



**UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727- 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

**Escuela de Ingeniería Civil**

**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A BASE  
DE LAGUNAS ESTABILIZADORAS EN ARIO DE ROSALES, MICHOACÁN.**

**Tesis**

**que para obtener el título de**

**Ingeniero Civil**

**Presenta:**

**Luis Edgar Rodríguez Ruiz**

**Asesor: Ing. Anastacio Blanco Simiano**

Uruapan, Michoacán, a 22 de Marzo de 2013.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# ÍNDICE

## **Introducción.**

Antecedentes . . . . .	1
Planteamiento del problema . . . . .	4
Objetivo . . . . .	5
Pregunta de investigación . . . . .	5
Justificación . . . . .	6
Marco de referencia . . . . .	7

## **Capítulo 1.- Aguas residuales.**

1.1.- Definición. . . . .	8
1.2.- Problemática del agua . . . . .	9
1.2.1.- El agua y la salud . . . . .	10
1.3.- Origen de las aguas residuales y de los desechos . . . . .	11
1.3.1.- Contaminación de un cuerpo de agua . . . . .	14
1.3.2.- Principales contaminantes del agua . . . . .	15
1.4.- Características de las aguas residuales . . . . .	16

1.5.- Tipos de aguas residuales . . . . .	17
1.6.- Características físicas y cambios químicos que ocurren en las aguas negras . . . . .	19
1.6.1.- Características físicas de la aguas negras . . . . .	19
1.6.2.- Cambios químicos en la composición de las aguas negras . . . . .	21
1.7.- Calidad del agua y normalización de las descargas. . . . .	23
1.7.1.- Tratamiento y reúso de las aguas residuales en la LGEEPA . . . . .	24
1.7.2.- El tratamiento y reúso de las aguas residuales en la Ley de Aguas Nacionales . . . . .	28
1.7.3.- Tratamiento y reúso de las aguas residuales en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos . . . . .	31
1.8.- Seguridad y responsabilidad. . . . .	32
1.9.- Efectos de la descarga de aguas residuales en ríos . . . . .	33
1.10.- Tratamientos de las agua residuales . . . . .	34
1.10.1.- Tratamiento de aguas residuales urbanas . . . . .	34
1.10.2.- Tratamiento de aguas por medios biológicos . . . . .	35

## **Capítulo 2.- Planta de tratamiento.**

2.1.- Definiciones . . . . .	37
2.2.- Tipos de plantas de tratamiento . . . . .	38
2.2.1.- Sistemas de cultivo suspendido . . . . .	38
2.2.1.1.- Lodos activados . . . . .	39
2.2.1.2.- Lagunas de estabilización . . . . .	40
2.2.2.- Sistemas de cultivo adherido . . . . .	45
2.2.2.1.- Filtros percoladores . . . . .	45
2.2.2.2.- Biorres . . . . .	47
2.2.2.3.- Biodiscos . . . . .	48
2.3.- Tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades . . . . .	50
2.3.1.- Humedales . . . . .	51
2.3.2.- Tanques imhoff . . . . .	53
2.3.3.- Pozos sépticos . . . . .	55
2.4.- Periodo de diseño . . . . .	56
2.5.- Selección de procesos . . . . .	56
2.6.- Tratamiento preliminar o pretratamiento. . . . .	57

2.6.1.- Cribado . . . . .	57
2.6.2.- Desarenadores o sedimentación . . . . .	59
2.6.3.- Flotación . . . . .	60
2.6.4.- Igualación y homogenización . . . . .	60
2.7.- Tratamiento secundario . . . . .	61
2.8.- Tratamiento terciario o avanzado. . . . .	62
2.9.- Disposición final de lodos . . . . .	62
2.10.- Desinfección . . . . .	64
2.10.1.- Desinfección con cloro y otros productos . . . . .	64
2.11.- Localización de la planta de tratamiento . . . . .	66
2.12.- Estructuración . . . . .	66
2.13.- Seguridad . . . . .	67
2.14.- Mantenimiento . . . . .	67

**Capítulo 3.- Resumen de macro y micro localización.**

3.1.- Generalidades. . . . .	69
3.2.- Objetivo y alcance del proyecto . . . . .	70

3.3.- Entorno geográfico de Ario de Rosales . . . . .	71
3.4.- Macro y micro localización . . . . .	71
3.4.1.- Macro localización . . . . .	72
3.4.2.- Micro localización . . . . .	73
3.5.- Topografía . . . . .	74
3.6.- Economía . . . . .	74
3.7.- Hidrología y clima de Ario de Rosales . . . . .	75
3.8.- Estado físico anterior y reporte fotográfico . . . . .	75
3.9.- Alternativas de solución . . . . .	78

**Capítulo 4.- Metodología.**

4.1.- Método empleado . . . . .	79
4.2.- Enfoque de la investigación . . . . .	80
4.2.1.- Alcance de la investigación . . . . .	82
4.2.2.- Diseño de la investigación. . . . .	83
4.3.- Instrumentos de recopilación de información . . . . .	83
4.4.- Descripción en el proceso de investigación . . . . .	84

## **Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados.**

5.1.- Población del proyecto . . . . .	85
5.1.1.- Cálculo de la población actual y futura . . . . .	86
5.2.- Periodo económico del proyecto . . . . .	87
5.2.1.- Periodo de diseño . . . . .	87
5.2.2.- Vida útil . . . . .	89
5.3.- Caracterización de las aguas residuales . . . . .	90
5.4.- Cálculo y diseño de la planta de tratamiento . . . . .	90
5.4.1.- Canal de llegada . . . . .	91
5.4.2.- Rejillas para el pretratamiento . . . . .	97
5.4.3.- Canal desarenador . . . . .	100
5.4.3.1.- Cálculo canal sutro. . . . .	105
5.4.4.- Cálculo lagunas anaerobias . . . . .	108
5.4.5.- Cálculo lagunas facultativas . . . . .	111
5.4.6.- Cálculo lagunas de maduración . . . . .	115





# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

Hoy en día el gran crecimiento de la población, así como la industrialización traen consigo una gran variedad de problemas que afectan al ser humano y a todo el medio ambiente que lo rodea. Desde hace años a aumentado la contaminación del agua, siendo utilizada para la eliminación de desechos y desperdicios en los hogares y para la conclusión de diferentes procesos en las industrias. Con gran frecuencia el agua que es contaminada, no es regresada al ambiente como es tomada, si no con una gran cantidad de desechos y materia orgánica. Este cambio en el agua ocasiona un grave daño, tanto a seres humanos como a infinidad de plantas y animales que dependen de ella para subsistir.

Un factor que se puede tomar cuenta es el contar con un adecuado control de las aguas contaminadas que son vaciadas a ríos o lagos, debe existir un tratamiento que sea eficaz para el proceso de limpieza del agua residual. Para poder llevar a cabo esta solución se debe implantar un sistema que sea económico y fácil de operar. Para poder lograr esto se considera necesario que en la mayoría de las ciudades se cuenten con diferentes procesos para los tratamientos de aguas residuales.

Una planta de tratamientos de aguas residuales consiste en una serie de procesos químicos, físicos y biológicos que sirven para eliminar todos los contaminantes existentes en el agua, los cuales son provenientes del uso humano e

industrial. La principal función de la planta de tratamientos es limpiar eficientemente el agua y así poder regresarla al medio ambiente de donde fue obtenida anteriormente, esto según la página electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012).

Sobre el tema de plantas de tratamientos, en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C., se encuentran las siguientes investigaciones, la tesis Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Ciudad de Nueva Italia, Michoacán, hecha por Efraín Ballesteros Solorio, 2002, cuyo objetivo fue el establecer un sistema de tratamiento por medio de lagunas de estabilización para las aguas residuales generadas en la población de Nueva Italia, Michoacán, que provea un método efectivo y adecuado al agua residual, de tal forma que se obtenga un efluente que reúna los siguientes parámetros: reducción de la materia orgánica, minimizar la descarga de organismos patógenos e indicadores, remoción de nutrientes, reusó del efluente tratado, llegando a la conclusión de que el tren de tratamiento analizado cumple con los objetivos especificados, es decir, que el sistema de lagunas de estabilización que se propone se puede considerar como una alternativa real de tratamiento de aguas residuales en la población de Nueva Italia, Michoacán.

También existe la investigación de propuesta de Planta de Tratamiento a base de Lagunas de Estabilización para la Comunidad de San Juan Parangaricutiro, realizada por Abraham Ángeles Maldonado, 2001, teniendo como objetivo la propuesta de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales en el Municipio de San Juan Parangaricutiro ya que las necesidades de esta población requieren de medidas para controlar la contaminación generada principalmente por

sus aguas residuales, mismas que afectan los mantos acuíferos de la región, previendo con esto la generación de parásitos, bacterias y virus patógenos que ocasionan enfermedades endémicas, llegando a la conclusión esperada, se lograron satisfactoriamente los objetivos planteados, así como dar a conocer los problemas que surgen de la contaminación del agua y el dirigirla a los arroyos, tomando como conclusión final que las plantas de tratamiento son muy importantes en la actualidad ya que el agua poco a poco se esta agotando, si el hombre la sigue contaminando y no hace algo ahora más tarde se podría lamentar.

## **Planteamiento del problema.**

Actualmente el agua es un gran recurso indispensable para todos los seres vivos, es deber de cada persona cuidar y preservar limpia el agua, el ingeniero civil forma parte muy importante en la preservación de este vital líquido, al construir y proponer los procesos de limpieza de aguas residuales.

En la presente investigación se pretende un diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Ario de Rosales, Michoacán, esta localidad no cuenta con un tratamiento de aguas residuales que sea adecuado para la limpieza de la misma, ya que todas las aguas negras que provienen de los hogares van a dar al río, esto genera una serie de contaminación para el ecosistema cercano y ocasionando en épocas de lluvias enfermedades endémicas a los habitantes cercanos al margen.

Por lo antes mencionado es de gran importancia tener una planta completamente funcional en la ciudad de Ario de Rosales, Michoacán, así mismo lograr que la sociedad tenga conciencia de este vital líquido que cada vez es más escaso y difícil de conseguir, así como transportarla hasta cada uno de sus hogares.

¿Cómo obtener un tratamiento que sea óptimo, seguro y fácil de manejar para el reúso de toda el agua que contiene algún residuo que la contamine y dañe el medio ambiente?

## **Objetivos.**

### **Objetivo general:**

Diseñar la planta de tratamientos de aguas residuales para la ciudad de Ario de Rosales, Michoacán, con el fin de realizar un adecuado tratamiento a todas las aguas residuales y reducir la contaminación en el río, obteniendo el reuso del afluente tratado.

### **Objetivos particulares.**

1. Definir las aguas residuales.
2. Señalar el origen de las aguas residuales y desechos.
3. Mencionar los tipos de aguas residuales.
4. Definir planta de tratamiento.
5. Mencionar los tipos de plantas de tratamiento.
6. Definir el pretratamiento y el tratamiento secundario.

### **Pregunta de investigación.**

Con esta investigación se debe de resolver la siguiente pregunta:

¿Cómo obtener un tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Ario de Rosales, Michoacán, que sea eficaz para la limpieza y reusó del cauce de un rio, mejorando así el ambiente que lo rodea?

## **Justificación.**

En esta investigación se pretende realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, para la liberación de residuos orgánicos que lleva consigo el agua contaminada, este proyecto despertará gran interés tanto en la sociedad como en la ingeniería civil debido a la importancia que esta obra representa para la ciudad.

Se pretende resolver la problemática que es generada al no hacer un tratamiento adecuado a las aguas negras, así como darle una limpieza y reusó al agua que llevan los ríos logrando el mejoramiento del ecosistema el cual es dañado diariamente con los miles de litros de agua contaminada que son depositados en su cauce.

Este trabajo de investigación es de suma importancia para la sociedad en general, ya que al ser realizado podrán ser beneficiados con agua limpia, poder contar con un río que no contenga entre su cauce contaminación; y un medio ambiente más agradable y confortable para los habitantes más cercanos a su margen, a su vez serán beneficiadas las localidades que se encuentran cerca del mismo contando con agua limpia y descontaminada de materia orgánica.

Por lo tanto, esta investigación beneficiará a la comunidad estudiantil, ya que esto les servirá como consulta para futuros trabajos e investigaciones, la Universidad Don Vasco será también beneficiada ya que podrá ampliar su biblioteca de consulta sobre este tema, así como el autor de esta presente investigación ya que ampliará sus conocimientos sobre este tema.

## **Marco de referencia.**

Esta investigación se realiza en el municipio de Ario de Rosales, Michoacán el cuál se localiza al centro sur del estado entre las coordenadas 19° 12' latitud norte y 101° 40' longitud oeste; a una altura de 1,910 metros sobre el nivel del mar y aproximadamente 107 kilómetros al sur de la ciudad de Morelia. Cuenta con una extensión territorial de 694.60 km<sup>2</sup>.

En su contexto cultural se encuentran sitios de interés como: Palacio Municipal, Plazuela Miguel Hidalgo, Museo del Primer, Tribunal de Justicia de la Nación, Templo de Santiago Apóstol, Capilla de San Antonio, Templo del Señor de Urapa (Urapa), Tipitarillo, Volcán Jorullo, Hacienda y acueducto de Araparicuaró.

La economía se basa en la cosecha de diferentes cultivos como el aguacate, el maíz, la caña de azúcar, la guayaba, limón, jitomate. Dedicándose también a la ganadería de diferentes especies para comercializar y consumir, pequeños comercios, tiendas departamentales y negocios de artesanías tales como la talabartera fina, cuenta con hoteles, restaurantes y empresas prestadoras de servicios.

Su forma de gobierno es democrática y depende del gobierno estatal y federal; se realizan elecciones cada 3 años, en donde se elige al presidente municipal y su gabinete. El presidente actual se llama Irma Moreno Martínez, quien fue candidata por el Partido Acción Nacional, (PAN).



# CAPÍTULO 1

## AGUAS RESIDUALES

En el presente capítulo se abordarán los temas relacionados con las aguas residuales, realizando una breve reseña de la problemática del agua así como su daño en México, además se hablará sobre cuál es el origen de las aguas residuales y de los desechos, también se tomará el tema relacionado con las Características de las aguas residuales, tomando en cuenta las leyes que rigen en el país, para el cuidado del agua así como del medio ambiente, realizando una breve conceptualización acerca de los diferentes tratamientos que existen.

### 1.1.- Definición.

Según el Departamento de Sanidad de Nueva York (1980), las aguas residuales, son todas aquellas aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas con desechos de diversos usos en el hogar o la industria.

El agua es una sustancia, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno ( $H_2O$ ). Este líquido es de suma importancia para la supervivencia de todas las formas de vida conocidas. Cubre el 71% de la superficie terrestre. Se encuentra principalmente en los océanos donde se concentra el 96.5% del agua total, 1.74% en los casquetes polares, los acuíferos el 1.72% y el restante 0.04% en ríos, lagos, humedad del suelo. Pero la mayoría de esta se encuentra

contaminada y sin poder ser utilizada para consumo humano, esto de acuerdo a la pagina electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012).

## **1.2.- Problemática del agua.**

El agua es reconocida a nivel mundial como la fuente de la vida, ya que los asentamientos humanos son cercanos a ella, siendo las principales fuentes de abastecimiento de agua en México los ríos, manantiales y el subsuelo, estos recursos varían en cada parte del territorio nacional ya que no siempre se encuentran los bienes necesarios para poder obtener el vital líquido, de acuerdo con López (2000).

Las aguas superficiales en México se encuentran contaminadas por diferentes tipos de descargas y la sobreexplotación de las aguas subterráneas, esto ha ocasionado un gran daño el cual es irreversible, las poblaciones que ocupan una mayor demanda de agua, también son las que descargan más contaminantes a las aguas residuales las cuales son dirigidas a los mantos acuíferos, la mayoría de las veces no se les da un tratamiento, generando contaminación en todo el medio ambiente cercano.

De acuerdo con López (2000), los principales contaminantes que alteran la calidad del agua natural son: la materia orgánica, esta ocasiona una gran disminución del oxígeno disuelto en ella; los detergentes, ocasionan la generación de plantas que no permiten la entrada del sol al agua; las grasas y aceites, ocasionan la

obstrucción de las agallas de los peces, disminuyendo la transferencia de oxígeno; los sólidos sedimentables, constituidos por metales pesados, plaguicidas y organismos patógenos que principalmente afectan la salud humana, la flora y fauna que existe en esa región, considerándose esto como un impacto ambiental.

### **1.2.1.- El agua y la salud.**

En la actualidad mueren más de 5 millones de personas al año, por causas relacionadas con el agua, ya que la mayoría de las veces se encuentran contaminadas con desechos humanos, animales y químicos. Entre las enfermedades que causan el deceso transmitidas por medio de las aguas residuales son, el cólera, la fiebre tifoidea, hepatitis A y E y la diarrea. La mayoría de estas enfermedades pueden ser prevenidas si el agua recibe algún tratamiento previo antes de ser depositada en corrientes de agua, esto según la página electrónica [www.agua.org.mx](http://www.agua.org.mx), (2010).

La presencia de microorganismos patógenos dentro de las aguas residuales depende de muchos factores. Los principales son, la salud de toda la población, el medio vector o transmisor de enfermedades patógenas y la habilidad de los microorganismos para sobrevivir y adaptarse a nuevos huéspedes bajo una gran variedad de condiciones ambientales.

Entre los microorganismos más importantes destacan los helmintos y la salmonella, principales causantes de enfermedades gastrointestinales del país y del

mundo entero, estos sobreviven por largos periodos de tiempo en el agua, cultivos y suelos esperando cumplir con su objetivo, esto de acuerdo con Jiménez y Chávez (2000).

### **1.3.- Origen de las aguas residuales y de los desechos.**

Las aguas residuales pueden ser originadas por:

- a) “Desechos humanos y animales.
- b) Desperdicios caseros.
- c) Corrientes pluviales.
- d) Desechos industriales.” (Departamento de Sanidad de Nueva York; 1994: 15)

Los desechos de humanos y animales son aquellos que salen del cuerpo, que llegan a formar parte de las aguas negras, por medio de los sistemas hidráulicos de los retretes, los cuales son dirigidos a alcantarillas y a su vez a mantos acuíferos como ríos o lagos. Este tipo de desecho son los más importantes para el sector salud, ya que contienen gran cantidad de organismos patógenos que son perjudiciales para el ser humano, de acuerdo al Departamento de Sanidad de Nueva York. (1994).

Por otra parte, los desperdicios caseros también forman parte de las aguas residuales ya que son todos aquellos residuos que provienen del lavado de ropa o

toda agua que contenga algún tipo de detergente, desechos de cocina los cuales contienen partículas de alimentos y a su vez de grasas.

Las aguas pluviales son las que generan en tiempo de lluvias una gran cantidad de agua contaminada, ya que a su caída a la superficie terrestre forman corrientes, las cuales a su paso arrastran basura, tierra y animales muertos depositándose después en las alcantarillas.

“Desechos industriales es el agua que se utiliza para diferentes procesos en las fabricas, este tipo de desecho debe de tener mucha precaución para su eliminación, ya que son parte importante de las aguas negras de una población.”  
(Departamento de Sanidad de Nueva York; 1994: 16)

Desechos agrícola-ganadero, son aquellos que resultan del riego de plantas, el uso de fertilizantes, pesticidas y de otro tipo de actividades tales como la limpieza ganadera, la cual aporta al agua grandes cantidades de materia orgánica, nutrientes y microorganismos, esto de acuerdo a la página electrónica [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org),(2012).



### **1.3.1.- Contaminación de un cuerpo de agua.**

Un cuerpo de agua se puede considerar contaminado, cuando las características o el estado de sus aguas han sido modificadas por la actividad humana, misma que disminuye el fácil manejo con que puede ser utilizada para las distintas labores que podría servir si se encuentra en su estado natural, esto de acuerdo con López (2000), la preocupación por la contaminación del agua puede generar algunos efectos en las poblaciones tales como:

- Distribución de los limitados recursos hidráulicos.
- Disminución considerable en la calidad del agua ya que al no ser tratada contiene contaminantes dañinos para los seres vivos.
- Destrucción de la flora y fauna acuática generando efectos irreversibles.
- Afectación a los asentamientos humanos.
- Representa un gran peligro para la salud de la población.
- Se requiere de una gran inversión para un tratamiento eficaz para la reutilización del agua.

La contaminación del agua puede proceder de fuentes naturales, sin embargo comúnmente de donde proviene la mayor cantidad de contaminantes es de las actividades humanas. En la actualidad el desarrollo y la industrialización utilizan grandes cantidades de agua, generando un exceso de residuos los cuales van a parar a un cuerpo de agua, esto según la página electrónica [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), (2012).

### **1.3.2.- Principales contaminantes del agua.**

El agua se considera contaminada cuando sus composiciones han sido alteradas siendo de este modo inutilizable para el consumo humano y de los animales. Los microorganismos descomponedores se encargan de mantener a un nivel de concentración las diferentes sustancias que son vertidas y disueltas al medio, a este proceso se denomina autodepuración del agua. Cuando la cantidad de contaminantes en el medio sobre pasa los límites, la autodepuración resulta imposible de realizar, siendo los principales contaminantes los siguientes:

- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno.
- Agentes infecciosos.
- Nutrientes vegetales los cuales estimulan el crecimiento de plantas acuáticas, que al descomponerse agotan el oxígeno disuelto produciendo olores desagradables.
- Productos químicos, detergentes, pesticidas, y productos de la descomposición de compuestos orgánicos.
- Petróleo.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos. Esto de acuerdo a la página electrónica [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), (2012).



#### 1.4.- Características de las aguas residuales.

De acuerdo al Manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, los residuos líquidos domésticos que son producidos en las viviendas, oficinas y negocios, el 40 a 70% de residuos son de tipo orgánico. Este tipo de residuos producen olores muy pestilentes y ofensivos, estos son la causa de la mayor dificultad para la disposición de los desechos.

PARAMETROS	CONCENTRACIÓN
Sólidos totales (mg/l)	1370
Sólidos totales volátiles (mg/l)	600
Sólidos suspendidos (mg/l)	260
Sólidos sedimentables (ml/l)	7
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	274
Grasas y aceites (mg/l)	60
pH (unidades)	7.2
Coliformes (numero más probable)	16

Tabla 1.1. Análisis de aguas residuales domesticas. (Fuente: Manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales; Anónimo: 13).

Las características de esta tabla varían dependiendo de si el desecho se encuentre más diluido o si está más concentrado, las características dependen de la comunidad, fenómenos como la infiltración de aguas subterráneas y la suma de aguas pluviales.

PARAMETRO mg/lts	CONTAMINACION FUERTE	CONTAMINACION MEDIA	CONTAMINACION LIGERA
Solidos totales	1000	500	200
Vólatiles	700	350	120
Fijos	300	150	80
Solidos en suspensión total	500	300	100
Vólatiles	400	250	70
Fijos	100	50	30
Solidos disueltos totales	500	200	100
Vólatiles	300	100	50
Fijos	200	100	50
D.B.Os.A 10°C	300	200	100
Oxígeno consumido	150	75	30
Oxígeno disuelto	0	0	0
Nitrógeno total	86	50	25
Orgánico	35	20	10
Amoniaco libre	50	30	15
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	0.10	0.05	0.00
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	0.40	0.20	0.10
Cloruros	175	100	15
Alcalinidad	200	100	50
Grasas	40	20	0

Tabla 1.2. Características de las aguas residuales urbanas. (Fuente: Apuntes de tratamiento de aguas residuales Rafael López Ruiz; 2000: 5)

### 1.5.- Tipos de aguas residuales.

De acuerdo con Babbitt y Harold (1975), señala que los distintos tipos de aguas residuales pueden ser los siguientes; agua residuales combinadas, las cuales son la mezcla de aguas provenientes de una casa y las aguas de lluvias, con o sin algún tipo de contaminante de origen industrial. Aguas negras brutas o naturales, son todas aquellas que no han recibido ningún tipo de tratamiento antes de ser depositadas a un río. Aguas negras débiles, son aguas negras que contienen menos de 150 partículas por millón de sólidos suspendidos. Aguas negras domesticas, son las provenientes de viviendas, edificios comerciales e instituciones.

Aguas negras industriales, son aquellas que provienen de todos los procesos de la industria. Aguas negras sanitarias, son las aguas que contienen excremento humano, sin agua de lluvia ni escurrimiento superficial, depositado en un sistema de atarjeas o alcantarillas.

Aguas negras sépticas, aguas que han sufrido procesos de putrefacción en condiciones anaeróbicas, con poco oxígeno o nada de él. Aguas de lluvia, es la cantidad de agua procedente de la precipitación pluvial que escurre sobre la superficie del terreno.

CONTAMINANTE	FUENTE	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Sólidos suspendidos	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradables	Desechos domésticos e industriales	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables.
Microorganismos patógenos	Desechos domésticos	Causa enfermedades transmisibles.
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Puede causar eutroficación.
Compuestos orgánicos	Desechos industriales	Puede causar problemas de sabor y olor; puede ser tóxicos o carcinogénicos.
Metales pesados	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente.
Sólidos orgánicos disueltos	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua	Puede interferir en el uso del efluente.

Tabla 1.3. Contaminantes importantes de las aguas residuales. (Fuente: Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales, Enrique César Valdez y Alba B. Vázquez González; 2003: 12).

## **1.6.- Características físicas y cambios químicos que ocurren en las aguas residuales.**

El agua es fundamental para todas las formas de vidas conocidas, gracias a ella sobreviven diariamente millones de seres vivos y ecosistemas, en el ser humano es una pieza fundamental ya que ayuda al organismo a realizar funciones importantes.

Pero a su vez, los seres humanos son responsables de que en su estructura ocurran grandes cambios en el agua, esto pasa cuando es contaminada con sustancias o desechos, los cuales transforman sus características tanto físicas como químicas, haciendo que el agua ya no sea utilizable al 100% para diferentes tipos de usos que se le dan.

### **1.6.1.- Características físicas de las aguas negras.**

Según Babbitt y Harold (1975), señala que las aguas negras contienen una pequeña cantidad de sólidos en un volumen proporcionalmente grande de agua. Dentro de las aguas negras provenientes de los hogares, se puede esperar que una tonelada de agua contenga más de 450 gramos de sólidos, de los cuales la mitad de estos se encuentran en solución con el agua, una cuarta parte se localizará en el fondo y la otra cuarta se encontrara en suspensión.

Las aguas negras frescas tienen un color gris y un aspecto parecido al del agua con jabón. Estas contienen partículas sólidas en suspensión, las cuales son visibles a simple vista. En este tipo de aguas negras, pueden ser distinguidos

algunos de los materiales en suspensión como; cerillos, papeles, materiales fecales, desperdicios de comida, etc.

Todo el peso de los materiales sólidos contenidos en las aguas negras, es muy pequeño tal que no tiene un efecto que sea apreciable sobre el peso específico del líquido, esto no exige que se hagan algunas modificaciones a las fórmulas de hidráulica establecidas para el agua limpia, esto de acuerdo a Babbitt y Harold (1975).

Las materias sólidas contenidas en las aguas negras se pueden clasificar en orgánicas e inorgánicas. Los sólidos orgánicos, son los que constituyen habitualmente entre el 40% y el 70% de todos los sólidos totales, estos generan olores pestilentes a podrido muy desagradable, y crean una gran dificultad para la desocupación de las aguas negras. Por otra parte los sólidos inorgánicos son los que están constituidos en su mayor parte por partículas que no son dañinas como arenas que se depositan en el fondo con gran facilidad.

Las aguas negras que son recientes, tienen un olor que es ligero y no muy desagradable. Tienen una esencia ligeramente picante, parecida al de un cuarto con humedad y mal ventilado, en algunas circunstancias, el aroma a gasolina u otro tipo de material de desecho pueden dominar a todos los demás olores.

Las aguas negras que están en proceso de alteración, son de color negro y desprenden olores nauseabundos de sulfuro de hidrógeno y otros gases, por otra parte si las aguas están muy alteradas llegan a ser sépticas, se ven burbujas de gas

en toda la superficie, y en ocasiones se forma una espuma de color gris o negra, según Babbitt y Harold (1975).

### **1.6.2.- Cambios químicos en la composición de las aguas negras.**

La actividad de la vida biológica en las aguas negras produce muchos cambios en la composición química de los sólidos. Estos indican la función de los microorganismos; también el grado de descomposición de los sólidos y la eficiencia de cualquier proceso de tratamiento, esto según El Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, (1980).

Durante el tratamiento de aguas negras, la fuerza de gravedad disminuye materialmente los sólidos suspendidos y en especial todos aquellos que son muy fáciles de sedimentar. Los cambios biológicos producen, sobre los sólidos sedimentables, una eliminación de las moléculas de agua que están retenidas en ellos. Esta pérdida de agua hace que los desechos se acumulen formando sólidos más pesados o sedimentables, estos sólidos sedimentados, tanto orgánicos como inorgánicos, se les conoce como lodos y arenas.

De acuerdo, con El Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, (1980), debido a la descomposición anaeróbica el oxígeno contenido en el agua es eliminado de los compuestos complejos formando unos más sencillos. Estas reacciones bioquímicas continúan por largo tiempo, hasta lograr que los compuestos

se degraden, tanto que llegan a producir sustancias orgánicas e inorgánicas estables.

Los sólidos orgánicos complejos que son agregados originalmente al agua para formar las aguas negras, son compuestos de elemento carbono que en combinación con otros como el nitrógeno, el azufre, el fósforo y el hidrógeno retienen moléculas de agua las cuales se encuentran íntimamente ligadas entre si.

Durante el proceso de descomposición anaerobia, el oxígeno se combina con otros elementos de tal forma que los productos finales de los cambios bioquímicos, forman sales minerales tales como; bióxido de carbono, sulfatos, fosfatos y algunas otras sustancias. Estas son parecidas a los sólidos inorgánicos los cuales funcionan como fertilizantes para producir materia orgánica mediante vegetales.

Durante el proceso de la descomposición, bioquímica se llegan a formar productos intermedios tales como; ácidos orgánicos e inorgánicos, gases como el metano el ácido sulfhídrico y otros tipos de gases de olor muy desagradable resultado de los cambios bioquímicos originados por los compuestos orgánicos sulfurados, todo esto de acuerdo al Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, (1980).

Los productos finales de la descomposición bioquímica de los sólidos orgánicos, proporcionan un indicador excelente para el progreso de la actividad bioquímica, así como también el tipo y el grado resultante de tratamiento que se le dará a las aguas negras. Este tratamiento no altera ni modifica los procesos

naturales del agua, si no que sirve para limpiar un poco el agua antes de ser depositada en una corriente de agua.

### **1.7.- Calidad del agua y normalización de las descargas.**

La calidad del agua es muy importante para una población, ya que en la medida que esta es afectada por la concentración de sustancias, ya sean tóxicas o producidas por el ser humano, se vuelve un foco de transmisión de enfermedades. Por lo tanto los estándares de calidad varían dependiendo del uso que se le dará al agua, esto según la página electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012)

La prevención y control de la contaminación de las aguas, es un tema de gran importancia para toda la humanidad ya que la falta de cultura social, contaminación y el mal uso que se le da al agua provoca serios problemas de salud. En México para controlar esta situación, se ha creado la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA), la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, así como la Ley de Aguas Nacionales, las cuales por medio de artículos se dictamina la forma y tratamiento que se les dará a todos los tipos de aguas residuales, según Valdez y Vázquez (2003).



### **1.7.1.- Tratamiento y reúso de las aguas residuales en la LGEEPA.**

“Todas las autoridades deben promover, entre otras cosas, el tratamiento de las aguas residuales y su reúso, con el propósito de asegurar la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio. “(LGEEPA; 1996: Art. 92).

“Por esta razón, uno de los criterios ecológicos propuestos en la ley general de equilibrio ecológico y protección ambiental, en prevención y control de contaminación, consiste en que el aprovechamiento del agua así como de las actividades realizadas con ella que generan contaminación, contrae la responsabilidad de realizar un tratamiento de las descargas, para regresarla en condiciones adecuadas para su reúso en otro tipo de actividades y de esta manera mantener en equilibrio el ecosistema.” (LGEEPA; 1996: Artículo 117, fracción III).

El artículo 119 de LGEEPA, en materia de prevención y control de la contaminación del agua, corresponde a los gobiernos de los Estados y de los Municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua, así como al del Distrito Federal, de conformidad con la distribución de competencias establecida en esta Ley y conforme lo dispongan sus leyes locales en la materia:

- El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado
- La vigilancia de las normas oficiales mexicanas correspondientes, así como requerir a quienes generen descargas a dichos sistemas y no cumplan con éstas, la instalación de sistemas de tratamiento.

- Determinar el monto de los derechos correspondientes para que el municipio o autoridad estatal respectiva, pueda llevar a cabo el tratamiento necesario, y en su caso, proceder a la imposición de las sanciones a que haya lugar.
- Llevar y actualizar el registro de las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado que administren, el que será integrado al registro nacional de descargas a cargo de la Secretaría.

Por otra parte el artículo 120, de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local:

- Las descargas de origen industrial.
- Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas.
- Las descargas derivadas de actividades agropecuarias.
- Las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en las actividades de extracción de recursos no renovables.
- La aplicación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.
- Las infiltraciones que afecten los mantos acuíferos.
- El vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, en cuerpos y corrientes de agua.

“No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.” (LGEEPA; 1996: Art. 121)

De acuerdo con el artículo 122, las aguas residuales que provienen de casas y de la industria, que sean descargadas en los sistemas de alcantarillado de una población o en cuencas, ríos, lagos o cualquier tipo de corriente de agua, deberá reunir una serie de condiciones necesarias para poder prevenir;

- La contaminación de los cuerpos receptores.
- Interferencias en el proceso de depuración de las aguas.
- Trastornos, impedimentos o alteraciones en el correcto aprovechamiento y funcionamiento de los distintos tipos de corrientes de agua.

En el artículo 123, de la LGEEPA, se enuncia que todas las descargas en las redes colectoras, ríos, acuíferos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y otros depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en terrenos, deberán satisfacer las normas oficiales mexicanas que para tal efecto se expidan, y en su caso, las condiciones particulares de descarga que determine la Secretaría o las autoridades locales. Corresponderá a quien genere dichas descargas, realizar el tratamiento previo requerido.

De acuerdo al artículo 124, Cuando las aguas residuales afecten fuentes de abastecimiento de agua potable, la Secretaría lo comunicará a la Secretaría de Salud y negará el permiso o autorización correspondiente, o revocará, y en su caso, ordenará la suspensión del suministro.

Para que sea cumplida esta obligación, el artículo 126 de la LGEEPA dictamina que los sistemas de tratamiento de las aguas residuales cuyo origen es el urbano, que administren los municipios deban cumplir con las normas oficiales mexicanas.

Por otra parte, el artículo 127 dispone, que con base en los estudios de la cuenca, la secretaría, en coordinación con la secretaria de salud, propondrá la programación y la construcción de obras e instalaciones dedicadas al tratamiento de las aguas residuales de origen industrial.

Por su parte, el párrafo uno del artículo 128 en materia de reúso de aguas residuales, propone que las aguas residuales conducidas por el sistema de alcantarillado urbano, podrán ser utilizadas en la industria y en la agricultura, en los casos que no sea necesario un tratamiento y en su caso por la secretaria de salud.

Se agrega en el párrafo dos del mismo artículo, que en el aprovechamiento existente de aguas residuales en la agricultura, se promoverán acciones para así mejorar la calidad del recurso, la reglamentación de los cultivos y las prácticas de cualquier tipo de riego.

El artículo 129, dispone que el otorgamiento de permisos para la explotación, o uso de aguas en distintas actividades encaminadas a la contaminación de dicho recurso, sea obligatorio el tratamiento previo de las aguas residuales que sean generadas.

### **1.7.2.- El tratamiento y reúso de las aguas residuales en la Ley de Aguas Nacionales.**

De acuerdo, con el Artículo 86 de la Ley de Aguas Nacionales en materia de Prevención y Control de la Contaminación del Agua y atribuciones de la comisión nacional del agua, las autoridades en encomienda del agua tendrán a su cargo, en términos de ley las siguientes obligaciones:

- I. Promover y operar la infraestructura federal, los sistemas de monitoreo y servicios necesarios para el mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas y acuíferos, todo esto siguiendo las normas oficiales mexicanas y las condiciones de descarga.
- II. Realizar estudios para determinar la calidad de las aguas nacionales.
- III. Proponer programas de protección a los recursos hídricos en cuencas y acuíferos, considerando relaciones entre el uso del suelo, cantidad y la calidad del agua.
- IV. Constituir e inspeccionar, el cumplimiento de las condiciones de descarga que deben satisfacer las aguas residuales de los distintos usos y usuarios, que sean generados en:

- V. Realizar la inspección y verificar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, para la conservación de la calidad de las aguas nacionales y bienes señalados.
- VI. Permitir, el vertido de aguas residuales en el mar, y en coordinación con la Secretaría de Marina cuando provenga de fuentes móviles o plataformas fijas.
- VII. Vigilar, con las autoridades competentes, que se cumplan las normas de calidad del agua en el uso de las aguas residuales.
- VIII. Realizar medidas necesarias para evitar que basura, desechos, materiales y sustancias tóxicas, así como lodos producto de los tratamientos de aguas residuales, de la potabilización del agua y del sistema de alcantarillado urbano, contaminen las aguas superficiales o del subsuelo.

De acuerdo al artículo 87, la Autoridad del Agua determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que pueden recibir los acuíferos o corrientes de agua.

Las personas físicas o morales deben notificar permisos de descarga expedidos por las autoridades del agua, para poder verter en forma constante aguas residuales en cuerpos receptores los cuales sean aguas nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos que puedan contaminar el subsuelo o mantos acuíferos. El

control sobre las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado de la población, es trabajo de los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuera necesario y lo determinen las leyes, todo esto de acuerdo al artículo 88 de la Ley de Aguas Nacionales.

Por otra parte, el artículo 92 de la ley de aguas nacionales, la autoridad encargada del agua ordenará la suspensión de las actividades que den origen a las descargas de aguas residuales, cuando no se cumplan las siguientes especificaciones necesarias:

- I. No se cuenten con los permisos necesarios de descarga de aguas residuales en los términos de esta ley.
- II. Cuando la calidad del agua no se sujete a las normas Oficiales Mexicanas correspondientes.
- III. Cuando se incumpla el pago del derecho por el uso de bienes nacionales como cuerpos receptores de descargas de aguas residuales durante mas de un año fiscal.
- IV. Cuando no se presente cada dos años un informe el cual contenga los análisis e indicadores del agua que se descarga.

Cuando exista riesgo de daño o peligro para la población o los ecosistemas, la Autoridad del Agua a solicitud de autoridad competente podrá realizar las acciones y obras necesarias para evitarlo, con cargo a quien resulte responsable.

Según, el artículo 93 de la LAN son causas de revocación del permiso de descarga de aguas residuales cuando; se efectuó la descarga en un lugar distinto al

autorizado por “la autoridad del agua”; realizar los actos u emisiones que se señalan en las fracciones II, III y IV del artículo 92 cuando con anterioridad se hayan suspendidos las actividades por la autoridad del agua y estos hagan caso omiso y continúe la descarga, o la revocación de la concesión de aguas nacionales, cuando con motivo de dicho título sean éstas las únicas que con su explotación, uso o aprovechamiento se origine la descarga de aguas residuales.

Cuando proceda la revocación, la autoridad del agua y previa audiencia con el interesado, notificará la solución respectiva, la cual deberá ser debidamente fundada. El Permiso de la Descarga caducará cuando termine el título de concesión o asignación que origina la descarga.

### **1.7.3.- Tratamiento y reúso de las aguas residuales en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.**

De acuerdo al Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

Por otra parte el Artículo 115, fracción III de la Constitución Política, los municipios son los responsables de otorgar el servicio de agua potable, colocación y



mantenimiento de alcantarillado, así como del tratamiento y disposición de aguas residuales.

### **1.8.- Seguridad y responsabilidad.**

De acuerdo, con Babbitt y Harold (1975), la salida de las aguas negras a la superficie, es un atentado contra la salud pública y una violación de la integridad común. Todos los sistemas de alcantarillado se deben construir de forma que prometan la seguridad definitiva de que las aguas negras no podrán presentarse en la superficie y en ningún sector habitable.

La responsabilidad legal llega a las autoridades, que tienen a su cargo las construcciones de sistemas de saneamiento inadecuados. El principio legal en el que se basa la responsabilidad es en el encargado o autoridad, que por descuido, permite que existan condiciones remediables que produzcan daños al sector público.

Si se llega a construir una atarjéa y causa una serie de problemas los cuales no existían antes de que se colocara esta, la autoridad encargada de la construcción será la responsable de estos daños. Cuando en algún lugar no se haya construido una atarjea o donde la causa de la inundación no sea conocida las autoridades no serán legalmente responsables, esto según Babbitt y Harold (1975).

Por otra parte las autoridades pueden ser relevadas de toda responsabilidad legal si durante mucho tiempo han tenido a su servicio un ingeniero competente. Cuando se ha observado un daño potencial y no se han tomado precauciones para

evitar este deterioro, las autoridades responsables pueden ser acusadas de negligencia y por lo tanto culpable legalmente de los daños resultantes a terceros.

### **1.9.- Efectos de la descarga de aguas residuales en ríos.**

La calidad del agua en los lagos y ríos depende fundamentalmente de su uso. Las actividades tales como pesca o natación deben tener diferentes estándares de calidad en el agua a los que tiene que poseer los manantiales de abastecimiento para el consumo humano tiene que ser aún mejor, esto de acuerdo con Valdez y Vázquez (2003).

Por otro lado en la mayoría de los países del mundo, entre ellos México, la descarga de contaminantes generados por las diferentes actividades humanas han ido rebajando severamente la calidad del agua, al grado de que se han convertido corrientes naturales en un flujo de aguas residuales.

Para determinar, la cantidad de desechos que puede ser asimilada por una corriente de agua, es de gran importancia saber que tipo de contaminantes serán los descargados y la forma en la que estos desechos afectaran la calidad del agua, estudiando también como afectan el clima de la región donde se encuentra el efluente de descarga.

## **1.10.- Tratamientos de las agua residuales.**

Es un conjunto de operaciones de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la de eliminar o reducir la contaminación no deseable de las aguas, obteniendo aguas con características adecuadas para el uso que se les desea dar por lo que los procesos varían en función de las propiedades del agua de partida como de su destino final, esto de acuerdo a la pagina electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012).

### **1.10.1.- Tratamiento de aguas residuales urbanas.**

Como se ha visto en capítulos anteriores las aguas urbanas son todas aquellas que provienen de la ciudad; de casas, oficinas, pluviales que son transportadas por medio de alcantarillas hasta un efluente receptor de aguas residuales, los tratamientos para limpiar este tipo de agua son:

- Pre tratamiento. Este busca acondicionar el agua residual y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores.
- Tratamiento primario. Busca reducir toda la materia suspendida por medio de la sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química.
- Tratamiento secundario biológico: se emplea para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es muy difícil de eliminar por tratamientos físico-

químicos. Estas consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica en sus diversas formas de fangos, lechos de partículas, lagunas de oxidación y otros sistemas o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida, que deben ser tratados para su reducción y destino final.

- Tratamiento terciario, físico-químico: este tratamiento no aplica técnicas diferentes a los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final. Si su planteamiento es muy intensivo se puede lograr hacer que el agua de nuevo quede apta para el abastecimiento de diferentes necesidades como; agrícolas, industriales, e incluso para potabilización llamando a este proceso final reciclaje de efluentes, esto según la página electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012).

#### **1.10.2.- Tratamiento de aguas por medios biológicos.**

Este tipo de tratamiento como su nombre lo dice, es por medio de plantas; consta de un biodigestor anaerobio y un sistema de humedales artificiales que asemejan a la naturaleza, esto sirve para terminar el proceso de limpieza tal como sucede en el medio ambiente natural. Este tratamiento funciona por medio de plantas, como el carrizo o alcatraces que son muy buenos para depurar el agua.

La eficacia de este tratamiento para la remoción de coliformes y la eliminación de microorganismos patógenos por exposición de ambientes adversos. Este sistema tiene grandes ventajas por el costo de construcción y mantenimiento, que llega a ser mucho menor que el de una planta de tratamientos tradicional. El que se obtiene de este proceso es de gran calidad, la cual se puede utilizar para regar cultivos, parques y jardines, esto según la página electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012).

## **CAPÍTULO 2**

### **PLANTA DE TRATAMIENTO**

Para el presente capítulo de esta investigación se tratarán los temas relacionados con los diferentes tipos que existen de una planta de tratamiento de aguas residuales así como sus ventajas y desventajas del uso de cada uno de los tipos, se pretende analizar una breve conceptualización de lo que es el periodo de diseño especificando el tiempo de vida útil de una planta, esto es sin que necesite ningún mantenimiento.

Posteriormente se comentará acerca de cómo elegir los diferentes procesos que llevará una planta de tratamiento, así como también se explicarán las diferentes etapas del tratamiento que se le da al agua residual antes de ser regresada a un sistema natural los cuales son el pretratamiento, tratamiento secundario y terciario, se comentara acerca de como poder definir la localización así como su estructuración, se hará un breve comentario acerca de la seguridad en una planta de tratamiento y como dar un mantenimiento y tener en funcionamiento la planta de tratamiento de aguas residuales sin la necesidad de detener los diferentes procesos.

#### **2.1.- Definiciones.**

Una planta de tratamientos de aguas residuales consiste en una serie de procesos químicos, físicos y biológicos que sirven para eliminar todos los

contaminantes existentes en el agua, los cuales son provenientes del uso humano e industrial. La principal función de la planta de tratamientos es limpiar eficientemente el agua y así poder regresarla al medio ambiente de donde fue obtenida anteriormente, esto de acuerdo a la página electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012).

## **2.2.- Tipos de plantas de tratamiento.**

Un tratamiento de aguas residuales es seleccionado de acuerdo a los diferentes propósitos que se buscan para la remoción de los diversos contaminantes. En la actualidad existen dos tipos de tratamiento llamados sistemas de cultivo suspendido y sistemas de cultivo adherido, los cuales comprometen procesos biológicos, físico químicos, y en algunas ocasiones se llegan a presentar ambos procesos. En México para el tratamiento de aguas comúnmente utilizan procesos biológicos como los aerobios y anaerobios, esto según la página electrónica [www.cuidoelagua.org](http://www.cuidoelagua.org), (2012).

### **2.2.1.- Sistemas de cultivo suspendido.**

Los cultivos suspendidos obtienen su nombre por los microorganismos que se encuentran suspendidos en el agua residual ya sea como células individuales, o como una unión en racimos de las mismas, denominados flóculos. Estos microorganismos se encuentran rodeados por las aguas residuales que contienen su

alimento y algunos otros elementos esenciales para su desarrollo, esto de acuerdo con Valdez y Vázquez (2003).

#### **2.2.1.1.- Lodos activados.**

Es un sistema de cultivo suspendido desarrollado en Inglaterra por Arden y Lockett en el año de 1914. Este tratamiento se logra agitando un agua residual en presencia de oxígeno que previamente fue pasada por un tratamiento primario, formando un flóculo de lodo en el que se llegan a desarrollar muchas bacterias y algunos organismos vivos, con lo que esta materia se vuelve activa, oxidando y adsorbiendo materia orgánica, obteniendo de este proceso el nombre de lodos activados.

Cuando los lodos se encuentran en buenas condiciones, su carga de vida microscópica se posa rápidamente arrastrando consigo todos los sólidos en suspensión y parte de los que se hallan en estado coloidal. Los lodos sedimentados que contienen microorganismos vivos, son regresados al reactor para incrementar la biomasa disponible acelerando las reacciones esta mezcla recibe el nombre de licor mezclado, esto según Valdez y Vázquez (2003).

El proceso biológico de los lodos activados se desarrolla habitualmente en dos cámaras separadas las cuales son:

1. Reactor biológico, es un tanque agitado, aireado y alimentado con el agua residual, en el que se produce la parte biológica del proceso.



- Decantador secundario, tanque en el que se sedimenta el lodo producido, que posteriormente es recirculado a la cabecera del tratamiento y purgado para eliminar los excesos producidos, esto según la pagina electrónica [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), (2012).

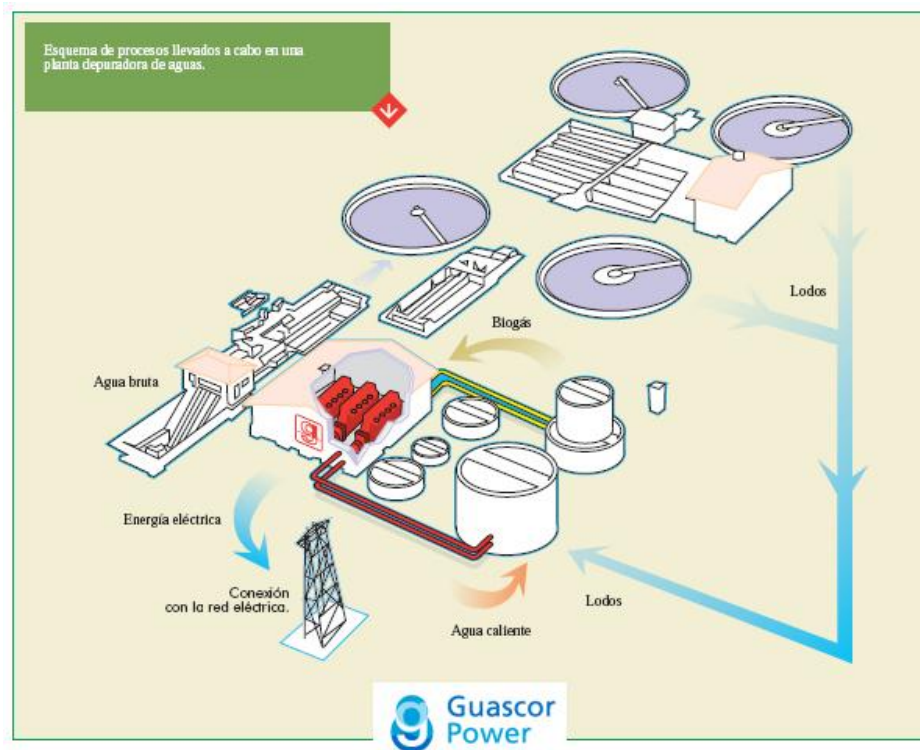


Figura 2.1: Planta a base de lodos activados. (Fuente: [www.guascorpower.com](http://www.guascorpower.com))

### 2.2.1.2.- Lagunas de estabilización.

Este tipo de método es el más simple, el cual está constituido por una serie de excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra, donde el agua residual que llega es almacenada para su tratamiento por medio de la actividad bacteriana

generalmente tienen forma rectangular o cuadrada, esto de acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (2003).

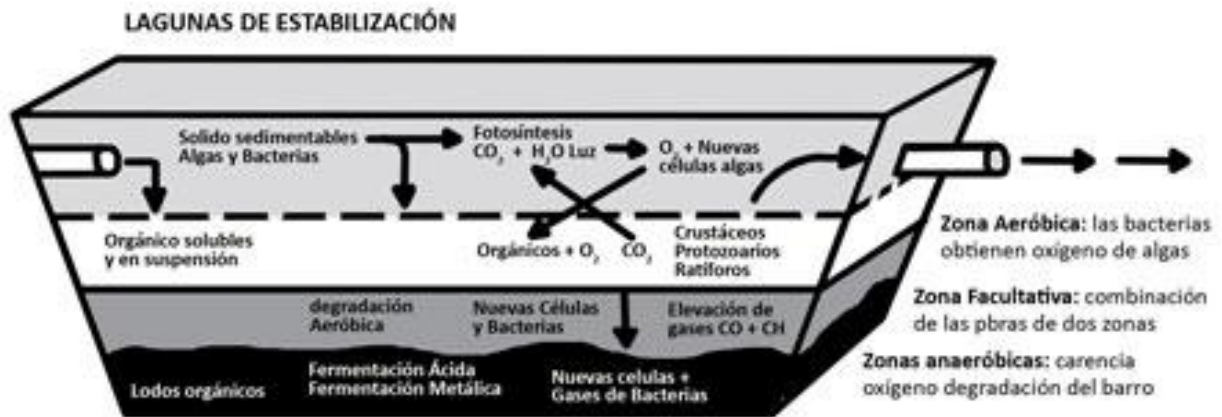


Figura. 2.2. Lagunas de estabilización. (Fuente: [www.bvsde.ops-oms.org](http://www.bvsde.ops-oms.org), 2012).

De acuerdo, con la Comisión Nacional del Agua (2003), cuando el agua residual es descargada dentro de la laguna de estabilización se realiza de manera instantánea una serie de procesos de autodepuración o estabilización natural, en este proceso tienen lugar fenómenos de tipo físico, químico y biológico, dichos procesos son los siguientes:

- Es un proceso natural de autodepuración.
- La estabilización de la materia orgánica se realiza mediante la acción simbiótica de bacterias, algas y otros organismos.
- Suceden procesos de tipo físico de remoción de la materia suspendida.
- Se efectúan cambios químicos en la calidad del agua que, entre otros aspectos, se mantienen las condiciones muy adecuadas para que los

organismos puedan realizar la estabilización, transformación y la remoción total de los contaminantes orgánicos biodegradables.

- Se establecen cadenas tróficas y redes que permiten la eliminación de la gran cantidad de microorganismos patógenos.

De acuerdo, al tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades, las lagunas de estabilización pueden ser clasificadas por su reacción biológica, mediante los siguientes tipos de lagunas:

A). Lagunas aerobias, son lagunas poco profundas de 1 a 1.5m de profundidad las cuales reciben todas las aguas residuales que ya han sido sometidas a un tratamiento y que contienen relativamente pocos sólidos en suspensión, en estas se produce la degradación de toda la materia orgánica mediante la actividad de bacterias aerobias que consumen oxígeno producido fotosintéticamente por las algas.

B). Lagunas anaerobias, suelen tener profundidad entre 2 y 5 m, este tratamiento se lleva a cabo por medio de la acción de bacterias anaerobias, debido a la elevada carga orgánica y al poco tiempo de retención del agua residual, el contenido de oxígeno que se encuentra disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año.

El objetivo de esta laguna es retener la mayor parte posible de los sólidos suspendidos, que pasan a incorporarse a la capa de lodos que se acumulan en el fondo y eliminar la carga orgánica, su tiempo de retención se encuentra entre 2-5 días.

C). Lagunas facultativas, tienen una profundidad de entre 1 y 2 metros, son las que poseen una zona aerobia y otra anaerobia siendo en la superficie y en el fondo

de la laguna, el objetivo de estas lagunas es la de estabilizar toda la materia orgánica en un medio oxigenado, principalmente por algas.

D). Lagunas de maduración, tienen una profundidad de 1 a 1.5 metros, este tipo de lagunas tiene como finalidad eliminar las bacterias patógenas disueltas en el agua, además de desinfectar también eliminan nutrientes así como la nitrificación del nitrógeno amoniacal y clarifican el efluente dañado para dejarlo muy bien oxigenado, generalmente tienen un tiempo de retención de 3 a 10 días.

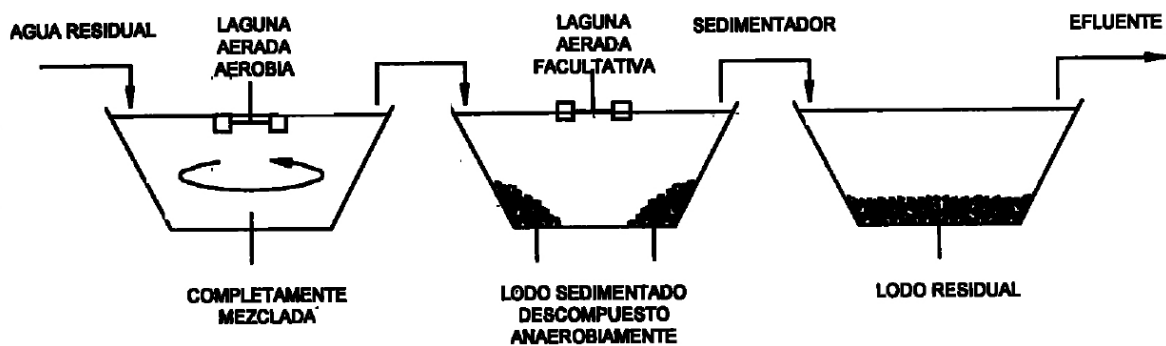


Figura. 2.3. Tipos de lagunas. (Fuente: Comisión Nacional del Agua; 2003).

Según al tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades, las lagunas de estabilización, cual sea su clasificación tienen los siguientes objetivos:

- a. Remover de las aguas residuales toda la materia orgánica que se ocasiona por medio de la contaminación.
- b. Eliminar todos los microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud de los seres humanos.
- c. Reutilizar el efluente con otra finalidad, como la agricultura.

La eficiencia de la depuración del agua residual dentro de las lagunas de estabilización dependen ampliamente de las condiciones climatológicas de la zona, temperatura, radiación solar y la fuerza de los vientos locales, los cuales afectan directamente a la biología de este tipo de sistema, esto según al tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades.

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (2003), las principales ventajas que se presentan en el uso de las lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales son las siguientes:

1. Bajo consumo de energía y costo de operación.
2. Bajo capital de inversión, especialmente en los costos directos de la construcción.
3. Esquemas muy sencillos de la corriente del agua.
4. Número mínimo de equipos, accesorios simples como tuberías de uso muy común.
5. Mantenimiento y operación muy simple ya que no consta de equipos de alta tecnología que ocupen algunas reparaciones.
6. Remoción muy efectiva de bacterias patógenas.

Las principales desventajas que se presentan en el uso de lagunas de estabilización para la remoción de bacterias en las aguas residuales son las siguientes:

1. Requerimientos de un área extensa para su construcción.
2. El funcionamiento depende de las condiciones ambientales como la temperatura, la velocidad del viento.

3. Generación de, olores desagradables para habitantes cercanos a ella y un gran deterioro al efluente debido a la descarga de contaminantes.
4. Pérdida de agua debido a la evaporación e infiltración.
5. Contaminación de acuíferos por infiltración en zonas de suelo arenoso.

### **2.2.2.- Sistemas de cultivo adherido.**

En estos sistemas de cultivo el agua residual se pone en contacto con películas microbianas que se encuentran adheridas a la superficie. El área superficial utilizada para el crecimiento de la biopelícula se logra incrementar colocando un medio poroso dentro del reactor. Cuando se usa un medio poroso sólido empacado, el reactor se denomina filtro percolador, esto de acuerdo a Valdez y Vázquez (2003).

#### **2.2.2.1.- Filtros percoladores.**

Los filtros percoladores comenzaron a operar en Inglaterra, en el año de 1893, fueron basados en los filtros de contacto, que eran estanques impermeables rellenos de roca triturada. El filtro percolador moderno consiste en un reactor en el que se coloca un medio sólido de soporte, cuya superficie servirá para el crecimiento de la biopelícula, según Valdez y Vázquez (2003).

Un filtro percolador opera principalmente bajo condiciones aerobias. Dejando caer el agua residual decantada sobre el filtro. Al ir pasando el agua por los poros del filtro, la materia orgánica se degrada por la biomasa que cubre el material del filtro, el cual se compone con material como piedras, grava, botellas de pvc trituradas,

preferentemente el material debe de tener una superficie entre 30 y 900 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> para prevenir la obstrucción, esto según la pagina electrónica [www.akvo.org](http://www.akvo.org), (2011).

El agua residual entrante es rociada por medio de un rociador rotario. De esta manera el material del filtro pasa por ciclos de saturación y de exposición al aire, sin embargo, el oxígeno se reduce en la biomasa y las capas que se encuentran más internas son anaeróbicas. El filtro percolador tiene normalmente de 1 a 3 m de profundidad, pero los filtros que usan materiales plásticos triturados pueden tener hasta 12 m de profundidad esto de acuerdo a la pagina electrónica [www.akvo.org](http://www.akvo.org), (2011).

Las principales ventajas son las siguientes:

- Se pueden operar varios índices de carga orgánica e hidráulica.
- Se requiere una pequeña área de terreno en comparación de otros tratamientos.

Sin embargo se llegan a presentar más desventajas las cuales son las siguientes:

- Alto costo de operación.
- Requiere fuente constante de energía, así como de un flujo de aguas residuales constante.
- Los olores y moscas llegan a ser una molestia.

- No todas las partes se encuentran con facilidad.

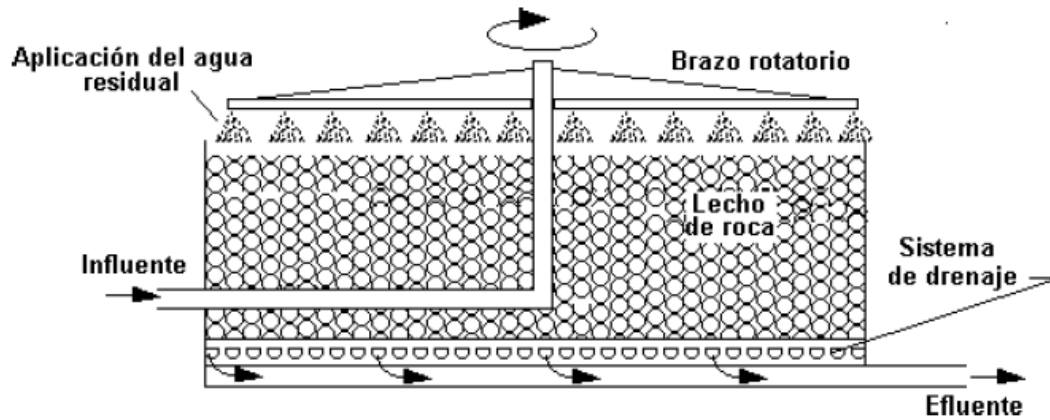


Figura. 2.4. Filtro percolador. (Fuente: Ingeniería de sistemas de tratamiento, Valdez y Vázquez; 2003).

#### 2.2.2.2.- Biotorres.

Este sistema está conformado esencialmente por filtros percoladores profundos. Para evitar el excesivo peso que se genera al usar roca triturada como medio filtrante, se utilizan medios más ligeros colocados alternadamente, estos son fabricados con hojas planas corrugadas de pvc, que proporcionan rigidez a la columna vertical, de acuerdo a Valdez y Vázquez (2003).

Las Biotorres operan similar a los filtros percoladores de alta tasa. Comúnmente se practica la recirculación de 1 a 3 veces el flujo de entrada. El metabolismo del sustrato diluido está en la fase de respiración endógena en la mayor parte de la profundidad de la torre. Una biotorre bien operada debe de ser capaz de producir un efluente nitrificado.



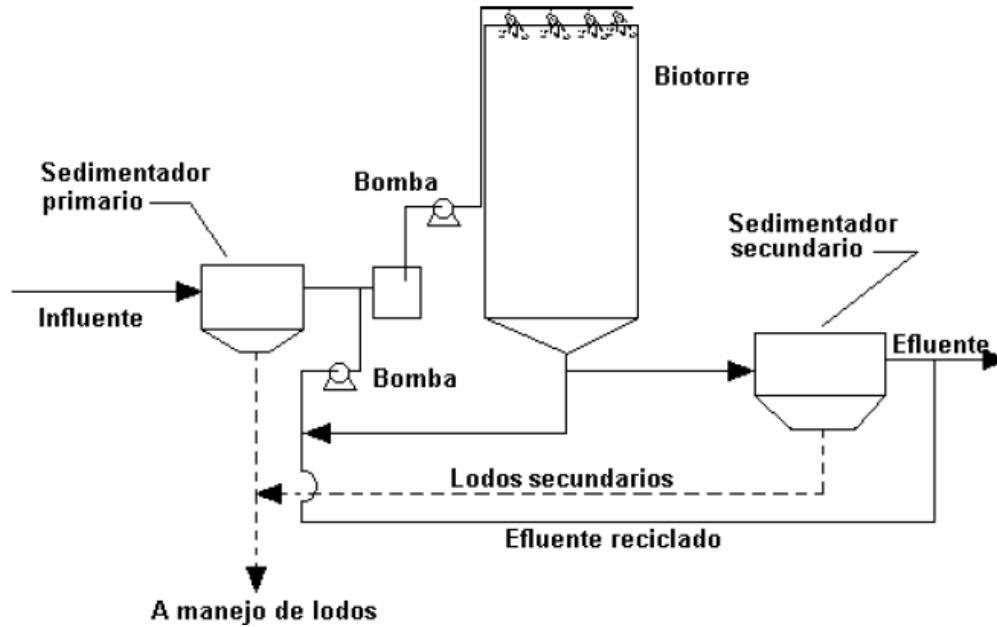


Figura. 2.5. Biotorre. (Fuente: Ingeniería de sistemas de tratamiento, Valdez y Vázquez; 2003).

De acuerdo con Valdez y Vázquez (2003), las biorreactores tienen varias ventajas en comparación con los filtros percoladores clásicos las cuales son: mayor tasa de carga y minimización de la obstrucción debido a la porosidad, mejor ventilación que resuelve los problemas ocasionados por el olor. Sus desventajas son: mayor costo de bombeo por la recirculación de un gasto muy grande y pérdida de carga hidráulica a través de toda la profundidad del lecho.

### 2.2.2.3.- Biodiscos.

Son sistemas que fueron desarrollados para obtener un tratamiento biológico aerobio de las aguas residuales. La biomasa se presenta simultáneamente en la forma de crecimiento asistido como sucede en los filtros percoladores y de

crecimiento suspendido como en el caso de los lodos activados, esto de acuerdo a Ramalho, (1990).

Los reactores de biodisco son una adaptación en el género de los sistemas de cultivo adherido. Los medios de soporte son discos grandes, planos, que son colocados en una flecha común y que rotan en tanques que tienen un contorno curvo y en los cuales el agua residual fluye de manera continua, esto según Valdez y Vázquez (2003).

El medio de soporte de los biodiscos consiste en hojas plásticas que pueden ser de 2 a 4 m de diámetro y de hasta 10 mm de espesor. El espacio entre los discos planos es de entre 30 y 40 mm, estos discos son atravesados en su centro por una flecha de acero con un largo de hasta 8 m.

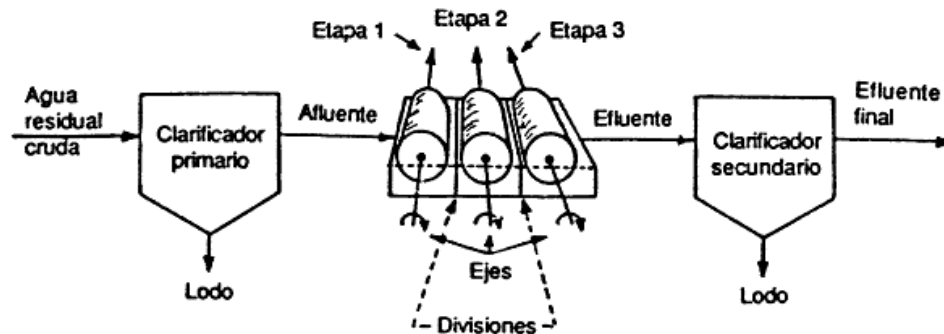


Figura. 2.6. Biodiscos. (Fuente: Tratamiento de aguas residuales, Ramalho; 1990).

Este sistema funciona sumergiendo los discos en el agua residual aproximadamente un 40% de su diámetro total y rotan mediante energía suministrada a la flecha. De este modo aproximadamente el 95% del área superficial se sumerge dentro del agua residual, exponiendo después de manera alternada a la atmósfera. La velocidad de rotación varía entre 1 a 2 r/min, siendo esta suficiente para lograr el desprendimiento de la biomasa y una turbulencia que sea suficiente para mantener los sólidos en suspensión conforme el agua se traslada por el tanque.

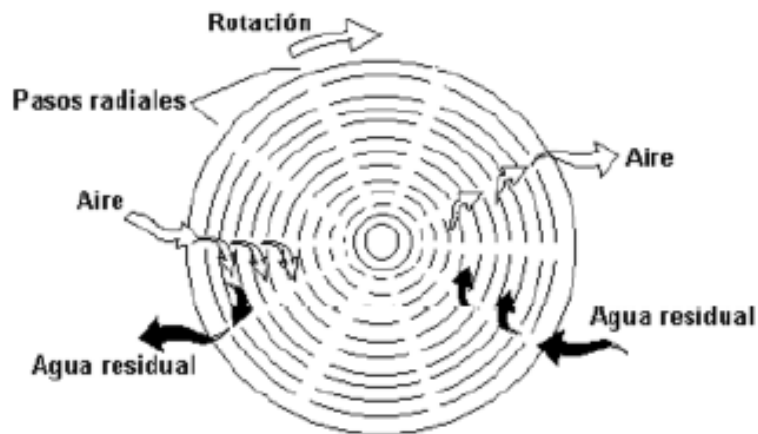


Figura. 2.7. Intercambio de agua residual y aire en un biodisco. (Fuente: Ingeniería de sistemas de tratamiento, Valdez y Vázquez; 2003).

### **2.3.- Tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades.**

El tratamiento de las aguas residuales, es un problema en todas partes del mundo, ya que esta tecnología es muy costosa en muchos de los casos. Pero se puede realizar un buen tratamiento en localidades con escasos recursos como son las zonas rurales, en ellas se pueden emplear sistemas de tratamiento económicos,

los cuales no ocupan de personal calificado, comúnmente son personas que viven en el mismo lugar de la planta, estos tratamientos pueden ser: Humedales, pozos sépticos y tanque Imhoff, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2003).

### 2.3.1.- Humedales.

Los humedales naturales, son un medio semiterrestre con un elevado grado de humedad y gran vegetación, el cual reúne ciertas características biológicas, físicas y químicas, que tiene un elevado potencial auto depurador de microorganismos patógenos, esto según la Revista del Instituto de Investigaciones de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, (2006).

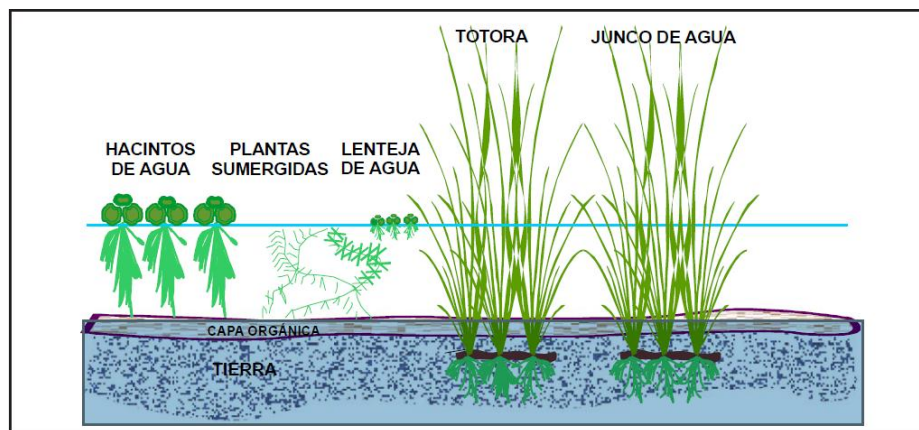


Figura. 2.8. Plantas acuáticas que se encuentran en humedales y las cuales tratan el agua residual. (Fuente: Revista del Instituto de Investigaciones, Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2006).

Los humedales artificiales, es un sistema de tratamiento de aguas residuales de poca profundidad, el cual es construido por medio de la siembra de plantas

acuáticas como carrizos y que tienen contado con los procesos naturales para así tratar el agua residual, esto de acuerdo a la Revista del Instituto de Investigaciones de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, (2006).

Los humedales artificiales tienen una ventaja sobre otros tipos de tratamientos alternativos, ya que al ser producidos por medios naturales no es necesario el uso de energía eléctrica para su funcionamiento llegando a facilitar su construcción y mantenimiento.

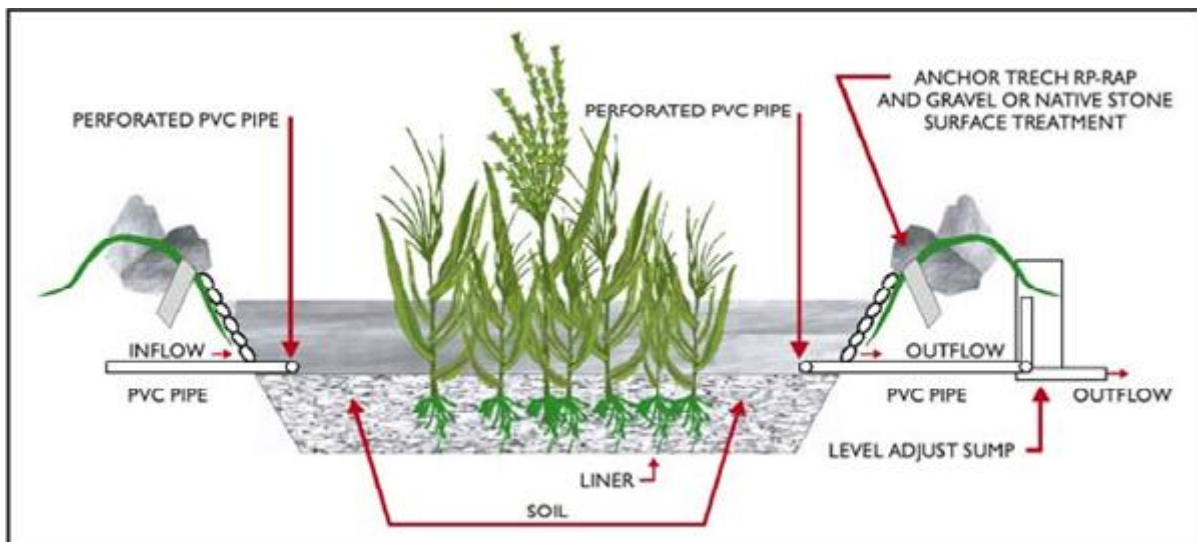


Figura. 2.9. Plantas acuáticas utilizadas en humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. (Fuente: Revista del Instituto de Investigaciones, Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2006).

Estos tipos de sistemas de depuración permiten el tratamiento de aguas residuales con diferentes tipos de contaminantes y que se encuentran en distinta concentración, permiten el reciclado y la reutilización del agua de una manera muy sencilla, este sistema no requiere de ningún mantenimiento, ni de un personal

calificado para su operación, esto según la página electrónica [www.Madrimasd.org](http://www.Madrimasd.org), (2009).

### **2.3.2.- Tanques Imhoff.**

Este tipo de tratamiento se usa solo en comunidades pequeñas, de 5000 habitantes o menos y las cuales tienen corrientes de aguas residuales de aproximadamente 945 m<sup>3</sup>/día, este tratamiento consiste en un tanque de sedimentación, el cual tiene un comportamiento superior y a su vez un comportamiento inferior el cual consiste en la estabilización anaeróbicamente de los lodos sedimentados sin calentamiento previo, según la Comisión Nacional del Agua (2003).

Estos tanques no cuentan con ningún tipo de maquinaria y generalmente requieren de poco mantenimiento lo cual los hace fáciles de construir y a su vez no muy costosos, sin embargo tienen algunos problemas de operación, incluyendo que de ellos se generan periódicamente espumas malolientes, así como una excesiva acumulación de natas y la producción de lodos que son ofensivos para los seres vivos.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2003), los tanques Imhoff no tienen mucho futuro ya que por ser un tratamiento primario se necesita de otro tipo de planta para que el agua tenga un buen tratamiento, puede considerarse por ser barato como un pretratamiento en tanques sépticos o sistemas de lagunas de

estabilización ya existentes, logrando así un mejor tratamiento a las aguas residuales.

Los tanques son generalmente rectangulares, aunque existen circulares; estos no deben ser construidos cerca de zonas residenciales ni de ninguna otra vivienda ya que a lo largo del día se ventean gases malolientes a la atmósfera, que pueden derivar en enfermedades patógenas.

Según la Comisión Nacional del Agua (2003), las paredes de los tanques que se encuentren por debajo del nivel del líquido, se deben encontrar aisladas con tierra, para que así se mantenga una temperatura por arriba de los 15°C, para lograr prevenir la formación de espuma durante los días más calientes de primavera.

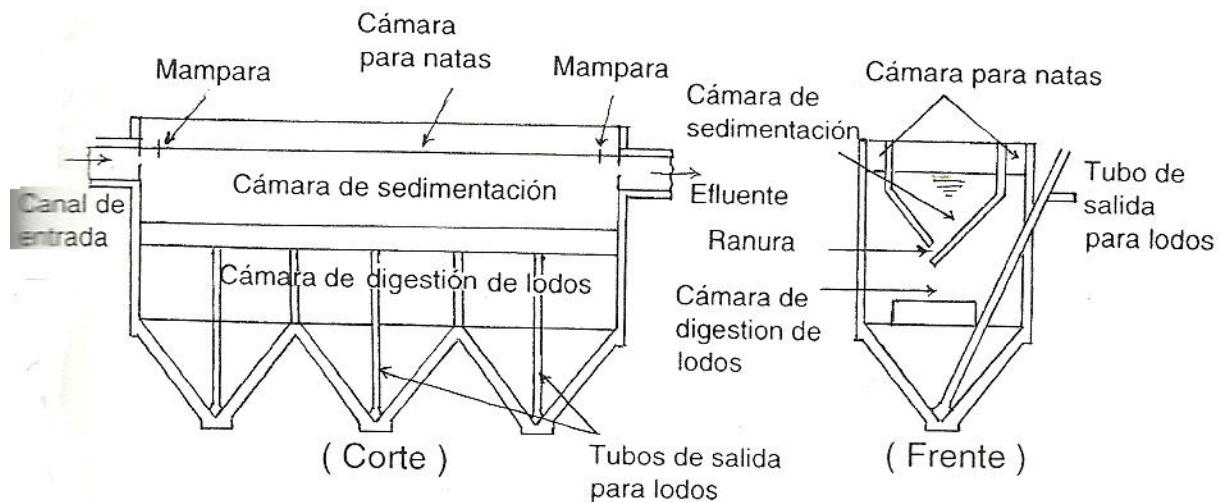


Figura. 2.10. Tanque Imhoff. (Fuente: Manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales; 2000: 90).

### 2.3.3.- Pozos sépticos.

Este sistema se utiliza por lo común para el tratamiento de aguas residuales en viviendas que no cuentan con un servicio de alcantarillado y cuando el suelo es permeable y que no esta sujeto a inundaciones para poder recibir el efluente de aguas residuales, esto según la pagina electrónica [www.bvsde.ops-oms.org](http://www.bvsde.ops-oms.org), (2012).

Los tanques sépticos, eliminan la materia orgánica sólida por medio de la decantación, al contener el agua residual en el tanque permite que por densidad el líquido se separe de los sólidos, para que esto se produzca el agua debe contenerse por un mínimo de 24 horas.

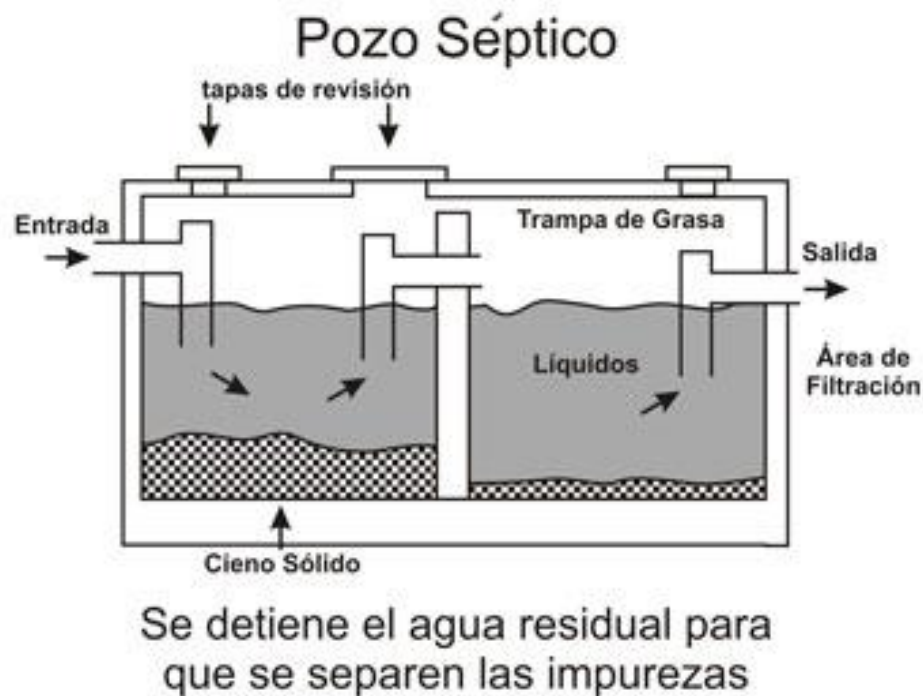


Figura. 2.11. Pozos sépticos. (Fuente: [www.bvsde.ops-oms.org](http://www.bvsde.ops-oms.org), 2012).



#### **2.4.- Periodo de diseño.**

La vida media de las instalaciones de una planta de tratamiento deberá ser seleccionada al inicio del diseño, puesto que esto determinará la demanda de la capacidad del tratamiento de las aguas residuales, el cálculo de la capacidad de tratamiento se determinará mediante la población actual más el crecimiento poblacional, lo indicado es diseñar para una vida útil de entre 5 a 15 años, de acuerdo al manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (2000).

#### **2.5.- Selección de procesos.**

Los procesos adecuados para llenar los requerimientos de tratamiento que decreta el Reglamento para la Prevención de la Contaminación de Aguas, tendrá que fundamentarse en los estudios realizados previamente tanto de ingeniería como económicos, de acuerdo con el manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (2000).

Los estudios realizados previamente, conocimientos y consideraciones que se deberán tomar en cuenta para seleccionar los procesos los cuales entrarán en función en la planta de tratamiento, serán los siguientes:

- Localización de la planta.
- Disposición final del agua residual tratada.
- Topografía.

- Personal calificado.
- Disponibilidad de servicios.
- Costo de la construcción.
- Costo de mantenimiento y operación de las instalaciones.

## **2.6.- Tratamiento primario o pretratamiento.**

La función del pretratamiento de aguas residuales es reducir sólidos que se encuentran en suspensión o el acondicionamiento de las aguas para su descarga en los receptores, con equipos como rejas y tamices, para después pasar al tratamiento secundario, esto según Ramalho (1990).

### **2.6.1.- Cribado.**

Es la primera operación dentro de las plantas de tratamiento de aguas residuales, su propósito es el de remover sólidos gruesos tales como el papel, trapos, madera y plásticos, los cuales se encuentran suspendidos en el agua, ya que si no son eliminados en su totalidad podrían dañar equipo, esto de acuerdo con López (2002).

Según Ramalho (1990), la distancia entre las aberturas de las rejillas depende de los objetos que son arrastrados por el agua, su limpieza se puede hacer de

manera manual o mecánicamente. Los productos atrapados por las rejillas son destruidos por incineración o se dirigen a un vertedor para su destrucción.

TIPOS	ABERTURA (cm)	PROPOSITO
REJAS PARA BASURA	5 A 10	Protege las bombas y equipo de los objetos grandes.(troncos, trapos,
REJILLAS	1.5 A 5	Parecidas a las rejas pero con aberturas mas pequeñas para separar materiales mas pequeños.
TAMICES	0.22 A 0.32	Protege las boquillas de los filtros percoladores.
DESMENUZADORES	0.75 A 2	Reducir el tamaño de los materiales mediante trituracion o corte, sin removerlos de las aguas residuales.

Tabla. 2.1. Tipos de dispositivos para cribado. (Fuente: Apuntes de tratamiento de aguas residuales, López; 2002: 168).

De acuerdo con López (2002), las cantidades de agua que se separan al pasar por las rejillas varían con las horas del día y aumentan mas cuando hay precipitaciones pluviales. En este caso el agua de lluvia arrastra materiales que no habían sido arrastrados por el agua en condición normal, el agua de lluvia puede atraer consigo fibras y pelo el cual afecta negativamente operaciones de medición o bombeo, pero estas pueden ser separadas efectivamente en las rejillas, los materiales pueden ser clasificadas en finos y gruesos.

Las rejillas para finos, tienen aberturas entre 5 mm o menos. Estas están fabricadas de malla metálica de acero, se usan en lugar de tanques de sedimentación; pueden eliminar entre un 5 y 25% de material sólido en suspensión, sin embargo de un 40 a 60% se eliminan por sedimentación, este tipo de rejillas no es muy normal en su uso, según Ramalho (1990).

Rejillas o cribas para materiales gruesos, estos tienen una abertura de entre 4, 8 y 9 mm. Este tipo de rejilla se utiliza como un elemento de protección para que el material más grande no traspase y dañe equipo de bombeo o mecánicos, en ocasiones se utilizan trituradores en lugar de rejillas para después ser eliminados por sedimentación, esto de acuerdo a Ramalho (1990).

### **2.6.2.- Desarenadores o sedimentación.**

Se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar sólidos mas pesados que la materia orgánica en suspensión, tales como arena, grava y cenizas, protegiendo a equipo de bombeo y a otros equipos por el desgaste debido a la abrasión, y a su vez evita que estos lleguen a los tanques obstruyendo y ocasionando un taponamiento, esto según López (2002).

Para que los sólidos se puedan depositar en la parte inferior del canal este debe bajar la velocidad de corriente, manteniéndose en suspensión los sólidos orgánicos, es difícil solo separar las sustancias minerales ya que los restos de comida son de diámetros grandes y su velocidad de sedimentación es igual con la de la arena. Esto ocasiona que al momento de limpiar el desarenador este contenga partículas orgánicas las cuales causan malos olores si no se les proporciona un tratamiento, esto según López (2002).

Según López (2002), los desarenadores se deben ubicar justo después de las rejillas, esto sirve para evitar que las partículas grandes interfieran con el proceso de

aguas abajo. Durante las precipitaciones pluviales es cuando mayor cantidad de arena es arrastrada y es en el momento en el cual son necesarios los desarenadores, por este motivo su diseño debe considerar el manejo eficiente del agua pluvial.

### **2.6.3.- Flotación.**

Es un proceso que sirve para separar sólidos de baja densidad o partículas líquidas, la separación se lleva a cabo mediante la introducción de un gas en fase líquida, en forma de burbujas. La fase líquida se presuriza entre 2-4 atmósferas sucede en presencia de suficiente aire para lograr la saturación del aire, esto de acuerdo a Ramalho (1990).

### **2.6.4.- Igualación y Homogenización.**

Según López (2002), la utilización de tanques de igualación, después del tratamiento de aguas residuales preliminar permite la amortiguación de las variaciones de flujo mediante la igualación del pH, esto se logra mediante la unión de aguas acidas con bases y proporciona un caudal relativamente constante a los procesos del sistema que ayuda a mejorar el tratamiento.

Los tanques de igualación se pueden localizar ya sea en línea con el tratamiento o fuera de ella. En el primer caso, el tanque recibe todo el gasto del agua

residual y después se bombea hasta las siguientes unidades de tratamiento; en caso de que se encuentre fuera de ella el flujo excedente se transportara mediante una estructura derivadora.

## 2.7.- Tratamiento secundario.

Es el proceso complementario de la depuración de las aguas residuales, consiste en una serie de procesos químicos a los cuales son sometidos los efluentes del tratamiento primario, ya que las aguas aun contienen sólidos suspendidos que deben ser retirados para obtener una agua mas apropiada para disponerla finalmente en otros cuerpos receptores, según López (2002).

TRATAMIENTO FISICO QUIMICO	Precipitación química
	Coagulación química
	Floculación
TRATAMIENTO BIOLOGICO	SISTEMAS AEROBIOS
	MICROORGANISMOS EN SUSPENSION
	Lodos activados
	Lagunas aereadas
	Zanjas de oxidacion
	MICROORGANISMOS ADHERIDOS A UN MEDIO FIJO
	Filtros rociadores
	Biodiscos
	COMBINACIÓN
	Medio granular fluidizado
	Torres de madera resistente
	Lodos activados con medio fijo
	SISTEMAS ANAEROBIOS
	MICROORGANISMOS EN SUSPENSIÓN
	Tratamiento con contacto anaerobio
	Lecho fluidizado
	MICROORGANISMOS ADHERIDOS A UN MEDIO
Filtro anaerobio	
COMBINACIÓN	
Medio granular fluidizado	
LAGUNAS DE ESTABILIZACION	

Tabla. 2.2. Procesos y sistemas para el tratamiento secundario. (Fuente: López; 2002: 252).

## **2.8.- Tratamiento terciario o avanzado.**

Este tratamiento se define como el tratamiento adicional que se necesita para eliminar las sustancias suspendidas y disueltas que resultan después del tratamiento secundario, estas sustancias pueden ser materia orgánica suspendida, llevan consigo iones relativamente simples tales como potasio, sulfato, entre otros, esto según López (2002).

El tratamiento proporciona una etapa final para mejorar la calidad del agua al parámetro que se requiere antes de que sea descargado al ambiente receptor el cual puede ser el mar, un río o un lago; este proceso puede ser usado mas de una vez en una planta de tratamiento, para así tener una mejor calidad de agua, esto según la página electrónica [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) (2012).

## **2.9.- Disposición final de lodos.**

Los lodos resultantes de los tratamientos de las aguas residuales merecen consideraciones cuidadosas y los métodos seleccionados para la disposición de lodos no deberán crear problemas adicionales de contaminación, siendo aceptables las siguientes disposiciones:

- Relleno de terrenos.
- Aplicación en tierras de cultivo.
- Incineración.
- Disposición en lodos en el mar (en caso de ciudades costeras).

Rellenos de terrenos, este es el mejor para la disposición de lodos, ya sean residuos de cribas o de incineración, es posible este método cuando el terreno es adecuado, existe disponibilidad y su localización es apropiada, para ello deberán hacerse estudios de geología, hidrología y condiciones del suelo, esto servirá para garantizar que las aguas subterráneas estén protegidas, de acuerdo al Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales (2000).

Al final de cada día se deberá cubrir con 15 cm de tierra y compactarse, esto disminuye la generación de malos olores y la reproducción de insectos, se aconseja que se realicen pruebas para garantizar que el relleno no afecte las aguas subterráneas o aguas superficiales cercanas al terreno relleno.

El manual citado anteriormente, dice que, la aplicación a terrenos de cultivo, es un método económico de disposición, los lodos líquidos incluyen nutrientes y son fertilizantes para las plantas, no obstante el uso de los lodos crudos en terrenos de cultivo representa un gran riesgo para la salud, la aplicación de los lodos es de manera similar a los abonos, se recomienda la aplicación de 2 a 9 kg/m<sup>2</sup>.

De acuerdo al Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales (2000), la incineración, mas que un método para disposición final de lodos, es una operación la cual sirve para reducir el volumen, ya que las cenizas resultantes deberán disponerse adecuadamente, el peso de las cenizas es del 30% de los sólidos secos incinerados.

La disposición de lodos en el océano puede ser una solución posible para ciudades cercanas a la costa, este método demanda consideraciones demasiado



cuidadosas, ya que el fondo del océano posee un delicado ecosistema y la disposición de lodos es potencialmente peligrosa para la vida marina ya que ocasionaría la muerte de muchos peces.

La elección para el sitio de descargas de lodos requiere de un estudio científico profundo de las corrientes del agua, química del agua, temperatura, vientos y el tipo de biología marina existente, los sitios elegidos para la disposición de lodos debe tener fuertes corrientes para poder diluir los lodos y esto se hará por medio de tuberías o barcas.

## **2.10.- Desinfección.**

Según lo dicho por Guzmán y Arellano (2011), la desinfección es un proceso químico, el cual mata los organismos patógenos, existen dos tipos de desinfección la primaria y secundaria. La primera su objetivo principal es la de matar todos los organismos y la segunda se dedica a tener un desinfectante residual que previene el crecimiento de microorganismos en el sistema de distribución de agua.

### **2.10.1.- Desinfección con cloro y otros productos.**

El cloro en sus diferentes estados físicos ha sido utilizado como desinfectante en diversos países, esto debido a su efectividad y su bajo costo como supresor de bacterias en los sistemas de distribución de agua. Sin embargo, bajo diferentes

circunstancias, el cloro produce subproductos que son peligrosos como el triclorometano, esto de acuerdo a Guzmán y Arellano (2011).

Los grandes sistemas de tratamiento de aguas residuales comúnmente utilizan gas cloro suministrado en forma líquida por medio de cilindros presurizados, mientras tanto los sistemas pequeños normalmente usan hipoclorito sodio o de calcio, debido a que son muy sencillos de emplear y estos no representan un riesgo como el gas cloro.

Existen otros productos que sirven para la desinfección del agua tales como el ozono, el cual requiere de menos tiempo de contacto que el cloro para eliminar las bacterias patógenas, este gas es tóxico y se puede obtener haciendo pasar el oxígeno que se encuentra en el ambiente a través de dos electrodos, es un compuesto inestable que se puede generar en el sitio y tiene baja solubilidad en el agua. Una desventaja es que se debe usar un desinfectante secundario y su costo es muy elevado.

Según Guzmán y Arellano (2011), la radiación ultravioleta o rayos UV, es un sistema muy eficaz para la eliminación de bacterias y virus, pero al igual que el ozono también necesita un desinfectante secundario. Los rayos UV son útiles para sistemas pequeños de tratamiento porque tiene una disponibilidad inmediata, teniendo como ventajas que no produce desechos tóxicos, su tiempo de contacto es corto, el equipo usado es fácil de operar y dar mantenimiento.

### **2.11.- Localización de la planta de tratamiento.**

Uno de los factores principales que llegan a afectar la elección del terreno en el cual se pretende construir la planta de tratamiento de aguas residuales es la topografía del área, la aproximación al efluente que será tratado y la distancia a la comunidad que será beneficiada, de ser esto posible la localización de la planta estará en la parte mas baja de la comunidad para que el agua fluya por gravedad y no sea necesario el uso de estaciones de bombeo, esto de acuerdo al Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales (2000).

Debe de estar localizada en lugares donde este protegida por posibles inundaciones, también donde el viento no traslade malos olores a zonas pobladas y donde en el curso del año los accesos son transitables. Debe pensarse a futuro dejando un área considerable para expansiones posteriores.

### **2.12.- Estructuración.**

Las cimentaciones para las plantas de tratamiento de aguas residuales son iguales a las de otro tipo de estructuras, sin embargo debido a la topografía del terreno donde se localizará la planta de tratamiento, podrían ser necesarias algunas consideraciones especiales, tales como la colocación de pilotes o algún otro tipo de cimentación especial.

De acuerdo al Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales (2000), la cimentación utilizada para la planta deberá

construirse con concreto reforzado; así como diseñado para soportar presiones hidráulicas y el peso volumétrico producido por el agua, también teniendo en consideración las condiciones de carga del suelo. Las estructuras deberán ser diseñadas y construidas para que soporten temblores y huracanes donde se puedan presentar este tipo de fenómenos.

### **2.13.- Seguridad.**

En una planta de tratamiento de aguas residuales se requiere de dispositivos de seguridad, para evitar el ingreso de personas ajenas a la planta, esto se puede hacer colocando un alambrado, malla ciclónica y colocando letreros que digan prohibido el paso. Estos métodos de seguridad sirven para prevenir peligros tanto a personas que ingresen dentro del perímetro como a equipos electrónicos y así mismo evitando que ocurran ahogados en las lagunas y tanques, esto según el Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales (2000).

### **2.14.- Mantenimiento.**

El mantenimiento es la facultad de poder mantener en buen estado el equipo de operación de una planta, logrando que tanto las estructuras como otros servicios relacionados con el tratamiento cumplan correctamente con los objetivos para los

cuales fueron diseñados y puestos en funcionamiento, el mantenimiento debe de cumplir con las siguientes reglas:

1. Mantener la planta limpia y en orden.
2. Establecer un plan sistemático para la ejecución de las operaciones diarias.
3. Establecer una rutina de inspección de los sistemas mecánicos.
4. Tener datos de cada pieza del equipo mecánico y eléctrico.
5. Observar todas las instrucciones de seguridad.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

El presente capítulo muestra las características climatológicas, geológicas y topográficas, así mismo se muestran las características físicas del objeto de estudio, una recopilación sobre las actividades comerciales presentes en la zona. Además se describe la principal hidrografía presente, así como la localización geográfica del sitio en el cual tiene lugar la investigación, también la conveniente solución a las interrogantes en estudio.

#### **3.1.- Generalidades.**

El estado de Michoacán forma parte de los 32 estados con los que cuenta el país, Ario de Rosales es uno de los 113 municipios que integran el estado de Michoacán y su nombre se interpreta como lugar donde se mandó o desde donde se mandó decir algo. En el año de 1815, se estableció en esta Ciudad el Primer Tribunal de Justicia de la Nación, antecedente de la Suprema Corte de Justicia, esto de acuerdo a la pagina electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012).

Ario se encuentra aproximadamente a 107 km al sur de la capital de Michoacán y a 46 km de Pátzcuaro, colindando al norte con el municipio de Salvador Escalante, al este con Turicato y Tacámbaro, al sur con La Huacana y al oeste con Nuevo Urecho y Taretan. Cuenta con una extensión territorial de 694.60 km<sup>2</sup>, lo cual

representa el 1.18% del territorio del estado, de acuerdo con el conteo de población y vivienda, Ario tiene 34,848 habitantes, esto según la página electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012).

La flora presente, está compuesta por bosque mixto, predominando especies como la ceiba, oyamel, encino, cedro, tepeguaje, huizache, parota, cuirinde y pino, en cuanto a la fauna la componen especies silvestres como: la liebre, mapache, zorrillo, ardilla, cacomixtle, comadreja, venado; aves como la chachalaca, paloma, faisán, codorniz, gorrión y colibrí.

### **3.2.- Objetivo y alcance del proyecto.**

El objetivo primordial de esta investigación es el diseño de la planta de tratamiento buscando realizar un adecuado tratamiento a todas las aguas residuales y reducir la contaminación en los ríos, obteniendo el reúso de efluente tratado, cumpliendo con las leyes y normas que rigen en este medio.

Por otra parte, el sector estudiantil del área de Ingeniería Civil es uno de los principales beneficiarios con la investigación, sirviendo esta como base para posteriores investigaciones relacionadas con la misma; toda la información recopilada en esta investigación puede ser utilizada como banco de información para la biblioteca de la institución.

### **3.3.- Entorno geográfico de Ario de Rosales.**

El margen geográfico es un medio que no ha sido transformado de manera por la sociedad, esto abre la posibilidad de poder ejecutar dicho proyecto, dando una oportunidad para mejorar la calidad de vida a los habitantes de esta población y el tratamiento de las aguas residuales así como la limpieza de la barranca Los Guajolotes.

En la actualidad el entorno geográfico se compone principalmente de bosque mixto, así como de huertas, algunos predios y la barranca el cual es el sitio de investigación, la colonia más cercana al sitio de investigación se conoce como Loma linda que se encuentra al sur de los límites de la ciudad, terminando esta a unos metros antes del lugar de estudio. Convirtiéndose la colonia en el acceso principal a la zona de investigación.

### **3.4.- Macro y micro localización.**

La investigación tiene lugar en el municipio de Ario de Rosales, Michoacán, la localidad se encuentra ubicada a las coordenadas 19° 12' latitud norte y 101° 40' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Ario de Rosales esta situado en el Estado de Michoacán, el cual integra los 32 estados que conforman la Republica Mexicana, ubicándose al sur del mismo.

En el siguiente mapa de México se ubica primeramente la localización del Estado de Michoacán para tener una mayor apreciación de la zona de investigación





Imagen 3.1. Ubicación de Michoacán. (Fuente: [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), 2012).

### 3.4.1.- Macro localización.

Una vez ubicado dentro del país y del estado de Michoacán, se procede con la localización geográfica del municipio de Ario de Rosales, por medio de la siguiente imagen se da a conocer la ubicación y la colindancia con otros municipios.



Imagen 3.2. Ario de Rosales, Michoacán. (Fuente: [www.mexico24.org](http://www.mexico24.org), 2012).

Para acceder al municipio de Ario de Rosales se puede llegar por diferentes localidades, ya sea por el lado de la capital pasando por Pátzcuaro y Santa Clara del Cobre, por el lado sur La Huacana, y al oeste por Nuevo Urecho.

### 3.4.2.- Micro localización.

Fuera de la urbanización de la localidad de Ario de Rosales a 1.5 km al sur de la ciudad, se encuentra la barranca Los Guajolotes la cual se utiliza como diluyente de las aguas residuales del municipio, cerca se localiza un predio federal en el que se pretende construir la planta de tratamiento, en la siguiente imagen se muestra su ubicación.



Imagen 3.3. Imagen satelital del predio y la barranca Los Guajolotes. (Fuente: Programa Google Earth).

Por el tipo de obra y su función, la Planta de Tratamiento se debe localizar fuera de la localidad teniendo así una sola entrada por la colonia loma linda protegiendo a la población enfermedades y daños a la salud que ocasiona este tipo de tratamiento.

### **3.5.- Topografía.**

La topografía en Ario se caracteriza por tener desniveles no muy grandes, ya que se encuentra rodeada de cerros, en el sitio de investigación se presentan algunos desniveles no muy significativos los cuales no afectan de manera especial el diseño de la planta de tratamiento.

El predio marcado para la investigación se encuentra en la parte sur de la urbanización donde el aspecto geográfico no es diferente, se presenta un desnivel que facilita el movimiento del agua y no perjudica en gran medida la investigación. Ario de Rosales es terreno rodeado de montañas y eso indica que se presentan algunos desniveles, pero en el predio no se presentan grandes cambios que marquen diferencia.

### **3.6.- Economía.**

La economía del municipio se basa en los cultivos tales como el aguacate que es parte fundamental de la economía del estado de Michoacán, entre otros cultivos destacan: el maíz, la caña de azúcar, la guayaba, limón, jitomate. Dedicándose también a la ganadería de diferentes especies para comercializar y consumir.

Dentro de la localidad se encuentran pequeños comercios que brindan servicios, tiendas departamentales y pequeños negocios de artesanías tales como la talabartera fina, cuenta con hoteles, restaurantes y empresas prestadoras de servicios. Dando a la ciudad movimiento económico para todos sus habitantes ya sea en su propio negocio o laborando para una micro empresa.

### **3.7.- Hidrología y clima de Ario de Rosales.**

El municipio pertenece a las regiones hidrológicas del Balsas y Costa de Michoacán, siendo sus recursos hidrológicos principalmente proporcionados por los ríos El Taridán del Carmen, Paso Real, Los Negros y de los Magueyes, contando también con manantiales como El Tanácuaro y Las Limas, esto según la pagina electrónica [www.Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org), (2012).

El clima de esta región es templado con lluvias en verano, sin cambio invernal, la temperatura media anual es de 25°C, con máxima de 28.9°C y una mínima de 9.5°C. El régimen de lluvias se registra entre los meses de mayo y agosto, contando con una precipitación aproximadamente de 761.6 milímetros de agua pluvial.

### **3.8.- Estado físico anterior y reporte fotográfico.**

En la primera visita realizada, para obtener así una apreciación somera del proyecto y con el fin de observar el problema que se pretende solucionar. Se regresó al predio una segunda vez para así de forma más detallada y meticulosa observar las condiciones físicas en que se encuentra el sitio de estudio.

Con el fin de realizar una interpretación del sitio de estudio se presenta un reporte fotográfico describiendo cada una de las imágenes, en las cuales se muestra en esencia las condiciones en las que se encuentra el predio, observando las ventajas y desventajas de este para la construcción de la planta.



Imagen 3.4. Camino de acceso al predio de construcción de la PTAR y línea de colectores de agua residual. (Fuente: Propia)

Camino de acceso al predio hacia el sur en los límites del municipio y de la colonia Loma Linda



Imagen 3.5. Vista sur del predio al margen derecho de la Barranca Los Guajolotes. (Fuente: Propia.)

Dentro del predio para la Planta de Tratamiento, comenzando con limpieza y trazo para posteriormente iniciar con excavaciones y movimiento de tierra.



Imagen 3.6. Superficie destinada para la construcción de la PTAR. (Fuente: Propia.)

### **3.9.- Alternativas de solución.**

En este proyecto de investigación que es el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, para el tratamiento y reusó del efluente evitando así la contaminación ambiental a su vez proteger la salud de la población, llegando toda el agua residual de la localidad a este punto por medio de colectores y a base de lagunas de estabilización tratarla logrando así detener un poco los contaminantes orgánicos e inorgánicos vertidos a los mantos acuíferos que cada vez están más contaminados; se dan alternativas de solución y esta es la más factible a utilizar para esta localidad.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En el presente capítulo se habla de los temas relacionados con la metodología, se presenta una breve conceptualización de los diferentes métodos empleados para el desarrollo de la presente obra, así como también del enfoque, alcance y diseño de esta investigación, también se habla sobre los instrumentos utilizados para la recopilación de información, a su vez pretende describir el proceso seguido para la realización de la investigación de este trabajo.

#### **4.1.- Método empleado.**

El método científico es inductivo, ya que en éste se observan fenómenos para poder encontrar leyes o campos no descubiertos por el ser humano. Resulta ser lento, debido a que se apoya directamente en los conocimientos propios que posee el investigador, dominando la materia y conociendo bien el campo del cual se pretende realizar la investigación propuesta. Para que dicha investigación se pueda llevar a cabo el investigador formula ciertas posibilidades las cuales son la base del tema que se pretende abordar, esto de acuerdo a Mendieta (2005).

Para formar una hipótesis el investigador, debe apoyarse en los conocimientos ya comprobados, estos deben relacionarse con el sistema de conocimientos y conducir a la previsión teórica de los aspectos aun no descubiertos. Con el trabajo realizado por el investigador, este enriquece más sus conocimientos y descubre a su vez fenómenos que ajustan o modifican la hipótesis inicial, esto según Mendieta (2005).



El método matemático. En las matemáticas es el genético que indica el origen del objeto, el número entero es originado por la adición indefinida de una unidad misma, este método es usado comúnmente para hacer comparaciones económicas, volúmenes, capacidades, estadísticas, etc., según Mendieta (2005).

Por lo tanto, para la presente investigación se utilizó el método científico matemático, ya que se necesitan diferentes procesos para poder llevar una investigación verídica, la cual se pueda comprobar fácilmente, mediante la solución de problemas.

#### **4.2.- Enfoque de la investigación.**

De acuerdo a Hernández y Cols (2004), el tipo de enfoque que se llevó en este trabajo es el cuantitativo, ya que cuenta con una serie de resultados numéricos secuenciales y probatorios los cuales no podemos brincar o eludir alguno de los pasos o etapas ya que lleva un orden riguroso, aunque se pueden redefinir algunas fases. Este enfoque tiene las siguientes características:

1. El investigador tendrá que plantear un problema de estudio, realizando preguntas sobre un tema.
2. Una vez de haber planteado el problema el investigador tendrá que tomar en cuenta la información existente sobre este tema, formando una marco teórico del mismo, del cual se derivaran una serie de hipótesis verificando si son o no correctas, si son incoherentes las hipótesis se formula una nueva, sustentándola con la teoría.

3. Para realizar una hipótesis se debe de recolectar y analizar antes los datos.
4. La recolección de datos deberá de ser clara para que la investigación sea creíble y aceptada por otros investigadores del mismo tema.
5. Ya que los datos se representan por medio de mediciones las cuales se representan por números, se deberán analizar por un método estadístico.
6. En el proceso se busca obtener el máximo control para que otras explicaciones diferentes a las del estudio sean desechadas, logrando con esto minimizar el error, por esta razón se confía en las pruebas de causa-efecto.
7. El estudio cuantitativo se explica mediante las predicciones de la hipótesis y los estudios previos del tema, el análisis es la explicación de como los resultados encajan en el conocimiento ya existente.
8. La investigación cuantitativa debe de ser lo mas clara posible, el investigador deberá evitar que sus temores, creencias y tendencias influyan en los resultados del estudio.
9. Los análisis cuantitativos siguen un proceso u orden y esto se debe de tener en cuenta a la hora de la recolección de los datos del tema.
10. En la investigación cuantitativa se pretende generalizar los resultados obtenidos, buscando también que los estudios efectuados puedan replicarse.
11. Ya con los estudios cuantitativos se busca explicar y predecir los fenómenos ya investigados para buscar regularidades entre elementos.

12. Si se sigue los procesos rigurosamente con lógica los datos generados poseen los estándares de validez y confiabilidad, logrando así una investigación que generara conocimientos.
13. El investigador busca poner a prueba de manera lógica la hipótesis y la teoría que se tomó.
14. El estudio cuantitativo pretende identificar las leyes universales y las causales.
15. La búsqueda del enfoque cuantitativo ocurre de manera externa al individuo, conduciendo a una explicación sobre la realidad con esta investigación.

#### **4.2.1.- Alcance de la investigación.**

De acuerdo a Hernández y Cols (2004), el alcance descriptivo: consiste en que el investigador tiene la meta de describir fenómenos, situaciones o eventos, detallando como suceden y se manifiestan. Pretende recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos a los que se refiere el tema.

Este tipo de estudio se aborda en el presente trabajo, ya que se busca especificar las propiedades y las características de las personas, grupos, procesos o cualquier otro fenómeno que se pueda presentar el cual se someterá a un análisis

Los análisis descriptivos muestran el alcance que puede tener un fenómeno, suceso o evento explicando como suceden y manifiestan, para esto el investigador deberá ser capaz de observar todas las variables de que o de quienes se abordaran los estudios de la investigación.

#### **4.2.2.- Diseño de la investigación.**

De acuerdo a Hernández y Cols (2004), la investigación no experimental, se trata de que el investigador observe fenómenos tal como suceden en su entorno natural, sin manipularlos para así posteriormente analizar, los datos obtenidos del estudio realizado y así respaldar la teoría antes propuesta.

Por lo tanto, el diseño de esta investigación será no experimental, ya que no se afectarán variables con algún otro valor para ver su efecto sobre otras variables, se utilizaran valores establecidos los cuales ya no se tiene la posibilidad de manipular porque ya sucedieron, sin embargo si se pueden hacer nuevos resultados por medio de la investigación.

#### **4.3.- Instrumentos de recopilación de información.**

Para la realización del presente trabajo se auxilia de herramientas que facilitan la investigación teniendo como finalidad obtener información verídica que ayude a corroborar toda la información que se presenta, los instrumentos ha utilizar para la realización de este trabajo son los siguientes:

- Autocad.
- Excel.
- Estación total.

Autocad, es un programa de computadora para el diseño de dibujo en dos y tres dimensiones, el cual servirá para la creación de planos así como el proceso de datos obtenidos por la estación total, para dibujar las curvas de nivel del terreno dedicado para el proyecto.

Excel, es una aplicación para computadora, la cual por medio de hojas de cálculo servirá para realizar cálculos mediante formulas y funciones, la creación de graficas, tablas, las cuales serán necesarias para los diferentes cálculos del proyecto.

Estación total, es un aparato electrónico, equipado con un distanciometro, el cual se utilizara para medir el terreno del proyecto, así como las curvas de nivel para posteriormente pasarlos a AUTOCAD para su digitalización e impresión.

#### **4.4.- Descripción en el proceso de investigación.**

Este presente trabajo lleva un orden desde la definición del agua residual, los problemas que existen en la actualidad con el agua, los riesgos de salud que ocasionan las aguas contaminadas, las leyes que rigen sobre el tratamiento de aguas residuales, así como los diferentes tratamientos que se le da al agua para que pueda tener un reuso.

Se buscara que se lleve una lógica en toda la información para que el estudio, sea claro y aceptable para otros investigadores de este mismo tema, posteriormente en los cálculos se llevará también un orden desde el calculo de la población hasta el gasto que lleva el efluente contaminado, las dimensiones de las excavaciones donde se colocaran las lagunas, el calculo de tubería donde pasara el agua y el reuso que se le dará al efluente.

## **CAPÍTULO 5**

### **CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

Dentro del presente capítulo de esta investigación se pretende dar solución a la incógnita planteada al inicio de la misma, teniendo en cuenta la forma de llegar al resultado esperado para obtener así un proyecto estructural seguro para dar solución al problema de aguas residuales en Ario de Rosales, presentado anteriormente.

#### **5.1.- Población del proyecto.**

Es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del periodo de diseño. Esta población se estima para cada grupo demográfico, a partir de datos censales históricos, las tasas de crecimiento, los planes de desarrollo urbano, su característica migratoria y las perspectivas de su desarrollo económico.

En la planeación de un sistema es necesario determinar la población de la localidad a futuro, sobre todo, al final del periodo económico de la obra, para lograr esto es necesario conocer la población actual y la forma como ha venido desarrollándose. Para obtener la estimación de la población de proyecto se debe tomar en cuenta la población inicial y la población futura.

Ario de Rosales, actualmente cuenta con una población de 34,848 habitantes y una tasa de crecimiento anual del 8.35%, esto de acuerdo al censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el 2010, de los cuales 16,595 habitantes pertenecen a la zona urbana y 18,253 corresponden a la zona rural de este municipio.

### 5.1.1.- Cálculo de la población actual y futura.

Debido a que no se cuenta con un registro confiable que demuestre con exactitud cómo ha venido desarrollándose el crecimiento de la población de Ario de Rosales, Michoacán, se empleará una fórmula, la cual permite conocer la proyección de la población en un tiempo determinado.

$$P = P_i (1 + T_c)^n$$

Donde:

**P:** Población que habrá en cierto periodo después de un tiempo determinado.

**P<sub>i</sub>:** Población que existe al iniciar el periodo de tiempo.

**T<sub>c</sub>:** Tasa de crecimiento promedio entre cada periodo consecutivo.

**n:** Periodo que hay entre P y P<sub>i</sub>. Es decir tiempo transcurrido entre la condición inicial y final.

Partiendo de esta fórmula y de los datos proporcionados por el INEGI mediante censos poblacionales obtenemos:

$$P = 16,595 (1 + 0.00835)^2$$

$$P = 16,595 (1.00835)^2 = 16,595 (1.01677)$$

$$P = 16,873 \text{ habitantes}$$

Población de proyecto año 2012

16,873 habitantes.

Para calcular la población futura se usarán los mismos parámetros, con la diferencia de que en este cálculo la población será a 18 años a partir del año actual, el cual representa el periodo de diseño, por lo que la conjetura se realizará para 20 años partiendo de los datos conocidos del censo realizado en el 2010 por el INEGI obteniendo así:

$$P = 16,595 (1 + 0.00835)^{20}$$

$$P = 16,595 (1.00835)^{20} = 16,595 (1.1809)$$

$$P = 19,597 \text{ habitantes}$$

Población de proyecto año 2030

19,597 habitantes.

## **5.2.- Periodo económico del proyecto.**

Es el número de años para el cual se diseña un proyecto bajo el supuesto de que durante ese periodo se proporcionará un servicio suficiente, sin incurrir en gastos necesarios. Se asocia el crecimiento permisible de la población al monto de inversión requerida y a las necesidades de operación.

### **5.2.1.- Periodo de diseño.**

El periodo de diseño es el intervalo de tiempo durante el cual la obra llega a su nivel máximo de saturación, este periodo debe de ser menor que la vida útil. Los periodos de diseño están vinculados con los aspectos económicos, los cuales están



en función del costo del dinero, esto es a mayores tasas de interés menor será el periodo de diseño. En la siguiente tabla se presentan los periodos de diseño recomendables para los diferentes elementos de los sistemas de agua potable y alcantarillado:

ELEMENTO	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)
Fuente	
Pozo	5
Embalse (Presa)	hasta 50
Línea de conducción	De 5 a 20
Planta potabilizadora	De 5 a 10
Estación de bombeo	De 5 a 10
Tanque	De 5 a 20
Distribución primaria	De 5 a 20
Distribución secundaria	A Saturación
Red de atarjeas	A Saturación
Colector y Emisor	De 5 a 20
<b>Planta de tratamiento</b>	<b>De 5 a 10</b>

Tabla 5.1. Periodo de diseño. (Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007.)

### 5.2.2.- Vida útil.

Es el tiempo que se espera que la obra sirva para los propósitos de diseño, sin ocasionar gastos de operación y mantenimiento elevados que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada en su totalidad por insuficiente, para evitar esto se deben tomar en cuenta todos los factores, características y posibles riesgos de cada proyecto en particular. En la siguiente tabla se indica la vida útil de algunos sistemas de agua potable y alcantarillado:

<b>ELEMENTO</b>	<b>VIDA ÚTIL (AÑOS)</b>
Planta Potabilizadora	
Civil	40
Electromecánica	De 5 a 20
Estación de Bombeo	
Civil	40
Electromecánica	De 5 a 20
Tanque	
Superficial	40
Elevado	20
Distribución Primaria	De 20 a 40
Distribución Secundaria	De 15 a 30
Red de Atarjeas	De 15 a 30
Colector y Emisor	De 20 a 40
<b>Planta de Tratamiento</b>	
<b>Civil</b>	<b>40</b>
<b>Electromecánica</b>	<b>De 15 a 20</b>

Tabla 5.2. Periodo de vida útil. (Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007.)

### 5.3.- Caracterización de las aguas residuales.

Después de los estudios toxicológicos realizados a las aguas residuales contenidas en el efluente de la barranca Los Guajolotes en el municipio de Ario de Rosales, se obtuvieron los siguientes parámetros para el diseño de la Planta de Tratamiento.

Parámetro	Concentración Total	Lim. Máx. Permisible	Unidad
Ph (campo).	7.49	5_10	Unidades
Conductividad eléctrica (campo).	603.63	N.A	µs/cm
Temperatura (campo).	21.13	N.A	°C
Materia Flotante (campo).	Presencia	Ausencia	
Demanda Bioquímica de Oxígeno.	423.73	150.00	mg/l
Demanda Química de Oxígeno.	503.28	N.A	mg/l
Sólidos Sedimentables.	0.80	1.00	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales.	53.55	150.00	mg/l
Grasas y Aceites Promedio Ponderado.	143.53	15.00	mg/l
Coliformes Fecales Media Geométrica.	2,400,000,000.00	1000.00	nmp/100ml
Nitrógeno Total.	29.43	40.00	mg/l
Fósforo Total.	19.46	20.00	mg/l
Gasto de descarga (proyecto).	30.00		Lps.

Tabla 5.3. Parámetros de diseño. (Fuente: Proyecto original.)

### 5.4.- Cálculo y diseño de la planta de tratamiento.

Para efectos de cálculo y diseño del canal de llegada, así como el pretratamiento y el tratamiento que será usado en la planta, se presentan los datos del proyecto, dados por el laboratorio de toxicología en términos, nomenclatura, así como valores y unidades.

Términos	Nomenclatura	Valores	Unidades
Dotación	Dotación	220.00	l/hab/día
Aportación (80% de la dotación)	Aportación	176.00	l/hab/día
Gasto medio.	Q med.	30	2592.00 (m <sup>3</sup> /d)
Demanda Bioquímica de Oxígeno.	DBO		423.73 (mg/l)
Coliformes Fecales.	No, Ni	2400000000.00	NMP/100ml
Temperatura de Diseño.	T		20.00 (°C)
Temp. Ambiente durante P. tratabilidad.	T1		23.00 °C
Tasa de Evaporación neta.	e		7 (mm/d)
Coliformes Fecales en el Efluente.	Ne		1000.00 (NMP/100ml)
Ancho de la laguna anaerobia.	Wa		14.26 (m)
Largo de la laguna anaerobia.	La		28.52 (m)
Profundidad de la laguna anaerobia.	Z1		4.50 (m)
Profundidad de la laguna facultativa.	Z2		2.0 (m)
Profundidad de la laguna de maduración.	Z3		1.5 (m)
Ancho de la laguna facultativa.	W		40.00 (m)
Largo de la laguna facultativa.	L		152.00 (m)
Ancho de la laguna maduración 1.	Wm1		51.00 (m)
Largo de la laguna maduración 1.	Lm1		90.00 (m)
Ancho de la laguna maduración 2.	Wm2		51.00 (m)
Largo de la laguna maduración 2.	Lm2		90.00 (m)
Ancho de la laguna maduración 3.	Wm3		51.00 (m)
Largo de la laguna maduración 3.	Lm3		90.00 (m)
Tiempo de residencia maduración 1.	TRHm1		6.00 días
Tiempo de residencia maduración 2.	TRHm2		6.00 días
Tiempo de residencia maduración 3.	TRHM3		6.00 días
Coef. Remoción de Coliformes	KT	0.65	días <sup>-1</sup>
Coef. Remoción DBO, facult. Y maduración	Ko	0.06	días <sup>-1</sup>

Tabla. 5.4. Datos del proyecto. (Fuente: Proyecto original.)

#### 5.4.1.- Canal de llegada.

A continuación se diseñará el canal de llegada de las aguas residuales, el cual se encuentra después de la tubería de alcantarillado, sirviendo esto para la

colocación de rejillas y el desarenador, logrando que sea más eficiente el sistema, proponiendo una velocidad mínima de 0.6 m/s

Suponiendo una sección rectangular con  $b= 60$  cm

$$Q= A \times V \quad A=Q/V$$

Como  $A=by$  (para canal rectangular)

$$\text{Entonces } 60y=A$$

**Para el gasto medio:**

$$Q_{\text{med}} = \frac{A(P)}{86,400}$$

Donde:

**Qmed:** Gasto medio.

**A:** Aportación de aguas residuales que es 176 l/hab/día de la tabla 5.4.

**P:** Población que es 19,597 habitantes.

$$Q_{\text{med}} = \frac{0.176(19,597)}{86,400}$$

$$Q_{\text{med}} = 0.0399 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{Q_{\text{med}}}{V}$$

Donde:

**A:** Área hidráulica.

**V:** Velocidad de 0.6 m/s.

**Qmed:** Gasto medio.

$$A = \frac{0.0399}{0.6}$$

$$A = 0.0665 \text{ m}^2 \quad A = 665 \text{ cm}^2$$

$60y=665$     $y=11.08$    Por lo tanto el tirante es:  $y_{\text{med}}= 11.08 \text{ cm}$

**Para gasto mínimo:**

$$Q_{\text{min}} = 0.5 \times Q_{\text{med}}$$

Donde:

**Qmin:** Gasto mínimo.

**Qmed:** Gasto medio.

$$Q_{\text{min}} = 0.5 \times 0.0399$$

$$Q_{\text{min}} = 0.01995 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{Q_{\text{min}}}{V}$$

Donde:

**A:** Área hidráulica.

**V:** Velocidad de 0.6 m/s.

**Qmin:** Gasto min.

$$A = \frac{0.01995}{0.6}$$

$$A = 0.03325 \text{ m}^2 \quad A = 332.5 \text{ cm}^2$$

$60y=332.5$     $y=5.54$    Por lo tanto el tirante es:  $y_{\text{min}}= 5.54 \text{ cm}$

**Para gasto máximo instantáneo:**

$$Q_{\max \text{ inst}} = M Q_{\text{med}}$$
$$Q_{\max \text{ inst}} = 1.10456 (0.0399)$$

$$Q_{\max \text{ inst}} = 0.04407 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{Q_{\max \text{ inst}}}{V}$$

Donde:

**A:** Área hidráulica.

**V:** Velocidad de 0.6 m/s.

**Q<sub>max inst</sub>:** Gasto máximo instantáneo.

$$A = \frac{0.04407}{0.6}$$

$$A = 0.07345 \text{ m}^2 \quad A = 734.5 \text{ cm}^2$$

$60y = 734.5$   $y = 12.24$  Por lo tanto el tirante es:  $y_{\max. \text{ inst.}} = 12.24 \text{ cm}$

El ancho total del canal será de 60 cm

### **Calculo hidráulico de la sección.**

Para efectos de este cálculo se presentan las siguientes fórmulas con su nomenclatura para el gasto mínimo, gasto medio y gasto máximo instantáneo.

$$S = \left( \frac{V \times n}{R h^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

Donde:

**V:** Velocidad de 0.6 m/s.

**n:** coeficiente de rugosidad de 0.013 para concreto simple.

**Rh:** Radio hidráulico.

**S:** Pendiente hidráulica.

$$Rh = \frac{A}{P}$$

Donde:

**Rh:** Radio hidráulico

**A:** Área hidráulica.

**P:** Perímetro.

$$P = b + 2y$$

Donde:

**P:** Perímetro.

**b:** Ancho de la sección.

**y:** Tirante del gasto máximo instantáneo.

**Para el gasto máximo instantáneo:**

$$P = 60 + 2(12.24) = 84.5 \text{ cm}$$

$$A = 735 \text{ cm}^2$$

$$Rh = \frac{735}{84.5} = 8.7 \text{ cm}$$

$$S = \left( \frac{0.6 \times 0.013}{0.087^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0.00158$$



Para obtener la velocidad real se toma la pendiente y el radio hidráulico obtenidos del gasto máximo instantáneo:

$$V = \frac{Rh^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

**V:** Velocidad.

**Rh:** Radio hidráulico.

**S:** Pendiente.

**n:** Coeficiente de rugosidad para concreto simple que es de 0.013.

$$V = \frac{0.087^{\frac{2}{3}} \times 0.00158^{\frac{1}{2}}}{0.013}$$

$$V = 0.60 \text{ m/s}$$

Las transiciones se contemplan no bruscas y para el cambio de sección circular a rectangular, para un trabajo hidráulico funcione bien el ángulo establecido es de 12° 30' y se calcula con la expresión siguiente:

$$L = \frac{10}{\tan \phi}$$

$$L = \frac{10}{\tan 12^\circ 30'}$$

$$L = 45.107 \text{ cm}$$

Se tendrá un canal de demasías en la transición con una compuerta manual para cuando sea necesario desviar el agua hacia el río, teniendo las mismas dimensiones que el canal de llegada a la planta.

#### 5.4.2.- Rejillas para el pretratamiento.

A continuación se presenta el diseño de las rejillas que servirán para el pretratamiento de aguas residuales, las cuales estarán colocadas después del canal de llegada, para el cálculo y diseño del sistema de cribado se proponen dos canales con rejillas de limpieza manual a partir de los siguientes datos:

- Mitad del gasto máximo instantáneo por ser dos canales 22.03 lts/s.
- Velocidad mínima del agua en el canal 0.60 m/s para evitar la sedimentación de sólidos orgánicos.
- Inclinación de rejillas de 60° con respecto a la horizontal.
- Se propone un espesor de barras de 0.005 m y una separación de 0.025 m.

**Con la ecuación de continuidad se determinará el área:**

$$Q = A \times V$$

Donde:

**Q:** Gasto.

**A:** Área.

**V:** Velocidad de 0.6 m/s que es la mínima.

$$(0.02203 \times 1.5) = A \times 0.6$$

$$A = 0.05507 \text{ m}^2$$

**Se propone un ancho de canal de .60 m**

$$A = b \times h$$

Donde:

**A:** Área.

**b:** Ancho del canal.

**h:** Altura.

**Despejando para obtener la altura.**

$$h = \frac{0.05507}{.60} = 0.0918 \text{ m}$$

**Cálculo de la suma de separaciones entre barras (bg)**

$$b = \left( \frac{bg}{e} - 1 \right) (S+e) + e$$

Donde:

**b:** Ancho del canal (mm).

**bg:** Suma de la separación entre barras (mm).

**e:** Separación entre barras (mm).

**S:** Espesor de las barras (mm).

$$600 = \left( \frac{bg}{25} - 1 \right) (5 + 25) + 25$$

**Despejando se obtiene:**

$$\frac{600-25}{30} = \left( \frac{bg}{25} - 1 \right)$$

$$bg = 480 \text{ mm} = 0.480 \text{ m}$$

**Hipotenusa:**

$$\frac{0.0918}{\text{sen } 60^\circ} = 0.106 \text{ m}$$

$$\text{Área libre} = 0.106 \times 0.480 = 0.0509 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.033045}{0.0509} = 0.65 \text{ m/s}$$

**Número de barras:**

$$n = \left( \frac{bg}{e} \right) - 1$$

Donde:

**n:** Número de barras.

**bg:** Suma de la separación entre barras (mm).

**e:** Separación entre barras (mm).

$$n = \left( \frac{480}{25} \right) - 1 = 18.20$$

Por lo tanto el número de barras serán 18

**Pérdida de carga en la rejilla:**

$$h = \beta \left( \frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{V^2 \text{sen } \theta}{2g}$$

Donde:

**h:** pérdida de carga.

**$\beta$ :** Factor de forma de las barras 2.42 para barras de forma rectangular.

**S:** espesor mínimo de las barras.

**e:** Separación entre barras (mm).

**V:** Velocidad de llegada del agua.

**Θ:** Angulo de inclinación de las barras.

**g:** gravedad.

$$h=2.42 \left( \frac{0.005}{0.025} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{0.65^2 \text{sen } 60}{2(9.81)} = 0.005267 \text{ m}$$

#### 5.4.3.- Canal desarenador.

A continuación se realizará el cálculo correspondiente para el diseño del canal desarenador, los cuales se encuentran después del sistema de cribado sirviendo para alojar arenas causantes de abrasión, para obtener sus dimensiones se presentan los siguientes valores:

- Temperatura de diseño de 20°C.
- Diámetro de las partículas es  $7.5 \times 10^{-3}$  m.
- Densidad del agua de 2,650 kg/m<sup>3</sup>.
- Gasto máximo extraordinario.

**Gasto máximo extraordinario:**

$$Q_{ME} = C_s (Q_{MI})$$

Donde:

**Q<sub>ME</sub>:** Gasto máximo extraordinario (lts/s).

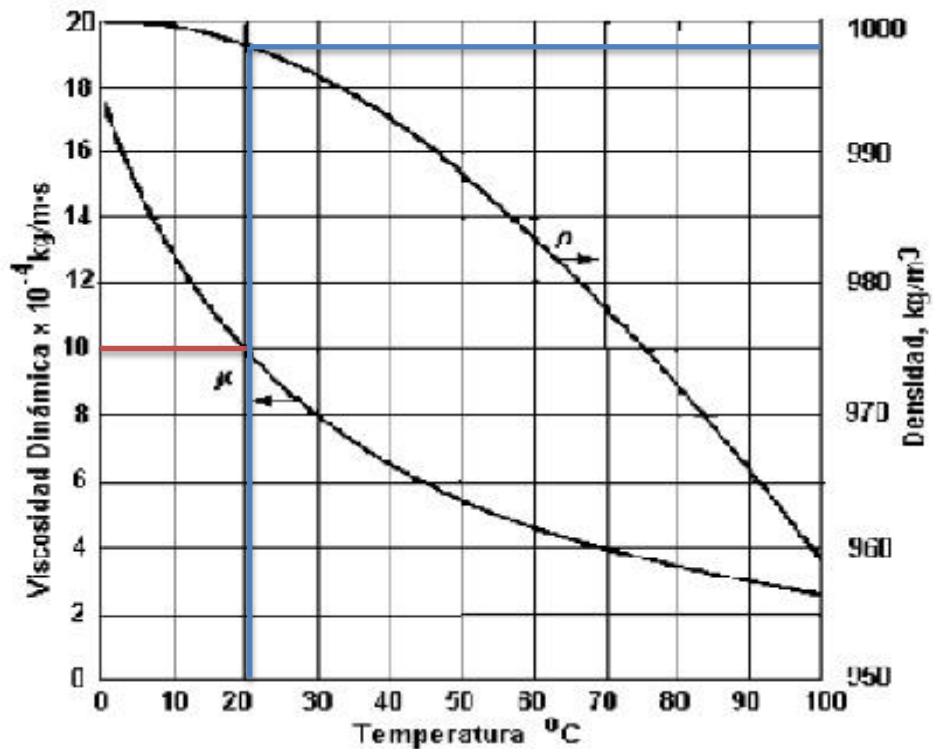
**C<sub>s</sub>:** Coeficiente de seguridad el cual es 1.5 por concepto de aguas pluviales.

**Q<sub>MI</sub>:** Gasto máximo instantáneo (lts/s).

$$Q_{ME} = 1.5 (44.07) = 66.10 \text{ lts/s}$$

### Viscosidad y densidad relativa:

Por medio de la temperatura de diseño y haciendo uso de la tabla de viscosidad y densidad del agua se obtienen los valores, viscosidad es igual a  $1.002 \times 10^{-4} \text{ kg m/s}^2$  y la densidad relativa es igual a  $998.2 \text{ kg/m}^3$ .



Grafica 5.1. Viscosidad y densidad relativa del agua en función de temperatura.

(Fuente: Ingeniería de sistemas de tratamiento, Valdez y Vázquez, 2003).

**Velocidad de sedimentación:**

$$V_s = \frac{g (P_p \times P_w) \times D^2}{18 \times \mu}$$

Donde:

**V<sub>s</sub>**: Velocidad de sedimentación.

**g**: Gravedad.

**P<sub>p</sub>**: Densidad del agua.

**P<sub>w</sub>**: Densidad relativa.

**D**: Diámetro de la partícula (mts).

**μ**: Viscosidad del agua (kg mts/s<sup>2</sup>).

$$V_s = \frac{9.81 (2,650 \times 998.2) \times (7.5 \times 10^{-3})^2}{18 \times 1.002 \times 10^{-4}}$$

$$V_s = 0.0081 \text{ m/s}$$

**Velocidad de arrastre:**

$$V_a = k \sqrt{(P_s \times 1) \times D}$$

Donde:

**V<sub>a</sub>**: velocidad de arrastre, m/s

**P<sub>s</sub>**: densidad relativa de la partícula que es 2.65

**D**: diámetro de la partícula, m

**k**: factor dimensional que depende de las características de los sedimentos y de la fricción entre las partículas. Para el caso que nos ocupa su valor es generalmente 125.

$$V_a = 125 \sqrt{(2.65 \times 1) \times 7.5 \times 10^{-5}}$$

$$V_a = 1.76 \text{ m/s}$$

**Velocidad de traslación horizontal:**

$$V = \frac{1}{3} (V_a)$$

Donde:

**V**: Velocidad de traslación horizontal (m/s).

**V<sub>a</sub>**: Velocidad de arrastre.

$$V = \frac{1}{3} (1.76)$$

$$V = 0.58 \text{ m/s}$$

**Área de la sección transversal del desarenador:**

$$A_h = \frac{Q}{V}$$

Donde:

**A<sub>h</sub>**: Área hidráulica de la sección transversal.

**V**: Velocidad de traslación horizontal (m/s).

**Q**: Gasto (m<sup>3</sup>/s).



$$Ah = \frac{0.0661}{0.58}$$

$$Ah = 0.114 \text{ m}^2$$

**Se propone un ancho de 0.60 m para así obtener la profundidad y la longitud:**

**Profundidad:**

$$h = \frac{Ah}{w}$$

Donde:

**h:** Profundidad (m').

**Ah:** Área hidráulica de la sección transversal.

**w:** Ancho (propuesto).

$$h = \frac{0.114}{0.60}$$

$$h = 0.19 \text{ m}$$

**Longitud:**

$$L = V \frac{h}{V_s}$$

Donde:

**L:** Longitud (m)

**h:** Profundidad (m').

**V:** Velocidad de traslación horizontal.

**Vs:** Velocidad de sedimentación.

$$L=0.58 \frac{0.19}{0.0081}$$

$$L=13.6 \text{ m}$$

#### 5.4.3.1.- Cálculo canal sutro.

A continuación se muestra el cálculo para el diseño del canal sutro con los datos siguientes:

1. Ancho de canal desarenador 0.60 m.
2. Gasto máximo extraordinario de 66.10 lts/s.
3. Altura del rectángulo 3 cm.
4. Velocidad de .60 m/s.

#### Tirante máximo.

$$Y_{\max} = \frac{Q_{ME}}{(B \times V)}$$

Donde:

**Y<sub>max</sub>**: Tirante máximo en el canal.

**Q<sub>ME</sub>**: Gasto máximo extraordinario (m<sup>3</sup>/s).

**B**: Ancho del canal desarenador (m).

**V**: Velocidad (m/s).

$$Y_{\max} = \frac{0.06610}{(.60 \times .60)}$$

$$Y_{\max} = 0.18361 \text{ m.}$$

**Obteniendo h con el tirante máximo:**

$$h = Y_{\max} - \frac{2}{3} a$$

Donde:

**h:** Altura del vertedor.

**a:** Altura del rectángulo.

**Y<sub>max</sub>:** Tirante máximo en el canal.

$$h = 0.1836 - \frac{2}{3} \times 0.03$$

$$h = 0.1636 \text{ m}$$

**Ancho del vertedor.**

$$b = \frac{\frac{Q_{ME}}{2}}{\sqrt{2ag} \left( h + \frac{2}{3} a \right)}$$

Donde:

**b:** Mitad del ancho del vertedor.

**Q<sub>ME</sub>:** Gasto máximo extraordinario (m<sup>3</sup>/s).

**a:** Altura del rectángulo.

**g:** Gravedad.

$$b = \frac{\frac{0.06610}{2}}{\sqrt{2 \times 0.03 \times 9.81} \left( 0.1636 + \frac{2}{3} \times 0.03 \right)}$$

$$b = 0.234 \text{ m.}$$

Para calcular la curvatura del vertedor se usa la siguiente ecuación:

$$X=b\left(1-\frac{2}{\pi}\tan^{-1}\sqrt{\frac{y}{a}}\right)$$

Donde:

**X:** Ancho en la curva del vertedor.

**b:** Mitad del ancho del vertedor.

**a:** Altura del rectángulo.

**Y:** Altura de la curva del vertedor respecto a "x".

En dicha fórmula se asumen valores para "Y" y se resuelve para "X" resultando la siguiente tabla:

Y (cm)	X(cm)
0	23.40
0.1	20.70
0.5	17.63
1.0	15.60
2.0	13.20
5.0	9.82
10.0	7.46
15.0	6.26
19.0	5.63

(Véase Anexo 1).

#### 5.4.4.- Cálculo lagunas anaerobias.

A continuación se presentan los cálculos pertinentes para el diseño de las dos lagunas anaerobias con uso de los datos obtenidos de los estudios de toxicología realizados previamente.

**Carga volumétrica:**

$$CV=20T-100$$

Donde:

**CV:** Carga volumétrica.

**T:** Temperatura de diseño 20° c de la tabla 5.4.

$$CV= 20(20)-100= 400-100$$

$$CV= 300 \text{ g/m}^3\text{d}$$

**Volumen:**

$$V= \frac{DBO \times Q \text{ med}}{CV}$$

Donde:

**V:** Volumen.

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno de 423.73 mg/l de la tabla 5.4.

**Qmed:** Gasto medio de 2592 m<sup>3</sup>/d de la tabla 5.4.

**CV:** Carga Volumétrica.

$$V= \frac{423.73 \times 1,296}{300}$$

$$V = \frac{549,154}{300}$$

$$V = 1,831 \text{ m}^3$$

**Tiempo de residencia hidráulico:**

$$\text{TRHa} = \frac{V}{Q_{\text{med}}}$$

Donde:

**TRHa:** Tiempo de residencia hidráulico.

**V:** Volumen.

**Qmed:** Gasto medio de 2592 m<sup>3</sup>/d de la tabla 5.4.

$$\text{TRHa} = \frac{1,831}{1,296}$$

$$\text{TRHa} = 1.41 \text{ días}$$

**Área:**

$$A = \frac{V}{Z_1}$$

Donde:

**A:** Área.

**V:** Volumen.

**Z1:** Profundidad de la laguna anaerobia de 4.5 m de la tabla 5.4.

$$A = \frac{1,831}{4.5}$$

$$A= 406.88 \text{ m}^2$$

**Ancho.**

$$\text{Ancho}= 14.26 \text{ m.}$$

**Largo.**

$$\text{Largo}= 28.52 \text{ m.}$$

**Relación largo/ancho.**

$$X1= \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}}$$

$$X1= \frac{28.52}{14.26}$$

$$X1= 2$$

**% de remoción de DBO para estación más fría.**

$$R=2T+20$$

Donde:

**R:** Remoción de DBO.

**T:** Temperatura de diseño de 20°C de la tabla 5.4.

$$R= 2(20)+20$$

$$R= 60\%$$

Para la estación cálida se tiene 60%.

**DBO para el efluente para la estación más fría.**

$$\mathbf{R\ DBO= \%R \times DBO}$$

Donde:

**R DBO:** DBO para diferente clima.

**% R:** porcentaje de remoción que es el 40% (0.4).

**DBO:** Demanda bioquímica de oxígeno de 423.73 mg/l de la tabla 5.4.

$$\mathbf{R\ DBO= 0.4 \times 423.73}$$

$$\mathbf{R\ DBO= 169.49\ mg/l}$$

#### **5.4.5.- Cálculo lagunas facultativas.**

A continuación se presentan los cálculos para el diseño de las lagunas facultativas que son receptoras del agua proveniente de las lagunas anaerobias, dichos cálculos serán obtenidos con los datos recabados de los estudios de toxicología realizados previamente a las aguas residuales.

**Carga superficial:**

$$\mathbf{Csf=250 (1.085)^{(T-20)}}$$

Donde:

**Csf:** Carga superficial.

**T:** Temperatura de diseño de 20°C de la tabla 5.4.

$$\mathbf{Csf=250 (1.085)^{(20-20)}}$$

$$\mathbf{Csf= 250\ kg}$$



**Carga orgánica:**

$$Co = Q \times RDBO$$

Donde:

**Co:** Carga orgánica.

**Q:** Gasto (lts).

**RDBO:** DBO para diferente clima (kg).

$$Co = 2,592,000 \times 0.00016949$$

$$Co = 439.32 \text{ kg/d}$$

**Ancho.**

$$\text{Ancho} = 40 \text{ m.}$$

**Largo.**

$$\text{Largo} = 152 \text{ m.}$$

**Área de la laguna:**

$$Af = L \times w$$

Donde:

**Af:** Área de la laguna.

**L:** Largo de 152 m de la tabla 5.4.

**w:** Ancho de 40 m de la tabla 5.4.

$$Af = 152 \times 40$$

$$Af = 6,080 \text{ m}^2$$

**Relación largo/ancho:**

$$X = \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}}$$

$$X = \frac{152}{40}$$

$$X = 3.8$$

**Volumen:**

$$V_f = w \times L \times Z_2$$

Donde:

**V<sub>f</sub>**: Volumen.

**w**: Ancho de 40 m de la tabla 5.4.

**L**: Largo de 152 m de la tabla 5.4.

**Z<sub>2</sub>**: Profundidad de la laguna facultativa de 2 m de la tabla 5.4.

$$V_f = 40 \times 152 \times 2$$

$$V_f = 12,160 \text{ m}^3$$

**Tiempo de residencia hidráulico:**

$$TRH_f = \frac{V_f}{Q_{med}}$$

Donde:

**TRH<sub>f</sub>**: Tiempo de residencia hidráulico.

**V<sub>f</sub>**: Volumen.

**Qmed:** Gasto medio.

$$\text{TRHf} = \frac{12,160}{1,296}$$

$$\text{TRHf} = 9.3 \text{ días}$$

### **Coefficiente de remoción de DBO**

$$\mathbf{R=2T+20}$$

Donde:

**R:** Coeficiente de remoción de DBO.

**T:** Temperatura de diseño de 20°C de la tabla 5.4.

$$R = 2(20) + 20$$

$$R = 60$$

**DBO del influente:**

$$\text{DBO} = 169.49 \text{ mg/l}$$

**DBO en el efluente de la laguna facultativa:**

$$\mathbf{DBO = DBO \text{ inf} \times \text{Coef.}}$$

Donde:

**DBO:** Demanda bioquímica de oxígeno de la laguna facultativa.

**DBO inf:** Demanda bioquímica de oxígeno del influente.

**Coef:** Coeficiente de remoción que es 0.4.

$$\text{DBO} = 169.49 \times 0.4$$

$$\text{DBO} = 67.8 \text{ mg/l}$$

#### **5.4.6.- Cálculo lagunas de maduración.**

A continuación se presenta el diseño de las tres lagunas de maduración, dichos cálculos serán obtenidos con los datos arrojados por los estudios de toxicología realizados previamente en la barranca Los Guajolotes en Ario de Rosales, Michoacán.

##### **Cálculo laguna de maduración 1:**

**Ancho de la laguna:**

$$Wm1 = 51 \text{ m}$$

**Largo de la laguna:**

$$Lm1 = 90 \text{ m}$$

**Relación largo/ancho:**

$$X = \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}}$$

$$X = \frac{90}{51}$$

$$X = 1.76$$

**Volumen:**

$$V = Wm1 \times Lm1 \times Z3$$

Donde:

**V:** Volumen.

**Wm1:** Ancho de 51 m de la tabla 5.4.

**Lm1:** Largo de 90 m de la tabla 5.4.

**Z3:** Profundidad de la laguna de maduración de 1.5 m de la tabla 5.4.

$$V=51 \times 90 \times 1.5$$

$$V= 6,885 \text{ m}^3$$

**Área:**

$$A= \frac{V}{Z3}$$

Donde:

**A:** Área.

**V:** Volumen.

**Z3:** Profundidad de la laguna de maduración de 1.5 m de la tabla 5.4.

**Cálculo laguna de maduración 2:**

**Ancho de la laguna:**

$$Wm2= 51 \text{ m}$$

**Largo de la laguna:**

$$Lm2= 90 \text{ m}$$

**Relación largo/ancho:**

$$X = \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}}$$

$$X = \frac{90}{51}$$

$$X = 1.76$$

**Volumen:**

$$V = Wm2 \times Lm2 \times Z3$$

Donde:

**V:** Volumen.

**Wm1:** Ancho de 51 m de la tabla 5.4.

**Lm1:** Largo de 90 m de la tabla 5.4.

**Z3:** Profundidad de la laguna de maduración de 1.5 m de la tabla 5.4.

$$V = 51 \times 90 \times 1.5$$

$$V = 6,885 \text{ m}^3$$

**Área:**

$$A = \frac{V}{Z3}$$

Donde:

**A:** Área.

**V:** Volumen.

**Z3:** Profundidad de la laguna de maduración de 1.5 m de la tabla 5.4.

**Cálculo laguna de maduración 3:**

**Ancho de la laguna:**

$$Wm3= 51 \text{ m}$$

**Largo de la laguna:**

$$Lm3= 90 \text{ m}$$

**Relación largo/ancho:**

$$X= \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}}$$

$$X= \frac{90}{51}$$

$$X= 1.76$$

**Volumen:**

$$V=Wm3 \times Lm3 \times Z3$$

Donde:

**V:** Volumen.

**Wm1:** Ancho de 51 m de la tabla 5.4.

**Lm1:** Largo de 90 m de la tabla 5.4.

**Z3:** Profundidad de la laguna de maduración de 1.5 m de la tabla 5.4.

$$V=51 \times 90 \times 1.5$$

$$V= 6,885 \text{ m}^3$$

**Área:**

$$A = \frac{V}{Z3}$$

Donde:

**A:** Área.

**V:** Volumen.

**Z3:** Profundidad de la laguna de maduración de 1.5 m de la tabla 5.4.

**Conclusión de resultados:**

Lagunas	Volumen(m <sup>3</sup> )	Área(m <sup>2</sup> )	TRH(d)	Largo	Ancho	Profundidad
Anaerobia(2)	3,662	814	1.41	28.5 m	14.2 m	4.5 m
Facultativa	12,160	6,080	9.3	152 m	51 m	2.0 m
Maduración(3)	20,655	13,770	18	90 m	51 m	1.5 m
<b>Total</b>		20,664	28.7	270.5	116.2	7.5 m

**Requerimientos:**

	DBO (mg/l)
Agua residual cruda	423.73
Efluente laguna anaerobia	169.49
Efluente laguna facultativa	67.8
Efluente ultima laguna de maduración	27.12

(Véase Anexo 2).



Luego de presentar los datos anteriores, se puede apreciar que el diseño de la planta de tratamiento es óptimo, ya que se inicia con un canal de llegada de sección rectangular con un ancho de 60 cm y un gasto máximo instantáneo de 44.07 lts/s, para justo después iniciar con el pretratamiento haciendo que el agua pase por medio de unas rejillas colocadas en dos canales cuyo gasto por canal es de 22.03 lts/s, para obtener este se colocarán 19 barras rectangulares de un espesor de 0.5 cm separadas a 2.5 cm una de la otra, reteniendo gran cantidad de desechos inorgánicos (basura, ramas, tela, etc.) haciendo más fáciles los procesos subsecuentes.

Posteriormente el agua residual pasará por un desarenador con el fin de eliminar los sólidos inorgánicos o comúnmente llamadas arenas contenidas en dichas aguas, este canal contará con un ancho de 60 cm y una longitud de 13.6 m concluyendo así al pretratamiento.

Después de haber dado un pretratamiento a las aguas residuales, se procede a depositarse en las lagunas de estabilización para disminuir la demanda bioquímica de oxígeno, que es la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación aerobia, al inicio del proceso es de 423.73 mg/l.

Esto se logra mediante las lagunas anaerobias, facultativas y de maduración, esto se consigue reteniendo el agua residual el mayor tiempo posible y necesario para que no se conviertan en aguas sépticas ya que si esto sucede sería imposible su tratamiento. El tiempo de retención total del agua en las lagunas es de 28.7 días obteniendo así una DBO del efluente de 27.12 mg/l, dándole el reúso a estas aguas dentro del campo de la agricultura.

## CONCLUSIONES

Dentro de este apartado se dará respuesta a los objetivos generales y particulares propuestos al inicio de la investigación, así mismo responder a la pregunta planteada sobre el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales a base de lagunas estabilizadoras en Ario de Rosales, Michoacán. Además se dará puntos de vista sobre datos interesantes que se hayan encontrado durante el desarrollo de la misma investigación.

Con respecto al objetivo general: Diseñar la planta de tratamientos de aguas residuales para la ciudad de Ario de Rosales, Michoacán, con el fin de realizar un adecuado tratamiento a todas las aguas residuales y reducir la contaminación en el río, obteniendo el reuso de afluente tratado, este objetivo se cumple con el diseño de la planta de tratamiento a base de lagunas estabilizadoras, obteniendo un tratamiento óptimo ya que el efluente tratado pasó de tener una DBO de 423.73 mg/l a 27.12 mg/l, logrando así una limpieza en el río y con la autodepuración bajará aun más la demanda bioquímica de oxígeno y obteniendo así un reuso dentro del campo de la agricultura.

En cuanto a los objetivos particulares, las aguas residuales, con la investigación si se logró dar cumplimiento al presente objetivo, ya que son todas aquellas aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas con desechos de diversos usos en el hogar o la industria.

El origen de las aguas residuales y desechos, provienen principalmente de, desechos humanos y animales, desperdicios caseros, corrientes pluviales y

desechos industriales, que al unirse se les denomina aguas negras, con esto se da cumplimiento a este objetivo.

Los tipos aguas residuales, son las aguas residuales combinadas, las cuales son la mezcla de aguas provenientes de una casa y las aguas de lluvias, con o sin algún tipo de contaminante de origen industrial. Aguas negras brutas o naturales, son todas aquellas que no han recibido ningún tipo de tratamiento antes de ser depositadas a un río. Aguas negras débiles, son aguas negras que contienen menos de 150 partículas por millón de sólidos suspendidos. Aguas negras domésticas, son las provenientes de viviendas, edificios comerciales e instituciones, con esta investigación se da cumplimiento al presente objetivo.

Con esta definición se cumple el objetivo ya que una planta de tratamiento consiste en una serie de procesos químicos, físicos y biológicos que sirven para eliminar todos los contaminantes existentes en el agua, los cuales son provenientes del uso humano e industrial. La principal función de la planta de tratamientos es la de limpiar eficientemente el agua y así poder regresarla al medio ambiente de donde fue obtenida anteriormente.

Tipos de plantas de tratamiento, existen dos tipos de tratamiento llamados sistemas de cultivo suspendido y sistemas de cultivo adherido, los cuales comprometen procesos biológicos, físico químicos, y en algunas ocasiones se presentan ambos procesos.

Los cultivos suspendidos obtienen su nombre por los microorganismos que se encuentran suspendidos en el agua residual ya sea células individuales, o como una

unión en racimos de las mismas denominados flóculos, en esta clasificación se encuentran los lodos activados y las lagunas de estabilización.

En los sistemas de cultivo adherido el agua residual se pone en contacto con películas microbianas que se encuentran adheridas a la superficie, dentro de esta clasificación se encuentran los filtros percoladores, biorres y los biodiscos, dando como resultado el cumplimiento del objetivo propuesto.

Pretratamiento y tratamiento secundario, con la definición de pretratamiento se da cumplimiento al objetivo ya que consiste en reducir sólidos que se encuentran en suspensión o el acondicionamiento de las aguas para su descarga en los receptores, con equipos como rejas y tamices, para pasar al tratamiento secundario.

Tratamiento secundario, es el proceso complementario de la depuración de las aguas residuales, consiste en una serie de procesos químicos a los cuales son sometidos los efluentes del tratamiento primario, ya que las aguas aun contienen sólidos suspendidos los cuales deben ser retirados para obtener una agua mas apropiada para disponerla finalmente en otros cuerpos receptores.

En la ciudad de Ario de Rosales es necesario implementar un tratamiento para las aguas residuales, que sea eficaz en la limpieza y reuso del cauce de un río y mejorar el ambiente que lo rodea.

Por lo cual en la presente investigación se realizó el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales a base de lagunas de estabilización, la cual con los resultados apreciados anteriormente se demostró que se tiene un tratamiento eficaz

ya que se logra la remoción de la materia orgánica disminuyendo el DBO en casi su totalidad haciendo que el efluente tratado tenga las condiciones para reincorporarse al medio ambiente mejorando su entorno e imagen y así darle un reuso a esas aguas dentro del campo de la agricultura.

En la realización de esta investigación se encontraron hallazgos teóricos importantes los cuales se presentan a continuación:

La problemática que existe en la actualidad con el agua ya que es considerado como un medio de vida para los seres vivos, ya que los asentamientos humanos son cercanos a ríos, lagos, manantiales, entre otros. En México las aguas superficiales se encuentran contaminadas por diferentes tipos de descargas haciendo que cada día se dañe más y más el agua.

Los sistemas de tratamiento de cultivo adherido y suspendido que son plantas de tratamiento sofisticadas en las cuales se utiliza mucho recurso tanto económico como terrenal, esto debido a las dimensiones de cada uno de sus procesos entre los cuales se encuentran: los filtros percoladores, biotorres, los biodiscos, lagunas de estabilización y los lodos activados

Los tipos de tratamiento de agua residual para pequeñas comunidades los cuales se pueden utilizar en localidades con escasos recursos como son las zonas rurales, en ellas se pueden emplear sistemas de tratamiento económicos, los cuales no requieren de personal calificado, comúnmente son personas que viven en el mismo lugar de la planta, estos tratamientos pueden ser: Humedales, pozos sépticos y tanque Imhoff.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Babbitt, Harold E Baumann, E; Robert (1975)  
Alcantarillado y tratamiento de aguas negras  
Edit. CECSA, México.
- CONAGUA (2003)  
Diseño de lagunas de estabilización  
Edit. CONAGUA.
- CONAGUA (2003)  
Guía para el manejo, tratamiento y disposición de lodos residuales de plantas de tratamiento residuales  
Edit. CONAGUA.
- CONAGUA (2003)  
Saneamiento rural  
Edit. CONAGUA.
- Constitución Política de los Estados Unidos mexicanos (2012).  
Diario oficial de la federación.
- Departamento de sanidad del estado de nueva York (1994)  
Edit. Limusa, México.
- Díaz Javier Arellano, Jaime Eduardo Guzmán Pantoja (2011)  
Ingeniería ambiental.  
Edit. Alfaomega, México.
- Hernández Sampieri Roberto y cols (2004)  
Metodología de la investigación  
Edit. Mcgraw Hill, México.
- Jiménez Cisneros Blanca Elena, Alma Chávez Mejía (2000)  
Tratamiento primario avanzado  
Edit. UNAM, México.

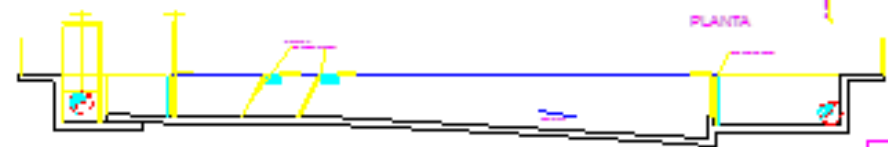
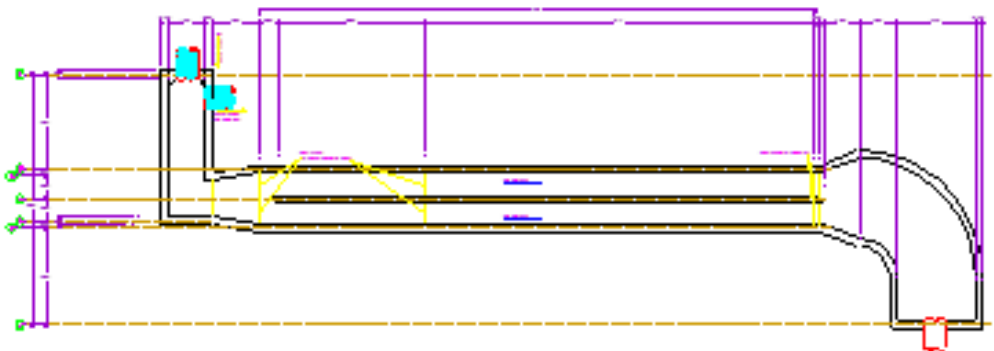
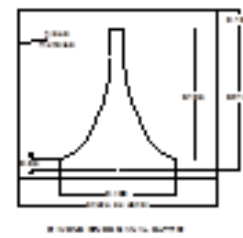
- Jurado Reyes Yolanda (2005)  
Técnicas de investigación documental  
Edit. Thompson, México.
- Ley de Aguas Nacionales, LAN (2011).  
Diario oficial de la federación.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, LGEEPA (2011).  
Diario oficial de la federación.
- López Ruiz Rafael (2002)  
Apuntes de tratamiento de aguas residuales  
Edit. UNAM, México.
- Manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.  
(2000)  
Edit. México.
- Mendieta Alatorre Ángeles (2005)  
Métodos de investigación y manual académico  
Edit. Purrua, México.
- R.S. Ramalho (1990)  
Tratamiento de aguas residuales  
Edit. Reverté S.A., México.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos, UNMSM (2006)  
Revista de investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Edit. UNMSM.
- Valdez Enrique cesar, Alba B. Vázquez Gonzales (2003)  
Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales  
Edit. ICA, México.

## OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

- [http://www.agua.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=category&id=29&Itemid=64](http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=category&id=29&Itemid=64)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad\\_del\\_agua](http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_del_agua)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas\\_residuales](http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_residuales)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_de\\_aguas](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas)
- <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2009/04/02/115734>
- <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/lagunas7.pdf>
- <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-4sas.htm>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales)
- <http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/tipostratamientos.html>
- [http://www.guascorpower.com/renovables\\_biogas\\_depuradora.php](http://www.guascorpower.com/renovables_biogas_depuradora.php)
- [http://www.akvo.org/wiki/index.php/Filtro\\_Percolador](http://www.akvo.org/wiki/index.php/Filtro_Percolador)



## **ANEXOS**



<b>PROYECTO DE OBRAS</b> DE RECONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		 <b>UNIVERSIDAD DON BOSCO</b>
TÍTULO:	FECHA:	
AUTOR:	ESCUELA:	GRUPO:
LUGAR:	FECHA:	GRUPO:

