

300615



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

ESCUELA DE INGENIERIA

17

INCORPORADA A LA U.N.A.M.

2ej

**"PROPUESTA DE OBRAS Y ACCIONES PARA EVITAR  
LA PROLIFERACION DE LA CONTAMINACION EN  
DOS LAGUNAS EN EL EDO. DE GUERRERO"**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :

**ROXANA PEREZ CASAS**

ASESOR DE TESIS: M. en I. FCO. JAVIER RIBE MARTINEZ DE VELASCO



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# I N D I C E

Introducción	1
Capítulo I .- Características y Composición de las aguas negras.	4
.Origen de las aguas residuales y desechos	4
.Aspecto de las aguas negras	6
.Composición de las aguas negras	6
Capítulo II .- Sistemas de tratamiento de aguas negras	9
.Clasificación de los sistemas de tratamiento	9
.Tratamiento Físico	12
.Tratamiento Biológico	15
.Tratamiento Químico	22
Capítulo III.- Importancia Sanitaria de los análisis de laboratorio	40
Capítulo IV .- Legislación y reglamentación vigente	
.Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y protección al ambiente en materia de impacto ambiental	42
.Procedimiento de Impacto Ambiental	45
.Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua	52
Capítulo V .- Generalidades de Río La Sabana, Laguna Negra y Laguna de Tres Palos	65
.Laguna Negra	65
.Laguna de Tres Palos	66
.Río La Sabana	67
Capítulo VI .- Criterios para la determinación del tratamiento óptimo	90
.Dilución	90
.Área Disponible	91
.Rendimiento de las Instalaciones	91
.Producción de lodo	91
.Costo	91
Capítulo VII.- Propuesta de Soluciones	99
Conclusiones	120
.Bibliografía	122

## INDICE

### TABLAS, CROQUIS Y FIGURAS

Mapa	1.0	Estado de Guerrero.....	3
Tabla	2.1	Sistemas de Tratamiento.....	24
Figura	2.1	.....	24
	2.2	.....	25
	2.3	.....	26
	2.4	.....	27
	2.5	.....	27
	2.6	.....	28
	2.7	.....	29
	2.8	.....	30
	2.9	.....	31
	2.10	.....	32
	2.11	.....	33
	2.11-a	.....	34
	2.12	.....	35
	2.13	.....	35
	2.14	.....	36
	2.15	.....	37
	2.16	.....	38
	2.17	.....	39
Tabla	4.1	Reglamento para la prevención y control de la contaminación .....	52
	4.2	.....	54
	4.3	.....	57

	4.4	.....	61
Mapa	5.1	Río La Sabana, Lagunas Negra y Tres Palos	
Croquis	5.2-A	Descargas de aguas residuales al río La Sabana.....	73
	5.2-B	.....	74
	5.2-C	.....	75
	5.2-D	.....	76
	5.2-E	.....	77
	5.2-F	.....	78
	5.2-G	.....	79
	5.2-H	.....	80
	5.2-I	.....	81
Tabla	5.3	Calidad de las aguas del Río La Sabana..	82
Diagrama	5.4	Calidad de las aguas del Río La Sabana..	84
Tabla	5.5	..	85
	5.6	..	86
Anexo Fotográfico 1		.....	88
Anexo Fotográfico 2		.....	89
Tabla	6.1	Criterios para la determinación del Tratamiento Optimo.....	93
	6.2	.....	94
	6.3	.....	95
	6.4	.....	96
	6.5	.....	97
	6.6	.....	98
Tabla	7.1	Propuesta de soluciones.....	114
Plano	7.2	.....	115

Plano	7.3	Propuesta de Soluciones.....	117
	7.4	.....	118
	7.5	.....	119
Perspectiva.....			s/n

## INTRODUCCION

En los últimos años la preocupación por los problemas ambientales ha crecido como consecuencia de un deterioro acelerado de la calidad de vida de millones de mexicanos. Después de casi cinco décadas de explotación intensa y acelerada de los recursos naturales, nuestro territorio muestra grados significativos de perturbación en los ecosistemas que lo componen.

Las principales ciudades y zonas productivas del país presentan ya problemas de contaminación ambiental y pérdida de recursos como suelo, vegetación y fauna. Asimismo, el paisaje mexicano se ha transformado con el desarrollo económico y social, dando lugar a nuevas relaciones entre sus habitantes y la naturaleza que nos rodea y de la cual dependemos.

Muchas de estas transformaciones son fruto de la planeación en sectores claves de la economía. México posee grandes extensiones en donde se practican la agricultura, la extracción forestal, la pesca y las actividades industriales. El uso del suelo y el manejo de recursos se han llevado a cabo para lograr el máximo beneficio material de la sociedad. Sin embargo, hemos roto el equilibrio ecológico en los lugares en donde nos asentamos y realizamos nuestras actividades, y no hemos dedicado los suficientes esfuerzos por restituir ese equilibrio y conservar los recursos naturales para las generaciones futuras.

La planeación del desarrollo económico en México hasta hace unos años no incorporaba la variable ambiental, por lo que se permitió y fomentó el crecimiento de las actividades productivas haciendo uso de tecnologías y formas de manejo de recursos que generan contaminación y deterioro de los ecosistemas. La ausencia de criterios ecológicos adecuados ha permitido entre otros fenómenos graves la desaparición de los ecosistemas lacustres y boscosos del valle de México, la desaparición del 90% de las selvas altas del sureste, la carencia de áreas verdes en zonas urbanas, la contaminación de diferentes ríos, y la contaminación atmosférica de las principales ciudades del país.

Proteger el medio ambiente es una labor que debe ser planeada y realizada en todas las empresas en las que nuestra sociedad se involucre. Desde la apertura de nuevos caminos hasta la operación de una fábrica, es necesario aplicar criterios de conservación de los recursos naturales y de mejoramiento de la calidad de vida de la población,

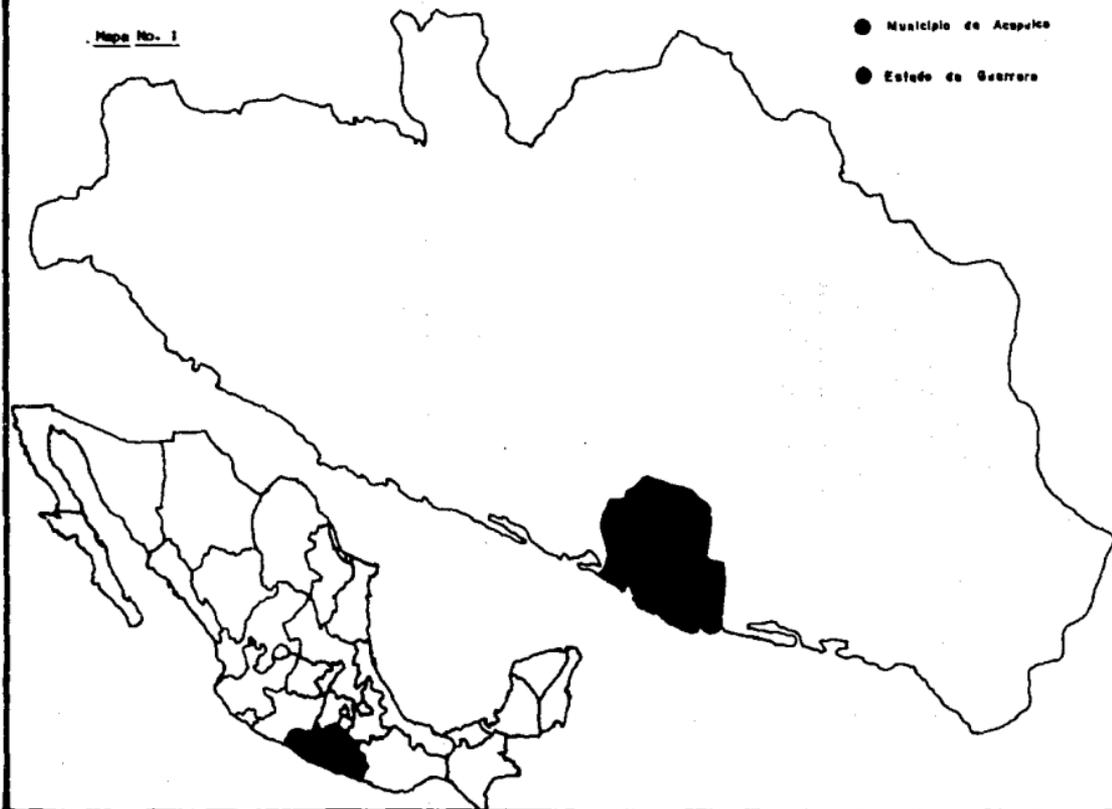
entendiéndose a ésta última como el logro de los satisfactores básicos y el derecho de vivir en un ambiente sano y agradable desde el punto de vista estético y cultural.

Por todas las razones expuestas en párrafos anteriores se ha decidido elaborar esta tesis con el título de "Propuesta de obras y acciones para evitar la proliferación de la contaminación en dos lagunas en el Edo. de Guerrero" (ver mapa 1), que está orientada básicamente al desarrollo de las diferentes acciones y obras de ingeniería que deben ser realizadas para poder evitar que se sigan contaminando los sistemas lagunares objeto de esta tesis; todas estas obras y acciones aplicando criterios de conservación de los recursos naturales, lo cual sin duda se logra mediante la observancia de las disposiciones que contempla la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente, así como la reglamentación correspondiente.

# LOCALIZACION DEL ESTADO GUERRERO Y MPIO. DE ACAPULCO

Mape No. 1

- Municipio de Acapulco
- Estado de Guerrero



**C A P I T U L O I**  
**CARACTERISTICAS Y COMPOSICION DE LAS AGUAS NEGRAS**

## C A P I T U L O I

### CARACTERISTICAS Y COMPOSICION DE LAS AGUAS NEGRAS

Se entiende por contaminante, a toda materia orgánica o substancia, o sus combinaciones o derivados químico y biológicos, que al incorporarse o adicionarse a el agua, pueden alterar o modificar sus características naturales, así como toda forma de energía que al operar sobre el agua, altera su estado normal.

La presencia en el agua de uno o más contaminantes, que perjudiquen o molesten la vida, la salud o el bienestar humano, así como la flora y la fauna, se llama "Contaminación del agua".

Fuente de contaminación será por consecuencia el lugar, sistema o mecanismo, etc; que provoquen la presencia de contaminación, que sea en forma natural o artificial.

Las fuentes de contaminación más comunes son:

- Las industrias
- Los sistemas de alcantarillado de las poblaciones
- Los sistemas de drenes de las zonas de riego
- Los depositos de basura
- Los arrastres provocados por las lluvias

Las aguas negras son fundamentalmente las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas por diversos usos. Desde el punto de vista de su origen, resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas habitación, edificios comerciales e instituciones, junto con los provenientes de los establecimientos industriales, y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que puedan agregarse.

#### ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES Y DE LOS DESECHOS:

a) Desechos humanos y animales: son las exoneraciones corporales que llegan a formar parte de las aguas residuales, mediante los sistemas hidráulicos de los sanitarios y en cierto grado de los procedentes de los animales, que van a dar a las alcantarillas al ser lavadas en el suelo o en la calle. Estos desechos son los más importantes, por lo que se refiere a la salud pública porque pueden contener organismos perjudiciales al hombre, por lo que su tratamiento seguro y eficaz constituye el principal problema de acondicionamiento de las aguas

residuales para su disposición.

b) Desperdicios caseros: Proceden de las actividades domésticas de lavado de ropa, baño, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de alimentos y lavado de loza. Casi todos estos desechos contienen jabones, detergentes sintéticos que generalmente tienen agentes espumantes y que son de uso común en las labores domésticas. Los desechos de cocina tienen partículas de alimentos y grasas que, con el uso cada vez mayor de aparatos domésticos para moler basura, se están convirtiendo en la parte más importante de los desechos caseros.

c) Aguas de lavado de las calles y corrientes pluviales: Las lluvias depositan cantidades variables de agua en la tierra y gran parte de ella lava la superficie, al escurrir arrastrando polvo, arena, hojas y otras basuras. En algunas poblaciones se deja que estos escurrimientos pluviales vayan al alcantarillado o drenajes que sirven para coleccionar desechos propios de la comunidad, formando parte importante de las aguas negras. En otras se coleccionan aparte estos escurrimientos para su disposición y no se mezclan con las aguas negras de la comunidad. El volumen de las corrientes varía según la intensidad de la precipitación, la topografía y las superficies pavimentadas y techadas.

d) Infiltraciones de aguas subterráneas: El drenaje o alcantarillado que es el dispositivo para coleccionar las aguas negras, va soterrado, y en muchas ocasiones queda debajo del nivel de los mantos subterráneos, especialmente cuando dicho nivel es muy alto a causa de una excesiva precipitación en la temporada de lluvias. Como las juntas entre las secciones de tubería forman las alcantarillas no quedan perfectamente ajustadas, existe siempre la posibilidad de que se infiltre el agua subterránea. Los drenajes colectores usualmente no funcionan a presión, sino que el flujo a través de ellos es meramente gravitatorio y por esto es que las infiltraciones no solamente son posibles sino que son siempre considerables. El volumen de agua subterránea que se infiltra no puede determinarse con exactitud, porque depende de la estructura del suelo, del tipo de alcantarilla que se haya construido, de las condiciones del agua subterránea, de las lluvias y de otras condiciones climatológicas.

e) Desechos industriales: Los productos de desechos de los procesos fabriles son parte importante de las aguas negras de una población y deben tomarse las precauciones necesarias para su eliminación. En muchas regiones se coleccionan los desechos industriales junto con los otros componentes de las aguas negras de la población para su

tratamiento y eliminación finales. Estos desechos varían mucho por su tipo y volumen, pues dependen de la clase de establecimiento fabril ubicado en la localidad. En algunos casos es tal el volumen y características de los industriales, que es necesario disponer de sistemas separados para su recolección y disposición. Muchos desperdicios industriales contienen agentes espumosos o espumantes, detergentes y otras sustancias químicas que interfieren con la disposición final de las aguas residuales de la comunidad, o que dañan las alcantarillas y otras estructuras. Por esa razón no pueden agregarse directamente a las aguas residuales, sino que deben recibir un tratamiento preliminar, o eliminarlos valiéndose de medios especiales y por separado.

#### ASPECTO DE LAS AGUAS NEGRAS:

Las aguas negras o residuales son líquidos turbios que contienen material sólido en suspensión. Cuando son frescas, su color es gris y tienen un olor a moho no desagradable. Flotan en ellas cantidades variables de materia: sustancias fecales, trozos de alimentos, basura, papel astillas y otros residuos de las actividades cotidianas de los habitantes de una comunidad. Con el transcurso del tiempo, el color cambia gradualmente del gris al negro, desarrollándose un olor ofensivo y desagradable y sólidos negros aparecen flotando en la superficie o en todo el líquido. En este estado se denominan aguas negras sépticas.

#### COMPOSICION DE LAS AGUAS NEGRAS:

Las aguas negras se componen de agua, sólidos y organismos vivos. La cantidad de sólidos es generalmente muy pequeña, casi siempre menos de 0.1% en peso, pero es la fracción que presenta el mayor problema para su tratamiento y disposición adecuados. El agua provee solamente el volumen y es el vehículo para el transporte de sólidos.

Los sólidos de las aguas negras pueden clasificarse en dos grupos generales según su composición o su condición física. Tenemos así, sólidos orgánicos e inorgánicos, los cuales a su vez pueden estar suspendidos y disueltos.

a) Sólidos orgánicos: En general son los productos de desecho de la vida animal muerta, organismos o tejidos vegetales; pero pueden incluirse también compuestos orgánicos sintéticos. Son sustancias que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, pudiendo estar combinadas algunas con nitrógeno, azufre o fósforo. Los grupos principales son las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas, junto con

sus productos de descomposición. Están sujetos a degradación o descomposición por la actividad de las bacterias y otros organismos vivos; además son combustibles, es decir, pueden ser quemados.

b) Sólidos inorgánicos: Son sustancias inertes que no están sujetas a la degradación. Ciertos compuestos minerales hacen excepción a estas características, como los sulfatos. A los sólidos inorgánicos se les conoce frecuentemente como sustancias minerales: arena, grava y sales minerales del abastecimiento de agua que produce dureza y contenido mineral. Por lo general no son combustibles. La cantidad de sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, en las aguas negras, les dan lo que frecuentemente se conoce como su fuerza. Por lo tanto se puede definir que las aguas negras fuertes son las que contienen gran cantidad de sólidos, orgánicos y las aguas negras débiles las que contienen pequeñas cantidades de sólidos orgánicos.

Los sólidos pueden clasificarse o agruparse de acuerdo con su condición física, como sólidos suspendidos, sólidos coloidales y sólidos disueltos, incluyendo en cada uno de estos grupos tanto sólidos orgánicos como inorgánicos.

c) Sólidos suspendidos: Son aquellos que están en suspensión y que son perceptibles a simple vista en el agua. Son los sólidos que pueden separarse del agua negra por medios físicos o mecánicos, como son la sedimentación y la filtración. Incluyen las partículas flotantes mayores que consisten en arena, polvo, arcilla, sólidos fecales, papel, astillas de madera, partículas de alimentos y de basura y otros materiales similares. Están constituidos aproximadamente por un 70% de sólidos orgánicos y por un 30% de sólidos inorgánicos, siendo la mayor parte de estos últimos arena y polvo.

d) Sólidos sedimentables: Son la porción de los sólidos suspendidos cuyo tamaño y peso es suficiente para que se sedimenten en un periodo determinado, que generalmente es de una hora. Están constituidos aproximadamente de un 75% de sólidos orgánicos y 25% de inorgánicos.

e) Sólidos coloidales suspendidos: Se definen algo indirectamente como la diferencia entre los sólidos suspendidos totales y los sólidos suspendidos sedimentables. Constituyen la fracción de los sólidos suspendidos totales que no pueden eliminarse fácilmente

recurriendo a tratamientos físicos o mecánicos. Su composición es orgánica en una dos terceras partes, e inorgánicas en el resto; están sujetas a una rápida degradación y son un factor importante en el tratamiento y disposición de las aguas negras.

f) Sólidos disueltos: El término incluye todos los sólidos que pasan a través de la capa filtrante de asbesto de un crisol Gooch. De los sólidos disueltos totales, aproximadamente un 90% está verdaderamente disuelto y un 10% en estado coloidal. El total de sólidos está compuesto aproximadamente por 40% de orgánicos y 60% de inorgánicos.

g) Sólidos totales: Son la totalidad de sólidos orgánicos e inorgánicos, o la totalidad de sólidos suspendidos y disueltos.

h) Gases disueltos: Las aguas residuales contienen pequeñas y variables concentraciones de gases disueltos. Entre los gases más importantes está el oxígeno, presente en el agua original del abastecimiento y disuelto también al ponerse en contacto con el aire, en las aguas negras que fluyen. Este oxígeno disuelto es un componente sumamente importante de las aguas negras. Además del oxígeno disuelto, las aguas negras pueden contener otros gases, como el dióxido de carbono, que resulta de la descomposición de la materia orgánica; el nitrógeno disuelto de la atmósfera, el ácido sulfhídrico que se forma por la descomposición de los componentes orgánicos y ciertos compuestos inorgánicos del azufre.

i) Líquidos volátiles: Las aguas negras pueden contener líquidos volátiles. Por lo general se trata de líquidos que hierven a menos de 100 grados centígrados (212 grados fahrenheit), como por ejemplo, la gasolina.

#### COMPOSICION BIOLOGICA DE LAS AGUAS NEGRAS:

Las aguas negras contienen también incontables organismos vivos, la mayoría de los cuales son demasiado pequeños para ser visibles, excepto bajo el microscopio. Son la parte viva natural de la materia orgánica que se encuentra en las aguas negras y su presencia es de suma importancia porque son uno de los motivos para el tratamiento de estas aguas, y su éxito, incluyendo la degradación y descomposición, depende de sus actividades.

j) Bacterias: Las bacterias son organismos vivos, de tamaño microscópico, que constan de una sola célula y su proceso vital, así como sus funciones, son similares a los de los vegetales.

Las bacterias se clasifican en dos grupos principales: bacterias parásitas y bacterias saprófitas.

k) Bacterias Parásitas: Son las que viven normalmente a expensas de otro organismo vivo, llamado huésped, porque necesitan recibir el alimento ya preparado para consumirlo. Las bacterias parásitas que tienen importancia en las aguas residuales, provienen por lo general del tracto intestinal de las personas y de los animales cuyas deyecciones van a parar a las aguas negras.

l) Bacterias saprófitas: Son las que se alimentan de materia orgánica muerta, descomponiendo los sólidos orgánicos para obtener el sustento necesario, y produciendo a su vez sustancias de desecho que consisten en sólidos orgánicos e inorgánicos. Por esta actividad son de suma importancia en los métodos de tratamiento de aguas negras ideados para facilitar o acelerar la descomposición natural de los sólidos orgánicos.

Cuando las condiciones ambientales, como son el abastecimiento alimenticio, el oxígeno, la humedad y la temperatura, se mantienen en forma adecuada y en cantidades suficientes para el pleno funcionamiento de las bacterias, la descomposición de los sólidos de las aguas negras se lleva a cabo de manera naturalmente ordenada.

m) Organismos microscópicos: Además de las bacterias se encuentran en las aguas negras otros organismos vivos, de tamaño tan pequeño, que sin el microscopio no son visibles. También están presentes en gran cantidad, aunque no en densidades tan grandes como las diversas especies de bacterias. Estos microorganismos tienden a ser mayores y de estructura más compleja que las bacterias. Algunos son animales y otros vegetales. Todos provienen del suelo o de desechos orgánicos que van a formar parte de las aguas negras. Estos organismos también actúan en la descomposición y degradación de los sólidos como alimento y producen desechos cuya estructura química es más sencilla. Estos productos de desecho, a su vez, sirven frecuentemente como alimento para ciertos tipos de bacterias saprófitas.

n) Organismos macroscópicos: Además de los dos grupos de organismos microscópicos que ya se han descrito, muchos organismos más grandes y más complejos toman parte en la descomposición de la materia orgánica. A éstos se incluyen algunas variedades de gusanos e insectos en diversos estados de desarrollo. Algunos son activos aprovechando los recursos del tratamiento de las aguas negras y otros prevalecen en corrientes altamente contaminadas por aguas negras u otros desechos orgánicos.

**C A P I T U L O   I I**

**SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS**

## C A P I T U L O   I I

### SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

Tratamiento de aguas negras: Es el proceso o serie de procesos a los que se someten las aguas negras, con el objeto de disminuir o eliminar características perjudiciales de los contaminantes que estas contienen.

#### CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO:

Los procesos requeridos para el tratamiento de residuos líquidos dependerán, necesariamente, de las características que presentan tales residuos.

Los objetivos básicos que se persiguen en el tratamiento de residuos líquidos son los siguientes:

- Eliminación de los sólidos suspendidos de tamaño apreciable, por medio de cribado o sedimentación.
- Eliminación de grasas, aceites y sólidos grasos por medio de flotación y desnatado, auxiliado en algunos casos, por tratamiento químico.
- Eliminación de los sólidos coloidales por floculación con coagulantes químicos y electrolitos, seguida de sedimentación incluso filtración.
- Neutralización de la acidez o alcalinidad excesiva, por adición de productos químicos.
- Eliminación o estabilización de los sólidos disueltos mediante precipitación química, permutación iónica, procesos biológicos o sus combinaciones.
- Decoloración por tratamiento químico, con sedimentación o infiltración, o con ambas y adsorción.
- Disminución de la temperatura de los desechos excesivamente calientes, por enfriamiento.

A pesar de que son muchos los métodos usados para lograr los objetivos anteriores, estos pueden agruparse como:

Procesos físicos  
Procesos químicos  
Procesos biológicos

o también como:

Pretratamiento  
Tratamiento primario  
Tratamiento secundario  
Tratamiento terciario o avanzado

Los métodos individuales de tratamiento más comunes son clasificados como operaciones unitarias físicas, procesos unitarios químicos y, procesos unitarios biológicos.

Procesos físicos: Los métodos de tratamiento en los cuales la aplicación de fuerzas físicas predomine, son llamados procesos físicos de tratamiento.

Los procesos físicos comúnmente usados en los sistemas de tratamiento de aguas negras incluyen:

- Cribado y desmenuzado
- Desarenado
- Regulación de flujo
- Mezclado
- Sedimentación
- Flotación
- Filtración
- Enfriamiento

Procesos químicos: Los métodos de tratamiento en los cuales la remoción o conversión de contaminantes es llevada a cabo por la adición de sustancias químicas o por el desarrollo de reacciones químicas, son llamados procesos químicos de tratamiento.

Los procesos químicos comúnmente usados en los sistemas de tratamiento de aguas negras son:

- Precipitación química
- Transferencia de gases
- Adsorción
- Neutralización
- Reacciones de óxido-reducción
- Intercambio iónico

Procesos biológicos.- Los métodos de tratamiento en los cuales la remoción de contaminantes es llevada a cabo por la actividad biológica, son llamados procesos biológicos de tratamiento.

Los procesos biológicos comúnmente usados en los sistemas de tratamiento de aguas negras son:

- Filtros rociadores
- Lodos activados
- Lagunas de estabilización
- Lagunas aireadas
- Zanjas de oxidación

Respecto a la clasificación basada en los conceptos de: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado, la cual es de uso común en la práctica de la ingeniería, se menciona lo siguiente:

Pretratamiento o Tratamiento preliminar: Bajo esta denominación se engloban aquellos procesos mediante los cuales se logra la remoción de sólidos flotantes voluminosos y arenas; materiales que ocasionarían problemas de operación en los siguientes procesos de tratamiento.

Dentro del pretratamiento se incluye también: el desmenuzado, la regulación de flujo y el enfriamiento.

Tratamiento Primario: Este concepto incluye los procesos encaminados a la remoción de sólidos sedimentables y flotantes, como lo son la sedimentación y flotación.

En algunos casos se considera como tratamiento primario la adición de coagulantes para ayudar al proceso de sedimentación en cuyo caso se le denomina sedimentación con ayuda química.

La remoción de grasas y aceites por medio mecánico se incluye dentro del tratamiento primario, así como el proceso de neutralización.

Tratamiento Secundario: Como tratamiento secundario se denominan todos aquellos procesos en los cuales se lleva a cabo la estabilización de materia orgánica por la acción de microorganismos.

De esta manera, quedan comprendidos dentro de esta denominación; el proceso de lodos activados y sus variantes, los filtros percoladores, las lagunas de estabilización, las lagunas aireadas, los discos biológicos y las zanjas de oxidación.

Como puede observarse, existe una amplia variedad de procesos biológicos, los cuales en algunos casos, por conveniencia, se clasifican a su vez en sistemas de medio fijo y sistemas de medio suspendido, sin embargo, el mecanismo de estabilización de la materia orgánica es el mismo.

Tratamiento Terciario o Avanzado: Dentro de esta denominación se agrupan aquellos procesos utilizados para reducir la concentración de sustancias orgánicas e inorgánicas en el efluente proveniente de un sistema de tratamiento secundario. Además, dentro de esta clasificación también se consideran aquellos procesos

empleados para remover sustancias que no son removidas o reducidas significativamente en los procesos primario y secundario, como es el caso de los nutrientes, metales pesados, detergentes y otras sustancias tóxicas. Los procesos de tratamiento terciario pueden ser físicos, químicos, biológicos o una combinación de ellos.

En cuanto al uso de una o varias de las unidades de tratamiento: físico, biológico y químico, estas se usarán dependiendo del parámetro y el nivel a que se quiera llegar en su remoción de agua residual. En la figura 2.1 se muestran algunas opciones de sistemas de tratamiento según el parámetro o contaminante que se quiera remover e intervienen unidades de tratamiento físico, biológico y químico.

### TRATAMIENTO FISICO

a) Rejas: Es un dispositivo con aperturas generalmente de tamaño uniforme, utilizado para retener sólidos de cierto tamaño que arrastra el agua residual. Según el método de limpieza que se utilice serán diseñados como mecánicos (fig. 2.2) o de limpieza manual. Las rejas se fabrican con barras de acero soldadas a un marco que se coloca transversalmente al canal. Las barras están colocadas verticalmente o con una pendiente de 30 a 80° respecto a la horizontal. Las rejas se usan para proteger las bombas, válvulas, conducciones y otros elementos contra posibles daños y para evitar que se obturen por trapos u objetos de gran tamaño. Las separaciones de las barras generalmente varía en un rango de 1.6 cm a 7.5 cm. Dependiendo de su diseño generalmente estas estructuras tienen una eficiencia de remoción de sólidos de 53 a 61 %.

b) Tamices: Su función es similar a la de las rejas, sólo que se emplean para sólidos o material menos grueso, y son placas perforadas o mallas metálicas. También los hay de limpieza manual o de limpieza mecánica. Generalmente sus aperturas ranuradas son de 3mm de anchura o menos.

c) Triturador: Consisten en unos dispositivos que trituran el material retenido en la reja, sin eliminarlo del agua residual. Un dispositivo triturador es el que constan de una reja tipo tambor (fig. 2.3) giratorio de eje vertical provisto de ranuras de 6mm en las máquinas pequeñas y de 10mm en las grandes. Los dispositivos trituradores pueden ir precedidos de desarenadores cuyo objeto es alargar la vida del equipo y reducir el desgaste de la superficie cortante y de aquellas otras zonas de los mecanismos donde haya un pequeño espacio libre entre las partes fijas y móviles.

d) Desarenadores: El objeto de los desarenadores es separar arenas, el término que engloba a cualquier sólido o materia pesada que tenga velocidad de sedimentación o peso específico superior a los de los sólidos orgánicos putrescibles en el agua residual. Los desarenadores deberán proteger los equipos mecánicos móviles de la abrasión y desgastes anormales, reducir la formación de depósitos pesados en las tuberías, canales y conductos, y la frecuencia de limpieza de los digestores que hay que realizar como resultado de excesivas acumulaciones de arena en tales unidades.

Existen dos tipos de tanques desarenadores, los de flujo horizontal y los de tipo aireado.

El de flujo horizontal, consisten en que el flujo atraviesa el desarenador en dirección horizontal, controlándose la velocidad rectilínea del flujo mediante las dimensiones del tanque o mediante el uso de vertedores especiales situados en el extremo de aguas abajo del tanque.

El de tipo aireado, consiste en un tanque de aireación con flujo espiral, en el que la velocidad es controlada por las dimensiones del tanque y la cantidad de aire suministrado al mismo ( ver fig. 2.4 y 2.5).

e) Tanques Separadores de Grasas: Un tanque separador de grasas consiste en un depósito dispuesto de tal manera que la materia flotante ascienda y permanezca en la superficie del agua residual hasta que se recoja y elimine, mientras que el líquido sale del tanque en forma continua, a través de una abertura situada en el fondo, o por debajo de unos muros o deflectores de espuma bastante profundos.

La finalidad de estos tanques es el de la separación del agua residual de las sustancias más ligeras que tienden a flotar. El material recogido en la superficie de los tanques separadores de grasas incluye aceite, jabón, pedazos de madera y corcho, residuos vegetales, etc.

Para el diseño de estos tanques (fig. 2.6) en forma general se hacen las consideraciones siguientes:

- La entrada del agua será ahogada y la salida por la parte inferior
- Relación largo-ancho 2.5:1 y altura mínima de 60 cm.
- Tiempo de retención de 1 a 5 minutos.

f) Tanques de sedimentación primaria o secundaria: La sedimentación primaria o secundaria es un tratamiento de

tipo físico que se emplea para remover sólidos suspendidos de las aguas residuales.

Un tanque de sedimentación puede ser rectangular o circular (fig. 2.7, 2.8). Su finalidad como se menciona es eliminar los sólidos fácilmente sedimentables como el material flotante, y por lo tanto reducir el contenido de sólidos suspendidos. Lo anterior se lleva a cabo para los sólidos de peso específico superior al del líquido que tienen tendencia a depositarse, y a los que hay que darles un tiempo de retención que permita su sedimentación.

Un tanque de sedimentación se dice que es primario, cuando es únicamente para proporcionar cierto grado de tratamiento o cuando antecede a otro tratamiento principal (por ejemplo lodos activados). De acuerdo a lo anterior, un tanque de sedimentación secundaria es el usado para un tratamiento posterior al principal o de pulimento.

g) Filtración: Se entiende por filtración a la operación mediante la cual se eliminan las partículas sólidas suspendidas en un líquido al hacerlo pasar por un dispositivo llamado filtro.

-Filtro de vacío.- su función, es reducir el contenido de lodo, ya sea crudo o digerido de modo que la concentración de sólidos aumente en éstos desde el 3 al 5% hasta un 30% aproximadamente. De este modo el lodo es una torta húmeda, fácil de manipular. Los filtros generalmente son cilíndricos de tambor ( ver fig. 2.9).

-Filtración por arena.- es un proceso en el cual se hace pasar un flujo de agua a través de un medio poroso para eliminar las partículas sólidas en suspensión o coloidales.

Existen dos tipos de filtros de arena, los de tipo lento y los rápidos. Estos últimos reciben este nombre debido a que pueden operar con una rapidez de aproximadamente 30 veces mayor que los filtros lentos.

h) Centrifugación: La centrifugación se emplea tanto para la separación de los sólidos de una suspensión líquida como para la eliminación del agua a los lodos formados antes de disponer de ellos. Existen básicamente tres tipos de centrifugas aplicadas a los lodos formados en el tratamiento de aguas negras, y estos tipos son: La centrifuga de discos, la de canasta, y la de tornillo helicoidal o gusano. Los tres tipos de centrifugas, operan sobre el principio de eliminación de los sólidos de las aguas residuales que se les hace pasar y son sujetos a la influencia de un campo centrífugo generalmente en el rango de 1000 a 6000 veces la fuerza de la gravedad. La diferencia fundamental de los tres tipos, es la forma por la cual los sólidos son recolectados y descargados del

rotor. A su vez el método de descarga, determina el tamaño y naturaleza de las partículas que son adecuadamente colectadas y manejadas en cada uno de los tipos de centrifugas.

### TRATAMIENTO BIOLÓGICO

a) Tanques Imhoff: El tanque imhoff (fig. 2.10), consiste en un dispositivo de dos pisos en el que se consigue la sedimentación en el compartimento superior y la digestión inferior. Los sólidos que se sedimentan atraviesan unas ranuras existentes en el fondo del compartimento superior, pasando al compartimento inferior para su digestión a la temperatura ambiente. La espuma se acumula en los compartimento de sedimentación así como en unos respiradores de gas situados al lado de aquellos. El gas producido en el proceso de digestión en el compartimento inferior se escapa a través de respiradores.

No existe equipo mecánico que mantener y su funcionamiento consiste básicamente en eliminar la espuma a diario y depositarla en algunas de las ventilas, asimismo se debe invertir el flujo del agua periódicamente, dos veces al mes, a fin de que la acumulación de lodos en la cámara de digestión sea uniforme. Los lodos digeridos deben también eliminarse en forma regular dependiendo del tiempo de retención que se prevea. Los tanques Imhoff convencionales sin calentamiento suelen ser rectangulares, aunque también se han empleado algunos circulares pequeños.

b) Zanjas de Oxidación: Las zanjas de oxidación constituyen un tipo de sistema simplificado de tratamiento, con lodos activados. Consisten fundamentalmente en la aireación intensa con turbulencia de las aguas residuales. Físicamente las zanjas de oxidación, son eso, zanjas o canales en forma de anillo alargados, por donde circula el agua residual que está siendo tratada. Algunos de los tipos de zanjas de oxidación recomendado (fig. 2.14) de acuerdo a la magnitud de la población a servir son los siguientes: Tipo de canal simple para poblaciones hasta de 1000 hab., tipo de canal doble para poblaciones entre 1000 a 5000 hab., tipo carrusel para poblaciones mayores.

c) Fosas Sépticas: La acción séptica o septización, es un proceso biológico natural, en el que las bacterias u otras formas vivas microscópicas o sub-microscópicas, actuando en ausencia de oxígeno, reducen las sustancias orgánicas a formas poco oxidadas, algunos sólidos son disueltos o pasan al estado líquido y se desprenden gases, que contienen principalmente anhídrido carbónico, metano y algunas veces, una cantidad pequeña de ácido sulfhídrico y trazas de otros gases. El proceso biológico en las fosas sépticas representan aquella parte del ciclo de vida y muerte, en

que los compuestos orgánicos complejos se reducen a formas más simples, que puedan servir de alimento a formas inferiores de la vida vegetal. El tratamiento de las aguas negras por la acción séptica, cuando se pueda emplear, ofrece la solución de todos los problemas del tratamiento de las aguas negras.

La principal ventaja de la acción séptica, en el tratamiento de las aguas negras, es la cantidad relativamente pequeña de lodos que hay que manejar, en comparación con los que se producen en los procesos de sedimentación simple o de tratamiento químico. El lodo producido en una fosa séptica puede ser 25 a 30% o incluso 40%, menor en peso, y 75 a 80% menor en volumen, que el lodo de un tanque de sedimentación simple. Los resultados más importantes de la acción séptica y la mayor actividad séptica, se registran en la materia orgánica depositada o lodo. Las transformaciones biológicas debidas a la acción séptica, que se registran en la parte líquida del contenido del tanque, son de poca o de ninguna importancia. Entre otras ventajas, figuran el poco costo de los tanques y la reducida atención y habilidad que se requieren.

Una fosa séptica es un tanque horizontal, de escurrimiento continuo, de un solo piso, a través del cual se dejan fluir las aguas negras lentamente, para permitir que la materia sedimentable se precipite hasta el fondo, donde queda retenida hasta que se establece la descomposición anaeróbica, con el resultado de que una parte de la materia orgánica en suspensión pasa de la forma sólida a la líquida o gaseosa, y se reduce la cantidad de lodo que es necesario eliminar. El objetivo de la fosa séptica es retener el lodo durante un periodo de tiempo tal, que pueda tener lugar la licuefacción parcial del lodo y de este modo, se reduzcan a un mínimo las dificultades de su evacuación. Por esta razón, la capacidad de almacenamiento de lodo en una fosa séptica suele ser mayor que la que se necesita en un tanque de simple sedimentación. Debe hacerse notar que en las fosas sépticas el gasto de escurrimiento del líquido que entra, debe ser igual, en todo tiempo, al gasto de escurrimiento del líquido saliente. El uso de fosas sépticas, está limitado casi exclusivamente a las viviendas e instalaciones de poco tamaño.

La forma más simple de fosa séptica para una vivienda, puede ser un tanque de un sólo compartimiento, de forma cilíndrica o rectangular, semejante al que se muestra en la fig. 2.11. En la tabla 2.1 y en la fig. 2.11, se dan capacidades recomendables para fosas sépticas. Una fosa para una vivienda, no debe tener menos de unos 1750 litros con margen para la acumulación de unos 70 litros de lodo al

año o entre dos limpias, por cada persona que vaya a usar el tanque. En las fosas de dos compartimientos, el primero no debe tener capacidad menor de 1890 litros. Los tanques de dos compartimientos, como el representado en el fig. 2.11-a, en los que la capacidad del primer compartimiento es de la mitad a las dos terceras partes de la capacidad total, permiten mayor espaciamento entre dos limpias consecutivas, que tanques de un solo compartimiento de la misma capacidad total. La adición de nuevos compartimientos no tiene utilidad práctica.

Entre las características convenientes para el proyecto de fosas sépticas para viviendas, se encuentran las siguientes:

- 1.-El material que se emplee debe ser impermeable y resistente a la corrosión. Se han usado el concreto, tubos de barro vidriado de gran diámetro con el eje vertical y metal bien protegido.
- 2.-Debe proporcionarse una ventilación natural adecuada. Ordinariamente bastan las aberturas de entrada y de salida, o puede ser suficiente un tubo de tiro vertical, que conduzca a la superficie del terreno. El extremo superior de este tubo vertical, debe protegerse con una rejilla, para evitar que caigan objetos en el tanque o impedir el acceso de animales pequeños.
- 3.-Se deberá establecer un registro, para facilitar la inspección y la limpia.
- 4.-Los deflectores se deben limitar a uno colgante, frente a la admisión, para evitar altas velocidades en la superficie, y otro colgante, frente a la salida, para impedir que escape la espuma. El deflector de la entrada puede extenderse unos 30 cm. por debajo de la superficie del líquido y el de la salida, unos 45 cm por debajo de la superficie.
- 5.-Puede reducirse el escape de gases y lodo al tubo de salida, por medio de un deflector de gases, bajo el tubo de salida en la forma que puede observarse en la fig. 2.11-a.

El periodo de tiempo entre limpias en una fosa séptica doméstica, depende del número de personas a que dé servicio, de la cantidad y calidad de las aguas negras descargadas en ella, y de otras condiciones, lo que hace que no sea posible establecer un número de días que sea aplicable a todas las fosas sépticas. Este periodo puede ser de un año o más, bajo condiciones normales, y si no se arrojan a la fosa desperdicios de cocina, siempre que se hayan usado las dimensiones recomendadas en la tabla 2.1. Las cantidades de sustancias desinfectantes que normalmente usan en las casas, no tienen efectos perjudiciales sobre el funcionamiento de la fosa séptica. No debe hacerse ningún

intento de desinfectar el tanque durante su funcionamiento normal.

Las fosas sépticas se limpian bombeando o drenando el líquido que sobrenada, y bombeando, achicando con baldes, drenando o sacando de otro modo, el lodo. No es necesario ni conveniente quitar todo el lodo en cada limpia del tanque, pero deben sacarse las arenillas y los materiales digestibles.

Acotaciones para fosas sépticas con capacidad  
para 10 y 100 personas

Personas Servidas		capacidad de tanque m <sup>3</sup>
Servicio		
Doméstico	Escolar	
10	30	1.5
100	300	15.0

Acotaciones

							E
L	A	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	H	Tabique	Piedra
1.9	0.7	1.1	1.2	0.45	1.68	0.14	0.30
4.4	1.8	1.8	2.0	0.75	2.48	0.28	0.30

Tabla 2.1

donde:

- L = largo interior del tanque
- h<sub>1</sub> = altura del tirante menor
- h<sub>2</sub> = altura mayor
- h<sub>3</sub> = nivel del lecho bajo
- A = ancho interior del tanque
- H = profundidad máxima
- E = espesor de muros (tabique o piedra)

d) Lagunas de oxidación: Durante los últimos años se ha desarrollado un sistema de tratamiento de aguas negras que se basa en el uso de estanques especialmente preparados, a los cuales se les llama estanques de estabilización o lagunas de oxidación. Estas lagunas se usaron primero en zonas en las que prevalecen los climas calurosos y los días soleados, pero se ha visto que operan también con resultados satisfactorios en climas más fríos y más nublados. Los tanques de estabilización se pueden usar casi en cualquier parte, variando la velocidad a que pueden operar, con la temperatura, la energía luminosa o las condiciones locales.

El proceso de la descomposición de la materia orgánica que hay en las aguas negras se verifica en dos etapas. La materia carbonosa de las aguas negras es primero desintegrada por los organismos aerobios, con formación de bióxido de carbono, el cual es utilizado por las algas en su fotosíntesis. La fotosíntesis es un proceso natural que se lleva a cabo en los tejidos verdes de los vegetales, bajo la influencia de la luz y la presencia de la clorofila, que es la sustancia a que deben el color verde los vegetales vivos. En este proceso, el oxígeno del bióxido de carbono es liberado y se disuelve en el líquido en el que crecen las algas. Como resultado de esto, la materia orgánica de las aguas negras es convertida en algas y las aguas reciben oxígeno para mantener la ulterior descomposición aerobia. Los sólidos de las aguas negras entran a la laguna en un estado altamente putrescible y salen en forma de células de algas muy estables, las cuales, dentro de ciertos límites, pueden descargarse a las aguas receptoras sin causar efectos deletéreos.

Las lagunas de oxidación pueden usarse como un tratamiento completo cuando reciben aguas negras crudas, o como un tratamiento secundario para aguas negras sedimentadas, o también como tratamiento adicional para efluentes de procesos secundarios. Se han usado más generalmente como tratamiento secundario de efluentes primarios.

La mayoría de las lagunas de oxidación tienen una profundidad de 60 a 120 cm con flujo continuo a través de ellos. Se han diseñado para cargas de una hectárea por cada 1000 habitantes y 470 kilogramos de DBO por hectárea y por día.

El suelo natural en que se localicen, debe ser prácticamente impermeable, de tal manera que las infiltraciones no afecten sensiblemente al nivel superficial de las aguas negras en la laguna de oxidación.

Este sistema retiene las aguas negras en la laguna hasta satisfacer la reducción de la DBO; descargando posteriormente en arroyos locales. Los sólidos van

asentándose en la laguna, siendo esta acumulación muy lenta, por lo que si se diseña correctamente permite un uso eficiente durante muchos años.

El periodo mínimo de retención es de 60 a 90 días, pudiéndose reducir en zonas tropicales de 20 a 25 días, esto con el fin de estimular la reducción de la DBO, de manera que permita descargar el efluente a un río, arroyo o a un sistema de riego.

Estas lagunas deben localizarse como mínimo a 500 metros de las zonas habitacionales y su trazo debe proyectarse de manera que los vientos dominantes no sean sobre la línea de corriente, para evitar el retardar el flujo (ver fig. 2.13).

Hay cuatro formas en las que pueden trabajar:

1.-Lagunas aeróbicas naturales.- En estas lagunas las sustancias degradables suspendidas y disueltas se estabilizan por la presencia de organismos aeróbicos, que se abastecen de oxígeno producido por la fotosíntesis de algas y algunas veces con el soporte de aereación, su profundidad mínima es de 60 cm para control de la vegetación y máxima de 90 cm para permitir que el sol penetre en el agua y las algas desarrollen su proceso natural de fotosíntesis. La carga biológica que acepta es de 60 kg de DBO/ha/día.

2.-Lagunas anaeróbicas naturales.- La materia orgánica que se sedimenta está sujeta a las bacterias que actúan en ausencia del oxígeno y de la luz. Tienen una profundidad mínima de 1.5 m y de carga biológica 450 kg de DBO/ha/día. El efluente no debe vertirse en ninguna corriente de agua natural.

3.-Lagunas facultativas naturales.- En este método se depuran las aguas negras por medio de un proceso biológico mixto, en el fondo la actividad es anaeróbica, pero en la parte superficial se efectúa en forma aeróbica. Las profundidades pueden variar de 1.2 a 1.5 metros con carga de 85 kg de DBO/ha/día.

4.-Lagunas mecánicamente aereadas.- Son lagunas en donde el oxígeno requerido es transferido al agua residual mediante aereadores mecánicos superficiales o difusores; de mayor uso los aereadores mecánicos.

Basicamente existen dos tipo de lagunas aereadas: las aerobias, también llamadas de mezcla completa, las cuales son diseñadas con niveles de potencia en los aereadores suficientes para mantener en suspensión todos los sólidos y

también dar oxígeno disuelto a todo el volumen del agua de la laguna. Y lagunas facultativas, las cuales son diseñadas con niveles de potencia suficientes para cubrir únicamente con los requerimientos de oxígeno en todo el volumen. En este segundo caso los sólidos no son mantenidos en suspensión, sino que se sedimentan al fondo de la laguna descomponiéndose ahí anaeróbicamente.

Generalmente, las lagunas aerobias son diseñadas para operar con bajos tiempos de retención (de tres a diez días), y las lagunas facultativas por el contrario, son generalmente diseñadas para tiempos de retención mayores (de siete a veinte días). Aunque esto depende en mucho del tamaño de la laguna.

e) Filtros Percoladores.- El filtro percolador (fig. 2.15) consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos y a través del cual se filtra el agua residual. Algunos materiales comúnmente usados para medios filtrantes, son: roca volcánica, antracita, escoria o medios sintéticos. El medio filtrante comúnmente usado son piedras volcánicas, cuyo tamaño oscila de 2.5 a 20 cm de diámetro. La profundidad del lecho rocoso varía con cada diseño particular, generalmente de 0.9 a 2.4 m con una profundidad media de 1.8 m. Existen filtros percoladores que utilizan unos medios filtrantes plásticos que se construyen con profundidades de 9 a 12 m. El lecho del filtro es generalmente circular y el agua residual se distribuye por encima del lecho mediante un distribuidor giratorio. Cada filtro posee un sistema de desagüe inferior para recoger el líquido tratado y los sólidos biológicos que se hayan separados del medio. Este sistema de desagüe inferior es importante tanto como instalación de recolección como por su estructura porosa a través de la cual el aire puede circular.

f) Lodos activados: Es un proceso en el cual el agua residual se estabiliza biológicamente en un reactor (tanque donde a base de inyección mecánica o por difusión de oxígeno y con la inclusión de los nutrientes que generalmente trae el agua residual, en caso de haber deficiencia en nutrientes se deberán agregar, mantiene una masa bacteriana llamada lodo, que estabiliza la materia orgánica) bajo condiciones aerobias. Al contenido del reactor se le denomina líquido mezcla o licor mezclado. Una vez que el agua residual ha sido tratada en el reactor, la masa biológica resultante se separa del líquido en un tanque de sedimentación y parte de los sólidos biológicos sedimentados son retornados al reactor; parte de los lodos son eliminados o purgados puesto que de no ser así, la masa microorganismos continuaría aumentando hasta que el

sistema no pudiera dar cabida a más. El nivel al cual se debe mantener la masa biológica depende de la eficiencia deseada del tratamiento y de otras consideraciones referentes a la cinética del tratamiento.

g) Discos Biológicos: Uno de los sistemas más recientes de tratamiento biológico es el contactor biológico rotatorio (CBR) comúnmente conocido como biodiscos o discos biológicos (fig. 2.16). Es un sistema aeróbico de película fija el cual se utiliza para la remoción de materia orgánica soluble y nitrógeno amoniacal o para la desnitrificación de efluentes nitrificados.

El sistema de biodiscos consiste en una serie de discos de material plástico (es el material más utilizado) de alta densidad (politileno o poliestireno) de 3 a 4 metros de diámetro, soportados en una flecha horizontal e instalados en un tanque de concreto (fig. 2.17).

### TRATAMIENTO QUIMICO

a) Coagulación: Es el proceso mediante el cual la colisión entre las partículas de turbidez y los coagulantes químicos resultan en su cohesión y su eventual sedimentación en forma de un aglomerado.

El proceso de coagulación se emplea básicamente para remover, por sedimentación partículas en suspensión coloidal (de diámetro aproximado de 1 micromicrón a 1 micra) dispersas en el agua.

b) Intercambio iónico: Es un proceso de tratamiento químico para eliminar contaminantes solubles, que no es posible eliminarlos por procesos como coagulación y filtración.

Básicamente el mecanismo de intercambio iónico es un proceso mediante el cual los iones que entran en contacto con determinadas sustancias sólidas (cambiadores de iones) son captados por éstas cediendo a la vez otros iones. Este intercambio de iones sólo puede realizarse entre iones que tengan la misma naturaleza eléctrica, es decir iones positivos sólo se intercambian con iones positivos.

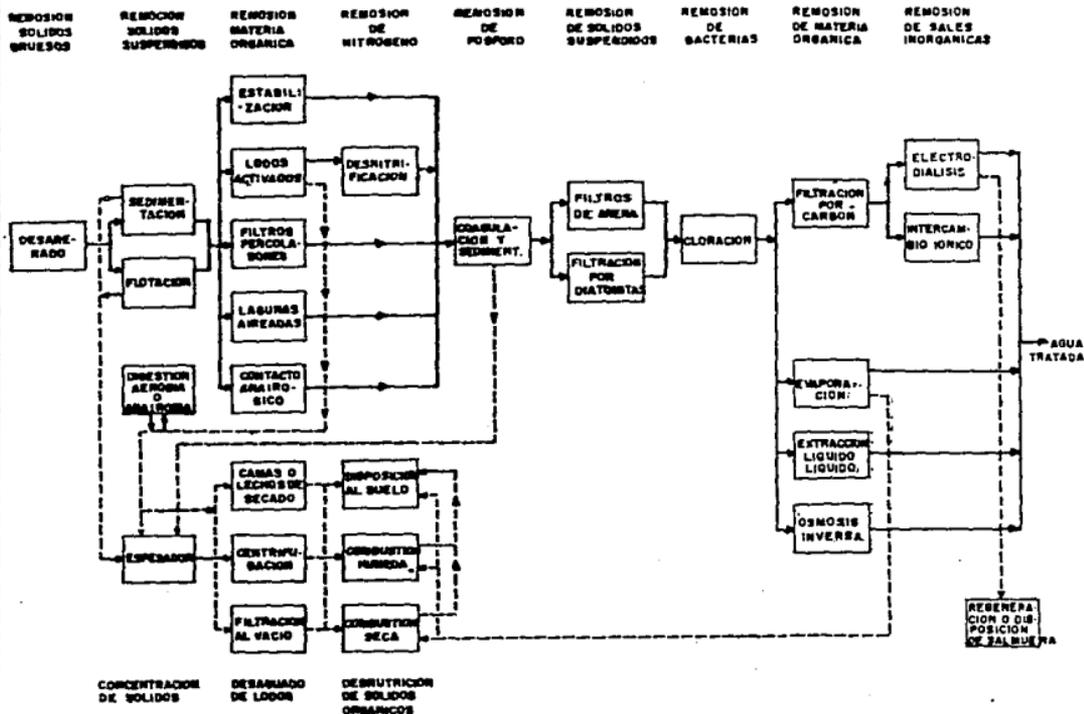
c) Neutralización: es un proceso químico que ajusta el valor del pH en un agua a valores cercanos a 7. Para esto existen varios métodos aceptables para neutralizar la acidez o alcalinidad excesiva de las aguas residuales. Algunos de estos métodos son: mezclado de los desechos de tal forma que el resultado sea un pH quizá neutro, pasando los residuos líquidos ácidos, a través de lechos de calizas.

d) Desinfección: La desinfección de las aguas negras tiene como objetivo principal la destrucción de organismos patógenos u otras formas de vida indeseables para el uso al que se destine el agua. La desinfección no es sinónimo de esterilización, ya que esterilización significa la destrucción de todos los seres vivientes.

Los desinfectantes en el tratamiento de aguas negras se agrupan en: a) agentes químicos (alcoholes, fenol y compuestos fenólicos, cloro y sus compuestos, bromo, etc.) b) agentes físicos (luz, calor, etc.) c) medios mecánicos (rejas gruesas, rejas finas, tanques desarenadores, etc.) d) radiación (radiación electromagnética, acústica y de partículas).

**Desinfección con cloro.**- el cloro es el desinfectante más aceptado para el tratamiento de las aguas negras, principalmente por su acción bactericida y por su relativo bajo costo respecto a otros desinfectantes.

Fig. 2.1 OPCIONES DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, RESPECTO A VARIOS TIPOS DE CONTAMINANTES



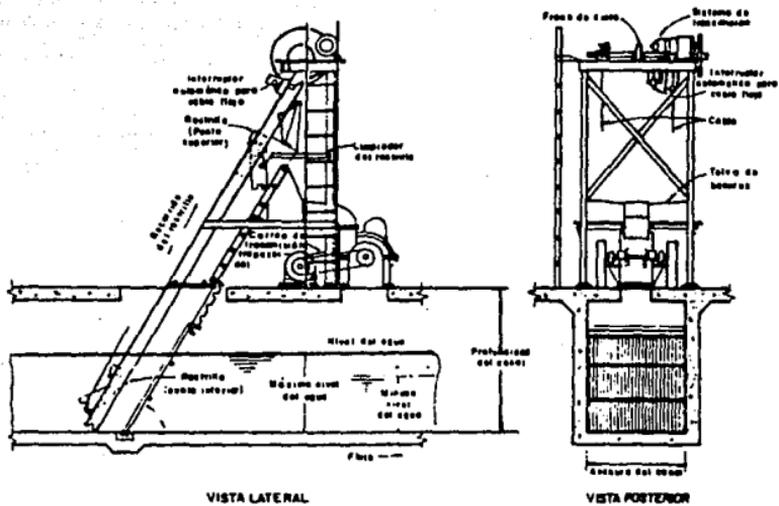
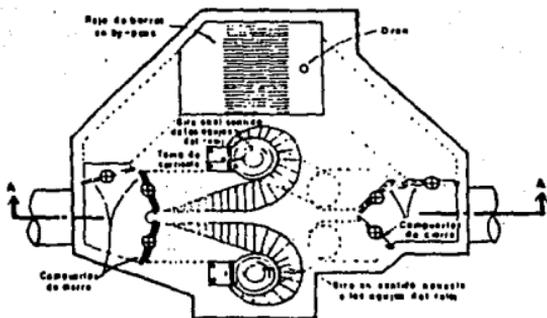
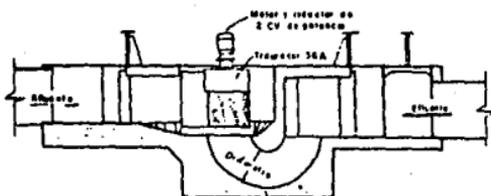


Fig. 2.2 Rejeira Típica

16



PLANTA



Bran proceso de salida para desque  
de usar del interior

SECCION A-A

Fig. 2.3 Planta y sección transversal de un desmenuzador.

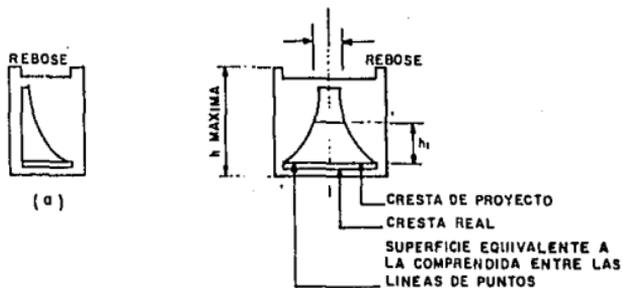


Fig. 2.4 .-SECCION TRANSVERSAL DE UN DESAREADOR DE FLUJO HORIZONTAL

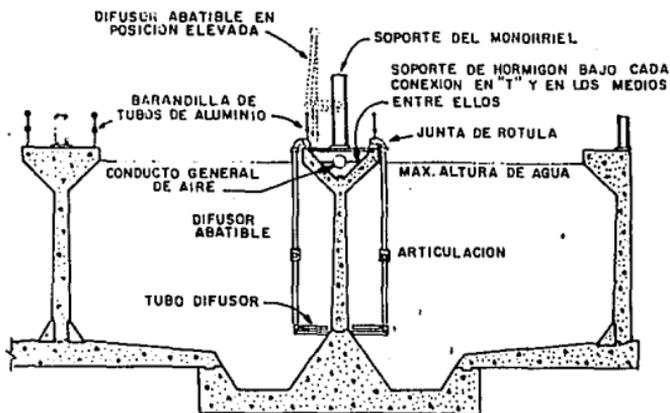


Fig. 2.5 .-SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE UN DESAREADOR AIREADO

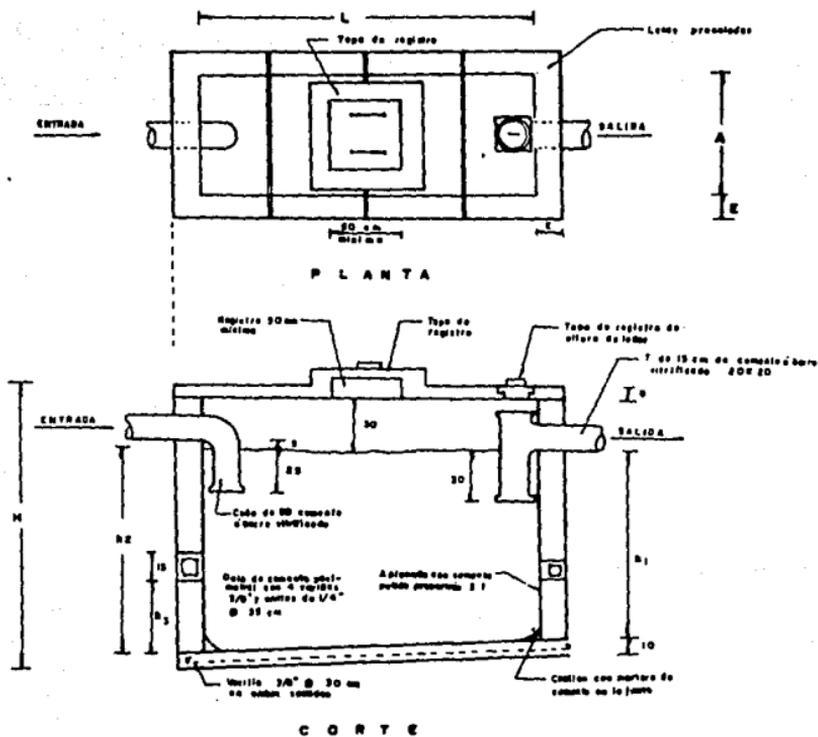


Fig. 2.6 Detalhes de uma fossa séptica convencional

28

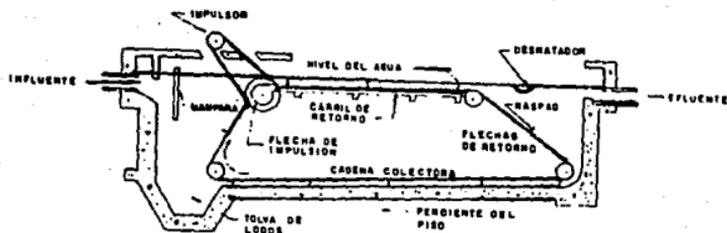


Fig. 2.7 Esquema de un sedimentador primario rectangular con limpieza mecánica.

21

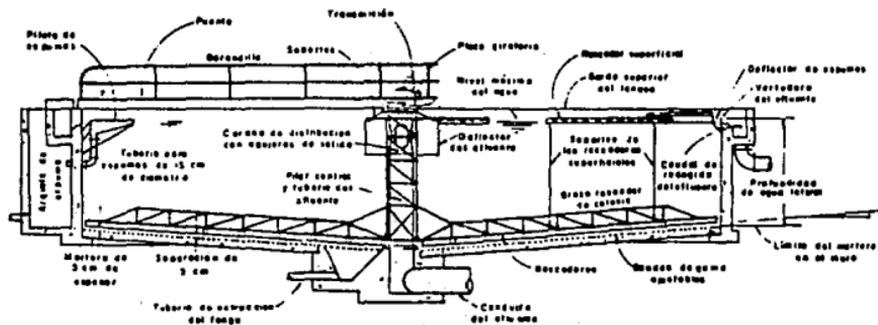


Fig. 2.8 Tanque de Sedimentación Circular.

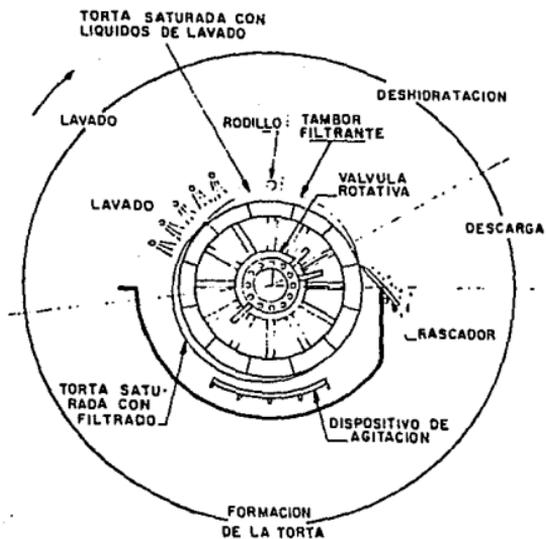
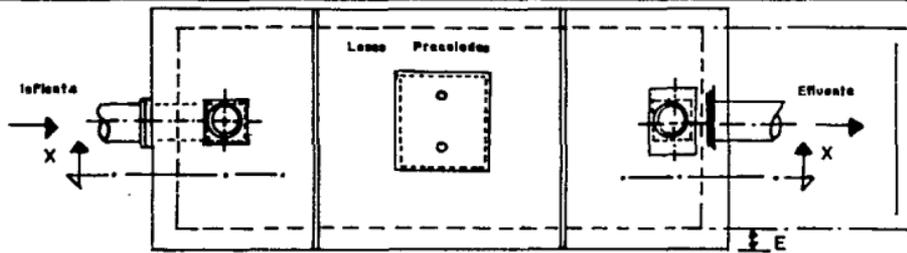


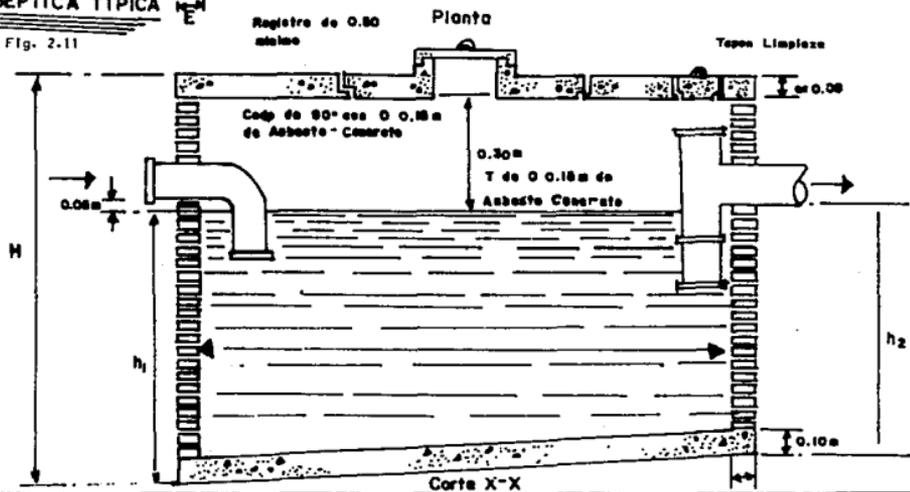
Fig. 2.9 - SECCION TRANSVERSAL ESQUEMATICA DE UN FILTRO DE VACIO DE TAMBOR ROTATIVO





**FOSA SEPTICA TIPICA**

Fig. 2.11



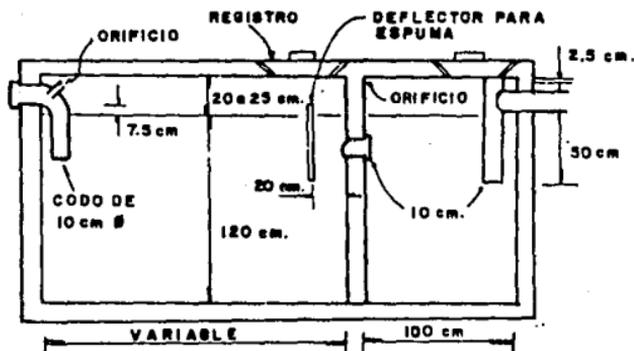


Fig. 2.11-a Fosa séptica convencional de doble cámara.

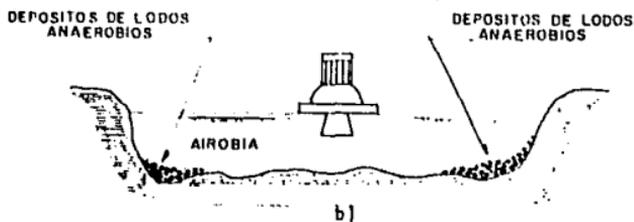
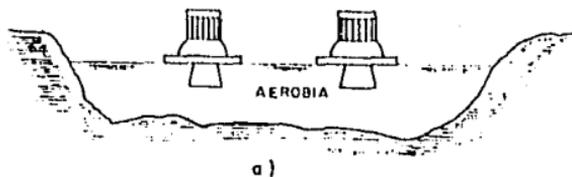


Fig 2 12 .- ESQUEMA DE : a) LAGUNA AIREADA - AEROBIA  
b) LAGUNA AIREADA AEROBIA - ANAEROBIA

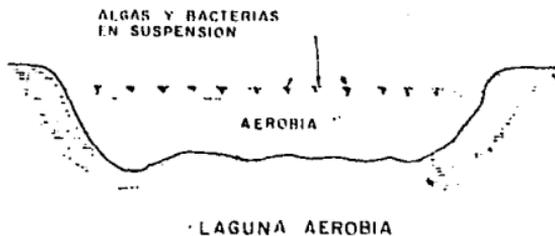
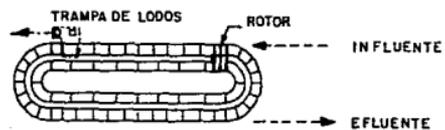


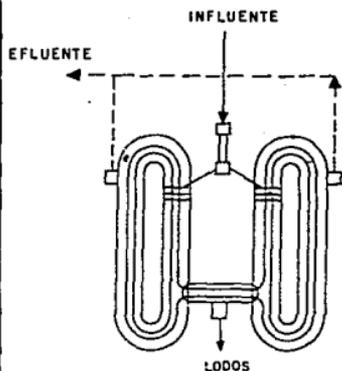
Fig 2 13

AE

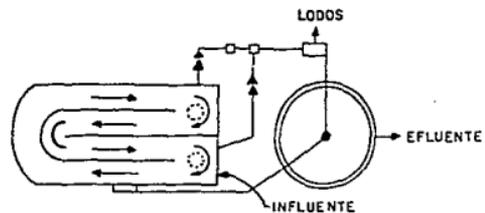
Fig. 2. 14 - ZANJAS DE OXIDACION



TIPO CANAL SIMPLE



TIPO CANAL DOBLE



TIPO CARROUSEL

57

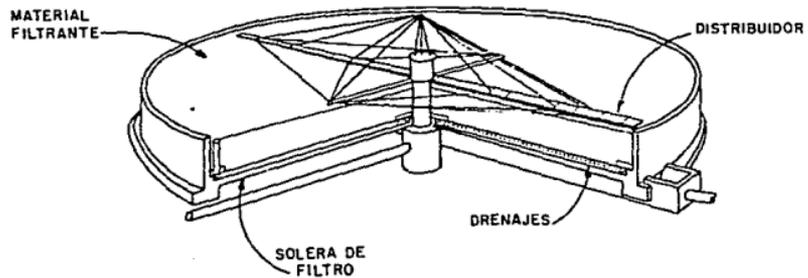
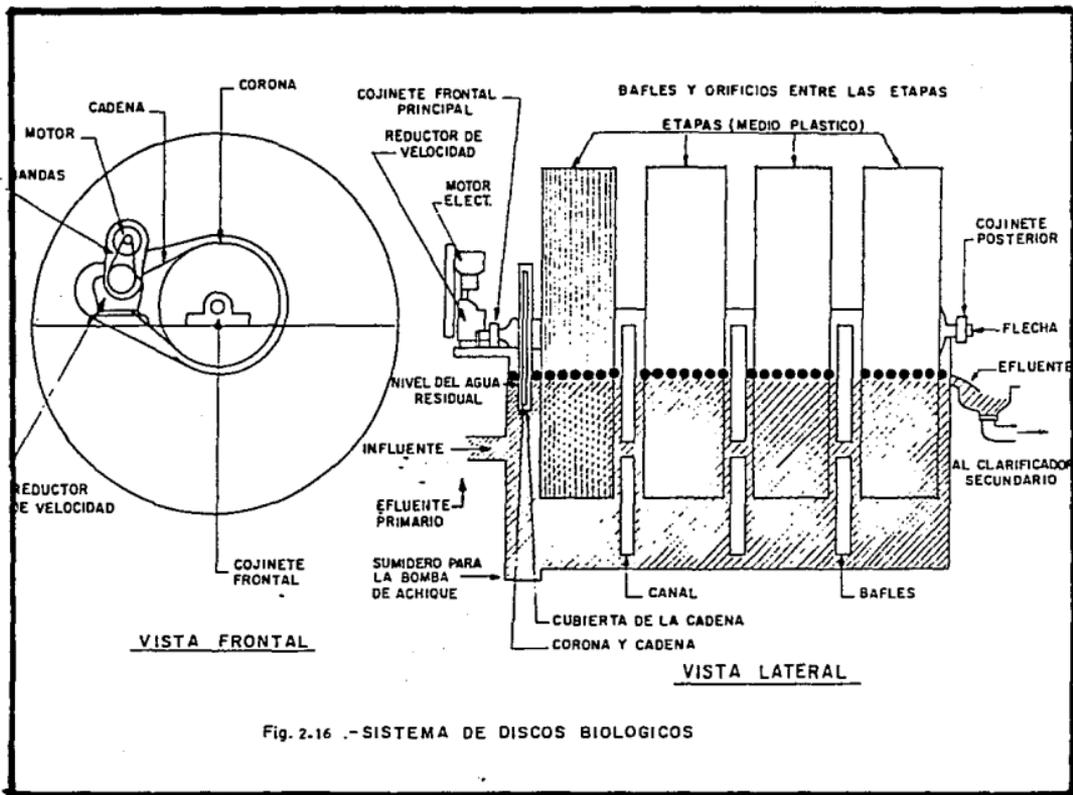
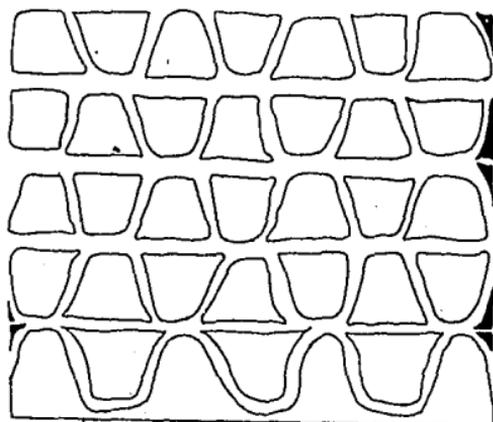


Fig. 2.15 -SECCION DE UN FILTRO PERCOLADOR ( DE DOOR-OLIVER )





SECCION TRANSVERSAL  
DEL MEDIO

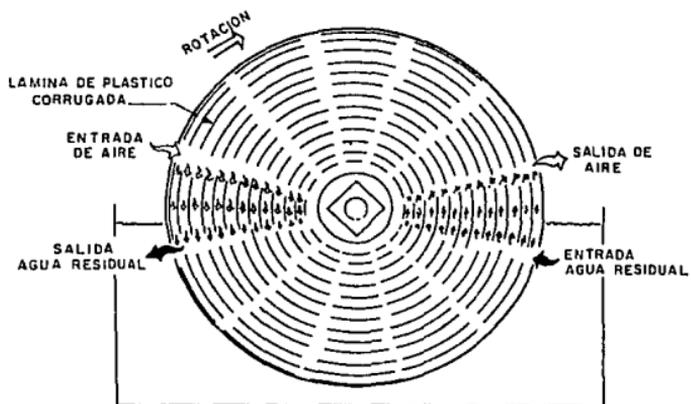


Fig. 2.17 - SECCION TRANSVERSAL DEL MEDIO PLASTICO  
EN UN BIODISCO

### **C A P I T U L O   I I I**

#### **IMPORTANCIA SANITARIA DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO**

## C A P I T U L O   I I I

### IMPORTANCIA SANITARIA DE LOS ANALISIS DE LABORATORIO

Para poder clasificar el estado en que se encuentran y el uso de las aguas contaminadas, antes y después de su tratamiento, se utilizan ciertos parámetros cuyos resultados los podemos conocer mediante análisis de laboratorio, estos parámetros son los siguientes:

a) Temperatura: Es importante determinar la temperatura, porque nos revela el tipo de reacciones bioquímicas que se realizan en el agua residual que se estudia así como los posibles tipos de microorganismos presentes, (criofílicos, mesofílicos y termofílicos).

b) Potencial de Hidrógeno pH: El pH, es muy importante en casi todas las prácticas de ingeniería sanitaria. En los abastecimientos de agua, es un factor que debe ser considerado en coagulación, desinfección, ablandamiento y control de la corrosión. En las corrientes contaminadas, el pH nos dará idea del proceso biológico, mediante el cual, se efectúa la degradación de la materia orgánica, si es que ésta se está llevando a cabo o no, pues a un pH muy desfavorable, la actividad biológica podrá inhibirse, quedando así retardada la recuperación del sistema lagunar o del río.

c) Oxígeno disuelto: En los desechos líquidos, el oxígeno disuelto, es el factor que determina el tipo de transformaciones biológicas, que tienen lugar en su seno, efectuadas por microorganismos aerobios o anaerobios, según haya presencia de oxígeno disuelto o no. Los microorganismos aerobios, usan el oxígeno disuelto, para la oxidación de la materia orgánica e inorgánica, produciendo sustancias finales inofensivas, tales como bióxido de carbono y agua; en cambio, los microorganismos anaerobios efectúan la oxidación, utilizando el oxígeno de ciertas sales inorgánicas, tales como los sulfatos y los productos de la reacción son sumamente ofensivos. Puesto que los dos tipos de microorganismos son mutuamente exclusivos en la naturaleza, es sumamente importante, mantener las condiciones favorables en el desarrollo de los microorganismos aerobios y desfavorables a los anaerobios.

Por eso la meta de cualquier programa contra la contaminación de el agua, es mantener un mínimo de oxígeno disuelto que permita la vida de microorganismos aerobios, así como la vida acuática. El oxígeno al igual que todos los gases, es soluble en el agua y esto hace posible la vida en ella. La solubilidad de este gas depende de la

presión parcial en el aire y de la temperatura del agua.

d) Demanda bioquímica de oxígeno: La cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aerobia biológica, de los sólidos orgánicos de las aguas negras o desechos, es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Como esta descomposición requiere un período grande de tiempo y depende de la temperatura, los valores de la DBO de las pruebas de laboratorio deben especificar el tiempo y la temperatura usados en la prueba. Los que más generalmente se emplean son 5 días y 20 grados centígrados, a no ser que se especifiquen otros tiempos y temperaturas.

e) Nitrógeno: Se sabe que las aguas contaminadas, se purifican por sí mismas si se les deja el tiempo suficiente. El peligro de contraer enfermedades decrece con el tiempo, a partir del momento de la contaminación.

Antes de que el desarrollo de las pruebas bacteriológicas tuviera lugar (1893), el nitrógeno era considerado como un parámetro principal, para indicar la calidad sanitaria del agua. Dicho parámetro decidía si un agua estaba recientemente contaminada o no. En aguas recientemente contaminadas, el nitrógeno se encuentra casi en su totalidad, en forma orgánica (proteínas).

A medida que el tiempo pasa, el nitrógeno orgánico, se convierte gradualmente en nitrógeno amoniacal, y después teniendo condiciones aerobias, éste se oxida a nitrito y a nitratos.

**C A P I T U L O   I V**  
**LEGISLACION Y REGLAMENTACION VIGENTE**

## C A P I T U L O   I V

### REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL

Para poder elaborar la propuesta de las diferentes obras de ingeniería necesarias para evitar que se sigan contaminando tanto el río La Sabana como los sistemas lagunares correspondientes, es necesario que consideremos y apliquemos un criterio ecológico, el cual lo obtendremos por medio del conocimiento del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental.

Cabe mencionar que debido a las limitaciones de esta tesis nos enfocaremos expresamente a conocer lo que contiene dicho reglamento para poder obtener el criterio antes mencionado pero sin poder realizar formalmente la manifestación de impacto ambiental correspondiente a las obras propuestas.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental:

#### Capítulo I

Artículo 1o.- El presente ordenamiento es de observancia en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, y tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo que se refiere a la materia de Impacto Ambiental.

Artículo 5o.- Deberán contar con previa autorización de la Secretaría, en materia de Impacto Ambiental, las personas físicas o morales que pretendan realizar obras o actividades, públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos y normas técnicas ecológicas emitidas por la federación para proteger el ambiente, así como cumplir los requisitos que se les impongan, tratándose de las materias atribuidas a la federación por los artículos 5o. y 29o. de la Ley, particularmente las siguientes:

1.-Obra pública federal, como la definen la Ley de Obras Públicas y el reglamento de la Ley de Obras Públicas, que se realice por administración directa o por contrato, con las siguientes excepciones:

- a) Construcción, instalación y demolición de bienes inmuebles en áreas urbanas;
- b) Conservación, reparación y mantenimiento de bienes inmuebles, y
- c) Modificación de bienes inmuebles, cuando ésta pretenda llevarse a cabo en la superficie del terreno ocupada por la instalación o construcción de que se trate.

Las excepciones previstas en los incisos anteriores sólo tendrán efecto cuando para la realización de tales actividades, se cuente con el permiso, licencia o autorización necesaria que provenga de autoridad competente;

#### II.- Obras hidráulicas, con las siguientes excepciones:

- a) Presas para riego y control de avenidas con capacidad menor de quinientos mil metros cúbicos;
- b) Unidades hidroagrícolas menores de cien hectáreas;
- c) Pozos (aislados)
- d) Bordos;
- e) Captación a partir de cuerpos de agua naturales, con la que se pretenda extraer hasta el diez por ciento del volumen anual;
- f) Las que pretendan ocupar una superficie menor a cien hectáreas;
- g) Las de rehabilitación, y
- h) Cuando se trate de obras previstas en el artículo 56 fracción I de la Ley de Obras Públicas.

#### III.- Vías generales de comunicación, únicamente en los siguientes casos:

- a) Puentes, escolleras, puertos, viaductos marítimos y rellenos para ganar terrenos al mar, actividades de dragado y bocas de intercomunicación lagunar marítimas;
- b) Trazo y tendido de líneas ferroviarias, incluyendo puentes ferroviarios para atravesar cuerpos de agua;
- c) Carreteras y puentes federales, y
- d) Aeropuertos

#### IV.- Oleoductos, gasoductos y carbo ductos;

V.- Industrias químicas, petroquímica, siderúrgica, papelera, azucarera, de bebidas, del cemento, automotriz y de generación y transmisión de electricidad;

VI.- Exploración, extracción, tratamiento y refinación de sustancias minerales y no minerales reservadas a la Federación, con excepción de las actividades de prospección gravimétrica, geológica superficial, geoléctrica,

magnetotelégrafica de susceptibilidad magnética y densidad;

VII.- Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos;

VIII.- Desarrollo turístico federal;

IX.- Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos radiactivos, con la participación que corresponda a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal;

X.- Aprovechamientos forestales de bosques y selvas tropicales y especies de difícil regeneración, de conformidad con lo previsto en los artículos 28, 29 fracción VII, y 30 de la Ley;

XI.- Obras o actividades que por su naturaleza y complejidad requieran de la participación de la Federación, a petición de las autoridades estatales o municipales correspondientes;

XII.- Actividades consideradas altamente riesgosas, en los términos del artículo 46 de la Ley, y

XIII.- Cuando la obra o actividad que pretenda realizarse pueda afectar el equilibrio ecológico de dos o más entidades federativas o de otros países o zonas de jurisdicción internacional.

Las excepciones enunciadas en este artículo no tendrán efecto, si la obra o actividad se pretende desarrollar en áreas naturales protegidas de interés de la federación, de las que se relacionan en el artículo 46 de la Ley o en zonas respecto de las cuales se hubieren expedido las declaratorias a que se refiere el artículo 105 de la Ley.

En las materias de competencia local que prevén los artículos 60, 90 y 31 de la Ley, las autorizaciones en materia de impacto ambiental serán expedidas por las autoridades competentes de los Estados, los Municipios o del Distrito Federal, en los términos de la Ley, las leyes locales y los demás ordenamientos aplicables.

### 1.- Procedimiento de Impacto Ambiental

Para obtener la autorización referida el interesado deberá presentar a la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental antes de iniciar el desarrollo de la obra o actividad. Con este fin la Secretaría ha desarrollado tres versiones de estas manifestaciones: General, Intermedia y Específica, así como un informe Preventivo y un Aviso de Acción Preliminar para aprovechamientos forestales.

Al interesado le corresponde realizar los estudios y reunir la información que será evaluada. En todos, los casos el solicitante se debe responsabilizar de la autenticidad y veracidad de la información que presenta.

A continuación se entrega un programa del procedimiento que compete a cada uno de los niveles ya mencionados.

### 2.- Informe Preventivo

El Informe Preventivo se formuló con el fin de exentar del Procedimiento de Impacto Ambiental a aquellos proyectos de obras o actividad sujetos de autorización por el artículo 5o. del Reglamento que no ocasionaran desequilibrio ecológico ni rebasaran los límites y condiciones señalados tanto en los Reglamentos, como en las Normas Técnicas Ecológicas emitidas por la Federación para proteger al ambiente.

Del análisis que proceda a la entrega de este documento, la Secretaría comunicará al interesado:

- Requerir de mayor información para evaluar el proyecto.
- La necesidad de presentar una Manifestación de Impacto Ambiental en cualquiera de sus modalidades.
- La procedencia de ejecutar el proyecto y las Normas Técnicas Ecológicas existentes que resulten aplicables al mismo.

### 3.- Manifestación de Impacto Ambiental

La Manifestación de Impacto Ambiental, se podrá presentar en tres modalidades: General, Intermedia y Específica, y la diferencia sustancial entre cada una es el grado de precisión con que permite evaluar los Proyectos. En cualquier caso, los proyectos de obra o actividad sujetos a autorización deberán presentar una modalidad General, y en su caso, la asignación de otra modalidad dependerá de la Secretaría y la decisión está en función del nivel de complejidad del proyecto que se plante, sus características, las condiciones del sitio en que pretende desarrollarse y la magnitud del Impacto que pudiera ocasionar al ambiente.

### 3.1 Evaluación y Resolución

Una vez entregada la Manifestación de Impacto Ambiental con tres copias, la Secretaría procederá a su evaluación, en este proceso puede requerir, cuando el caso lo amerite, de la participación de otras dependencias o entidades de la Administración Pública Federal en la formulación de un dictamen técnico al respecto.

Si durante la evaluación del documento se encuentra que la información no se presente al nivel requerido, la Secretaría puede solicitar información adicional necesaria para resolver el proyecto. De la misma forma podrá pedir, cuando sea necesario, los elementos técnicos que sirvieran de base para determinar los Impactos Ambientales y las Medidas de Prevención y Mitigación previstas por los solicitantes.

El tiempo de evaluación de las Manifestaciones de Impacto Ambiental difiere dependiendo de la Modalidad de que se trate; la Modalidad General será evaluada dentro de los 30 días hábiles siguientes a su presentación o 45 días hábiles cuando se requiera de un dictamen técnico; la Modalidad Intermedia considera un tiempo de 60 días hábiles posteriores a su entrega y la Modalidad Específica 90 días hábiles.

En la evaluación de las Manifestaciones de Impacto Ambiental se considerarán, entre otros, los siguientes elementos;

- I.-El ordenamiento ecológico.
- II.-Las declaratorias de áreas naturales protegidas.
- III.-Los criterios ecológicos para la protección de la flora y la fauna silvestre y acuática; para el aprovechamiento racional de los elementos naturales, y para la protección al ambiente.
- IV.-La regulación ecológica de los asentamientos humanos.
- V.-Los reglamentos y normas técnico ecológicas vigentes en las distintas materias que regula la Ley, y demás ordenamientos legales en la materia.

Una vez que ha sido evaluada la Manifestación de Impacto Ambiental, y en su caso la información complementaria, La Secretaría formulará y comunicará a los interesados la resolución correspondiente, en donde dependiendo de los resultados podrá:

- a) Requerir la presentación de una Modalidad superior, cuando no haya sido posible dictaminar el proyecto en el nivel de evaluación solicitado (intermedia o Específica en caso de haber presentado una Modalidad General, y específica en caso de Modalidad Intermedia.
- b) Autorizar la realización de la obra o actividad en los términos y condiciones señaladas en la manifestación correspondiente.
- c) Autorizar la realización de la obra o actividad proyectada, de manera condicionada a la modificación o relocalización proyecto.

En los casos de los puntos 2 y 3, la Secretaría precisará la vigencia de las autorizaciones correspondientes, y podrá verificar que la obra o actividad se esté realizando o se haya realizado de conformidad con lo que disponga la autorización respectiva.

#### 4.- Impactos Ambientales No Considerados

En el caso de que ya se cuente con la autorización y se presenten impactos ambientales que por alguna razón no fueron evaluados, la Secretaría podrá reevaluar la Manifestación de Impacto Ambiental y/o requerir de nueva información. En el transcurso de esta evaluación, la Secretaría podrá suspender temporal, parcial o totalmente la obra o actividad.

La Secretaría podrá revalidar la autorización, modificarla, suspenderla o revocarla en los casos en que se arriesgue el equilibrio ecológico o se afecte al ambiente en forma no prevista.

#### 5.- Cancelación de Proyecto

Para los casos en que los interesados desistan de la realización de una obra o una actividad que requiera la autorización o en materia de impacto ambiental, deberán comunicarlo en forma escrita a la Secretaría ya sea durante el procedimiento de evaluación o, en caso de que ya cuenten con la autorización, en el momento de suspender la obra o actividad. En este último caso los interesados deberán apegarse a las disposiciones para restituir o mejorar la calidad del lugar que determine la Secretaría.

#### 6.- Modificación del Proyecto

En el caso de que se pretenda cambiar o modificar el

proyecto; se notificará por escrito a la Secretaría la cual determinará si es necesaria la elaboración de una nueva Manifestación de Impacto Ambiental o si corresponde a una nueva modalidad. Estas resoluciones serán notificadas; a partir de 15 días en el caso que la manifestación anterior sea la general; 30 días en el caso que sea intermedia y 45 en el caso que sea específica.

#### 7.- En materia nuclear

La Secretaría evaluará las Manifestaciones de Impacto Ambiental de las obras o actividades relacionadas con la energía nuclear, que puedan causar desequilibrios ecológicos, o revasen los límites y condiciones señaladas por la Federación para proteger el ambiente, excepto en los casos en que sean usos no energéticos; con propósitos industriales, médicos, agrícolas o de investigación.

#### 8.- Consulta Pública a los Expedientes

Como una innovación del Procedimiento de Impacto Ambiental, la Legislación vigente establece la participación de la opinión pública en la evaluación de los proyectos. De esta forma, una vez presentada una Manifestación de Impacto Ambiental de competencia Federal y satisfechos los requerimientos de información adicional, se publicará en la Gaceta Ecológica un aviso en relación con la presentación de la manifestación de que se trate. Los derechos que procedan para la publicación de este aviso, serán cubiertos por quien haya solicitado la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente.

Con un enunciado "Para consulta del público", se dispondrá de uno de los expedientes durante y después del tiempo asignado a la Evaluación de las Manifestaciones. Por expediente se entiende la documentación consistente en la Manifestación de Impacto Ambiental, la información adicional que en su caso se hubiere presentado y la resolución de la Secretaría en la que comunica la evaluación respectiva.

La copia para consulta al público contendrá únicamente la información que podrá ser consultada en los términos del Artículo 33 de la Ley, manteniendo en reserva la información que el proponente considere que, de hacerse pública, pudiera afectar derechos de propiedad industrial o intereses lícitos mercantiles. Al respecto la Secretaría podrá requerir al interesado justificar la existencia de los derechos de propiedad industrial o intereses lícitos mercantiles invocados.

## 9.- Denuncias

Cualquier persona que considere que en la realización de obras o actividades que se estén llevando a cabo se exceden los límites y condiciones establecidas en los Reglamentos y Normas Técnicas Ecológicas, podrá solicitar a la Secretaría le proporcione una Manifestación de Impacto Ambiental a la obra o actividad denunciada.

En la solicitud se incluirán los datos de identificación del solicitante, la información que permita localizar el sitio donde se esté implementando la obra o actividad y se identificará a quien la lleve a cabo.

La Secretaría por su parte verificará si la denuncia recibida resulta procedente, en cuyo caso identificará al denunciante y lo hará del conocimiento de la persona o personas a quienes se imputen los hechos denunciados. Asimismo, les comunicará si se requiere o no, presentar una Manifestación de Impacto Ambiental.

## 10.- Del Registro de Prestadores de Servicios de Impacto Ambiental

El reglamento de Impacto Ambiental establece que el proponente podrá resolver por su cuenta, si así lo desea, la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad General. Para los casos en que les haya sido solicitada la manifestación Intermedia o Específica, el mismo reglamento establece, como requisito, que alguna consultoría o persona física registrada ante SEDUE elabore la misma.

Actualmente el registro Nacional cuenta con treinta empresas y profesionistas registrados, número que se espera se incremente en el futuro.

## 11.- Impacto Ambiental en Areas Protegidas

En relación con Proyectos de obras o actividades que se pretendan desarrollar en un lugar que corresponda a un área protegida de interés de la Federación (comprendidas en la fracciones I a VI del artículo 46 de la Ley), el procedimiento de Impacto se deberá realizar, en términos generales en forma similar al resto de los proyectos. Además de esas disposiciones se deberán tomar en cuenta elementos particulares para las áreas protegidas, establecidas por las disposiciones que regule el Sistema Nacional de Areas Protegidas (SINAP). Por otra parte se deberán consultar las normas generales de manejo para áreas naturales protegidas y el Programa de Manejo para el área protegida de interés. Finalmente se deberá hacer una

revisión de las normas técnicas y ecológicas específicas para el área correspondiente. Esta revisión le dará al proponente y al evaluador una visión más completa de las limitantes propias de un área bajo protección, en el momento de plantear los objetivos de su Proyecto.

Además de las obras o actividades señaladas para Proyectos a realizarse fuera de áreas naturales de interés de la Federación, el Reglamento establece que deben contar con autorización previa de la Secretaría en lo que a Impacto Ambiental se refiere, las siguientes actividades:

- Actividades de exploración, explotación o aprovechamiento de recursos naturales.

-Replanteo, traslocación, recuperación, trasplante o siembra de especies de flora o fauna, silvestre o acuáticas.

La forma en que se deberá proceder para estos casos específica en el artículo dieciocho del Reglamento: la empresa u organismo proponente deberá cumplir con los estudios que se requieran, dependiendo de la modalidad de Manifestación de Impacto Ambiental que le corresponda y de los estudios especiales que la Secretaría estimará que se necesiten para el caso.

La resolución será dada a conocer dentro de los sesenta días hábiles, posteriores a la presentación de la documentación completa por parte de la empresa u organismo solicitante.

## 12.- Aviso de Acción Preliminar para Aprovechamientos Forestales

Las personas interesadas en la obtención de permisos y autorizaciones sobre aprovechamientos forestales, deberán contar con la resolución positiva en materia de impacto ambiental, para lo cual deberá presentar el Aviso de Acción Preliminar en materia forestal.

Cuando el proyecto tenga relación con aprovechamientos forestales de bosques, selvas tropicales y/o especies de difícil regeneración, el Aviso de Acción Preliminar deberá ser acompañado por una Manifestación de Impacto Ambiental en su Modalidad General. En cualquier caso la Secretaría se reserva el derecho de pedir la información que se considere necesaria para la evaluación, o de requerir la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Intermedia o Específica, y cuyo tiempo de evaluación corresponderá al procedimiento señalado para cada manifestación.

Cuando la Secretaría no notifique restricciones ecológicas o no requiera mayor información dentro de los 30 días hábiles siguientes, se entenderá que el proyecto es procedente y se podrán tramitar los permisos correspondientes ante las autoridades forestales, siempre y cuando se cumplan la medidas de preservación y mitigación de los impactos ambientales que se incluyan en el Aviso de Acción Preeliminar.

Para emitir el dictamen la Secretaría tomará en cuenta la opinión técnica de la S.A.R.H., a la que se le comunicarán las restricciones de protección ecológica, medidas de preservación, mejoramiento, restauración y control que proceden para la Región, Ecosistemas, o Especie de que se trate, con el fin de que esta tome las consideraciones de su competencia en lo referente a los permisos, autorizaciones y vigilancia.

## REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Para poder analizar la calidad del agua del río La Sabana, de la Laguna Negra y de la Laguna de Tres Palos y poder comparar los resultados de los monitoreos realizados en estos sistemas lagunares con los máximos tolerables que indica el reglamento, debemos de conocer lo que éste estipula y conocer así mismo los parámetros que utiliza para la clasificación del uso de las aguas.

### Capítulo Segundo

De la prevención y control de la contaminación de Aguas.

Artículo 6o.- La prevención y control de la contaminación de las aguas, para preservar y restaurar la calidad de los cuerpos receptores, deberá realizarse, en los términos de este reglamento mediante los siguientes procedimientos:

I.- Tratamiento de las aguas residuales para el control de sólidos sedimentables, grasas y aceites, materia flotante, temperatura y potencial hidrógeno (pH), y

II.- Determinación y cumplimiento de las condiciones particulares de las descargas de aguas residuales, mediante el tratamiento de éstas, en su caso, de acuerdo con el resultado de los estudios que la autoridad competente realice de los cuerpos receptores, su capacidad de asimilación, sus características de dilución y otros factores.

Artículo 13.- Los responsables de las descargas de aguas residuales que no sean arrojadas en el alcantarillado de las poblaciones, deberán dentro de un plazo de tres años contados a partir de la fecha del registro de la descarga, ajustarla a la siguiente:

Tabla de Máximos Tolerables

I.-Sólidos sedimentables	1.0 ml/l
II.-Grasas y aceites	70.0 ml/l
III.-Materia Flotante	Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3mm de claro libre cuadrado.
IV.-Temperatura	35 °C
V.-Potencial Hidrógeno P.H.	4.5-10.0

Tabla 4.1

Los métodos de muestreo y análisis de laboratorio para comprobar que los responsables de las descargas se ajustan a la tabla anterior, según fijados por la Secretaría de Industria y Comercio, mediante instructivo que se publicará en el "Diario Oficial" de la Federación.

Artículo 23.- Las Secretarías de Recursos Hidráulicos y de Salubridad y Asistencia realizarán los estudios de los cuerpos receptores a que se refiere este reglamento, a fin de clasificar las aguas en función de sus usos, conocer su capacidad de asimilación y de dilución, así como para señalar las condiciones particulares de las descargas de aguas residuales.

Artículo 24.- Con base en el dictamen que emita la Secretaría de Salubridad y Asistencia y en los estudios a que se refiere el artículo anterior, de una cuenca o región, la Secretaría de Recursos Hidráulicos fijará las condiciones particulares de las descargas de aguas residuales, de acuerdo con la clasificación del agua del cuerpo receptor, su volumen o gasto y las tolerancias fijadas en las siguientes tablas:

CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD

Clase	Usos	(1) pH	(2) Temperatura (°C)	(3) O.D. (mg/l)  Límite Máximo	(4) Bacterias Coliformes NMP (Organismos/ 100 ml)  Límite Máximo	(5) Aceites y Grasas (mg/l)	(6) Sólidos Disueltos (mg/l)	(7) Turiedad (U.T.J)  Límite Máximo	(8) Color (Escala Platino Cobalto)	(9) Olor y Sabor	(10) Nutrientes Nitrógeno y fósforo	(11) Materia Floculante	(12) Substancias Tóxicas	
	Abastecimiento para sistemas de agua potable e industria alimenticia con desinfección única. Recreación (contacto primario) y libre para los usos D1, DII y DIII	6.5 a 8.5	C.N. máx 2.5 (a)	4.0	200 fecales (b)	0.76	No mayor de 1000	1.0	20	Ausentes	(c)	Ausente	(d)	
D1	Abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación, sedimentación, filtración y desinfección) e industrial.	6.8 a 9.0	C.N. máx 2.5 (a)	4.0	1000 fecales (e)	1.0	No mayor de 1000	C.N.	(f)	(g)	(c)	Ausente	(d)	
DII	Agua adecuada para uso residencial, conservación de flora, fauna y usos industriales.	6.8 a 9.0	C.N. máx 2.5	4.0	10,000 coliformes totales como promedio mensual, no mayor de 20,000 (h)	Ausencia de patógenos visibles.	No mayor de 2000	C.N.	C.N.	C.N.	(c)	Ausente	(d)	
DIII	Agua para uso agrícola o industrial.	6.0 a 9.0	C.N. máx 3.5 (a)	3.2	1000 (j) y libre para los demás cultivos.	Ausencia de patógenos visibles.	(i)		C.N.		C.N. máx 10	(c)	Ausente	(d)
DIV	Agua para uso industrial (excepto procesamiento de alimentos).	5.0 a 9.0		3.2										

Tabla 4.2

45

Anexo de la tabla No. 4.2.

- (a) Máximo 30 excepto cuando sea causada por condiciones naturales. Medida en la superficie fuera de la zona de mezclado, la cual se determinará de acuerdo con las características de la descarga.
- (b) Este límite, en no más del 10 % del total de las muestras mensuales (5 mínimo), podrá ser mayor a 2000 coliformes fecales.
- (c) No deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización.
- (d) El criterio con respecto a sustancias tóxicas es el siguiente:  
Ninguna sustancia tóxica sola o en combinación con otras estará presente en concentraciones tales que conviertan el agua del cuerpo receptor en inadecuado para el uso específico a que se definen.

La tabla No. 4.2.1 resume algunas de las sustancias tóxicas que de acuerdo con la información disponible se encuentran bajo reglamentación y estudio en varias partes del mundo.

Los valores de las sustancias de esta tabla no son limitativos y están sujetos a modificación de acuerdo con el futuro avance tecnológico.

- (e) Este límite, en no más del 10% del total de las muestras mensuales (5 como mínimo), podrá ser mayor a 2,000 coliformes fecales.
- (f) No será permitido color artificial que no sea coagulable por tratamiento convencional.
- (g) Removible por tratamiento convencional.
- (h) 2,000 coliformes fecales como promedio mensual, ningún valor mayor de 4,000.
- (i) Conductividad no mayor de 2,000 umhos/cm. Si el valor de RAS es mayor de 6, la Secretaría de Recursos Hidráulicos fijará el valor mayor definitivo.

Tabla 4.2.1

## VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUSTANCIAS TOXICAS EN LOS CUERPOS RECEPTORES

Límite máximo en miligramos por litro

Clasificación (Tabla 2)	DA	DI	DII	DIII
Arsénico	0.05	0.05	1.00	5.00
Bario	1.00	1.00	5.00	-
Boro	1.00	1.00	-	2.0
Cadmio	0.01	0.01	0.01	0.005
Cobre	1.00	1.00	0.1	1.0
Cromo hexavalente	0.05	0.05	0.1	5.00
Mercurio	0.005	0.005	0.01	-
Picno	0.05	0.05	0.10	5.00
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.05
Cianuro	0.20	0.20	0.02	-
Fenoles	0.001	0.001	1.00	-
Substancias activas al azul de metileno (Detergentes) Extractables con Cloroformo	0.50	0.50	3.0	-
	0.15	0.15	-	-
Plaguicidas Aldrin	0.017	0.017		
Clordano	0.003	0.003		
D.D.T.	0.042	0.042		
Dieldrin	0.017	0.017		
Endrin	0.001	0.001		
Heptacloro	0.018	0.018		
Epoxico de heptacloro	0.018	0.018		
Lindano	0.056	0.056		
Metoxicloro	0.035	0.035		
Fosfatos orgánicos con carbamatos	0.100	0.100		
Toxafeno	0.005	0.005		
Clasificación (tabla 2)				
Herbicidas totales	0.100	0.100		
Redioactividad			Picocuries por litro	
Beta	1,000	1,000	1,000	
Radio 226	3	3	3	
Estroncio	10	10	10	

CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE ESTUARIOS EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD

Clase	Usos	(1) pH	(2) Temperatura	(3) O.D.	(4) Bacterias Coliformes NMP (Organismos/ 100 ml)	(5) Aceites y Gresas (mg/l)	(6) Sólidos Disueltos	(7) Turbiedad (U.T.J.)	(8) Color, Sabor y Olor	(9) Nutrientes Nitrógeno y fósforo	(10) Materia Sedimenta- ble.	(11) Substancias Tóxicas
g 1	Explotación de moluscos para consumo directo y todos los demás usos.	6.5 a 8.6	C.N. + 2.3 (a)	4.0	70 promedio	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i) Ausente	(j)
g 19	Recreación (contacto primario) y cualquier otro uso excepto E. 1	6.3 a 8.5	C.N. + 2.5 (a)	IDEM	200 fecales (b)	(d)		(f)	(g)	(h)	IDEM	(j)
g 18	Explotación pesquera y cualquier otro uso excepto los anteriores.	6.3 a 9.0	C.N. +2.5 (a)	105	10000 promedio mensual (c)	(d)		(f)	(g)	(h)	IDEM	(j)
g 19	Navegación y cualquier otro uso excepto los anteriores	8.0 a 8.9		30						(h)	IDEM	(j)

ph Potencial Hidrógeno  
O.D. Oxígeno Disuelto  
N.M.P. Número más probable

U.T.J. Unidades de turbiedad Jackson  
mg/l

C.N. Condiciones naturales  
C Grados centígrados

! Los valores de la tabla se refieren a las aguas fuera de las zonas de mezclado (h)

Tabla 4.3

Anexo de la tabla 4.3

- (a) Medida en la superficie de la zona de mezclado (k).
- (b) No más del 10% del total de las muestras mensuales (5 mínimo), podrá exceder de 2000 coliformes fecales.
- (c) Ningún valor deberá exceder de 20,000 coliformes totales.
- (d) Ningún aceite o producto de petróleo debe ser descargado en cantidades que:
- I) Pueda ser detectado como película visible; o
  - II) Pueda causar manchas en peces y/o organismos invertebrados,
  - III) Forme depósitos de lodo aceitoso en la costa, ribera o en el fondo del cuerpo receptor, o
  - IV) Se vuelva tóxico
- (e) No deberán hacerse cambios en la geometría de la cuenca o en las entradas de agua dulce que puedan causar cambios permanentes en los patrones de comportamiento de la isohalina de + 10% de la variación natural.
- (f) Se aplicarán los siguientes límites:
- C.N. + 5% si la turbiedad natural está entre 0 y 50 U.T.J.
  - C.N. + 5% si la turbiedad natural está entre 50 y 100 U.T.J.
  - C.N. + 20% si la turbiedad natural es mayor o igual que 100 U.T.J.
- (g) No deberá descargarse ningún afluente con estas características, a menos que se haya demostrado que no es perjudicial a la flora y fauna acuática ni impida el uso óptimo del cuerpo receptor.
- (h) No debe existir en cantidades tales que puedan provocar hiperfertilización.
- (i) Cualquier desecho susceptible de sedimentarse y que pueda ocasionar consumo de oxígeno, opacidad, o interferencia a los organismos bentónicos en su respiración o nutrición.
- (j) Se seguirá el siguiente criterio, para asignar de acuerdo con la tabla número 4.3.1. las concentraciones máximas permisibles de las descargas:
- Se deberá determinar mediante bioensayos el límite

medio de tolerancia de 96 hrs. De preferencia se harán bioensayos en flujo continuo, utilizándose la etapa de vida más sensible de las especies de importancia ecológica o económica, con los siguientes factores de aplicación.

1/100 Para plaguicidas y metales.

1/20 Para sulfatos.

1/100 Para todas las demás sustancias tóxicas.

- (k) La zona de mezclado para cada descarga será de 1/3 de área y/o volumen en la sección considerada. Aquella se ampliará hasta 2/3 del área y/o volumen, siempre y cuando las características de la descarga y del cuerpo receptor así como del número de descargas localizadas en la vecindad de la zona de mezclados así lo permitan. En todos los casos deberá quedar en el estuario una zona de paso libre para especies migratorias no menor que 1/3 del área y/o volumen en la sección considerada.

La tabla 4.3.1. resume algunas de las sustancias tóxicas que de acuerdo con la información disponible se encuentran bajo reglamentación y estudio en varias partes del mundo.

Los valores de las sustancias de esta tabla no son limitativos y están sujetos a modificación de acuerdo con el futuro avance tecnológico.

Tabla 4.3.1

## VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUSTANCIAS TOXICAS EN ESTUARIOS

Arsénico	1.00	como As. mg/l
Cadmio	0.01	
Cobre	0.05	
Cromo Hexavalente	0.01	
Mercurio	0.00	
Plomo	0.1	
Fenoles	0.1	

## Substancias activas al azul de metileno

(detergentes)	0.5
Níquel	0.1
Zinc	10
Cianuro	0.0
Sulfuros	0.5
Fluoruros	1.5
Amoniaco	0.8
Cresoles	1.5

## Plaguicidas

Aldrin	0.000
BHC	0.02
Clordano	0.02
Endrin	0.002
Heptacloro	0.002
Lindano	0.002
D.D.T.	0.006
Dieldrin	0.003
Endosulfan	0.002
Heptaclor	0.04
Perthane	0.04
TDE	0.03
Toxafeno	0.03
Coumaphos	0.02
Dursban	0.03
Fenthion	0.0003
Naled	0.03
Paratlon	0.01
Ronnel	0.05
Arsenicales	0.01
Naturales	0.10
Carbamatos	0.10
Derivados de 2, 4-D	0.10
Derivados de 2, 4, 5-T	0.10
Compuestos de ácido ftálico	0.10
Derivados de Triazina	0.10
Derivados de urea	0.10

CLASIFICACION DE LAS AGUAS COSTERAS EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD.

Clase	Usos	(1) pH	(2) Temperatura C	(3) O.D. (mg/l)	(4) Bacterias coliformes NMP (organismos/ 100 ml)	(5) Grasas y aceites	(6) Transparen- cia.	(7) Color, olor y sabor	(8) Materia Flotante	(9) Substancias Tóxicas
C1	Cultivo de mariscos para consumo directo, y áreas de acuicultura y todos los demás usos.	C.N. + 03	C.N. + 10% (b)	90% de C.N. (c)	La concentración media deberá ser de 70 (f).	(j)	(k)	(m)	Ausente	(n)
2C	Recreación con contacto primario y todos los demás usos excepto C1.	C.N. + 03	C.N. + 10% (b)	90% de C.N. (d)	Menor que 1000 (g)	(j)	(k)	(m)	Ausente	(n)
C3	Usos recreativos sin contacto primario y todos los demás usos excepto los anteriores.	C.N. + 04	C.N. + 10% (b)	90% de C.N. (d)	Menor que 2000 (h)	(j)	(l)	(m)	Ausente	(n)
C4	Explotación pesquera de especies de escama y todos los demás usos excepto los anteriores.	C.N. + 04	C.N. + 10% (b)	90% de C.N. (e)	La concentración media mensual será 1000 (i)	(j)	(l)	(m)	Ausente	(n)

ph Potencial hidrógeno mg/L  
 O.D. Oxígeno Disuelto C.N. miligramos por litro  
 N.M.P. No más probable C Condiciones naturales

1 dichas características deberán obtenerse de muestras que permitan representar al área afectada por las aguas residuales fuera de la zona de mezclada.

Anexo de la tabla No. 4.4

- (a) Se considera como zona de mezclado en aguas costeras al volumen adyacente al sitio de descarga en el cual se mezclan las aguas residuales con las aguas costeras debido al momentum de descarga y a la diferencia de densidades.
- (b) Nunca podrá exceder de 32 °C.
- (c) Nunca deberá ser menor que 4.0 mg/l.
- (d) Nunca deberá ser menor que 3.0 mg/l
- (e) Nunca deberá ser menor que 5.0 mg/l.
- (f) No más de 10% del total de las muestras en un período mensual deberá exceder de 230/100 ml.
- (g) No más del 20% del total de las muestras en un mes (5 muestras por lo menos) deberá exceder de 1000/100 ml; ni ninguna muestra simple tomada durante un período verificativo de 48 hrs., debe exceder de 10,000/100 ml.
- (h) No más el 20% del total de las muestras deberá exceder el valor considerado en un período verificativo de 48 hrs., podrá exceder de 10,000/100 ml.
- (i) No más del 20% del total de las muestras deberá exceder de 10,000/100 ml en un período mensual, ni ninguna excederá de 20,000/100 ml.
- (j) Ningún aceite o producto de petróleo debe ser descargado en cantidades que:
  - I) Pueda ser detectado como una película visible, o
  - II) Pueda causar manchas en peces y/u organismos invertebrados, o
  - III) Forme depósitos de lodo aceitoso en la costa o en el fondo del cuerpo receptor, o
  - IV) Se vuelva tóxico.
- (k) La medida mensual de este parámetro no podrá disminuirse en más de una desviación estándar de la media determinada en el mismo período para los niveles naturales.
- (l) La media mensual de este parámetro no podrá disminuirse más de una y media veces la desviación estandar, de la media determinado durante el mismo período para los niveles naturales.

- (m) No deberá descargarse ningún afluente con estas características a menos que se haya demostrado que no es perjudicial para el desarrollo de la vida acuática, la apariencia física o el uso óptimo del cuerpo receptor.
- (n) Se seguirá el siguiente criterio, para asignar de acuerdo con la tabla número 4.4.1 las concentraciones máximas permisibles de las descargas. Se deberá determinar mediante bioensayos el límite medio de tolerancia, de 96 hrs. (TLM 96). De preferencia se harán bioensayos con flujo continuo, utilizándose la etapa de vida más sensible de las especies de importancia ecológica o económica, con el siguiente factor de aplicación.  
1/20 Para todas las sustancias tóxicas.  
Cuando debido a la supervivencia de las especies no sea posible determinar el TLM 96 se deberá calcular mediante la expresión:

$$TLM_{96} = \frac{170}{\log(100 - S)}$$

$$\log(100 - S)$$

S = Porcentaje de supervivencia para el 100 % de desecho.

La tabla No. 4.4.1. resume algunas de las sustancias tóxicas que de acuerdo con la información disponible se encuentran bajo reglamento y estudio en varias partes del mundo.

Los valores de las sustancias de esta tabla no son limitativos y están sujetos a modificación de acuerdo con el futuro avance tecnológico.

RAS igual a la relación de absorción de sodio.

Boro 0.4 mg/l . Para valores superiores, la autoridad competente fijará el valor definitivo.

- (1) Para riego de legumbres que se consuman sin hervir o frutas que tengan contacto con el suelo.

Tabla No. 4.4.1

VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUSTANCIAS TOXICAS EN AGUAS COSTERAS

Arsénico	0.1	ccmo As mg/l
Cadmio	0.001	
Cobre	0.005	
Cromo hexavalente	0.001	
Mercurio	0.0005	
Fenoles	0.01	
Sustancias activas al azul de metileno		
(detergentes)	0.001	
Níquel	0.008	
Zinc	0.01	
Cianuro	0.001	
Amoníaco	0.1	
Plaguicidas		
Aldrin	0.04	Jug/l
Clordano	2.0	
Endrin	0.2	
Heptacloro	0.2	
Lindano	0.2	
D.D.T.	0.6	
Dieldrin	0.3	
Endosulfén	0.2	
Metoxiclor	4.0	
Perthane	3.0	
TDE	3.0	
Toxafeno	3.0	
Dursben	3.0	
Fenthion	0.03	
Naled	3.0	
Paratión	1.0	
Ronnel	5.0	
Arsenicales	10	
Naturales	10	
Carbonatos	10	
Derivados de 2, 4-D		
Derivados de 2, 4, 5-T	10	
Compuestos de ácido ftálico	10	
Derivados de triazina	10	
Derivados de urea	10	

**C A P I T U L O   V**

**GENERALIDADES DEL RIO LA SABANA, LAGUNA NEGRA  
Y LAGUNA DE TRES PALOS**

## C A P I T U L O V

### GENERALIDADES DEL RIO LA SABANA, LAGUNA NEGRA Y LAGUNA DE TRES PALOS

Laguna es un depósito natural de agua, generalmente dulce y por lo común de menores dimensiones que el lago.

#### CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LAGUNA NEGRA

La laguna Negra, tiene una superficie de 78 Ha y un perímetro de 7 km y es parte de la desembocadura del río La Sabana. Esta pertenece a la región hidrológica RH 19, cuenca A, subcuenca b 202. El tipo de suelo es el siguiente: fozem haplica elutrico cuya clasificación es Hh + Be + Re/ que se describe como una superficie oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, se encuentra en zonas semiáridas templadas hasta tropicales. En condiciones naturales tiene cualquier tipo de vegetación. Se encuentra en terrenos planos hasta montañosos y la susceptibilidad a la erosión depende del tipo de terreno. El clima que predomina es el cálido subhúmedo cuya clasificación es la siguiente: Aw (w), temperatura media anual de 22 °C y la del mes más frío mayor a 18 °C, con lluvias en verano. La flora que predomina en las riberas de la laguna Negra es la maleza que acelera el azolvamiento de este cuerpo de agua; además existen algunas áreas de mangle rojo o candelilla (rhizophora mangle), mangle blanco (laguncularia recemosa), carrizo (arond sd), tule (typha sp) y cocoteros, con excepción de las zonas que colindan con la carretera que delimita la Laguna Negra con el poblado de Puerto Marqués, donde los manglares han ido desapareciendo. La fauna de la laguna está integrada en su mayor parte de aves además de reptiles, mamíferos, peces y en menor proporción de anfibios y crustáceos; la cantidad de especies que habitan en esta laguna representan el 18% aproximadamente, del total de especies que existen en el estado. La fauna silvestre existente en la ribera de la laguna, que se encuentra en peligro de extinción reúne las siguientes especies: iguana verde (iguana, iguana), boa (pendión haliatus), chachalaca (ortalis vetula), murcielago pescador (noctilio lepurinus) y la ardilla (sciurus socialis).

Un aspecto muy importante para analizar la problemática de la Laguna Negra, son los asentamientos humanos de las riberas del río La Sabana, los cuales no cuentan con una infraestructura de servicios, y además están dispersos. Estos asentamientos son: km 48, km 45, km 40, km 30, Los Organos de Juan R. Escudero, El Quemado, La Venta, El Cayaco, Tres Palos, Llano Largo, La Providencia, Piedra Imán y Texca.

Del tramo comprendido entre Texca y Puerto Marqués se presenta un desarrollo intensivo y desmedido que no es acorde al plan director urbano, invadiendo la cuenca que aunado a la falta de redes de drenaje y alcantarillado pluvial y sanitario, a la falta de programas de recolección de basura, ocasionan que todos estos desechos se viertan a los cuerpos de agua, provocando el alto índice de contaminación que registran, tal es el caso de urbanizaciones mayores como: Las Cruces, La Sabana, El Coloso, Cd. Renacimiento y otras.

#### CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LAGUNA DE TRES PALOS

Esta laguna se encuentra ubicada en el municipio de Acapulco en el estado de Guerrero, y tiene las siguientes coordenadas de latitud  $16^{\circ} 43' 10''$  y de longitud  $99^{\circ} 39' 49''$  y  $99^{\circ} 46' 41''$ . Las vías de acceso a la laguna son las siguientes: a) carretera Acapulco-Pinotepa Nacional a los poblados de Tres Palos, San Pedro las playas y el Bejuco b) carretera Acapulco-Aeropuerto-Barra Vieja. La superficie del espejo de agua de la Laguna de Tres Palos es de 5,864 Ha cuyo perímetro es de 44 Km. En cuanto a la hidrografía se refiere esta laguna pertenece a la región hidrológica RH 19, cuenca A, subcuenca a 281 y el río que la alimenta es el río La Sabana. Los tipos de suelo que predominan en los alrededores de la Laguna de Tres Palos son el zolonchak gleulco eutrítico cuya clasificación es  $Zg + Re/$  que se describe de la siguiente manera: alto contenido en sales en algunas partes del suelo o en todo. Se presenta en diversos climas y en zonas donde se acumulan sales solubles. Su vegetación cuando la hay es pastizal o plantas que toleran sales, son poco susceptibles a la erosión. También existe el tipo de suelo denominado feozem haplico eutrítico cuya clasificación es  $Hh + Be + Re/$  y cuya descripción es la siguiente: superficie oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, se encuentra desde zonas semiáridas templadas hasta tropicales. En condiciones naturales tiene cualquier tipo de vegetación, se encuentra en terrenos planos hasta montañosos y la susceptibilidad a la erosión depende del tipo de terreno. El clima que predomina en esta zona es el cálido subhúmedo cuya clasificación es  $Aw (w)$  y cuya temperatura media anual es mayor a 22 grados centígrados y en el mes más frío es mayor a 18 grados centígrados con lluvias en verano. La vegetación que existe en la laguna está formada por: lirio acuático, carrizo, plantaciones frutícolas y cultivos básicos.

La fauna de la laguna está integrada por aves residentes, reptiles, mamíferos, peces, anfibios, crustáceos, estos dos últimos en una menor proporción. La fauna silvestre existente en las riberas de la laguna es la siguiente: iguana verde (iguana, iguana), boa (pandión haliaetus), chachalaca (ortalis vetula), murciélago pescador (noctilio leporinus) y la ardilla (sciurus social)

Existen paisajes de singular belleza aunque algunos ya han sido muy alterados, sin embargo existen otros que aún se conservan.

La infraestructura con que cuenta la zona cercana a la laguna de Tres Palos es: por los accesos de la carretera Acapulco-Pinotepa, únicamente cuenta con instalaciones de restaurantes, prestando servicios de venta de alimentos únicamente. Por el acceso de Barra Vieja, cuenta con restaurantes, hoteles, transporte público y en general con todos los servicios básicos.

La contaminación de esta laguna costera es producto de los asentamientos humanos a las márgenes de ésta, así como por la aportada por el río La Sabana, ya que a éste vierten aguas residuales el rastro municipal de Acapulco, el frigorífico de Acapulco, la empresa refresquera Yoli (con planta de tratamiento), la de cítricos de CONAFRUT y los pueblos establecidos en áreas aledañas, además depositan todo tipo de desechos sólidos. En la desembocadura de dicho río a la laguna citada, se ha desarrollado una gran cantidad de lirio acuático debido a la contaminación orgánica.

## CARACTERISTICAS GENERALES DEL RIO LA SABANA

### Aspectos Generales

La cuenca del Río La Sabana pertenece a la Región Hidrológica No. 19, y se localiza íntegramente en el Municipio de Acapulco, Gro., entre los  $16^{\circ} 16' 30''$  y  $17^{\circ} 35' 48''$  de latitud Norte y los meridianos  $99^{\circ} 57' 18''$  de longitud al oeste de Greenwich; ocupa una superficie de 432 km y su corriente principal tiene una longitud de 57 km desde su origen a 1600 M.S.N.M. en los Cerros Brea y San Nicolás de la Sierra Madre del Sur hasta su desembocadura en la Laguna de Tres Palos y la Laguna Negra. En la época de avenidas, el río forma un sistema hidrológico complejo con las Lagunas de Tres Palos y Laguna Negra, ya que comunica y reparte su caudal en ambas, inundando terrenos aledaños próximos a su desembocadura en un tramo de cuenca de 3 km aproximadamente (mapa anexo No. 5.1)

De acuerdo a la información registrada por la Estación Hidrométrica y climatológica ubicada en el poblado km 21, operada por la C.N.A., se observaron los siguientes datos notables:

Temperatura Ambiental Promedio Anual	25°C
Dirección Predominante del Viento	Norte-Oeste
Precipitación Promedio Anual	1200mm
Precipitación Máxima Anual	2102.4 mm

Precipitación mínima anual  
Gasto Promedio Anual

704.2 mm  
1802.0 m<sup>3</sup>/seg

La población rural asentada en las márgenes del Río La Sabana se estima en 40,000 habitantes distribuidos en las siguientes poblaciones: La Providencia, Piedra Imán, Km. 42, Km. 30, Lomas de San Juan, Paso Texca, Km. 21, Los Organos, El Quemado, La Venta, La Sabana, Tuncingo, El Cayaco y Tres Palos, mientras que la población urbana es de aproximadamente 225,000 habitantes de más de 60 colonias de zona conurbada de Acapulco, entre las que destacan la Emiliano Zapata, Cd. Renacimiento, Las Cruces, Los Lirios, etc. El 60% de la población rural cuenta con servicios de agua potable y el 20% con alcantarillado; en tanto que el 80% de la población urbana tiene agua potable y sólo el 40% alcantarillado sanitario.

### Fuentes de Contaminación

Las poblaciones rurales y en mayor escala las numerosas colonias de la zona conurbada de Acapulco ubicadas en la cuenca del Río La Sabana, generan aguas residuales que vierten a los cauces pluviales, mediante descargas directas o a través de sistemas de alcantarillado sanitario y al subsuelo por infiltración y fosas sépticas. También están asentadas algunas industrias, entre las que destacan los rastros frigorífico y Municipal de Acapulco, la fábrica de aceite de limón (Benefrut), la embotelladora Yoli de Acapulco, S.A. y Cementos de Acapulco, S.A., así como otras instalaciones comerciales y de servicios, tales como hoteles, escuelas, restaurantes, gasolineras, etc. que en menor escala son también fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del Río La Sabana.

Las principales descargas de origen municipal e industrial que se vierten directamente al cauce del Río La Sabana, afectando en mayor grado la calidad de sus aguas, son las que se indican en el croquis de localización anexo No. 5.2 . En la tabla 5.3 se presentan los censos y padrón de las descargas de aguas residuales.

### Uso del Agua

A lo largo del Río La Sabana existen obras de aprovechamientos hidráulicos, principalmente para riego agrícola, abastecimiento de sistemas de agua potable y para uso doméstico.

Para analizar este río se dividirá en 3 tramos, tomando en cuenta los usos actuales y las condiciones de calidad y cantidad de sus aguas en la época de estiaje

crítico (marzo-abril). Así tenemos que el primer tramo del río, comprendido desde su origen hasta el poblado del km. 30 en cuyos 25 km. de longitud el escurrimiento en el cauce es de regimen permanente y no recibe descargas directas de aguas residuales, cuenta con dos aprovechamientos para unidades de riego de 280 l.p.s. y 100 l.p.s. y dos captaciones para abastecimiento de sistemas de agua potable de 7 l.p.s. cada una para las poblaciones de La Providencia y Piedra Imán respectivamente, además de varias derivaciones por gravedad y bombeo efectuadas por particulares.

El segundo tramo de 18 km. de longitud se desarrolla del poblado km. 30 a la colonia de Cd. Renacimiento. En este tramo el escurrimiento de aguas superficiales del río es practicamente nulo durante la época de estiaje crítico y recibe las primeras descargas directas de aguas negras, sin embargo, los aprovechamientos existentes captan las aguas subalveas del cauce mediante norias y pequeños pozos someros a cielo abierto, principalmente para fines domésticos y para riego de pequeñas huertas de cocotales y árboles frutales.

En el último tramo que se dividió el río, va de Cd. Renacimiento a la Laguna de Tres Palos y Laguna Negra, donde se ubica la zona de descargas directas de aguas residuales y desechos sólidos de origen municipal e industrial, no ocurren aportaciones pluviales de los afluentes en la época de estiaje crítico, por lo que el escurrimiento en el cauce de este tramo es practicamente de dichas aguas residuales y aún así, se realizan aprovechamientos de riego en pequeña escala para el cultivo de maíz, frijol, pastos y árboles frutales. Cabe señalar que en este tramo, debido a las condiciones actuales de calidad de aguas, se han suprimido algunos usos, tales como el abastecimiento para sistemas de agua potable a través de captaciones subterráneas (norias y pozos profundos) junto al cauce, el doméstico (lavado de ropa y trastes de cocina) y el recreativo.

En el diagrama No. 5.4 se muestran los 3 tramos en que se dividió el Río La Sabana para su análisis así como también los usos respectivos de dichos tramos.

Para poder determinar la calidad del agua del Río La Sabana se tuvieron que realizar 26 muestreos en diferentes sitios; la primera muestra se localizó cerca del origen de la corriente donde aún las aguas no se ven afectadas por fuentes de contaminación artificiales, y las demás estaciones en cada una de los principales afluentes y descargas de aguas residuales sobre el río, aguas arriba y aguas abajo de esos afluentes y descargas, para conocer la evolución de la calidad y cantidad del agua a lo largo de

la corriente.

En cada una de las estaciones seleccionadas se realizaron tres muestreos y los respectivos aforos, con intervalos de una semana, a fin de determinar las condiciones más desfavorables de cantidad y calidad de las aguas del río y a partir de ellas dictaminar las medidas de prevención y control de su contaminación.

A las muestras de agua recolectadas se les practicaron en el laboratorio los análisis físicos, químicos y bacteriológicos para determinarles parámetros de calidad del agua, tales como temperatura, potencial de hidrógeno (pH), turbiedad, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos en todas sus formas, coliformes totales y facales, etc; cuyos resultados se procesaron para obtener los promedios los cuales se pueden observar en la tabla No. 5.5.

Para clasificar las aguas del Río La Sabana según sus usos, en función de sus características de calidad, se dividió en tres tramos. Al interpretar los valores promedio de los parámetros de calidad del agua y compararlos con los valores tolerables marcados en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua emitidos por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, se observó que el agua del Río presenta diversos grados de contaminación se describe a continuación.

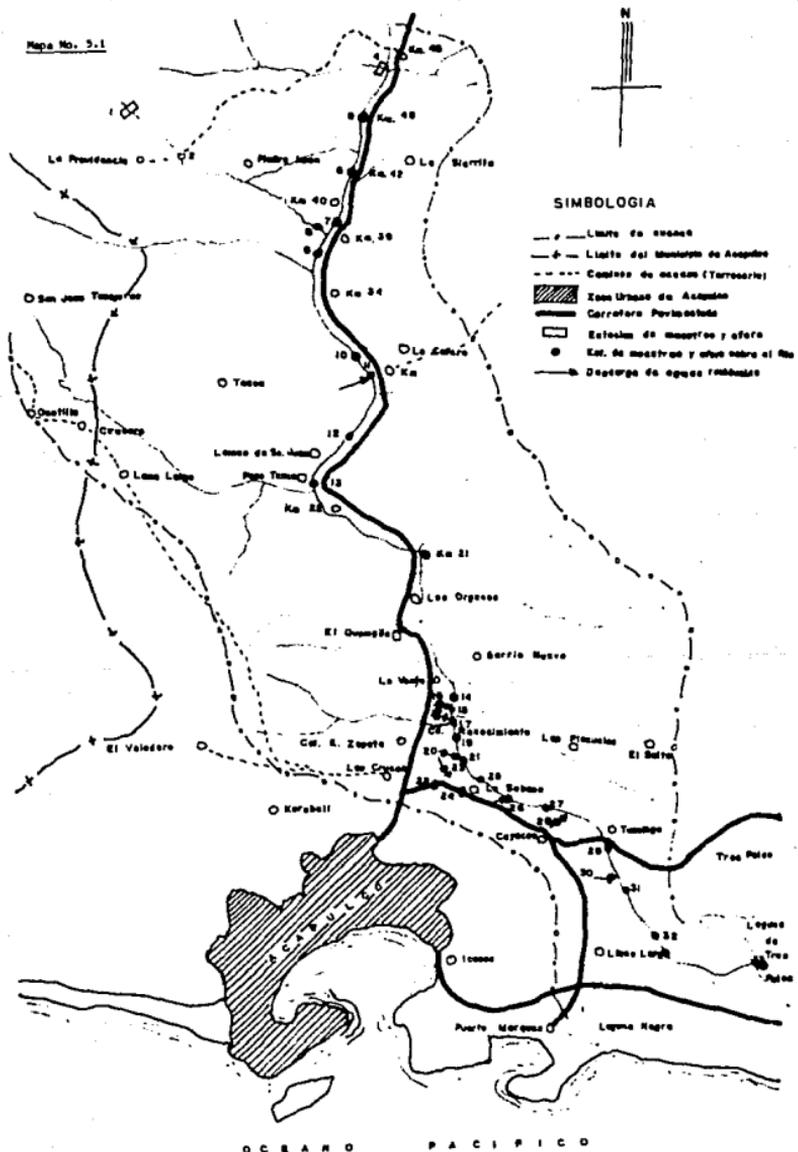
Del origen del río hasta el poblado del km. 30 no existe una influencia directa del hombre, por lo que la contaminación en este tramo es mínima, generada por los procesos naturales de degradación del medio ambiente, cumpliendo con los requerimientos para abastecimiento de sistemas de agua potable, a excepción de las bacterias coliformes y los cloruros que rebasan los límites permisibles establecidos para este uso de 100 NMP/100 ML y 250 MG/L respectivamente.

En el segundo tramo que se extiende del poblado del km. 30 hasta Cd. Renacimiento no hubo escurrimiento durante los muestreos de este análisis, razón por la cual no se obtuvieron datos de calidad del agua, impidiendo su evaluación.

Para evaluar la calidad del agua del Río en su tercero y último tramo, este se subdividió en dos partes, cuyos resultados se describen a continuación: las aguas del Río presentan condiciones sépticas, debido a que recibe las descargas directas de aguas negras de la zona conurbada de Acapulco, ubicada en su cuenca, además de las descargas de aguas residuales industriales de los Rastros Frigorífico y

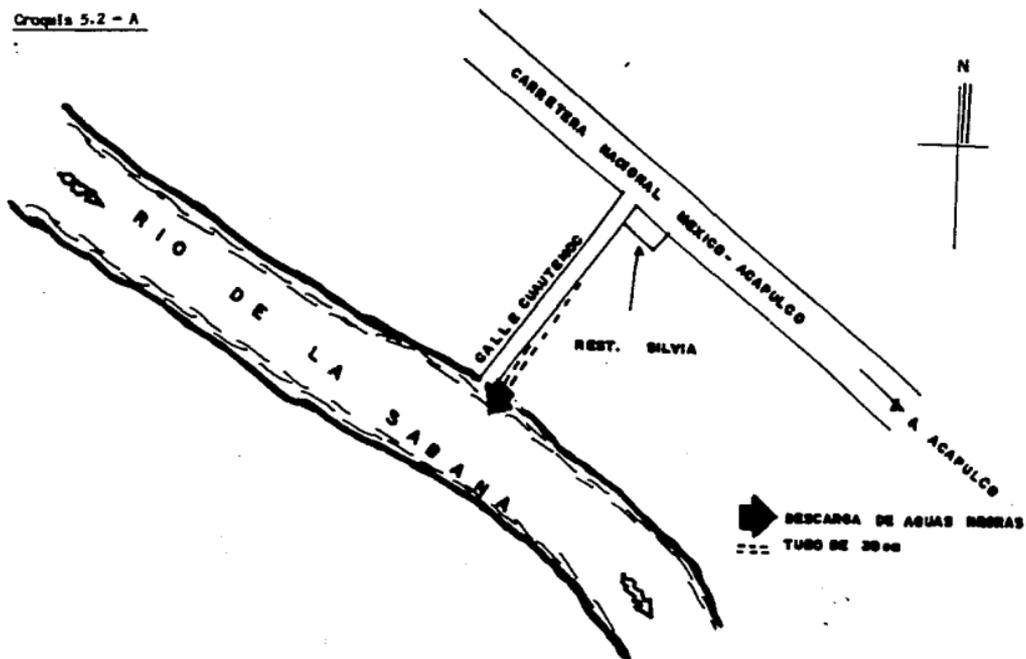
Municipal de Acapulco, la fábrica de aceite de limón Benefrut y la embotelladora de refrescos Yoli de Acapulco, S.A, que aportan grandes cantidades de materia orgánica que se manifiesta en el agua por la ausencia de oxígeno disuelto, elevados valores de demanda bioquímica y de oxígeno y altas concentraciones de organismos coliformes, así como por otros valores promedios de los parámetros de calidad del agua analizados que rebasan por mucho los máximos tolerables establecidos por los Criterios de Calidad del Agua, provocando que sus aguas sean inadecuadas para cualquier uso. En el segundo subtramo, comprendido del poblado de Tuncingo a la desembocadura en las Lagunas de Tres Palos y Negra, en donde el río ya no recibe descargas de aguas residuales la calidad del agua mejora ligeramente, como lo demuestra la presencia de oxígeno disuelto en niveles mínimos; sin embargo la materia orgánica sigue siendo abundante, y por lo tanto los valores promedio de los parámetros de calidad del agua determinados siguen siendo superiores a las tolerancias fijadas en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, y por lo tanto que las aguas sean inadecuadas para su uso agrícola, además del uso acuícola, conservación de flora y fauna, así como recreativo con contacto primario, en virtud de que este tramo está ubicado en la confluencia con la laguna de Tres Palos que tiene este uso.

En el cuadro No. 5.6 se presenta la evaluación de la calidad del agua descrita anteriormente.



zk

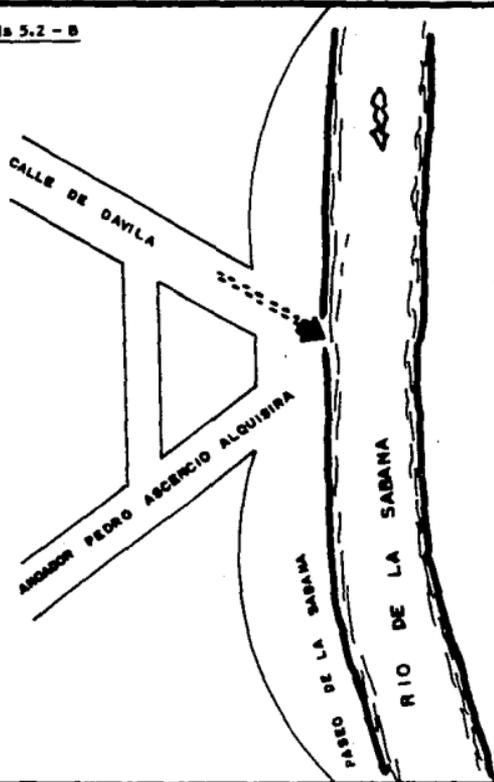
Croquis 5.2 - A



Croquis de localización de la  
descarga municipal en el poblado  
Km 30

36

Croquis 5.2 - B

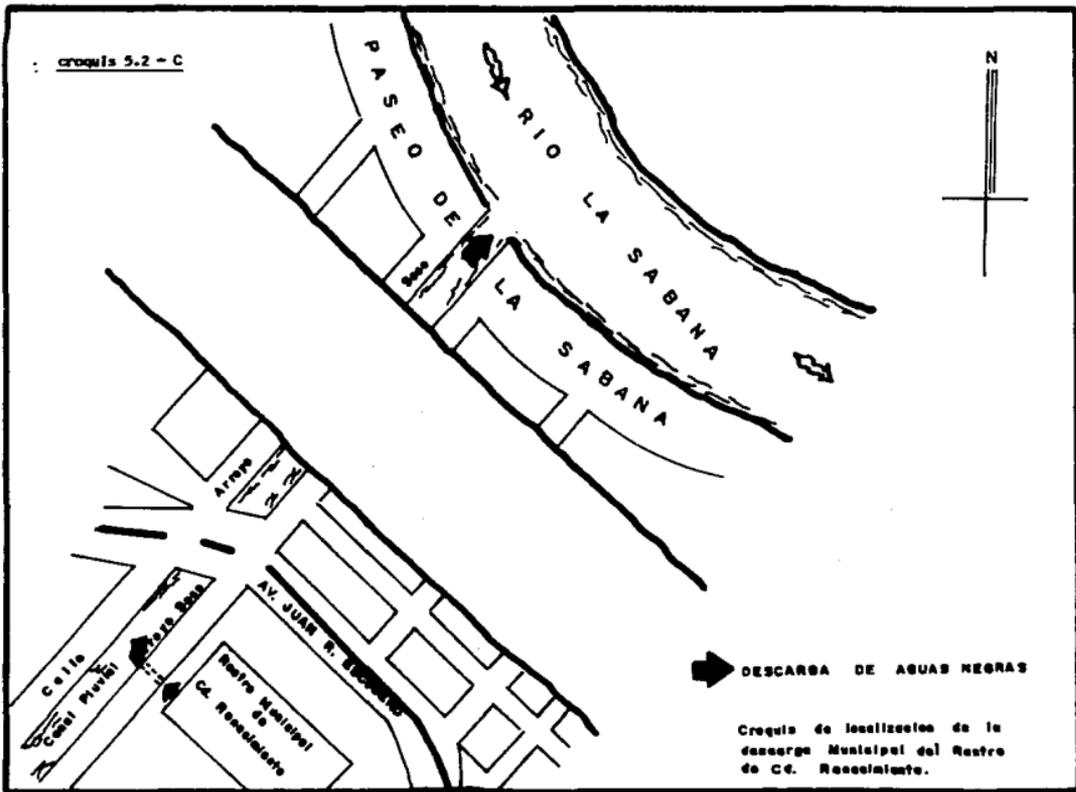


➔ Descharge de aguas negras  
---Tubo de 30cm

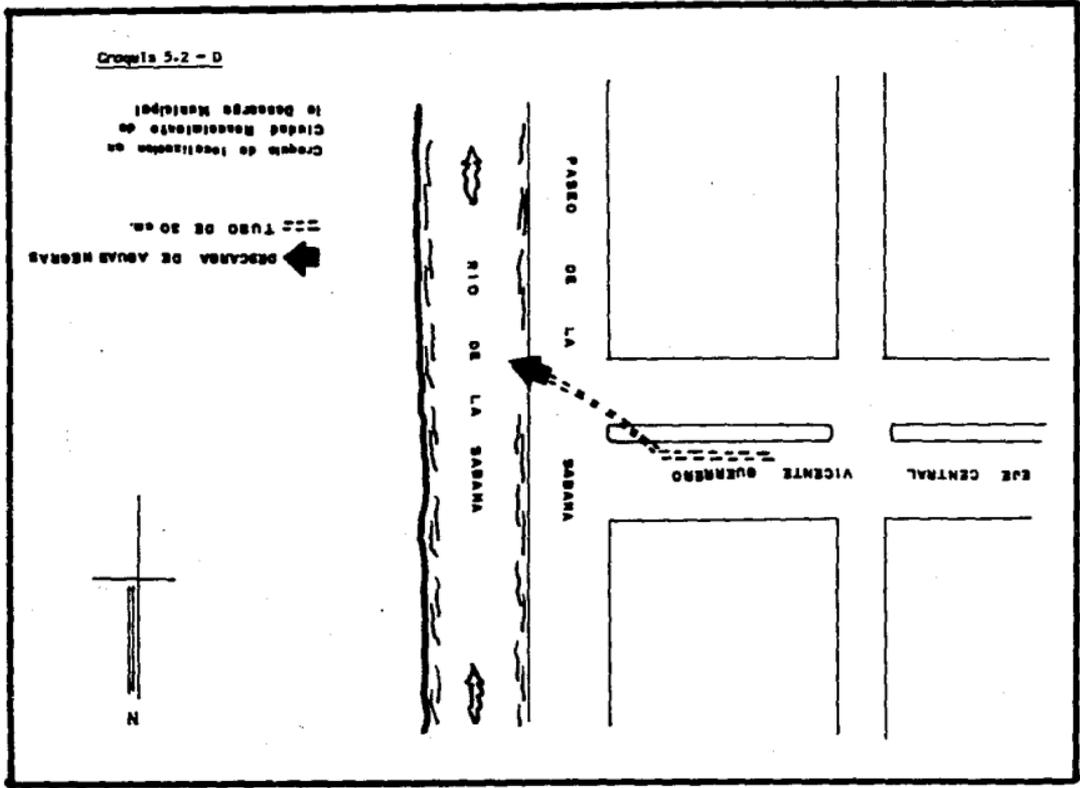
Croquis de localisation de la descharge  
Municipal en Cd. Renacimiento.

bt

croquis 5.2 - C



7c



Croquis 5.2 - E



Descarga de aguas tratadas

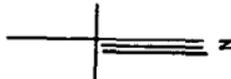
C. A. P. A. M. A  
PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS REBRAS

ANDADOR DE LA SABANA

PASEO DE LA SABANA

RIO DE LA SABANA

Croquis de localización de la descarga municipal de la Planta  
de tratamiento de C.A. Recolección

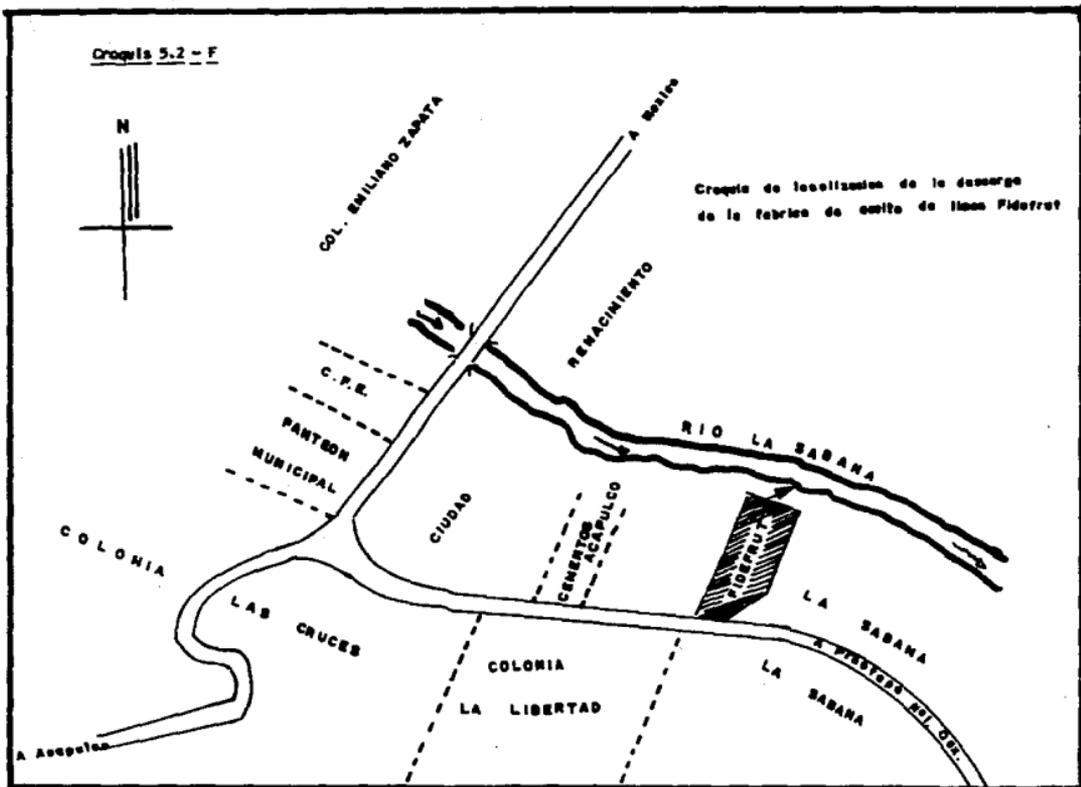


46

Croquis 5.2 - F

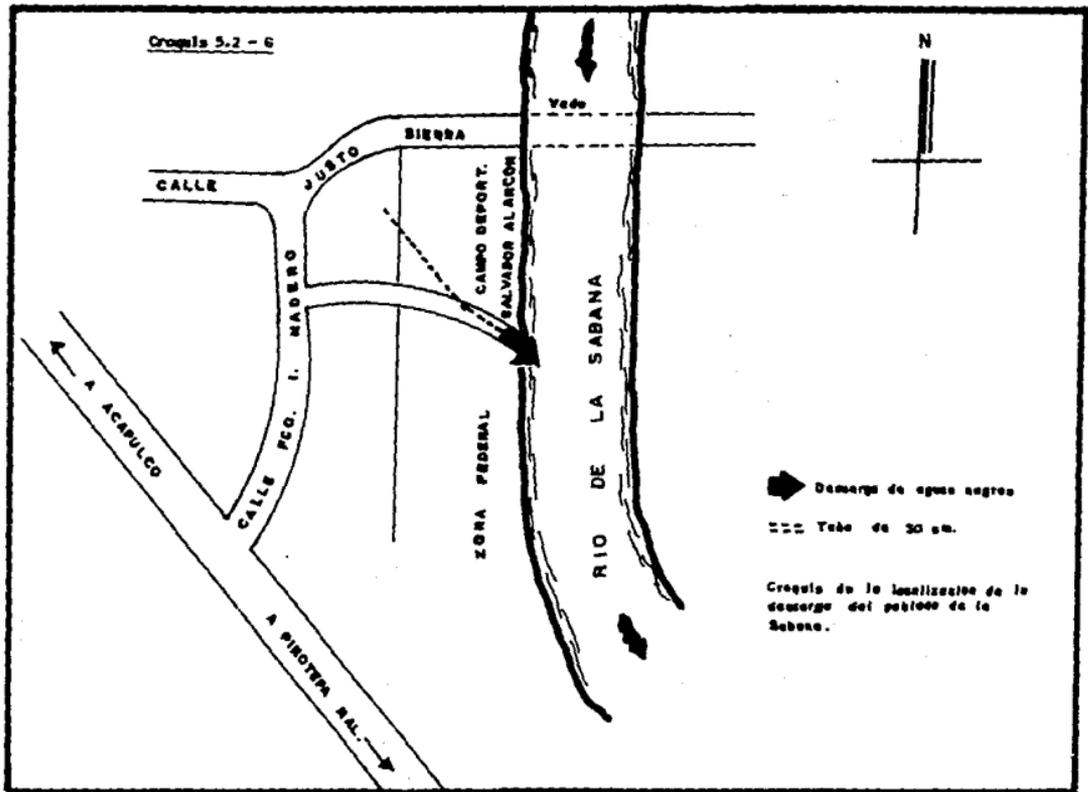


Croquis de localización de la descarga  
de la fábrica de cemento de Ilean Piedraza

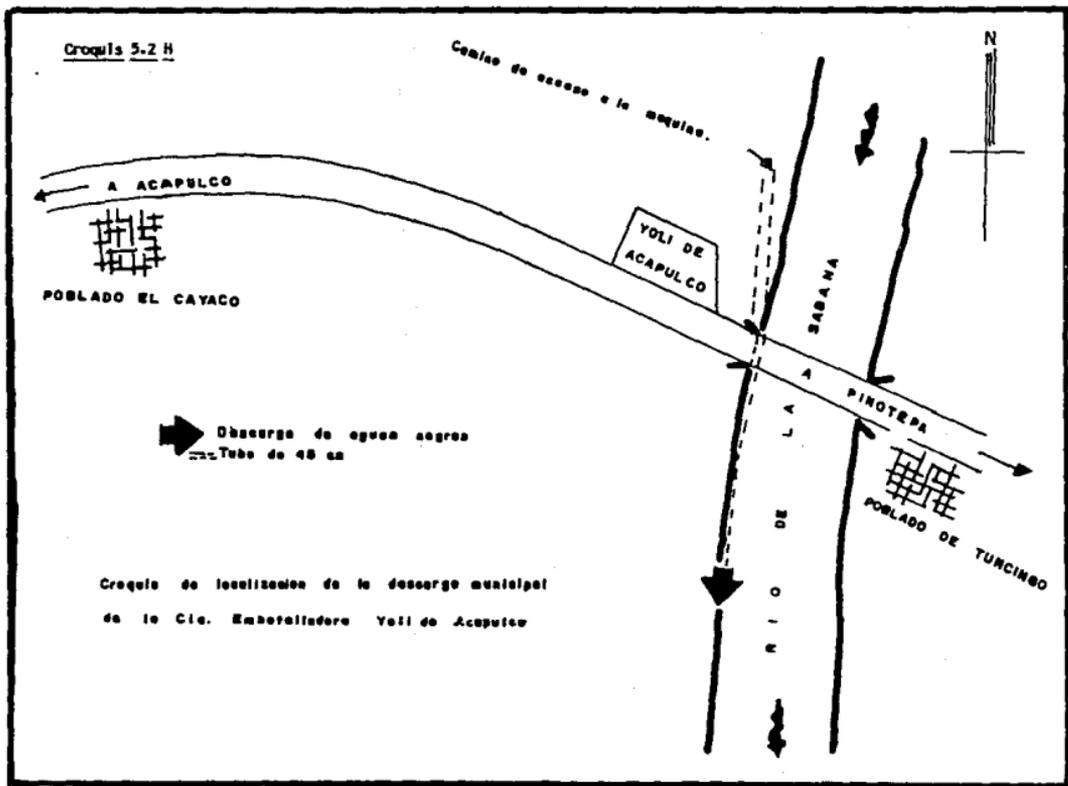


84

56

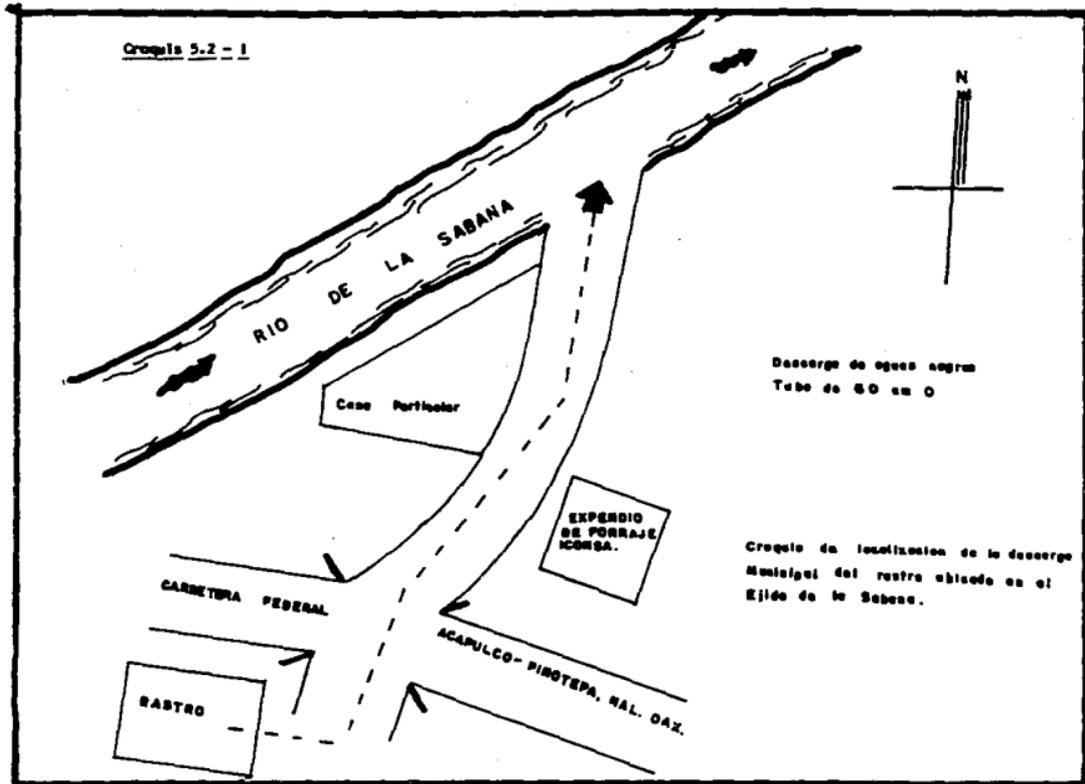


Croquis 5-2 H



OP  
ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Croquis 5.2 - 1



NOMBRE O RAZON SOCIAL	DOMICILIO	USO DEL AGUA	VOLUMEN MEDIO ANUAL DE LA DESCARGA (m <sup>3</sup> )	CUERPO RECEPTOR
BENEFRUT	Km. 15 Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional.	Industrial	5,200.0	Río La Sabana
Cementos Acapulco	Km. 1 Carretera Acapulco-Pinotepe Nacional	Servicios	3,100.0	Pozo de absorción
Yoli de Acapulco, S.A.	Av. Lazaro Cardenas s/n El Coyaco, Gro.	Industrial	43,767.0	Río La Sabana
Rastro y Frigorífico de Acapulco, S.A.	Calle Juan R. Escudero s/n Cd. Renacimiento	Industrial	24,080.0	Arroyo Seco
Rastro Municipal	Domicilio Conocido La Sabana, Gro.	Industrial	6,205.0	Río La Sabana
Aeropuerto Internacional	Km. 19.5 Carretera a Aeropuerto	Servicios	3,300.0	Pozo de Absorción
Marriot In filite service	Km. 19 carretera a aeropuerto Plan de los Amates.	Servicios	10,950.0	Pozo de absorción
Restaurante el Chaneque	Domicilio conocido Barra Vieja	Servicios	1,095.0	Pozo de absorción
Internacional Club Operator S.A. de C.V.	Km. 24 carretera Acapulco - Barra Vieja.	Servicios	5,840.0	Fosas sépticas
Restaurante Beto	Domicilio Conocido Barra Vieja	Servicios	1,460.0	Pozos de absorción
Beto Condessa Barra Vieja	Domicilio Conocido Barra Vieja	Servicios	1,185.0	Pozo de absorción
Restaurant Cira La Morena	Domicilio Conocido Barra Vieja	Servicios	330.0	Pozo de absorción
CAPAMA Guerrero 2000	Domicilio Conocido Col. Guerrero 200	Servicios	346,896.0	Laguna de Tres Pelos
CAPAMA el Coloso	Domicilio Conocido Unidad Hab. El Coloso	Servicios	788,400.0	
CAPAMA Cd. Renacimiento	Domicilio Conocido Cd. Renacimiento	Servicios	2'838,240.0	Río La Sabana
Hotel Princess	Playa Revolcadero Fracc. Granjas del Marquez	Servicios	788,400.0	Reutilización
CAPAMA Cd. Renacimiento	Calle Pedro A. de Alquisiras Cd. Renacimiento	Municipal	527.0	Río La Sabana

Tabla 5.3

NOMBRE O RAZON SOCIAL	DOMICILIO	USO DEL AGUA	VOLUMEN MEDIO ANUAL DE LA DESCARGA (m <sup>3</sup> )	CUERPO RECEPTOR
CAPAMA Cd. Renacimiento	Eje Central V. Guerrero Cd. Renacimiento	Municipal	252.0	Río La Sabana
CAPAMA LA SABANA	La Sabana, Gro.	Municipal	527.0	Río La Sabana
Hotel Pierre Marquez	Playa Revolcadero s/n Fracc. Granjas del Marquez	Servicios	182,500.0	Reutilización
Hotel club Internacional Acapulco	Domicilio Conocido Carretera Aeropuerto	Servicios		Reutilización
Restaurante México Lindo	Domicilio Conocido Carretera Aeropuerto	Servicios		Pozo de absorción
Restaurante Pinito III	Domicilio Conocido Carretera Aeropuerto	Servicios		Pozo de absorción
Villa Marina Conj. Res.	Km. antigua Carretera a Acapulco.	Servicios		Pozo de absorción
Restaurante Mandinga	Domicilio Conocido Berra Vieja	Servicios		Pozo de absorción
Restaurante La Frontera	Domicilio Conocido Carretera México-Acapulco	Servicios		Fosa Séptica
Hotel Los Pinos	Domicilio Conocido Llano Largo	Servicios		Fosa Séptica
Concretos Apasco, S.A.	Domicilio Conocido Llano Largo	Servicios		Fosa Séptica Campo de Infiltración.
Instituto Tecnológico de Acapulco.	Domicilio Conocido Carretera Cayaco-Llano Largo	Servicios		Fosa Séptica
Escuela Secundaria Tec. 5	Domicilio Conocido Cruce de Cayaco	Servicios		Fosa Séptica
Ganasa	Boulevard López Portillo s/n Cd. Renacimiento	Servicios		Fosa Séptica
Restaurante Caballero	Domicilio Conocido La Sabana, Gro.	Servicios		Fosa Séptica
Restaurante Chef Toño	Domicilio Conocido La Sabana, Gro.	Servicios		Fosa Séptica
Liconsa	Domicilio Conocido Col. Emiliano Zapata	Industrial		Arroyo Seco

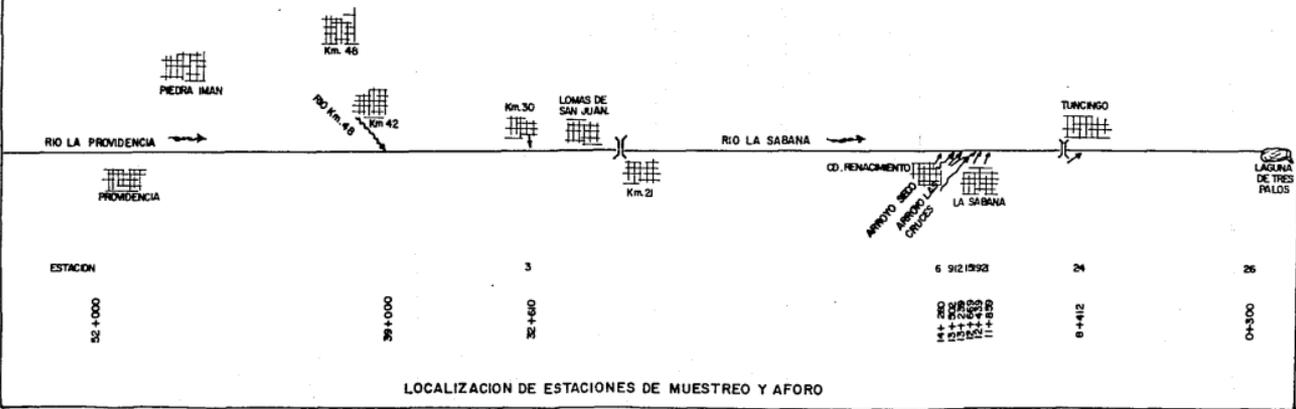
Tabla 5.3

### DIAGRAMA GENERAL DEL RIO LA SABANA

USOS

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, RIEGO AGRICOLA Y DOMESTICO

CONSERVACION DE FLORA Y FAUNA Y RECREATIVO



LOCALIZACION DE ESTACIONES DE MUESTREO Y AFORO

78

COMISION NACIONAL DEL AGUA  
GERENCIA ESTATAL EN GUERRERO  
SUBGERENCIA DE ADMINISTRACION DEL AGUA  
DEPARTAMENTO DE CALIDAD Y REUTILIZACION DEL AGUA

ESTUDIO DE CLASIFICACION DEL RIO LA SABANA  
(RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO)

FECHA DE MUESTREO MARZO ABRIL DE 1988

CANTONAMIENTO	TEMP. °C		pH	TURB.	SOL. T.S.S.	D.O.	C.H.D.	C.O.D.	NITRATO	NITRITO	AMONIO	FOSFATO	CLORURO	SULFATO	SOL. TOT.	SOL. DISUELTOS				SOL. PUNTALES		
	max	min														mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l
LA PROPAGANDA	25	24	7.4	25	27.0	7.9	0.1	219.9	50.34	25.52	324.05	15.27	0.28	246	109	156	4	5	2	0.1	2.4 x 10 <sup>6</sup>	2.4 x 10 <sup>6</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO KM. 20	25	27	8.4	200	206.7	0	1776.9	206.5	676.35	335.33	1151.44	15.27	4.37	2000	228	1148	55	179	116	1.3	4.8 x 10 <sup>6</sup>	2.4 x 10 <sup>6</sup>
DELICADO KM. 20	25	21	9.5	100	1000.0	0	2000.0	1420.0	732.27	425.27	752.75	15.60	0.29	1774	617	2425	228	428	2000	40.0	4.8 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO KM. 20	23	21	8.5	240	755.0	0	1200.0	175.0	619.50	297.50	732.50	74.27	2.25	1732	704	4000	222	271	2278	50.0	2.4 x 10 <sup>7</sup>	2.4 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO PUERTO ARROYO A.	24	24	8.2	240	455.0	0	1110.0	1052.5	504.20	309.20	600.20	20.20	4.20	1000	294	1000	285	430	167	1.3	4.8 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>7</sup>
DEBARRA PUERTO ARROYO ALVARADO	24	21	14.5	200	205.0	0	1200.0	4200.0	204.00	151.00	629.70	245.20	0.22	1515	404	1200	227	278	657	17.0	1.1 x 10 <sup>8</sup>	2.4 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO PUERTO ARROYO A.	24	24	14.0	420	224.0	0	1140.0	279.0	675.23	227.50	752.75	175.23	22.20	2000	2000	6000	2270	2020	4200	40.0	2.4 x 10 <sup>6</sup>	2.4 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO PUERTO DE LA TRINIDAD	24	20	11.0	200	401.0	0	2000.0	742.4	619.20	319.14	616.15	20.70	0.20	200	144	220	60	50	20	1.0	4.8 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>7</sup>
DEBARRA TRINIDAD DE LOS HERMANOS	24	20	14.0	200	427.7	0	2000.0	2000.0	224.00	175.72	675.72	20.24	7.44	1203	200	275	161	200	120	2.7	7.6 x 10 <sup>7</sup>	7.6 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO PUERTO DE LA TRINIDAD	24	20	14.0	210	261.4	0	2000.0	4100.0	213.00	201.00	420.70	200.20	0.20	2071	1000	220	143	200	143	2.0	1.1 x 10 <sup>8</sup>	1.1 x 10 <sup>8</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO DE CENTRAL V. G.R.O.	23	24	10.4	120	277.4	0	2000.0	2704.0	205.00	201.00	227.41	22.20	0.23	247	115	704	50	100	74	0.6	1.1 x 10 <sup>7</sup>	1.1 x 10 <sup>7</sup>
DEBARRA LA CENTRAL VICENTE GUERRERO	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ARROYO ARROYO DELICADO CENTRAL V. G.R.O.	23	23	10.2	120	262.0	0	2000.0	7200.0	204.00	212.4	227.41	20.20	0.20	200	70	707	41	120	23	0.6	1.1 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>6</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO PLAN DE TRINIDAD	21	24	8.4	170	200.0	0	2000.0	2000.0	220.24	220.24	220.24	17.00	0.21	200	165	727	35	24	27	0.1	1.1 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>6</sup>
DEBARRA PLAN DE TRINIDAD C.A. HERMANOS	21	23	8.4	430	200.7	1.0	1170.0	2000.0	224.50	200.14	299.42	220.24	4.12	1740	210	1120	200	212	217	40.0	2.4 x 10 <sup>7</sup>	2.4 x 10 <sup>6</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO PLAN DE TRINIDAD	21	22	8.7	200	202.3	0	2000.0	2000.0	270.20	201.20	240.70	220.20	0.27	1720	760	200	210	200	440	40.0	4.8 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO LA SABANA	23	22	8.7	440	202.3	0	1740.0	202.3	270.20	210.14	722.70	220.20	4.12	1684	227	1127	227	227	227	22.0	4.8 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>7</sup>
DEBARRA LA SABANA	20	22	10.2	220	204.0	0	1200.0	202.4	222.54	240.41	220.00	240.20	0.27	1201	424	222	422	204	209	20.0	4.8 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO LA SABANA	21	23	12.0	200	221.3	0	2000.0	2000.0	204.00	202.50	200.70	240.20	0.23	1222	100	220	140	270	220	12.0	2.4 x 10 <sup>6</sup>	1.1 x 10 <sup>6</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO LA SABANA	21	24	8.0	220	214.3	0	2000.0	2000.0	275.20	220.24	722.70	220.20	0.27	1622	422	220	120	220	210	14.7	4.8 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>7</sup>
DEBARRA TRINIDAD LA SABANA	21	27	10.0	220	221.7	0	2100.0	2204.0	222.27	240.41	1121.44	227.20	17.27	2022	222	222	227	1471	1220	40.0	2.4 x 10 <sup>7</sup>	2.4 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO TRINIDAD LA SABANA	21	24	11.7	220	222.3	0	2270.0	2221.4	224.40	240.41	220.00	227.20	0.27	2211	707	2204	220	220	220	40.0	2.4 x 10 <sup>7</sup>	2.4 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO VOLCAN DE ACAPULCO	22	24	11.0	220	222.3	0	1220.0	222.20	222.00	222.00	222.00	222.00	1.20	210	200	220	220	220	220	7.0	1.1 x 10 <sup>7</sup>	2.4 x 10 <sup>6</sup>
DEBARRA VOLCAN DE ACAPULCO	22	24	10.4	170	222.7	0	1200.0	210.0	222.27	222.00	220.20	121.20	2.21	2024	220	2204	42	222	222	2.0	4.8 x 10 <sup>6</sup>	2.4 x 10 <sup>6</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO VOLCAN DE ACAPULCO	22	24	9.0	200	222.3	0	1200.0	412.1	222.54	240.40	222.24	222.20	2.22	2400	220	2210	120	227	247	15.0	7.6 x 10 <sup>7</sup>	4.8 x 10 <sup>7</sup>
ARROYO ARROYO DELICADO RIO LA SABANA	23	24	10.0	220	221.1	0.0	700.0	2000.0	211.20	224.22	1270.70	20.20	1.22	1622	222	120	20	272	220	2.0	2.4 x 10 <sup>6</sup>	2.4 x 10 <sup>6</sup>

LA DEBARRA DEL RIE CENTRAL VICENTE GUERRERO SE VERTIO DURANTE LOS MUESTREOS.

A.- RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO; CONDICIONES MAS DESFAVORABLES DE TRES MUESTREOS-INTENSIVOS EN SITUACIONES CRITICAS DE ENTIBAZO (MARZO-ABRIL)

Tabla 5.5

* CLASIFICACION DE LAS AGUAS DEL RIO LA SABANA *					
TRAMO	CLASE ASIGNADA Y USO DEL AGUA	CARACTERISTICAS DE CALIDAD	LIMITES PERMISIBLES	CLASIFICACION EN FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DE CALIDAD	CARACTERISTICAS REQUERIDAS
Origen- Km 30	Abastecimiento para sistemas de agua potable, riego agrícola, doméstico.	pH = 7.4 OD = 79 mg/l Sol. dis.=312mg/l Col. Tot.=930 NMP/ml	pH=6-9 OD=4mg/l Sol.dis.= 1000 mg/l Col. Tot.= 200 NMP/100ml	Abastecimiento de agua potable, recreativo, conservación de flora y fauna, agrícola e Industrial.	pH= 6-9 OD= 4.0 mg/l Sol.Dis=60mg/l Col.Tot.= 100NMP/100 ml
Km 30 - Cd. Renacimiento	Abastecimiento para sistemas de agua potable, riego agrícola, doméstico.	No se determinó	Igual a las condiciones anteriores.	No se determinó	No se determinó
28 Cd. Renacimiento - Puente Tuncingo	Riego agrícola en pequeña escala	pH = 9.2 OD = 0 mg/l Sol.Dis.= 57774 mg/l Col.Tot.= 24x10 <sup>7</sup> NMP/100ml	pH = 6-9 OD = 3.2mg/l Sol. Dis.= 1000 mg/l Col. Tot.= 1000NMP/100ml	Inadecuada para cualquier uso.	pH = 6-9 OD = 3.3 mg/l Sol. Dis.= 300 mg/l Col. Tot. = 1000 NMP/100ml
Puente Tuncingo- Desembocadura Laguna Tres Palos	Riego agrícola en pequeña escala	pH = 9.9 OD=0.06mg/l Sol.Dis.= 3400 mg/l Col. Tot.= 9300 NMP/100ml	Mismas condiciones anteriores.	Inadecuadas para cualquier uso	pH = 6-9 OD = 3.2 mg/l Sol.Dis. = 70 mg/l Col. Tot. = 500 NMP/ 100 ml

pH.- Potencial Hidrógeno OD.- Oxígeno disuelto NMP.- Número más probable por 100 ml Sol. Dis.- Sólidos disueltos

Col. Tot.- Coliformes totales

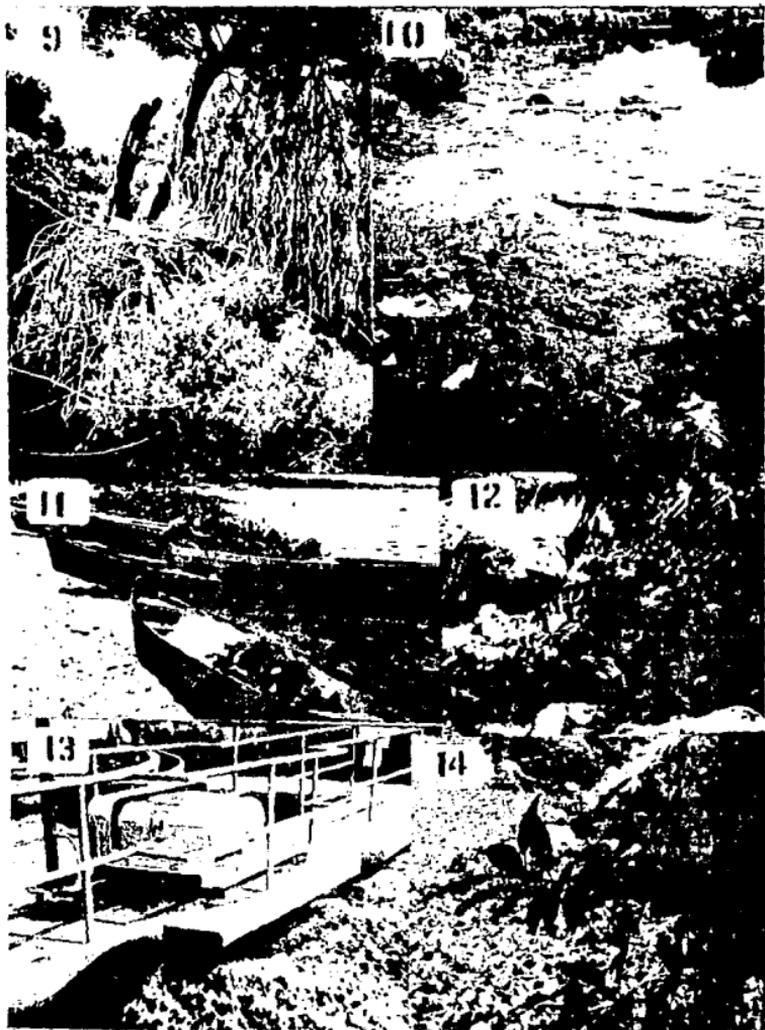
## ANEXO FOTOGRAFICO 1 Y 2

- 1.-Laguna Negra, observar la proliferación de lirio acuático
- 2.-Planta de tratamiento salida del agua tratada
- 3.-Drenaje de Puerto Marqués que descarga en la Laguna Negra
- 4.-Contaminación en la Laguna Negra
- 5.-Rastro Municipal que descarg sus aguas negras al Río La Sabana
- 6.-Río La Sabana proliferación de lirio acuático
- 7.-Descarga de aguas negras a la laguna de Tres Palos
- 8.-Descarga del rastro al Río La Sabana
- 9.-Laguna Negra
- 10.-Contaminación en Río La Sabana
- 11.-Laguna de Tres Palos
- 12.-Descarga de la Planta de Tratamiento del pueblo de Puerto Marqués a la Laguna Negra
- 13.-Planta de Tratamiento del pueblo de La Sabana
- 14.-Río La Sabana

ANEXO FOTOGRAFICO 1



ANEXO FOTOGRAFICO 2



## **C A P I T U L O   V I**

### **CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DEL TRATAMIENTO OPTIMO**

## C A P I T U L O   V I

### CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DEL TRATAMIENTO OPTIMO

Para la correcta elección de un sistema de tratamiento de aguas negras, debemos basarnos en el estudio de un cierto número de condiciones, como:

- Dilución
- Rendimiento de las instalaciones
- Area disponible
- Producción de lodo
- Costo

#### Dilución

La necesidad de dilución ha sido la consideración más importante y a veces la única, para determinar el procedimiento de tratamiento que deba adaptarse.

Si la cantidad de agua disponible para la dilución es reducida, el tratamiento tiene que ser mucho más completo que cuando se dispone de agua de buena calidad, en abundancia, para la dilución. Arreglando los diversos métodos de tratamiento de las aguas negras, en el orden aproximado de la magnitud de la necesidad de aguas de dilución de sus efluentes, de mayor a menor, quedarían en la siguiente forma:

- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| .cámaras desarenadoras | .Lechos de contacto              |
| .cribas gruesas        | .filtros de acción rápida        |
| .cribas finas          | .aireadores de contacto          |
| .fosas sépticas        | .filtros de escurrimiento        |
| .Sedimentación         | .activación del lodo             |
| .Tanques Imhoff        | .filtros intermitentes de arena. |
| .Aplicación de cloro   |                                  |
| .Precipitación química |                                  |

#### Rendimiento de las instalaciones

Las principales medidas del rendimiento de un proceso de tratamiento de aguas negras son, su eficacia para reducir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión, y para limitar la presencia de ambos en el líquido final. Entre las características físicas más importantes que hay que tener en cuenta en el efluente o líquido saliente figuran el aspecto del efluente, el aspecto de la masa de agua de dilución después de haber recibido al efluente, y la capacidad de formación de depósitos o bancos de lodo.

La tabla No. 6.1 nos dará una idea de los límites de reducciones que pueden obtenerse de los diferentes sistemas de tratamiento de aguas negras.

### Area Disponible

Es determinante el tener el área suficiente para la instalación de la planta, ya que cada proceso o sistema tiene cierta capacidad de tratamiento por área ocupada por la planta, y considerando una población rural en la cual el valor del terreno es sustancialmente económico, tenemos que el terreno no se considera relevante y mientras menos área ocupe la planta más alto será el costo de las instalaciones para el proceso. La tabla No. 6.2 muestra algunos tratamientos con sus necesidades aproximadas de espacio.

### Producción de lodo:

El volumen de lodo, las dificultades para su evacuación, y el costo de su preparación son factores importantes al elegir un método para el tratamiento de las aguas negras. La producción de lodo puede impedir la adopción de un sistema de tratamiento de aguas negras, que desde otros puntos de vista, fuese conveniente.

En la tabla No. 6.3 se muestran las cantidades de lodo producidas en los diferentes procesos de tratamiento de las aguas negras.

### Costo

Para poder hacer una comparación de los costos de los diversos procesos de tratamiento de aguas negras, se debe tomar en cuenta: el costo de inversión inicial, costo de operación y mantenimiento, y costo de amortización. Para la amortización es difícil de estimar, ya que casi todas las instalaciones quedan obsoletas antes de que termine su vida útil, por lo que las comparaciones de costos se basan principalmente en costos de instalación inicial y de operación.

Los aspectos económicos juegan un papel muy importante para la selección de uno de los distintos procesos y de las distintas unidades que pueden constituir una planta. Por esto, se han realizado estudios completos para dar ciertos parámetros de costo, los cuales se pueden calcular aproximados a partir de fórmulas. Para facilitar esta labor SEDUE ha elaborado tablas que muestran los costos, tanto de inversión inicial como de operación, para ciertos procesos

de tratamiento de aguas negras, los cuales se pueden considerar para la selección de un proyecto, estas tablas son las No. 6.4, 6.5, 6.6.

**LIMITES DE REDUCCIONES QUE PUEDEN OBTENERSE DE LOS  
DIFERENTES SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS**

Proceso de tratamiento	DBO a 5 días a 20°C	Remoción de sólidos en suspensión. (%)	Bacterias	DQO
Cribado fino	5 - 10	2 - 20	10 - 20	5 - 10
Cloración de aguas negras crudas o sedimentadas.	15 - 30	-----	90 - 95	-----
Sedimentación simple	25 - 40	40 - 70	25 - 75	20 - 35
Precipitación química	50 - 58	70 - 90	40 - 80	40 - 70
Filtración por filtros rotadores, precedida y seguida por sedimentación simple.	50 - 95	50 - 92	90 - 95	50 - 80
Tratamientos con lodos activados precedidos y seguidos por sed. simple.	55 - 95	55 - 95	90 - 98	50 - 80
Lagunas de estabilización.	90 - 95	55 - 95	95 - 98	70 - 80
Cloración de aguas negras tratadas biológicamente.	-----	-----	98 - 99	-----

Tabla 6.1

Tabla No. 6.2

PROCESO	NUMERO DE PERSONAS/ Ha.
Almacenamiento en tanques	750
Filtros intermitentes de arena	3,750
Lagunas de estabilización naturales	25,000
Lagunas de estabilización aeradas mecánicamente	40,000
Filtros de escurrimiento ordinario	93,750
Activación de lodo	741,000
Filtros de escurrimiento de alta capacidad	1'235,500

Manual Plantas de Tratamiento SEDUE

63

CALIDADES Y CANTIDADES APROXIMADAS DE LODO PRODUCIDAS POR DIFERENTES PROCESOS DE TRATAMIENTO

Proceso	% Humedad	Lt/millón Lt	% P.E.	% S.V.	% N.T.	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% G.S.	Promedio de sólidos secos Kg/por/día % materia Orgánica	
Sedimentación simple con frecuente agite- ción del lodo bajo la superficie .	97.5	4,868	1.015	65	2.0	1.67	10.0	0.06	70.5
Sedimentación simple en un clarificador.	95	2,434	1.02	65	2.0	1.67	10.0		
Tanque de Imhoff bien digerido	90	899	1.04	50	2.5	1.75	8.0		
Filtro de escurri- miento, humus	93	749	1.02	45	2.0	1.2	6.0		
Precipitación quími- ca.	93	5,243	1.03	60	1.75	1.5	9.0	0.27	46.0
Lodo activado	98-99	18,720	1.00	65	5.75	2.75	7.5	0.10	64.5
Fosa séptica	93	1,872	1.03	45	1.5	1.0	9.0		

P.E. - peso específico S.V.- Sólidos volátiles N.T.- Nitrogeno total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Fosfatos G.S. - Grasas solubles en éter

Elementos para operación de Plantas de tratamiento SEDUE

**COSTOS DE CONSTRUCCION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
POR MILLON-GALON-DIA-AÑO**

Tipo de Tratamiento	Capacidad de Diseño en MGD (LTS/SEG)		
	0.1 (438.13)	1.0 (4,381.25)	10.0 (43,812.50)
Primario	700,000	350,000	180,000
Filtro Rotador	950,000	500,000	300,000
Lodos Activos	800,000	550,000	320,000
Lagunas de estabilización	350,000	155,000	- - -
Lagunas Mecanicamente Aeradas	405,000	210,000	- - -

US Dólares

Departamento de Ingeniería Sanitaria SEDUE

Tabla No. 6.4

**COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA LOCALIDADES DE  
DIFERENTE TAMAÑO (POR AÑO)**

**COSTOS PER CAPITA ( US DOLARES )**

No. Habitantes	Lagunas	Primario	Filtros biológicos		Lodos activados
			Alta	Baja	
1,000	1.00	7.00	8.00	4.80	7.50
10,000	0.60	3.50	4.00	4.00	5.40
50,000	0.41	2.00	2.50	- - -	4.00
100,000	0.36	1.60	2.00	- - -	3.55
500,000	0.25	0.90	1.25	- - -	2.70
1'000,000	0.21	0.70	1.00	- - -	2.40

Departamento Ingeniería Sanitaria SEDUE

Tabla No. 6.5

92

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS  
LIQUIDOS POR MILLON-GALONES-DIA-AÑO

Tipo de Planta	Capacidad de la Planta en MGD (LTS/SEG)		
	0.1 (438.13)	1.0 (4,381.25)	10.0 (48,812.50)
Primaria	23,300	10,700	6,700
carga hid. std	71,600	10,600	5,100
Filtro Rotador			
carga hid. alta	40,000	13,500	7,500
Lodos Activados	53,400	21,500	12,100
Lagunas Naturales	8,500	5,800	- - -
Lagunas Aereadas Mecanicamente	12,000	8,900	- - -

US Dólares

Departamento de Ingeniería Sanitaria SEDUE

Tabla No. 6.6

65

**C A P I T U L O   V I I**

**PROPUESTA DE SOLUCIONES**

25

## C A P I T U L O   V I I

### PROPUESTA DE SOLUCIONES

Cuando existe un problema grave de contaminación de agua, es de suma importancia saber sus causas y analizarlas para, así poder hacer una propuesta de soluciones que más convenga; esta tarea se facilita siguiendo: los criterios que se exponen en el Capítulo VI, el estudio general hecho sobre los cuerpos de agua y la legislación vigente.

Como se puede observar en el mapa 5.1, el río La Sabana alimenta a las lagunas Negra y Tres Palos por lo que es de suma importancia primeramente enfocarnos a proponer soluciones para este río. El deterioro de la calidad de las aguas del río La Sabana, se debe a las concentraciones urbanas constituidas aproximadamente por un total de 265,000 habitantes, así como las industrias asentadas en su cuenca, que generan enormes cantidades de desechos sólidos y aguas residuales que son vertidas de manera directa o indirecta (ver croquis 5.2-A a 5.2-I) a las márgenes del Río sin tratamiento previo.

Para poder proponer una solución correcta es necesario saber que la disposición final de las aguas negras tratadas es uno de los factores más importantes; en este caso como las aguas del río La Sabana son las que alimentan a las lagunas antes mencionadas y estas lagunas son utilizadas para contacto primario, algunas veces para riego agrícola y uso acuícola, se deben mantener ciertas características de calidad.

Si se observa la tabla 5.5 y se compara con la tabla #.2 se podrá verificar que los resultados de los análisis de laboratorio hechos a las aguas del río La Sabana en sus diferentes tramos no cumplen con todas las características de calidad que se necesitan para poder darle los usos antes mencionados.

Ahora bien, si se analiza la tabla 5.6 se podrá verificar que es necesaria la reducción de determinados parámetros que definen la calidad del agua como lo son el pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos y coliformes totales entre otros.

Basandose en los criterios para la determinación del tratamiento óptimo expuesto en el Capítulo VI y dividiendo el río en 3 tramos se propone lo siguiente:

a) El primer tramo de 25 km de longitud comprendido desde el origen del río hasta el poblado del Km. 30 no presentan grandes problemas de contaminación ya que no recibe descargas directas de aguas residuales, además la capacidad autodepuradora del agua es aceptable por lo que se considera que mediante un tratamiento convencional esta agua puede usarse para recreación, conservación de flora y fauna, uso agrícola e industrial.

b) El segundo tramo de 18 Km. de longitud que empieza en el km. 30 hasta Cd. Renacimiento presenta un escurrimiento que en época de estiaje crítico es prácticamente nulo, por lo que en este tramo la dilución es un parámetro que no cuenta mucho para poder definir el tipo de tratamiento, además que es en el Km. 30 donde las aguas del río reciben las primeras descargas directas de aguas residuales lo que hace que el problema de contaminación en ese tramo se agudice.

Por lo mencionado en líneas anteriores y recurriendo a la tabla 5.5 se observa que los análisis de laboratorio dan resultados muy desfavorables para las pretenciones finales del uso del agua de este tramo, por lo que se requiere que tomando en cuenta el criterio del rendimiento de las instalaciones (tabla 6.1) se busque un método que reduzca en un 70% a 90% los siguientes parámetros: DBO, sólidos suspendidos, DQO y bacterias. Como se observa en la tabla 6.1 existen 3 métodos que cumplan con esos requerimientos: filtración, lodos activados y lagunas de estabilización.

Otro criterio que hay que tomar en cuenta es el área disponible para la planta de tratamiento. Dentro de este tramo (mapa 5.1) se encuentran las poblaciones de Km. 30, Los Organos, El Quemado, La Venta, Lomas de San Juan, Paso Texca, Km. 22, Km. 21 y Cd. Renacimiento. Ahora bien si se observa la tabla 6.2 y 7.1 se podrá ver que para un número de habitantes igual a 25000 personas se necesita una hectárea, así es que según se observa es factible el sistema de tratamiento a base de lagunas de estabilización en cuanto al criterio sobre el área se refiere.

En lo que corresponde a la producción, en determinado momento conviene utilizar el proceso que produzca menos lodos, de manera que no incremente el costo de mantenimiento. Por lo que en la tabla 6.3 se señalan aquellos procesos de menor producción de lodo.

Actualmente se tienen problemas muy grandes para el destino del presupuesto por parte de los estados, esto debido a la gran demanda por parte de poblaciones para la construcción de infraestructura de cualquier índole. Esta

planta de tratamiento no es la excepción, siendo este punto el más importante a considerar para la selección del proceso. Para evaluar el costo se debe comprobar tanto el costo inicial, como el de operación y mantenimiento, para lo cual SEDUE ha elaborado una serie de tablas donde se comparan los costos estimados para las diferentes plantas o procesos más utilizados, considerando varias capacidades de tratamiento (ver tablas No. 6.4, 6.5 y 6.6), pero como existe una gran diferencia en cada uno de los procesos es relativamente sencillo seleccionar el proceso más económico para cada caso, lo cual, nos da un marco de referencia muy aproximado para situaciones de características similares.

Haciendo hincapie en que el costo es el factor más importante para el estudio de alternativas se concluye que el sistema de tratamiento consistente en lagunas de estabilización es una de las mejores opciones a considerar en esta propuesta en este tramo específicamente.

Las lagunas de estabilización son simples estructuras de tierra, abiertas al aire y al sol, estos elementos constituyen los recursos naturales utilizados para la transformación de la materia orgánica en la que se efectúa la autopurificación de los residuos líquidos por medio de la acción mutua de algas y bacterias. Como se sabe en relación con los procesos convencionales tienen enorme ventaja de que los costos de construcción y de operación son menores.

Por ser las lagunas de estabilización facultativas las que presentan mayores ventajas para el tratamiento de las aguas de Río la Sabana, a continuación se efectuará una revisión de las matemáticas del diseño y los fundamentos biológicos, para que queden como base para una futura realización de esta obra requerida.

Para empezar se considerara que para el diseño de este tipo de lagunas la ecuación que a continuación se muestra no establece diferencia entre la velocidad de descomposición biológica de las materias solubles y la de los sólidos sedimentables.

Ecuación No. 7.1

$$L_p = \frac{L_o}{(K_T R_T + 1)}$$

Donde:

$L_p$  =  $DBO_5$  del agua efluente (mg/litro)

$L_o$  =  $DBO_5$  del agua influente (mg/litro)

$K_T$  = velocidad de descomposición a la temperatura T

$R_T$  = tiempo de retención a la temperatura T

El valor de la velocidad de descomposición  $K_T$  depende de la temperatura:

Ecuación No. 7.2

$$\frac{K_{35}}{K_T} \quad \ominus (35 - T) = \frac{R_T}{R_T}$$

Donde:

T = temperatura de la laguna (grados centígrados)

$\ominus$  = coeficiente de reacción en función de la temperatura (1.085)

$K_{35}$  = velocidad de descomposición a 35 °C

A continuación se indican valores de  $K_T$  para diferentes temperaturas:

Temperatura	$K_T$ por día	Temperatura	$K_T$ por día
°C		°C	
5	0.103	25	0.53
10	0.12	30	0.80
15	0.24	35	1.20
20	0.35	-	-

La eficiencia de la laguna se puede determinar con la fórmula:

Ecuación No. 7.3

$$E (\%) = \left( \frac{L_o - L_p}{L_o} \right) 100$$

$$E = \left( \frac{\frac{R}{T}}{\frac{1}{K_T} + R_T} \right) 100$$

Muchos factores intervienen en el óptimo funcionamiento de la laguna entre los principales la carga orgánica total, la profundidad, la carga por unidad de superficie.

Pueden producirse malos olores por distintas causas: temperatura alta, superficie insuficiente, distribución desigual de los sólidos sedimentables, insuficiente profundidad de la masa líquida, entre otras.

Pueden corregirse estos problemas mediante la construcción de varias entradas del agua a la laguna para lograr una mejor distribución de los sólidos sedimentables, aumentar la profundidad de la capa de agua hasta una altura de 1.5 a 2.0 m.

Ecuación No. 7.4

$$V = (3.5 \times 10^{-5}) N.q.La \Theta^{(35-T_m)}$$

V = volumen (m<sup>3</sup>)

N = número de personas

q = cantidad de aguas residuales (l/día)

La = demanda bioquímica última de DBOu (mg/l)

Θ = coeficientes de reacción por la temperatura (1.085)

T<sub>m</sub> = temperatura media del agua en el mes más frío (°C)

El valor N.q. la denomina "factor de carga" (FC), mediante éste se puede elaborar un gráfico para el cálculo de los volúmenes a diferentes temperaturas.

En la fórmula no interviene un coeficiente para expresar la influencia de la intensidad de la luz (insolación), pero hay que tomarla en cuenta aumentando la superficie de la laguna. Cuando hay períodos de nubosidad por dos o más semanas puede emplearse una unidad de pretratamiento anaerobio.

Las experiencias obtenidas sobre lagunas facultativas indicaron que el comportamiento estas depende de la profundidad:

La fórmula que se utiliza es la siguiente:

Ecuación No. 5

$$L_p = \frac{600}{(0.18 d + 8)}$$

$L_p$  = DBO del efluente a 5 días y 20°C (mg/l)

$d$  = profundidad (m)

También es posible aplicar la fórmula de la Ecuación No. 7.1, en la que el valor de  $Kt$  es 0.17.

Ecuación No. 7.6

$$L_p = \frac{L_o}{0.17 R_T + 1}$$

$L_p$  = DBO<sub>5</sub> del efluente (mg/l)

$L_o$  = del influente (mg/l)

$R_T$  = tiempo de retención

La estratificación térmica permite que las capas inferiores estén sujetas al proceso anaerobio, en cambio, en las capas superiores se desarrolla la oxidación aerobia, debida a la fotosíntesis y a la disolución del oxígeno del aire.

La profundidad de las lagunas facultativas es generalmente de 1.50 a 1.80 m., la que es suficiente para permitir el desarrollo de la estratificación térmica y la constitución de las dos zonas indicadas anteriormente. En las capas superiores el desarrollo de las algas puede sobresaturar las lagunas con oxígeno disuelto. La mayor parte de carbono de la materia orgánica sirve como energía para las bacterias que como subproducto expelen CO<sub>2</sub>, el restante se utiliza para formar nuevas células. El CO<sub>2</sub> producido por la respiración puede ser nuevamente aprovechado para convertirse

en células de algas que salen con el efluente o se depositan en el sedimento en la zona anaerobia, debido a la producción de algas y bacterias muertas. En esta forma, las lagunas facultativas tienen dos procesos, el de oxigenación por fotosíntesis y el de fermentación con producción de metano, estos dos procesos son importantes para la reducción de la DBO de las aguas residuales.

La experiencia ha indicado que la temperatura tiene un marcado efecto en el comportamiento de las lagunas facultativas. Al aumentar la producción de algas aumenta la producción de  $O_2$ , el que se escapa del líquido si sobrepasa el nivel de sobresaturación. La fotosíntesis producida por las algas con el consumo de  $CO_2$ , tiene a aumentar el pH en la capa aerobia de la laguna. Generalmente el pH puede llegar hasta 10.0 en condiciones favorables dependiendo del efecto amortiguador del agua de la laguna. La máxima oxidación bacteriana ocurre a un pH 8.3, para valores mayores de 9.5 el proceso se ve seriamente afectado.

En lo que respecta a profundidad y tiempo de retención las lagunas facultativas se diseñan para producir una calidad de efluente comparable al que se obtiene en el tratamiento secundario; por esta razón, la profundidad y el tiempo de son muy importantes en el diseño de las lagunas de estabilización.

La profundidad debe ser tal que permita el desarrollo de la estratificación térmica.

En general; una profundidad de 1.50 a 1.80 m. es la más común de uso más común para lagunas facultativas de estabilización. De hecho, hay poca ventaja práctica para aumentar la profundidad sobre 1.10 m., ya que se disminuye el área superficial o se aumenta la carga orgánica.

A continuación se destacará la importancia de considerar otros factores integrantes del diseño de las lagunas de estabilización. Entre los elementos principales podemos citar los siguientes:

- Selección del sitio
- Forma de la laguna y fondo
- Área (determinada por la aplicación de las fórmulas de diseño)
- Profundidad (adoptada de acuerdo con la experiencia obtenida y el cálculo)
- Periodo de retención (calculado en el proceso de diseño)
- Diques (los volúmenes son importantes para conocer el movimiento total de tierra)

- Estructura de entrada (influyente)
- Estructura de salida (efluente)
- Sistemas de varias lagunas
- Cercas y señales

#### Selección del sitio:

- Se recomienda que la localización de la laguna esté a 800 m. de la comunidad más cercana y a 400 m. de una residencia.
- No deben existir obstáculos para lograr una eficiente acción del viento.
- Se debe determinar la composición geológica o características del suelo para evitar que las aguas de infiltración ocasionen la contaminación de las aguas subterráneas.
- El estudio de la topografía es importante para minimizar el movimiento de tierra (cortes y rellenos).
- Se debe efectuar un estudio sobre el costo de la laguna.

#### Forma y Fondo:

- Es muy variada y generalmente se ajusta a la topografía del lugar. Hay que evitar la formación de penínsulas, golfos, islas o similares para que el material flotante no se acumule en ellas y se presente un obstáculo a la acción del viento.
- El fondo debe presentar cierta uniformidad. Se deben efectuar ensayos sobre la calidad del suelo como se indicó anteriormente. Una determinación que debe efectuarse es la permeabilidad del fondo, en caso de haber filtración elevada es necesario impermeabilizarlo con un revestimiento de arcilla de 40 centímetros de espesor.

#### Profundidad:

- Se establece como mínima el 0.90 para que el agua cubra totalmente y se evite el crecimiento de plantas en el fondo de la laguna. La profundidad efectiva es menor ya que la real es la que la luz atraviesa. Debe haber oscilaciones del nivel de la laguna para evitar o destruir las larvas que se forman en las orillas.
- Los sedimentos no crean problemas, se calcula que la capa de lodos bentales es de aproximadamente 6 mm. por año.

#### Diques:

- Los diques o terraplenes sirven para transitar alrededor de la laguna, manteniendo limpia y libre de hierbas las orillas.
- Los taludes se construyen por lo general con la inclinación de 1:3 (1 vertical y 3 horizontal). El talud dependerá del ángulo de reposo de los materiales.
- Los diques deben ser impermeables y tener en la parte superior una plataforma de 3 a 4 m. de ancho para permitir el paso de vehículos.
- La altura del dique debe ser, por lo menos, 0.70 m. sobre el nivel máximo del agua, no debiendo perjudicar la acción del viento.

#### Estructura de entrada:

- Consiste en una simple tubería que descarga las aguas en el centro de la laguna, en el caso de que ésta sea pequeña, y a 15 m. de la orilla en el caso de que sea grande.
- Las descargas pueden ser aéreas, sostenidas en pilas, o asentadas sobre el fondo de la laguna.
- En el lugar de la descarga debe construirse una plataforma de concreto de 4m. de diámetro, para evitar la erosión y facilitar la limpieza, porque es la zona donde hay mayor sedimentación.

#### Estructura de Salida:

- Debe estar cerca de una de las orillas y lo más lejos posible de la estructura de entrada, para evitar la formación de cortos circuitos.
- La salida deberá estar un poco abajo de la superficie libre, para evitar el escurrimiento de los sólidos flotantes; además, en esa forma se obtiene un efluente de mejor calidad.
- Como hay variaciones en el nivel de la laguna será necesario prever dispositivos en la salida para tener flexibilidad en la operación.

La flexibilidad en la operación de una laguna se logra mediante el uso de varias lagunas como parte de un mismo sistema.

El problema de iniciar la operación de una laguna se resuelve fácilmente cuando existe una fuente auxiliar de agua;

en caso contrario si las lagunas son diseñadas para operar en paralelo la operación es sencilla ya que se puede empezar la operación en una laguna pequeña, en esta forma se disminuye el periodo de llenado y se evita el crecimiento de hierbas en el fondo.

Cuando las lagunas operan en serie, practicamente todos los sólidos sedimentables se depositan en la primera; por lo mismo, su área sería practicamente igual a la de una laguna que estuviera sola. La disminución del área que se obtiene al usar varias en lugar de una sola reduce la acción del viento, esto es una ventaja porque hay menor erosión sobre el terraplén; pero, es desventajoso por el mezclado que debe tener la laguna.

#### Cercas y señales:

Es imprescindible la colocación de cercas y señales para prohibir el paso y advertir a las personas que la laguna de estabilización no debe confundirse con otro tipo de lagunas, y evitar su empleo para aprovisionamiento de agua, fines recreativos o abrevadero de animales.

Cálculo según diseño experimental

Ecuación 7.1

$$\begin{aligned}
 L_p &= ? \\
 L_0 &= 1836.24 \text{ mg/l (tabla 5.5)} \\
 K_T &= 0.53 \text{ considerando } T = 25 \text{ grados centígrados} \\
 R_T &= 20 \text{ días (considerados según recomendación} \\
 &\quad \text{para este tipo de lagunas.)}
 \end{aligned}$$

$$L_p = \frac{1836.24}{(0.53 \times 20) + 1} = 158.29 \text{ DBO}$$

Ecuación 7.3

$$E \% = \frac{L_0 - L_p}{L_0} \times 100$$

$$E \% = \frac{(1836.24 - 108.65)}{1836.24} \times 100 = 94.08 \%$$

Ecuación 7.4

$$\begin{aligned}
 V &= ? \\
 N &= 10,070 \\
 q &= 150 \text{ l/día} \\
 L_a &= 158.29 \\
 T_m &= 18 \text{ c}
 \end{aligned}$$

$$V = (3.5 \times 10^{-5}) (10070) (150) (158.29) 0^{(35-18)}$$

$$V = 33,392.52 \text{ m}^3$$

$$S = 22,328.3 \text{ m}^2 = 2.23 \text{ Ha}$$

Periodo Retención = 20.63 días.

Ecuación 7.5

$$\begin{aligned}
 L_p &= ? \\
 d &= 1.5 \text{ propuesto}
 \end{aligned}$$

$$L_p = \frac{600}{(0.18 (1.5) + 8)} = 72.55$$

Los resultados que arrojan estos cálculos sirven para dar una idea del volumen que tendrá la laguna, la superficie que se necesita y el periodo de retención necesario, del agua en la laguna. Estos son con el fin de que se realice la obra se tenga ya una base que la justifique. Así como también se tendrá que tomar en cuenta todos los demás factores integrantes del diseño mencionados en páginas anteriores.

Existe un factor muy importante y es la ubicación de la laguna ya que ésta deberá encontrarse en una zona que sea accesible a todos los poblados por medio de una red de tubería que concede a los poblados con la laguna de estabilización. En el caso de poblaciones muy pequeñas ubicadas dentro de este tramo (Paso Texca, El Quemado u Organos de San Agustín) se podrían proponer algún otro tipo de tratamiento como serían las fosas sépticas que ayudarían en gran medida a detener el deterioro de las aguas del Río La Sabana.

c) El tercer tramo va de Cd. Renacimiento a Tuncingo y después a la Laguna de Tres Palos. En este tramo se presenta un gran deterioro en la calidad del agua y el agua es inadecuada para cualquier uso, por lo tanto no tiene capacidad de dilución. Debido a esta situación se necesita considerar un sistema que reduzca en un 90% a 99% la DBO y si se observa la tabla 6.2 se podrá notar que entre los sistemas que cumplan los requisitos se encuentran las lagunas de estabilización, las cuales también se considerarán en el segundo tramo.

En lo que respecta a la producción de lodo, conviene utilizar el proceso que produzca menos lodos para que no se incremente el costo de mantenimiento (tabla 6.3).

En este tramo la topografía de la zona es mucho más accesible ya que cuenta con terrenos planos lo cual es de importancia ya que por esa razón no se incrementaría mucho la inversión debido a que no sería necesario un movimiento de tierras considerable.

El costo siempre es el factor decisivo en este tipo de obras por lo tanto recurriendo a las tablas No. 6.4, 6.5 y 6.6 se podrá notar que el sistema a base de lagunas de estabilización es el más bajo en costo tanto de construcción como de operación y mantenimiento.

Para este tramo es importante considerar también los factores ya mencionados en el segundo tramo acerca de las lagunas de estabilización facultativas.

En este tramo se consideran las poblaciones siguientes (con población mayor a los 1500 habitantes): La Máquina, El Cayaco, San Pedro las Playas, Tres Palos y Plan de los Amates.

En este tramo se podrían considerar lagunas de estabilización facultativas pequeñas para cada población o para cada dos poblaciones dependiendo de su ubicación, ya que como se puede observar en el plano 7.5 la población de plan de los Amates se encuentra ubicada al otro lado de la población San Pedro Las Playas, separadas por la laguna.

En el caso de poblaciones menores a 1500 habitantes (plano 7.4 y 7.6) como Tuncingo, El Arrenal, Barra Vieja, El Bejuco, Candelilla y La Estación es factible la construcción de Fosas Sépticas para cada población o bien una laguna de estabilización ubicado en una zona en la que varias poblaciones puedan por medio de una red de tuberías conectarse a la laguna.

En este tramo se encuentran poblaciones que tienen diferentes necesidades como (plano 7.2):

Actualmente el conjunto urbano de El Coloso cuenta con algunas plantas de tratamiento cuyo servicio representa un 30% del total a cubrir en un futuro próximo, esto es, cuando la unidad este totalmente habitada. Estas plantas vierten sus aguas tratadas a los arroyos y al río La Sabana, creando problemas de encharcamiento y de escurrimientos indeseables. Con el fin de evitar estos problemas, se plantea la instalación de un colector que conducirá las aguas tratadas de las plantas existentes, así como de las plantas que a futuro se construyan, hasta el lago situado a la derecha de la carretera nacional Acapulco-Puerto Marquez, cerca de la trituradora de grava Proviencia. Este colector tendrá la capacidad necesaria para captar los efluentes de las plantas que tratarán las aguas residuales que se produzcan en toda la unidad del Coloso.

Rehabilitación y mantenimiento a la planta de tratamiento de aguas negras, de Cd. Renacimiento, Unidad Habitacional El Coloso y Unidad Habitacional Vicente Guerrero 200. Ver plano 7.3 .

Ampliar la red general de alcantarillado en la zona urbana asentada en la cuenca del Río, así como la rehabilitación del colector marginal localizado en las margenes del mismo.

e) En este tramo nos referimos concretamente a la laguna Negra, cuya necesidad no es solo de tratamiento de aguas sino también de Desarrollo Turístico, por lo cual se propone lo siguiente:

- Ampliar el sistema de alcantarillado y drenaje en la

población de Puerto Marques a fin de controlar cualquier descarga clandestina de agua residual; el diseño de este sistema deberá considerar las ventajas de la recolección segregada de aguas pluviales y municipales.

Como complemento del sistema de drenaje deberá considerarse que las aguas residuales de la planta de tratamiento cuya disposición final en caso de no ser factible su reuso, deberá ser su inyección en un estrato adecuado seleccionado en base a estudios específicos al respecto.

- Ejecución de obras de dragados y rellenos para construir una dársena, un canal de navegación e instalaciones conexas de tipo inmobiliario en su entorno. (Ver perspectiva 7.1)

Se considera que el impacto ecológico que dichas obras produciría, sería muy importante por la posible afectación ecológica en la región. Por lo que sería necesario hacer un cuidadoso estudio de impacto ambiental.

- Fortalecimiento de su importancia como atractivo ecológico y turístico apoyando a desarrollo como el de Acapulco Diamante.

- Construir un muelle para guardar las lanchas que se utilicen en los recorridos turísticos por la laguna.

- Construir puestos de observación tipo mirador, en lugares estratégicos alrededor de la laguna.

- Con el objeto de corregir las alteraciones en las condiciones de flujo natural que se han venido dando por los problemas de azolvamiento del río La Sabana y diversas obras que han alterado el funcionamiento hidráulico de la laguna se propone:

.Elaborar un plan de dragado de la intercomunicación del Río la Sabana con la laguna Negra diseñando las estructuras de control que permitan regular las aportaciones de agua dulce en función de los niveles óptimos de salinidad requeridos y.

.Con base en dicho análisis evaluar la eventual necesidad de conveniencia de llevar a cabo un dragado para eliminar la barra que separa la laguna del mar conjuntamente con las necesidades de obras exteriores tales como espigones y otras estructuras de control.

Aunque se consideran estas medidas como de la mayor trascendencia del sistema lagunar de las lagunas Negra y Tres Palos, no se recomienda la realización de obras sin fundamentarlas previamente en estudios hidrodinámicos,

oceanográficos, de dinámica de litoral y ecológicos ya que un inadecuado dimensionamiento de las obras que se realicen pudiera tener efectos contraproducentes, tanto desde el punto de vista ecológico, como en lo relativo a erosión de playas, inundaciones, cambios sustanciales en el nivel de la laguna, etc.

- Otra propuesta es la construcción de una escollera al este de la barra de la laguna Negra. La finalidad de la instalación de la escollera sería evitar que una vez dragada la barra esta se cierre por el arrastre de arena ocasionado por el oleaje. Desde el punto de vista hidrodinámico, esta es una medida que debe ser estudiada con mucho cuidado.

Desde el punto de vista biológico, el efecto sería el de aumentar la salinidad promedio de la laguna especialmente durante la época de secas. En la actualidad, la salinidad dentro de la laguna es al menos cinco veces menor a la del mar. Aunque los manglares toleran concentraciones salinas altas, el efecto probable de esta medida sería: la muerte de las partes altas de los árboles, lo que ocasionaría un mal aspecto de la comunidad vegetal, hojas muertas o amarillas en las copas altas y a largo plazo una disminución en la altura general de los árboles.

f) Además de todas las obras propuestas anteriormente es de suma importancia realizar las siguientes acciones:

f) Además de todas las obras propuestas anteriormente es de suma importancia realizar las siguientes acciones:

- Designar terrenos adecuados para depósitos de basuras en las poblaciones como: El Treinta, La Sabana, Tres Palos, Cayaco, La Venta, El Km. 45, y que el municipio periódicamente recolecte esta basura y de el destino final correspondiente.

- Limpiar el Río La Sabana del lirio acuático existente en la desembocadura a la Laguna de Tres Palos, para evitar su proliferación en la Laguna.

- Establecer programas de educación en materia de desechos sólidos y del agua, a través de los medios de difusión y vía directa en las localidades.

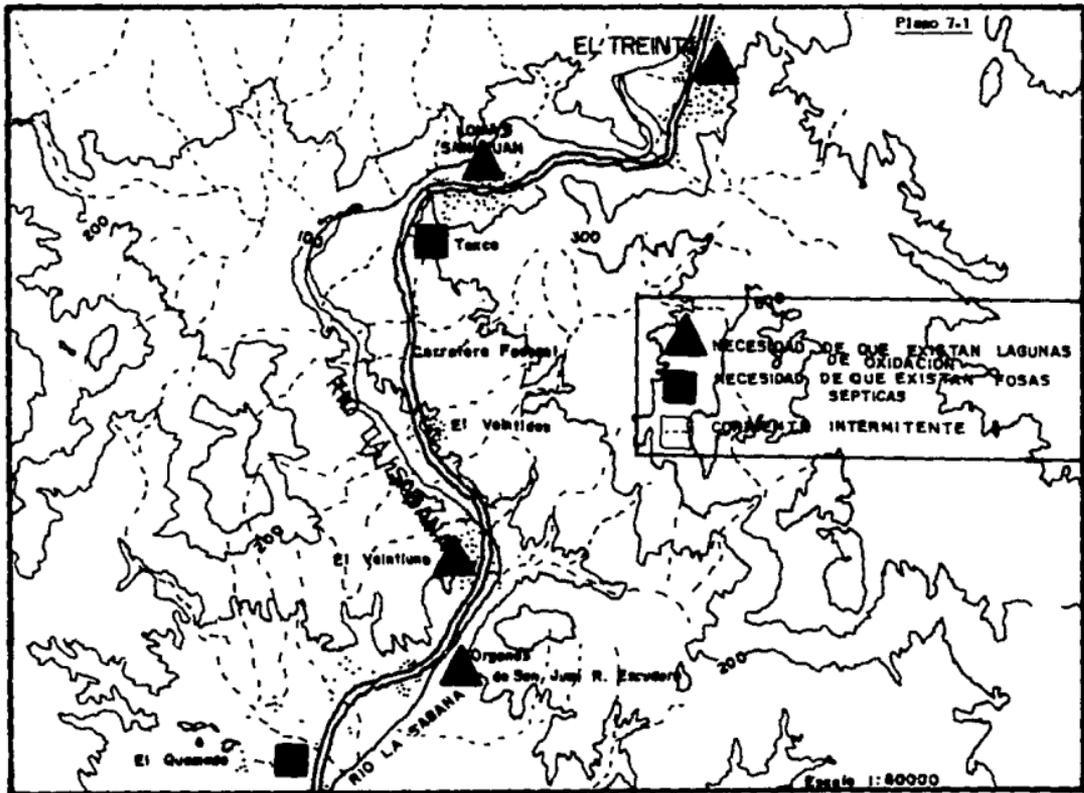
- Promover programas de reforestación en las zonas altas sujetas a explotación forestal para evitar el transporte de asolves al cauce.

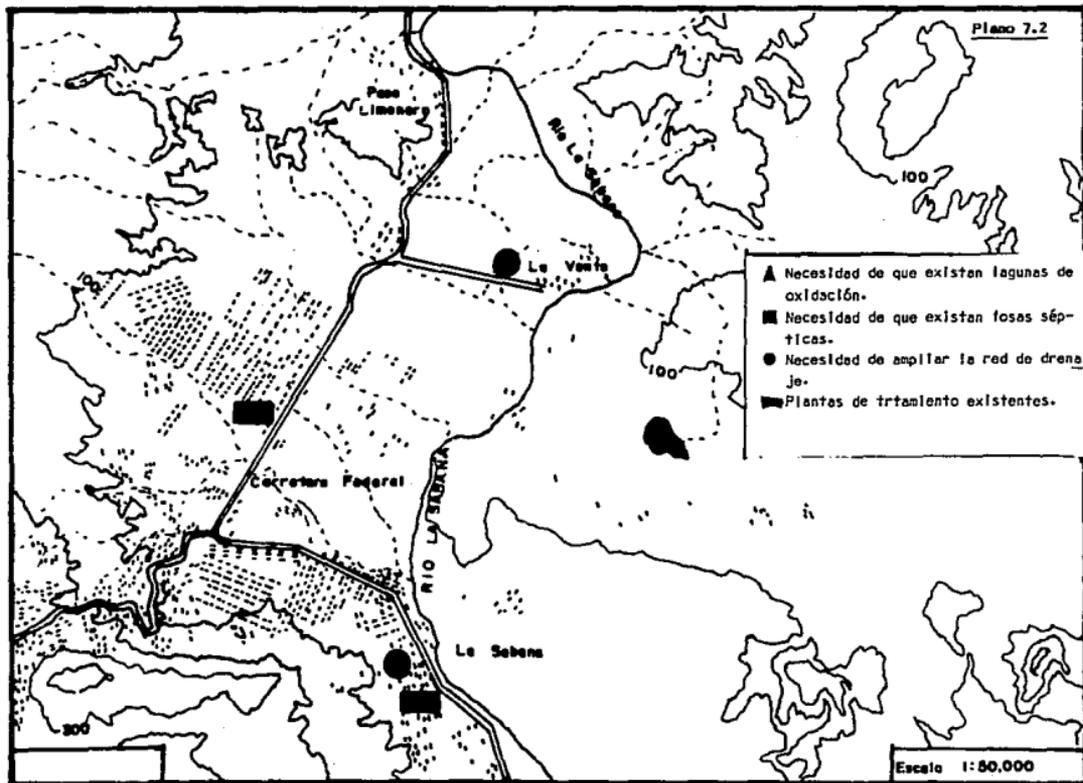
Si no se cumplen todas estas acciones, el agua del Río La Sabana no mejorará su calidad en virtud de que el crecimiento demográfico es alto y generador potencial de carga orgánica que degrada la calidad sanitaria, biológica y estética del ambiente.

POBLACIONES	MUNICIPIO	No. HABITANTES
1.-Kilómetro 21	Acapulco	1772
2.-Kilómetro	"	458
3.-Kilómetro 30	"	4786
4.-Kilómetro 32	"	166
5.-Kilómetro 33	"	104
6.-Kilómetro 34	"	103
7.-Kilómetro	"	20
8.-Kilómetro 39	"	536
9.-Kilómetro 40	"	842
10.-Kilómetro 42	"	680
11.-Piedra Ináñ	"	710
12.-Lomas de Sn. Juan	"	1575
13.-Organos de Juan R. Escudero	"	1280
14.-La máquina	"	230
15.-El Ceyaco	"	250
16.-Sn. Pedro de las Playas	"	2025
17.-Tres Palos	"	4161
18.-Plan de los Amates	"	1296
19.-Paso de Texca	"	214
20.-El Quemado	"	450
21.-Organos de Sn. Agustín	"	1273
22.-Tunvcingo	"	1324
23.-El Arenal	"	480
24.-Barra Vieja	"	916
25.-El Bejuco	"	1315
26.-Candelilla	"	120
27.-La Estación	"	918
28.-La Sabana	"	4650
29.-Cd. renacimiento	"	45000
30.-Col. Emiliano Zapata	"	38000
31.-Las Cruces	"	30000

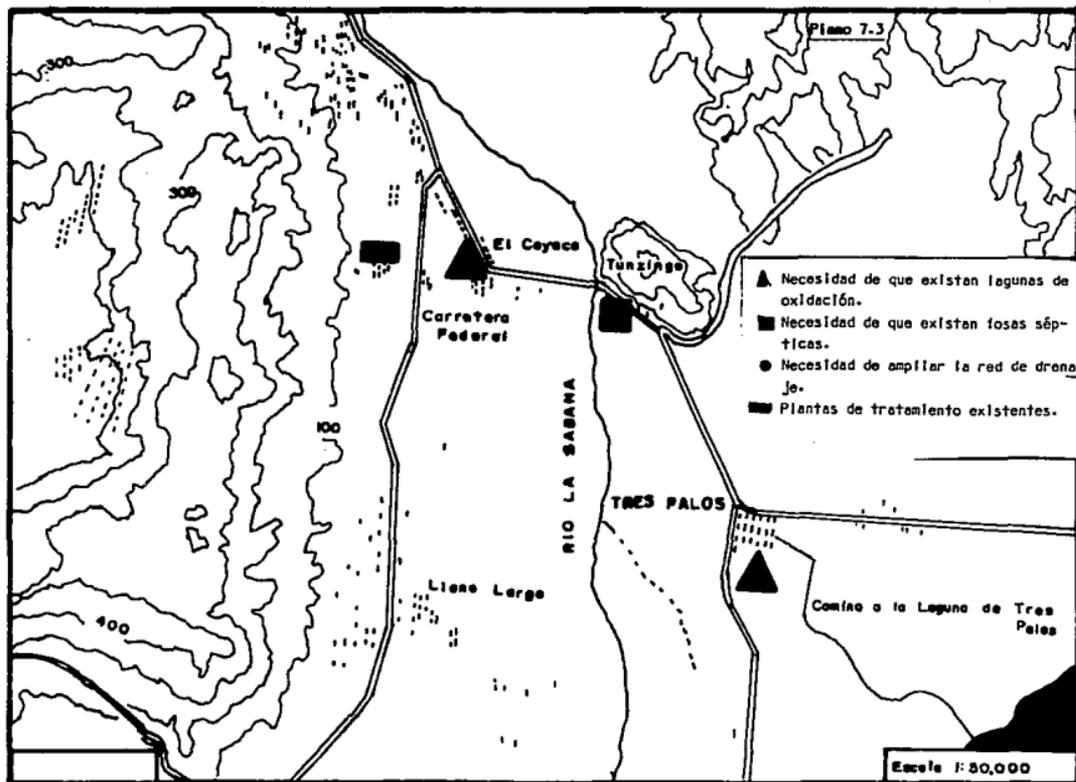
Tabla 7.1

111

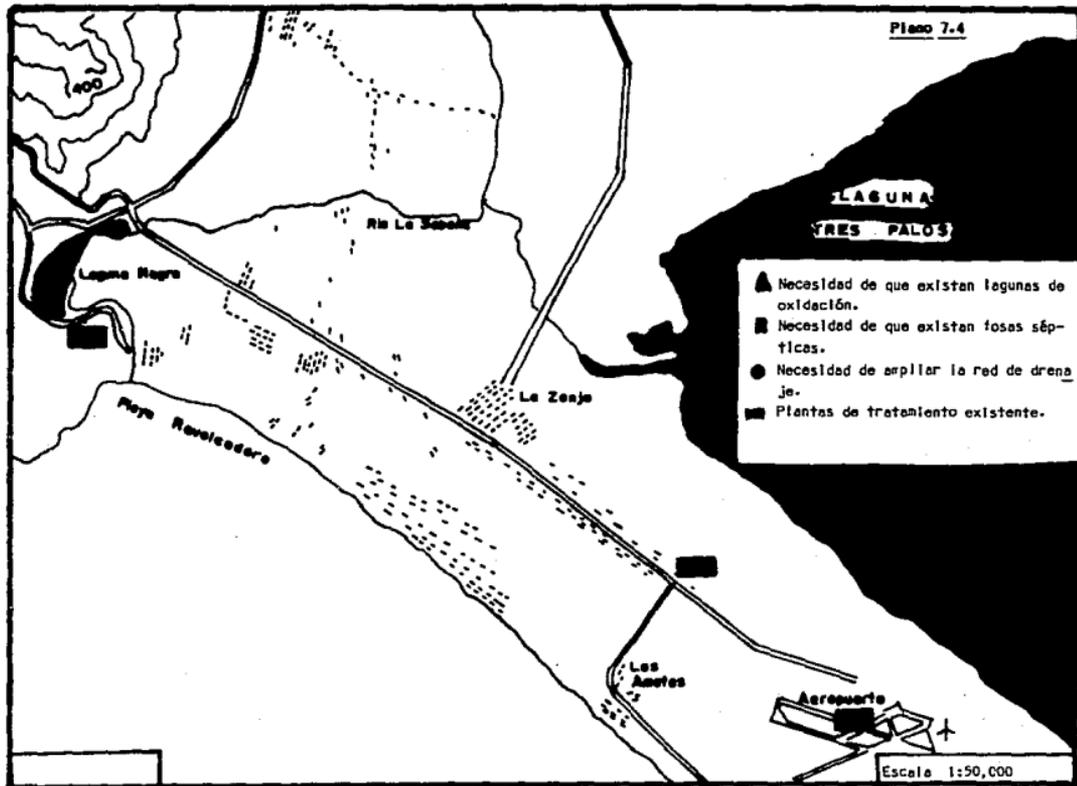




1/9

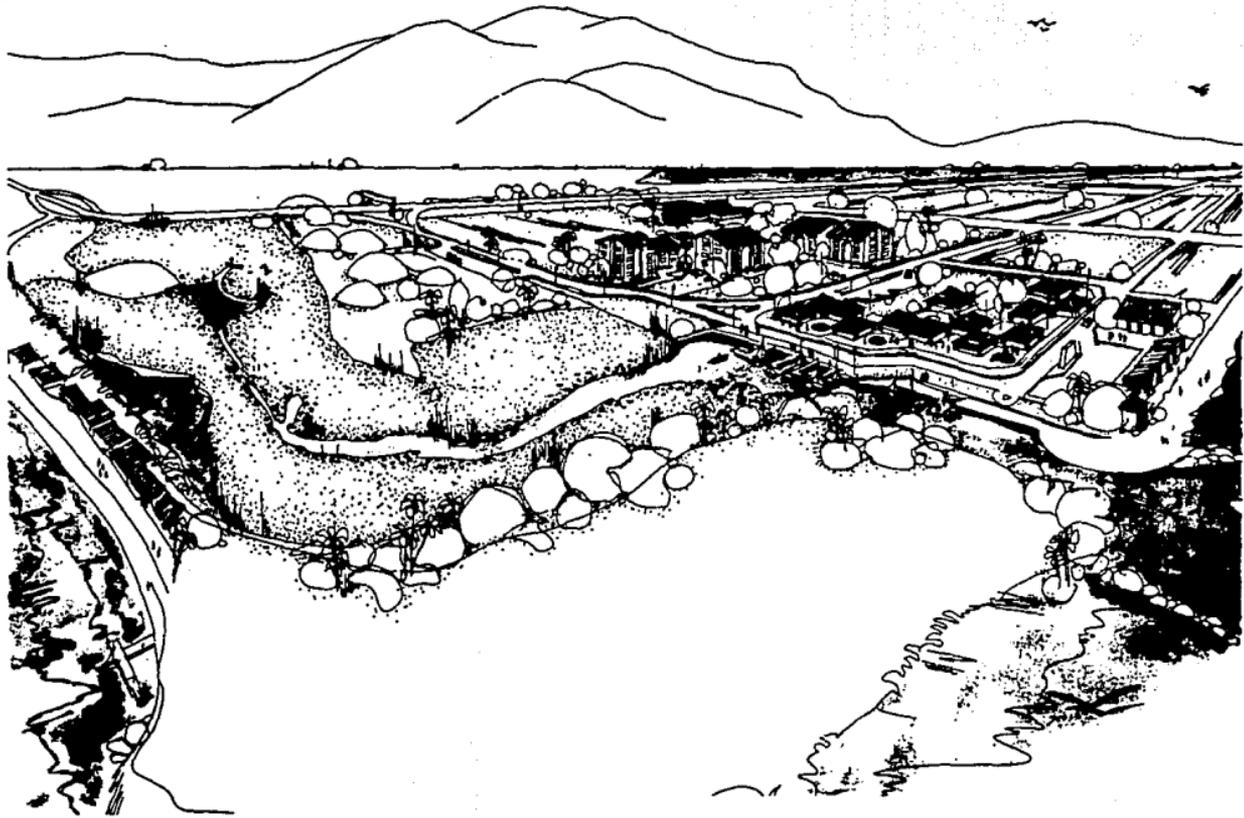


411





5/1



## CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

Conciente de que el agua desempeña un importantísimo papel en todos los ordenes de la vida y el progreso como indiscutible factor de cambio, y considerando que resulta indispensable e impostergable maximizar la eficiencia del uso de este recurso, la presente Tesis, con el afán de proteger y prevenir la contaminación, en los capítulos anteriores ha pretendido proporcionar las bases que sirven de fundamento para la realización futura de las obras que aquí se proponen. Desgraciadamente una de las limitaciones de esta Tesis, es el tiempo para su realización motivo por el cual se concreta exclusivamente a dar una idea general de todas las obras que se necesitan para evitar la contaminación de los cuerpos de agua y para un futuro desarrollo turístico, no ahondando en cada una de las obras debido a que cada obra merece especial atención y sería cada una de ellas objeto de una tesis. Pero como se expresa anteriormente, basada en criterio de Ingeniería Sanitaria y resaltando la importancia de ésta se desea hacer latente la necesidad de estas obras, que despierten un interés para realizarlas en un futuro muy próximo.

### Propuesta de Obras:

-Lagunas de Estabilización Facultativas que beneficiaran a los poblados siguientes:

Km. 21, Km. 30, Lomas de San Juan, Organos de Juan R. Escudero, La Máquina, El Cayaco, San Pedro las Playas, Tres Palos, Plan de los Amates.

-Fosas sépticas propuestas en los siguientes poblados: Paso Texca, El Quemado, Organos de San Agustín, Tuncingo, El Arenal, Barra Vieja, El Bejuco, Candelilla, La Estación.

-Desarrollo Turístico propuesto en la Laguna Negra considerando un estudio minucioso del impacto ambiental en esa zona.

-Realizar diferentes acciones para hacer conciencia en los habitantes de esos poblados, de el papel tan importante que desempeñan para evitar que siga la contaminación.

Todo el estudio que se realizó a lo largo de esta Tesis tuvo un criterio como se pretendía desde su inicio ECOLOGICO, que permitió llegar a conclusiones y propuestas que van acordes con lo que estipula la ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente, así como su Reglamentación Vigente. Cabe mencionar en este punto que para poder realizar este tipo de obras será necesario realizar la Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente, en los

términos que determina el procedimiento de Impacto Ambiental.

Debido a que nuestro medio ambiente es de vital trascendencia y que hoy día su degradación ha alcanzado niveles muy altos, se debe estar alerta y realizar obras de prevención para evitar las correctivas y concretamenta en este Municipio de Acapulco es necesario que se tengan programas de planeación y urbanización ya que el crecimiento de la población es muy acelerado y este es muchas veces el motivo de los problemas de contaminación.

Por último se señala que las obras de diseño, construcción y operación de las obras mediante las cuales se suministra agua a las ciudades y se elimina a través de sistemas de aguas residuales, pertenece primordialmente al campo de la ingeniería. Aun cuando el ingeniero puede solicitar el consejo de geólogos, geofísicos, hidrólogos, químicos, biólogos o analistas de sistemas, las decisiones siguen siendo suyas.

## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

BABBIT Harod y E.R. Baumann  
Alcantarillado y Aguas Negras  
Octava Edición  
Editorial Mc. Graw Hill  
Nueva York, 1962

FAIR Gordon Maskew, Geyer John Charles, Okun Daniel  
Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales  
Editorial Limusa, S.A. de C.V.  
Segunda reimpresión: 1988

METCALF and Eddy  
Waste Water Engineering Treatment and Disposal  
Second Edition  
Mc. Graw Hill  
U.S.A. 1979

VAZQUEZ Yanes Carlos y Orozco Segovia Alma  
La Destrucción de la Naturaleza  
Editorial Fondo de Cultura Económica  
México, 1983

Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, U.S.A.  
Manual de Tratamiento de Aguas Negras  
Editorial Limusa  
México, 1980

American Society for Testing and Materials  
Manual de Aguas para Usos Industriales  
Editorial Limusa  
México, 1976

Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente  
Características Generales y Clasificación de las Aguas  
Residuales  
S.S.A.  
México, 1979

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología  
Elementos para la operación de plantas de tratamiento  
Pramesa, S.A.  
México, 1985

Secretaría de Recursos Hidráulicos  
Protección y mejoramiento de la calidad del agua  
México, 1976

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas  
Plantas de Tratamiento de Aguas Negras  
México, 1981

**Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología**  
**Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**  
**Reglamento para la prevención y control de la contaminación**  
**de aguas.**  
**México, 1988**