



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS  
UTILIZANDO TANQUES IMHOFF EN LA COLONIA EL TESORO,  
MIXCO**

**RUBÉN ALEXANDER GIRÓN MORALES  
ASESORADO POR ING. WALTER ROBERTO ARÉVALO GARCÍA**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2004**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS UTILIZANDO TANQUES IMHOFF  
EN LA COLONIA EL TESORO, MIXCO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

**RUBÉN ALEXANDER GIRÓN MORALES**

ASESORADO POR ING. WALTER ROBERTO ARÉVALO GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	ING. SYDNEY ALEXANDER SAMUELS MILSON
VOCAL I	ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS
VOCAL II	LIC. AMAHÁN SÁNCHEZ ÁLVAREZ
VOCAL III	ING. JULIO DAVID GALICIA CELADA
VOCAL IV	BR. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ
VOCAL V	BR. ELISA YAZMINDA VIDES LEIVA
SECRETARIO	ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR	ING. ALFREDO ENRIQUE BEBER ACEITUNO
EXAMINADOR	ING. LAUDHINY ROBERTO SAMAYOA GONZÁLEZ
EXAMINADOR	ING. CARLOS ALFREDO FERNÁNDEZ ERAZO
SECRETARIA	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS UTILIZANDO TANQUES IMHOFF EN LA COLONIA EL TESORO, MIXCO**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 27 de abril del 2001.

Rubén Alexander Girón Morales

## **AGRADECIMIENTOS A**

- DIOS** Por ser quien me levanta y fortalece, Él es la razón de mi vida, el que guía mis pasos.
- MIS PADRES** Rubén Atilio Girón y Girón y Vidilia Izabel Morales Girón  
Por ser las personas puestas por Dios para guiarme y apoyarme.
- MI ESPOSA** Mirle Rossineth Martínez Herrera de Girón  
Por ser mi chica poderosa, mi amada. Por tenerme paciencia y apoyarme insistentemente a culminar este estudio.
- HERMANOS** Fernando, Dinora, Brenda, Lorena y Nidia  
Gracias por quererme y ser parte de mi vida.
- FAMILIARES** Por tenerme en alta estima, confianza y aprecio. Especialmente a Oralia de Martínez por alegrarse conmigo en este triunfo.
- ASESOR** Ing. Walter Arévalo  
Por su valioso tiempo, y compartir su conocimiento.
- AMIGOS** Sería innumerable la lista de personas que me han apoyado, animándome a seguir, con proporcionarme documentación y referencias para este estudio. Entre ellos a Inga. Ruth Portillo y a mi compañero de estudios Ing. Edy Chanquín. Que Dios los bendiga.

## **ACTO QUE DEDICO A**

### **MI DIOS**

Por el amor y misericordia hacia mí, y gozar de ser su hijo. Reconociendo que este logro no es por mis fuerzas, sino por su gracia y poder.

### **MI MADRECITA**

Mujer diligente y esforzada. Aun con todas sus limitaciones luchó incansablemente hasta verme “como su ingeniero”.

Gracias madre porque ha entregado su vida y esfuerzos por amor a sus hijos.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>IV</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XVI</b>
<b>1. GENERALIDADES SOBRE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE MAYOR APLICABILIDAD Y VARIABLES AMBIENTALES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Componentes unitarios comunes.....	1
1.2 Alternativas de tratamiento biológico.....	7
1.3 Tratamiento físico-químico.....	17
1.4 Variables ambientales y su influencia.....	32
<b>2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>39</b>
2.1 Base legal del estudio de impacto ambiental.....	39
2.2 Objetivos de la evaluación del impacto ambiental.....	43
2.3 Consideraciones y limitaciones de los estudios ambientales.....	46
2.3.1 Consideraciones de los estudios ambientales.....	50
2.3.2 Limitaciones de los estudios ambientales.....	53
2.4 Metodología para la evaluación de impactos ambientales.....	58
2.4.1 Identificación de impactos provocados por plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas usando tanques Imhoff.....	61

2.4.2	Valuación de impactos provocados por plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas usando tanques Imhoff.....	67
2.4.3	Efectos de los impactos identificados.....	72
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN GENERAL DEL IMPACTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS USANDO TANQUES IMHOFF.....</b>	<b>75</b>
3.1	Definición de actividades en las distintas etapas del proyecto.....	75
3.1.1	Búsqueda y selección del terreno.....	77
3.1.2	Etapas de habilitación y construcción.....	80
3.1.3	Etapas de operación de la planta de tratamiento.....	82
3.1.4	Etapas de abandono de la planta de tratamiento.....	85
3.2	Identificación de potenciales impactos ambientales.....	86
3.2.1	Etapas de construcción..	86
3.2.2	Etapas de operación.....	87
3.2.3	Etapas de abandono.....	91
3.3	Ejemplo real - planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, municipio de Mixco.....	95
3.3.1	Análisis, diagnóstico y medidas de mitigación.....	101
<b>4.</b>	<b>PROPUESTA PARA LA MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, PLAN MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>105</b>
4.1	Medidas de mitigación a considerar en estos proyectos.....	105
4.1.1	Etapas de construcción.....	109
4.1.2	Etapas de operación.....	111
4.1.3	Manual de operación y mantenimiento.....	115



4.2	Monitoreo y seguimiento.....	132
4.2.1	Toma de muestras.....	135
4.2.2	Análisis.....	138
4.2.3	Interpretación.....	139
4.2.4	Informe.....	141
<b>5.</b>	<b>EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN AMBIENTAL.....</b>	<b>143</b>
5.1	Características de la educación ambiental.....	143
5.2	Finalidades de la educación ambiental.....	145
5.3	Capacitación ambiental.....	148
5.3.1	Metas de capacitación ambiental.....	150
5.3.2	Recursos de programas de capacitación.....	153
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>155</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>159</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>161</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>163</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Representación esquemática de un estanque de estabilización de aguas residuales	17
2	Tanque Imhoff	26
3	Fosa séptica típica	27
4	Relaciones de los distintos ensayos de sólidos utilizados para la caracterización de la calidad del agua	83
5	Curva de DBO	84
6	Planteamiento conceptual para estudios centrados en los impactos ambientales de las aguas superficiales	113
7	Operación y mantenimiento	116
8	Limpieza del canal de rejillas	120
9	Limpieza del desarenador	121
10	Equipo necesario para operación de un tanque Imhoff	125
11	Etapas de un modelo de planificación racional para toma de datos o muestras	137
12	Marco conceptual para preparar una descripción del emplazamiento ambiental	140
13	Objetivos de la participación pública	152
14	Etapas en la selección de la opción viable ambiental usando el modelo de planificación racional	171
15	Plano de localización de la colonia El Tesoro, Mixco	172

16	Plano de ubicación de las unidades de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco	173
17	Plano de interconexión de las unidades de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco	174
18	Plano del tanque Imhoff de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco	175
19	Entra de aguas residuales al canal de rejillas de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco	176
20	Salida de aguas residuales del desarenador de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco	176
21	Vista en planta del tanque Imhoff de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco	177
22	Vista lateral del tanque Imhoff de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco	177

## TABLAS

I	Operaciones y procesos unitarios utilizados en el tratamiento preliminar de aguas residuales	19
II	Lista de control para tratar o sintetizar los impactos ambientales	66
III	Lista de control como cuestionario de los impactos potenciales sobre la salud de actuaciones hidráulicas	74
IV	Algunas razones para realizar visitas al emplazamiento o terreno	78
V	Lista de control de los puntos a considerar en una evaluación del emplazamiento o terreno	79
VI	Contaminantes importantes de las aguas superficiales y sus impactos	89
VII	Características físicas, químicas y biológicas de la calidad del agua y sus fuentes	90
VIII	Límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de las aguas servidas municipales	92
IX	Límites en los usos del agua debido a la degradación de la calidad del agua	93
X	Composición típica de las aguas residuales domésticas sin tratar	94
XI	Categorías de mitigación	106
XII	Frecuencia de actividades de operación y mantenimiento para una planta de tratamiento de aguas residuales usando tanques Imhoff	130
XIII	Desarrollo de los objetivos de un programa de participación pública	147

XIV	Potenciales impactos ambientales resultantes de las prácticas de construcción	163
XV	Análisis fisicoquímico y bacteriológico de la planta de tratamiento de aguas residuales de El Tesoro, Mixco	166
XVI	Selección de parámetros para reconocimiento de control de la calidad de aguas en ríos	168
XVII	Ejemplo de matriz de análisis de resolución de la toma de decisiones	169
XVIII	Estándares de tratamiento secundario para trabajos de servicios públicos o sea plantas de tratamiento	170

## GLOSARIO

<b>Afluyente</b>	Son las aguas residuales que entran a la planta de tratamiento.
<b>Aguas residuales</b>	Son las aguas de abastecimiento de una población después de haber sido impurificadas por diversos usos. También se les conoce como aguas residuales.
<b>Aguas residuales domésticas</b>	Son las aguas residuales provenientes de los desechos humanos, animales, y del uso de la preparación de alimentos y limpieza del hogar.
<b>Ambiente</b>	Es todo lo que nos rodea; nuestro entorno. Esta constituido por elementos naturales como el aire, el agua, el suelo, la flora, la fauna y por elementos sociales, culturales, económicos y estéticos, los cuales en contacto con el individuo, sus comunidades determinan su forma y carácter, sus relaciones y supervivencia.
<b>Bacterias</b>	Microorganismos vivos que se encuentran en las aguas residuales. Son las que hacen el trabajo de descomposición o degradación de las aguas residuales.
<b>Bacterias aerobias</b>	Son las bacterias que necesitan usar el oxígeno disuelto en el agua para poder trabajar.

<b>Bacterias anaerobias</b>	Son las bacterias que no necesitan usar el oxígeno disuelto en el agua para poder actuar o sobrevivir; estas utilizan el oxígeno de los sólidos orgánicos y de algunos inorgánicos.
<b>Contaminante</b>	Es toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, que al incorporarse o actuar con la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, altera o modifica su composición y/o afecta la salud humana.
<b>DBO</b>	Demanda bioquímica de oxígeno. Es la cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aerobia biológica de los sólidos orgánicos de las aguas residuales.
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días.
<b>Descomposición o tratamiento aerobio</b>	Es el proceso de degradación de sólidos orgánicos con bacterias aerobias. Este tipo de proceso se lleva a cabo en presencia de oxígeno disuelto en el agua.
<b>Descomposición o tratamiento anaerobio</b>	Es el proceso de degradación o putrefacción de sólidos orgánicos con bacterias anaerobias, es decir en ausencia de oxígeno disuelto.
<b>DQO</b>	Demanda química de oxígeno. Se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales.

<b>Efluente</b>	Son las aguas residuales que salen de la planta de tratamiento.
<b>EIA</b>	Evaluación de Impacto Ambiental.
<b>Emplazamiento</b>	Terreno donde se encuentra los elementos de la planta de tratamiento de aguas residuales; o las áreas aledañas que se ven afectadas por las descargas de dicha planta.
<b>EsIA</b>	Estudios de Impacto Ambiental. Es el informe técnico en el cual se plasman los resultados relevantes de la EIA, que se aplica a proyectos en su fase de preinversión.
<b>Evaluación del impacto ambiental</b>	Es el estudio que se realiza para establecer los efectos positivos y negativos que la ejecución de un proyecto tendrá sobre el ambiente, y de las medidas de prevención y mitigación que debe aplicarse en caso de desarrollarse.
<b>Floculación</b>	Proceso de formar agregados de materia orgánica finamente dividida.
<b>Impacto ambiental</b>	Cualquier alteración de las condiciones ambientales o la creación de un nuevo conjunto de condiciones ambientales, adverso o beneficio, causado o inducido por la acción o conjunto de acciones del proyecto u otra forma que se trate.
<b>Impacto negativo</b>	Cualquier alteración adversa que afectan las condiciones ambientales.



<b>Impacto positivo</b>	Cualquier alteración de las condiciones ambientales a favor o en beneficio del ambiente.
<b>Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales</b>	Las medidas de prevención y mitigación buscan reducir parcial o totalmente los impactos ambientales negativos; en tal sentido se debe considerar la reversibilidad del ambiente y el tiempo para su recuperación, los costos económicos que requiere la mitigación la capacidad institucional para valorarlo y realizar las medidas de mitigación.
<b>pH</b>	Medida que expresa el grado de acidez o de alcalinidad de una solución. Es un importante parámetro de calidad tanto de las aguas naturales como de las residuales
<b>P.T.A.N.</b>	Planta de tratamiento de aguas residuales.
<b>Proceso de la evaluación de impacto ambiental</b>	La EIA se hace conjuntamente con el estudio de factibilidad del proyecto, debiendo ser realizada por personal especializado. El análisis ambiental es parte de su planificación y diseño, y permite prevenir-evitar y reducir impactos negativos significativos, derivados de su ejecución.
<b>Programa de monitoreo</b>	El monitoreo es un sistema de observaciones continuas, de mediciones y evaluaciones para establecer que el ambiente de la obra no se esté afectando contrariamente a lo establecido en la EIA.

<b>Sólidos</b>	Materia orgánica o inorgánica no disuelta. Son parte de las aguas residuales, proceden del agua de abastecimiento del uso industrial y doméstico.
<b>Sólidos coloidales</b>	Es la fracción de los sólidos que no puede eliminarse por sedimentación. Por lo general, se requiere una coagulación u oxidación biológica seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión.
<b>Sólidos sedimentables</b>	Es la parte de los sólidos que se depositarán en el fondo de un depósito de forma de cono (llamado tanque Imhoff).
<b>Sólidos suspendidos</b>	Estos son los sólidos no sedimentables físicamente.

## RESUMEN

Por lo general, los procedimientos requieren la preparación de un documento formal que evalúe una acción propuesta, que explore un espectro de alternativas factibles, que evalúe los impactos de esas alternativas e identifique las medidas que evitarán o disminuirán la severidad de los impactos indeseables. La información revelada durante el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) puede formar la base para la decisión de aprobar o negar una acción propuesta, o para poner condiciones a su implementación.

Un impacto ambiental es un cambio hecho en el medio ambiente causado por la implementación de un proyecto o de la alternativa seleccionada, un plan, un programa, una política. Un impacto ambiental significativo es, por lo general, un impacto que puede alterar las propiedades de un recurso natural o artificial en una manera que se considera importante. Es difícil definir más explícitamente, en el abstracto, el significado de un impacto ambiental; el significado del impacto generalmente se deduce o se infiere a través de las EIA para acciones específicas.

De lo anterior, típico de nuestro medio, desvirtúa completamente el objetivo primordial de esta herramienta de desarrollo (determinación de la viabilidad ambiental de una acción o proyecto), agravándose con múltiples deficiencias en cuanto a las técnicas y procedimientos empleados en nuestros países, tanto a nivel de los profesionales responsables de efectuar los Estudios de Impacto Ambiental (EslA) como a nivel de las entidades responsables de su revisión, aprobación y seguimiento, por parte del Estado.

De esta forma, puede asegurarse que a la fecha, el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental se ha convertido en un engorroso trámite burocrático tendiente a conseguir el financiamiento o el permiso estatal para llevar a cabo un proyecto, del cual la decisión ya ha sido tomada. En consecuencia, y a pesar del creciente número de estudios elaborados, tramitados y aprobados en los países centroamericanos, los beneficios para el medio ambiente han sido mínimos.

En el presente estudio, el consultor se basará en el enfoque correcto y conveniente de la Evaluación de Impacto Ambiental, herramienta de planificación (toma de decisión), forma correcta y conveniente en que los gobiernos de los países centroamericanos pueden garantizar la sostenibilidad del desarrollo. También en los proyectos ya ejecutados se pueden determinar medidas de mitigación de impactos ambientales, así como el monitoreo y seguimiento de estas medidas.

## OBJETIVOS

- **General**

Efectuar un estudio que sirva como un documento de apoyo al momento de ejecutar este tipo de proyectos, considerando el medio ambiente, y medidas de mitigación de impacto ambiental para proyectos existentes.

- **Específicos**

1. Motivar a que el profesional tome conciencia en considerar los aspectos medio ambientales en el desarrollo de este tipo de proyectos, y que las entidades interesadas promuevan la educación y capacitación ambiental.
2. Hacer un diagnóstico de la situación actual del impacto ambiental que presentan las plantas de tratamiento de aguas residuales utilizando tanques Imhoff, tomando como ejemplo la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco.
3. Presentar propuestas y procedimientos para las medidas de mitigación de impactos ambientales, como también, la buena operación y mantenimiento de este tipo de plantas de tratamiento.

## INTRODUCCIÓN

Un impacto ambiental es un cambio hecho en el medio ambiente causado por la implementación de un proyecto o de la alternativa seleccionada, un plan, un programa, una política. Un impacto ambiental significativo es, por lo general, un impacto que puede alterar las propiedades de un recurso natural o artificial en una manera que se considera importante.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), como herramienta de planificación del desarrollo, nace en el año 1970 en los Estados Unidos a raíz de la promulgación de la Política Nacional de Protección Ambiental (NEPA), hecho histórico que generó una transformación casi inmediata en el enfoque de la legislación ambiental en los países desarrollados.

En el medio centroamericano, inicia su aparición en forma parcial y confusa en Costa Rica y Guatemala en la década de los ochenta, extendiéndose a los demás países de la región en la década de los noventa, con un enfoque no orientado hacia la planificación y toma de decisión sobre los proyectos, sino más bien, hacia la mitigación de los impactos adversos identificados en un proyecto, del cual la decisión ya ha sido tomada.

De lo anterior, típico de nuestro medio, desvirtúa completamente el objetivo primordial de esta herramienta de desarrollo (determinación de la viabilidad ambiental de una acción o proyecto), agravándose con múltiples deficiencias en cuanto a las técnicas y procedimientos empleados en los países centroamericanos, tanto a nivel de los profesionales responsables de efectuar los Estudios de Impacto Ambiental (EslA) como a nivel de las entidades responsables de su revisión, aprobación y seguimiento, por parte del Estado.

El problema de disponer de las aguas negras fue imponiéndose debido al uso del agua para recoger y arrastrar los productos de desecho cotidiano de la vida humana. Antes de esto, los volúmenes de desecho, sin que el agua sirviese de vehículo, eran muy pequeños y su eliminación se limitaba a los excrementos familiares o individuales. El primer método, consistía en dejar los desechos corporales y las basuras en la superficie de la tierra, en donde eran gradualmente degradados por las bacterias (principalmente del tipo anaerobio). Esto originaba la producción de olores ofensivos. Después, la experiencia demostró que si estos desechos eran enterrados prontamente, se prevenía el desarrollo de tales olores. La siguiente etapa consistió en el desarrollo de los retretes o letrinas enterrados, que es un método de eliminación de los desechos de excrementos que todavía se emplea profusamente.

Con el desarrollo de los suministros de agua a las poblaciones y el uso del agua para arrastrar o transportar los desechos caseros, se hizo necesario encontrar métodos para disponer no solamente de los desechos mismos, sino para el agua portadora. Debido a los volúmenes de aguas negras de una población y la cantidad de contaminantes que son descargados hacia los cuerpos receptores (ríos, lagos, etc.), es necesario darle un tratamiento previo a las aguas negras antes de ser desfogadas a los cuerpos receptores.

Por lo general, los procedimientos requieren de un documento formal que evalúe una acción propuesta, que explore varias alternativas factibles, que evalúe los impactos de esas alternativas e identifique las medidas que evitarán o disminuirán la severidad de los impactos indeseables. La información revelada durante el proceso de EIA puede formar la base para la decisión de aprobar o negar una acción propuesta, o para poner condiciones a su implementación.





# **1. GENERALIDADES SOBRE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE MAYOR APLICABILIDAD Y VARIABLES AMBIENTALES**

## **1.1 Componentes unitarios comunes**

Aguas residuales, son fundamentalmente las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido contaminadas 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 de habitación, edificios comerciales e instituciones, junto con los provenientes de los establecimientos industriales, y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que puedan agregarse. La cantidad o volumen de aguas residuales que se produzcan varía de acuerdo con la población y depende de muy diversos factores.

Las aguas residuales pueden ser originadas por:

- a) Desechos humanos y animales
- b) Desperdicios domésticos
- c) Aguas de lavado de las calles y corrientes pluviales
- d) Infiltraciones de aguas subterráneas
- e) Desechos industriales

- a) Desechos humanos y animales. Son las exoneraciones corporales que llegan a formar parte de las aguas residuales, mediante los sistemas hidráulicos de los retretes y en cierto grado los procedentes de los animales, que van a dar a las alcantarillas al ser lavadas en el suelo o en las calles. Estos desechos son los más importantes, por lo que se refiere a la salud pública porque pueden contener organismos perjudiciales al ser humano, por lo que su tratamiento seguro y eficaz constituye el principal problema de acondicionamiento y disposición de las aguas residuales.
  
- b) Desperdicios domésticos. Proceden de las manipulaciones domésticas de lavado de ropa, baño, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de alimentos, etc. 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 alimento y grasas que, se están convirtiendo en la parte más importante de los desechos domésticos.
  
- 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 algunos lugares se deja que estos escurrimientos pluviales vayan al alcantarillado o drenajes que sirven para coleccionar los desechos propios de la comunidad, formando parte importante de las aguas residuales. En otras, se coleccionan aparte estos escurrimientos para su disposición y no se mezclan con las aguas residuales de la comunidad. El volumen de las corrientes pluviales varía según la intensidad de la precipitación, la topografía y las superficies pavimentadas y techadas.

Las aguas pluviales provenientes de zonas cubiertas, tienen importancia especial en lo que respecta al volumen de aguas residuales que van a tratarse, cuando se conectan a las alcantarillas, de las que se supone deben excluirse, lo cual se hace frecuentemente.

- d) Infiltraciones de aguas subterráneas. El drenaje o alcantarillado que es el dispositivo para coleccionar las aguas residuales, va enterrado, y en muchas ocasiones queda debajo del nivel de los mantos de agua subterráneos, especialmente cuando dicho nivel es muy alto a causa de una excesiva precipitación en la temporada de lluvias. Como las juntas en las secciones de tubería que 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 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 residuales 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 residuales 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 desechos 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.

Se han dado nombres descriptivos a los diferentes tipos de aguas residuales según su procedencia, como se ha descrito anteriormente. Las definiciones correspondientes son las siguientes:

Aguas residuales domésticas son las que contienen desechos humanos, animales y caseros. También se incluye la infiltración de aguas subterráneas. Estas aguas residuales son típicas de las zonas residenciales en las que no se efectúan operaciones industriales, o sólo en una pequeña cantidad.

Aguas residuales sanitarias son las mismas que las domésticas, pero que incluyen no solo las aguas residuales domésticas, sino también gran parte, si no es que todos los desechos industriales de la población.

Aguas pluviales formadas por todo el escurrimiento superficial de las lluvias, que fluyen desde los techos, pavimentos y otras superficies naturales del terreno.

Aguas de desechos industriales son las aguas de desecho provenientes de los procesos industriales.

Pueden colectarse y disponerse aisladamente o pueden agregarse y formar parte de las aguas residuales sanitarias o combinadas.

Aguas residuales combinadas son una mezcla de las aguas residuales domésticas o sanitarias, industriales y de las aguas pluviales, cuando se colectan en las mismas alcantarillas.

Las aguas 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 de gris a negro, desarrollándose un olor ofensivo y desagradable; y sólidos negros aparecen flotando en la superficie o en todo el líquido. En este caso se denominan aguas residuales sépticas.

Composición de las aguas residuales. Las aguas residuales consisten de agua, de los sólidos disueltos en ella y de los sólidos suspendidos en la misma. La cantidad de sólidos es generalmente muy pequeña, casi siempre menos de 0.1 por ciento en su peso, pero es la fracción que presenta el mayor problema para su tratamiento y disposición adecuada. El agua provee solamente el volumen y es el vehículo para el transporte de los sólidos. Estos sólidos pueden estar disueltos, suspendidos o flotando.

Los sólidos de las aguas residuales 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.

Las aguas residuales contienen pequeñas y variables concentraciones de gases disueltos. Entre los más importantes está el oxígeno presente en el agua original del abastecimiento y disuelto también al ponerse en contacto con el aire, las aguas residuales que fluyen. Este oxígeno, que se conoce como oxígeno disuelto, es un componente sumamente importante de las aguas residuales. Además del oxígeno disuelto, las aguas residuales pueden contener otros gases, como el bióxido 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 compuestos orgánicos y ciertos compuestos inorgánicos del azufre.

Aunque estos gases están presentes en pequeñas cantidades, su función es importante en la descomposición y tratamiento de los sólidos de las aguas residuales e indican muy significativamente el progreso de tales procedimientos de tratamiento.

Las aguas residuales 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 residuales 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. Puede decirse con razón, que ellos son los trabajadores que emplea un operador de plantas de tratamiento de aguas residuales y que su éxito puede medirse por su conocimiento y atención a los gustos y aversiones de sus hábitos nutritivos y ambientales. Estos organismos microscópicos vivos pertenecen a dos tipos generales, los cuales son: bacterias y otros organismos vivos más complejos.

## 1.2 Alternativas de tratamiento biológico

Los objetivos del tratamiento biológico de las aguas residuales son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso de las aguas residuales domésticas, el principal objetivo es la reducción de la materia orgánica presente y, en muchos casos, la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. A menudo, la eliminación de compuestos que puedan resultar tóxicos, también constituye un objetivo de tratamiento importante. En el caso de las aguas de retorno de usos agrícolas, el principal objetivo es la eliminación de los nutrientes que puedan favorecer el crecimiento de plantas acuáticas, como el nitrógeno y el fósforo. En el caso de las aguas residuales industriales, el principal objetivo es la reducción de la concentración de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos. Dado que muchos de estos compuestos son tóxicos a los microorganismos, en algunos casos puede ser necesario efectuar un pretratamiento.

Los microorganismos son utilizados para la degradación y descomposición de la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales. Estos microorganismos requieren, como todos los organismos vivos, alimentos, oxígeno y agua. Sólo pueden existir cuando el medio ambiente provee a estas necesidades.

Algunos de estos microorganismos solamente pueden usar el oxígeno disuelto en el agua, el cual se conoce como oxígeno disuelto y a veces también como oxígeno libre. Estos microorganismos se conocen como *bacterias aerobias* y el proceso de degradación de sólidos orgánicos que llevan a cabo se denomina descomposición aerobia, oxidación o degradación.

Este tipo de descomposición se lleva a cabo en presencia del oxígeno disuelto, sin que se produzcan olores ofensivos o condiciones desagradables. Otros tipos de microorganismos no pueden vivir en presencia de oxígeno disuelto, sino que tienen que obtenerlo del contenido del oxígeno de los sólidos orgánicos y de algunos inorgánicos, el cual se hace aprovechable en la descomposición de los sólidos. A tales microorganismos se les conoce como bacterias anaerobias y al proceso de degradación de sólidos que llevan a cabo se le conoce como descomposición anaerobia o putrefacción, es decir, es la descomposición en ausencia de oxígeno disuelto, que da origen a olores ofensivos y condiciones desagradables.

En las complicadas reacciones que se verifican en la degradación de la materia orgánica, ciertos tipos aerobios se adaptan por sí mismos a vivir y funcionar en ausencia de oxígeno disuelto y se conocen como bacterias aerobias facultativas. Inversamente, algunas variedades de bacterias anaerobias pueden llegar a adaptarse a vivir y desarrollarse en presencia del oxígeno disuelto y por esto se conocen como bacterias anaerobias facultativas.

Para lograr una eficiencia máxima en su función, las bacterias requieren una temperatura favorable. Son muy susceptibles a los cambios de temperatura, en lo que respecta a su velocidad de desarrollo y reproducción, la cual es directamente proporcional a la cantidad de trabajo desarrollado que es clara y prontamente afectado por tales variaciones. Cuando todas estas 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 residuales se lleva a cabo de manera naturalmente ordenada.



Los procesos biológicos se clasifican según la dependencia del oxígeno por parte de los microorganismos fundamentalmente responsables del tratamiento de los residuos. En los procesos aerobios, la estabilización de los residuos se consigue mediante microorganismos aerobios y facultativos; en los procesos anaerobios, se utilizan los microorganismos anaerobios y facultativos. Cuando se encuentran presentes los tres tipos de microorganismos, a los procesos se les llama aerobio-anaerobios o facultativos. A continuación se describen brevemente los procesos, que se utilizan normalmente, de tratamiento biológico aerobio, anaerobios y aerobio-anaerobios.

Tratamiento aerobio de aguas residuales. Los procesos aerobios que se considerarán son:

- Lodos activados
- Filtros percoladores
- Estanques de estabilización aerobios

El proceso de lodos activados se usa casi exclusivamente en las grandes poblaciones. Los filtros percoladores son más frecuentes en las poblaciones pequeñas y se utilizan asimismo para aguas residuales industriales muy cargadas. Finalmente, los estanques aerobios encuentran aplicación en poblaciones pequeñas en las que se dispone de grandes superficies de terreno.

Lodos activados. Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Andern y Lockett (9-429) y llamado así porque suponía la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aerobia. En la actualidad se utilizan muchas versiones del proceso original, pero todas ellas son fundamentalmente iguales.

En el proceso de lodos activados, un residuo (generalmente aguas residuales domésticas) se estabiliza biológicamente en un reactor bajo condiciones aerobias. El ambiente aerobio se logra mediante el uso de aireación por medio de difusores o sistemas mecánicos. Al contenido del reactor se le denomina líquido mezcla. Una vez las aguas residuales han sido tratadas 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; la masa sobrante es eliminada o purgada puesto que de no ser así, la masa de 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 referente a la cinética del crecimiento.

Para proyectar correctamente un sistema de lodos activados con las debidas garantías de un buen funcionamiento, es necesario comprender la importancia de los microorganismos dentro del sistema. En la naturaleza, el papel clave de las bacterias es descomponer la materia orgánica producida por otros organismos vivientes. En el proceso de fangos activados, las bacterias son los microorganismos más importantes, ya que son causantes de la descomposición de la materia orgánica del afluente.

Por otro lado, del mismo modo que es importante que las bacterias descompongan el residuo orgánico tan rápidamente como sea posible, también lo es el que formen un floculo adecuado, puesto que ello es un requisito previo para la separación de los sólidos biológicos en la instalación de sedimentación. En el caso de aguas residuales domésticas se requieren tiempos medios de retención celular de tres a cuatro días para conseguir una buena sedimentación.

La dependencia de la temperatura en la constante de velocidad de la reacción biológica es muy importante a la hora de valorar la eficacia total de un proceso de tratamiento biológico. La temperatura no sólo influye en las actividades metabólicas de la población microbiológica sino tiene un profundo efecto en factores tales como las tasas de transferencia de gases y características de sedimentación de los sólidos biológicos.

Filtro percolador. El primer filtro percolador se puso en funcionamiento en Inglaterra en 1893 (9-432). El concepto de filtro percolador nació del uso de los filtros de contacto, que eran estanques impermeables rellenos con piedra machacada. En su funcionamiento, el lecho de contacto se llenaba con las aguas residuales desde la parte superior y se dejaba que se pusiese en contacto con el medio durante un corto período de tiempo. El lecho se vaciaba a continuación y se le permitía que reposase antes de que se repitiese el ciclo. Un ciclo típico exigía 12 horas de las cuales había 6 horas de reposo. Las limitaciones del filtro de contacto incluían una posibilidad relativamente alta de obstrucciones, el prolongado período de tiempo de reposo necesario, y la carga relativamente baja que podía utilizarse.

En el filtro percolador, ideado para superar estas limitaciones, el agua residual es rociada sobre la piedra y se deja que filtre a través del lecho. El filtro percolador 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. El medio filtrante consiste generalmente en piedras cuyo tamaño oscila de 2.5 a 10 cm de diámetro. La profundidad de las piedras varían 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 plástico que se construyen con profundidades de 9 a 12 m.

El lecho del filtro es generalmente circular y el residuo líquido se distribuye por encima del lecho mediante un distribuidor giratorio. Antiguamente, el lecho era rectangular y el agua residual se aplicaba mediante unas boquillas rociadoras fijas. Cada filtro posee un sistema de desagüe inferior para recoger el líquido tratado y los sólidos biológicos que se hayan separado del medio. Este sistema de desagüe inferior es importante tanto como instalación de recogida como por su estructura porosa a través de la cual el aire puede circular.

La materia orgánica presente en las aguas residuales es degradada por una población de microorganismos adherida al medio. Dicha materia orgánica es absorbida sobre la película biológica o capa viscosa, en cuyas capas externas es degradada por los microorganismos aerobios. Cuando los microorganismos crecen, el espesor de la película aumenta y el oxígeno es consumido antes de que pueda penetrar todo el espesor de la película. Por tanto, se establece un ambiente anaerobio cerca de la superficie del medio.

La comunidad biológica presente en un filtro se compone principalmente de bacterias facultativas, aerobias y anaerobias, hongos, algas y protozoos. Suelen también encontrarse algunos animales superiores, como gusanos, larvas de insectos y caracoles.

Las bacterias facultativas son los microorganismos predominantes en el filtro percolador y, junto con la bacterias aerobias y anaerobias, su misión es descomponer la materia orgánica del agua residual. Los hongos presentes son también los causantes de la estabilización del agua residual, pero su contribución sólo es importante a pH bajo o con ciertas aguas residuales industriales. Las algas sólo pueden crecer en las capas superiores del filtro donde puede llegar la luz solar.

Por lo general, las algas no toman parte directa en la degradación de los residuos, pero durante las horas diurnas añaden oxígeno al agua residual que se está filtrando. Desde un punto de vista operacional, las algas son un estorbo, ya que pueden causar el taponamiento de la superficie del filtro.

Los protozoos al igual que en el proceso de lodos activados, su función no es estabilizar el agua residual sino controlar la población bacteriana. Animales superiores como caracoles, gusanos e insectos se alimentan de las capas biológicas del filtro y, al hacerlo así, ayudan a mantener la población bacteriana en estado de gran crecimiento o de rápida utilización del alimento.

Las poblaciones individuales de la comunidad biológica descritas anteriormente sufrirán variaciones en toda la profundidad del filtro en función de los cambios que se produzcan en la carga orgánica, carga hidráulica, composición del agua residual afluente, pH, temperatura, disponibilidad de aire y otros factores.

En el proceso del filtro percolador, la mayoría de los microorganismos activos se adhiere al medio filtrante y no sale del reactor como sucede en el proceso de los lodos activados. Aunque la recirculación podría ayudar a la inoculación (infundir virus) del filtro, los objetivos principales de la recirculación son diluir las aguas residuales cargadas afluentes y hacer que el efluente del filtro se ponga de nuevo en contacto con la población biológica para su tratamiento adicional. La recirculación casi siempre forma parte de los sistemas de filtros percoladores de alta carga.

Otros procesos de tratamiento aerobio comprenden las lagunas aireada y los estanques de estabilización mecánica fotosintéticos y de aireación.

En las lagunas aireadas se utiliza una aireación por medios mecánicos para proporcionar oxígeno a las bacterias, por lo que el proceso es sustancialmente el mismo que el del lodo activado sin recirculación. En los estanques aerobios fotosintéticos, el oxígeno es suministrado mediante la aireación superficial natural y por la fotosíntesis de las algas. Excepto la población de algas, la comunidad biológica presente en los estanques de estabilización es semejante a la de un sistema de fangos activados.

Tratamiento anaerobio de aguas residuales. El tratamiento anaerobio de aguas residuales supone la descomposición de la materia orgánica y/o inorgánica en ausencia de oxígeno disuelto. La principal aplicación se halla en la digestión de los lodos de aguas residuales domésticas una vez concentrados, así como en el tratamiento de algunos residuos industriales; sin embargo, mediante el proceso de contacto anaerobio y el filtro anaerobio se ha demostrado que los residuos orgánicos diluidos pueden tratarse anaerobiamente. También se aplica este tratamiento a los estanques y lagunas anaerobias.

Los microorganismos causantes de la descomposición de la materia orgánica se dividen frecuentemente en dos grupos. El primer grupo hidroliza y fermenta compuestos orgánicos complejos a ácidos simples, de los cuales los más corrientes son el ácido acético y el ácido propiónico. Este grupo de microorganismos se compone de bacterias facultativas y anaerobias, colectivamente denominadas bacterias formadoras de ácidos.

El segundo grupo convierte los ácidos orgánicos formados por el primer grupo en gas metano y anhídrico carbónico. Las bacterias responsables de esta conversión son anaerobias estrictas y se las conoce como bacterias formadoras de metano.

Las bacterias más importantes de este grupo (son las que degradan el ácido acético y el ácido propiónico) tienen tasas de crecimiento muy lentas y, por ello, su metabolismo se considera como limitante del tratamiento anaerobio de un residuo orgánico. En esta segunda fase tiene realmente lugar la estabilización del residuo, al convertirse los ácidos orgánicos en metano y anhídrido carbónico; el gas metano así obtenido es sumamente insoluble y su separación de la solución representa la estabilización real del residuo.

Al objeto de mantener un sistema de tratamiento anaerobio que establezca correctamente el residuo orgánico, los microorganismos formadores de ácidos y de metano deben hallarse en estado de equilibrio dinámico. A fin de establecer y mantener el tal estado, el contenido del reactor deberá carecer de oxígeno disuelto y estar libre de concentraciones inhibitorias de constituyentes tales como metales pesados y sulfuros. Deberá disponerse de cantidad suficiente de nutrientes, tales como nitrógeno y fósforo, para asegurar el crecimiento adecuado de la comunidad biológica. La temperatura es otro importante parámetro ambiental a tener en cuenta oscilando la óptima entre la mesófila (30 a 37°C) y la termófila (48 a 57°C).

Las ventajas e inconvenientes del tratamiento anaerobio de un residuo orgánico, al compararse con otro de tipo aerobio, provienen del lento crecimiento de las bacterias formadoras de metano de las cuales son particularmente importantes las causantes de la fermentación de los ácidos acéticos y propiónico. Con las bacterias formadoras de metano, la mayor parte del residuo orgánico se transforma en gas metano, el cual es combustible y, por tanto, se trata de un producto final útil. Si se produjesen cantidades suficientes, como suele ocurrir con el fango de las aguas residuales municipales, puede utilizarse para hacer funcionar motores de gas o quemarse para calentar el lodo en la digestión.

Debido a la escasa producción de microorganismos en un tratamiento anaerobio de residuos, la necesidad de nutrientes biológicos tales como nitrógeno y fósforo es baja, y la cantidad de microorganismos a purgar es menor si se compara con procesos aerobios tales como el del lodo activado. El lento crecimiento de las bacterias formadoras de metano limita igualmente el tratamiento anaerobio de un residuo orgánico, por cuanto dichos microorganismos reaccionan lentamente frente a condiciones ambientales cambiantes. Por ello, se necesitan períodos de tiempo relativamente largos para establecer un sistema equilibrado.

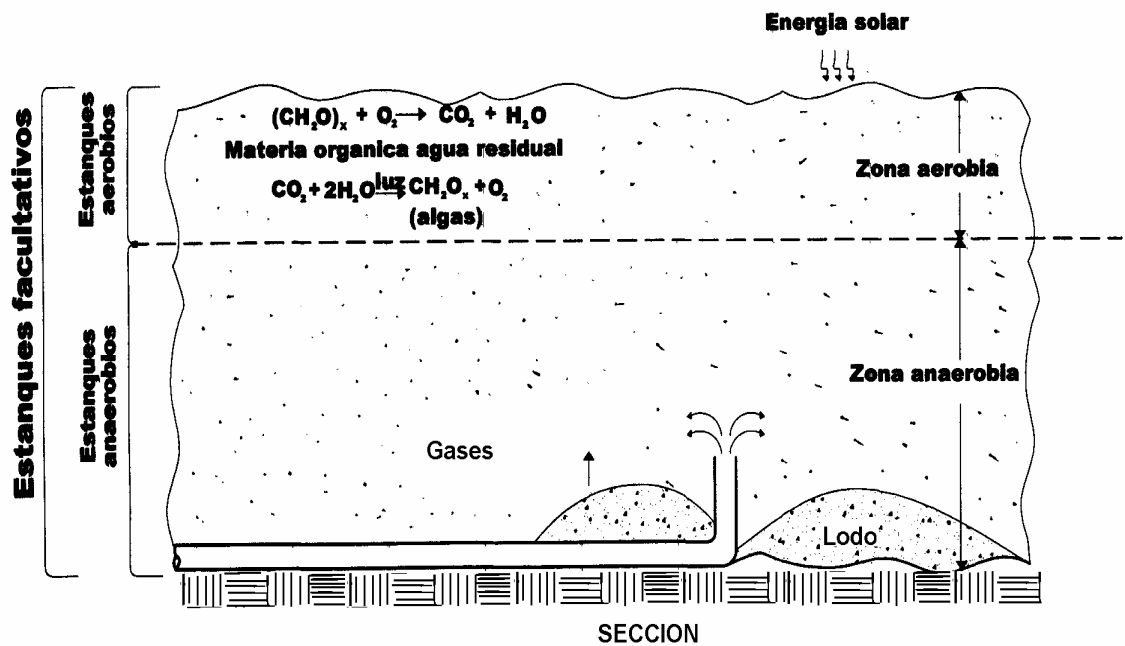
A causa de la pequeña tasa de crecimiento celular y de la conversión de materia orgánica en gas metano y anhídrico carbónico, la materia sólida resultante está bastante bien estabilizada y, con frecuencia, es apta para su descarga, tras su secado o deshidratación en vertederos. Por otro lado, los sólidos del lodo procedentes de procesos aerobios tienen que ser digeridos por lo general anaeróticamente, o deshidratados e incinerados, debido a la gran proporción de materia orgánica celular. Sólo proporcionalmente una pequeña cantidad es secada y vendida como fertilizante.

Tratamiento residual aerobio-anaerobio. Los estanques en los que se efectúa la estabilización de aguas residuales mediante una combinación de bacterias facultativas, anaerobias y aerobias, se conoce con el nombre de estanques de estabilización aerobios-anaerobios. Como se muestra en la figura 1 (pág. 17), tales estanques tienen una capa aerobia superior y otra anaerobia inferior. En la práctica, el oxígeno se mantiene en la capa superior por la presencia de algas o por el uso de aireadores de superficie. Cuando se utilicen aireadores, las algas no son necesarias.



La comunidad biológica en la capa superior o aerobia es similar a la de un estanque aerobio, mientras que los microorganismos en la capa inferior del estanque son bacterias facultativas y anaerobias.

Figura 1. Representación esquemática de un estanque de estabilización de aguas residuales



Fuente: Heddy Metcalf. **Tratamiento y depuración de las aguas residuales**. Pág. 441

### 1.3 Tratamiento físico-químico

Los procesos químicos dan como resultado la eliminación de los sólidos suspendidos y coloidales por precipitación, la desinfección de las aguas residuales y el control de olores. Por lo general, la cloración es el único proceso químico utilizado en el tratamiento preliminar y también se emplea a continuación del biológico.

El grado de tratamiento que se da a las aguas residuales depende principalmente de las condiciones exigidas para el vertido del efluente. Las exigencias relativas a la desinfección y separación de sólidos sedimentables se consiguen mediante el tratamiento preliminar convencional. La eliminación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos hasta un 80-90% no puede conseguirse únicamente mediante el tratamiento preliminar, por lo que deberá emplearse el tratamiento biológico u otros medios tales como la precipitación química seguida de filtración de arena y absorción sobre carbón activo. La eliminación del fósforo y nitrógeno puede realizarse mediante la introducción de algunas modificaciones en los procesos de tratamiento biológico, por medio del tratamiento químico o con el uso de procesos y operaciones avanzadas.

Los principales procesos y operaciones unitarios así como las funciones que realizan al aplicarlos al tratamiento de agua residual se citan en la tabla I (pág. 19). Como en ella se indica, las operaciones físicas que se utilizan para la separación de sólidos de tamaño grande, sólidos suspendidos y flotantes de grasas, así como para el bombeo del lodo.

Rejas, tamices y trituradores. El primer paso en el tratamiento preliminar del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos. El procedimiento más corriente consiste en hacer pasar el agua residual afluyente a través de rejas o tamices. Pueden también utilizarse trituradores, que Trituran los sólidos gruesos pero sin separarlos del agua.

Las rejas de barras pueden limpiarse a mano o mecánicamente. Las rejas de limpieza manual se utilizan frecuentemente en pequeñas estaciones de bombeo de agua residual antes de las bombas.

La tendencia en los últimos años ha sido la de instalar rejillas de limpieza mecánica o trituradores (en Guatemala no es común este tipo, debido a su alto costo de operación).

**Tabla I. Operaciones y procesos unitarios utilizados en el tratamiento preliminar de aguas residuales**

<b>Operación o proceso</b>	<b>Función</b>
Rejas y tamices	Eliminación por interceptación de sólidos de gran tamaño
Trituradores	Trituración de los sólidos del agua residual
Desarenadores	Eliminación de arenas
Separadores y colectores de grasa	Eliminación de sólidos flotantes mas ligeros, tales como grasas, jabón, corcho, madera, residuos vegetales, etc.
Preaireación	Mejora de la distribución hidráulica, aportación de oxígeno disuelto
Floculación	Mejora de la sedimentación de los sólidos suspendidos
Sedimentación	Eliminación de grasas y sólidos suspendidos finamente divididos
Precipitación química	Eliminación de fósforo y de sólidos coloidales y sedimentables. Primera fase del tratamiento químico completo del agua residual
Bombeo del lodo	Eliminación del lodo del fondo de los tanques de sedimentación. Bombeo del lodo entre diversos procesos y operaciones
Coloración	Control de olor, oxidación, desinfección, etc.

Adaptado: Heddy Metcalf, **Tratamiento y Depuración de las agua residuales**. Pág. 445

Desarenadores. La misión de los desarenadores es separar arenas, es decir, a las arenas propiamente dichas y a la grava, cenizas y cualquier otra materia pesada que tenga velocidad de sedimentación o peso específico superiores a los de los sólidos orgánicos putrescibles del agua residual. La arena también incluye cáscaras de huevo, pedazos de hueso, granos de café y grandes partículas orgánicas, tales como residuos de comidas. Los desarenadores deberán proteger los equipos mecánicos móviles de la abrasión y desgaste 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.

Los desarenadores pueden situarse en la plantas de tratamiento, allí donde la eliminación de arena puede facilitar el funcionamiento de las otras unidades. Sin embargo, la instalación de rejillas de limpieza mecánica o de trituradores delante de los desarenadores facilita la operación de eliminación de arena y de las instalaciones de limpieza.

Estos tanques se proyectaban para mantener una velocidad tan próxima como fuese posible a 0.3 m/s ya que tal velocidad arrastra la mayoría de las partículas orgánicas a través del tanque y tiende a suspender de nuevo a las que se hayan depositado, pero permite que la arena, que es más pesada, se sedimente.

Pretratamiento. El pretratamiento se utiliza para eliminar la grasa y espuma del agua residual, antes de la sedimentación primaria, al objeto de mejorar su tratabilidad. El pretratamiento comprende los separadores de grasa, la preaireación y la floculación.

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 de forma continua, a través de una abertura situada en el fondo, o por debajo de unos muros o deflectores de espumas bastante profundos.

La finalidad de los separadores de grasas es 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, grasa, jabón, pedazos de madera y corcho, residuos vegetales y cáscaras de fruta que se producen en las casas y en la industria.

La mayoría de los separadores de grasas son rectangulares o circulares y están provistos para un tiempo de detención de 1 a 15 minutos. La salida, que está sumergida, se halla situada en el lado opuesto a la entrada y a una cota inferior a ésta para facilitar la flotación y eliminar cualquier sólido que pueda sedimentarse.

Colectores de grasas. Los colectores de grasas son pequeños tanques separadores de grasas que se sitúan próximos a la fuente productora de las grasas, que puede ser una industria, una casa o una pequeña planta de tratamiento. En la mayoría de ellos la entrada está situada por debajo de la superficie y la salida se encuentra en el fondo. Para que resulten eficaces, deben ser bastante grandes a fin de retener y, quitar los residuos grasientos y aceitosos, debiendo limpiarse frecuente y regularmente.

Preaireación. Los objetivos que se persiguen al airear las aguas residuales antes de la sedimentación primaria son: mejorar su tratabilidad, procurar la separación de las grasas, control de olores, eliminación de arenas y floculación; conseguir una distribución uniforme de los sólidos suspendidos y flotantes para su entrada en las unidades de tratamiento; y aumentar las eliminaciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). La preaireación con tiempos de detención cortos de 3 a 5 minutos, como se utilizaba antiguamente, no mejora sustancialmente la eliminación de la DBO y de las grasas.

Floculación. La finalidad de la floculación del agua residual es formar agregados o flóculos de materia finamente dividida. La floculación del agua residual mediante aire o agitación mecánica merece la pena considerarse cuando se pretenda aumentar la eliminación de sólidos suspendidos y la DBO en los tanques de sedimentación primaria. Aunque no se emplea frecuentemente en el tratamiento de las aguas residuales, la floculación puede resultar beneficiosa al acondicionar aquellas aguas que contengan ciertos residuos industriales.

Tanques de sedimentación primaria. Siempre que un líquido que contenga sólidos en suspensión se encuentre en estado de relativo reposo, los sólidos de peso específico superior al del líquido tienen tendencia a depositarse y los de menor peso específico a ascender. Estos principios se utilizan en el diseño de los tanques de sedimentación para el tratamiento de aguas residuales. La finalidad del tratamiento por sedimentación es eliminar los sólidos fácilmente sedimentables y el material flotante y, por tanto, reducir el contenido de sólidos suspendidos.

Los tanques de sedimentación primaria pueden proporcionar el grado principal del tratamiento de aguas residuales o bien pueden utilizarse como un paso preliminar para el tratamiento posterior. Cuando se utilizan como único medio de tratamiento, estos tanques sirven para la eliminación de sólidos sedimentables capaces de formar depósitos de fango en las aguas receptoras y de gran parte de las materias flotantes. Si se emplea como paso previo a un tratamiento biológico, los fangos de sedimentación primaria, que estén proyectados y operados eficazmente, deberán eliminar del 50 al 65% de los sólidos suspendidos y del 25 al 40% de la DBO.

Cuando los tanques de sedimentación primaria preceden a los procesos de tratamiento biológico, podrán ser diseñados de forma que sus tiempos de detención sean menores y tengan una carga de superficie más alta que los tanques que se utilizan como único método de tratamiento.

Tipo, tamaño y forma de los tanques. Casi todas las plantas de tratamiento de cualquier tamaño excepto aquellas que tienen tanques Imhoff utilizan en la actualidad tanques de sedimentación con dispositivos mecánicos de recogida de lodos y de diseño normalizado rectangulares o circulares. La elección del tipo de tanque de sedimentación para una aplicación dada depende del tamaño del terreno, de las disposiciones de la institución interesada, de las condiciones locales del terreno, de la experiencia y juicio del diseñador y de la estimación de los costos.

Deberá haber dos o más tanques con objeto de que el proceso permanezca en funcionamiento mientras uno de ellos esté fuera de servicio por reparación y mantenimiento. En las plantas grandes, el número de tanques viene determinado principalmente por las limitaciones de tamaño.

Los tanques rectangulares exigen menos espacio que los circulares, y por ello se utilizan cuando el terreno es muy costoso. Los tanques rectangulares se prestan a encajarse con los depósitos de preaireación y de aireación en las plantas de lodos activados. También suelen utilizarse cuando es necesario instalar techos o cubiertas para cubrir los tanques.

Otras unidades y operaciones para la separación de sólidos. La flotación es una herramienta unitaria que puede utilizarse en lugar de la sedimentación primaria para la separación de los sólidos suspendidos y flotantes. Otros dos dispositivos para la separación de sólidos son el tanque Imhoff y la fosa séptica, que son adecuados para pequeñas poblaciones y casas aisladas respectivamente.

Flotación. La flotación se usa en el tratamiento de aguas que contienen grandes cantidades de residuos industriales con altas cargas de grasas y sólidos suspendidos finamente divididos. Las aguas procedentes de fábricas, refinado de aceites y lavanderías son ejemplos típicos en los que este proceso puede ser aplicable. También se considera idóneo para tratar residuos que contienen materias espumantes, ya que la espuma puede eliminarse y manejarse en una unidad de flotación.

Tanques Imhoff. El Dr. Karl Imhoff fue el primero que diseñó el tan conocido y muy usado tanque de doble acción que se conoce como tanque Imhoff (3-55). El tanque Imhoff, figura 2 (pág. 26), y para mayor detalle ver plano del anexo 2 (págs. 175 y 177), este consiste en un depósito destapado de dos pisos en el que se consigue la sedimentación en el compartimiento superior y la digestión en el inferior. Los sólidos que se sedimentan atraviesan unas ranuras existentes en el fondo del compartimiento superior, pasando al compartimiento inferior para su digestión a la temperatura ambiente.



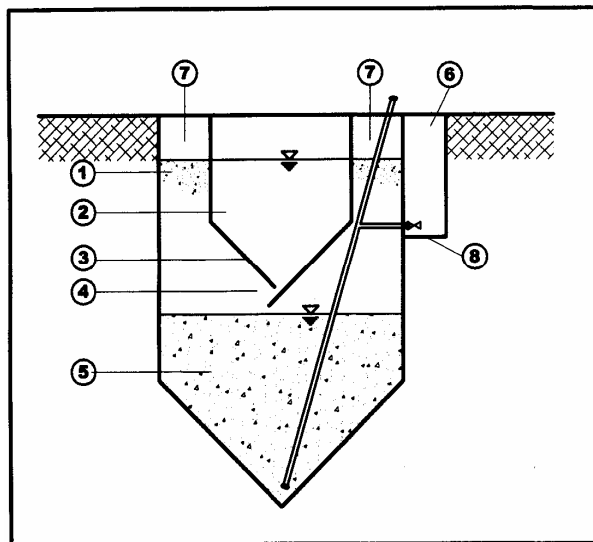
La espuma se acumula en los compartimientos de sedimentación así como unas cámaras de gas situados a los lados. El gas producido en el proceso de digestión en el compartimiento inferior se escapa a través de estas cámaras.

En la actualidad, su aplicación ha disminuido y está limitada a plantas relativamente pequeñas. Es sencillo operarlos y no exige la supervisión por parte de personal especializado. No existe equipo mecánico que mantener y su funcionamiento consiste en eliminar la espuma a diario y descargarla en las cámaras de gas más próximo y extrayendo el lodo del fondo de la cámara de digestión periódicamente hacia las áreas de secado.

Los diseños más recientes de tanques Imhoff modificados, incluyen equipos para calentar el compartimiento de los lodos y la eliminación mecánica de los mismos. Los tanques Imhoff convencionales sin calentamiento suelen ser rectangulares, aunque también se han empleado algunos circulares pequeños.

El fondo del compartimiento de sedimentación del tanque convencional sin calentamiento tiene una pendiente de 1.4 vertical por 1.0 horizontal. La ranura que permite que los sólidos caigan a la cámara de digestión tiene una abertura mínima de 0.15 m. Pueden instalarse varias cámaras de sedimentación por encima de una de digestión.

**Figura 2. Tanque Imhoff**



**SECCIÓN**

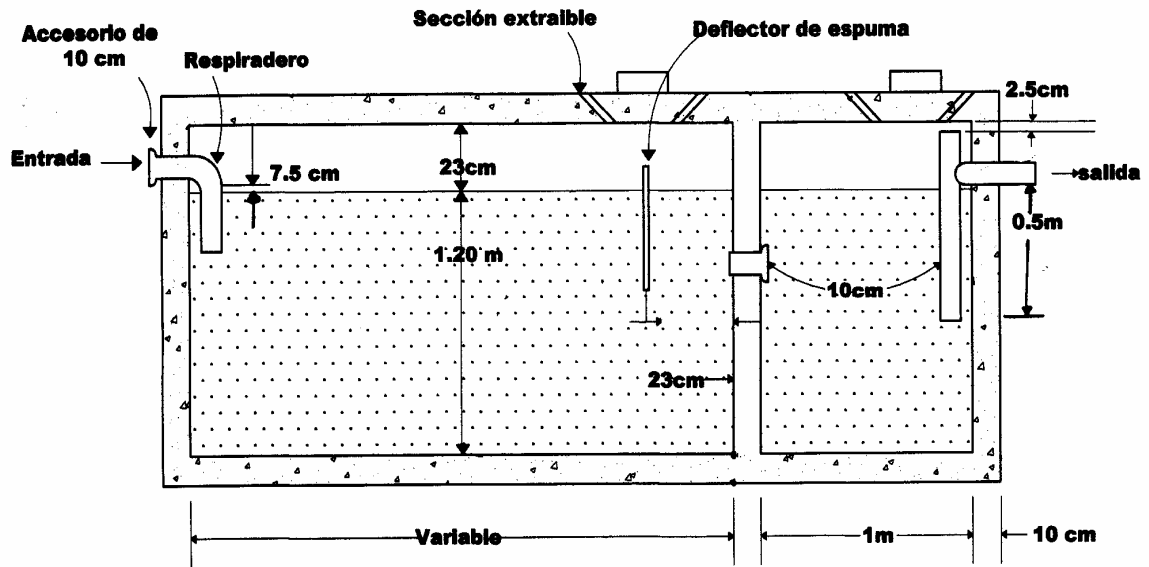
1. Lodos flotantes
2. Cámara de sedimentación
3. Tabiques inclinados  
Para deslizamientos
4. Ranura para paso de lodos
5. Cámara de digestión de lodos
6. Caja de válvula de compuerta
7. Cámara de gases
8. Válvula de compuerta

Fuente: Walter R. Salazar González. **Inicio de operación y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sanarate, El Progreso.** Pág. 23

Fosas sépticas. Se utilizan principalmente para el tratamiento de aguas residuales de residencias individuales. En las zonas rurales también se emplean en escuelas, fábricas, hoteles, etc. Aunque a menudo se usen fosas de una sola cámara, el tipo adecuado consiste en dos o más cámaras en serie como la figura 3 (Pág. 27).

En una fosa séptica de doble cámara, el primer compartimiento se utiliza para la sedimentación, digestión del fango y almacenamiento de éste. El segundo compartimiento proporciona una sedimentación y capacidad de almacenamiento de fango adicional y, por tanto, sirve para proteger contra la descarga de fango u otro material que pueda escaparse de la primera cámara.

Figura 3. Fosa séptica



### SECCIÓN

Fuente: Heddy Metcalf. **Tratamiento y depuración de las aguas residuales**. Pág. 482

Cuando se proyecte para una sola residencia, se utilizará un período de detención de 24 horas. En instalaciones mayores que den servicio a instituciones o a varias familias, es permisible un período de detención más corto. En cualquier caso, es esencial disponer de la adecuada capacidad de almacenamiento, de forma que el fango depositado puede permanecer en el tanque durante un tiempo suficientemente largo para que se produzca su descomposición y digestión antes de ser extraído. Por lo general, el lodo deberá extraerse cada dos o tres años.

El efluente de las fosas sépticas se evacua normalmente a unos tubos enterrados en el subsuelo, a zanjas de filtración, desde donde se infiltra al terreno, como también a pozos de absorción, siempre y cuando no exista riesgo de contaminación del agua subterránea.

Tratamiento químico. La precipitación química, descubierta en 1762, fue un método de tratamiento del agua residual muy utilizado en Inglaterra ya en 1870 (9-483). La cal se utilizaba en muchos casos como agente de precipitación, a veces sola, pero muy frecuentemente junto con cloruro de calcio, cloruro de magnesio, sulfato de alúmina, sulfato ferroso (caparrosa), carbón vegetal, y otras muchas sustancias. El tratamiento químico fue también muy utilizado en Estados Unidos en la última década de 1890 y comienzos de 1900; pero con el desarrollo del tratamiento biológico se abandonó el empleo de los productos químicos. En los primeros años de la década de 1930 se registraron algunos intentos para desarrollar nuevos métodos de tratamiento químico y se instalaron unas cuantas plantas. En la actualidad existe un renovado y creciente interés en el uso de tratamientos químicos, habiéndose ideado nuevos métodos.

Aplicaciones recientes del tratamiento químico. La necesidad de proporcionar una eliminación más completa de los compuestos orgánicos y nutrientes (nitrógeno y fósforo) que contiene el agua residual ha vuelto a despertar el interés hacia la precipitación química. Se han desarrollado unos cuantos procesos para el tratamiento completo de agua negra cruda que incluyen la eliminación de nitrógeno y fósforos, o de ambos. Otros procesos que se han desarrollado para la eliminación del fósforo mediante precipitación química, se utilizan juntamente con un tratamiento biológico. También se han desarrollado procesos para eliminar el nitrógeno y el fósforo de los efluentes secundarios.

Los productos químicos utilizados en la eliminación del fósforo son: cal, sulfato de alúmina y sulfato y cloruro férrico. También se han utilizado con éxito ciertos polímeros junto con la cal y el sulfato de alúmina.

Normalmente, estos productos químicos se añaden a las aguas residuales sin tratar y los precipitados que contienen el fósforo son separados en los tanques de sedimentación primaria. El efluente de estos tanques se somete seguidamente un tratamiento biológico convencional. En algunos casos se han añadido productos químicos al tanque de aireación o en la tubería que conduce a los tanques de sedimentación del lodo activado.

El manejo y eliminación del lodo resultante de la precipitación química fue en el pasado, y constituye todavía hoy, una de las mayores dificultades con que tropieza este método de tratamiento. El lodo se produce en gran volumen en la mayoría de las operaciones de precipitación química, alcanzando a menudo un 0.5% del volumen de aguas residuales tratadas.

Los métodos de eliminación usados para lodos químicos son: extendido sobre el terreno; lagunaje; vertederos controlados; y vertido al mar.

Cloración. La cloración de las aguas residuales consiste en la aplicación de cloro para lograr un propósito determinado. El cloro puede introducirse en forma de gas, de solución acuosa, o en la forma de hipoclorito, ya sea de sodio o de calcio, los cuales, al disolverse en agua, desprenden cloro. Como el cloro gaseoso cuesta mucho menos que el que se obtiene a partir de los hipocloritos, es el que se usa generalmente para tratar aguas residuales, salvo en las raras ocasiones en que sólo se necesita una cantidad de cloro relativamente pequeña. El cloro es el mismo, no importa de dónde provenga, y su aplicación a las aguas residuales se controla usualmente por medio de dispositivos especiales que se conocen bajo los nombres de cloradores, clorinizadores y otros similares.

Para determinar en qué etapas del proceso de tratamiento debe aplicarse el cloro y en qué cantidad para lograr el propósito que se desee, se necesita saber cuáles son los efectos que produce al agregarlo a las aguas residuales.

El cloro es una sustancia sumamente activa que reacciona con muchos compuestos, dando productos muy diversos. Si se agrega una pequeña cantidad de cloro a las aguas residuales, se consumirá al reaccionar rápidamente con sustancias como el ácido sulfhídrico y el hierro ferroso. En estas condiciones, no se logra ninguna desinfección. Si se agrega suficiente cloro para reaccionar con todas estas sustancias, que se conocen como compuestos reductores, entonces otro poco más de cloro que se agregue reaccionará con la materia orgánica presente y formará compuestos orgánicos clorados, los cuales tienen una ligera acción desinfectante.

Los principales usos del cloro y sus compuestos en la recogida, tratamiento y evacuación de las aguas residuales se indican a continuación:

- Control del crecimiento de películas biológicas
- Control de la corrosión
- Control de olores
- Eliminación de grasas
- Reducción de la DBO
- Control obstrucción de los filtros
- Control de moscas en los filtros
- Control de aumento del volumen del lodo
- Control de espumas en los tanques Imhoff y digestores
- Reducción de los nitratos
- Reducción bacteriana
- Desinfección

De las muy diferentes aplicaciones continúa siendo la más importante la desinfección de las aguas residuales.

Ninguno de los métodos primario o secundario de tratamiento de aguas residuales puede eliminar completamente de ellas a las bacterias patógenas que siempre están presentes potencialmente. Cuando las aguas residuales o efluentes de sus tratamiento se descargan en masas de agua que van a usarse, o que pueden ser usadas como fuente de abastecimiento público, o para propósitos recreativos, se requiere un tratamiento para destruir los organismos patógenos, a fin de que sean mínimos los peligros para la salud debidos a la contaminación de tales aguas receptoras. Tal tratamiento se conoce como desinfección.

La cloración para desinfección requiere que esencialmente sean destruidos todos los organismos patógenos en el efluente de una planta de aguas residuales. No se intenta esterilizar las aguas residuales, pues la esterilización es la destrucción de todos los organismos vivos, lo cual no es solamente caro, sino poco práctico. No se cree que la cloración, tal como se practica generalmente en el tratamiento de las aguas residuales, sea eficaz para inactivar todos los virus entéricos (intestinales) que pueden presentarse en las aguas residuales. Para lograr una desinfección, debe agregarse el cloro necesario para satisfacer la demanda de cloro y dejar un cloro residual que destruya a las bacterias. Se necesita equipo especial de laboratorio para medir la destrucción de las bacterias y las pruebas requieren de varios días para su ejecución.

La desinfección debe ser un proceso continuo, pues sería peligroso descargar efluente sin tratar, aun durante un corto período de tiempo.

El punto de aplicación del cloro debe localizarse en un lugar en donde el cloro que se añada pueda mezclarse rápidamente con toda la corriente de aguas residuales y de manera que pueda sostenerse dicha mezcla durante un mínimo de 15 minutos, antes de descargarse en la corriente receptora.

Aunque en Guatemala los tratamientos de aguas residuales son de tipo físico-biológico, sería necesario implementar la aplicación de cloro en los tratamientos de aguas residuales y a la vez desclorar (ya que el cloro produce efectos cancerígenos), esto es para el rescate de los cuerpos receptores.

#### **1.4 Variables ambientales y su influencia**

En el presente punto, se analizan solamente las variables ambientales a incorporar en el análisis de alternativas, al nivel de factibilidad y no las consideraciones de diseño de cada una de ellas, las que se encuentran fuera del alcance del presente documento.

El dimensionamiento de las alternativas deberá considerar las medidas de mitigación que permitan mitigar o eliminar el impacto que generen dichos componentes unitarios en el medio ambiente.

Adicionalmente, se deberán contemplar todas aquellas consideraciones de tipo técnico que permitan prevenir riesgos y sus consecuentes impactos negativos tanto en el entorno como en el sistema propiamente de tratamiento, cualquiera que sean las alternativas analizadas. Así por ejemplo, se deben considerar los aspectos técnicos que permitan prevenir riesgos de inundación, riesgos de desperfectos de la planta, etc.



Si los terrenos presentan condiciones naturales que pueden llevar a sufrir inundaciones de paso con las crecidas del cuerpo receptor, se deberá contemplar la adopción de las medidas pertinentes según sea la solución elegida. Así por ejemplo, si la alternativa resulta ser por lagunas se contemplarán taludes externos enrocados, etc.

Por otro lado, cualquiera que sea la solución elegida, el tratamiento debe contar con los elementos técnicos que permitan dar cuenta de eventuales desperfectos en la planta. Así por ejemplo, todo sistema de tratamiento debe contar con un sistema de by-pass (el cual tiene por finalidad derivar las aguas directamente al cuerpo receptor ante cualquier fenómeno que detenga el funcionamiento de la planta), una componente unitaria de tratamiento preliminar (destinada a remover los sólidos gruesos y todo tipo de desperdicios que entorpezca su normal funcionamiento), la que por su sensibilidad a generación de olores debe contemplar una unidad en stand by para efectos de dejar fuera de uso dicha componente por mantenimiento, etc.

Estos aspectos técnicos juegan un papel preponderante en la incidencia ambiental, toda vez que de no se considera se pueden generar impactos negativos de mayor gravedad sobre el entorno.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales lleva a la definición de dos áreas de influencia del proyecto:

Área de influencia directa, relacionada con las viviendas que se localizan en forma inmediatamente contigua a los terrenos en que se emplazará el sistema de tratamiento, y el cuerpo receptor de las aguas tratadas en la zona del punto de descarga.

Área de influencia indirecta, referida al sector y el cuerpo receptor localizado aguas abajo de la descarga.

Las aguas residuales domésticas suelen contener cantidades de nutrientes (tanto orgánicos como inorgánicos) adecuados para permitir el tratamiento biológico para la eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). No obstante, en aguas residuales de origen industrial, puede ocurrir que no exista suficiente presencia de nutrientes. En tales casos, es necesario añadir nutrientes para permitir el adecuado crecimiento bacteriano y la consiguiente degradación de los residuos orgánicos.

Cuando la degradación se lleva a cabo en condiciones anaerobias, es decir, en ausencia de oxígeno disuelto en las aguas residuales, resultan condiciones ofensivas que originan olores y apariencias desagradables. Cuando la degradación ocurre en condiciones aerobias, es decir, en presencia de oxígeno disuelto, no da esos resultados y el proceso marcha con gran celeridad.

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso por el cual los sólidos son separados de los líquidos parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrescibles queden convertidos en sólidos orgánicos relativamente estables. La magnitud de este cambio depende del proceso de tratamiento empleado.

Cuando se descargan en el agua los sólidos de las aguas residuales, tienen lugar la degradación y la descomposición debido a las actividades de las bacterias y los microorganismos presentes en las aguas residuales y en las aguas receptoras. El oxígeno es necesario para que se verifiquen todas esas reacciones biológicas y bioquímicas.

Como ya se ha dicho anteriormente, son los organismos aerobios los que hacen este trabajo si hay oxígeno presente y es la descomposición aerobia de los sólidos orgánicos la que tiene lugar. Cuando no hay oxígeno, son los organismos anaerobios los que predominan y resulta la putrefacción. Por consiguiente, cuando se descargan aguas residuales en una corriente, las reacciones resultantes dependerán del oxígeno disuelto que contenga el agua. El oxígeno se disuelve en el agua por el contacto del aire con la superficie del agua, hasta alcanzar el punto de saturación a una temperatura determinada.

La cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aerobia biológica de los sólidos orgánicos de las aguas residuales o desechos, es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Se determina mediante una prueba de laboratorio, que consiste en recoger una porción de aguas residuales lo suficientemente pequeña en volumen, para ser manejada convenientemente y no obstante esto, ser representativa de las aguas residuales que se van a examinar. 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.

A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas residuales, todos pueden incluirse dentro de los cinco procesos siguientes:

- Tratamiento preliminar
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Cloración
- Tratamiento de lodos

Tratamiento preliminar. Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. Para alcanzar los objetivos de un tratamiento preliminar se emplean comúnmente los siguientes dispositivos:

- Rejas de barras o más finas
- Desmenuzadores, cortadoras o trituradoras (cuando son plantas operadas mecánicamente)
- Desarenadores
- Tanques de preaeración

Tratamiento primario. Por este tratamiento se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, o sea aproximadamente de 40 a 60 por ciento, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables, o sea un total de 80 a 90 por ciento de los sólidos suspendidos. La actividad biológica en las aguas residuales durante este proceso, tiene escasa importancia.

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse los sólidos. Por consiguiente, a estos dispositivos se le puede distinguir bajo el nombre de tanque sedimentación. Debido a la diversidad de diseños y operación, los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grupos generales, que son:

- Tanques sépticos
- Tanques de doble acción, como son los de Imhoff
- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos
- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos

En muchos casos el tratamiento primario es suficientemente adecuado para que se pueda permitir la descarga del efluente a las aguas receptoras, sin que se interfiera con el uso adecuado subsiguiente de dichas aguas.

Tratamiento secundario. Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas residuales todavía contienen, después del tratamiento primario, más sólidos orgánicos en suspensión o solución que los que puedan ser asimilados por las aguas receptoras sin oponerse a su uso normal adecuado. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables. Este tratamiento es comparable a la zona de recuperación de la autopurificación de una corriente.

Los dispositivos que se usan para el tratamiento secundario pueden dividirse en los cuatro grupos siguientes:

- Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria
- Tanques de aeración:
- Lodos activados con tanques de sedimentación simple y
- Aeración por contacto
- Filtros de arena intermitente
- Estanques de estabilización

Cloración. Este es un método de tratamiento que puede emplearse para muy diversos propósitos, en todas las etapas de un tratamiento de aguas residuales y aún antes del tratamiento preliminar.

Tratamiento de los lodos. Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separa con ellos. Mientras que en algunos cuantos casos es satisfactoria la disposición de ellos sin someterlos a tratamiento, generalmente es necesario tratarlos en alguna forma para prepararlos o acondicionarlos para disponer de ellos sin originar condiciones inconvenientes.

Este tratamiento tiene dos objetivos, siendo el primero de estos eliminar parcial o totalmente el agua que contienen los lodos, para disminuir su volumen en fuerte proporción y, en segundo lugar, para que se descompongan todos los sólidos orgánicos relativamente estables.

Esto se logra con la combinación de dos o más de algunos de los métodos siguientes:

- Espesamiento
- Digestión, con o sin aplicación de calor
- Secado en lechos de arena, cubiertos o descubiertos
- Acondicionamiento con productos químicos
- Secado aplicando calor
- Incineración
- Oxidación húmeda
- Flotación con productos químicos y aire

## **2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **2.1 Base legal del estudio del impacto ambiental**

Los pasos iniciales a tomarse para crear un programa efectivo de los Estudios de Impacto Ambiental –EsIA-, son el establecimiento de una política ambiental y documentos de orientación seguidos por las etapas de diseño de leyes y reglamentos que establecerán los mecanismos fundamentales para el proceso de EsIA. Una meta importante de las leyes y reglamentos de EsIA es mejorar la calidad de la planificación y de la toma de decisión de las agencias gubernamentales, las organizaciones privadas y los individuos particulares.

El establecimiento de una política ambiental sustantiva puede suministrar una base sólida sobre la cual construir un programa de EsIA. Dicha política puede expresar la intención y determinación del gobierno de proteger y reforzar el ambiente natural como un medio de salvaguardar el ambiente humano. Una política ambiental a nivel nacional puede establecer normas ambientales y promover la consistencia y las consideraciones ambientales a los niveles gubernamentales más bajos.

La política ambiental puede formalizarse a través de la adopción de leyes o estatutos a nivel gubernamental nacional, regional y local. Estas leyes ambientales pueden determinar tácticas generales o pueden dirigirse a temas y responsabilidades ambientales específicos.

En Guatemala la base legal que sustenta los EsIA, se encuentra en los siguientes estatutos:

Decreto No. 68-89, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, del Congreso de la República de Guatemala, artículo 8. Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de Evaluación del Impacto Ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.

El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este artículo, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de impacto ambiental será sancionado con una multa de Q. 5,000.00 a Q. 100,000.00.

En caso de no cumplir con este requisito en el termino de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla. También el artículo 15 inciso c y d, establece que el gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes para: c) Revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos; d) Determinar técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua.



Decreto No. 45-79, Código de Salud. De manera específica se puede mencionar el artículo 26, que prohíbe la descarga de aguas servidas en los ríos, lagos y demás fuentes utilizadas al servicio público y privado.

En el artículo 36, se indica que la descarga de desechos sólidos o líquidos de origen doméstico o industrial en los cauces naturales de los ríos y lagos, solo podrán autorizarla las municipalidades, si el proyecto de descarga de los desechos se ajusta a las normas señaladas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, a través de la Dirección General de Servicios de Salud – DGSS-, y ésta por conducto de la División de Saneamiento del Medio –DSM-, con dictamen previo y favorable.

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Es el rector en materia de salud y conoce y aprueba las obras típicas municipales, principalmente lo concerniente a la calidad del agua potable, la construcción de alcantarillas y plantas de tratamiento de aguas servidas, mercados, rastros y sistemas de manejo de residuos sólidos.

Decreto 33-96, Código Penal. El Código Penal y sus reformas, contiene 2 artículos que se refieren a las sanciones que se aplicarán a los que contaminen las aguas, el aire y el suelo, al verter sustancias peligrosas o desechando productos que afecten la salud o al medio ambiente (artículo 317 “A”, Contaminación y artículo 347 “B” Contaminación Industrial).

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, (anteriormente Comisión Nacional del Medio Ambiente –CONAMA-). Es la institución responsable de velar por que se cumpla la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

Establece las normas con relación al medio ambiente que deben cumplir las obras que se ejecuten; en el presente caso, las obras típicas municipales y además, aprueba las evaluaciones de impacto ambiental. Para el cumplimiento de sus funciones, debe mantener una estrecha relación con los gobiernos municipales, dándoles el apoyo técnico necesario.

Constitución Política de la República de Guatemala. Artículo 97: “Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico”, es obligación de todos el prevenir la contaminación ambiental y mantener el equilibrio ecológico.

Acuerdo No. 60-89, Requisitos Mínimos de sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas. Artículo 19, 20 y 21: “Todas las Municipalidades deberán establecer sus sistemas de tratamiento de aguas servidas dentro de los dos años siguientes a la vigencia del Reglamento, y si por causa justificada no fuera posible cumplir, deberán como mínimo, contar con un tanque de sedimentación para remoción de lodos, los cuales serán depositados en lugares sanitariamente apropiados y autorizados”.

Decreto No. 58-88, Código Municipal. Del código Municipal son de relevancia para la ejecución de las obras típicas municipales los artículos siguientes: artículo 12, Obligación de Formular y ejecutar Planes. “Las lotificaciones, parcelamientos, urbanizaciones y cualesquiera otra forma de desarrollo urbano y rural del Estado o sus entidades o instituciones autónomas y descentralizadas, así como las personas individuales o jurídicas, deberán contar con la aprobación y autorización de las municipalidades bajo cuya jurisdicción se localizan”.

Artículo 40, Competencia, “Le compete a la Corporación Municipal: ... La promoción y desarrollo de programas de salud y saneamiento ambiental, promoción y combate de las enfermedades en coordinación con las autoridades respectivas... La autorización e inspección de la construcción de obras públicas y privadas”.

Decreto No. 90-97, Código de Salud. Los artículos que tienen mayor relevancia con relación a las obras típicas municipales, son:

Artículo 3: “Responsabilidad de los ciudadanos”

Artículo 5: “Participación de la comunidad”

Artículo 74: “Evaluación de Impacto Ambiental y Salud”

Artículo 79: “Obligatoriedad de las municipalidades”

Artículo 80: “Protección de las fuentes de agua”

Artículo 93: “Acceso y cobertura”

Artículo 102: “Responsabilidad de las municipalidades en cuanto al manejo y disposición de los desechos sólidos”.

## **2.2 Objetivos de la evaluación del impacto ambiental**

La Evaluación de Impacto Ambiental –EIA-, como herramienta de planificación del desarrollo, nace en el año 1970 en los Estados Unidos a raíz de la promulgación de la Política Nacional de Protección Ambiental (NEPA), hecho histórico que generó una transformación casi inmediata en el enfoque de la legislación ambiental en los países desarrollados.

En el medio centroamericano, inicia su aparición en forma parcial, tímida y confusa en Costa Rica y Guatemala en la década de los ochenta, extendiéndose a los demás países de la región.

En la década de los noventa, con un enfoque no orientado hacia la planificación y toma de decisión sobre los proyectos, sino más bien, hacia la mitigación de los impactos adversos identificados en un proyecto, del cual la decisión ya ha sido tomada.

El sesgo anterior, típico de nuestro medio, desvirtúa completamente el objetivo primordial de esta herramienta de desarrollo (determinación de la viabilidad ambiental de una acción o proyecto), agravándose con múltiples deficiencias en cuanto a las técnicas y procedimientos empleados en nuestros países, tanto al nivel de los profesionales responsables de efectuar los Estudios de Impacto Ambiental (EslA) como al nivel de las entidades responsables de su revisión, aprobación y seguimiento, por parte del Estado.

De esta forma puede asegurarse que a la fecha, el proceso de EIA se ha convertido en un engorroso trámite burocrático tendiente a conseguir el financiamiento o el permiso estatal para llevar a cabo un proyecto, del cual la decisión ya ha sido tomada. En consecuencia y a pesar del creciente número de estudios elaborados, tramitados y aprobados en nuestros países, los beneficios para el medio ambiente han sido mínimos.

El consultor o interesado se basará en el enfoque correcto y conveniente de la EIA: herramienta de planificación (toma de decisión), forma correcta y conveniente en que los gobiernos de nuestros países pueden garantizar la sostenibilidad del desarrollo. Una vez presentado este enfoque, se comparará con la situación prevaleciente en la actualidad, de tal forma que se ponga en evidencia, en forma contundente, las graves deficiencias de la EIA en nuestro medio, así como las vías que existen para su solución.

Los objetivos de la Evaluación de Impacto Ambiental, se basan en el propósito y la necesidad de un proyecto propuesto, son la justificación para llevar a cabo la acción. Propósito y necesidad podrían generarse de legislación, de decisiones administrativas o de la empresa privada. La necesidad para la acción podría ser una política que necesita implementación o un problema específico que necesita tratarse.

Una descripción clara del propósito y de la necesidad para una acción en particular presenta la perspectiva con la cual se puede evaluar cuan razonable son las alternativas durante un período específico de planificación. Sin un propósito y necesidad justificados claramente, el proyecto no debería seguir adelante.

Por lo tanto, la EIA racional que debe propiciarse en nuestro medio, no es aquella que se orienta a eliminar todos los impactos negativos (dado que se incrementan injustificadamente los costos financieros del proyecto), sino aquella que una vez los evalúe, proponga medidas correctivas o compensatorias, que los atenúen hasta un nivel poco significativo, desde el punto de vista ambiental.

En consecuencia, resulta necesario utilizar un método racional, dentro de la limitante que la EIA no es para toma de decisión sino para mitigación de impactos negativos de un proyecto cuya decisión ya esta tomada, que permita objetivizar el proceso de identificación, evaluación y priorización de impactos ambientales.

## **2.3 Consideraciones y limitaciones de los estudios ambientales**

Una EIA investiga, evalúa y documenta la información que permite a los ciudadanos y a las agencias gubernamentales entender los riesgos y beneficios de la acción propuesta y sus alternativas razonables. Esta información se les hace disponible a los individuos y organizaciones que estarán involucradas en la acción, incluyendo entre otros, a los especialistas ambientales, a los planificadores de la acción y al público en general.

La EIA debe considerar toda la información importante sobre la naturaleza de la acción propuesta, alternativas razonables a la acción propuesta, incluyendo la alternativa de no-acción, el propósito y necesidad de la acción, el medio ambiente donde se propone la acción y una discusión de los impactos ambientales que se anticipan. Cuando se completa el informe de EIA que documenta el proceso, se convierte en una fuente primordial de información y un historial del proceso de EIA. Este expediente se convierte en el documento de decisión.

La EIA es el conjunto de tareas y actividades técnicas que un equipo interdisciplinario debe ejecutar, para evaluar los efectos que una acción propuesta por el hombre podría ocasionar sobre el medio ambiente, con el fin a) potenciar los efectos positivos, b) prevenir, atenuar o compensar, según sea el caso, los efectos negativos significativos y c) verificar la viabilidad ambiental de dicha acción.

El EslA es el informe técnico en el cual se plasman los resultados relevantes de la EIA, el cual servirá para tramitar el permiso ambiental correspondiente ante las autoridades.

Al mismo tiempo EsIA servirá para dar seguimiento a través del tiempo, a las medidas ambientales propuestas por el equipo interdisciplinario responsable de su elaboración, con el fin de garantizar la preservación y mejoramiento del medio ambiente que interactúa con el proyecto.

Finalmente, el proceso de EIA es un conjunto de acciones y procedimientos, en el que participan tanto el titular del proyecto o actividad propuesta como la comunidad afectada y el Estado, con el fin de promover que el mismo sea planificado, diseñado y posteriormente implementado, dentro de un concepto de desarrollo sostenible.

Forman parte del proceso de EIA las siguientes etapas técnicas y administrativas: el proceso de "cribado ambiental" (6-2), mediante el cual el Estado dictamina si se requiere el EsIA, el proceso de definición de alcances y términos de referencia del EsIA (si procede), la revisión y aprobación del EsIA, y el seguimiento de sus recomendaciones a través del cumplimiento, por parte del proponente del proyecto, de un Plan de Gestión Ambiental:

- El EsIA es el informe técnico que resulta de un estudio que se aplica a obras o proyectos en su fase de preinversión (antes de la construcción y operación), o sea, en la fase creativa de planificación y toma de decisiones respecto de la magnitud, localización, tecnología, insumos, productos, etc. En el caso de obras o proyectos que ya se encuentran en funcionamiento, el Estudio Ambiental se puede denominar "Diagnóstico Ambiental" (6-2) y la metodología para su realización es diferente a la requerida para un EsIA.

- EsIA debe elaborarse antes del diseño final del proyecto propuesto, preferiblemente cuando ese se encuentra en su etapa de prefactibilidad o factibilidad técnica, de tal forma que se pueda incorporar en el posterior diseño final las medidas de prevención, corrección, compensación o atenuación que surjan del estudio, de las cuales dependerá la preservación de la salud humana y del medio ambiente.
- La elaboración oportuna de la EIA antes del diseño final, presenta la ventaja de permitir al propietario del proyecto, realizar una evaluación financiera del mismo antes de continuar con las fases de diseño e implementación, tomando en cuenta los costos no considerados previamente, que se originan del Programa de Manejo Ambiental.
- Los impactos ambientales se refieren a alteraciones positivas o negativas, de uno o más de los componentes del ambiente. Dado que el medio ambiente es complejo y cambiante, los impactos se originan no solo por las acciones impuestas por el proyecto sobre el medio ambiente, sino también por los cambios que se presentan en la naturaleza y que interactúan con el proyecto.

Un impacto ambiental es un cambio hecho en el medio ambiente causado por la implementación de un proyecto o de la alternativa seleccionada, un plan, un programa, una política. Un impacto ambiental significativo es, por lo general, un impacto que puede alterar las propiedades de un recurso natural o artificial en una manera que se considera importante. Es difícil definir mas explícitamente en el abstracto el significado en un impacto ambiental; el significado del impacto generalmente se deduce o se infiere a través de las EIA para acciones específicas.



Las acciones que puedan considerarse como sujeta a EIA deben incluir no solo los proyectos físicos (por ejemplo, construcción de instalaciones) sino también políticas administrativas, planes y programas que tengan el potencial de afectar significativamente la calidad del medio ambiente.

Un tipo especial de EIA se relaciona con la evaluación de las condiciones existentes en la localidad donde se planea una acción propuesta. Los estudios ambientales, también conocidas como evaluaciones de la propiedad antes de su adquisición, se conducen típicamente para determinar si un lugar está contaminado con sustancias peligrosas y/o tóxicas antes de su desarrollo, venta, transferencia o adquisición.

Las sustancias peligrosas podrían incluir productos químicos, desechos de manufactura, productos derivados del petróleo, toxinas y así por el estilo. El sitio podría contener tales materiales debido a, entre otros mecanismos, actividades anteriores de manufactura, vertederos ilegales, o migración subterránea de contaminantes a través de corrientes de agua subterránea.

El objetivo de un estudio ambiental es conducir una evaluación preliminar del sitio o propiedad para identificar y evaluar la magnitud de cualquier peligro ambiental existente y sus riesgos asociados. Los peligros ambientales incluyen contaminación del suelo o las aguas subterráneas, y otros materiales peligrosos a la salud humana y al medio ambiente.

Todas las propiedades y sistemas que afectan la transacción, inclusive la tierra, los edificios, planta y equipo, y las propiedades colindantes deben evaluarse como fuentes de preocupación potencial. Los estudios ambientales también pueden usarse para establecer la línea de base de las condiciones antes del desarrollo.

### **2.3.1 Consideraciones de los estudios ambientales**

Las características deseables en el método de EIA que finalmente se adopte comprenden los siguientes aspectos:

1. Debe ser adecuado a las tareas que hay que realizar como la identificación de impactos o la comparación de opciones (no todos los métodos tienen la misma utilidad para todas las tareas);
2. Deben ser lo suficientemente independientes de los puntos de vista personales del evaluador y sus sesgos (los resultados deben poder reproducirse independientemente del grupo de evaluadores que los obtenga), y
3. Debe ser económico en términos de costos y requerimientos de datos, tiempo de investigación, personal, equipo e instalaciones.

Un elemento importante de los estudios de impacto es la comunicación de la información que resulte a otros profesionales, organismos reguladores y al público en general.

Dependiendo del tipo de proyecto a ser evaluado, la EIA debe incluir la predicción de los cambios ocasionados, tanto en la etapa de ejecución como en la etapa de operación. Se presentan casos excepcionales, en los cuales también es necesario incluir la etapa de abandono del proyecto. Resulta evidente entonces que el proyecto y sus alternativas deben conocerse a fondo, desde las actividades previas a su construcción hasta el abandono, condición indispensable para detectar sus interacciones con el medio.

El estudio de preevaluación es el estudio temprano y abierto de consideración de cuestiones y selecciones de alternativas que serán examinadas en una EIA de una acción, política o programas específicos. Ello ayuda a asegurar que los problemas reales han sido identificados tempranamente y estudiados correctamente, y que no se perderá tiempo y esfuerzos por considerar cuestiones sin pertinencia, además del informe de la EIA estar equilibrado y minucioso al ser publicado.

Dependiendo en su duración, los impactos pueden ser a corto o largo plazo. La identificación de los impactos a corto y largo plazo es importante porque el significado de cualquier impacto, puede estar relacionado con su duración en el medio ambiente. Por ejemplo, la pérdida de pasto u otra vegetación en un área podría considerarse un impacto a corto plazo porque el área podría revegetarse muy fácilmente en un período corto de tiempo con semillas y cobertura, mientras que la pérdida de un bosque maduro, sin embargo, puede considerarse un impacto a largo plazo debido al tiempo necesario para reforestar el área que los árboles lleguen a la madurez.

La información sobre los impactos ambientales potenciales de una acción propuesta forma la base técnica para comparaciones de alternativas, inclusive la alternativa de no-acción. Todos los efectos ambientales significativos, inclusive los beneficiosos, deben recibir atención. Aunque el término "impacto ambiental" ha venido a interpretarse en el sentido negativo, muchas acciones tienen efectos positivos significativos que deben definirse y discutirse claramente. Esto es particularmente apropiado para las acciones remediadoras de re-desarrollo cuyo propósito y necesidad específicos es remediar cualquier condición indeseable.

Impactos acumulativos son aquellos impactos ambientales resultantes del impacto incrementado de la acción propuesta sobre un recurso común cuando se añade acciones pasadas, presentes y razonablemente esperadas en el futuro. Los impactos ambientales acumulativos pueden ocurrir debido a los efectos colectivos de acciones individualmente menores a través de un período de tiempo.

Las circunstancias que generan impactos acumulativos podrían incluir impactos en la calidad del agua, debidos a una emanación que se combina con otras fuentes de descarga o con desagües no provenientes de un solo punto, impactos en la calidad del aire que resulten de las emisiones industriales o comerciales operadas en la misma región geográfica, pérdida y/o fragmentación de hábitats ambientalmente sensitivos (bosques, pantanos, tierras agrícolas) resultante de la construcción de varios desarrollos residenciales o comerciales independientes.

La evaluación de impactos acumulativos es difícil, debido en parte a la naturaleza especulativa de las acciones futuras posibles y en parte debido a las complejas interacciones que necesitan evaluarse cuando los efectos colectivos se consideran. Los impactos acumulativos podrían ser simplemente agregables en sus efectos, pero potencialmente podrían interactuar. Los modelos de calidad de agua y aire dan medidas para estudiar los efectos de los efectos acumulativos.

El análisis de impactos acumulativos puede ser particularmente complejo cuando las relaciones de causa y efecto no son estrictamente agregables. Por ejemplo, una acción que tiene poco impacto por sí sola puede traer uno o más atributos ambientales y provocar daño irrevocable, con impactos potencialmente serios para los ecosistemas afectados.

Igualmente, los impactos acumulativos podrían subestimarse cuando varios efectos actuaran unidos, o sea, cuando la suma compuesta de los efectos fuese mayor que su suma simple.

### **2.3.2 Limitaciones de los estudios ambientales**

Aunque se han desarrollado diversas metodologías, no hay una metodología «universal» que pueda aplicarse a todos los tipos de proyectos en cualquier medio en el que se ubique. Es improbable que se desarrollen métodos globales, dada la falta de información técnica y la necesidad de ejercitar juicios subjetivos sobre los impactos predecibles en la ubicación ambiental en la que pueda instalarse el proyecto.

De la misma manera, una perspectiva adecuada es la de considerar las metodologías como «instrumentos» que pueden utilizarse para facilitar el proceso de EIA. En ese sentido, cada metodología que se utilice debe ser específica para ese proyecto y esa localización, con los conceptos básicos derivados de las metodologías existentes.

Las metodologías no proporcionan respuestas completas a todas las preguntas sobre los impactos de un posible proyecto o del conjunto de sus alternativas. Las metodologías no son «libro de cocina» mediante los que se consigue un estudio con éxito si se siguen las indicaciones detalladas de la metodología. Las metodologías deben seleccionarse a partir de una valoración apropiada y de la experiencia profesional, debiendo utilizarse con la aplicación continuada de juicio crítico sobre los insumos de datos y el análisis e interpretación de resultados.

El proceso de EIA exige la participación de varios grupos: Agencias responsables de administrar los reglamentos de EIA, representantes de la entidad que propone la acción, especialistas e ingenieros expertos en las disciplinas relevantes, representantes de organizaciones públicas interesadas y el público en general. Esta combinación de participantes es necesaria para lograr equilibrio en el proceso decisivo. Los participantes deben estar involucrados en el proceso lo antes posible y deben identificar los puntos claves a través del proceso de acción.

La sección de alternativas del informe de EIA debe incluir un análisis comparativo de las opciones factibles que satisfarían el propósito establecido y la necesidad de la acción propuesta. El análisis de alternativas debe incluir consideración de la alternativa de no-acción. Las alternativas factibles deben compararse con respecto a los costos de capital y costos de operación; impactos ambientales directos, indirectos y acumulativos, limitaciones físicas, legales o institucionales; y cumplimiento de los requisitos regulatorios. Las razones del rechazo de cualquier alternativa deben presentarse con claridad, junto con un resumen de todos los beneficios ambientales significativos que se excluirían con el rechazo de una alternativa.

El análisis inicial de alternativas debe ser riguroso y debe considerar todas las maneras posibles de lograr cumplir el propósito y la necesidad de la acción. Este grupo inicial de alternativas probablemente incluirá algunas acciones que son claramente imprácticas, poco económicas o inaceptables desde el punto de vista ambiental cuando se evalúan a base de un criterio objetivo. Es importante documentar los criterios de análisis e identificar las clases o tipos de proyectos que no satisfacen los criterios. Las alternativas poco razonables se pueden identificar en un proceso inicial de separación y eliminarse de la consideración detallada en el análisis total de alternativas razonables.

El número de alternativas que se seleccionan para evaluación y consideración comparativa detallada no debe ser arbitrario sino que debe depender de la escala de alternativas prácticas disponibles. Las alternativas a considerarse en detalle deben ser representativas de la escala completa de todas las alternativas y deben representar alternativas reales a la acción propuesta, y no ser solo versiones modificadas de la alternativa preferida. Sin embargo, las alternativas no consideradas deben documentarse en un expediente de EIA junto con las razones por las cuales estas alternativas en particular se separaron de las que se seguirán evaluando.

Originalmente llamada Estudio de Base o Diagnóstico Ambiental (entorno), consiste en establecer un inventario de la situación imperante en el sitio donde se piensa desarrollar la acción antes de la implantación de la misma. Este paso no es un fin en sí mismo, sino un paso previo indispensable para determinar los impactos potenciales del proyecto o sus alternativas.

La descripción del medio ambiental natural se refiere a las condiciones ambientales previas a la ejecución del proyecto, y no debe ser exhaustiva, sino que considerará únicamente el inventario de la situación imperante en el "entorno" (llamado corrientemente como área de influencia).

La definición del "entorno" se logra cuando el equipo evaluador hace interactuar el medio ambiente natural como las acciones de proyecto potencialmente impactantes. Como producto de este análisis resultan impactos potenciales, para cada uno de los cuales resulta un entorno específico. Por lo tanto, el entorno varía dependiendo de cada acción impactante, y por ende, el medio ambiente de interés en esta segunda etapa de la EIA es diferente para cada tipo de impacto potencial que será evaluado.

Es precisamente por ello que no es adecuado delimitar el "área de influencia" (6-9) en términos de una zona geográfica exacta, por ejemplo un radio alrededor del sitio de proyecto, tal y como algunas reglamentaciones estatales exigen, sino más bien que cada especialista establezca el área de influencia particular, en función de la acción e impacto potencial de la misma.

Con relación al área de Influencia, debe dejarse claro que desde el punto de vista ambiental, es difícil y a veces improcedente, estimar los límites geográficos del área de Influencia. Lo anterior debido a que dicha área es diferente para cada impacto, según sea su naturaleza.

Así por ejemplo, para una emisión gaseosa el área de influencia podría estar definida por la dirección predominante de vientos, pudiendo ser totalmente opuesta, desde el punto de vista de límites geográficos, al área de influencia de un vertido líquido en un cuerpo de agua, que dependerá de la dirección del flujo hidráulico (diferente a la dirección de vientos). Es por ello que se prefiere utilizar el concepto de "entorno" en vez de "área de influencia".

En términos generales la metodología debe considerar tres aspectos:

1. Una descripción del medio ambiente natural, con énfasis en el entorno, sin el proyecto (conocido como "estado cero" o sea un diagnóstico pre-operacional).
2. Una interpretación histórica del estado cero, a partir de la cual se pueda predecir con buena probabilidad de acierto, la evaluación futura del medio ambiente sin proyecto.



3. Una predicción de la evolución esperada del medio ambiente sin el proyecto a lo largo de la vida de éste, actividad fundamental para no caer en el riesgo futuro de atribuir responsabilidades ambientales al proyecto, cuando en realidad los cambios pueden deberse a la evolución natural del medio ambiente (independiente del proyecto evaluado).

Aspectos tales como geografía, topografía, usos del suelo, hidro y geohidrología, meteorología, flora y fauna, calidad del agua, calidad del aire, patrimonio socioeconómicos y políticos pueden ser incorporados, dependiendo del proyecto a evaluar y de su interacción con el medio.

Una de las principales deficiencias consiste en la pérdida del principal objetivo de esta herramienta, la toma de decisiones, dado que en nuestro medio las decisiones sobre el proyecto (localización, magnitud, tecnología, insumos, productos y servicios) ya se encuentran tomadas desde antes de elaborar el Estudio de Impacto Ambiental (EslA), de tal forma que el principal objetivo de la EIA consiste en evaluar los impactos negativos significativos del proyecto, con el fin de proponer las medidas de prevención, atenuación o compensación requeridas, para preservar la calidad ambiental.

Esta deficiencia, así como muchas otras de orden técnico y científico, se originan principalmente, por la falta de capacitación técnica tanto de los responsables de efectuar los estudios (generalmente consultores) como de los responsables de su revisión y aprobación (generalmente funcionario estatales). Como consecuencia de esta situación, se observa en el país la promulgación de reglamentos y normativas inoperantes, tarea que intenta sin éxito, un adecuado control ambiental de las actividades en proceso de preinversión, resultando mas bien desestímulo y atrasos en los proyectos de inversión, fundamentales para salir del subdesarrollo.

Se aprovecha lo anterior para aclarar que en una EIA bien elaborada, no todos los impactos negativos de un proyecto deben ser mitigados, sino únicamente aquellos que por su mayor relevancia ambiental deben ser atenuados hasta un nivel técnico y económico tal, que sean fácilmente asimilables por el medio ambiente, sin ocasionar degradación ambiental (o sea hasta un nivel no significativo).

## **2.4 Metodología para la evaluación de impactos ambientales**

Una Evaluación de Impacto Ambiental –EIA- es un procedimiento que permite predecir los efectos relevantes, positivos y negativos, de una acción propuesta sobre el medio ambiente, de tal forma que se pueda mitigar los impactos negativos significativos, así como evaluar la viabilidad ambiental de la acción o proyecto objeto de estudio. La EIA debe considerarse todos los factores susceptibles de ser afectados que conforman el medio ambiente: físicos, biológicos, socioculturales, económicos, etc. Y se basa en predicciones, ya que debe ser efectuado como apoyo a la toma de decisión sobre la conveniencia de ejecutar la acción (proyecto) o alguna alternativa a la misma, incluyendo la no-acción.

Por lo general los procedimientos requieren la preparación de un documento formal que evalúe una acción propuesta, que explore un espectro de alternativas factibles, que evalúe los impactos de esas alternativas e identifique las medidas que evitarían o disminuirían la severidad de los impactos indeseables. La información revelada durante el proceso de EIA puede formar la base para la decisión de aprobar o negar una acción propuesta, o para poner condiciones a su implementación.

Las leyes y reglamentos de EIA son muy efectivos cuando están ligados al monitoreo y al seguimiento de cualquier asunto acordado y que sea proveniente de una mitigación para prevenir impactos ambientales adversos o de otro origen. Las leyes y regulaciones de EIA pueden tener el beneficio adicional de la participación pública la confianza en el proceso de toma de decisiones a través de sus medidas de revelación total. Finalmente, al establecer “peldaños” para varios pasos de las EIA, las leyes y los reglamentos estimulan la finalización a tiempo del proceso de toma de decisión.

Un estudio de impacto ambiental necesita realizar varias tareas, entre las que se incluye la identificación de impactos, la descripción del medio afectado, la predicción y estimación de impactos, la selección de la alternativa de la actuación propuesta entre las opciones que se hayan valorado para cubrir las demandas establecidas y el resumen y presentación de la información. A continuación se muestra una secuencia de los pasos para una EIA.

Metodología general para EIA:

- I. Descripción del proyecto y sus alternativas
- II. Descripción del medio ambiente (entorno)
- III. Identificación de impactos potenciales
- IV. Predicción e interpretación de impactos
- V. Medidas de control ambiental
- VI. Evaluación global de impacto ambiental
- VII. Programa de Monitoreo Ambiental (PMA)

Antes de iniciar la discusión sobre cada etapa, se intentará transmitir una visión global de la metodología. Para ello se referirá al enfoque metodológico en su clasificación de métodos en tres niveles:

- a) Identificación de los impactos (positivos y negativos) que producirá el proyecto sobre el ambiente.
- b) Predicción de la relevancia ambiental de cada impacto sobre el entorno, para el proyecto propuesto y para sus alternativas. Se denomina “predicción” en vista que ni el proyecto ni sus alternativas ha sido incorporados a la realidad del medio existente.
- c) Evaluación del impacto resultante producido por los efectos particulares calculados a través de predicción en la fase anterior. Esta evaluación global debe hacerse para el proyecto y sus alternativas, de tal forma que se pueda establecer un orden de prioridad ambiental que oriente la toma de decisión, junto con las implicaciones económicas de cada alternativa.

A los tres pasos metodológicos resumidos se debe agregar un adicional para completar el enfoque de la metodología general:

- d) Prevención o mitigación de los impactos negativos de mayor relevancia ambiental.

Algunos de estos impactos pueden ser evitados al cambiar de una a otra alternativa, sin embargo siempre existirán impactos negativos, los cuales deben ser mitigados hasta un nivel de baja relevancia para el entorno.

La última etapa (monitoreo) es mas bien una fase complementaria a la EIA y se refiere a las acciones y procedimientos que se deberán llevar a cabo para dar seguimiento a los efectos reales que el proyecto (o alternativa elegida) cause sobre el ambiente.

Con el monitoreo se podrá comparar los impactos reales con los predichos, se podrán introducir medidas correctivas y se podrán retro-alimentar las medidas de mitigación originalmente propuestas, con base en las necesidades reales detectadas.

#### **2.4.1 Identificación de impactos provocados por plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas usando tanques Imhoff**

El establecimiento de leyes ambientales y procedimientos de EIA en una variedad de países y los niveles del gobierno en algunos de esos países ha servido como catalizador para el desarrollo o la modificación de muchas técnicas para evaluar impactos ambientales. La evaluación de impactos, sin embargo, retiene todavía un alto grado de subjetividad. Aunque la evaluación de las condiciones ambientales existentes puede hacerse con un grado razonablemente alto de exactitud y precisión, el pronóstico de impactos continuará recibiendo el beneficio de nuevas metodologías y del afinamiento de las técnicas existentes.

Al desarrollar un enfoque general para el pronóstico y evaluación de impactos ambientales, existen varias interrogantes fundamentales que deben hacer dentro del proceso de planificación. Entre ellas:

- ¿Existen modelos predictivos (otras plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas similares que usen Tanques Imhoff) y datos específicos de la planta para apoyar una evaluación cuantitativa de los impactos ambientales?

- ¿Existe un registro cuantitativo (por ejemplo, un criterio o norma generalmente aceptados) que pueda usarse para distinguir los niveles significativos de impactos ambientales entre todos los niveles de impacto posibles?
- ¿Existen metodologías cuantitativas/ estadísticas disponibles para describir objetivamente los niveles de impactos, o se usará la calificación subjetiva en una o más fases de la evaluación?
- ¿Existen evaluaciones anteriores que se han llevado a cabo para acciones similares?

La circunstancia ideal para la evaluación o diagnóstico de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, sería cuando existe una base de datos sustancial y específica para el sitio o área que se evalúa, cuando existen modelos predictivos probados, cuando la necesidad de calificación subjetiva es mínima o inexistente y cuando la documentación de otras evaluaciones similares está al alcance. Es dudoso, sin embargo, que existan muchas situaciones donde estas condiciones ideales se satisfagan y la mayoría de las EIA necesitarán un volumen sustancial de criterio profesional. En estas situaciones, los estudios de diagnóstico preparados para otras situaciones comparativas presentan inferencias sobre el alcance y magnitud de los impactos.

Por lo general, las metodologías de evaluación pueden separarse en dos subgrupos importantes:

1. Aquellas metodologías que usan valores empíricos para producir el pronóstico de las condiciones futuras (métodos absolutos).

2. Aquellas metodologías que usan medidas relativas para pronosticar las diferencias entre dos grupos de condiciones (métodos comparativos).

Los impactos son los cambios producidos por el proyecto en las condiciones ambientales existentes en el medio ambiente natural. En otras palabras, el impacto es producto de una interacción entre el proyecto y su entorno.

La identificación de impactos debe efectuarse a nivel “potencial”, esto es, analizando desde el punto de vista cualitativo de ocurrencia de cambios relevantes en los diferentes factores ambientales, tanto positivos como negativos.

Una de las mejores maneras de identificar los factores ambientales es utilizar el conocimiento profesional con relación a los impactos previstos de los tipos de proyectos específicos. Considerando únicamente la calidad del agua, se sabe que las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas usando tanques Imhoff, está acarrearán los siguientes efectos beneficiosos:

- Reducción de la turbidez.
- Reducción de la dureza.
- Oxidación de la materia orgánica.
- Reducción de los coliformes.
- Homogeneización del caudal.

Los efectos perjudiciales por el mal uso son los siguientes:

- Baja reaireación.
- Aumento de sólidos inorgánicos.

- Desarrollo de algas.
- Flujo estratificado.
- Estratificación térmica.

Dentro de las componentes o variables ambientales identificadas provocadas por las plantas de tratamiento de aguas residuales (véase tabla II, pág. 66), se tienen las siguientes:

1. Medio físico
2. Medio biótico
3. Medio socioeconómico
4. Paisaje

1. Medio físico, dentro de esta agrupación se encuentra las siguientes componentes:

- a) Aire: esta componente se ve afectada cuando en un proyecto hay emisiones de polvo desde el suelo por la circulación de vehículos por caminos de tercería en la etapa de construcción; o emisión de olores, tales como los que se producen por la descomposición de la materia orgánica o las operaciones de eliminación de lodos.
- b) Suelos: se ve afectado cuando las aguas servidas tratadas son infiltradas al suelo o subsuelo. También por el movimiento de tierra en la etapa de construcción.
- c) Agua: el agua es otro de los componentes ambientales que frecuentemente es alterado por la ejecución y operación de proyectos de tratamiento de aguas residuales, ya que son cuerpos receptores.



2. Medio biótico, dentro de esta agrupación se encuentra las siguientes componentes:
  - a) Flora: la vegetación y la flora se ve afectada por la eventualidad de alteraciones potenciales producto del desarrollo de una nueva actividad, esto se da por el desplazo de la vegetación por la ubicación de las componentes de la planta dentro del terreno, en la etapa de construcción, como también en la etapa de operación cuando las aguas tratadas son descargadas a flor de tierra. La vegetación se refiere a los aspectos cuantitativos, es decir, su distribución horizontal y vertical sobre la superficie, mientras que la flora corresponde a la definición cualitativa, es decir, las especies que la componen.
  - b) Fauna: es el conjunto de especies animales que viven en una zona determinada se ve afectada por la reproducción de vectores de enfermedades debido a que las plantas de tratamiento se encuentran descubiertas.
3. Medio socioeconómico: la sociedad se ve afectada cuando no todos contribuyen y los costos de mantenimiento y operación de la planta son elevados. Cuando no existe buena coordinación de las autoridades competentes hay inconformidades en los pobladores, poca o ninguna colaboración.
4. Paisaje: cuando la planta es construida no en terrenos aislados de la población, sino a pocos metros de las viviendas, provoca un impacto visual.

**Tabla II. Lista de control para tratar o sintetizar los impactos ambientales**

Tema	Puede Sí ser	No	Comen- tarios
<i>Formas del terreno.</i> ¿ Producirá el proyecto:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendientes o terraplenes inestables?</li> <li>• Una amplia destrucción del desplazamiento del suelo?</li> <li>• Un impacto sobre terrenos agrarios?</li> <li>• Cambios en las formas del terreno, orillas, cauces o riberas?</li> <li>• Efectos que impidan determinados usos del terreno a largo plazo?</li> </ul>			
<i>Aire/climatología.</i> ¿ Producirá el proyecto:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de contaminación aéreas que provoque deterioro de la calidad del aire ambiental?</li> <li>• Olores desagradables?</li> <li>• Alteración de movimientos del aire, humedad o temperatura?</li> </ul>			
<i>Agua.</i> ¿ Producirá el proyecto:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertidos a un sistema público de aguas?</li> <li>• Cambios en las corrientes o movimientos de masa de agua?</li> <li>• Cambios en los índices de absorción, pautas de drenaje o el índice o cantidad de agua de escorrentía?</li> <li>• Alteraciones de la dirección o volumen del flujo de aguas subterráneas?</li> <li>• Alteraciones de la calidad del agua subterránea?</li> <li>• Contaminación de las reservas públicas de agua?</li> </ul>			
<i>Vida vegetal.</i> ¿ Producirá el proyecto:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en la diversidad o productividad o en el numero de alguna especie de plantas?</li> </ul>			
<i>Vida animal.</i> ¿ Producirá el proyecto:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dañara los actuales hábitats naturales y de peces?</li> <li>• Introducirá nuevas especies de animales en el área?</li> </ul>			
<i>Población.</i> ¿ Producirá el proyecto:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterara la ubicación o la distribución de la población humana en el área?</li> </ul>			
<i>Salud humana.</i> ¿ Producirá el proyecto:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creará algún riesgo real o potencial para la salud?</li> <li>• Expondrá a la gente a riesgos potenciales para la salud?</li> </ul>			
<i>Economía.</i> ¿ Producirá el proyecto:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendrá algún efecto adverso sobre las condiciones económicas locales o regionales?</li> </ul>			
<i>Estética.</i> ¿ Producirá el proyecto:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creará una ubicación estéticamente ofensiva abierta a la vista del público?</li> </ul>			

Adaptado de: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 107 a 109

### **2.4.2 Valuación de impactos provocados por plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas usando tanques Imhoff**

Consiste en predecir el comportamiento de cada impacto a través del tiempo y el espacio, esto es, anticiparse a los cambios que experimentaría cada componente ambiental si se llevará a cabo el proyecto o cada una de las alternativas.

Esta etapa es, sin lugar a dudas la más difícil y controversial en una EIA, dado que la tecnología disponible nos permite la cuantificación de todos los impactos. Es en esta etapa donde se justifica la necesidad de contar con un equipo de profesional interdisciplinario que reúna dos cualidades fundamentales: excelencia técnica (cada especialista sabe del tema que le corresponde) y experiencia (lograda a través de su participación en estudios similares).

Resulta entonces que la clave del éxito de la EIA se encuentra en la etapa de predicción e interpretación principalmente y descansa en la participación de profesionales competentes en las áreas definidas para el estudio, así como en la dirección técnica (equipo interdisciplinario mas coordinador del estudio).

La predicción se refiere al cambio estimado o evaluado en el factor ambiental, debido a una acción de proyecto. La interpretación se refiere a la explicación, de orden ambiental, que resulta del cambio predicho.

No debe olvidarse que el impacto es el producto de la interacción entre la acción del proyecto y el factor ambiental existente. Cualquier cambio en uno de estos dos actores daría origen a apreciaciones equivocadas sobre los impactos teóricamente evaluados.

En efecto, del dominio previo del proyecto y del medio, dependerá la posterior etapa de identificación y valoración de impactos, dado que un impacto ambiental es el producto de la interacción entre una acción propuesta (proyecto) y un medio ambiente existente (entorno del proyecto, llamada popularmente área de influencia).

Ningún método o técnica en EIA, por avanzada que sea, conducirá a buenos resultados por si solo, a menos que sea aplicado por un equipo evaluador interdisciplinario, con formación académica sólida, así como experiencia profesional en el campo de participación en el estudio.

El grupo evaluador deberá proceder ahora a la separación o división del medio ambiente en factores ambientales potencialmente impactantes. Para efectuar esta tarea se debe definir en forma preliminar el “área de Influencia” o “entorno” del proyecto, esto es, aquella parte del Medio Ambiente que interactúa potencialmente con el proyecto y por ende, es la receptora potencial de sus impactos.

Una vez que se cuenta con los impactos genéricos (positivos y negativos) del proyecto, se conoce además el origen de los mismos, las acciones que los causan y los factores del ambiente que son modificados. Esta información será muy valiosa para el posterior proceso de establecimientos de medidas ambientales de prevención, atenuación y/o compensación.

La lista de impactos genéricos deberá dividirse según su signo ambiental:

- Positivos, aquellos impactos que se refieren a modificaciones que resultan en ganancias o beneficios para el medio ambiente.

- Negativos, aquellos impactos que se refieren a modificaciones que resultan en pérdidas o costos para el medio ambiente.

Para conocer el signo del impacto, el grupo evaluador deberá aplicar siempre la ecuación básica de evaluación ambiental:

$$\begin{array}{l} \text{IMPACTO} \\ \text{AMBIENTAL} \\ \text{NETO} \end{array} = \begin{array}{l} \text{COND. AMBIENTAL} \\ \text{CON PROYECTO} \end{array} - \begin{array}{l} \text{COND. AMBIENTAL} \\ \text{SIN PROYECTO} \end{array}$$

En dicha ecuación no debe olvidarse que la condición sin proyecto a ser utilizada, no corresponde al estado cero en el momento de realización de la EIA, sino al estado que se dará tomando en cuenta la evolución natural del medio.

La ponderación ambiental, es una valoración integral del efecto que un impacto puede ocasionar en el medio ambiente y se establece con base en la evaluación por consenso, de cinco criterios a saber:

1. Magnitud
2. Importancia
3. Extensión
4. Duración
5. Reversibilidad

La naturaleza de los efectos potenciales afectará la EIA. La descarga de desperdicios naturales (por ejemplo, en las aguas residuales domésticas) producirá cambios indeseables en las características de las aguas superficiales o subterráneas, pero estos cambios son cualitativamente diferentes a aquellos que podrían resultar del escape de una materia química sintética que fuese peligrosa y persistente a la vez.

Los efectos de la descarga de desperdicios naturales son reversibles, al menos en parte, mientras que la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por compuestos químicos peligrosos y persistentes representan un peligro significativo por período más largo de tiempo. El significado de tal efecto debe también considerarse en lo que se refiere a su período de tiempo. Según aumenta el tiempo de exposición, o su frecuencia, también aumentará la posibilidad de impactos adversos.

Para tratar o sintetizar un diagnóstico de los impactos ambientales en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas usando tanques Imhoff, se tienen que sacar una serie de parámetros (véase tabla II, pág. 66).

Requisitos mínimos para el éxito del proceso:

- La EIA debe ser efectuada por un equipo interdisciplinario
- Los resultados de la EIA plasmados en el EsIA deben ser vinculantes
- Debido a lo anterior y tomando en cuenta el impacto financiero de las medidas de mitigación, el equipo interdisciplinario deben tener adecuada capacitación en EIA.

- El Estado debe tener un sistema de seguimiento efectivo del proceso:
  - Programa de monitoreo, debe estar a cargo del proponente
  - El control se efectúa a través de auditorías ambientales
  - La auditoría ambiental puede ser directa o indirecta
  
- Se debe contar con un sistema eficiente de penalización sobre cumplimientos y todo en el proceso de la EIA.

Las fallas típicas de la EIA en nuestros países:

- Equipo interdisciplinario no adecuado para el tipo de estudio
- No hay capacitación ni en el equipo evaluador ni en el Estado
- Empirismo en la identificación y predicción de impactos
- Medidas de mitigación descriptivas, no permiten valorar impacto financiero ni facilitan posterior diseño
- No hay análisis de viabilidad ambiental, ni siquiera se compara contra la no-acción
- El empirismo en los EsIA conduce a: i) impactos relevantes son omitidos del estudio y ii) todos los impactos negativos se mitigan, sin tomar en cuenta su significado
- La EIA es un simple trámite burocrático para conseguir el permiso o el financiamiento
- La EIA no ha contribuido a preservar o mejorar el medio ambiente

### **2.4.3 Efectos de los impactos identificados**

En las últimas dos décadas se han desarrollado numerosos métodos de EIA. Estos métodos pueden servir para identificar los impactos previstos, para determinar los factores ambientales que deben incluirse en una descripción del medio afectado, para proporcionar información sobre la predicción y evaluación de los impactos específicos, para permitir una evaluación sistemática de las alternativas y una selección de la actuación propuesta, resumiendo y comunicando los resultados del estudio de impacto.

El problema que constituyen las descargas de aguas servidas o de desecho que provienen de las industrias y de la población en general, es serio, pues tal descarga afecta directa o indirectamente a los cuerpos receptores de agua que pueden ser ríos o lagos superficiales, corriente de agua subterráneas o áreas costeras de fácil filtración.

La protección de estos cuerpos de agua es urgente para garantizar su uso benéfico como suministro de agua potable para el ser humano, agua para usos agrícolas y ganadero, para usos industriales, para la pesca y para el recreo de las personas. En Guatemala, es notorio que la falta de medidas suficientes en este aspecto se refleja en casos como la contaminación del río de las Vacas, río de Villalobos, río de Chinautla y lago de Amatitlán.

A veces los grandes costos para crear infraestructuras, la falta de responsabilidad y de dinamismo sociales hacen mas compleja la aplicación de programas ambientales que a la postre, de no ser considerados, pesan sobre el desarrollo nacional.



El sistema de “Límites Máximos Aceptables”, se basa en el principio de que el agua es de necesidad universal y debe ser protegida de todos aquellos contaminantes, cualesquiera que sea su procedencia, que pueda ser nocivo para la salud de las personas, animales o plantas (véase tabla VIII, sección 3.2.3).

Este sistema de exigencias mínimas con sus respectivos límites máximos aceptables establece dos tipos de descarga a saber:

- a) Descarga directa, es la descarga que va directamente de la fuente productora al cuerpo de agua receptor; en este sentido las municipalidades se consideran descargadores directos.
- b) Descarga indirecta, es la descarga de aquellas entidades en las que su sistema de efluentes esta conectado al sistema público de alcantarillado de la municipalidad. El sistema de exigencias mínimas se aplica solamente a las descargas directas.

Según estudios microbiológicos los cuerpos receptores de aguas residuales domésticas, se pueden aprovechar sus aguas para algunos cultivos como tubérculos y raíces (papa, zanahoria, remolacha y cebolla) no reportan presencia de patógenos peligrosos en los mismos (Salmonella, Shigella y Vibrio Cholerae). No se siembran hortalizas cuya parte aprovechable sean hojas, flores o vainas para evitar la contaminación por microorganismos que aun permanece en el agua tratada.

A continuación se muestra en la tabla III, una lista de preguntas que ayudarán a determinar los efectos de los impactos identificados.

### **Tabla III. Lista de control como cuestionario de los impactos potenciales sobre la salud de actuaciones hidráulicas**

---

#### **A. IMPACTOS DIRECTOS SOBRE LA POBLACIÓN EN LA ZONA DEL PROYECTO**

¿Se introducirá nuevas enfermedades o nuevas cepas de enfermedades por la emigración de los trabajadores de la construcción o por los residentes? Afectará esto a los residentes previos?

¿Se expondrán las comunidades; desplazadas a nuevas enfermedades para la que tiene poco o ninguna inmunidad?

¿Se expondrán los nuevos pobladores a las enfermedades endémicas de la zona para las que tienen poca o ninguna inmunidad?

¿Empeorarán los problemas de higiene y sanidad por culpa de los alimentos, los residuos o el ciclo del agua?

¿Las viviendas y las instalaciones sanitarias serán sobre utilizadas, mal usadas o sin uso del todo, produciendo condiciones que conduzcan a enfermedades hídricas y a la propagación de enfermedades contagiosas vía fecal-oral?

¿ Se contaminará el agua o el suelo con excrementos, favoreciendo la propagación de enfermedades contagiosas?

¿Los cambios en el abastecimiento de alimentos conducirán a la posibilidad de desnutrición, deficiencias nutricionales o efectos tóxicos? Estos efectos pueden darse debido a:

-contaminación del suelo o del agua de riego con sustancias tóxicas

-reducción de la productividad del suelo debido a cambios hidráulicos (estancamiento del agua, etc.), mineralización o contaminación del suelo y las aguas superficiales

-reducción de la productividad de las pesquerías provocada por cambios en el régimen hídrico o por contaminación del agua

¿Las industrias y actividades similares atraídas al área por el crecimiento inducido, provocarán contaminación del aire, el suelo, el agua o ruido con los subsecuentes impactos sobre la salud humana?

#### **B. IMPACTOS INDIRECTOS A TRAVÉS DE VECTORES DE ENFERMEDADES**

¿Se introducirán nuevos vectores en el área a través de vehículos, animales, plantas trasplantadas, suelo, etc.?

---

Adaptado de: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 114-115

### **3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN GENERAL DEL IMPACTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS USANDO TANQUES IMHOFF**

#### **3.1 Definición de actividades en las distintas etapas del proyecto**

Seleccionar los factores ambientales de una lista inicial podría implicar visitas al emplazamiento (entorno, lugar, posición, colocación), debates de un equipo profesional interdisciplinario, aplicación de cuestiones de criterio y/o juicio profesional.

La selección de los factores ambientales pertinentes para su inclusión en la descripción del emplazamiento ambiental, se refiere a un proceso rápido y abierto para determinar el alcance de las cuestiones que se contemplan y para identificar las cuestiones significativas relativas a la acción propuesta. El emplazamiento ambiental se necesita describir en términos de cualquier factor previsto que pueda ser impactado por la acción propuesta.

Algunas actividades importantes en la etapa de análisis y diagnóstico son las siguientes:

1. Historia. Descripción de las actividades pasadas y presentes sobre la propiedad.

2. Localización. Un mapa que muestre la propiedad en su contexto geográfico.
3. Geografía física / hidrología superficial. Topografía, de las zonas húmedas, caudal mínimo de los cauces receptores, posibilidades de suministro de agua potencial de inundación del uso existente y propuesto.
4. Suelos. Tipo, profundidad, erosión y potencial de migración de los contaminantes.
5. Geología. Resumen de la geología de la región y de la propiedad objeto, subrayando el potencial para la migración de los contaminantes.
6. Hidrogeología. Profundidad del acuífero más superficial, calidad del agua superficial, velocidad y dirección del flujo, capacidades de suministro de agua y posibilidad de contaminar los acuíferos más profundos.
7. Estructuras e instalaciones contaminadas. Identificación de la estructura y la clase de contaminación potencial, por ejemplo, plaguicidas/herbicidas, agentes químicos, explosivos.
8. Patrones de uso del suelo. Residencial, comercial, industrial, agrícola, etc., compatibilidad del uso propuesto con el uso existente en los alrededores.
9. Ruido. Una evaluación de los niveles de ruido ambiental (esto es en la etapa de construcción, o si fuera una planta de tratamiento que utilice equipo electromecánico para su funcionamiento).

10. Base ecológica existente. Las áreas objeto incluyen pero no se limitan al total de lo existente y a las localizaciones anteriores implicadas en la generación, transporte, almacenamiento, tratamiento o eliminación de materias/ sustancias/ residuos peligrosos, aguas residuales, gasolinas, y otros peligros.

12. Población. Este elemento resume la población humana existente y potencial en la propiedad y en la región.

Se sugiere que únicamente sean descritos los factores ambientales que sean significativos en el estudio específico; no se deberían incluir aquellos factores que tengan poca relevancia y que para su obtención e interpretación requieran cuantiosos datos.

En la selección de los factores ambientales para su inclusión en la descripción del emplazamiento se debería confiar en el juicio profesional. Esta puede ser una parte de los debates del equipo interdisciplinario, o se puede solicitar, para un proyecto, a los expertos reconocidos en las disciplinas particulares.

### **3.1.1 Búsqueda y selección del terreno**

Es importante para cada miembro del equipo de estudio visitar el área propuesta para el proyecto. Una visita al emplazamiento (entorno, lugar, posición, colocación) facilitaría familiarizarse con el área y capacitaría para una revisión más efectiva de los datos ambientales existentes. La tabla IV expone algunas razones, para visitar el emplazamiento o terreno.

**Tabla IV. Algunas razones para realizar visitas al emplazamiento o terreno**

- 
- Obtener un sentido de las condiciones existentes y mejorar el informe escrito.
  - Contrastar la información existente (verificar el terreno).
  - Contrastar el área circundante en términos de otros acontecimientos e impactos secundarios.
  - Ayudar en la identificación de factores y datos desconocidos (nueva información; obtención de datos; videos y fotografías del área).
  - Verificar propuestas.
  - Revisar o planificar el trabajo de los contratistas ambientales.
  - Coordinar con otras agencias.
  - Proporcionar credibilidad.
  - Determinar la aplicabilidad de requisitos específicos.
  - Determinar el estado actual del proyecto.
  - Entrevistas con los promotores
  - Facilitar debates conjuntos mediante la visita del equipo.
  - Tener debates entre agencias en el emplazamiento.
  - Proporcionar una revisión independiente del emplazamiento sin los promotores.
  - Contrastar cambios del proyecto y del entorno debido al transcurso del tiempo.
  - Obtener experiencia en campo que ayude a acumular conocimiento a lo largo del tiempo y contribuya al desarrollo profesional.
  - Ayudar a planificar el programa de control ambiental.
  - Contactar con los habitantes del lugar.
  - Verificación de posible información errónea proporcionada por varios grupos de interés.
- 

Adaptado de: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. Pág. 138

Las descripciones exactas de lo que se busca en una visita al emplazamiento dependerán del tipo de proyecto propuesto y de los impactos previstos, así como de las características particulares de la localización propuesta. Recientemente se han convertido en habituales las evaluaciones del terreno como medida precursora para la venta o adquisición de la propiedad. Tales evaluaciones incluyen habitualmente las visitas al terreno y se han obtenido diferentes listas de control de visitas; la tabla V expone una de estas listas, que se podría utilizar, tal como ésta o modificada, en las visitas al terreno para los procesos de EIA.

**Tabla V. Lista de control de los puntos a considerar en una evaluación del emplazamiento o terreno**

<p><b>Características físicas</b>  Zonas de aparcamiento  Carreteras  Tendidos eléctricos  Edificios públicos  Viviendas  Mejoras de estructuras  Servidumbres y derechos de paso</p>	<p><b>Procesos y aguas residuales</b>  Tamaños y construcción  Función  Contenidos  Interno o externo  Por encima o por debajo del nivel  Fugas  Tuberías  Puntos de adición de sustancias químicas  Bombas  Evidencia de derrames</p>
<p><b>Instalaciones</b>  Número, localización, tamaño  Uso principal  Tipo de construcción  Material de aislamiento  Antigüedad  Revestimiento del suelo  Drenaje  Olores  Contaminación intrínseca</p>	<p><b>Vertido de efluentes</b>  Bocas de registro  Sistema de alcantarillado  Tuberías de llenado  Campos de lixiviados</p>
<p><b>Uso del suelo adyacente</b>  Agua superficial  Carreteras y servicios  Propiedades residenciales  Emplazamientos industriales  Suelo disponible  Tipos de vegetación</p>	<p><b>Pozos/estanques/lagunas</b>  Tamaño y localización  Material de construcción  Propósito  Contenidos  Revestido o sin revestir  Por encima o por debajo del nivel  Condición general  Libre de tablas  Fugas  Tuberías de llenado y desagüe</p>
<p><b>Compañías de servicio público</b>  Electricidad  Gas Natural  Carburante  Teléfono  Alcantarillado para tratamiento privado-público  Agua  Sumideros</p>	<p><b>Zonas de vertido</b>  Tamaño, localización, antigüedad  Contenidos  Condición general  Escombros, fangos, cascotes  Vegetación alterada  Contorno superficial  Control y recuperación de pozos</p>

## Continuación

### Características del agua

Sondeos  
Manantiales  
Filtraciones  
Pantanos y zonas húmedas  
Estanques  
Corrientes de agua  
Evidencia de inundación  
Dirección de la escorrentía  
Erosión superficial

### Almacenamiento en bidones

de sustancias químicas/gasolina  
Condición general  
Seguridad y acceso  
Control de derrames  
Plan de respuesta de emergencia  
Evidencia de derrames

### Características geológicas

Topografía y pendiente  
Características del suelo  
Rocas en los cultivos  
Fosas de depresión  
Excavación  
Actividad minera  
Zanjas de desviación  
Suelos almacenados

### Evidencia de residuos

Bidones, barriles, contenedores  
Materiales de desecho  
Construcción y demolición  
Escombros  
Suelo descolorido  
Filtraciones de lixiviados  
Agua superficial coloreada

---

Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 139

### 3.1.2 Etapa de habilitación y construcción

En la etapa de habilitación y/o construcción es necesario haber cubierto los pasos descritos anteriormente como los son:

1. Si es un proyecto en planificación, metodología general para EIA (planificación: toma de decisión )
  - I. Descripción proyecto y alternativas
  - II. Descripción medio ambiente (entorno)
  - III. Identificación de impactos (+,-)
  - IV. Predicción e interpretación (+,-)



- V. Medidas de mitigación
  - VI. Evaluación global de impacto ambiental
  - VII. Programa de monitoreo
2. Si es un proyecto ya construido, metodología general para EIA (mitigación: decisión ya tomada)
- I. Descripción proyecto
  - II. Descripción medio ambiente (entorno)
  - III. Identificación de impactos (-)
  - IV. Predicción e interpretación (-)
  - V. Medidas de mitigación
  - VI. Programa de monitoreo
3. Etapa de planificación: va simultaneo con la EIA. En esta etapa se ubican los elementos que componen la planta de tratamiento en sus diferentes etapas (tratamiento primario, secundario, etc.). Así como las dimensiones que tendrá cada elemento, esto depende de las condiciones del terreno, volúmenes de aguas residuales según la densidad de la población, y el tipo de actividad de la población, debido a la composición de contaminantes de las aguas residuales domésticas a las que estarían expuestas las estructuras de la planta de tratamiento.
4. Etapa de ejecución: es llevar lo planificado a lo físico. Aquí hay que tomar una serie de factores que se han mencionado con anterioridad como el ruido, por los trabajos con maquinaria, seguridad para los vecinos y trabajadores por el tránsito de equipo y materiales, etc.

Si la planta ya está habilitada es necesario determinar si su funcionamiento llena las expectativas, si no, es necesario tomar medidas de mitigación y programas de monitoreo según sea el caso.

### **3.1.3 Etapa de operación de la planta de tratamiento**

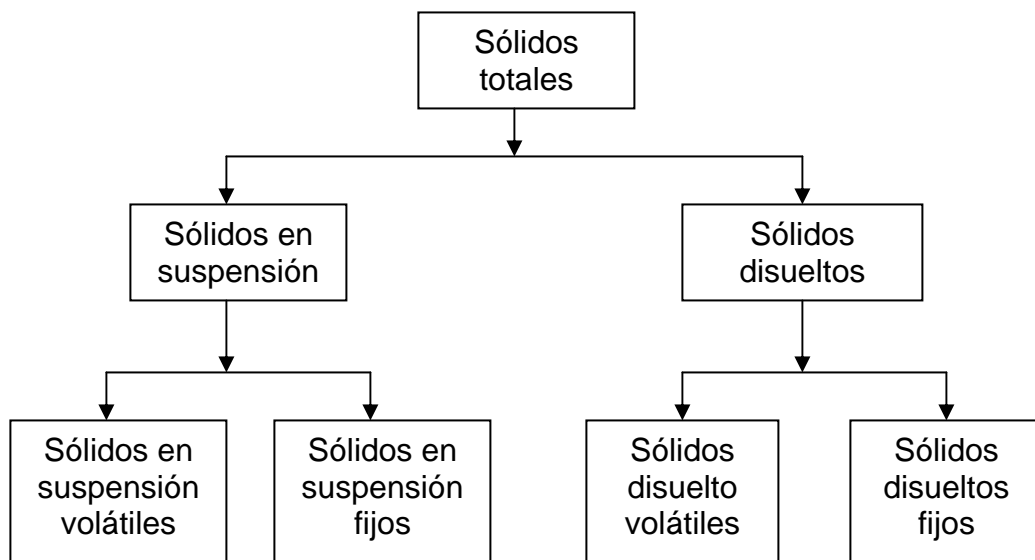
Las actividades humanas pueden aumentar la concentración de los compuestos existentes en el agua superficial o receptora o pueden incorporar compuestos adicionales a la misma. Por ejemplo, el vertido de agua residual (tratada o no) que añade grandes cantidades de carga orgánica al agua superficial o receptora y el desbroce del terreno (para construcción, agricultura, etc.) pueden dar como resultado una mayor erosión y carga de sedimento en el agua superficial o receptora. Por lo tanto, es importante reconocer la calidad natural (en origen) de las aguas superficiales y los impactos producidos por las actividades humanas sobre esta calidad.

La calidad del agua puede definirse basándose en su caracterización, física, química y biológica. Los parámetros físicos incluyen color, olor, temperatura, sólidos, turbidez y contenido en aceites y grasas, Cada parámetro físico puede descomponerse en otras categorías.

Por ejemplo, los sólidos pueden dividirse en sólidos en suspensión y sólidos disueltos (según tamaño y sedimentabilidad) así como en fracciones orgánica (volátil) e inorgánica (fija). La Figura 4 (pág. 83) representa una clasificación de los distintos ensayos de sólidos. Los parámetros químicos asociados con el contenido de materia orgánica del agua incluyen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), carbono orgánico total (COT) y demanda total de oxígeno (DTO).

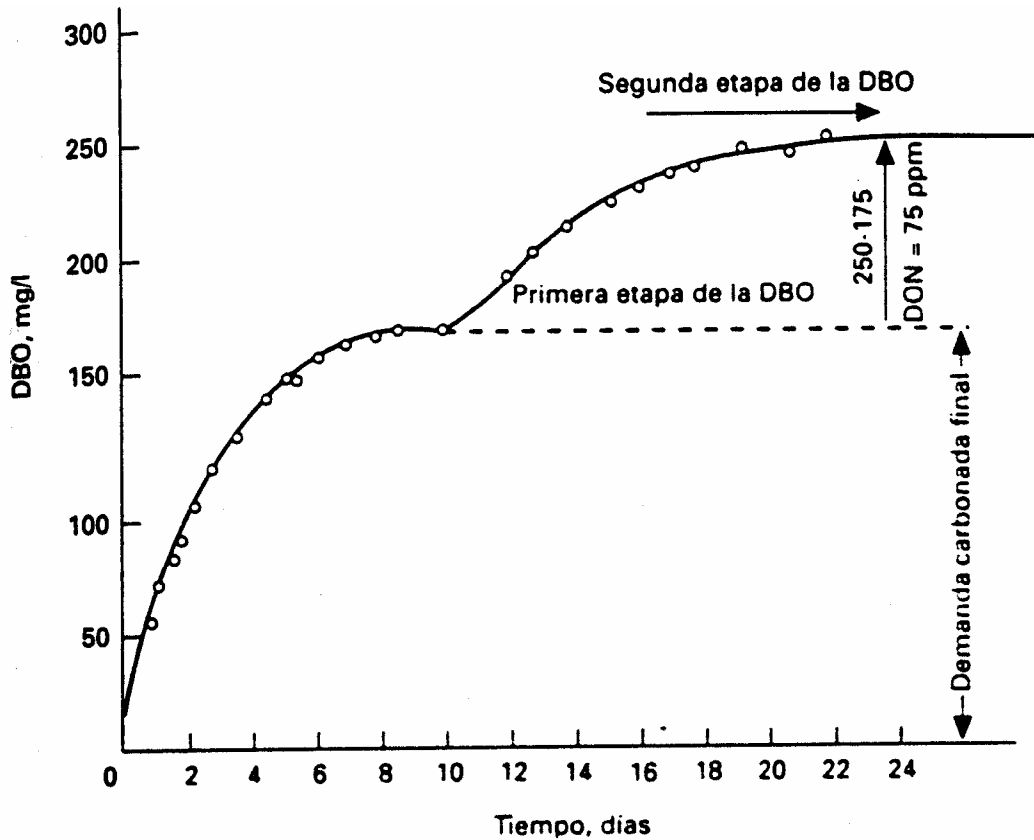
Debe observarse que la DBO es una medida del contenido de materia orgánica del agua; se determina midiendo el oxígeno necesario para estabilizar por vía biológica la materia orgánica (el oxígeno equivalente a la materia orgánica biodegradable presente). La curva de la DBO se muestra en la figura 5 (pág. 84) los parámetros químicos inorgánicos incluyen la salinidad, dureza, pH y presencia de sustancias como el hierro, manganeso, cloruros, sulfatos, sulfuros, metales pesados (mercurio, plomo, cromo, cobre y zinc), nitrógeno (orgánico, amoniacado, nitrito y nitrato) y fósforo.

**Figura 4. Relaciones de los distintos ensayos de sólidos utilizados para la caracterización de la calidad del agua**



Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 234

Figura 5. Curva de DBO



Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. Pág. 235

Las propiedades biológicas incluyen parámetros bacteriológicos como presencia de coliformes fecales, patógenos específicos y virus.

Al evaluar los impactos de la contaminación en las aguas superficiales, asociados con la construcción y funcionamiento de un futuro proyecto, deben considerarse dos tipos principales de fuentes contaminantes: “no puntuales y puntuales” (1-234). Las fuentes no puntuales también se denominan de «área» o «difusas».

Los «contaminantes difusos» se refieren a aquellas sustancias que pueden introducirse en los cauces receptores como consecuencia de zonas urbanas, zonas industriales o escorrentía rural, por ejemplo, sedimentos, pesticidas o nitratos que llegan al agua superficial por escorrentía agraria, es decir, todas aquellas fuentes que no tengan un punto localizado de vertido.

Las fuentes puntuales están relacionadas con vertidos específicos de complejos municipales o industriales, por ejemplo, compuestos orgánicos o metales que acceden al agua superficial como consecuencia de los vertidos de aguas residuales de una industria.

#### **3.1.4 Etapa de abandono de la planta de tratamiento**

Cualquier tipo de planta de tratamiento de aguas residuales es funcional, cuando esta ha sido planificada, diseñada, y se han tomado todos los factores inherentes al proceso como las Evaluaciones de Impacto Ambiental, se ha tomado en cuenta el clima, el tipo y área del terreno, la población, tipo de uso y componentes de las aguas residuales, etc.

Pero cuando una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas es abandonada, por la falta de interés de las autoridades correspondientes, o por la falta de presupuesto, o la indiferencia e ignorancia en la colaboración de los vecinos-usuarios, al no colaborar para el mantenimiento de la misma. Esta empieza a perder su funcionalidad desde los tratamientos primarios hasta el desfogue a las aguas receptoras, debido al incremento de los lodos, basura, etc. Esto provoca que las aguas residuales pasen a los cuerpos receptores (ríos, lagos, y otros) con un tratamiento ineficiente, o simplemente pasan de largo.

El abandono de las plantas de tratamiento de aguas residuales, resulta en un impacto negativo para el ambiente, contaminando los cuerpos receptores, y por consiguiente la flora y fauna, y a poblaciones que se encuentran aguas abajo, la contaminación y agotamiento de los mantos acuíferos, la contaminación del suelo, así como la ploriferación de vectores transmisores de enfermedades, afectando la salud pública y ocupacional e incrementando el riesgo de contingencias, la contaminación del aire además de los malos olores, como también el deterioro de las estructuras de los elementos que componen la planta de tratamiento por efectos de corrosión.

### **3.2 Identificación de potenciales impactos ambientales**

#### **3.2.1 Etapa de construcción**

Muchos tipos de proyectos, planes o programas producen impactos en las aguas superficiales (ríos, lagos, mares u océanos). Los efectos pueden estar representados por cambios en la cantidad y/o calidad de las aguas produciendo alteraciones en el ecosistema acuático.

Como ejemplos de proyectos que ocasionan impactos relacionados con las aguas superficiales incluyen:

- a. Industrias o centrales eléctricas que extraen aguas superficiales para utilizarlas como agua de refrigeración (esto puede ser de particular preocupación durante condiciones de bajo caudal).
- b. Proyectos de canalización de ríos para mejoras de caudal.

- c. Deforestación y desarrollo agrícola que dan como resultado una contaminación difusa por exceso de nutrientes y pesticidas que retornan a los caudales junto al agua de riego.
- d. Vertederos de residuos tóxicos y peligrosos, y/o vertederos de residuos sólidos urbanos, que producen contaminación difusa por aguas de escorrentía.
- e. Proyectos de infraestructura como edificios, puentes carreteras, etc., (véase tabla XIV del anexo 1, pág. 163).

### **3.2.2 Etapa de operación**

Los efectos de la contaminación sobre la calidad de los cauces receptores son diversos y dependen del tipo y concentración de contaminante. Los compuestos orgánicos solubles, representados por residuos con alta DBO, provocan el agotamiento del oxígeno en el agua superficial. Esto puede ocasionar la muerte de los peces y la aparición de organismos acuáticos y olores indeseables, debido a las condiciones anaerobias. Incluso cantidades de ciertos compuestos orgánicos pueden ocasionar sabores y olores indeseables.

Los sólidos en suspensión disminuyen la transparencia del agua y dificultan los procesos fotosintéticos; si los sólidos sedimentan y forman depósitos de lodo, se producen cambios en el ecosistema. El color, la turbidez los aceites y los materiales flotantes son preocupantes por su indeseable efecto antiestético y posible influencia en la transparencia del agua y procesos fotosintéticos.

El exceso de nitrógeno y fósforo pueden producir el desarrollo masivo de algas, asociado con problemas en el tratamiento del agua, resultantes de la descomposición de algas y de las interferencias con los sistemas de tratamiento. El exceso de nutrientes (nitrógeno y fósforo), que comienza con un crecimiento desmesurado de algas (productores primarios), lo que provoca un aumento de la turbidez del agua.

Cuando las aguas están turbias se dificulta la fotosíntesis y, por tanto, se produce una muerte masiva de estas algas, que dejan de producir oxígeno. En último término las aguas entran en condiciones de anoxia, idóneas para microorganismos anaerobios que degradan la materia orgánica liberando gases de olor desagradable (metano, sulfhídrico) como productos de su metabolismo.

Los cloruros transmiten un sabor salado al agua, y en concentraciones suficientes, pueden limitar el uso del agua. Los ácidos, álcalis y sustancias tóxicas pueden provocar la muerte de los peces y crear otros desequilibrios en los ecosistemas acuáticos. En la tabla VI (pág. 89) figura un resumen de los contaminantes más importantes de las aguas superficiales y sus impactos. La tabla VII (pág. 90) resume las características físicas, químicas y biológicas de la calidad de agua y sus fuentes.



**Tabla VI. Contaminantes importantes de las aguas superficiales y sus impactos**

<b>Contaminantes</b>	<b>Razón de su importancia</b>
Sólidos en Suspensión	Los sólidos suspendidos pueden producir depósitos de fango y condiciones anaerobias cuando se vierten en aguas residuales sin tratar en el medio acuático.
Materia orgánica	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas. La materia orgánica biodegradable se mide comúnmente en forma de DBO (demanda bioquímica de oxígeno). Si se vierte sin tratar al medio ambiente, su estabilización biológica puede producir el agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y el desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Los organismos patógenos pueden transmitir enfermedades a través del agua.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento de algas. Cuando se vierten al medio acuático, estos nutrientes pueden producir el desarrollo de organismos acuáticos indeseables. Cuando se vierten en cantidades excesivas sobre el terreno, pueden producir la contaminación del agua subterránea.
Contaminantes principales	Son compuestos orgánicos seleccionados en base a su conocida o probable carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda. Muchos de estos compuestos se encuentran en el agua residual.
Materia orgánica refractaria	Estos compuestos orgánicos tienden a atravesar los métodos convencionales de depuración de agua residuales. Ejemplos típicos son los detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Los metales pesados normalmente aparecen en el agua residual procedentes de las actividades comerciales e industriales y tienen que eliminarse si el agua residual se va a reutilizar.
Compuestos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos, como el calcio, sodio y sulfato Aparecen en el agua de abastecimiento como resultado de la utilización del agua y tienen que eliminarse si el agua residual se va a reutilizar.

Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. Pág. 238

**Tabla VII. Características físicas, químicas y biológicas de la calidad del agua y sus fuentes**

<b>Características</b>	<b>Fuentes</b>
Propiedades físicas	Residuos domésticos e industriales de composición natural de materiales orgánicos.
Color	
Olor	Aguas residuales en descomposición residuos industriales.
Sólidos	Abastecimiento de agua, residuos domésticos e industriales, Erosión de suelos, conexiones incontroladas / infiltración.
Temperatura	Residuos domésticos e industriales.
<b>Constituyentes químicos</b>	
<b>Orgánicos:</b>	
Carbohidratos	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales.
Grasas animales, aceites y grasas	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Fenoles	Residuos industriales
Proteínas	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Contaminantes	
Principales	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Detergentes	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Compuestos	
Orgánicos volátiles	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Otros	Descomposición natural de materiales orgánicos.
<b>Inorgánicos:</b>	
Alcalinidad	Residuos domésticos, abastecimiento de agua, infiltración de aguas subterráneas.
Cloruros	Residuos domésticos, abastecimiento de agua, infiltración de aguas subterráneas.
Metales Pesados	Residuos industriales
Nitrógeno	Residuos domésticos y agrícolas.
PH	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Fósforo	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales escorrentía natural.
Contaminantes	
Principales	Residuos domésticos, actividades comerciales e industriales
Azufre	Abastecimiento de agua, residuos domésticos, actividades Comerciales e industriales.
<b>Gases:</b>	
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
Metano	Descomposición de residuos domésticos.
Oxígeno	Abastecimiento de agua, infiltración de aguas superficiales

## Continuación

### Constituyentes biológicos:

Animales	Cursos de agua abiertos y plantas de tratamiento.
Plantas	Cursos de agua abiertos y plantas de tratamiento.

### Protistas:

Eubacterias	Residuos domésticos, infiltración de aguas superficiales plantas de tratamiento.
Arqueobacterias	Residuos domésticos, infiltración de aguas superficiales plantas de tratamiento.
Virus	Residuos domésticos.

---

Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. Pág. 236

### 3.2.3 Etapa de abandono

Un aspecto relacionado con el abandono del tratamiento de aguas residuales es la disminución en la capacidad de auto depuración de las aguas por la falta de monitoreo y seguimiento de limpieza. La capacidad de auto depuración es la aptitud del flujo de agua para recibir residuos orgánicos y purificarse mediante reaireación natural.

En general, el agua disminuye la capacidad de reaireación del flujo de agua, reduciendo de esta manera la carga del residuo que el flujo de agua puede recibir sin tener la concentración de oxígeno disuelto por debajo de un estándar de calidad de agua establecido.

La utilización del conocimiento profesional con relación a los impactos de la mayoría de los tipos de proyectos puede ser apoyada recurriendo a las listas organizadas de factores ambientales de interés de los tipos de proyectos específicos.

Basado en aspectos legales establecidos en febrero de 1989 por medio del “Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas” en el acuerdo gubernativo No. 60-69, establece que cuando los caudales de aguas residuales vertidos sean mayores a 8 m<sup>3</sup>/día, lo que representa solamente la descarga de 9 conexiones domiciliarias, se deberá tener los siguientes valores de DBO<sub>5</sub>, DBO y sólidos sedimentables (ver tabla VIII).

**Tabla VIII. Límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de las aguas servidas municipales**

<b>Muestras de las aguas servidas</b>	<b>Sólidos sedimentables (ml/l)</b>	<b>Demanda química de oxígeno (mg/l)</b>	<b>Demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días (mg/l)</b>
Muestra tomada al azar *	1.0		
Muestra, mezcla de 2 hrs. **	1.0	500	250
Muestra, mezcla de 24 hrs. ***	1.0	450	200

\* Muestra de las aguas servidas tomada al azar de la planta antes de ser descargada al cuerpo receptor; \*\* Muestra analizada después de transcurrir 2 horas de haberse tomado; \*\*\* Muestra analizada después de transcurrir 24 horas de haberse tomado

Fuente: Congreso de la República de Guatemala. **Acuerdo Gubernativo 60-89**

De la tabla VIII se puede establecer que se está condicionando a cumplir con estas características de calidad de los efluentes municipales antes de vertirlas a los cuerpos receptores y que solamente se está cumpliendo en cierta forma por el 6% de las cabeceras municipales, lo cual genera una situación compleja con respecto a los cuerpos de aguas superficiales (10-3).

Esta situación puede mejorar considerablemente estableciendo una política bien definida con respecto al saneamiento y dando las herramientas adecuadas a las personas que toman las decisiones en las comunidades.

Los ríos pueden recorrer de región en región dentro de un país. Los impactos causados por los proyectos en un lugar pueden manifestarse en distintos sitios. En la tabla IX se muestra resumen de los impactos de determinados contaminantes en relación con el deterioro potencial del uso de agua y en la tabla X (pág. 94) se muestra la composición de las aguas residuales domésticas no tratadas.

**Tabla IX. Límites en los usos del agua debido a la degradación de la calidad del agua**

Contaminante	Uso						
	Agua de bebida	Vida acuática piscifactorias	Usos recreativos	Riego	Usos industriales	Energía y refrigeración	Transporte
Patógenos	xx	0	xx	x	xx	na	na
Sólidos en suspensión	xx	xx	xx	x	x	x	xx
Materia orgánica	xx	x	xx	+	xx	x	na
Algas	x	x	xx	+	xx	x	x
Nitrato	xx	x	na	+	xx	na	na
Sales	xx	xx	na	xx	xx	na	na
Microcontaminantes orgánicos	xx	xx	x	x	?	na	na
Acidificación	x	xx	x	?	x	x	na

**xx** Daño importante, necesitan un mayor grado de tratamiento o exclusión del uso deseado; **x** Daño menor; **0** Ningún daño; **na** No aplicable; **+** La calidad degrada del agua puede resultar beneficiosa para este uso; **?** Los efectos aun no se han comprobado totalmente.

Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. Pág. 239

**Tabla X. Composición típica de las aguas residuales domésticas sin tratar**

Contaminantes	Unidad	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1,200
Sólidos disueltos totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	350
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	100	220	75
Fijos	mg/l	20	55	275
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	ml/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, 20 grados C (DBO, 20 g C)	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	1,000
Nitrógeno total, como N	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo total, como P	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	100
Cloruros*	mg/l	30	50	50
Sulfato*	mg/l	20	30	200
Alcalinidad como CaCO	mg/l	50	100	150
Grasas	mg/l	50	100	10 <sup>8</sup> -10 <sup>9</sup>
Coliformes totales	n/100 ml	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup> -10 <sup>9</sup>
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	Ug/l	<100	100-400	>400

\* Los valores deben aumentarse en función de la cantidad presente en las aguas de abastecimiento domésticos.

Nota: 1.8 (grados C) + 32 = grados F.

Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 253

### **3.3 Ejemplo real – Planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, municipio de Mixco**

El crecimiento de las poblaciones concentradas en un solo lugar origina una necesidad de cubrir la demanda de abastecimiento de agua, con lo cual se está día a día aumentando los caudales de agua residuales que están siendo vertidas a los colectores sanitarios, pluviales o combinados, sin tratamiento previo; con lo cual se están deteriorando la calidad de los cuerpos receptores. La gran mayoría de poblaciones vierten regularmente sus efluentes sin tratamiento alguno a los colectores municipales o directamente a los cuerpos receptores, contribuyendo a la contaminación de los mismos.

El Tratamiento de las Aguas residuales es muy importante para el saneamiento de las poblaciones y la protección al medio ambiente, evitando que las descargas de aguas residuales sean vertidas directamente a los cuerpos receptores. Las aguas residuales tienen varios orígenes dependiendo de su procedencia, los principales tipos son las domésticas, industriales, y alguna otra actividad específica. Esta procedencia proporciona los elementos necesarios para determinar que tipo de proceso de tratamiento es el más adecuado.

Se recomienda, en general, que las aguas residuales sean tratadas previamente por separado antes de unificarlas, para poder obtener mayor eficiencia en las unidades de los diferentes procesos.

En varios países se hace necesario caracterizar los efluentes de las industrias con tratamiento previo a la descarga, para evitar que el sistema municipal sea cargado con sustancias de difícil degradación o de complejos sistemas de tratamiento.

Para efectuar una evaluación completa de una planta de tratamiento de aguas residuales se hace necesario contar con el apoyo de diferentes áreas como la topografía para el levantamiento físico de las unidades y la obtención del perfil hidráulico; laboratorio de calidad de agua, para realizar la caracterización de las aguas; utilización de químicos por medio de trazadores para la obtención de características hidráulicas como el período de retención, tipo de flujo, etc.

Debido a las limitaciones del presente estudio se determinó efectuar una evaluación física, consistente en mediciones de las unidades, aspectos físicos, características de funcionamiento y calidad del agua del efluente (véase tabla XV, anexo 1, pág. 166).

A continuación los pormenores de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la colonia El Tesoro, usando Tanques Imhoff:

**Lugar:** COLONIA EL TESORO, ZONA 2 DE MIXCO

La colonia El Tesoro hasta el año 1998 no contaba con ningún sistema de recaudación municipal de aguas servidas (alcantarillado sanitario o pluvial), la población trataba sus aguas residuales de forma individual en fosas sépticas y pozos de absorción, en algunos casos los pobladores conectaban sus aguas residuales a las calles a flor de tierra, ya que sus calles de aproximadamente de 10 a 12 metros de ancho eran de terracería por no contar con alcantarillado pluvial, provocando la ploriferación de enfermedades.



La municipalidad de Mixco con la administración del señor Abraham Rivera (alcalde 1996-2000) y el Instituto de Fomento Municipal –INFOM- desarrollaron el proyecto de “Alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y planta de tratamiento de aguas residuales, de la colonia El Tesoro, Mixco” el cual consistió en lo siguiente:

**1. Para alcantarillado sanitario:**

- 4,075 metros de tubería de concreto de diámetro de 10”
- 323 metros de tubería de concreto de diámetro de 12”
- 51 pozos de visita típicos de ladrillo de 1.20 metros de diámetro interno
- 8 pozos de visita profundos de ladrillo con disipadores de energía
- 527 conexiones domiciliarias sanitarias
- 237 metros de túnel de concreto

**2. Para alcantarillado pluvial:**

- 1,166 metros de tubería de concreto de diámetro de 16”
- 773 metros de tubería de concreto de diámetro de 20”
- 676 metros de tubería de concreto de diámetro de 24”
- 901 metros de tubería de concreto de diámetro de 30”
- 295 metros de tubería de concreto de diámetro de 36”
- 141 metros de tubería de concreto de diámetro de 60”
- 46 pozos de visita típicos de ladrillo de 1.20 metros de diámetro interno
- 6 pozos de visita profundos de ladrillo con disipadores de energía
- 2 pozo de visita profundo de concreto armado
- 527 conexiones domiciliarias pluviales
- 65 unidades de tragantes de acera

- 14 unidades de tragantes de rejilla para la parte central de las calles

Ahora que existen los alcantarillados sanitarios y pluviales, la colonia cuenta con calles pavimentadas.

**Ubicación:** km. 13.5 Calzada Roosevelt (véase plano de localización en anexo 2, pag. 172)

Elementos de la planta de tratamiento: caja disipadora y distribuidora de demasias, canal de rejillas, desarenador, caja distribuidora de caudal, 2 tanques Imhoff, 3 lechos de secado de lodos, 5 pozos de absorción (véase planos en anexo 2, págs. 173, 174, 175).

La planta de tratamiento está ubicada al final de la colonia El Tesoro, en un terreno municipal de 1,337.68 m<sup>2</sup>. La forma del terreno es irregular con una pendiente desde la parte superior hasta el borde del río de 16 metros de altura. Por la pendiente del terreno se pudo aprovechar para el diseño del flujo hidráulico, ya que esta planta funciona por gravedad.

**En Funcionamiento:** Sí, hasta el momento.

**Diseñador:** Instituto de Fomento Municipal -INFOM -

**Año de construcción:** 1998 – 2000

**Alcance:** 100 % de la población de la colonia El Tesoro.

**Administración:** No tiene tasa de mantenimiento ni de administración.

**Población de la colonia:** 3,570 habitantes (524 viviendas, 1gasolinera, 1 escuela, 2 bodegas, 3 comercios, 1 iglesia, 1 fábrica)

Se consideró necesario en esta evaluación, para conocer la parte hidráulica y la conceptualización de los diseños de las unidades de la planta, describir en forma breve la definición de las unidades involucradas, así como los procesos que ocurren dentro de las mismas. Para conocer la ubicación de las unidades y su funcionamiento (véase planos en anexo 2, págs. 173, 174, 175).

Caja disipadora y distribidora de demasías: es un dispositivo que sirve para recibir las aguas residuales del alcantarillado, además disipar la velocidad que trae, y que entre a la planta con velocidades menores. También sirve para regular el caudal de entrada al desarenador, desviando los excedentes de caudal a un cabezal de descarga. Sus dimensiones interiores son de (1.20 x 1.00)m y 2.10 m de profundidad.

Canal de rejias: son unidades que tienen como función retener los sólidos gruesos por medio de rejias o barras y están constituidas por dispositivos de retención y dispositivos de remoción.

Desarenador: Es una unidad que mantiene constante la velocidad del flujo para permitir la sedimentación de partículas mayores o iguales a 0.2 mm de diámetro (arenas). Tiene dimensiones interiores de (1.30 x 10.50)m y 0.60m de profundidad.

Caja distribidora de caudal: esta unidad sirve para distribuir el caudal de aguas residuales en partes iguales, y encausarlas a los Tanques Imhoff. Las dimensiones interiores que tiene son de (0.65 x 1.20)m y 1.10 m de altura.

Tanque Imhoff: Es una unidad de tratamiento primario, donde ocurren dos procesos: el de retención de los sólidos, para posteriormente su sedimentación y el de digestión o degradación de estos por proceso anaerobio (véase plano del anexo 2, pág. 175). Cuentan con extracción de sus lodos digeridos por medio hidráulico regulada por válvulas de compuerta de 6" de diámetro.

La eficiencia de remoción de estas unidades es, sólidos en suspensión es de 50 a 70% y en la DBO de 30 a 50%. Es de concreto fundido con dimensiones interiores cada uno de (3.80 x 13.50)m y 5.20m de altura, cuenta con 3 cámaras de gases y un dispositivo de entrada y uno de salida por medio de canales.

Lechos de secado de lodos: Son unidades de tratamiento, generalmente en forma rectangular, proyectadas para recibir los lodos digeridos de los Tanques Imhoff, se produce la reducción de la humedad con el drenaje y la evaporación del agua liberada durante el período de secamiento. Cuenta con 3 lechos de secado y sus dimensiones interiores son de (7.00 x 15.40)m, una altura libre de 0.50m y varias capas agregados o gravas (piedra bola de 1 ½" y 2", pedrín de 1" y ½", y arena de río gruesa), y una capa final de ladrillo tayuyo sobrepuesto.

Pozos de filtración o absorción: Los pozos de filtración o absorción tienen la función que el efluente líquido proveniente de los Tanques Imhoff y Lechos de Secado de Lodos sea absorbido por el suelo, el cual se encargara naturalmente de mejorar la calidad del mismo.

Es de considerar que puede existir contaminación de las aguas subterráneas, si el nivel de las mismas esta muy cercano a la superficie. Ocurre un proceso natural de filtración, por lo que se hace necesario que las aguas que lleguen a estas unidades estén libres de sólidos para evitar la obstrucción de los poros del suelo. Esta planta cuenta con 5 pozos con dimensiones cada uno de 1 m de diámetro y 20 m de altura.

### **3.3.1 Análisis, diagnóstico y medidas de mitigación**

El terreno original donde fue construida la planta de tratamiento estaba separado de la población, pero ahora se encuentra invadido por personas de escasos recursos habiendo casas cercanas a las instalaciones de la planta, la mas cercana esta a una distancia aproximada de 15 metros.

Esto es un foco de contaminación para esta población, ya que por la cercanía a la planta, están expuestos a posibles enfermedades digestivas o de la piel, debido a las posibles ploriferaciones de animales (mosquitos, bacterias, etc.) transmisores de enfermedades, posibles intoxicaciones cuando se presenten malos olores, o por los gases inflamables que se producen en las plantas de tratamiento. Siendo necesario como medida de mitigación que estas personas desalojen esta área y sean evaluadas por médicos para ser tratadas en caso de infecciones o enfermedades contagiosas.

Por la ubicación de la planta y la forma e inclinación del terreno, y la cercanía al cuerpo receptor, fue necesario la protección de la planta con colchones de gaviones, dándole muy buena protección, para evitar que en crecidas de invierno del río Molino, ponga en riesgo las estructuras de la planta, así como su buen funcionamiento.

Según el informe de laboratorio del análisis fisicoquímico efectuado en el año 2001 (véase tabla XV del anexo 1, pág. 166) refleja resultados no satisfactorios, ya que no cumplen con los límites máximos permisibles de contaminación según tabla VIII (ver pág. 92), estos resultados reflejan una eficiencia de la planta del 60% aproximadamente. Esto fue debido a que en ese entonces la planta no contaba con ninguna persona encargada para su operación y mantenimiento.

De acuerdo a las visitas de campo efectuadas a la planta de tratamiento de El Tesoro (véase fotografías en anexo 2, págs. 176 y 177), ahora cuenta de parte de la municipalidad de Mixco con una persona encargada del mantenimiento y operación de esta. La planta está cercada con malla de 2 metros de altura aproximadamente, jardinizada, y las estructuras de las unidades de la planta se encuentran en buen estado.

El canal de rejas y desarenador están funcionando, solo que los dos canales del desarenador funcionan al mismo tiempo, y lo recomendable es que funcione uno a la vez, ya que cuando se limpie un canal el otro sea habilitado.

Los tanques Imhoff se encontraban funcionando, sin natas en la superficie, con sólidos suspendidos en la primera cámara, como parte del proceso de digestión. Cada 15 días o cuando los lodos se empiezan a acumular en el fondo del tanque Imhoff, son retirados, esto abriendo las válvulas de compuerta y por presión hidráulica son llevados hacia los patios de secado de lodos.

Se mantiene bastante limpia el área de la planta y solamente el encargado de la misma tiene acceso. Debe proporcionarse un manual de operación y mantenimiento de las unidades al encargado como también capacitarlo en esta actividad (véase manual propuesto en sección 4.1.3). Se podría obtener una considerable mejoría de la eficiencia de remoción en todos los procesos, con indicar al encargado las actividades que deben realizarse en la planta y proporcionarle la herramienta adecuada, ya que no cuenta con dicha herramienta.

Los lechos de secado de lodos se encontraron el día de la visita de campo con uno de ellos con lodos completamente secos, los cuales son retirados, tirándolos aun costado de la planta, sin ningún uso posterior. Esto es un error ya que los lodos todavía contienen nutrientes y contaminantes, estos deberían ser retirados y puestos en un relleno sanitario, o ser utilizado como fertilizantes en cultivos. Como no se hace ninguna de estas dos actividades, es necesario contar con una fosa para enterrarlos, de preferencia cerca de la planta o donde lo permita.

El efluente de la planta descarga en el río Molino, el cual se une aguas abajo al río Villalobos, y este desemboca en el lago de Amatitlán. El río Molino presenta altos grados de contaminación ya que éste es el cuerpo receptor de otras plantas de tratamiento aguas arriba.

Del tratamiento de aguas residuales de la planta de la colonia El Tesoro, se obtiene los siguientes subproductos:

- a. **Agua fertilizada:** por su gran contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, carece de un dispositivo de medición de caudal en el egreso de la misma, sin embargo, por la ley de continuidad de fluidos, se tiene que es igual al caudal que ingresa a la misma. Esta agua se puede utilizar para riego.
  
- b. **Lodo séptico:** es el excedente del manto de lodos que se requiere en los tanques Imhoff para el tratamiento anaerobio. Este lodo debe ser descargado en los patios de secado donde será deshidratado y posteriormente se puede utilizar como fertilizante orgánico.
  
- c. **Bio-gas:** es el resultado de la digestión de la materia orgánica contenida en las aguas residuales, esta compuesto por metano y ácido sulfhídrico y tiene características caloríficas similares al gas propano



## **4. PROPUESTA PARA LA MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, PLAN MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO**

### **4.1 Medidas de mitigación a considerar en estos proyectos**

Mitigación es la implementación intencional de decisiones o actividades diseñadas para reducir en el medio ambiente los impactos indeseables de una acción propuesta.

Mitigación es un concepto generalizado que podría incluir: (1) evitar completamente los impactos al no tomar una acción en particular; (2) disminuir los impactos al limitar la magnitud de la acción; (3) reparar o restaurar características particulares del medio ambiente afectado; (4) reducir los impactos a través del tiempo, por ejemplo, al llevar a cabo actividades de mantenimiento durante toda la duración de la acción; y (5) compensar los impactos al proporcionar adiciones o sustitutos para el medio ambiente afectado por la acción.

Nótese que estos tratamientos de las categorías de mitigación se arreglan en el orden jerárquico de su deseabilidad (ver tabla XI). En otras palabras, es más deseable evitar impactos que tener que restaurar el ambiente o proporcionar compensación por los impactos.

**Tabla XI. Categorías de mitigación**

<b>Evasión</b>	Mitigación al no llevar a cabo la acción propuesta. Por ejemplo, si la única área disponible para una planta de tratamiento de aguas residuales resulta ser un hoyo tendría que rellenarse durante la construcción, evitar la acción podría ser la única manera razonable de proteger esa zona.
<b>Disminución</b>	Mitigación al rebajar la escala de magnitud de un proyecto, reorientación de los planos del proyecto, o empleo de tecnología que reduzca los factores generativos del impacto ambiental indeseable. Por ejemplo, una planta de tratamiento de desperdicio de aguas que desagüe en un río, debe aumentarse su capacidad de tratamiento. Un reciclaje completo de aguas residuales podría prevenir muchos de los impactos adversos debido a la contaminación del agua.
<b>Rectificación</b>	Mitigación a través de la restauración de los ambientes afectados por la acción. Por ejemplo, las áreas taladas para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, se pueden reforestar después de la construcción.
<b>Reducción</b>	Mitigación al tomar pasos de control, prevención y mantenimiento durante el transcurso de la acción. Por ejemplo, los sistemas de manejo de alcantarillas pueden diseñarse para atrapar sedimentos que se arrastran desde áreas desarrolladas en las corrientes de desagüe de lluvia. Tales sistemas solamente son efectivos si las trampas de sedimentación se limpian periódicamente.
<b>Compensación</b>	Mitigación a través de la creación de ambientes similares a aquellos afectados por la acción. Este paso debe considerarse solo después de que se han completado todos los pasos anteriores. Como último recurso podría considerarse la cloración de las aguas retenidas por abandono. El impacto adverso en la salud de pequeñas comunidades puede ser “compensado” mediante programas de salud.

Fuente: United states environmental protection. **Manual de principios de la evaluación de impacto ambiental.** Pág.5-15

La mitigación, en el sentido de la EIA, se refiere a medidas que se toman para eliminar o reducir efectos indeseables que pudieran resultar de la acción propuesta. La mitigación podría exigirse como un componente formal con una serie de tareas definidas para la aprobación de una acción, pero la mitigación como filosofía puede requerirse durante cualquier etapa de planificación del proyecto.

En los Estados Unidos, se define mitigación como una serie jerárquica de acciones que incluyen:

- evitar completamente el impacto al no tomar una acción o partes de una acción,
- disminuir impactos al limitar el grado o magnitud de la acción y su implementación,
- rectificar el impacto al reparar, rehabilitar o restaurar el ambiente afectado,
- reducir o eliminar el impacto paso a paso como operaciones de preservación y mantenimiento durante la extensión de la acción, y
- compensar por el impacto al remplazar o sustituir recursos o ambientes.

La «predicción de impactos» se refiere básicamente a la cuantificación (o por lo menos, a la descripción cualitativa), si es posible, de los impactos anticipados del proyecto sobre diversos factores ambientales de las aguas superficiales.

Es deseable cuantificar tantos impactos como sea posible, porque al hacerlo, frecuentemente se está determinando que las preocupaciones relacionadas con los cambios anticipados no son tan grandes como parecían, cuando no se cuantificaban. Si los impactos anticipados se cuantifican, sería apropiado utilizar estándares numéricos específicos como base para la interpretación (evaluación) de los cambios anticipados.

Sin embargo, muchos impactos no pueden cuantificarse o los recursos económicos y personales para lograrlo están mas allá del alcance y presupuesto del estudio de impacto. En muchos casos los profesionales necesitan utilizar su mejor juicio para describir cualitativamente los impactos.

Las medidas de prevención y mitigación buscan reducir parcial o totalmente los impactos ambientales negativos; en tal sentido se debe considerar la reversibilidad del ambiente y el tiempo para su recuperación, los costos económicos que requiere la mitigación y la capacidad institucional para valorarlo y realizar las medidas de mitigación.

Habiendo priorizado los impactos, se buscan las medidas de prevención y/o mitigación para cada uno de ellos. Las medidas de mitigación recomendadas, se indicarán en el Plan de Acción y Manejo Ambiental que se formulará, y buscará la sostenibilidad del proyecto, por lo que estarán dirigidas a prevenir, reducir y mitigar los impactos ambientales negativos.

#### **4.1.1 Etapa de construcción**

Debería recopilarse información para evitar la cantidad (variaciones de caudal) y calidad del agua superficial en el río (tramo de interés) y en tramos relevantes aguas abajo. Debería darse importancia a aquellos contaminantes que puedan emitirse durante las fases de construcción y funcionamiento del proyecto. Si es posible, debería considerarse la evolución histórica de la cantidad y características de calidad de las aguas superficiales en el área de estudio.

La identificación de cualquier problema de contaminación extraordinario que se ha producido en la zona de estudio es un requisito previo si se tiene que describir de forma adecuada el entorno medioambiental, para familiarizarse con la zona y establecer credibilidad, y para localizar los parámetros medioambientales sensibles. Ejemplos de problemas de contaminación extraordinarios que deberían identificarse incluyen: la muerte de peces, crecimiento excesivo de algas y vertidos térmicos que ocasionan flujos estratigráficos.

La planta de tratamiento de aguas residuales estará ubicada en un lugar donde no cause problemas estéticos y molestias a los vecinos, dada la producción de malos olores y la proliferación de enfermedades, cuando existe mala operación de la misma. Los lodos resultantes de la planta que se desechan, serán sacados y luego dispuestos en forma sanitaria. Se elaborará un manual para su operación de fácil aplicación (véase sección 4.1.3).

Se deben sembrar árboles ornamentales en los alrededores y el terreno que ocupe deberá estar libre de desechos sólidos o maleza que representen riesgo de proliferación de vectores.

En el diseño de las estructuras de la planta de tratamiento, se tomarán en cuenta todos los factores que las puedan afectar, tal como la presencia de fallas geológicas, inundaciones y otros que requieran de un estudio específico de un plan de contingencia.

Una vez cuantificados los impactos ambientales negativos, se determinan las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para cada uno de los impactos identificados. Por ejemplo, en la apertura de zanjas se evitará la producción de polvaredas, ruidos u otras acciones que provoquen molestias innecesarias a la población. Además se debe contar con medidas de seguridad para los trabajadores y para el vecindario, para evitar accidentes laborales o en la población que se moviliza en el área.

En la etapa de funcionamiento del alcantarillado se debe tomar en cuenta la participación comunitaria, de manera que se evite el lanzamiento de desechos sólidos en la red de alcantarillado para prevenir su taponamiento, así como evitar las conexiones ilícitas y la negligencia para conectarse a la red.

Puede observarse que toda medida de control ambiental está asociada a un costo, de tal suerte que el costo total de las medidas de mitigación establecidas en una EIA para un proyecto podría eventualmente reducir la “rentabilidad” originalmente estimada a través del análisis de Costo/Beneficio. Es por eso que la EIA debe efectuarse en una etapa temprana del ciclo de vida del proyecto, de tal forma que se pueda tomar decisiones sobre el mismo, desde la alternativa óptima ambiental y económico financiera.

Finalmente, debe decirse que la propuesta de medidas de control ambiental debe efectuarse por el equipo interdisciplinario, tomando en cuenta criterios técnicos y económicos.

Otro problema que se podría dar es cuando no se le da el tratamiento adecuado a la estructura de los elementos de la planta de tratamiento de aguas residuales especialmente a los Tanques Imhoff, es decir que es necesario recubrir las paredes y pisos con aditivos, que los protejan de las reacciones químicas que presentan las aguas residuales y que son nocivas para el acero y concreto; poniendo en riesgo la vida útil de los Tanques Imhoff y los demás elementos de la planta.

#### **4.1.2 Etapa de operación**

Como base para estudiar los impactos ambientales sobre las aguas residuales domésticas, se muestra un modelo de seis etapas o seis actividades para planificar y llevar a cabo los estudios de impacto. Este modelo es flexible y puede adaptarse a varios tipos de proyectos mediante modificación, si es necesario, para empresas de proyectos específicos. Debe observarse que el objetivo en este modelo serán los proyectos y sus impactos en las aguas residuales; sin embargo, el modelo puede aplicarse también a planes, programas y acciones regulatorias. Las seis etapas genéricas son:

- (1) identificación de los impactos por la cantidad o calidad de las aguas residuales, tipos y cantidad de contaminantes que se introducen, cantidad de agua vertida u otros factores que causan impactos y están relacionados con el desarrollo del proyecto;
- (2) descripción del entorno medioambiental en términos de modelos de caudal; características de calidad del agua; problemas de contaminación existentes o históricos; factores meteorológicos pertinentes; cargas contaminantes y vertidos de agua existentes;

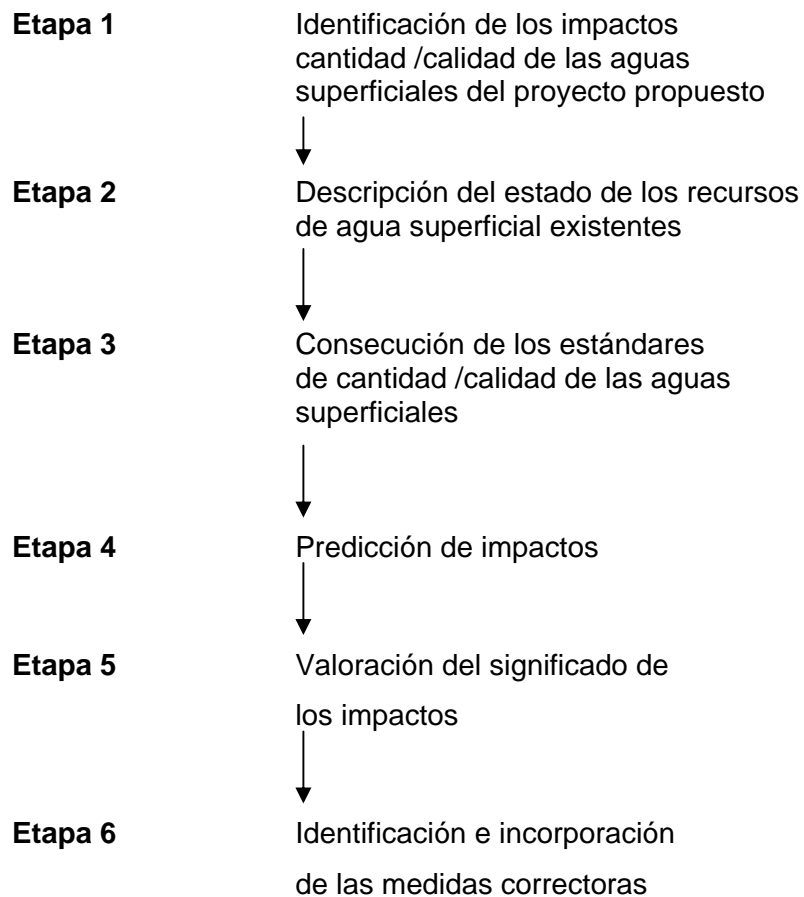
- (3) obtención de información sobre estándares de calidad de las aguas, consecución de leyes, reglamentaciones o criterios relevantes relacionados con la calidad del agua y/o uso del agua y cualquier acuerdo importante;
- (4) utilización de sistemas predictores de impactos, en términos de cambios de cantidad de agua y/o carga contaminante, predicciones cualitativas basadas en estudios y opiniones profesionales;
- (5) uso de la información pertinente de la etapa 3, junto con opiniones profesionales y públicas, para evaluar el significado de los impactos beneficiosos y perjudiciales anticipados y
- (6) identificación, desarrollo e incorporación de las medidas de corrección apropiadas para los impactos adversos. La figura 6 (pág. 113) describe la relación entre las seis etapas o actividades en el planteamiento conceptual propuesto.

La primera fase va dirigida a determinar las características del proyecto propuesto, su necesidad y las alternativas que han sido o pueden ser consideradas. La información clave relativa al proyecto propuesto incluye puntos como: a) el tipo de proyecto y cómo funciona u opera en un contexto técnico, particularmente con respecto al uso del agua y a la generación de agua residual, o con respecto a la producción de cambios en la cantidad y calidad del agua; b) el período de tiempo exigido para la construcción del proyecto.

Esta primera identificación cualitativa de los impactos anticipados puede ayudar a perfeccionar las etapas posteriores; por ejemplo, puede ayudar a describir el medio ambiente afectado y a calcular los impactos potenciales.



**Figura 6. Planteamiento conceptual para estudios centrados en los impactos ambientales de las aguas superficiales**



---

Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 250

Existe gran cantidad de información publicada en la dos últimas décadas que permite, a los planificadores de los estudios de impacto, identificar mas fácilmente los impactos anticipados.

Después del establecimiento de las leyes, el proceso de *diseño de reglamentos* traduce la intención legislativa a reglamentos, requisitos y procedimientos formales que deben obedecerse.

Estos reglamentos también establecerán instituciones con autoridad específica para observar, supervisar y autorizar. Las reglas también podrían establecer requisitos para la integración de la participación pública en todo el proceso de EIA.

Los requisitos mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de contaminación para descarga de aguas servidas (según Acuerdo 60-89). Este reglamento establece los valores máximos de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para las descargas de aguas servidas, sean públicas o privadas.

A las municipalidades y al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, les compete el control y vigilancia de la ley.

Los límites para las descargas de las aguas servidas municipales para la demanda química de oxígeno –DQO-, para la demanda bioquímica de oxígeno –DBO- y para los sólidos sedimentables –SS-, son 450 mg/l, 250 mg/l y 1 ml/l, respectivamente (ver tabla VIII, pág. 92).

La auditoría ambiental se refiere a la evaluación de los impactos ambientales en la etapa de operación del proyecto municipal de que se trate. Su objetivo es arribar a conclusiones sobre la situación ambiental existente, debido al funcionamiento del proyecto y hacer las recomendaciones para corregir las deficiencias encontradas en un plazo establecido.

Con la información básica obtenida, se procede a establecer la situación ambiental actual, incluyendo el área de influencia del proyecto, detectando los problemas o impactos ambientales y sus causas.

Con base en estudio de Evaluación de Impacto Ambiental –EIA-, se debe hacer una comparación entre los impactos ambientales y las medidas de mitigación establecidas inicialmente en dicho estudio los impactos encontrados en la auditoria ambiental. Luego del análisis de la situación ambiental, se obtiene las conclusiones y se da las recomendaciones para que se tomen las medidas correctivas en un tiempo prudencial.

Si al realizar la visita a una planta de tratamiento de aguas residuales se establece que no está en funcionamiento; a través de la auditoria ambiental se pueden determinar las causas y recomendar las medidas pertinentes para que se ponga a funcionar lo antes posible y evitar la descarga del efluente sin tratamiento y la consecuente contaminación del ambiente.

En otro caso, se diera que en la planta de tratamiento de aguas residuales se observan basuras y malezas debido a la falta de mantenimiento; en la auditoria ambiental se puede establecer si es por falta de personal, falta de financiamiento u otra causa; se deberá solicitar la corrección del problema, de manera que la solución sea permanente.

#### **4.1.3 Manual de operación y mantenimiento**

El manual de operación y mantenimiento para plantas de tratamiento usando tanques Imhoff, y en este caso para la planta de El Tesoro Mixco, describe los procedimientos para la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de las aguas residuales de esa planta.

**Figura 7. Operación y mantenimiento**



Los objetivos son:

- a) Dar información sobre el mantenimiento y operación, mínimos para el buen funcionamiento de las unidades que constituyen el sistema de tratamiento.
  
- b) Capacitar al operador en la administración de la planta de tratamiento, de modo que requiera sólo de instrucciones específicas sobre el funcionamiento de las unidades.

Personal de la planta, es uno de los aspectos más importantes, ya que sobre él mismo descansa la responsabilidad de mantener funcionando adecuadamente las unidades. Para estas actividades la planta de El Tesoro Mixco, cuenta con un operador proporcionado por la municipalidad, quien labora y vive en la caseta de guardianía de la planta, además hace la función de guardián de la misma. Los riesgos, en general los peligros de accidente en las plantas de tratamiento son:

- Daños físicos
- Infecciones corporales
- Peligros ocasionados por gases nocivos o vapores venenosos y falta de oxígeno

La prevención de los daños físicos empieza por un buen orden interno. Las piezas de repuesto, herramientas, y otros objetos no dejarlos dispersos, limpiar adecuadamente la zona donde se encuentran las unidades, es decir, remover los escombros de las áreas de trabajo. Colocar barandas en los lugares de peligro para evitar posibles caídas. En lugares apropiados colocar signos de advertencia y señales de peligro. La entrada a la planta debe mantenerse cerrada, se debe recordar los riesgos higiénicos a los visitantes sino están suficientemente informados.

Prevención de las infecciones corporales. Los operadores que manejan aguas residuales, están expuestos a todos los peligros de las enfermedades de origen hídrico, incluyendo la fiebre tifoidea, la paratifoidea, la disentería amebiana, ictericia infecciosa y otras infecciones intestinales. También debe protegerse contra el tétano y las infecciones de la piel. Entre las recomendaciones necesarias tenemos:

- a) Primeros Auxilios. Excepto en los casos de lesiones leves deberá ser un médico el encargado de tratar las heridas e informar para una posible compensación al trabajador. Las plantas deben contar con un botiquín de primero auxilios en el que incluya como mínimo: tela adhesiva, algodón, alcohol, mercurio o similar, detergente, desinfectantes, tijeras, pinzas y un repelente para mosquitos e insectos. Se procurará que la mayor parte de los operarios reciban instrucciones de primeros auxilios. Por pequeños que parezca un rasguño o cortadura deberá recibir atención médica.
- b) Vestuario. Los guantes de algodón recubiertos de hule que proporcionan buena protección a las manos. En lugares mojados, los pies deberán protegerse con botas de hule o con cubiertas de hule para zapatos, como protección contra la humedad y las infecciones. Además el operador debe contar con casco de trabajo, al menos 2 trajes de trabajo y mascarillas. Todas las prendas de trabajo utilizadas en las instalaciones deberán permanecer en ellas al finalizar la jornada laboral.
- c) Hábitos personales. Mientras se trabaja no se debe tocar con las manos la cara o la cabeza. No se debe fumar mientras se manipula materia orgánica. Antes de comer, se deben lavar las manos con abundante agua y jabón antiséptico o yodado. Es recomendable no ingerir los alimentos en el recinto de la planta.
- d) Inmunizaciones. Los operarios deben ser inmunizados periódicamente, mediante vacunas contra la fiebre tifoidea. Para la debida protección del tétanos, hay que aplicar una serie de dos inyecciones de toxoide tetánico (con un mes de lapso entre una y otra) y repetirse la serie cada cinco años.

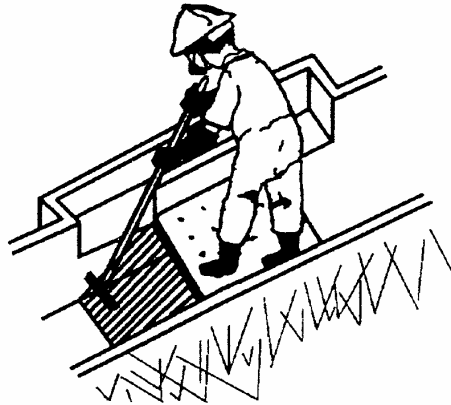
A continuación se describe la operación y mantenimiento de cada elemento de la planta:

Canal de Rejas: las aguas residuales contienen materiales tales como, desperdicios, pedazos de madera, arena, etc., las que deben ser removidas antes de ingresar a las unidades de tratamiento debido a que pueden obstruir tuberías, canales, vertedero, etc. Además una vez que ingresan a la planta resulta difícil remover estas materias.

Su ubicación es a la entrada de la planta de tratamiento de las aguas residuales, tiene la finalidad de retener los sólidos gruesos. Los residuos retenidos en las rejas deben extraerse tantas veces al día como sea necesario, para permitir e libre escurrimiento. Particularmente para esta planta de tratamiento se ha determinado las siguientes actividades para su OPERACIÓN:

- Los residuos retenidos en las rejas serán removidos con un rastrillo u otro utensilio adecuado. Rastrillar cuidadosamente el material a favor de la corriente de agua, hacia la plataforma que se encuentra entre las rejas y el desarenador o hacia la cuneta lateral para que escurra el líquido del material removido, como se ve en la figura.
- El material retenido debe de cubrirse con una capa de cal o tierra, para evitar la proliferación de vectores y mal olor por descomposición de la materia orgánica. Para luego al final de cada día todo el material acumulado sea depositado en el patio de secado de lodos para su respectivo secado y luego se traslade hacia un relleno sanitario, cercano con una frecuencia de una vez por semana, o buscar un lugar aledaño donde se puedan enterrar.

**Figura 8. Limpieza del canal de rejas**



- La frecuencia de su limpieza debe realizarse tantas veces al día como sea necesario, pues en época de invierno esta actividad se incrementa.
- Es conveniente utilizar guantes de protección para retirar los objetos gruesos retenidos en las rejas, así se evitará el peligro de infección.

Dentro de las actividades de MANTENIMIENTO del canal de rejas tenemos:

- Reparar o sustituir las rejas metálicas, cuando estas se deterioren
- Pintar las rejas con pintura anticorrosiva
- Reparar o sustituir las guías de las rejas
- Reparar fugas en el canal

Desarenador: esta instalación se ubica inmediatamente después del canal de rejas y permite retener los sólidos suspendidos de menor tamaño factibles de decantar, como material fino, arena u otro elemento inerte no retenido en el canal de rejas y que pueda ingresar al tanque Imhoff.



Para la OPERACIÓN de esta unidad en esta planta se recomienda lo siguiente:

- La frecuencia de limpieza será semanal, a fin de prevenir que los estanques de acumulación se colmaten.

**Figura 9. Limpieza del desarenador**



- Al momento de limpieza de uno de los dos canales del desarenador, se debe colocar la compuerta en el canal que se desea limpiar y abrir la compuerta del otro canal para que entre a funcionar hasta el momento de su limpieza, para lo cual se repetirá la misma operación.
- La limpieza se hará de forma manual para lo cual el operador se auxiliará de elementos como pala, carretillas, guantes mascarilla, etc. Se lavará el desarenador con agua a presión para desprender todo el material retenido y dejar limpio el fondo del desarenador.

- El material extraído del desarenador se dispondrá en el patio de secado de lodos juntamente con el material extraído de las rejas.
- Para luego disponerlo a un relleno sanitario cercano, o encontrar un espacio para hacer un pozo y colocar ahí el material extraído.

Dentro de las actividades de MANTENIMIENTO del desarenador tenemos:

- Reparar o sustituir las compuertas que están al inicio del canal desarenador.
- Reparar o sustituir los vertederos sutros que están al final del canal desarenador.
- Reparar fugas en la estructura del canal desarenador.

Tanque Imhoff: el mantenimiento se define como la actividad que permite el sostenimiento de las estructuras (obra civil). Incluye la limpieza de las instalaciones, lubricación y revisión de piezas especiales (válvulas de compuerta), sustitución parcial o total o reparación de piezas deterioradas.

Todo esto debe quedar registrado ya sea en un libro o bitácora del operador, como en tarjetas de control donde se registre el mantenimiento realizado, la fecha y quien ejecutó el trabajo. En lo que respecta a las estructuras, el mantenimiento esta orientado a maximizar la vida de servicio de estas.

La OPERACIÓN deberá contemplar un trabajo rutinario, y trabajos ocasionales. En general el trabajo consistirá en:

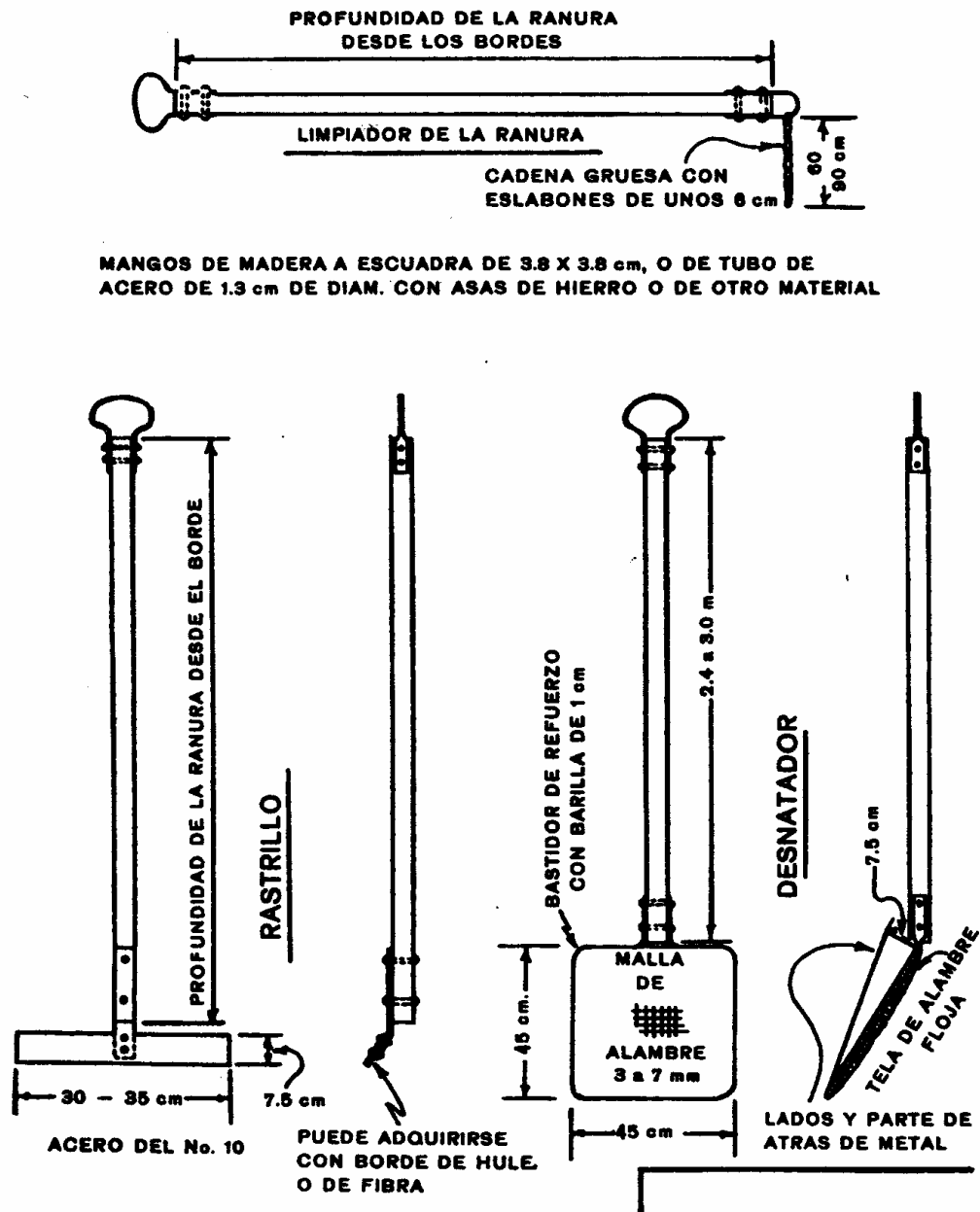
- Eliminar diariamente las grasas, natas y sólidos flotantes del compartimiento de sedimentación.
- Raspar una vez por semana los lados y fondos inclinados del compartimiento de sedimentación con un cepillo de goma (ver figura 7, páginas 125 y 126).
- Limpiar una vez por semana la ranura del compartimiento de sedimentación con la herramienta hecha para ésta actividad (ver figura 7, páginas 125 y 126).
- Las descarga de lodos debe hacerse antes de que su nivel llegue a estar cerca de 45 cm. de distancia de la ranura del compartimiento de sedimentación.
- Es mejor descargar pequeñas cantidades con frecuencia, que grandes cantidades dejando pasar mucho tiempo. Los lodos deben descargarse a una velocidad moderada y regular para que no se forme un canal a través de los lodos que deje que se descarguen parcialmente digeridos y parte del líquido que haya sobre los lodos digeridos.
- Antes de que llegue el invierno deben descargarse casi todos los lodos, dejando así el espacio necesario para que se acumulen otros lodos durante el invierno, que es cuando la digestión es muy lenta.

- Cuando menos una vez al mes debe determinarse el nivel a que lleguen los lodos en su comportamiento. Lo cual se puede determinar empleando una varilla de aluminio con una placa de hierro contrapesada en forma de círculo que se hace descender por la cámara de gases llamado “medidor de sedimentación” (ver figura 10, pág. 126). La placa se detendrá al llegar a los lodos determinándose entonces la distancia que existe desde la superficie hasta el nivel de los lodos por medio del tubo graduado.
- Después de cada descarga de lodos, las tuberías de descarga deben escurrirse y lavarse con agua limpia para impedir que los lodos se endurezcan y obstruyan la tubería.
- Las cámaras de natas limpiarlas cada semana y depositar el material extraído en el lecho de secado de lodos.

Dentro del MANTENIMIENTO del tanque Imhoff tenemos:

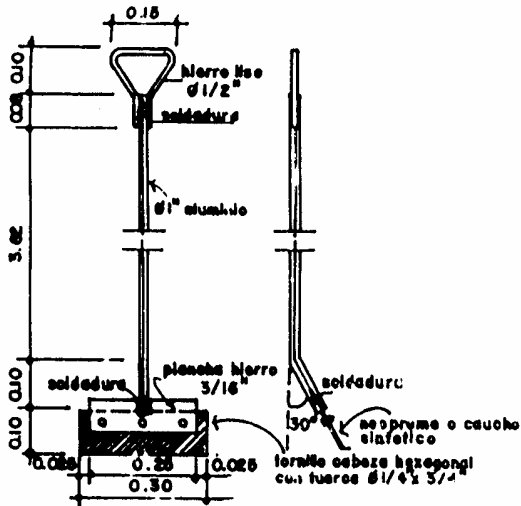
- Reparación de fugas
- Pintar plataformas metálicas
- Reparar o sustituir las plataformas metálicas al deteriorarse
- Reparar o sustituir las válvulas de extracción de lodos
- Pintar las válvulas de extracción de lodos

Figura 10. Equipo necesario para operación de un tanque Imhoff

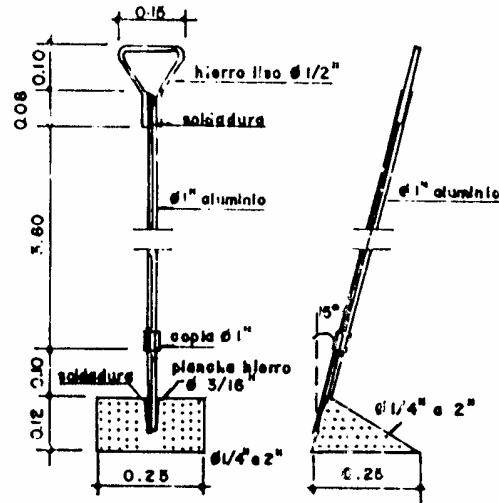


Fuente: Departamento de sanidad del estado de Nueva York. Manual de tratamiento de aguas residuales. Pág. 59

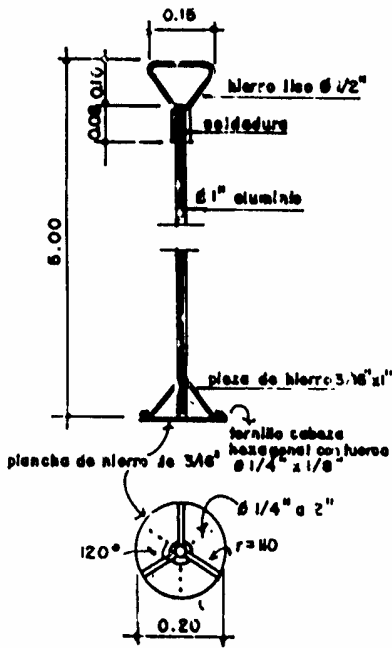
Continuación



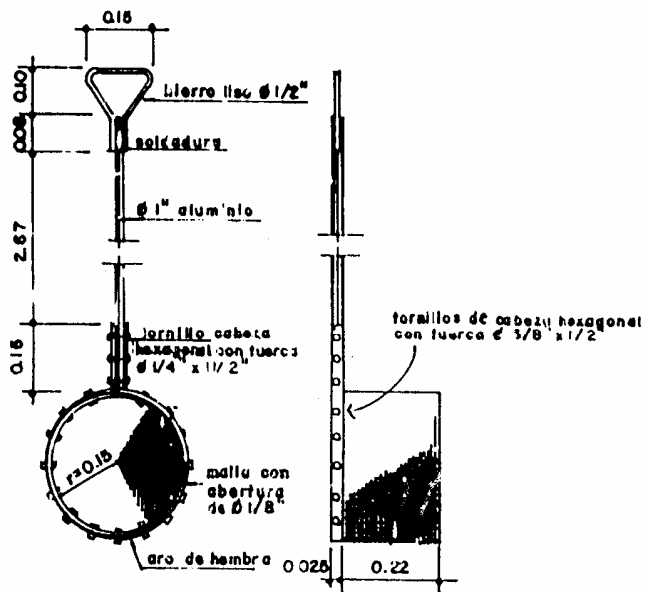
**RASTRILLO PARA LIMPIAR PAREDES**



**REMOVEDOR DE SOLIDOS FLOTANTES**



**MEDIDOR DE SEDIMENTACION**



**DESNATADOR**

Fuente: Walter Rolando Salazar González. Inicio de operación y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sanarate, El Progreso. Pág. 64

Lecho de secado de lodos: en general el lecho de secado al aire corresponde a un proceso natural, en que el agua contenida entre las partículas de los lodos es removida por evaporación y filtración a través del medio de drenaje de fondo.

En este sistema no es necesario adicionar reactivos ni elementos mecánicos ya que está previsto un secado lento.

En el caso de la presente planta, el objetivo de esta unidad será disponer los lodos extraídos del tanque Imhoff y proveer su deshidratación para reducir su volumen a niveles de concentración adecuados para el posterior manejo de su disposición final.

En ningún caso se podrá aplicar nuevos lodos sobre el lecho de lodo crudo o fresco debido a que estos pueden presentar serios problemas, como malos olores y proliferación de insectos.

#### OPERACIÓN del lecho de secado de lodos:

- La operación de deshidratación o secado comienza con la descarga del lodo, proveniente de la cámara de digestión del Imhoff, hasta 30 cm de espesor dentro del lecho. Este será distribuido sobre la superficie del lecho permeable. Una vez depositado la cama de agua que queda abajo del lodo comienza a drenar, hasta que la parte concentrada de sólidos se deposita sobre el lecho.
- No esparcir lodo en el lecho cuando éste ya contenga una carga anterior en fase de secado.

- Controlar que a través de la tubería de desagüe fluya el efluente percolado del drenaje, debido a que la mayor parte del agua libre puede removerse en menos de un día. Pasado este primer período de drenaje, el secado seguirá pobre en agua, con lo cual se observará una reducción del volumen a partir de este momento en la superficie se comenzará a formar grietas.
- El tiempo para el secado completo del lodo variará con las condiciones climáticas y meteorológicas imperantes al momento de llevar a cabo la extracción de lodos desde el tanque Imhoff. Por tal razón es aconsejable programar la extracción en época de altas temperaturas.
- Se prevé para dicho período el tiempo de secado puede considerarse entre 20 a 30 días. Se estima que el secado de lodo permitirá reducir la humedad de 90 a 95%.
- Controlar el drenaje del fondo del lecho, verificando visualmente el escurrimiento del líquido percolado hacia la red de desagüe de la planta. En caso de que el escurrimiento sea mínimo o no se produzca se concluirá que el medio filtrante, básicamente la cama de arena, se ha colmatado. Por consiguiente el proceso de deshidratación se llevará a cabo solo por evaporación en cuyo caso el tiempo de secado será mayor.
- Control de seguimiento y medida de la capa de lodo. El operador llevará un registro diario del nivel de descenso, a fin de determinar posteriormente el tiempo que demora el lodo en deshidratarse dependiendo del clima.



- Posterior al secado en el lecho se harán apilamientos de los lodos y no deben alcanzar una altura mayor de 2 m., realizando volteos de las pilas de lodo para completar al secado homogéneo del lodo.
- Para la actividad de volteo de los lodos debe utilizarse botas de hule, guantes de hule, mascarilla, palas, etc.
- Cuando el lodo esté seco se dispondrá hacia un relleno sanitario cercano.

#### MANTENIMIENTO del lecho de secado de lodos:

En cuanto al mantenimiento de lecho, éste consistirá en reemplazar los ladrillos dañados durante la remoción de lodo seco. Igualmente se debe prevenir el crecimiento de vida vegetal de todo tipo.

En caso eventual de que el lecho muestre una tendencia a colmatarse, toda la capa de arena debe reemplazarse por una granulometría mayor.

La frecuencia con que se debe dar mantenimiento a los elementos de la planta, se muestra en la siguiente tabla XII.

Tabla XII. Frecuencia de actividades de operación y mantenimiento para una planta de tratamiento de aguas residuales

ACTIVIDAD (OPERACION)	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL CUANDO SEA NECESARIO	OBSERVACIONES
MEDICIÓN DE CAUDALES	X			Se registra diariamente. Se mide el caudal en el verdadero sifón, durante la época seca y de lluvia, utilizando la boleta del anexo c para realizar esta actividad.
CAJA DERIVADORA			X	Se hace durante sobrecarga hidráulica, en época de lluvia que es cuando en la red se arrastran muchos sólidos gruesos.
REJILLAS	X			Limpian las barras inclinadas de todo el material retenido y agregarle una capa de cal o tierra para evitar proliferación de vectores. Luego al final de cada día el material acumulado y depositarlo en el lecho de secado de lodos y posteriormente llevarlo a un relleno sanitario.
DESARENADOR		X		El material sedimentado debe ser retirado 1 vez por semana, dejando fuera de operación un canal y habilitando el otro canal para realizar la limpieza. El material extraído se llevará en carretilla al lecho de secado de lodos y posteriormente disponerlo en un relleno sanitario.
TANQUE IMHOFF	X			Se realiza diariamente y el material extraído se deposita en el lecho de secado de lodos, conjuntamente con el material retenido de las rejillas y desarenador
* Eliminación de grasas, material flotante de cámara de sedimentación.		X		Se raspan los lodos y fondos inclinados de esta cámara con cepillo de goma quitando los sólidos que hayan quedado adheridos y que puedan descomponerse.
* Limpieza de cámara de sedimentación.		X		La ranura se limpia para evitar que se obstruya el paso de los sólidos hacia la cámara de digestión. En la cámara de natas se debe extraer los lodos utilizando el desnatador y carretilla para ser depositados en el lecho de secado de lodos, se debe evitar que los lodos se endurezcan.
* Limpieza de ranura y cámara de natas.		X		La medición de lodos debe realizarse con la herramienta diseñada para tal efecto por lo menos 1 vez por mes. Cuando se determine una altura menor de 0.45m, de la ranura de la cámara de sedimentación y el nivel de lodos se deben extraer los lodos hacia los lechos. Dejando dentro del tanque cierta cantidad de lodos los cuales servirán como siembra.
* Medición y extracción de lodos.			X	

Continuación

<p>PATIOS DE SECADO DE LODOS</p>	<p><b>X</b></p>	<p>Descargar el lodo hasta una altura de 0.30m. No esparcir lodo en el patio cuando este ya contenga una carga anterior en fase de secado. Posteriormente al secado se harán apilamientos de los lodos y no debe alcanzar una altura mayor de 2m. , realizando volteos de las pilas para completar el secado homogéneo del lodo. Disponer el lodo ya seco hacia un relleno sanitario cercano, o utilizarlo como abono orgánico.</p>
<p>ACTIVIDAD (MANTENIMIENTO)</p>	<p>MENSUAL CUANDO SEA NECESARIO</p>	<p>OBSERVACIONES</p>
<p>VERTEDERO SUTRO Y COMPUERTAS</p>	<p><b>X</b></p>	<p>Pintar (2 Manos) Reparar o sustituir.</p>
<p>CAJA DERIVADORA</p>	<p><b>X</b></p>	<p>Reparar fugas.</p>
<p>REJILLAS</p>	<p><b>X</b></p>	<p>Reparar o sustituir las rejillas metálicas, cuando se deterioren. Pintar las rejillas con pintura anticorrosiva. Reparar o sustituir las guías de las rejillas. Reparar fugas en el canal.</p>
<p>DESARENADOR</p>	<p><b>X</b></p>	<p>Reparar o sustituir las compuertas que están al inicio del canal desarenador. Reparar o sustituir los venederos sutros que están al final del canal desarenador. Reparar fugas en la estructura del canal.</p>
<p>TANQUE IMHOFF</p>	<p><b>X</b></p>	<p>Reparar fugas. Pintar las plataformas metálicas con pintura anticorrosiva. Pintar las válvulas de extracción de lodos con pintura anticorrosiva. Reparar o sustituir las plataformas metálicas. Reparar o sustituir las válvulas de extracción de lodos. Reparar o sustituir la tubería de extracciones de lodos.</p>
<p>PATIOS DE SECADO DE LODOS</p>	<p><b>X</b></p>	<p>Reemplazar los ladrillos dañados durante la remoción de lodos seco. Prevenir el crecimiento de vida vegetal de todo tipo. Reemplazar la capa del medio filtrante cuando se cólmate. Reparar grietas.</p>

Adaptado de: Walter Rolando Salazar González. Inicio de operación y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sanarate El Progreso.

## 4.2 Monitoreo y seguimiento

El monitoreo es un sistema de observación continua, de mediciones y evaluaciones para establecer que el ambiente de la obra no se esté afectando arriba de lo establecido en la EIA.

El monitoreo ambiental servirá para lo siguiente:

- Evaluar la efectividad de las medidas de mitigación tomadas, y
- Identificar los impactos que provocan las modificaciones ambientales.

De acuerdo a la importancia que el factor ambiental tiene para la población, como es el caso de la fuente de agua, un bosque o un barrio de la ciudad, y del impacto ambiental que tendrá en la etapa de construcción y de operación de la obra; se podrá establecer el tipo de monitoreo ambiental que sea efectivo realizar y quien lo va a efectuar.

Para el monitoreo ambiental se deben indicar los parámetros que se van a utilizar y la frecuencia de la medición. A nivel nacional e internacional se tiene parámetros reconocidos, que pueden servir para nuestro caso. Por ejemplo, para la calidad del agua potable se tiene parámetros físicos, químicos y bacteriológicos; para las aguas residuales están, entre otros la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y los sólidos y para los desechos sólidos se puede medir el contenido de materia orgánica, plásticos, vidrio y metales. En igual forma se estarían definiendo otros parámetros que se consideren necesarios para conocer la calidad ambiental.

Se debe incorporar dentro del EsIA un programa de Monitoreo o Seguimiento, en el cual se establezcan claramente los indicadores y parámetros ambientales de control, que permitan dar seguimiento a los efectos (impactos) reales del proyecto seleccionado a través del tiempo.

La definición de estos indicadores y parámetros debe ser suficientemente clara y consistente con la metodología de predicción utilizada en la EIA, de tal suerte que puedan ser aplicados por técnicos diferentes a los responsables del estudio. Asimismo, deberá establecerse la metodología de retroalimentación de impactos para redefinir las medidas mitigantes que sean requeridas a la luz de la realidad (y no de las predicciones).

En el programa de monitoreo se deben establecer las variables de control, puntos de muestreo, responsables de ejecución y supervisión, frecuencias, interpretación y retroalimentación de las recomendaciones de la EIA. Así se puede definir parámetros de análisis, puntos de muestreo, frecuencias, interpretación de resultados y acciones a seguir dependiendo de los valores registrados.

Debe tenerse presente además que, en su sentido mas general, el monitoreo tiene los siguientes objetivos:

- a) Determinar condiciones presentes
- b) Determinar tendencias
- c) Entender fenómenos
- d) Calibrar y/o validar modelos ambientales
- e) Hacer predicciones a corto y largo plazo
- f) Sistema de control

Por lo tanto, el monitoreo se utiliza en las diversas etapas de la metodología general, sin embargo el énfasis para esta última etapa, es la de “Sistema de Control”. Un programa de Monitoreo y Seguimiento permitirá al operador de un proyecto, entre otras cosas, lo siguiente:

- Ejercer el dominio sobre el comportamiento ambiental de todos los componentes y fases del proceso implantado.
- Implementar procedimientos de operación ambientalmente seguros, incluyendo métodos efectivos para detectar agresiones ambientales por falla o deficiencia de los sistemas de control, en el mínimo tiempo posible.
- Garantizar el perfeccionamiento permanente de los procedimientos con vistas a un proceso de mejoría continua.
- Incrementar la eficiencia productiva de la actividad operacional con el mínimo costo ambiental y con los mayores beneficios.
- Optimizar la efectividad del proceso de auditoria ambiental.
- Facilitar la fijación de metas y objetivos medioambientales concretos.
- Mantener disponibles los datos y registros sobre emisiones e impactos generados por el proyecto, potencialmente críticos para el medio ambiente.

Se pueden definir tres tipos de vigilancia o control ambiental que debían aparecer asociados al ciclo de vida de una actuación: vigilancia previa, vigilancia de efectos (o impactos) y control de verificación.

La vigilancia previa es la medida de las variables durante un periodo representativo del proyecto para determinar las condiciones existentes, rangos de variación y procesos de cambio.

La vigilancia de efectos implica la medida de las variables durante la ejecución y operación del proyecto para determinar los cambios ocurridos a consecuencia del mismo.

Finalmente, el control de verificación toma la forma de un muestreo periódico y/o medidas continuas de los niveles de vertido de residuos, ruido o emisiones similares para asegurar que se cumplen las condiciones y se alcanzan los estándares. La vigilancia previa se incluye en la vigilancia preestudio de impacto mientras que la vigilancia post-estudio de impacto comprende la vigilancia o impactos y el control de verificación.

#### **4.2.1 Toma de muestras**

Durante la fase de toma de muestra y análisis de medios de interés se llevan a cabo en el sitio. Los medios de interés que se examinan podrían incluir tierra, agua y aire.

Las inspecciones periódicas también pueden ejecutarse para evaluar el potencial de contaminación en estructuras de la planta de tratamiento especialmente los tanques Imhoff, los lugares aledaños, y los sistemas subterráneos de alcantarillado. Antes de iniciar la investigación se desarrollará un plan detallado de trabajo que identificará las pruebas y procedimientos analíticos específicos que se usarán.

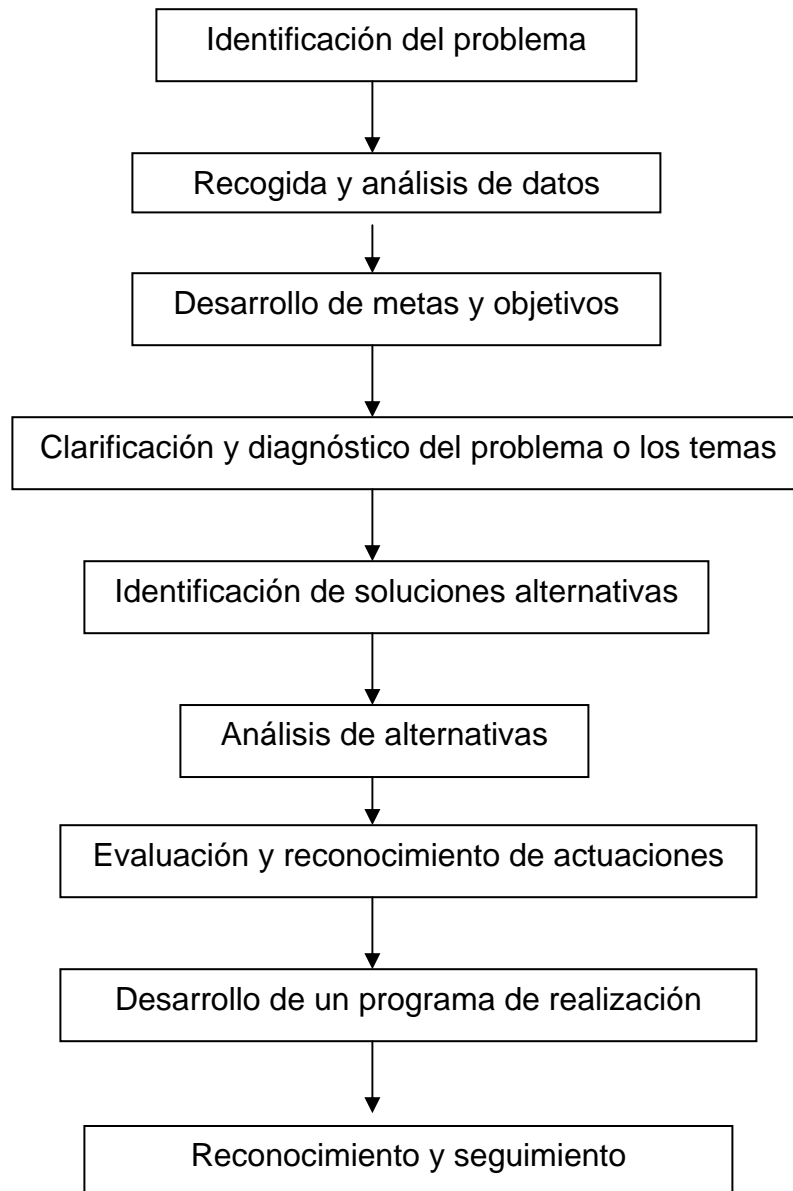
Si los resultados indican que hay sustancias peligrosas presentes en niveles que podrían ser peligrosos para la salud humana y el medio ambiente, una investigación puede llevarse a cabo para limpiar o remediar el sitio. Esta fase final también se conoce como la fase de acción correctiva o limpieza.

Los cuatro elementos que se pueden utilizar para identificar una lista inicial de los factores ambientales de potencial relevancia de un proyecto propuesto o en funcionamiento son:

- 1) Uso de directivas o reglamentos de las partes interesadas;
- 2) Empleo del conocimiento profesional relativo a los impactos previstos de proyectos similares;
- 3) Revisión de otras plantas de tratamiento de aguas residuales, de proyectos similares o de proyectos en la misma área geográfica que la del proyecto en análisis, y
- 4) Manejo de los factores implicados en las metodologías de EIA. Se exponen a continuación en la figura 11.



**Figura 11. Etapas de un modelo de planificación racional para toma de datos o muestras**



Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. Pág. 662

#### **4.2.2 Análisis**

Puede ser necesario planificar y ejecutar estudios específicos en calidad del agua para recopilar datos de antecedentes originales. Por ejemplo, en la tabla XVI (véase anexo 1, pág. 168) se enumeran distintos parámetros de calidad de agua que deben incluirse en los programas de control de calidad del agua.

El análisis biológico debería estar totalmente integrado con los procesos de Monitoreo y seguimiento para la valoración de toxicidad y parámetros químicos específicos de calidad de agua. Estos análisis pueden detectar impactos producidos por: (1) contaminantes que son difíciles de identificar químicamente o se caracterizan tóxicos (2) exposiciones complejas o anticipadas de los componentes de las aguas y (3) degradación del hábitat debido a sedimentaciones o contaminantes.

Un programa típico de trabajo para un análisis incluye:

- Investigación remediadora. Una investigación a fondo en el campo para documentar la naturaleza y extensión de la contaminación.
- Estudio de factibilidad. Una investigación de los métodos factibles para remediar el sitio. El estudio evalúa la factibilidad técnica y económica de los métodos alternativos de limpieza.
- Diseño remediador. La preparación de dibujos de construcción y especificaciones para la acción remediadora.

También puede utilizarse el criterio profesional para evaluar los cambios porcentuales en las condiciones en términos de carga contaminante, o un índice de calidad del agua; estos cambios pueden anticiparse a las fases de construcción y funcionamiento del proyecto. Otro criterio para la evaluación de impactos es la opinión pública; esta puede recibirse mediante la realización de reuniones y/o programas de participación pública.

El público muchas veces puede describir importantes recursos y valores medioambientales en zonas particulares, que deberían considerarse en la evaluación de impactos. Para un análisis de la toma de decisiones ver ejemplo en tabla XVII (véase anexo 1, pág. 169).

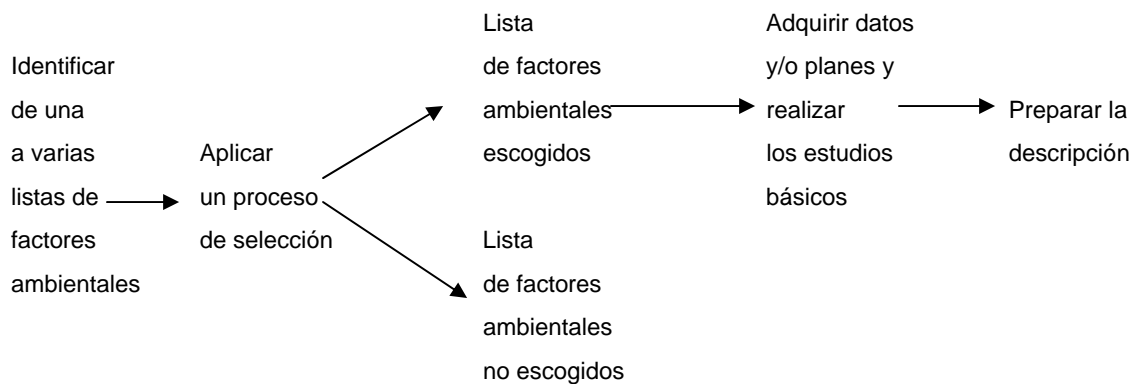
#### **4.2.3 Interpretación**

En general, para toma de alternativas se consideran a menudo a través de tres perspectivas generales: 1) factibilidad de ingeniería y requisitos, 2) viabilidad económica y 3) interés ambiental. Estas perspectivas generales puede usarse para orientar la separación inicial de alternativas y la discusión final de las mismas; sin embargo, la identificación de las alternativas preferidas debe usar, si es posible, medidas más discriminatorias para comparar las diferentes opciones disponibles al grupo encargado de la toma de decisiones.

La relevancia del impacto, es el criterio que permitirá al equipo evaluador decidir cuando es necesario un impacto negativo y cuando no es necesario, dado que mide el efecto integral que un impacto ocasiona en el medio ambiente. La relevancia puede medirse a través de tres formas o una combinación de ellas: analítica o especialistas, opinión pública e institucional (legal).

La figura 12 representa un marco conceptual que se puede utilizar para preparar una interpretación de factores ambientales. La metodología comprende; (1) identificación de una a varias listas de factores ambientales; (2) aplicación de un proceso de selección encaminado a obtener una lista de factores ambientales; (3) adquisición de datos relevantes de los factores escogidos y/o realización de los estudios básicos pertinentes. y (4) preparación de la descripción.

**Figura 12. Marco conceptual para preparar una descripción del emplazamiento ambiental**



Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 124

No hay ningún método «universal» de toma de decisiones que satisfaga las necesidades de la EIA para todo tipo de proyecto en todo tipo de medios. Por ello la realización de un estudio de impacto requerirá la elección de una metodología ya desarrollada o el desarrollo de una metodología nueva. Una primera selección razonable debería centrarse en metodologías ya desarrolladas para proyectos similares al proyecto propuesto que se va a evaluar (véase tabla XVIII del anexo 1, pág. 170).

Verificar si es posible proponer algún cambio en el proyecto para eliminar el impacto. Esta es la situación ideal, sin embargo a veces no es posible. Si no se puede eliminar el impacto, ya sea porque es inevitable, o porque el costo de evitarlo es demasiado costoso, se procede a proponer una medida de atenuación. Si no es posible evitar el impacto y tampoco atenuarlo, entonces se propone una medida de compensación.

#### **4.2.4 Informe**

La siguiente etapa consiste en aplicar las medidas correctoras necesarias para los impactos una vez identificados y evaluados. Puede ser necesario añadir medidas correctoras a la propuesta de proyecto para hacerla aceptable.

Estas medidas correctoras pueden consistir en disminuir la magnitud de los impactos en el agua superficial o incluir características que compensen los impactos en este tipo de aguas. Las medidas correctoras específicas dependerán del tipo y localización del proyecto concreto; sin embargo, ejemplos de puntos que deberían considerarse como medidas correctoras o de control, dependiendo del tipo de proyecto, son los siguientes:

1. Disminuir el uso de agua y la generación de agua residual, promoviendo la conservación del agua y la depuración y reutilización del agua residual. Pretratar adecuadamente las aguas residuales domésticas antes de su vertido al medio receptor.
2. Minimizar la erosión durante las fases de construcción y funcionamiento de la planta de tratamiento.

Cuando una acción propuesta ha sido aprobada a través del proceso de EIA, la implementación de dicha acción debe vigilarse periódicamente para asegurar su cumplimiento. Tales condiciones podrían incluir medidas específicas protectoras o mitigantes, la supervigilancia de descargas al aire o agua, la presentación periódica de informes de estatus, u otras actividades que aseguren que la acción no tiene impactos perjudiciales sobre los recursos ambientales.

Entre los resultados directos de un programa de auditoria se encuentran aumentar la conciencia ambiental de la población, la detección y corrección precoz de los problemas y, por tanto, la mejora del control de la gestión ambiental de los programas ambientales.

El monitoreo ambiental estará encaminado a establecer el cumplimiento de los requerimientos que se indique en un Plan de Acción y también se tomará en cuenta las características del afluente y el efluente a la planta de tratamiento, para establecer la eficiencia de la misma. En la figura 14 (véase anexo 2, pág. 173) se muestra un modelo de los pasos para un Plan de Acción.

Además el monitoreo también servirá para conocer si se afecta la población y el medio ambiente aguas abajo del desfogue de la planta.

## **5. EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN AMBIENTAL**

### **5.1 Características de la educación ambiental**

La experiencia existente a nivel internacional para la fijación de leyes, reglamentos y disposiciones, que van a incidir en diferentes sectores de un país, han demostrado que una de las formas de encarar un problema consiste en dar participación, además de los organismos técnicos y legislativos, a los sectores que guardan una estrecha relación con el problema; en este caso, a los descargadores de aguas residuales domésticas que son la población en general o sea la población usuaria y/o las municipalidades.

La educación ambiental aunque por ahora no es parte de nuestra cultura, debe de darse el cambio, promocionando e invirtiendo en proyectos educacionales para toda la población, involucrando a estudiantes, profesionales, instituciones estatales y sector privado.

A la medida que una comunidad tenga conciencia ambiental, y se le tome en cuenta en los procesos de EIA, como también en el monitoreo y seguimiento del manejo de las plantas de tratamiento de aguas residuales, la carga de las entidades concernientes a velar por el buen funcionamiento se hace menor.

La participación pública en un proceso de EIA es un componente importante para lograrse la meta de tener un proceso de toma de decisiones abierto al público. La participación pública debe empezar en la primera etapa de la planificación de un proyecto y debe continuar hasta el proceso de la selección de alternativas y mitigación.

La participación del público se puede formalizar estableciendo fechas para audiencias y sesiones de información pública, con la creación de grupos de asesoría pública y periódicamente distribuyendo información concerniente al estatus de la planificación del proyecto. La participación del público en el proceso de EIA le proporciona voz en cuestiones que tal vez impliquen directamente con la salud, el bienestar y la calidad de vida de comunidades e individuos.

Una corriente abierta de información puede fomentar consideraciones objetivas sobre una gama total de cuestiones relacionadas a la planificación de un proyecto y puede proveerle la habilidad de tomar decisiones razonables a las comunidades y ciudadanos sobre los beneficios y riesgos de acciones propuestas.

Es crucial el hacer que el público participe en el proceso de toma de decisiones, y esta apertura al público debe empezar tan pronto como sea posible en el proceso de EIA.

Una tendencia actual y creciente es involucrar a las personas que habitan en el área de influencia directa, al público, en el seguimiento del monitoreo de la implementación de la mitigación y en el monitoreo del proyecto posterior de la implementación ambiental.



## **5.2 Finalidades de la educación ambiental**

La identificación del público que pueda estar implicado en las diversas etapas de un estudio de impacto ambiental es otro elemento básico en el desarrollo de un programa de participación pública. Público es cualquier persona o grupo de personas que tiene un interés específico en un asunto.

La información sobre los posibles impactos podría mostrarse según las personas afectadas. También es importante la definición de las técnicas de participación más efectivas para comunicarse con los diferentes públicos.

La delineación de los objetivos de los programas y actividades de participación pública durante las diferentes etapas del proceso de EIA es un elemento importante en el desarrollo de un plan de Capacitación Ambiental.

Los objetivos pueden ser generales o específicos. Bishop en 1975 (1-719) definió seis objetivos para la participación pública que relacionó a varias etapas de un estudio de EIA. Estos seis objetivos son:

1. Difusión, educación y coordinación de información.
2. Identificación de problemas, necesidades y valores más importantes.
3. Generación de ideas y solución de problemas.
4. Reacción ante las propuestas.
5. Valoración de alternativas.
6. Resolución del conflicto por consenso.

El primero de dichos objetivos se refiere a la educación de los ciudadanos sobre el Ambiente y sus Impactos (Estudios de Impacto Ambiental). Además, este objetivo incluye la difusión de la información sobre los progresos y resultados del estudio, así como de los datos de los posibles impactos ambientales.

El segundo objetivo identificación de problemas, necesidades y valores más importantes, se refiere a la determinación de los recursos ambientales para los diversos sectores en el área. Además, este objetivo se centra en la definición de los problemas y necesidades ambientales y en la relación de las posibles soluciones consideradas en el estudio del proyecto.

El tercer objetivo se centra en la identificación de las alternativas para la resolución de los problemas que no se han considerado en el proceso normal de planificación. Además de la designación de las alternativas específicas para las necesidades identificadas, es posible enumerar las medidas correctoras de las diversas alternativas para minimizar los efectos ambientales negativos.

El cuarto objetivo es sondear las opiniones del público sobre la interrelación de los recursos y los usos.

El objetivo de valoración de alternativas está relacionado muy de cerca con el anterior. En el proceso de valoración de las alternativas puede obtenerse información valiosa acerca de la importancia de recursos recreativos ambientales. También puede considerarse de nuevo la reacción pública ante las compensaciones de valores en el proceso de selección.

El objetivo final es la resolución de los conflictos existentes sobre la actuación propuesta. Alcanzar este objetivo puede implicar la mediación en las diferencias entre varios grupos de interés, el desarrollo de mecanismos para la compensación de los costos ambientales y esfuerzos dirigidos a obtener el consenso de opinión sobre la solución adoptada. Alcanzar con éxito este objetivo puede evitar un enfrentamiento costoso e innecesario.

En la tabla XIII se muestra un ejemplo, los objetivos de un programa de educación ambiental con la participación pública. Las etapas son diferentes pero compatibles con las seis etapas descritas anteriormente, y los objetivos definidos representan una fina delineación de los objetivos sugeridos por Bishop (1975).

**Tabla XIII. Desarrollo de los objetivos de un programa de participación pública**

<b>Etapas</b>	<b>Objetivos</b>
Identificación /percepción del interés del público	Analizar cómo se percibe cada asunto. Identificar el nivel de interés en la futura participación pública en dicho asunto.
Identificación detallada de impactos	Llevar a cabo una ronda de consultas para identificar los impactos más significativos.
Valoración de impactos	Analizar cómo el público percibe los impactos. Evaluar el mérito relativo asignado al proyecto por los diferentes grupos de interés, incluyendo los motivos. Considerar las posibles medidas correctoras tal como son consideradas por el público.
Selección de la solución	Selección de una solución, técnica, económica y socialmente viable y políticamente aceptable.
Aprobación de la solución	Desarrollar todos los requisitos de participación pública siguientes a la selección de la solución.

Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 722

### **5.3 Capacitación ambiental**

En algún punto en el proceso de resolución debe existir una capacitación, donde las partes beneficiadas deben encontrarse para dar las directrices del sistema y funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas y sus beneficios y alcances, así como la importancia que tiene el cuidado del medio ambiente dentro la población. Esta capacitación debe ser cuidadosamente controlada o puede degenerar en un enfrentamiento.

Las capacitaciones deben lograr sus objetivos y tener éxito, deben estar representadas todas las partes afectadas. Sin embargo, a veces es necesario excluir a todos los demás y trabajar con un grupo representativo para el lugar. Es vital que estén los representantes de cada parte interesada y que sean personas con autoridad que puedan obtener compromisos en nombre de su grupo.

Debido al desconocimiento ambiental, se puede generar conflictos dentro de los habitantes del lugar, y las personas encargadas de la capacitación deben moderar las diferencias y crear un ambiente confiable.

Hay un gran número de causas de conflictos ambientales que pueden aparecer en situaciones particulares. Las causas pueden ser relativamente simples (por ejemplo, relacionadas con la propiedad o los derechos de utilización de la tierra), o pueden afectar complicados asuntos e interrelaciones sociales. Se pueden definir cuatro tipos (o causas) de conflicto:

- I. Conflicto cognitivo: el conflicto cognitivo tiene lugar cuando la gente tiene diferentes criterios o puntos de vista sobre el tema.

2. Conflicto de valores: el conflicto de valores es una disputa sobre los objetivos: por ejemplo, cuando una acción o resultado es deseable (o indeseable) o debe (o no debe) ocurrir.
3. Conflicto de intereses: como los beneficios resultantes de una actuación raramente se distribuyen equitativamente, algunas personas pueden tener un mayor interés en la actuación que otras. Algunos pueden tener interés en asegurarse que no se lleve a cabo.
4. Conflicto de relaciones: hay diversos fundamentos psicológicos para los conflictos. Cada vez que la gente se comunica, comunica tanto contenidos (información, hechos) como relaciones (como es aceptado o valorado cada uno, etc.). El resultado es que hay un número de motivaciones emocionales que pueden generar conflictos en áreas diferentes, valores o intereses.

Los programas o actividades de participación pública deben ser cuidadosamente planificadas y llevadas a cabo. Los componentes de la planificación son la descripción de los objetivos, la identificación de los tipos de público y la selección de las técnicas de participación pública más importantes.

Existen técnicas para proporcionar información, valoraciones y resolver los conflictos ambientales. Las técnicas de resolución de conflictos generalmente incluyen la solución conjunta de los problemas facilitada por un mediador. Muchos aspectos prácticos están asociados con la realización de las actividades de participación pública, incluyendo la coordinación entre los diversos organismos, tratar cualquier detalle de la reunión y ensayar las presentaciones orales.

Los resultados del programa de participación pública deben ser incorporados en la documentación del estudio. En algunas ocasiones esta participación ha influido en la toma de decisiones del proyecto.

### **5.3.1 Metas de capacitación ambiental**

Para lograr totalmente el propósito de la participación pública, la capacitación ambiental puede ser utilizada dentro del proceso de EIA. Los resultados de la participación pública pueden ser útiles en la definición de las necesidades del proyecto, en la descripción de los aspectos fundamentales de la situación ambiental y en la identificación de los impactos ambientales, de las posibles alternativas y de las medidas correctoras.

También pueden ser utilizados por los encargados del proyecto para asignar los valores de importancia tanto a los factores como a los impactos ambientales. Finalmente, también pueden ayudar en la selección de la alternativa mas adecuada para alcanzar los objetivos del proyecto.

Se sugieren dos niveles de incorporación de la participación pública en un estudio de impacto ambiental.

Primero, deben resumirse todas las sesiones públicas y la totalidad del programa de participación pública planificado y realizado, así como cualquier información relativa a los objetivos perfilados anteriormente y obtenidos mediante encuestas u otras técnicas de participación pública.

Segundo, los resultados de las preferencias del público deben utilizarse como uno de los puntos en los que basa la selección de la alternativa que va a ser la solución adoptada. Dichos resultados pueden ser incorporados con otros datos para la utilización de técnicas de decisión multicriterio.

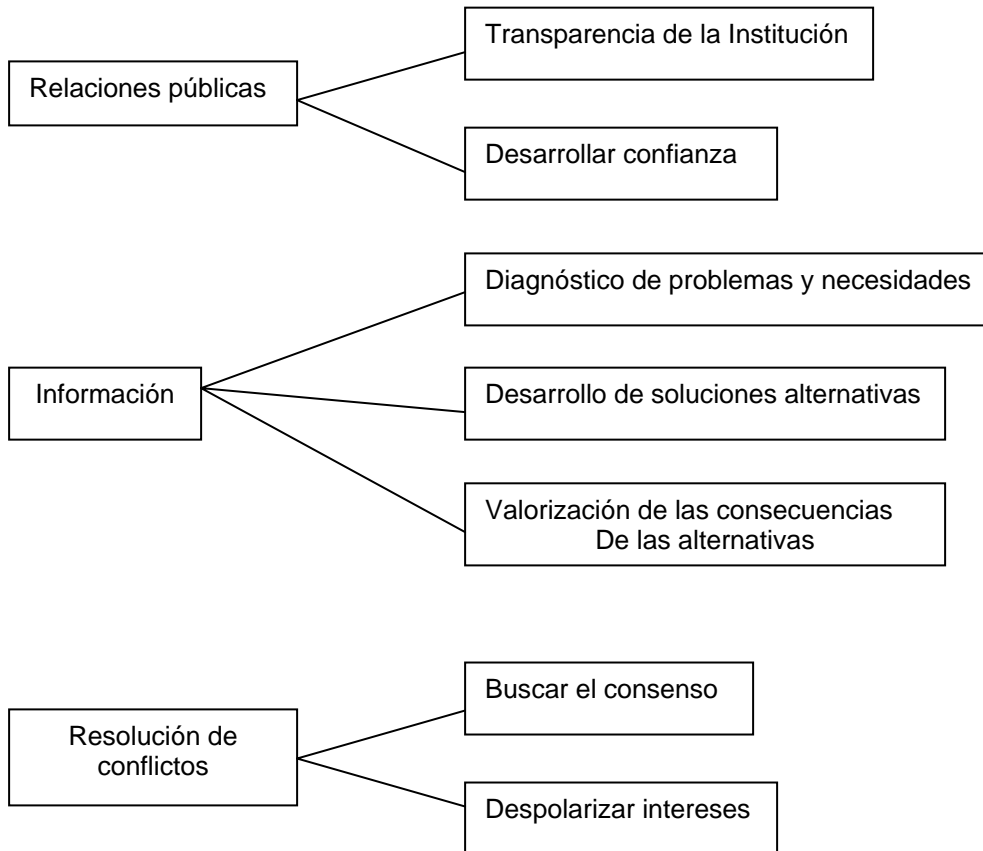
Los resultados del programa de participación pública deben ser incorporados en la documentación del estudio. En algunas ocasiones ésta participación ha influido en la toma de decisiones del proyecto.

Hanchey en 1981 (1-719) sugirió tres tipos generales de objetivos que deben ser considerados en el diseño de un programa de capacitación ambiental pública para una situación específica, como los proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales:

1. Objetivos de relación pública,
2. Objetivo de información y
3. Objetivos de resolución de conflictos.

Como se muestra en la figura 13, estos objetivos generales pueden a su vez dividirse en siete objetivos de segundo orden que sirven para clarificar y proporcionar conceptos manejables tanto para la delineación como para la evaluación de los programas (Hanchey 1981).

**Figura 13. Objetivos de la participación pública**



Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 719



### **5.3.2 Recursos de programas de capacitación**

Las presentaciones orales en las reuniones, tanto para grupos pequeños o grandes, pueden realizarse con la utilización de ayudas visuales. Las presentaciones utilizando métodos visuales pueden ser extremadamente beneficiosas, particularmente con el uso de información detallada en mapas, figuras y tablas, por tanto, cualquier método visual que vaya a ser utilizado debe ser simple y preparado de una forma concisa y clara para que la información pueda ser comunicada de la forma más efectiva. Los ocho tipos principales de métodos visuales son trifoliales, pizarras, mapas, transparencias mostradas en retroproyectores, diapositivas, películas, vídeos y folletos.

Para que el mensaje llegue y la capacitación sea exitosa se necesita darle seguimiento y llenar algunos puntos básicos del proceso de capacitación, de la siguiente forma:

1. Vigilancia previa: la vigilancia previa debe planificarse e iniciarse durante la fase de consultas del EIA. Después, deberá integrarse a la capacitación, para centrarla sobre los impactos más importantes.
2. Formulación de las predicciones de impactos: los estudios de predicción deben expresarse en función de hipótesis de impactos verificables, de manera que puedan aplicarse métodos de comprobación estadísticos. Las probabilidades o grados de certeza deben quedar planteados explícitamente, realizando predicciones dirigidas al análisis y proporcionando una indicación precisa de lo que se anticipa. Debe lograrse una gran precisión en la expresión de la predicción. La información debe ser tan explícita como sea posible.

En los casos en los que resulte complicado proporcionar una expresión sistemática de un impacto en términos cuantificables, debe utilizarse el juicio profesional, basado en la experiencia, para realizar evaluaciones cualitativas. Siempre que sea posible deben utilizarse umbrales cuantitativos para definir impacto compatible, impacto moderado o impacto severo.

Sin embargo, la categorización debe ser explícita. Donde no sean aplicables umbrales cuantitativos cada término debe definirse tan claro como sea posible y debe basarse en: (a) la importancia del medio ambiente, (b) actividades o intereses afectados, (c) aceptación pública del impacto, (d) si el impacto afecta a especies, hábitats o lugares protegidos o en peligro de extinción. (e) la reversibilidad o irreversibilidad de los efectos, (f) la frecuencia, duración y magnitud del impacto y (g) el juicio profesional.

3. Vigilancia de los efectos: la vigilancia de los efectos debe diseñarse de forma que establezca las relaciones causa-efecto que proporcionan la base para la gestión de impactos a través de la realización de medidas correctoras.

## CONCLUSIONES

1. El tipo de tratamiento que se dará a las aguas residuales para lograr su depuración y no afectar el medio ambiente y la salud de la población aguas abajo de la descarga, dependerá de la cantidad y la calidad de aguas residuales a tratar y las características del cuerpo receptor.
2. El estudio de preevaluación es el estudio temprano y abierto de consideración de cuestiones y selecciones de alternativas que serán examinadas en una EIA de una acción, política o programas específicos. Ello ayuda a asegurar que los problemas reales han sido identificados tempranamente y estudiados correctamente, y que no se perderá tiempo y esfuerzo por considerar cuestiones sin pertinencia, además, que el informe de la EIA debe ser equilibrado y minucioso.
3. El número de alternativas que se seleccionan para la evaluación y consideración comparativa detallada no debe ser arbitrario sino que, debe depender de la escala de alternativas prácticas disponibles. Sin embargo, las alternativas no consideradas deben documentarse en un expediente de EIA junto con las razones por las cuales estas alternativas en particular se separaron de las que se seguirán evaluando.

4. La experiencia existente a nivel internacional para la fijación de leyes, reglamentos y disposiciones, que van a incidir en diferentes sectores de un país, han demostrado que una de las formas de encarar un problema consiste en dar participación, además de los organismos técnicos y legislativos, a los sectores que guardan una estrecha relación con el problema; en este caso, a los descargadores de efluentes que son el sector productivo, las municipalidades y la población en general.
  
5. Una buena metodología debe reflejar los efectos ambientales dinámicos, siendo capaz de distinguir entre efectos a corto y a largo plazo. La dirección, la magnitud e incluso la rapidez de la transformación de los impactos pueden depender del tiempo.
  
6. El grado hasta el cual sea necesario llevar un tratamiento determinado varía mucho de un lugar a otro. Existen tres factores básicos determinantes:
  - a) Las características y la cantidad de sólidos acarreados por las aguas residuales.
  
  - b) Los objetivos que se propongan en el tratamiento.
  
  - c) La capacidad o aptitud que tenga el terreno (para la disposición subsuperficial o por irrigación), o el agua receptora, para verificar la auto purificación o dilución necesaria de los sólidos de las aguas residuales, sin violar los objetivos propuestos.

7. Las leyes y reglamentos que regulan la contaminación y la disposición de las aguas residuales, han llegado a ser cada vez más esenciales con el aumento de población. Sólo por medio de estos procedimientos legales y su observancia estricta puede garantizarse a toda la población un medio ambiente limpio, confortable y saludable.
8. El Tanque Imhoff es mas adecuado para las pequeñas poblaciones o las grandes instituciones en donde la población tributaria es de 5,000 personas o menos.
9. Una cloración de las aguas residuales crudas, que produzca un cloro residual de 0.2 a 0.5 mg/L después de 15 minutos de contacto, puede hacer que disminuya en 15 a 35 por ciento la DBO de las aguas residuales. Generalmente se logra una disminución de 2 mg/L de DBO en 5 días. Cuando se sobrecargan las unidades de una planta, se usa la coloración para disminuir la carga, hasta que se pueda disponer de medios para un tratamiento adicional, pues el uso de cloro para disminuir la DBO no resulta económico.
10. La falta de capacitación de la persona encargada de la planta El Tesoro, sobre la buena forma de operación y mantenimiento de cada unidad de la planta, y la falta de herramienta y equipo hacen que la planta no alcance la mayor eficiencia.

11. Son necesarias visitas periódicas de personas especializadas a la planta El Tesoro, para el control y seguimiento del buen funcionamiento de ésta. Como también, evaluar su eficiencia y cumplimiento de los parámetros permisibles establecidos por medio de análisis fisicoquímicos de laboratorio.
12. Las personas que viven cerca de la planta de tratamiento de El Tesoro corren grave peligro en su salud, debido a los posibles malos olores, emisión de gases tóxicos y la ploriferación de animales transmisores de enfermedades, etc. Debe hacerse chequeos médicos a estas personas y así evitar enfermedades contagiosas.
13. Los lodos de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, no están siendo retirados y puestos en un relleno sanitario, actualmente los tiran a un costado de la planta, representando un impacto al entorno porque todavía contienen nutrientes y contaminantes. Esto se puede corregir haciendo una fosa donde enterrarlos cerca de las instalaciones de la planta o siendo utilizados como fertilizantes en los cultivos.
14. Las plantas de tratamiento de aguas residuales usando tanques Imhoff, como el que utiliza la colonia El Tesoro, son funcionales por su bajo costo de mantenimiento, lo que necesitan es ser operadas o administradas correctamente.

## RECOMENDACIONES

1. Hacer un monitoreo ambiental a la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, para corregir sus defectos, mitigar los impactos y mejorar su eficiencia como se mencionan en el presente estudio.
2. Entre las principales instituciones relacionadas con los aspectos ambientales, es necesario conocer sus funciones y alcances, éstas son:
  - **Corporaciones Municipales:**
    - a) La elaboración, aprobación y ejecución de planes de desarrollo urbano y rural.
    - b) Con exclusividad, la deliberación y decisión del gobierno y administración del patrimonio e intereses del municipio.
  - **Instituto de Fomento Municipal (INFOM):**
    - a) Creado para promover el progreso de los municipios, prestando asistencia técnica y financiera a las municipalidades en la realización de programas básicos de obra y servicios públicos.
  - **Ministerio de Ambiente (anteriormente Comisión Nacional del Medio Ambiente):**
    - a) Responsable de velar por el cumplimiento de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

b) Establecer las normas ambientales que deben cumplir las obras que se ejecuten.

c) Aprobar las evaluaciones de impacto ambiental –EIA-

- **División de Saneamiento del Medio del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social:**

a) Velar por la salud y bienestar de las poblaciones

3. Es importante considerar el lugar o sitio de la ubicación de la planta, para que no cause problemas en su operación por la generación de malos olores y la proliferación de sectores de enfermedades.
4. Una tendencia actual y creciente es involucrar al público en el seguimiento del monitoreo de la implementación de la mitigación y, en el monitoreo del proyecto posterior de la implementación ambiental.
5. Es necesario que las autoridades competentes hagan una evaluación de todas las plantas de tratamiento del país, para conocer sus estados de funcionamiento o eficiencia, sus impactos ambientales y las medidas de mitigación.
6. Promover que las municipalidades o autoridades competentes, exijan y velen para que las aguas residuales sean tratadas por medio de plantas de tratamiento, ya que actualmente hay poblaciones cuyas aguas no cuentan con ningún tipo de tratamiento.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CANTER, Larry W. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. 2ª. ed. s.l.: McGraw-Hill, 1998.
2. CASTELLANOS Manzo, Eldin Osvaldo. Evaluación preliminar a la puesta en marcha y propuesta de un manual de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Elena Barillas, Villa Canales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1999.
3. DEPARTAMENTO de sanidad del estado de Nueva York. **Manual de tratamiento de aguas negras**. Traducción: César Falcón. México: Editorial Limusa, 1995.
4. INSTITUTO centroamericano de investigación y tecnología industrial (ICAITI). **Anteproyecto de reglamento de aguas servidas**. Guatemala: 1988.
5. INSTITUTO de fomento municipal (INFOM). **Manual de los aspectos ambientales a considerar en la formulación, construcción y administración de obras municipales**. Guatemala: 1997.
6. LÓPEZ M., Manuel E. "Metodología general para una evaluación de impacto ambiental". **Programa de capacitación ambiental en Centroamérica**. (Proyecto regional de energía eléctrica del istmo centroamericano): 1999.
7. MANUAL de principios de la evaluación de impacto ambiental. México: s.e., 1992.
8. METCALF & Eddy. **Ingeniería de aguas residuales**. 3ª. ed. (Tratamiento, vertido y reutilización, volumen 2). Traducción: Juan de Dios Trillo Montsoriu. México: Impresora y maquiladora de libros Mig, 1998.

9. METCALF & Eddy. **Tratamiento y depuración de las aguas residuales.** 2ª. ed. Traducción: Juan José de Dios Trillo Montsoriu y Luis Virto Albert. Barcelona: Editorial Labor, 1981.
10. POCASANGRE Collazos, Adán Ernesto Artemio. Inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en Guatemala. Tesis Ing. Sanitario. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, 1995.
11. SALAZAR González, Walter Rolando. Inicio de operación y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Sanarate, El Progreso. Tesis Ing. Sanitario. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, 1999.

## **ANEXO 1**



**Tabla XIV. Potenciales impactos ambientales resultantes de las prácticas de construcción**

<b>Fase de construcción</b>	<b>Prácticas de construcción</b>	<b>Impactos ambientales potenciales</b>
Anteproyecto	Inventario del lugar	A corto plazo y nominal.
	Trafico de vehículos	Polvo, sedimento y deterioro de árboles.
Trabajo en el emplazamiento	Calicatas	Deterioro de la raíz del árbol, sedimento.
	Control ambiental	Insignificante si se hace apropiadamente.
	Controles temporales	A corto plazo y nominal .
	Agua de tormenta	Vegetación, calidad del agua.
	Erosión y sedimentación	Vegetación, calidad del agua.
	Vida vegetativa	Fertilizantes en exceso.
	Polvo	Insignificante si se hace apropiadamente.
	Desmante y demolición	A corto plazo.
	Desmante	Descenso en el área de árboles, arbustos y vegetal de protección, deterioro de la capa superficial del suelo; incremento de la erosión del suelo, sedimentación y escorrentía del agua de tormenta; aumento de la temperatura de las corrientes de agua: modificación de las orillas y de los canales de las corrientes de agua y de la calidad de agua.
	Demolición	Aumento del polvo, ruido y residuos sólidos.
Instalaciones temporales	Aumento de áreas superficiales impermeables a la infiltración de agua, incremento del agua de escorrentía y de los productos de petróleo.	
Naves de talleres y almacenamiento	Aumento de áreas superficiales impermeables a la infiltración de agua, generación de polvo sobre áreas no pavimentadas.	
Accesos y zonas de aparcamiento	Aumento de áreas superficiales impermeables a la infiltración de agua, generación de polvo sobre áreas no pavimentadas.	
Zanjas	Aumento de los impactos visuales, de la erosión del suelo y de la sedimentación para periodos cortos.	
Instalaciones sanitarias	Aumento de los impactos visuales y de los residuos del suelo.	
Cercas	Barreras para la migración animal.	
Áreas del terreno	Impactos visuales, incremento de la escorrentía.	
Planta de fabricación del hormigón	Aumento de los impactos visuales; eliminación de aguas residuales, aumento del polvo y ruido.	
Control de plagas temporales y permanentes (termitas, hierbas, insectos)	Plaguicidas no degradables o muy lentamente degradables acumulados por plantas y animales que pasan al hombre por la cadena trófica; preferibles para su uso plaguicidas degradables con una vida media corta.	
Movimiento de tierras	A largo plazo.	
Excavación	Deterioro, apilamiento del suelo y velación de lugar; sedimentación y escorrentía, compactación del suelo; aumento de los niveles de sustancias peligrosas en el suelo; efectos secundarios sobre la vida de las plantas y animales, e incorporación de los productos de degradación a la cadena trófica; calidad de agua.	
Nivelación		
Apertura de acequias		
Tratamiento del suelo		

## Continuación

Fase de construcción	Prácticas de construcción	Impactos ambientales potenciales
Instalaciones permanentes	Drenaje del lugar Establece del drenaje Desecación Punto de sondeos Reestablecimiento del Canal de la corriente Ajardinamiento Siembra temporal Siembra y césped permanente.	A largo plazo. Descenso del volumen de agua subterránea para cortos y largos periodos de tiempo, aumento del volumen y de la velocidad del flujo de agua, perjuicios corriente abajo, calidad del agua.  Descenso de la erosión y del flujo superficial del agua de tormenta, estabilización de las pendientes de relleno o de corte expuesta, aumento de la infiltración de agua y del agua almacenada en subsuelo, impactos visuales.
	Tendidos eléctricos y áreas para el tráfico pesado zonas de aparcamiento	A largo plazo.  Escorrentía del agua de tormenta, productos del petróleo.
	Desvíos vía Ferroviaria muerta Edificios Almacenes	Impacto visual, sedimento, escorrentía. Escorrentía del agua de tormenta. A largo plazo. Superficies impermeables, escorrentía del agua de tormenta, residuos sólidos, derrames. Olores, vertidos, bacterias, virus.
	Tratamiento de residuos sanitarios. Torres de refrigeración Instalaciones relacionadas Entrada al reactor y canal de descarga	Impactos visuales. A largo plazo. Cambios de las orillas, cambios en la topografía del fondo, migración de peces, cambios en la fauna bentónica.
	Suministro y tratamiento de agua Drenaje del agua de tormenta Tratamiento del agua residual Presas y embalsamientos Rompeolas, surtidores Equipo de manejo del combustible Tanques de almacenamiento de combustible, controles y tuberías Sistemas de transporte (grúas, montacargas, rampas) Equipo de manejo de residuos (incineradores, astilladoras para la madera, compactadores)	Vertidos de agua, calidad del agua.  Sedimento, calidad del agua.  Sedimento, calidad del agua, elementos traza.  Dragado, erosión de la orilla. Patrones de circulación de las laminas de agua. Derrames, fuego e impactos visuales.  Impactos visuales.
		Ruido, impactos visuales.

## Continuación

Fase de construcción	Prácticas de construcción	Impactos ambientales potenciales
Conclusión del proyecto	Vallas de seguridad Carretera de acceso Cercado	A largo plazo. Aumento de la escorrentía. Barreras para los desplazamientos de los animales.
	Eliminación de las oficinas y talleres temporales Demolición Restablecimiento	A corto plazo. Ruido, residuos sólidos, polvo. Escorrentía del agua de tormenta, obstrucción del tráfico, compactación del suelo.
	Restauración del Emplazamiento	A corto plazo.
	Nivelación final Colocación de la capa superficial del suelo	Sedimento, polvo, compactación del suelo. Erosión, sedimento.
	Fertilización Controles del sedimento Puesta en marcha preliminar Limpieza	Escorrentía de nutrientes, calidad del agua. Vegetación. A corto plazo. Calidad de agua, grasas, fosfatos y otros nutrientes.

Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 131 a 133

Tabla XV. Análisis fisicoquímico y bacteriológico de la planta El Tesoro, Mixco

**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-**  
**LABORATORIO DE AGUA**  
 Telefax: 472-3499

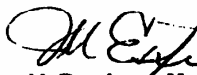
**INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO -AGUAS RESIDUALES**  
**MUESTRA No. 281-01**

**1. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**

Interesado: <b>Municipalidad de Mixco</b>	Temperatura in situ (° C): <b>22</b>
Dirección: <b>Colonia el Tesoro, Mixco, Guatemala</b>	pH in situ: -----
Teléfono: -----	Conductividad (µS/CM): -----
Punto de Muestreo: <b>Canal de Entrada a Planta</b>	Cloro residual (mg/L): -----
Fuente: <b>Planta de tratamiento de aguas Residuales</b>	Técnica de preservación: <b>Refrigerada</b>
Fecha de captación: <b>26/7/2001</b>	Fecha de recepción laboratorio: <b>26/07/2001</b>
Hora de captación: <b>10:55</b>	Hora de Recepción laboratorio: <b>12:00</b>
Responsable de Captación: <b>Byron Rivera</b>	

**2. RESULTADOS**

PARÁMETROS FÍSICOS		UNIDADES	RESULTADO
1	Color	Organoléptico	Gris Claro
2	Olor en frío	Organoléptico	Séptico
3	pH(laboratorio)	Unidades pH	6.07
4	Sólidos en suspensión	mg/L	570
5	Sólidos disueltos	mg/L	-----
6	Sólidos totales	mg/L	1770
7	Sólidos sedimentables	mL/L	13
8	Temperatura de análisis	°C	21.4
PARÁMETROS QUÍMICOS		UNIDADES	RESULTADO
9	Cloruros	mg/L Cl	52.2
10	Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L	705
11	Demanda química de oxígeno OQO	mg/L	2840
12	Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	19
13	Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	32.12
14	Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.1485
15	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	39
16	Oxígeno disuelto	mg/L OD	0
17	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	25
PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS		UNIDADES	RESULTADO
18	Coliformes fecales	NMP/100 mL	7 x 10 <sup>8</sup>
19	Coliformes totales	NMP/100 mL	2.2 x 10 <sup>9</sup>

  
**VoBo. Jorge Mario Estrada**  
 Ingeniero Químico, Col. 665  
 Director de Laboratorio  
**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL**  
**LABORATORIO DE AGUA**  
**GUATEMALA**



Continuación

**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-**  
**LABORATORIO DE AGUA**  
 Telefax: 472-3499

**INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO -AGUAS RESIDUALES**  
**MUESTRA No. 281-01**

**1. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**

Interesado: <b>Municipalidad de Mixco</b>	Temperatura in situ (°C): <b>22</b>
Dirección: <b>Colonia el Tesoro, Mixco, Guatemala</b>	pH in situ: -----
Teléfono: -----	Conductividad (µS/CM): -----
Punto de Muestreo: <b>Salida Tanque Inhoff</b>	Cloro residual (mg/L): -----
Fuente: <b>Planta de tratamiento de aguas Residuales</b>	Técnica de preservación: <b>Refrigerada</b>
Fecha de captación: <b>26/7/2001</b>	Fecha de recepción laboratorio: <b>26/07/2001</b>
Hora de captación: <b>11:00</b>	Hora de Recepción laboratorio: <b>12:00</b>
Responsable de Captación: <b>Byron Rivera</b>	

**2. RESULTADOS**

PARAMETROS FÍSICOS		UNIDADES	RESULTADO
1	Color	Organoléptico	Gris Claro
2	Olor en frío	Organoléptico	Séptico
3	pH(laboratorio)	Unidades pH	6.38
4	Sólidos en suspensión	mg/L	160
5	Sólidos disueltos	mg/L	-----
6	Sólidos totales	mg/L	750
7	Sólidos sedimentables	mL/L	1.5
8	Temperatura de análisis	°C	21.4
PARAMETROS QUÍMICOS		UNIDADES	RESULTADO
9	Cloruros	mg/L Cl	40.6
10	Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L	330
11	Demanda química de oxígeno OQO	mg/L	705
12	Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	25.25
13	Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17.6
14	Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.0066
15	Nitrógeno amoniacal	mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	37.25
16	Oxígeno disuelto	mg/L OD	0
17	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	50
PARAMETROS BIOLÓGICOS		UNIDADES	RESULTADO
18	Coliformes fecales	NMP/100 mL	8.0 x10 <sup>6</sup>
19	Coliformes totales	NMP/100 mL	8.0 x10 <sup>6</sup>

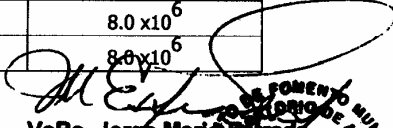
  
**VoBo. Jorge Mario Estrada**  
 Ingeniero Químico Col. 685  
 Director de Laboratorio DIRECTOR  
 INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL  
 LABORATORIO DE AGUA  
 GUATEMALA

Tabla XVI. Selección de parámetros para reconocimiento de la calidad de aguas en ríos

Tipo de Reconocimiento	Parámetros			Parámetros químicos			Parámetros biológicos		
	Físicos	Inorgánicos	Orgánicos	Nutrientes	Microbiológicos	Hidrobiológicos	Microbiológicos	Hidrobiológicos	Hidrobiológicos
Propuestos en todos los reconocimientos	Color pH Conductividad específica Sólidos suspendidos Sólidos totales		Demanda química de oxígeno (DQO) Carbono orgánica total (COI)		Coliformes totales y fecales				
Recomendado para recoger datos sobre la línea de base	Olor	Acidez Alcalinidad Calcio (Ca) Cloruros (Cl) Oxígenos disueltos Dureza Hierro (Fe) Manganeso (Mn) Potasio (K) Selenio (Se) Plata (Ag) Sodio (Na)	Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) inmediata a los 5 días última	Nitrogeno nítrico (NO)	Recuento total en placa				
Parámetros adicionales recomendados donde se espera contaminación municipal y/o industrial	Sólidos flotantes	Arsénico (As) Bario (Ba) Berilio (Be) Boro (B) Cadmio (Cd) Cromo (Cr) Cobre (Cu) Dióxido de carbono (CO) Fluoruros (F) Sulfuro de hidrógeno (H2S) Plomo (Pb) Mercurio (Hg) Níquel (Ni) Vanadio (V) Zinc (Zn)	Cianuro (CN) Carbono orgánico disuelto Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) Aceites y grasas Pesticidas	Nitrógeno amoniacal (NH) Nitrógeno nítrico (NO2) Nitrógeno orgánico Fósforo soluble Fósforo total	Estreptococos fecales Salmonella	Recuentos de bentos y planeton			
Parámetros opcionales para reconocimientos especiales	Penetración de la luz Tamaño de partículas Concentraciones de sedimento Sólidos sedimentables	Aluminio (Al) Sulfatos	Extracto de carbono en alcohol (CAE) Extracto de carbono en cloroformo (CCE) Demanda de cloro	Fósforo orgánico Ortofosfatos Polifosfatos Silice reactiva	Shigella Virus Coxsackie A y B Poliovirus Adenovirus Ecovirus	Clorofilas Peces Perifiton Composición taxonómica			

Fuente: Larry W. Canter. Manual de evaluación de impacto ambiental. Pág. 264

**Tabla XVII. Ejemplo de matriz de análisis de resolución de la toma de decisiones**

<b>Factores de decisión</b>	<b>Plan alternativo</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Éxito en la satisfacción de las necesidades definidas y en el alcance de los objetivos identificados					
Eficiencia económica					
Beneficios, costos					
Análisis de coste-beneficio ambiental					
Impactos ambientales					
Calidad del aire					
Cantidad y calidad del agua superficial					
Cantidad del suelo y cantidad y calidad agua subsuelo					
Ruido					
Ecosistema					
Cantidad y calidad de hábitats					
Características socioeconómicas					
Riesgos para la salud humana					
Referencias públicas					

Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. Pág. 661

**Tabla XVIII. Estándares de tratamiento secundario para trabajos de servicios públicos o sea plantas de tratamiento**

<b>Parámetro</b>	<b>Estándares</b>
DBO5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La media de 30 días no debe exceder de 30 mg/l.</li> <li>2. La media de 7 días no debe exceder de 45 mg/l.</li> <li>3. El % de eliminación medio de 30 días no debe ser menor del 85%.</li> <li>4. Como opción de la autoridad del NPDES, en vez del parámetro DBO5 y los niveles de calidad del efluente especificados anteriormente, el parámetro CDBO5 puede sustituirse por los siguientes niveles de calidad de DBOC5 del efluente:               <ol style="list-style-type: none"> <li>i. La media de 30 días no excede de 25 mg/l.</li> <li>ii. La media de 7 días no excede de 40 mg/l.</li> <li>iii. El % de eliminación medio de 30 días no es menor del 85%.</li> </ol> </li> </ol>
Sólidos en suspensión	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La media de 30 días no debe exceder de 30 mg/l.</li> <li>2. La media de 7 días no debe exceder de 45 mg/l.</li> <li>3. El % de eliminación medio de 30 días no debe ser menor del 85%.</li> </ol>
pH	<p>Los valores del pH del efluente deben mantenerse dentro de los límites de 6.0 a 9.0, a no ser que los trabajos de tratamiento de servicio público demuestren que:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No se añaden sustancias químicas inorgánicas al vertido residual como parte del proceso de tratamiento.</li> <li>2. Las aportaciones de los vertidos industriales no ocasionan que el pH del efluente sea inferior a 6.0 o superior a 9.0.</li> </ol>

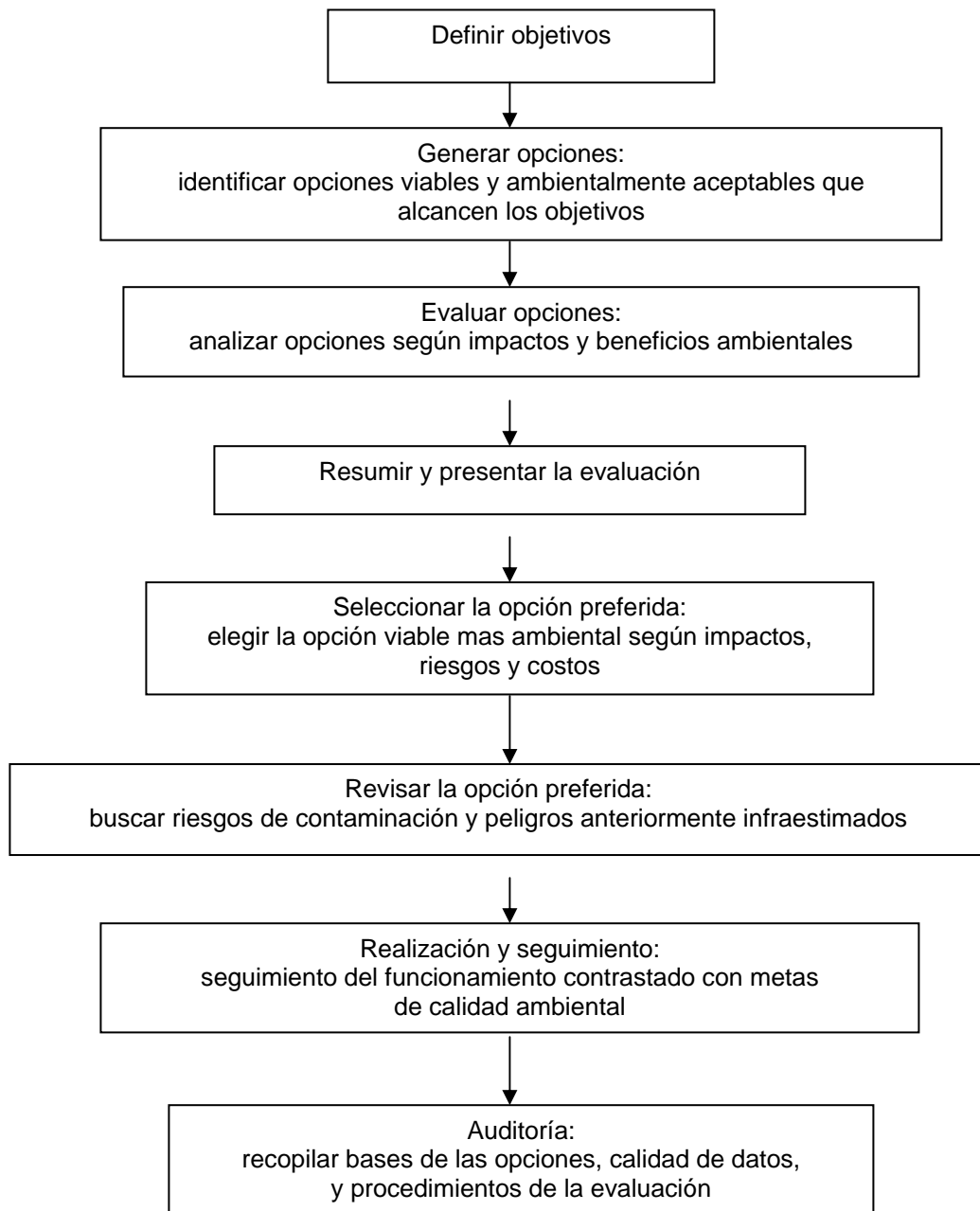
Notas: DBO5= Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) a los 5 días.  
 DBOC5= Demanda bioquímica de oxígeno carbonada (DBOC) a los 5 días.

Adaptado de: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental.** Pág. 247

## **ANEXO 2**



**Figura 14. Etapas en la selección de la opción viable ambiental usando el modelo de planificación racional**



Fuente: Larry W. Canter. **Manual de evaluación de impacto ambiental**. Pág. 663

Figura 15. Plano de localización de la colonia El Tesoro, Mixco

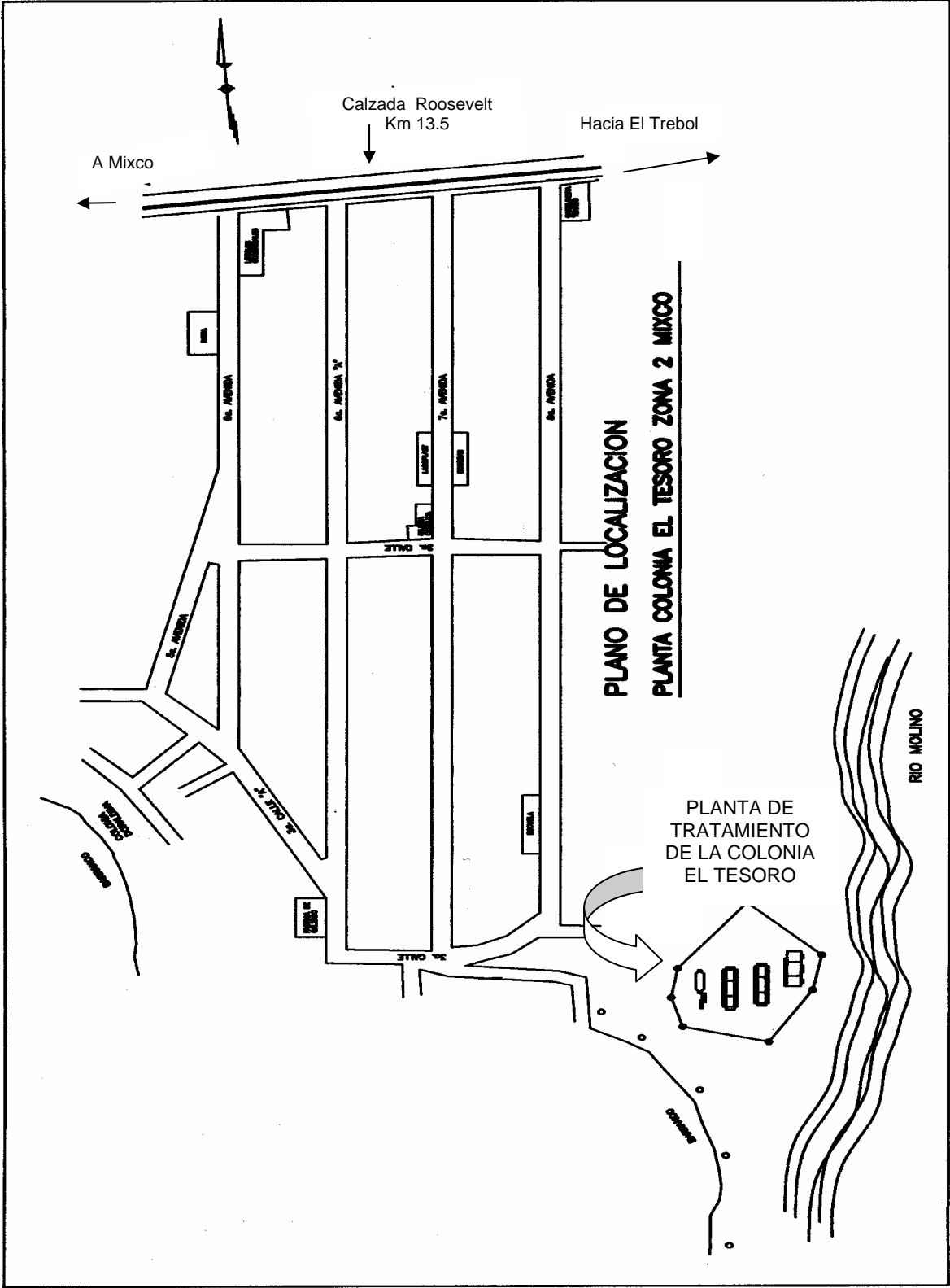
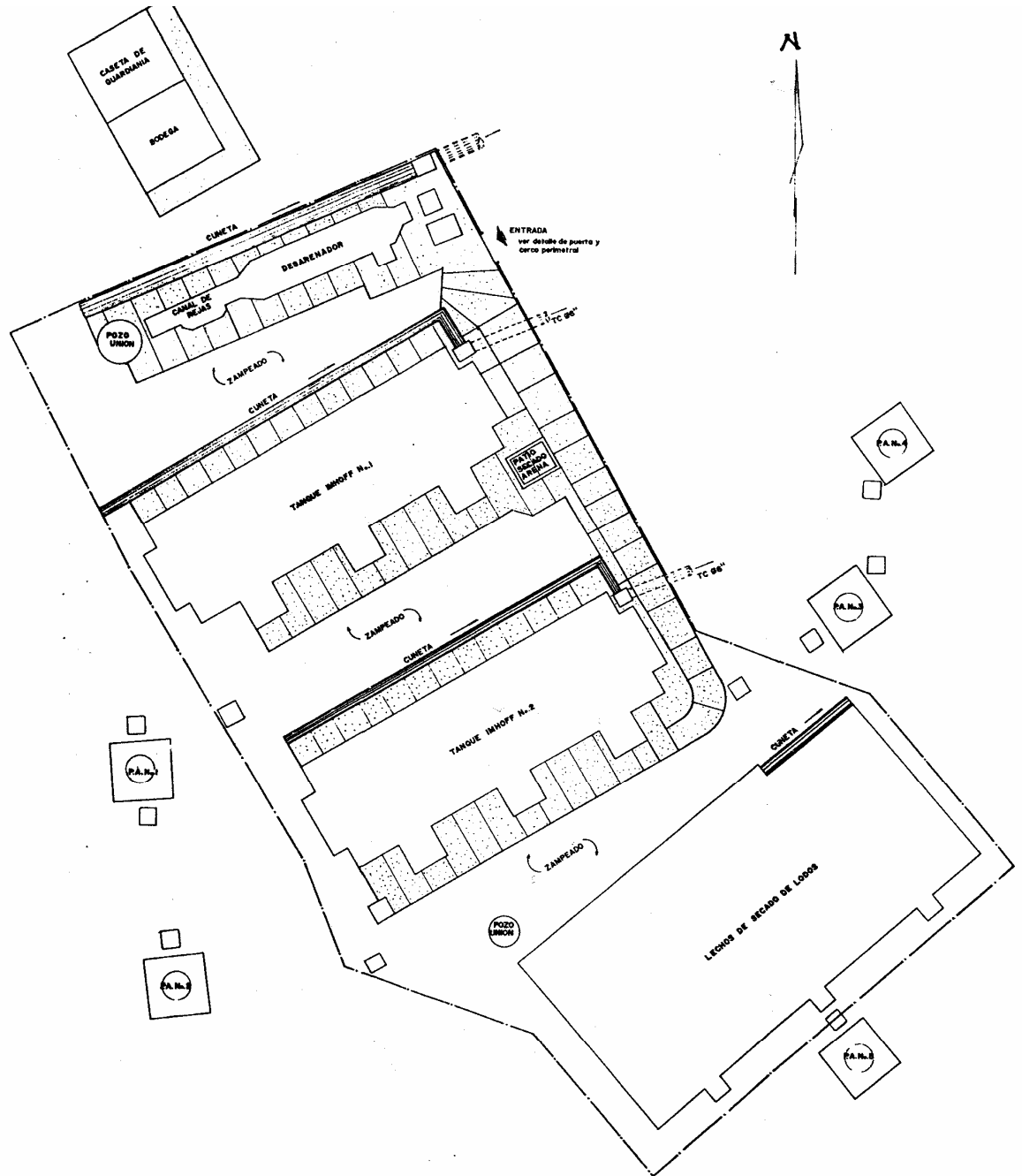




Figura 16. Plano de ubicación de las unidades de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco



**PLANTA**

ESCALA 1/100

Figura 17. Plano de interconexión de las unidades de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco

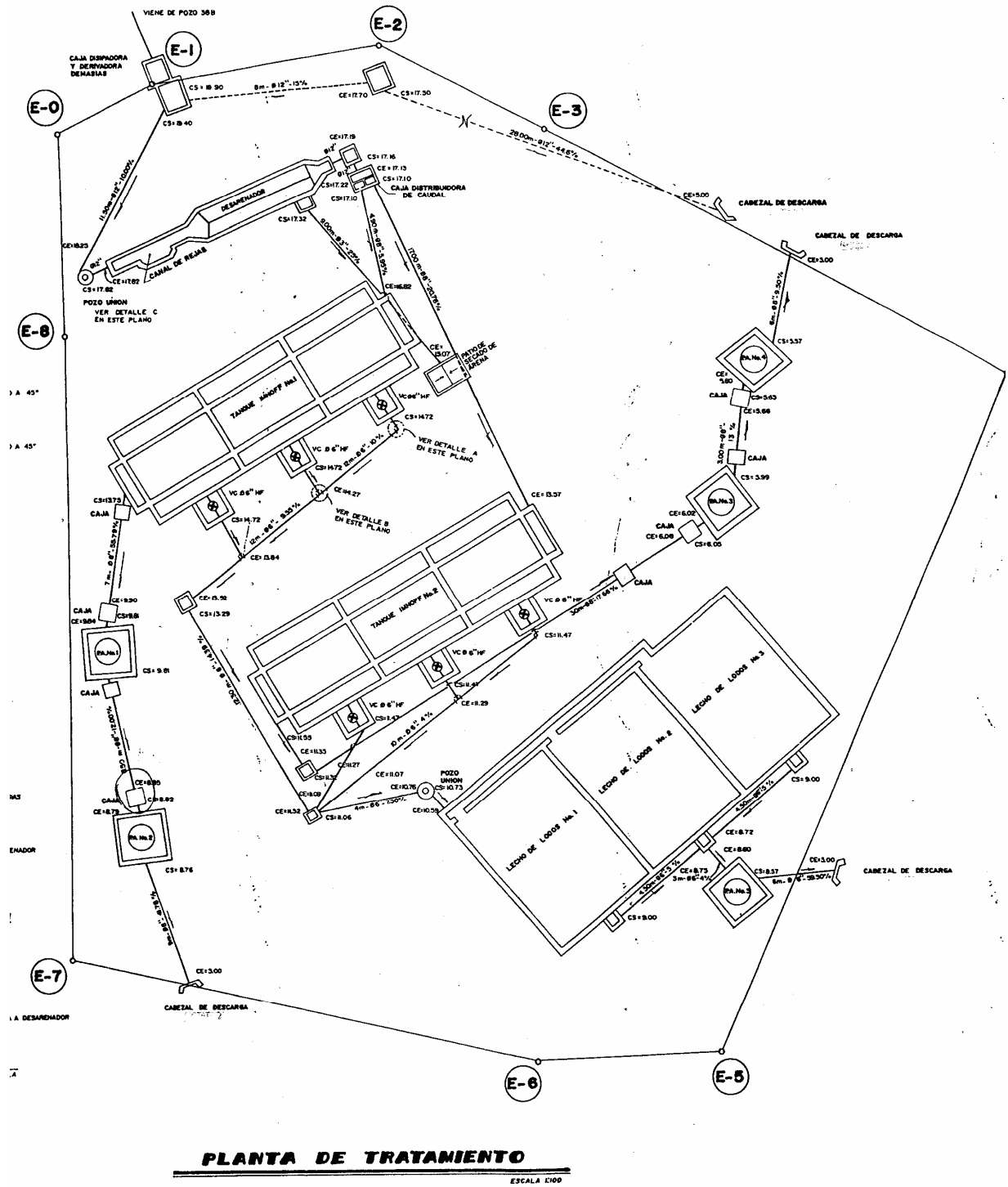
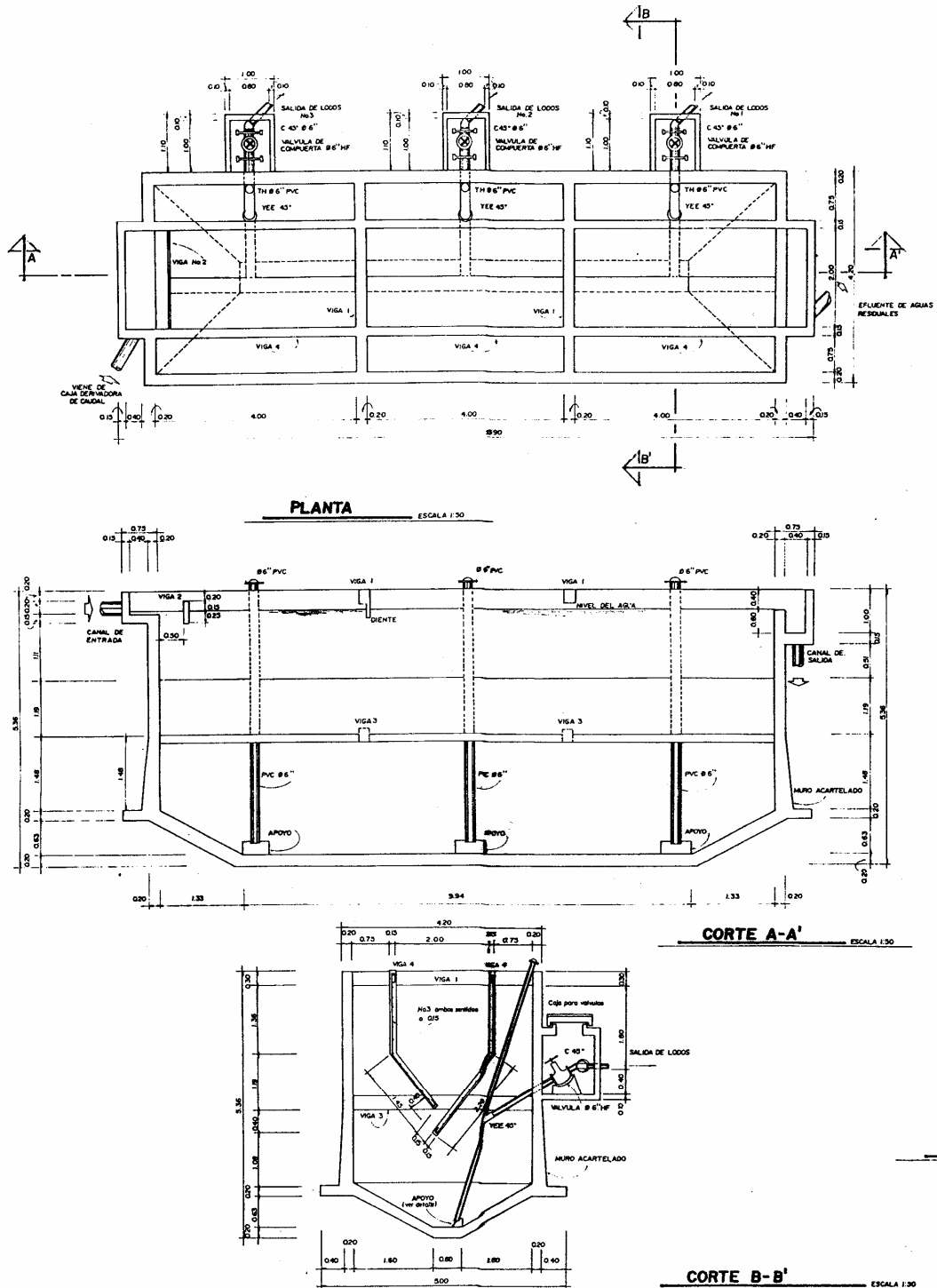
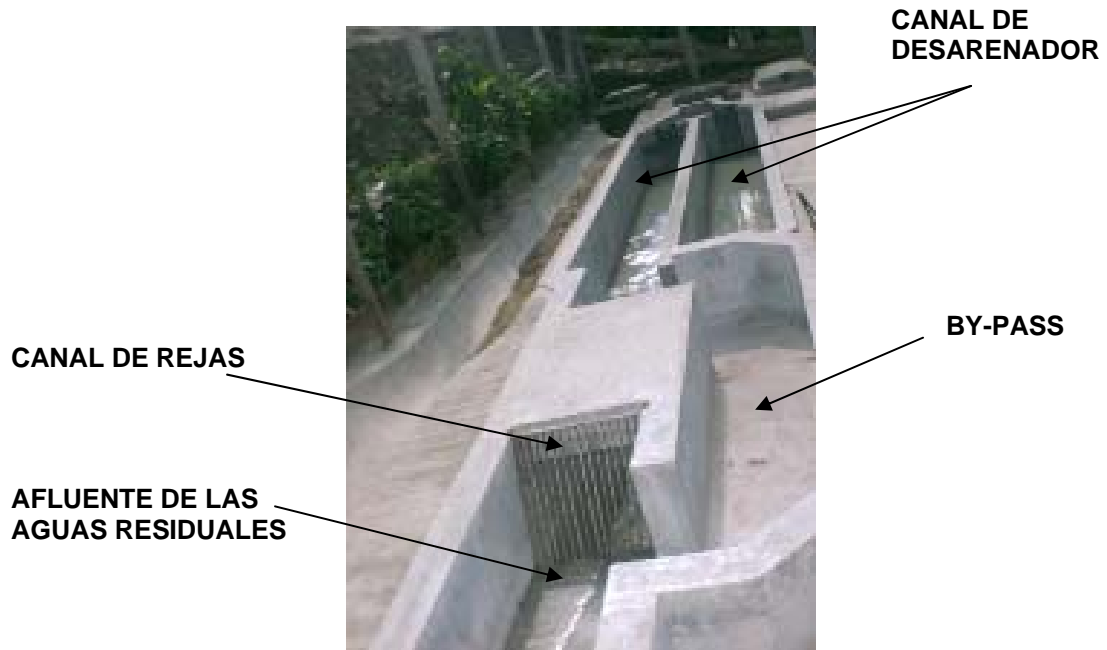


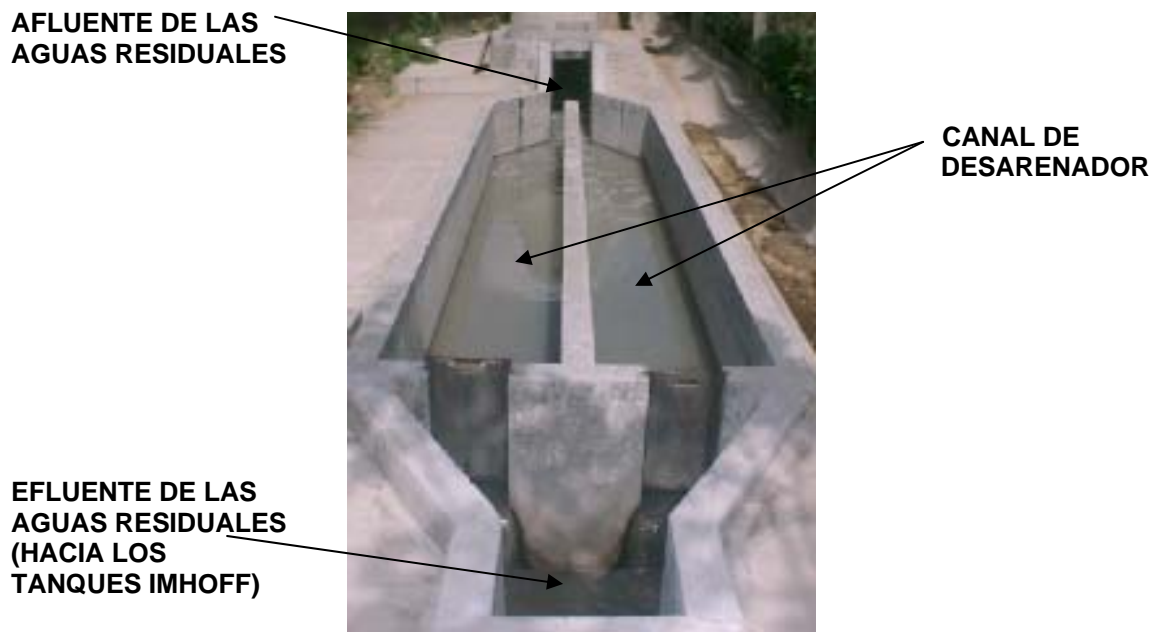
Figura 18. Plano del tanque Imhoff de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco



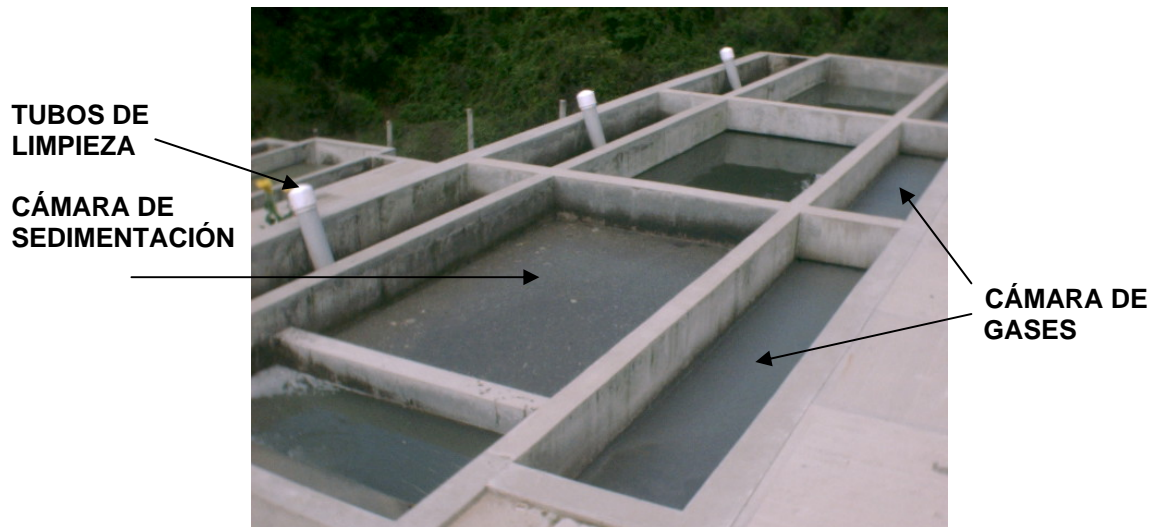
**Figura 19. Entrada de aguas residuales al canal de rejillas de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco**



**Figura 20. Salida de aguas residuales del desarenador de la planta de tratamiento de la colonia El Tesoro, Mixco**



**Figura 21. Vista en planta del tanque Imhoff de la planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia El Tesoro, Mixco**



**Figura 19. Vista lateral del tanque Imhoff de la planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia El Tesoro, Mixco**





