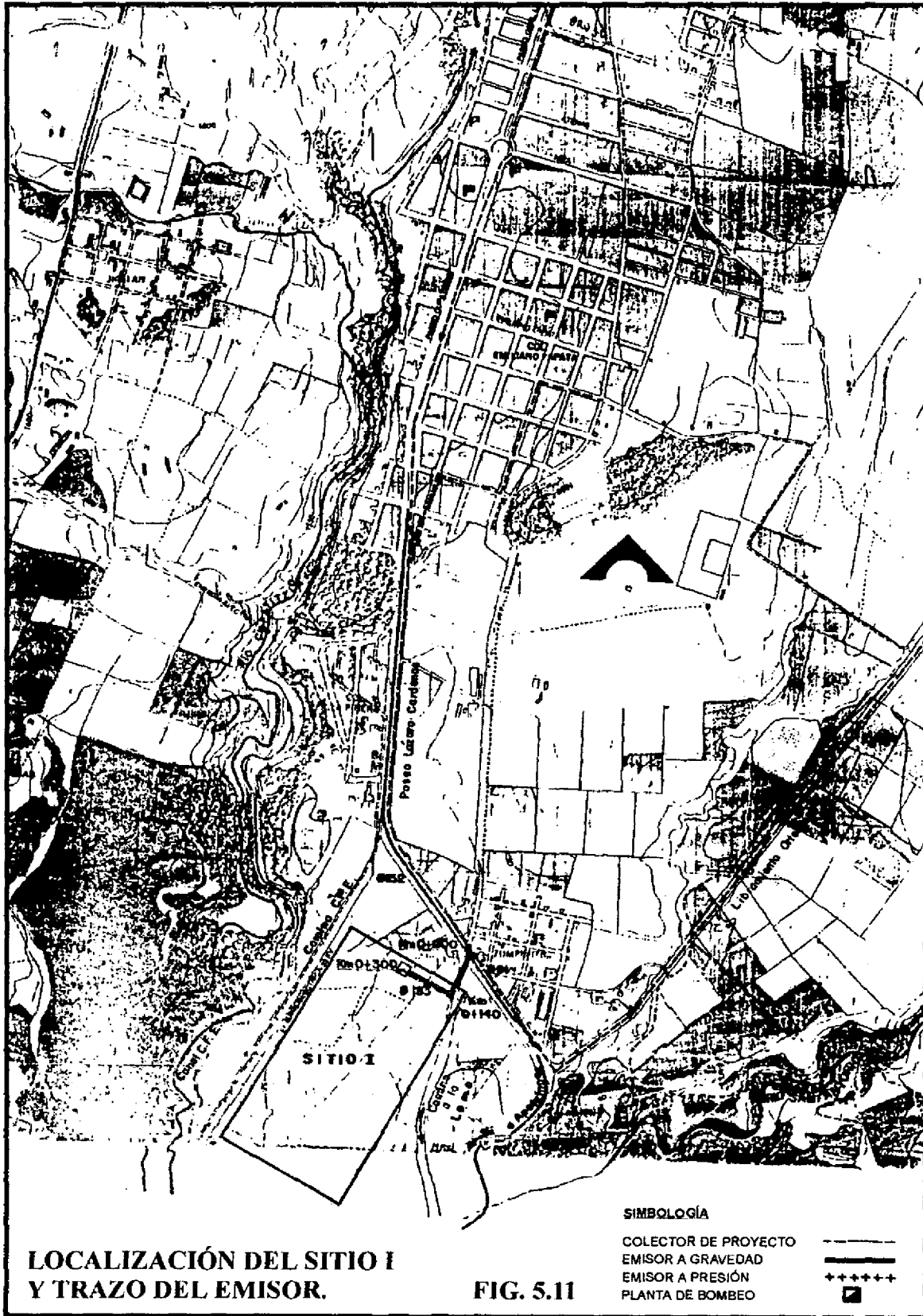
Las huertas más cercanas a la carretera son propiedad privada, comprenden aproximadamente 60 Has. Cabe mencionar que un gran número de huertas y tierras de cultivo situadas en el contorno de la zona urbana desde hace años se han fraccionado, por lo cual es posible que no se tengan problemas de adquisición, Pero por su costo será alto.

La parte que colinda con la subestación eléctrica Zumpimito pertenece a este ejido y tiene una extensión de 9 Has. Posiblemente no se tendrán problemas para la adquisición de los terrenos, ya que las autoridades ejidales están dispuestas a colaborar en el desarrollo del proyecto.

Para la construcción de este proyecto sería necesario la construcción de dos colectores y el desarrollo de un emisor con las siguientes características: el primer colector con cobertura del 75 % de la ciudad y el segundo el 25 %. La longitud del emisor se calcula de 300 m. con un diámetro de 183 cm, sin obras adicionales por bombeo. El costo de la obra adicional por tuberías se calcula en total en \$ 1'496'292 de pesos. Para un caudal de medio de 564.00 lps. y un máximo de 1522.8 lps. En la fig. 5.11.1 se muestra el perfil del emisor.

Se puede decir que estos terrenos son la mejor opción técnica, pero es necesario mayor análisis económico.

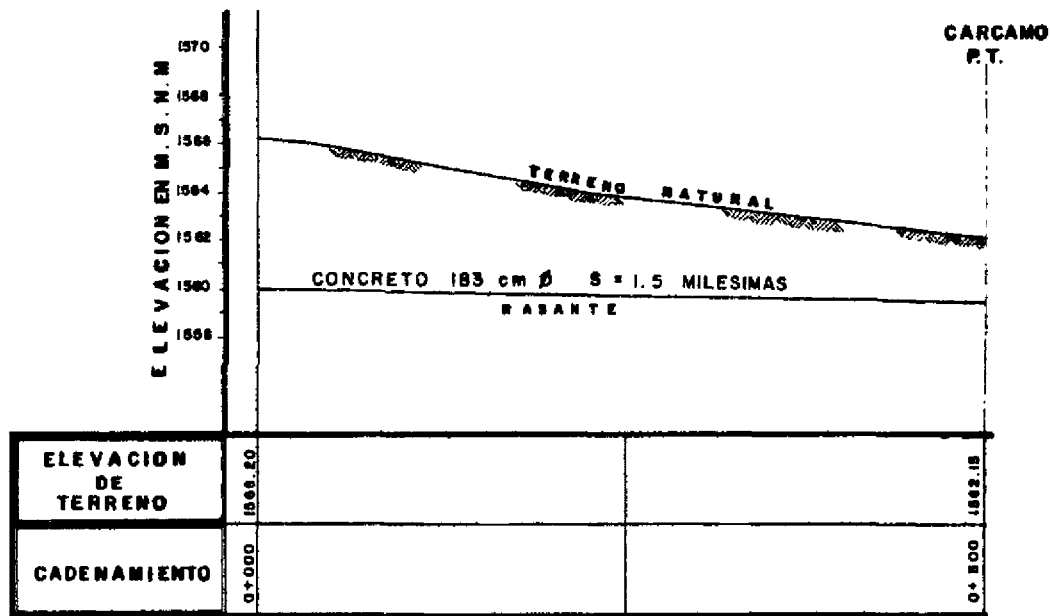




**LOCALIZACIÓN DEL SITIO I  
Y TRAZO DEL EMISOR.**

**FIG. 5.11**

**SIMBOLOGÍA**  
 COLECTOR DE PROYECTO  
 EMISOR A GRAVEDAD  
 EMISOR A PRESIÓN  
 PLANTA DE BOMBEO



ESC. H 1:2500  
V 1:250

PERFIL DEL EMISOR

FIG. 5.11.1

### 5.3.1.2 .- Sitio II.

Este se localiza al sureste de la Ciudad, entre el libramiento y río la Presa, al oriente de la Tenencia Zumpimito, se tiene área suficiente para alojar la planta de tratamiento (que puede ser lagunas aereadas), y las futuras ampliaciones de ésta. La pendiente del terreno es suave y se dirige al río San Antonio. ( ver Fig. 5.12. )

Las aguas negras serán conducidas por medio de 2 emisores que funcionarán a presión, por lo menos en alguno de sus tramos.

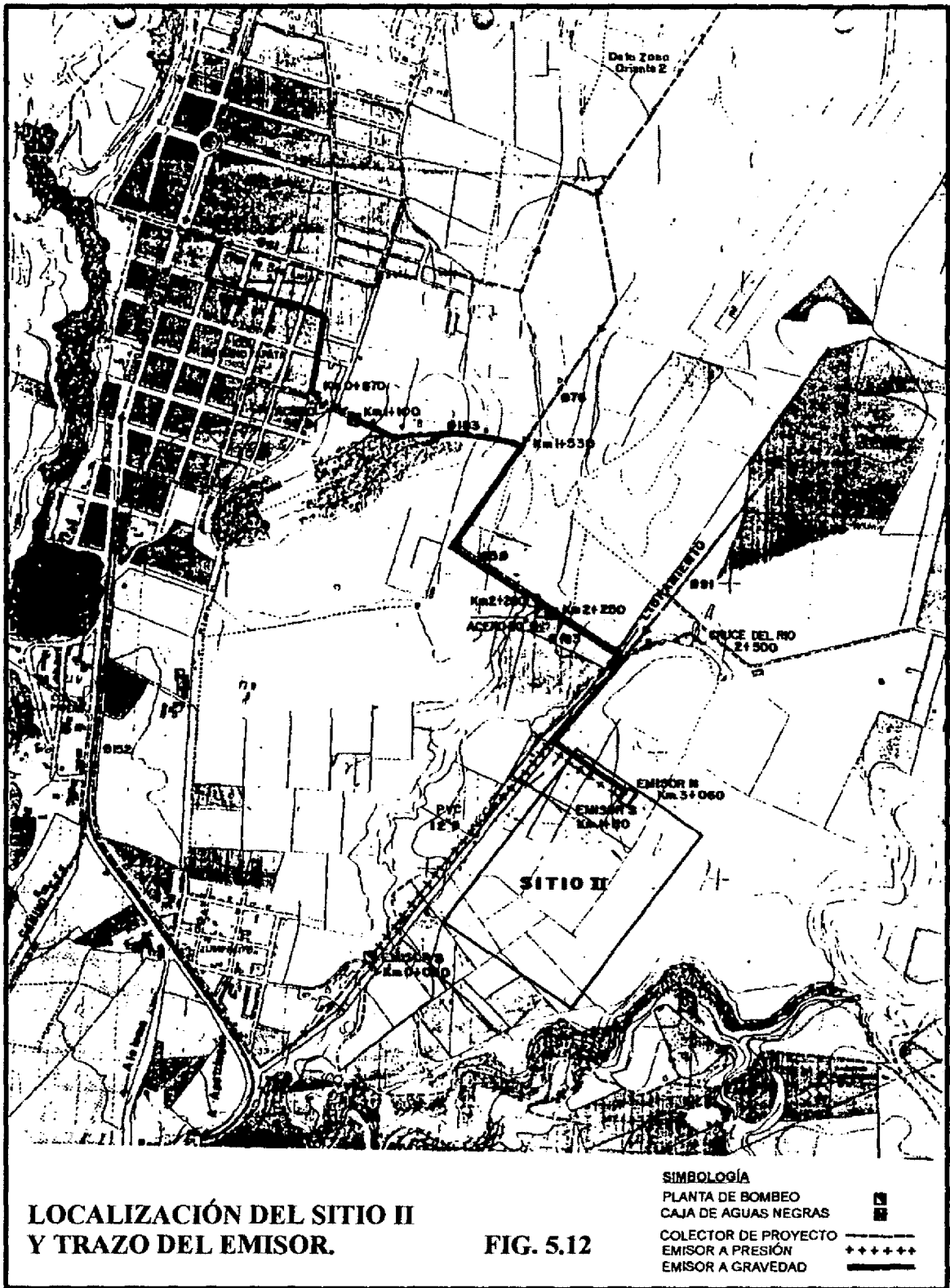
El emisor principal (N) iniciará en la esquina que forman las calles Plan de San Luis y Paseo Lázaro Cárdenas, desarrollará una trayectoria de poniente a oriente. Hasta el cárcamo de la planta de tratamiento; cubre las zonas norte, poniente, centro y oriente 1. Tendrá una longitud aprox. de 3060 m. Y funcionará a gravedad y a presión de acuerdo a las características topográficas del terreno. ( ver Fig. 5.12.1 )

El otro emisor (S) cubre parte de la zona sur, incluida la Tenencia Zumpimito, inicia ligeramente al noreste de la Tenencia y se desarrolla paralelamente al libramiento hasta el cárcamo de la planta.

Actualmente en los terrenos se tienen huertas y cultivos de temporal por lo que su costo puede ser similar al del sitio I. Este sitio se puede considerar como la segunda mejor alternativa. en la tabla siguiente se muestran los costos por obra adicional.

Sin embargo en esta opción el costo por obra adicional por tubería y bombeo, que tiene una gran importancia para tomar una decisión, considerando que la inversión supera a la del anterior en mas de 17 veces y en la tabla siguiente se muestra como se realizan estos gastos.

<b>CARACTERISTICAS, COSTOS Y GASTOS DE EMISORES</b>				
<b>DESPRIPCION</b>		<b>EMISOR N</b>	<b>EMISOR S</b>	<b>TOTAL</b>
LONGUITUD	PRESION	280 m	1110 m	1390 m
	GRAVEDAD	2780 m	0 m	2780 m
POBLACION		257006 Hab	10707 Hab	267713 Hab
APORTACION lts/hab/dia		182.02	182.02	364.04
Q medio.	Lts/seg.	541.44	22.56	564
Q maximo.	Lst/seg.	1461.88	98.99	1560.87
<b>INVERSION EN MILLONES</b>				
TANQUE Y CASETA		0.865	0.308	1.173
EMISOR		13.883	0.462	14.345
EQUIPAMIENTO		9.693	1.616	11.309
<b>INVERSION TOTAL DE CONSTRUCCION.</b>				<b>26.827</b>
GASTOS, MANTEN. Y OPER. ANUAL		3.677	0.454	<b>4.131</b>



**LOCALIZACIÓN DEL SITIO II  
Y TRAZO DEL EMISOR.**

**FIG. 5.12**

**SIMROLOGÍA**

PLANTA DE BOMBEO

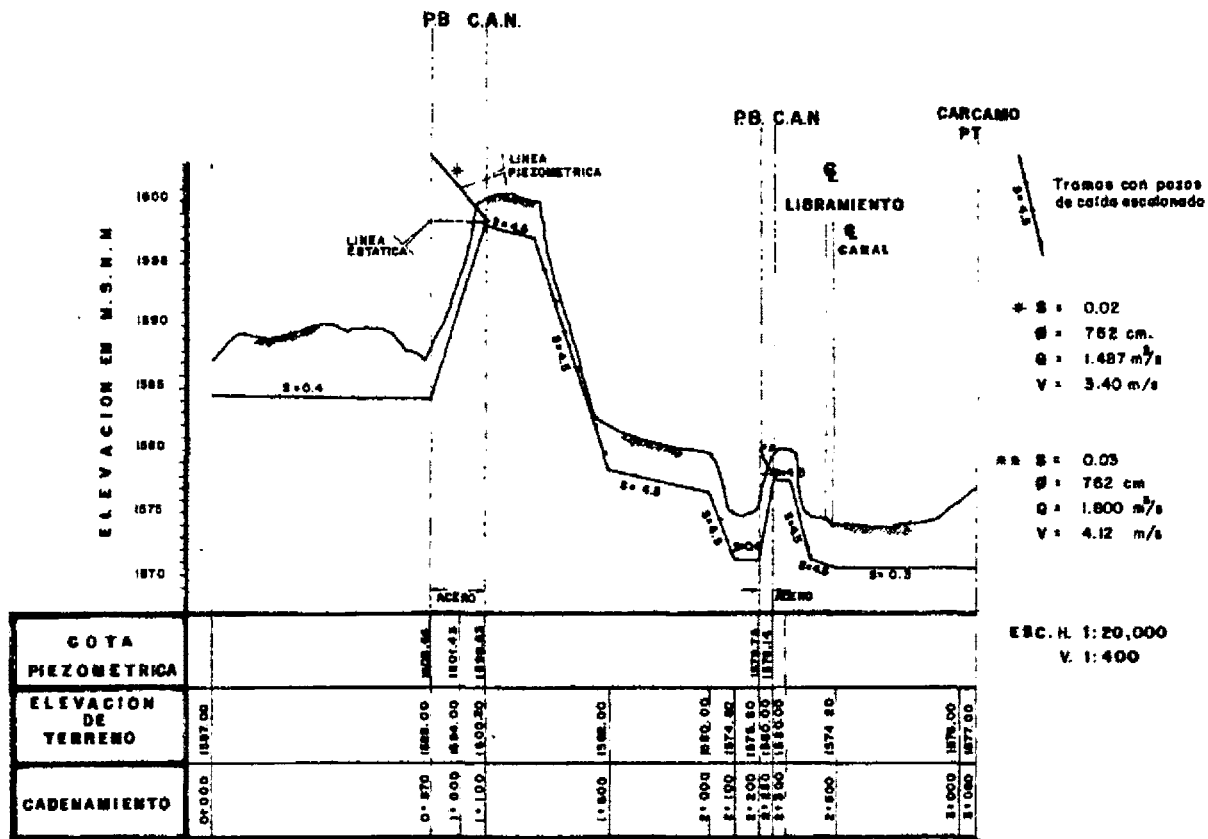
CAJA DE AGUAS NEGRAS

COLECTOR DE PROYECTO

EMISOR A PRESIÓN

EMISOR A GRAVEDAD





PERFIL DEL EMISOR N

FIG. 5.12.1

### 5.3.1.3. Sitio III.

Este predio se localiza al suroeste de la Ciudad, en la margen derecha del río Cupatitzio a la altura del poblado de Jucutacato, se tiene extensión suficiente para ubicar la planta de tratamiento y las ampliaciones que se requieran en los próximos años. ( ver Fig. 5.13.)

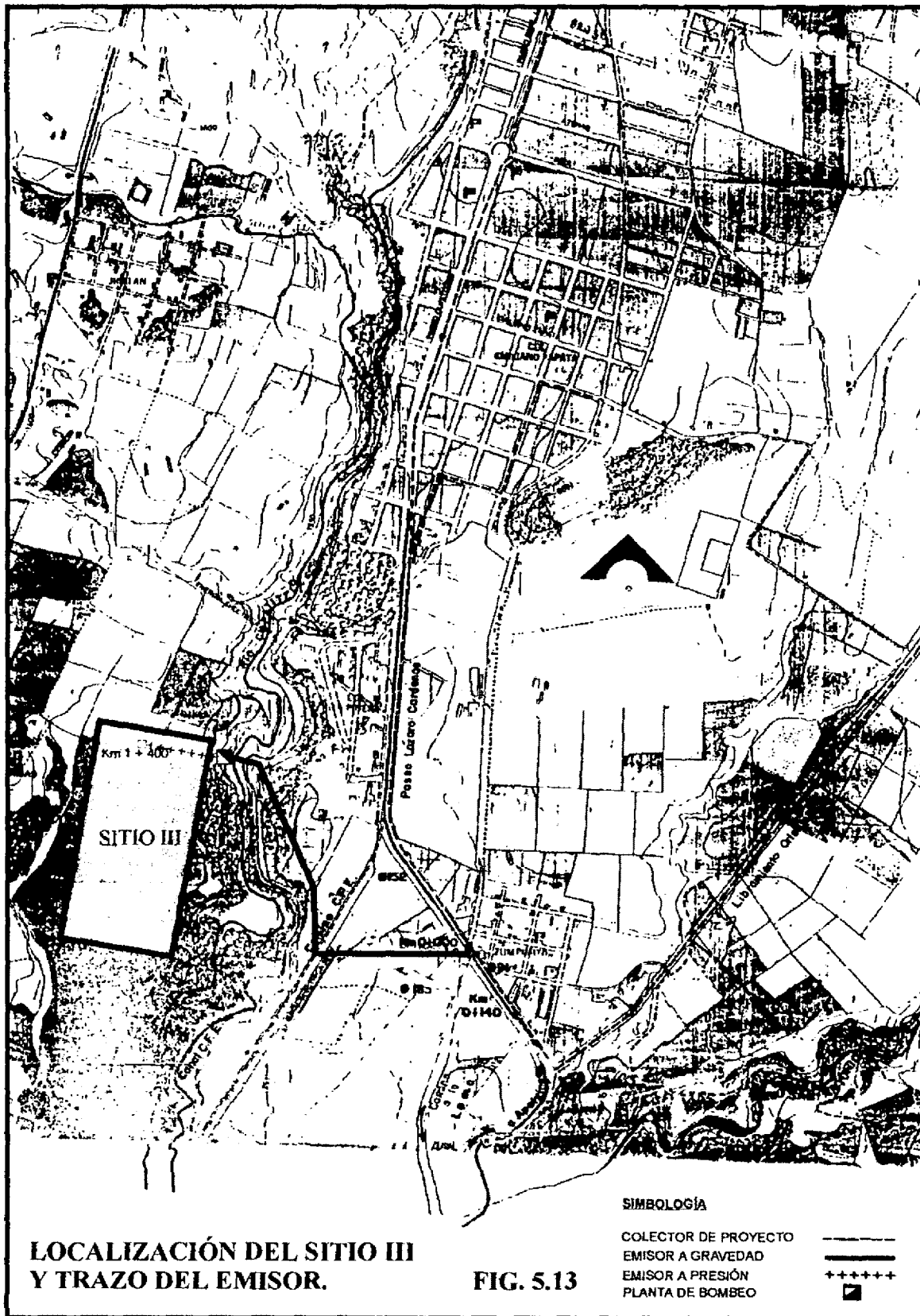
La topografía del terreno es más accidentada que en los sitios anteriores y por lo tanto en la etapa de construcción la dificultad será mayor, al igual que en los otros terrenos en éstos se tienen huertas y su costo puede ser semejante.

El total de las aguas negras serían conducidas a este sitio a través de un emisor que funcionaría tanto a gravedad como a presión, de tal forma que el proyecto del alcantarillado no sufriría ninguna modificación.

El emisor tendrá una longitud de 1400 m. y estará formado por tubería de concreto de 183 cm. de diámetro y acero de 48 “ y 34 “ de diámetro. Requiere la construcción de una estación de bombeo. A continuación se muestra los costos de construcción y mantenimiento de esta obra adicional. La inversión del emisor y equipamiento asciende a \$ 19'159'966. Los gastos anuales de operación y mantenimiento ascienden a \$ 5'525'668.

El colector iniciaría al lado sur del cruce de la carretera que va de Apatzingán y el antiguo camino a La Loma, atravesaría de este a oeste la cabecera norte del sitio I, continuar, en margen izquierda del canal de la C.F.E., de sur a norte hasta el cárcamo de la planta de tratamiento.

En su trayectoria el emisor cruzaría propiedades privadas, el canal lateral de la C.F.E. y río Cupatitzio; las indemnizaciones y la construcción de estructuras para cruzar el canal y el río incrementarán los costos. Cabe mencionar que el tramo marginal se localiza en una zona de fuertes desniveles.





### 5.3.2 SEGUNDA OPCIÓN: Dos plantas de tratamiento.

En la parte oriente de la Ciudad escurre el río San Antonio que de hecho inicia en la presa Caltzontzin y que se formaba principalmente con agua de los manantiales que afloran en ese sitio y que actualmente recibe una buena cantidad de aguas residuales; mientras que las aportaciones de agua de buena calidad han disminuido debido al paulatino crecimiento de las demandas para uso urbano e industrial en las zonas inmediatas a los manantiales.

Actualmente la mayor parte del caudal del río son aguas residuales y la pequeña porción de agua de manantial tiende a disminuir por el desarrollo de nuevas zonas urbanas.

Las autoridades de la Secretaría de Urbanismo el Estado de Michoacán sugirieron ubicar en la zona oriente una planta de tratamiento de aguas residuales que presenta las ventajas de que los terrenos son más accesibles, se disminuye el tamaño de algunos colectores y emisores y se evita una planta de bombeo que se tendría en esa zona.

En el río San Antonio se tiene una derivación para alimentar áreas de riego en San Marcos, Rancho Seco y El Sabino, que se encuentran 15 Km. al Sureste de Uruapan; Otra ventaja de tener otra planta de tratamiento en el Oriente es que esas zonas se podrían seguir regando con aguas tratadas mientras que si se tiene únicamente una planta en Zumpimito se verían afectadas al no llegarles agua residual, que es la mayor parte del gasto actual.

En este inciso se analizaron tres alternativas:

- 1) Tener una planta para el caudal total de 1036 l/s en el sitio cercano a Zumpimito.
- 2) Tener en Zumpimito una planta para 628.6 l/s y otra en el Oriente para 407.4 l/s.

3) Tener en Zumpimito una planta para 932.4 l/s y otra en el Oriente para 103.6 l/s.

#### **5.3.2.1.- Alternativa 1.**

Como ya se mencionó esta alternativa consiste en tener una única planta en la zona Sur cercana a Zumpimito; en la Figura 5.14 se presenta la conformación general de la alternativa en lo referente a colectores, emisores, plantas de bombeo y planta de tratamiento.

La mayor ventaja de esta alternativa consiste en que al tener una sola planta se centraliza la operación y por lo tanto se puede controlar más eficientemente.

Las desventajas se reflejan en que no se tiene agua tratada para rehuso agrícola en la zona Oriente y en cuanto a colectores y emisores en que se tiene mayor desarrollo, mayores diámetros y pendientes fuertes o pozos con caídas.

#### **5.3.2.2.- Alternativa 2.**

En esta alternativa se tienen dos plantas de tratamiento una en Zumpimito con una capacidad de 628.6 l/s y otra en el Oriente para 407.4 l/s, en la Figura 5.15 se tiene la conformación general de la alternativa

Las ventajas de esta alternativa son, que se tiene un caudal considerable para ser rehusado en riego, que los colectores hacia aguas abajo de la planta disminuyen sus dimensiones, se evita la Planta de Bombeo Oriente de la alternativa 1 y la planta de Bombeo Aeropuerto se requiere para un menor caudal.

Las desventajas consisten en que se requiere doble personal para operar las 2 plantas y también las inversiones requeridas son mayores para 2 plantas de menor capacidad, por

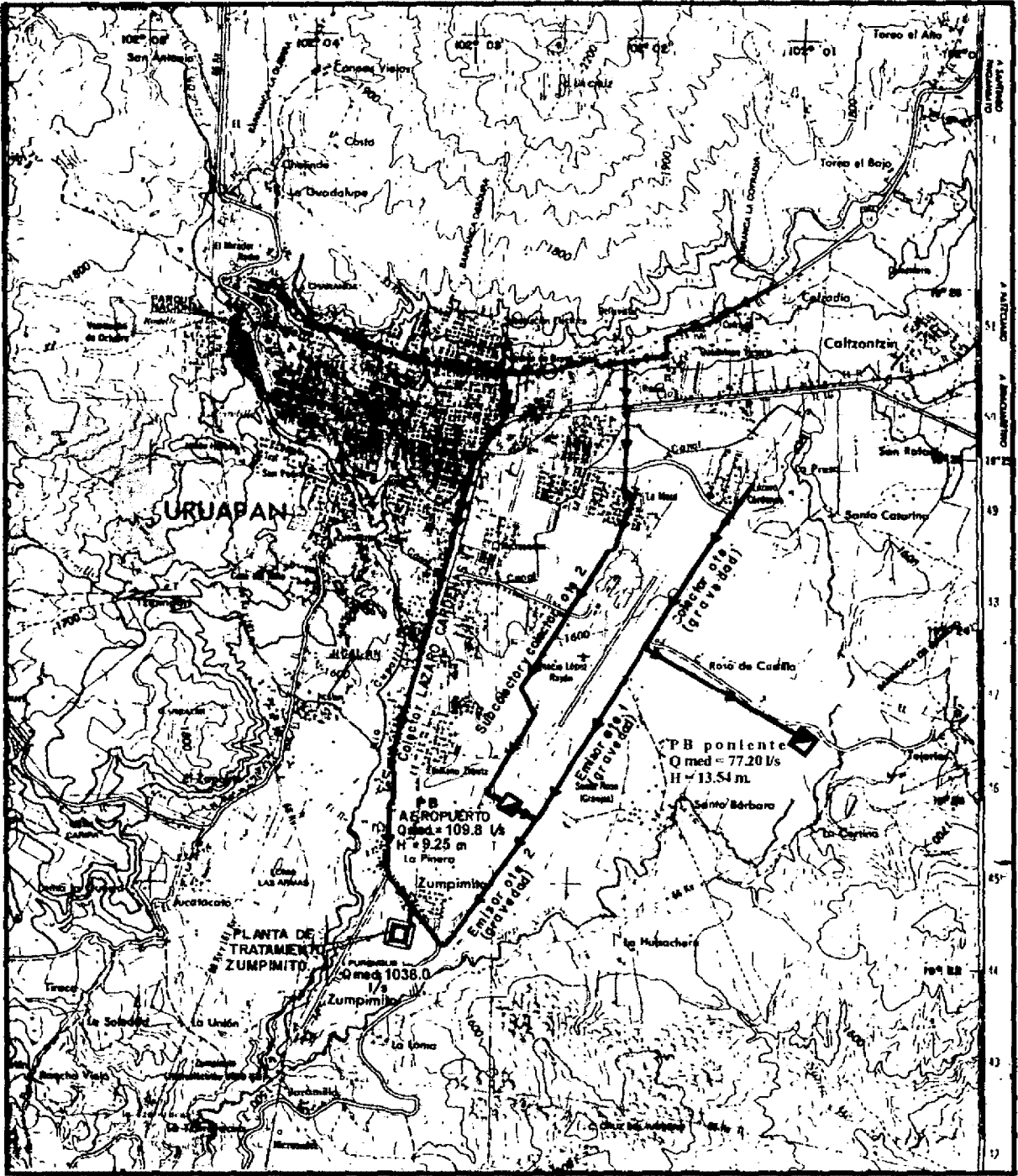
otro lado para incrementar el caudal hacia la Planta de Tratamiento Oriente se tiene un tramo de colector por la Av. La Fuente que no se requeriría en la alternativa 1.

### **5.3.2.3. Alternativa 3.**

En esta alternativa no se hacen modificaciones al sistema de colectores de la Zona norte de la alternativa 1, por lo que la capacidad de la Planta de Tratamiento Oriente requiere capacidad para tratar 103.6 l/s y por lo tanto a la Planta de Tratamiento de Zumpimito llegan 932.4 l/s.

Las ventajas de esta alternativa son que no se hacen modificaciones importantes al escurrimiento natural de las aguas y se evita la necesidad de la Planta de bombeo oriente y su correspondiente emisor y se disminuye un poco al diámetro en el emisor oriente 1 gravedad y el emisor oriente 2 gravedad.

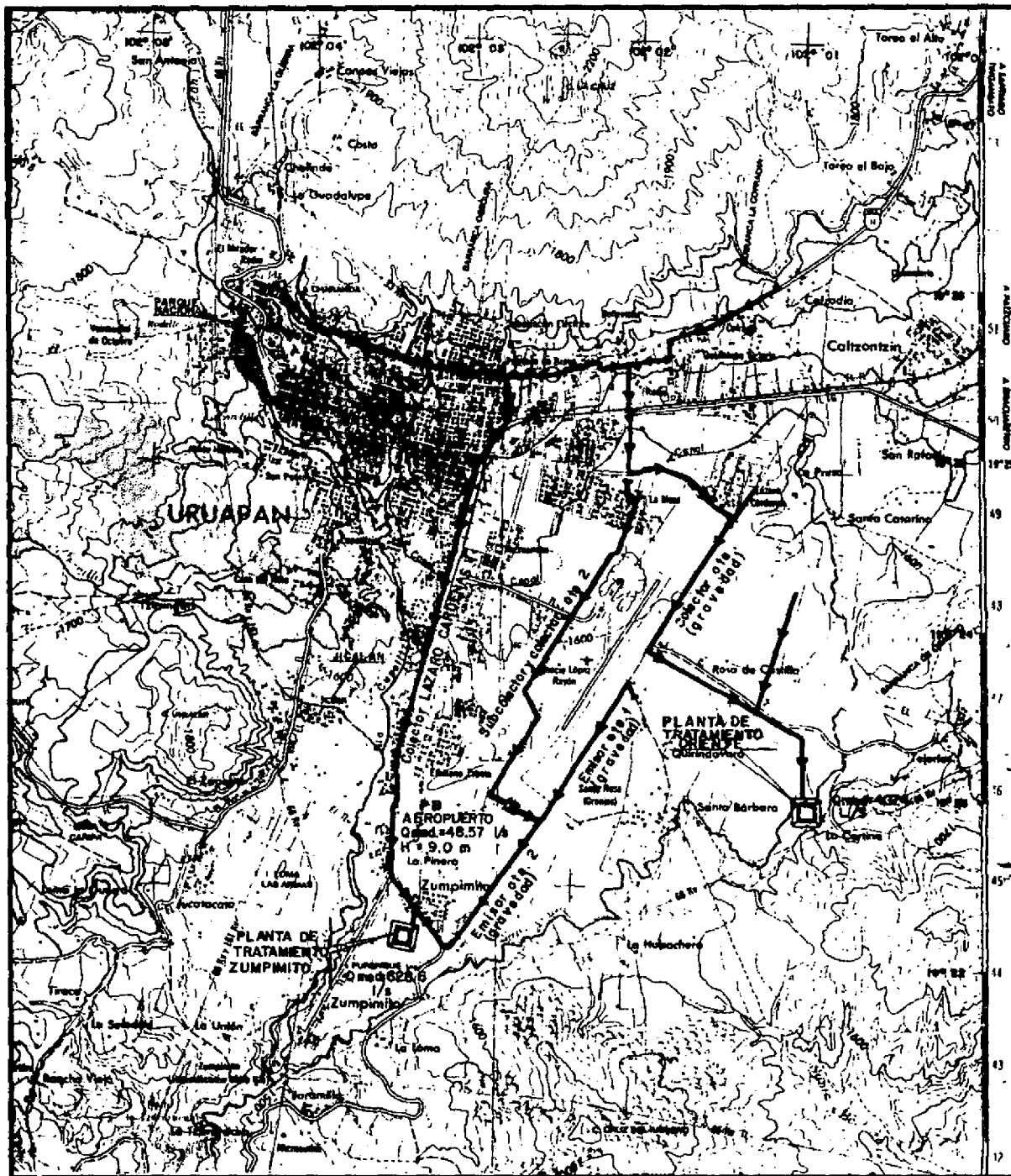
El arreglo general se presenta en la figura 5.14. Las desventajas que presenta son que se requiere doble personal para operar las 2 plantas y que las inversiones también son mayores para construir 2 plantas en lugar de una sola.



NOTA :  
 UNA PLANTA TRATAMIENTO  
 CON Q = 1036.0 L/s

ALTERNATIVA 1

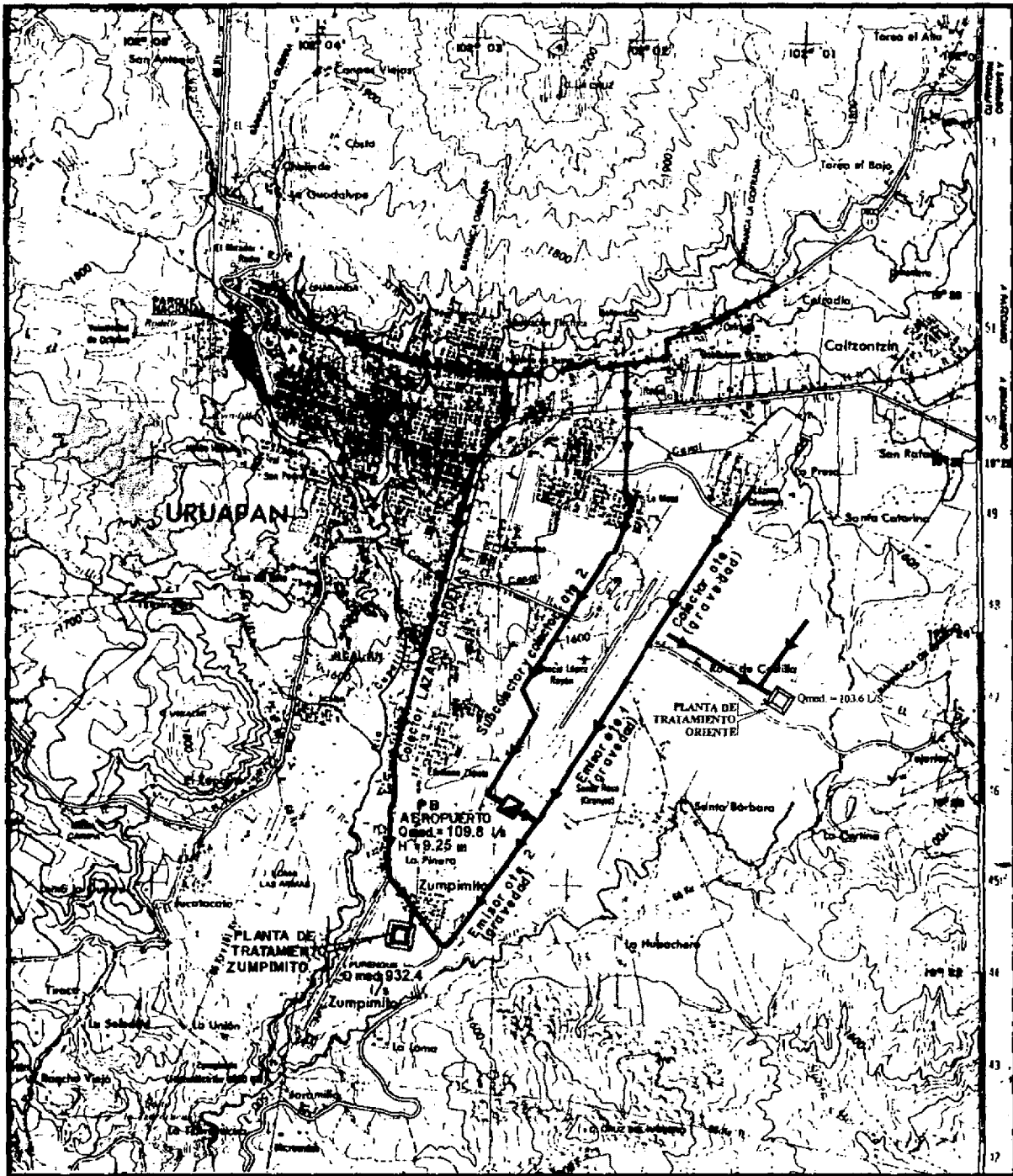
FIG. 5.14



NOTA:  
 DOS PLANTAS TRATAMIENTO  
 CON Q = 407.4 L/S Y 628.6 L/S

ALTERNATIVA 2

FIG. 5.15



NOTA :  
 DOS PLANTAS TRATAMIENTO  
 CON Q = 103.6 L/S Y 932.4 L/S

ALTERNATIVA 3

FIG. 5.16

### 5.3.3. - EVALUACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Además de la ubicación de las plantas de tratamiento que ya se mencionaron en cada alternativa, se consideraron tres diferentes tipos de proceso: Lodos activados convencionales, aereación extendida, lagunas aereadas.

Antes de analizar la mejor alternativa es necesario fijar las condiciones en que se planta el proyecto.

*El proyecto se concluyó en el año de 1993 y se selecciono la alternativa II. Y las circunstancias que se presentaban en ese año fueron: La Presidencia de la República estaba a cargo de Carlos Salinas y el País presentaba un auge económico ficticio, con una tasa de interés del 12% anual, En la ciudad de Uruapan el área de Santa Bárbara y Zumpimíto no presentaba un desarrollo urbano fuerte. Y un desarrollo ejidal pobre.*

En el análisis siguiente tomaremos nuestros propios planteamientos y haciendo la comparación con la decisión del gobierno, para tomar determinación de la mejor alternativa solución.

Se presentan tres sitios para posible construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales si se piensa en la construcción de una sola planta, Estos sitios presenta las siguientes características:

COMPARACION SE SITIOS, USOS, COSTOS, GASTOS							
SITIO	Quant TRATADO	USO DEL AGUA TRATADA	TENDENCIA URBANA	COSTO DEL TERRENO	COSTO DE OBRAS ALUXILIARES	GASTOS DE OPERACIÓN	DE SUGERENCIA FEDERAL
I	564 Lps	C.FE	ALTA	\$ 60 /m <sup>2</sup>	\$ 1,492,292.00	NULOS	-
II	564 Lps	AGRICOLA	ALTA	\$ 70 /m <sup>2</sup>	\$ 26,827,000.00	\$ 0.13 /L/s	SI
III	564 Lps	C.FE	MEDIA	\$ 60 /m <sup>2</sup>	\$ 19,159,966.00	\$ 0.18 /L/s	-

**El sitio I** tiene el costo más bajo de adquisición de terreno, de obra adicional y, gastos de operación y mantenimiento, sin embargo, su desventaja, el terreno esta rodeado por área urbana.

**El sitio II** tiene el costo más alto de terreno y la de obra adicional es la mas alta, los gastos de operación son 25.3 % más bajos por año, comparando con el sitio III. Sin embargo, su desventaja, es que su tendencia de crecimiento, en la actualidad se refleja en que la planta quedara rodeado de área urbana en el transcurso de este año (1999). Y el suelo de esta área es del tipo limo arcilloso, con alto nivel orgánico, aguas freatica se encuentra en promedio de 30 cm. que le da una capacidad del suelo muy bajo (entre 0.5 y 1.0  $\text{ton}/\text{m}^2$ ), que incrementa los costos de cimentación y estructuras.

**El sitio III** es el segundo sitio más económico, pero sus gastos de operación, mantenimiento y bombeo son los mayores a largo plazo, Que en realidad son más relevantes que el ahorro del terreno.

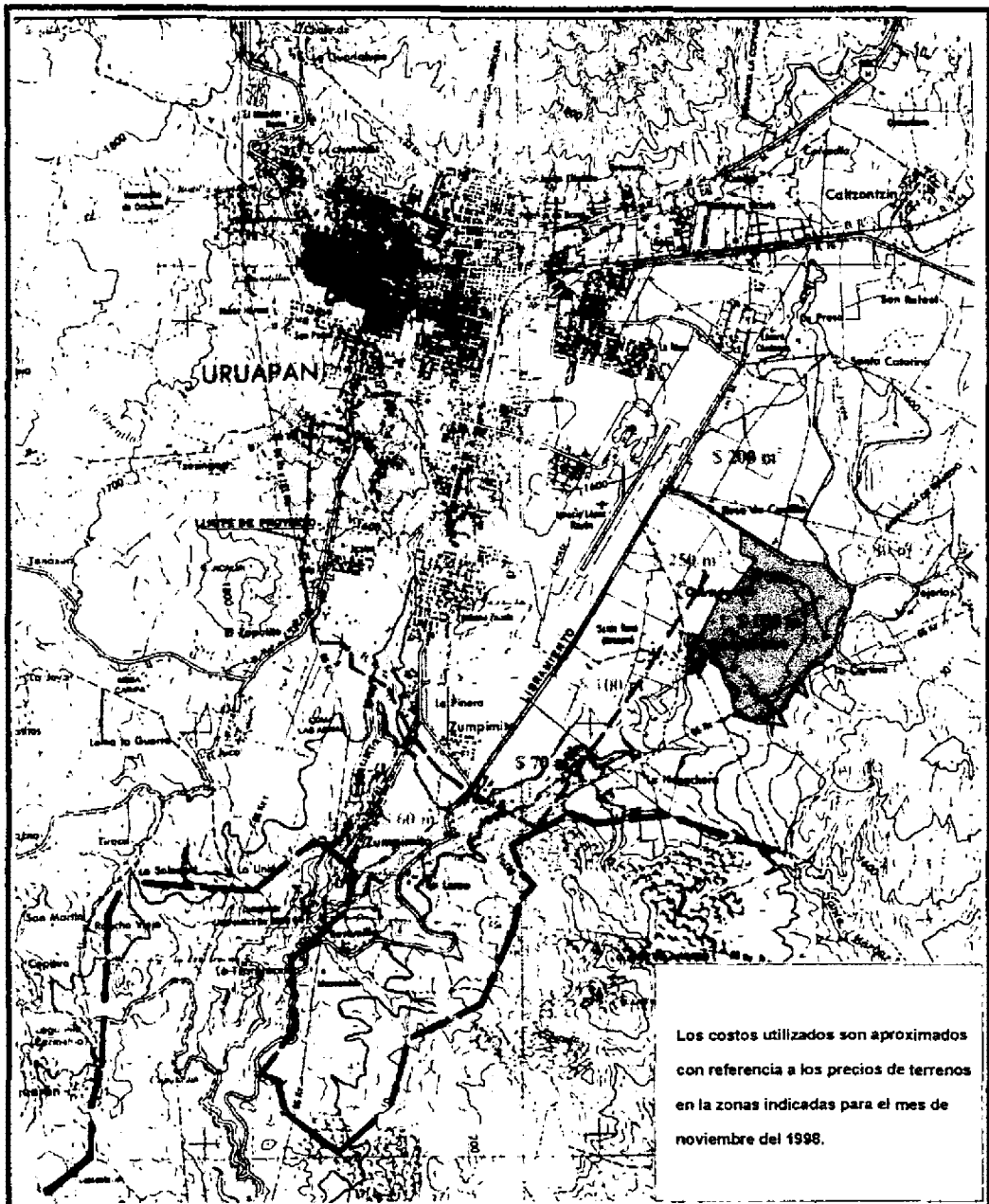
Es evidente que el sitio I es la mejor opción, tanto por el costo del terreno, obra adicional y gastos operación y mantenimiento. (ver fig. 5.17 para costos de terrenos)

Con los datos expuestos nos podemos dar cuenta de los factores que considero el gobierno para eliminar la opción de una sola planta.

- Si se escoge el sitio I ó III la zona agricola carecerá de agua suficiente.
- Si se escoge el sitio II la zona la generación eléctrica se vería menguada.
- La recomendación del Gobierno del Estado.
- Evitar una inversión elevada inmediata.

Sin embargo, como la decisión del gobierno fue la construcción de dos plantas continuaremos el análisis, considerando la opción de la construcción una ó dos plantas.





**COSTOS DE TERRENOS EN LA CIUDAD DE URUAPAN EN LA ZONA DE PROYECTO FIG. 5.17.**

Se consideraron tres alternativas para el proyecto que ya se explicaron anteriormente, pero se señalaran las características más importantes:

**Alternativa 1:** Una sola planta de tratamiento con un caudal de 1036 lts/seg, colocada la planta en el sitio I.

**Alternativa 2:** Dos plantas de tratamiento, la primera en el sitio I con un caudal de 628.6 lts/seg, y la segunda en el sitio II con un caudal de 407.4 lts/seg.

**Alternativa 3:** Dos plantas de tratamiento, la primera en el sitio I con un caudal de 932.4 lts/seg, y la segunda en el sitio II con un caudal de 103.6 lts/seg.

La alternativa 1 y 2 tiene son dos alternativas viables, pero la alternativa 3 es una variante de la alternativa 2, pero con la desventaja que el caudal a tratar para el sitio II, es muy bajo para cubrir las posibles necesidades de crecimiento urbano de la zona, por lo cual la descartamos.

En la tabla 5.3.3, se analizaran los costos unitarios de tratamiento para la alternativa 1 y 2, considerando como opciones los tratamientos, los procesos aereación extendida, de lodos activado y lagunas de aereación.

La tabla se elaboró con los datos obtenidos de la experiencia que tiene C.N.A. y la información obtenida de BUFETE INDUSTRIAL S.A., en la construcción de plantas de tratamiento. Se presenta el costo aproximado de m<sup>3</sup> de agua tratada integrando en este costo los factores de adquisición, construcción, mantenimiento y operación. Se realizó la amortización de los costos y gasto que se realizaran tomando una vida útil de 20 años, y una tasa de interés del 28% anual(vigente en el año 1998), lo que nos da por conclusión el tipo de planta que se debe construir.

# EVALUACIÓN ECONOMICA.

## ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO

ALTERN.	PROCESO	MILLONES DE PESOS					PESOS			COSTO	
		OBRA CIVIL	EQUIPO	INV. INL	TERRENO	MAT. Y OPER	AMORT. INV. INL	OPERACIÓN	AMORT. TER.	M3 / SEG.	
<b>AEREAACION EXTENDIDA</b>											
1	1036	91.577	24.148	115.725	14.00 Ha	8.400	10.975	0.70	0.34	0.05	\$ 1.08 /m3
2	628.6	56.318	14.848	71.185	10.00 Ha	6.000	8.448	0.71	0.43	0.06	\$ 1.19 /m3
	407.4	39.451	12.233	51.684	7.50 Ha	7.500	5.242	0.60	0.41	0.12	
<b>LODOS ACTIVADOS</b>											
1	1036	99.716	37.150	136.866	13.00 Ha	7.800	23.906	1.03	0.73	0.06	\$ 1.83 /m3
2	628.8	67.099	26.137	93.238	9.00 Ha	5.400	16.341	1.16	0.82	0.07	\$ 2.05 /m3
	407.4	43.774	21.322	65.096	6.70 Ha	6.700	11.638	1.25	0.91	0.13	\$ 2.29 /m3
<b>LAGUNA DE AEREAACION</b>											
1	1036	73.732	13.863	87.596	31.47 Ha	18.882	8.353	0.66	0.28	0.14	\$ 1.08 /m3
2	628.6	45.415	10.687	56.102	20.07 Ha	12.042	6.494	0.70	0.33	0.15	
	407.4	33.030	8.246	41.275	16.45 Ha	16.450	4.754	0.79	0.37	0.32	\$ 1.48 /m3

Interes : 28%  
n : 20 AÑOS

En esta tabla se muestran todos los costos por construcción, equipos, terrenos, mantenimiento y operación incluyendo la amortización anual de la inversión y la determinación de el costo por metro cubico tratado para cada una de las alternativas y tratamientos apropiados por la región.

De color rojo se indica la selección gubernamental.  
De color verde se indica la selección más economica.

**TABLA 5.3.3**

Con los datos económicos obtenidos en la tabla anterior y los datos geográficos, de población, agrícolas y de servicios, estamos en condiciones de determinar nuestra propia solución y compararla con la expuesta por el Gobierno. **La solución más económica es la alternativa 1**, que involucra la construcción de una sola planta de tratamiento de aguas residuales, con un proceso de laguna de aireación y colocada en el sitio I, es decir, en el área de Zumpimito. Las ventajas y desventajas comparando con la alternativa 2 radican en los siguientes puntos.

1. - El costo unitario de operación es de \$ 1.06 el m<sup>3</sup>, con un ahorro del 54.1 %.
2. - La inversión inicial y la compra del terreno, asciende a \$ 106,477,000, con un ahorro del 16.4 %.
3. - El costo de mantenimiento y operación es de \$ 8,353,000 al año, con un ahorro del 28.8 % anual.
4. - Geográficamente es el punto más estratégico, debido a que todos los escurrimientos tienden hacia ese lugar de forma natural.
5. - El sector agrícola perdería parte del agua de riego que usa, sin embargo, el área agrícola tiende a ser sustituido por área Urbana.
6. - La modificación al sistema de drenaje es la menor.

Con los puntos expuestos anteriormente y sobre la base de lo expuesto en este capítulo, que esta basado en datos del fidedignos investigados del, "Proyecto Ejecutivo de Rehabilitación y Ampliación de la Red de Agua Potable y Alcantarillado, Drenaje Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales, para la Ciudad de Uruapan, Mich.", expedido por Comisión Nacional del Agua en junio de 1993. Y realizando la investigación de precios, para obtener los costos actualizados, con el fin poder tener un parámetro actual de costos. ***Llegamos a la conclusión de que evaluando la decisión gubernamental, existe un error considerando que el país padece una situación económica que no permite Despilfarros ni Populismos. Requiere soluciones económicas y viables.***

# CONCLUSIONES

---

---

Recapitulando los puntos en que nos basamos para la evaluación, y, además, considerando el estado actual de construcción de las plantas, obtenemos lo siguiente:

La solución tomada por el Gobierno en el año de 1993 y fue la construcción de dos plantas de tratamiento, una de lagunas de aereación con caudal de 628.6 Lts/seg (Zumpimito) y otra aereación extendida con 407.4 Lts/seg (Santa Bárbara). Esta decisión fue la más económica considerando la construcción de dos plantas y al aprovechamiento de las aguas tratadas, tanto para la generación eléctrica, como la agrícola y acudiendo a la recomendación estatal.

Pero esta decisión económica tiene las siguientes desventajas:

- Se duplican costos de construcción.
- Se duplican gastos de mantenimiento y operación.
- Requiere modificación importante de drenajes.
- Se empleará equipo de bombeo.

Los factores no económicos que influyeron en la decisión de dos plantas de tratamiento fueron los siguientes:

- El aprovechamiento agrícola del agua tratada.
- El bajo costo de las tierras en Santa Bárbara en el año de 1998.
- Recomendaciones estatales.

Sin, embargo el crecimiento de la población, en los últimos 5 años, se ha realizado hacia el oriente de la Ciudad, y el área agrícola tiende a desaparecer, además, los sitios propuestos están casi cubiertos por la Ciudad. Y por consecuencia, el costo del terreno se ha incrementado. Es evidente que estas circunstancias han cambiado en los últimos años, la zona agrícola se está sustituyendo por área urbana, la generación eléctrica de Zumpimito es poco relevante para la CFE, y la economía del País requiere la selección de la opción más barata para que se pueda construir.

Con la selección de la alternativa 1 (una planta) en lugar de la alternativa 2 (dos plantas) como se presentó en la realidad, hubiera repercutido en las siguientes ventajas:

- Un ahorro del 100% en modificaciones al drenaje.
- Un ahorro del 100% en bombeo.
- Una disminución de costo en un 55.27 % de construcción y mantenimiento.

Desde el punto de vista económico la alternativa 2 no es una opción correcta, y su sentido político queda anulada conforme transcurre el tiempo. Por lo tanto, es fácil darnos cuenta que el proyecto original se realizó, **para resolver un problema inmediato y no un problema futuro dado que su vida útil es de 20 años.**

La situación económica del país y las recurrentes crisis que se han presentado, en conjunto al aumento del dólar que repercute en el alza de tasas de interés, afecta directamente a los presupuestos que se realicen. Para nuestro caso el proyecto original manejó una tasa de interés del 12 %, ahora es de 28 % (para 1998) representando un aumento del 130 %, que destruye cualquier presupuesto. Y con el inconveniente de la construcción de dos plantas, **la opción de que se construyan disminuye.** El presupuesto de ambas quedará cubierto dentro de muy poco tiempo por la inflación, y da la opción para retrasar una de ellas crece conforme pasan los años.

Lamentablemente el tiempo ha sido la prueba de lo que se plantea. La ingeniería básica y de detalle del proyecto en Santa Bárbara, se terminó en 1993 y en el año 1998 el avance de la obra fue inferior al 30% y el proyecto en Zumpimito presenta un 0 %, de avance de obra. Esto nos indica que su capacidad será rebasada en un tiempo menor al proyectado, y con el recorte del presupuesto gubernamental para el año 1999, **la construcción de la segunda planta sé vera detenida, y ésto nos llevará a que sea obsoleto antes de su construcción.**

Un ejemplo sencillo, si la planta Zumpimito debe trabajar al 100 % de su capacidad para el año de 2010 según proyecto, imaginando que se terminara el próximo año, tendría un retraso de construcción de 7 años, por lo que en 10 años ya estaría trabajando al 100 % y la Ciudad requerirá otra planta, es decir, se volverá obsoleta. Perdiendo el 41.2 % de su vida útil de operación.

Motivo por el cual y basado en toda la información anterior, me atrevo a recomendar en forma personal, que se realice los siguientes puntos para dar una solución, al problema que se nos plantea.

1. - **Concluir el proyecto Santa Bárbara, lo antes posible.**
2. - **Cancelar el proyecto Zumpimito.**
3. - **Realizar un nuevo proyecto de planta Zumpimito, considerando las nuevas condiciones, y periodo de vida de 1999 al 2019.**
4. - **Realizar pláticas con C.F.E., para poder determinar si sus instalaciones de Zumpimito se pueden utilizar para construir la planta de tratamiento, y si el costo – beneficio justifica la desaparición de la planta hidroeléctrica.**

Infinitas gracias por leer esta tesis y todo apoyo que puedan prestar para que los puntos anteriores no queden en el aire.

## BIBLIOGRAFIA

“Primer diplomado internacional sobre contaminación ambiental y ecología.”

Varios autores. Celaya, Gto. México. Octubre de 1993

“Tratamiento biológico de aguas residuales de la industria de proceso.”

Dra. Ing. María del Carmen duran Domínguez de Bazua.

Facultad de Química, UNAM. Ciudad Universitaria, México, D.F. junio de 1993.

“Tratamiento de las Aguas Residuales Municipales, Industriales y Reusos.”

Mendoza Márquez. Hector.

División de educación continua. Facultad de Ingeniería, UNAM. México 1990.

“Manual de Saneamiento”

Dirección General de Ingeniería Sanitaria. Secretaria de Salubridad y Asistencia.

Editorial Limusa.

“Manual de aguas, tratamiento y remoción de aguas Residuales”

G.M. Fair, J. CH. Geyer y D.A. Okun.

Editorial Limusa. México 1976.

“Wastewater Engineering, Treatment. Disposal. Reusi.”

Frank J. Cerra and Marsel.

McGraw\_Hill, USA. 1979.

“Ingeniería Sanitaria “

Handenberg, W. A. y Rodie, Edward B.

Ed. CECSA.