



UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA CIVIL

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES  
SUPERFICIALES EN LA PARROQUIA “LA AMERICA” DEL CANTÓN  
JIPIJAPA, PROVINCIA DE MANABÍ”**

AUTOR: SOLORZANO BARTOLOME ALEJANDRO DANIEL

TUTOR: ING. PABLO GALLARDO ARMIJOS

JIPIJAPA – MANABÍ – ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

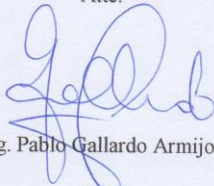
Ing. Pablo Gallardo Armijos

Certificó:

Haber asesorado el proceso de desarrollo del proyecto de investigación, titulada: "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES SUPERFICIALES EN LA PARROQUIA "LA AMERICA" DEL CANTON JIPIJAPA, PROVINCIA DE MANABI" cuyo autor es el Egdo. Solórzano Bartolomé Alejandro Daniel, portador de #C.I. 130988341-9 de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera Ingeniería Civil, proyecto elaborado de acuerdo a las normas técnicas de investigación que requiere el tema específico que fue propuesto y desarrollado daba la complejidad del mismo, y en coordinación a las bases normativas vigente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Habiendo cumplido en mi criterio con los objetivos del proyecto doy mi aprobación al mismo en que de sus partes que fueron consideradas necesarias y mínimas para que se dé el trámite respectivo.

Atte.



Ing. Pablo Gallardo Armijos

Tutor

### APROBACION DEL TRIBUNAL

Proyecto de Titulación Sometido a consideración de la Comisión de Titulación de la Carrera de ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Civil.

**TEMA:** "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES SUPERFICIALES EN LA PARROQUIA "LA AMERICA" DEL CANTÓN JIPIJAPA, PROVINCIA DE MANABÍ"

APROBADO POR EL TRIBUNAL EXAMINADOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.



.....  
Ing. Byron Baque Campozaño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



.....  
Ing. Glider Parrales Cantos Mg .Sc  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....  
Ing. Martha Alvarez Alvarez Mg .Sc  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....  
Ing. Humberto Guillen Morales Mg .Sc  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

#### **AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL**

El contenido, las ideas y opiniones del presente Proyecto de Investigación cuyo tema versa:, :“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES SUPERFICIALES EN LA PARROQUIA “LA AMERICA” DEL CANTÓN JIPIJAPA, PROVINCIA DE MANABÍ” son de exclusiva responsabilidad de su autor: Solorzano Bartolome Alejandro Daniel, egresado de la Facultad de Ciencias Técnicas de la carrera de Ingeniería Civil el mismo que autoriza a la Universidad Estatal del Sur de Manabi, hacer uso del contenido con fines estrictamente de investigación o académicos.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Jipijapa, 12 de Enero de 2019



**Solorzano Bartolome Alejandro Daniel**

**130988341-9**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis y toda mi carrera universitaria primeramente a Dios que me diste la oportunidad de vivir, por ser mi amigo, mi Fortaleza, darme todo lo que tengo y no dejarme caer nunca, quien ha estado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando días tras días y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten.

A MIS PADRES, Mariana y Glicerí, fuente de mi inspiración, razón de mi existencia, motivo de superación y esfuerzo para que esta obra tenga razón de ser.

A mi familia, hermanos mi esposa Laura Ramírez que fueron un apoyo incondicional, y a todas la personas que de una u otra formar estuvieron allí en este duro camino.

A LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE SUR DE MANABI, y a cada uno de los docentes que con su paciencia, asesoramiento nos han impartido sus conocimientos para nuestra formación académica

## **AGRADECIMIENTO**

El sentimiento de gratitud es uno de los valores primordiales de todo hombre de bien, y es además la memoria del corazón, por ello queremos dejar constancia de nuestro imperecedero agradecimiento al ser que nos dio la vida: DIOS, por habernos permitido llega a cristalizar este ideal.

A la Universidad Estatal del sur de Manabí, especialmente a quienes integran la facultad de ciencias técnicas carrera de ingeniería civil, quienes nos brindaron su apoyo.

Al Ing. Pablo Gallardo, Tutor de tesis, por su paciencia y voluntad para guiarme en las diferentes correcciones hasta culminar la elaboración de esta tesis.

Gracias a la vida que tenemos, a nuestros amigos, que más queremos y muy profundamente a todas y todos de quienes de una u otra forma han colaborado para el logro de esta meta.

Sabemos que éste es solo el comienzo de un largo camino que deberá estar fortalecido de conocimientos.

Gracias una vez más.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	CERTIFICACIÓN DEL TUTOR... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
	APROBACION DEL TRIBUNAL ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
	DEDICATORIA.....	V
	AGRADECIMIENTO .....	VI
	ÍNDICE DE CONTENIDO .....	VII
	RESUMEN.....	XIII
	ABSTRACT.....	XIV
1	INTRODUCCIÓN .....	1
2	OBJETIVOS.....	2
2.1	OBJETIVO GENERAL .....	2
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3	MARCO TEORICO .....	3
3.1.....		3
3.1	AGUA COMO ELEMENTO VITAL.....	3
3.2	AGUA RESIDUAL .....	4
3.2.1	TIPOS DE AGUA RESIDUAL .....	4
3.2.2	CARACTERÍSTICAS E IMPORTANCIA DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	4
3.2.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	5
3.2.4	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	5
3.2.5	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.....	5
3.2.6	DEPURACION DE AGUAS SERVIDAS.....	6
3.3	PRINCIPALES PROCESOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS.....	7
3.3.1	PROCESO DE LODOS ACTIVOS .....	7
3.3.2	ELEMENTOS BÁSICOS DE LAS INSTALACIONES DEL PROCESO	

<b>DE LODOS ACTIVADOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3.3 LAGUNAS AIREADAS.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3.4 APLICABILIDAD .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3.5 CLASIFICACIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3.6 VENTAJAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA LAGUNA AIREADA .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3.7 DESVENTAJAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA LAGUNA AIREADA .....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 DIGESTIÓN AERÓBICA .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4.1 FANGOS ACTIVOS.....</b>	<b>10</b>
<b>3.4.2 FILTROS PERCOLADORA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.4.3 SISTEMAS BIOLÓGICOS DE CONTACTO ROTATORIO.....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.4 HUMEDALES SUPERFICIALES.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4.5 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>3.5 LINEAMIENTOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5.1 CARACTERÍSTICAS.....</b>	<b>17</b>
<b>3.5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....</b>	<b>17</b>
<b>3.5.3 AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5.4 AGUAS RESIDUALES PECUARIAS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5.5 AGUAS RESIDUALES AGRÍCOLAS.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5.6 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5.7 AGUAS RESIDUALES DE ESCORRENTÍA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.5.8 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES .....</b>	<b>19</b>
<b>3.5.9 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....</b>	<b>20</b>

<b>COLOR</b> .....	<b>20</b>
<b>TURBIEDAD</b> .....	<b>20</b>
<b>SOLIDOS</b> .....	<b>20</b>
<b>MATERIA FLOTANTE</b> .....	<b>20</b>
<b>3.5.10 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b> .....	<b>20</b>
<b>3.5.11 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS</b> .....	<b>22</b>
<b>3.5.12 PRINCIPALES TIPOS DE TRATAMIENTOS EN LAS AGUAS RESIDUALES</b> .....	<b>22</b>
<b>3.5.13 PRE-TRATAMIENTOS</b> .....	<b>23</b>
<b>3.5.14 REJILLAS</b> .....	<b>23</b>
<b>3.5.15 LOS TAMICES</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5.16 LOS MICROFILTROS</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5.17 LOS DESARENADORES</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5.18 LOS DESENGRASADORES</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5.19 TRATAMIENTO PRIMARIO</b> .....	<b>25</b>
<b>3.5.20 FOSA SÉPTICA</b> .....	<b>25</b>
<b>3.5.21 TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO</b> .....	<b>26</b>
<b>3.5.22 RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES</b> .....	<b>26</b>
<b>3.6 PARAMETRO DE DISEÑO DE HUMEDALES</b> .....	<b>27</b>
<b>3.7 DIMENSIONES DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL BASADO EN LA CARGA ORGÁNICA (DBO5) POR EL ÁREA (MÉTODO ANALÍTICO DE REED Y OTROS 1995).</b> .....	<b>29</b>
<b>3.7.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)</b> .....	<b>29</b>
<b>3.7.2 PROFUNDIDAD DE LA CELDA</b> .....	<b>29</b>
<b>3.7.3 DETERMINACIÓN DEL ÁREA SUPERFICIAL</b> .....	<b>29</b>
<b>3.7.4 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA</b>	<b>30</b>

3.7.5	VOLUMEN DEL HUMEDAL .....	30
3.7.6	ÁREA SUPERFICIAL .....	30
3.7.7	ANCHO DEL HUMEDAL .....	31
3.7.8	ÁREA SOLICITADA PARA LA NITRIFICACIÓN .....	31
3.7.9	CONSTANTE DE REACCIÓN DE PRIMER ORDEN .....	32
3.7.10	MEDIDA DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES .....	37
4	MATERIALES Y MÉTODOS .....	40
4.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	40
4.1.1	INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	40
4.1.1	INVESTIGACIÓN DE CAMPO .....	40
4.1.2	INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA:.....	40
4.2	MÉTODOS DE INVESTIGACION.....	40
4.2.1	MÉTODO DEDUCTIVO.....	40
4.2.2	MÉTODO INDUCTIVO .....	40
4.2.3	MÉTODO CUALITATIVO.....	41
4.3	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	41
4.4	INSTRUMENTOS .....	41
4.5	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	41
4.6	POBLACION .....	41
4.7	MUESTRA .....	41
5	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	42
5.1	LINEAMIENTO .....	42
5.1.1	UBICACIÓN .....	42
5.1.2	CONTEO POBLACIONAL .....	42
5.1.3	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	43
5.1.4	SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	43

<b>5.2</b>	<b>OBJETIVO 1.....</b>	<b>45</b>
<b>5.3</b>	<b>DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO.....</b>	<b>45</b>
<b>5.4</b>	<b>OBJETIVO 2.....</b>	<b>48</b>
<b>5.5</b>	<b>DETERMINAR EL CAUDAL DE LAS AGUAS RESIDUALES PRODUCIDAS POR LA PARROQUIA “LA AMERICA” .....</b>	<b>48</b>
<b>5.6</b>	<b>OBJETIVO 3.....</b>	<b>49</b>
<b>5.7</b>	<b>DISEÑAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA PARROQUIA “LA AMÉRICA” .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>
	<b>.....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Proceso de lodos activados .....	7
Gráfico 2	Esquema de Lagunas aireadas .....	9
Gráfico 3	Esquema general laguna .....	10
Gráfico 4	Estacion depuradora mediante el proceso de fangos activados .....	11
Gráfico 5	Filtro biológicos percoladores.....	12
Gráfico 6	humedales artificiales.....	15
Gráfico 7	lagunas de estabilización.....	15
Gráfico 8	Rejillas de desbaste. ....	23
Gráfico 9	Ecuaciones referencial .....	27
Gráfico 10	Concentración de MES a lo largo de un humedal.....	34
Gráfico 11	Esquema de las zonas de tratamiento en un SFS: zona de entrada (inlet zone), zona inicial de tratamiento (zone 1), zona final de tratamiento (zone 2) y zona de salida (outlet zone).....	36
Gráfico 12	Ubicación del sitio .....	40
Gráfico 13	Aforo de Caudal.....	43
Gráfico 14	Junco .....	50

## RESUMEN

La parroquia La América perteneciente al Cantón Jipijapa ha estado enmarcado a un desarrollo demográfico y por ende al crecimiento comercial destinado a la agricultura, factor por el cual exige un incremento en la dotación de recursos hídricos; los cuales son deficientes y mal aprovechados en la población trayendo consigo como consecuencia la escasez de agua en fuentes superficiales, subterráneas y la poca presencia de lluvias que provocan sequías, produciendo de esta manera pérdidas en la calidad y desarrollo de los cultivos.

El mal manejo de las aguas residuales es uno de los problemas que más contribuye a la contaminación ambiental ya que a más de su mala reutilización, la falta de depuradoras y un tratamiento adecuado, hace que la auto depuración de los ríos se vuelva cada vez más difícil de tal modo que se origine la degradación del recurso hídrico. Como consecuencia de este tipo de sistemas se genera un impacto ambiental que, a más de provocar la contaminación del ecosistema, disminuye las posibilidades de utilizar la fuente a beneficio de la población.

Por tal motivo la propuesta que presentamos contribuye un aporte al conocimiento y al desarrollo de capacidades locales orientadas a enfrentar con mayores fortalezas el reto del tratamiento y reutilización de aguas residuales para lograr un tratamiento ecológico, económico y generoso con la naturaleza; de tal manera que mejore la disponibilidad del agua para usos agropecuarios.

## **ABSTRACT**

The parish The America belonging to the Canton Jipijapa has been framed to a demographic development and therefore to the commercial growth destined to the agriculture, factor by which it demands an increase in the allocation of hydric resources; which are deficient and poorly used in the population, resulting in the scarcity of water in superficial, underground sources and the low presence of rains that cause droughts, thus producing losses in the quality and development of crops.

The bad management of wastewater is one of the problems that contributes the most to environmental pollution since, in addition to its poor reuse, the lack of sewage treatment plants and proper treatment, makes self-purification of rivers more and more difficult in such a way that the degradation of the water resource originates. As a consequence of this type of systems, an environmental impact is generated that, more than causing the contamination of the ecosystem, diminishes the possibilities of using the source for the benefit of the population.

For this reason, the proposal we present contributes to the knowledge and development of local capacities oriented to face with greater strength the challenge of the treatment and reuse of wastewater to achieve an ecological, economic and generous treatment with nature; in such a way that it improves the availability of water for agricultural uses.

# 1 INTRODUCCIÓN

La concentración poblacional en las comunidades trae consigo problemas, como la contaminación atmosférica, el transporte y disposición de desechos líquidos, sólidos, entre otros.

Por ello el hombre ha buscado para su abastecimiento los lugares que le brindan mayores comodidades y facilidades para el desarrollo de sus actividades, procurando tener cerca una fuente de abastecimiento de agua y fácil evacuación de aguas residuales.

Por tanto, se debe aportar con trabajos prioritarios que generen soluciones en contra de dicha problemática, garantizando una descontaminación ambiental y una buena reutilización del agua con propiedades de calidad.

Actualmente existen numerosas alternativas de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, la deficiente operación y mantenimiento, su baja adaptación al medio y varios factores han ocasionado que estas fracasen y sean abandonadas, repercutiendo en grandes pérdidas para municipios o juntas parroquiales y a la vez provocando una alta falta de interés sobre alternativas para que este líquido vital vuelva a ser utilizado en actividades adicionales al consumo humano.

El tratamiento de aguas residuales naturales se presenta como una opción sostenible para las pequeñas y medianas poblaciones dada su alta eficiencia, bajos costos de operación y mantenimiento, facilidad de construcción comparado con los sistemas convencionales.

El presente trabajo contribuye de alguna manera a reducir la contaminación hídrica en un sector donde hay poca y presenta una alternativa de reutilizar el agua en zonas agrícolas y ganaderas que consta en el lugar seleccionado a través de la búsqueda de una tecnología que sea relativamente económica pero no menos eficiente que los sistemas convencionales. Para este fin se seleccionará y se diseñará la tecnología más adecuada utilizando sistemas naturales, considerando un tratamiento primario previo al diseño propuesto, con el fin de optimizar la remoción de contaminantes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la posibilidad de reutilizar las aguas residuales por medio del sistema de tratamiento de humedales superficiales.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar los parámetros de diseño del sistema de tratamiento propuesto.
- ❖ Determinar el caudal de las aguas residuales producidas por la parroquia “La América”
- ❖ Diseñar el sistema de tratamiento de la parroquia “La América”

### 3 MARCO TEORICO

#### 3.1 AGUA COMO ELEMENTO VITAL

Es una denotación que se aplica para definir a una sustancia cuya molécula está formado por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O) en un estado líquido, aunque la misma puede encontrarse en su forma gaseosa o vapor y sólida llamada hielo. Se define por ser el elemento más importante para la vida, para el ser humano, animales y seres vivos en el planeta.

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2003), dice que el agua cubre el 75% de la superficie del planeta, lo cual el 97,5% del agua es salada y solo el 2.5% es agua dulce. Los casquetes y los glaciares contienen el 74% de agua dulce del mundo, el resto se encuentra en las profundidades de la tierra encapsulada en los componentes de la misma. Solo el 0,3% del agua dulce del mundo se encuentra en los ríos y lagos.

El ser humano puede acceder a menos del 1% del agua dulce superficial o subterránea de la superficie terrestre, por tal razón existe una gran presión sobre los recursos hídricos en la actualidad.

Los informes y estadísticas del porcentaje de agua dulce aprovechada por el ser humano en el planeta según la UNESCO (2003) dice que el 70% de ella, se destina a la agricultura, 22% representa al uso industrial y solo el 8% al uso doméstico.

Entre las propiedades más impresionantes del agua es su capacidad que tiene para disolver sustancias: El agua es una molécula dipolar por lo que atrae a más moléculas de agua a través de uniones conocidas como puentes de hidrogeno. La polaridad es la que tiene la capacidad como solvente y uno de los factores principales haciendo del agua una sustancia única y se lo conozca como disolvente universal.

De acuerdo a la capacidad de solvencia el agua une a sus moléculas sustancias indeseables y peligrosas como los metales pesados, también se pueden adherir otro tipo de sustancias no miscibles que forman emulsiones como materias flotantes, aceites y sólidos. Todas esas sustancias contaminan y alteran las características físicas del agua.

## **3.2 AGUA RESIDUAL**

Son las que muestran una composición variada de residuos y líquidos que proviene del sistema de abastecimiento de una población y que ha sido cambiado debido a diversos usos en actividades como: industriales, domésticas, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios entre otros. De acuerdo a la naturaleza de las aguas residuales al momento que descarga, no se pueden utilizar en los mismos procesos que las genero y cuando vierten en varios cuerpos receptores sin previo tratamiento, pueden llegar a causar una alteración de los ecosistemas terrestres y acuáticos o asta afectar a la salud humana.

### **3.2.1 Tipos de agua residual**

Las aguas residuales pueden provenir de diferentes lugares, es así que dependiendo de su origen pueden ser calificadas como: Aguas Residuales Domesticas, Aguas Residuales Industriales y Aguas Residuales Municipales.

### **3.2.2 Características e importancia de las aguas residuales**

La generación de las Aguas Residuales es un producto inevitable de toda actividad humana para lograr un tratamiento y disposición final apropiada de las mismas, es indispensable conocer sus características físicas, químicas y microbiológicas.

“Todos los cuerpos de agua poseen una gran capacidad natural y limitada de dilución y autodepuración de los elementos que incorpora, conocida como Capacidad de Asimilación o Capacidad de Carga”. (Lozano.Rivas,2012).

Por tal razón se consideran a los ríos como los receptores naturales de las aguas residuales, sin embargo; si se arrojan aguas residuales a un cuerpo de agua en exceso de la capacidad de asimilación de contaminantes del agua receptora, este se verá disminuido en su calidad aptitud para usos benéficos por parte del hombre.

Las aguas residuales presentan características físicas, químicas y biológicas especiales a diferencia de las demás aguas.

Conocer estas características es de vital importancia para poder establecer las diferentes cargas orgánicas y los sólidos que transportan, los efectos del vertimiento a un cuerpo de

agua y la selección de procesos y operaciones que resulten eficaces para el tratamiento de las mismas.

### **3.2.3 Características Físicas**

Entre las principales características físicas del agua residual están: temperatura, olor, color, turbiedad, sólidos y materia flotante.

### **3.2.4 Características Químicas**

La materia orgánica como característica química es la fracción más relevante de los elementos contaminantes en las aguas residuales domésticas y municipales debido a que es la causante del agotamiento de oxígeno de los cuerpos de agua, está formado principalmente por CHONS (Carbono, Hidrogeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre) constituyendo las proteínas (restos de origen animal y vegetal), los carbohidratos (restos de origen vegetal), los aceites y grasas (residuos de cocina e industria), los surfactantes (detergentes), los metales pesados como plomo, mercurio, arsénico, entre otros.

Para medir indirectamente una cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, realizamos una Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) al igual que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) con la diferencia que este método emplea un oxidante fuerte en vez de microorganismos.

### **3.2.5 Características Biológicas**

Las Aguas Residuales contienen un gran número de microorganismos vivos cuya función es la de descomponer, transformar y fermentar la materia orgánica utilizando o no el oxígeno disuelto por medio de procesos aerobios o anaerobios. Estos microorganismos pueden ser de origen vegetal: plantas, semillas, helechos y de origen animal: bacterias, hongos, protozoos y algas. También están presentes agentes patógenos como los coliformes los cuales mueren rápidamente al encontrarse en un hábitat extraño. Cada uno de estos grupos de microorganismos, constituyen un papel primordial como indicadores de la calidad de agua residual.

**Coliformes Fecales.**- Los microorganismos patógenos que existen en las aguas residuales son pocos y difíciles de aislar e identificar, por esta razón se utiliza a los microorganismos

coliformes como un organismo indicador de contaminación o presencia de organismos productores de alguna enfermedad.

Aunque no sean dañinos, se usan los coliformes como indicador debido a que el ser humano arroja diariamente en sus excrementos gran cantidad de coliformes, por lo tanto, su presencia puede detectarse con facilidad y utilizarse como norma de control sanitario.

El exceso de coliformes fecales en un cuerpo de agua, hacen que el agua sea no apta para el consumo humano e inseguro para la recreación.

### **3.2.6 DEPURACION DE AGUAS SERVIDAS**

Para diseñar un tratamiento de aguas servidas se debe seleccionar el método más apropiado de procesos con la finalidad de convertir las características iniciales del agua residual a niveles aceptables para cumplir con las normas de reutilización del agua residual tratada.

La selección del sistema a utilizarse depende de los componentes a remover y del grado de remoción de los mismos. Existen diversos tipos para el tratamiento de aguas servidas las tecnologías son:

- Tratamiento físico – Químico
- Remoción de solidos
- Remoción de arena
- Precipitación con o sin ayuda de coagulantes o floculantes
- Separación y filtración de solidos

#### **Tratamiento biológico**

- Lechos oxidantes o sistemas aeróbicos
- Post-precipitación
- Liberación al medio de efluentes, con o sin desinfección según las normas

#### **Tratamiento químico**

Usualmente combinado con procedimientos para remover solidos como la filtración

### 3.3 PRINCIPALES PROCESOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS

Existe una gran variedad de procesos para el tratamiento de las aguas residuales.

#### 3.3.1 Proceso de lodos activos

El proceso de tratamiento de aguas residuales mediante la tecnología de lodos activos implica la aireación del afluente tratado en forma preliminar mezclado con un pequeño volumen de pozos activados previo a la aireación. En este proceso los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que esta les sirve de alimento para su producción.

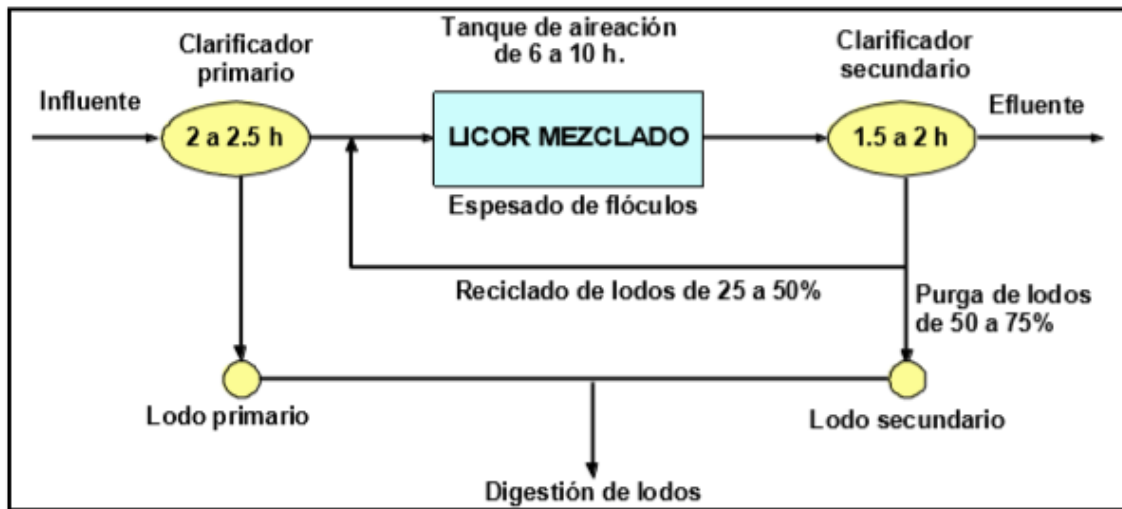


Gráfico 1 Proceso de lodos activos

Fuente: SRINIVIAS. *Environmental Biotechnology*. 2008

#### 3.3.2 Elementos básicos de las instalaciones del proceso de lodos activos

- Tanque de aireación. - Estructura donde el desagüe y los microorganismos son combinados aquí se produce reacción biológica.
- Tanque sedimentador. - El desagüe combinado procede del tanque aireador es sedimentado aislado los sólidos suspendidos o lodos activos, consiguiendo un desagüe tratado clarificado.
- Equipo de aireación. - inyección de oxígeno para impulsar las bacterias heterotróficas
- Sistema de retorno de lodos. - una gran parte de sólidos biológicos sedimentables en el tanque sedimentador son retornados al tanque de aireación.

- Exceso de lodos y su disposición. - debido al crecimiento bacteriano en el tanque de aireación el exceso de lodos, son eliminados, tratados y dispuestos.

### **3.3.3 LAGUNAS AIREADAS**

Las lagunas son excavaciones realizadas en los terrenos para el tratamiento de las aguas residuales. Contiene oxígeno donde el agua residual se estabiliza parcialmente mediante la acción metodológica de bacterias y algas.

Las lagunas aeróbicas se basan en la contribución de oxígeno a partir del crecimiento fotosintetizadores y permiten obtener efluentes de baja DBO soluble, pero de alto contenido de algas, las que deberían ser cosechadas a fin de controlar los cuerpos receptores.

### **3.3.4 Aplicabilidad**

Una laguna mecánicamente aireada puede tratar eficientemente un afluente concentrado y reducir significativamente el nivel de patógenos. Requiere que la fuente de alimentación no se interrumpa y que el reemplazo o reemplazo de piezas esté disponible para evitar largos períodos con el sistema fuera de servicio que podría llevar a que la laguna ingrese a la anaerobiosis.

Las lagunas aireadas se pueden utilizar en áreas rurales o periurbanas. Son especialmente adecuados en regiones con disponibilidad de terrenos baratos y lejos de hogares y áreas comerciales. Las lagunas aireadas pueden operar en una amplia gama de climas y requieren menos superficie que los estanques de estabilización. Pero también son más complejos desde el punto de vista técnico y operativo. (Jairo Alberto Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales, pag. 527)

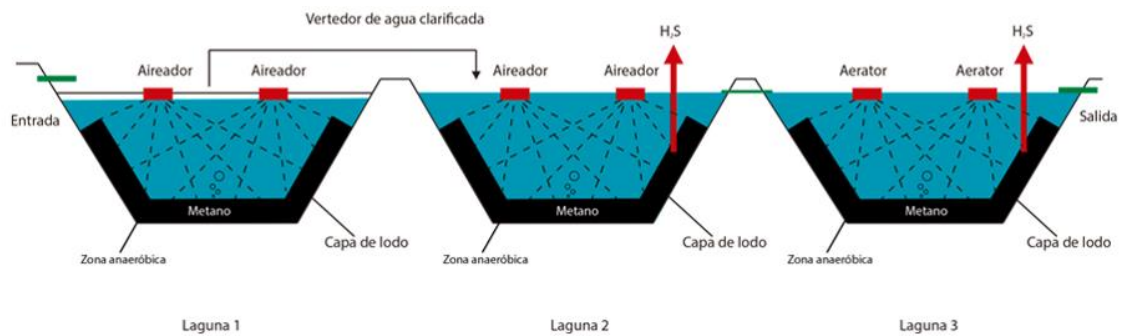
### **3.3.5 Clasificación**

Según el perfil de oxígeno disuelto en ellas, se clasifican como:

- Aerobias. - El oxígeno transmitido permite conservar el oxígeno en toda laguna, y la mezcla es bastante para mantener los sólidos biológicos en suspensión. Su profundidad varía entre 0.3 y 0.6 m.

- Facultativas. - Solo consta oxígeno en el estrato superior; en profundidad está ausente. El grado de mezcla no es bastante para mantener los sólidos biológicos en suspensión, de modo que parte de estos se sedimenta en el fondo, produciéndose la descomposición anaeróbica de los sólidos. Su profundidad varía entre 1.5 y 2.5m.

Esta tecnología de tratamiento se utiliza en comunidades pequeñas, aunque también suelen encontrarse en medianas.



**Gráfico 2 Esquema de Lagunas aireadas**  
*Fuente: Hidro2 Biooptimizacion*

### 3.3.6 Ventajas para la construcción de una laguna aireada

- Bajo costo de capital
- Solicita pequeña preparación de personal de operación
- Evacuación y disposición de lodos cada 20 o 30 años
- Compatible con sistemas de tratamiento acuático o sobre el suelo

### 3.3.7 Desventajas para la construcción de una laguna aireada

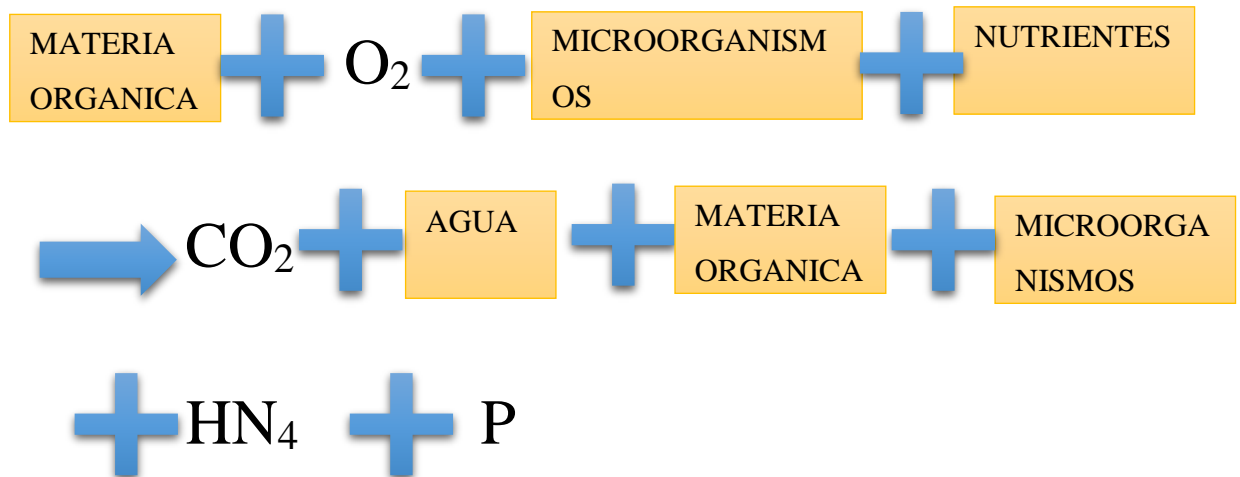
- Solicita grades extensiones de terreno
- Elevada concentración de algas en el efluente
- Lagunas sin aireación muchas veces no cumplen normas de vertimiento
- Si no se impermeabilizan pueden causar contaminación a aguas subterráneas
- Mal diseño: malos olores

### 3.4 DIGESTIÓN AERÓBICA

Procesos realizados por varios grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que, en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular.

La fórmula general del proceso de digestión aeróbica es la siguiente:

**Gráfico 3 Esquema general laguna**



*Fuente: Adaptado de PBA Guayaquil*

Los PBA (Procesos Biológicos Aeróbicos) se dividen en dos grandes grupos:

- Procesos e Fangos Activados. - El cultivo se mantiene en suspensión.
- Procesos de película fija. - Los microorganismos se mantiene adheridos en un material soporte.

Ejemplos de sistemas de digestión aerobia:

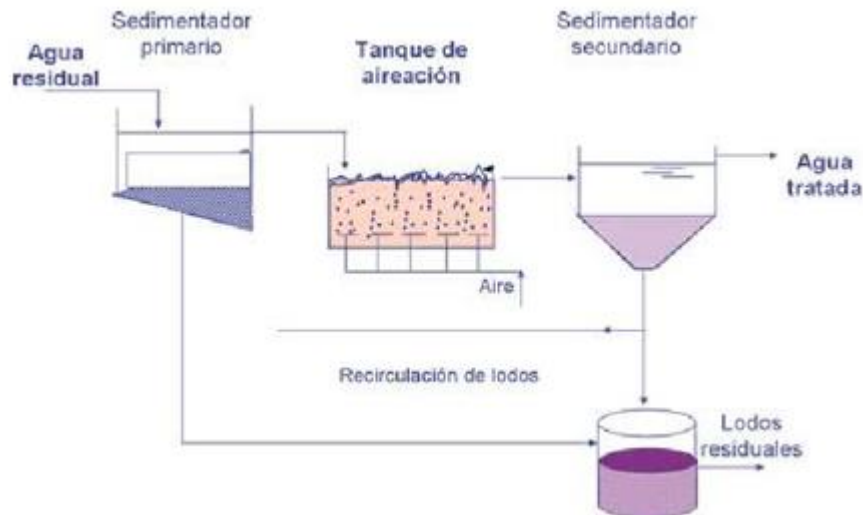
- Humedales
- Fangos activos
- Bodiscos
- Filtrado por goteo
- Estabilización de lodos

#### 3.4.1 Fangos activos

- Se produce en balsa de activación

- Demanda aporte de oxígeno
- Tratamiento biológico de 5 a 10 horas
- La DBO desciende un 90%
- El proceso lo realiza los floculos

**Gráfico 4 Estacion depuradora mediante el proceso de fangos activados**

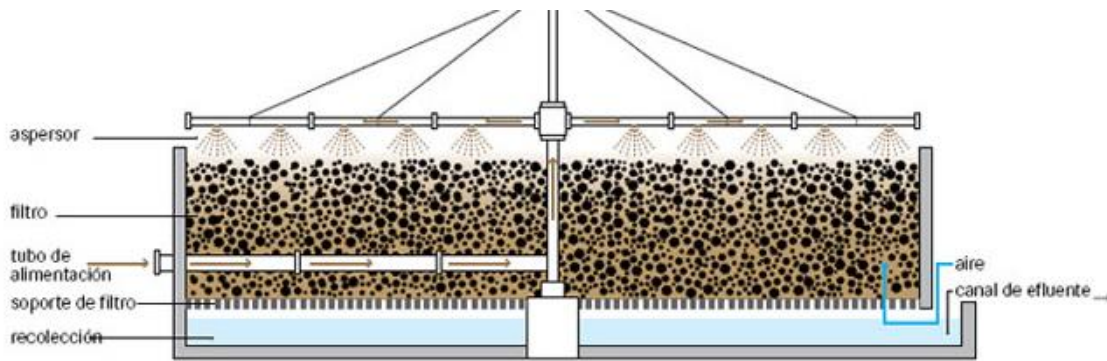


*Fuente: Melilla, medio ambiente com, 2012*

### 3.4.2 Filtros percoladora

Un filtro es un lecho de grava o un medio plástico sobre el cual se riegan las aguas negras pretratadas. En este sistema de filtro percolador, los microorganismos se apegan al medio del lecho y forman una capa biológica sobre este. A medida que las aguas negras se percolan en el medio, los microorganismos dirigen y eliminan los contaminantes del agua.

El filtro percolador es un relleno cubierto de limo biológico a través del cual se precola el agua residual. Normalmente el agua residual se distribuye en forma de pulverización uniforme sobre el lecho de relleno mediante un distribuidor rotativo del flujo. El agua residual precola en forma descendente a través del relleno y el efluente se recoge en el fondo.



**Gráfico 5 Filtro biológicos percoladores**

*Fuente: Grupo Agua limpia*

La capa de limo que se forma junto al relleno tiene un espesor comprendido entre 0.1 y 2.0 mm está formado de una subcapa aeróbica y de otra anaeróbica, el espesor de la subcapa aeróbica es función del caudal del agua residual aplicado y de su DBO. Cuando mayor sea el DBO del afluente menor será el espesor de la subcapa aeróbica, ya que se presenta un consumo más rápido de oxígeno. Por otra parte, los caudales elevados favorecen el mantenimiento de una subcapa aeróbica más espesa debido al oxígeno disuelto suministrado con el afluente pulverizado.

### 3.4.3 Sistemas biológicos de contacto rotatorio

También llamado contador biológico rotatorio o biodiscos son sistemas de tratamientos de las aguas residuales, en los que los microorganismos se hallan adheridos a un material soporte que gira semi-sumergido en el agua a depurar. Estos sistemas suponen una alternativa tecnológica al proceso convencional de fangos activos.

Al girar lentamente el soporte expone su superficie alternamente al agua y al aire, sobre el soporte se despliega una pequeña película de biomasa bacteriana, que emplea como sustrato de materia orgánica soluble presente en el agua residual y que toma el oxígeno necesario para su respiración del aire atmosférico, durante la fase en que el soporte se encuentra fuera del agua.

#### Versatilidad de tratamiento

Los sistemas biológicos de contacto rotatorio que adoptan a los cambios de caudal siempre que el tiempo de retención hidráulico se mantengan por encima del mínimo necesario.

El sistema presenta buena resistencia frente a sobrecargas hidráulicas y orgánicas en la alimentación, siempre que dicha sobrecarga se produzca de forma puntual.

#### Ventajas

La tecnología de los sistemas biológicos de contacto rotatorio presenta las siguientes ventajas:

- Menor superficie para su implementación
- Bajo consumo energético y bajo coste de explotación
- Explotación relativamente simple
- Buen comportamiento ante la presencia de tóxicos
- Facilidad de construcción gradual
- Buena resistencia frente a las sobrecargas hidráulicas y orgánicas puntuales
- Posibilidad de nitrificar y desnitrificar
- Bajo nivel de ruidos por la escasa potencia instalada
- No produce olores

#### **3.4.4 Humedales superficiales**

Se puede considerar que los humedales superficiales son los que tienen una gran cantidad o enorme grado de humedad y una abundante vegetación que reúne ciertas características biológicas, físicas y químicas que le da un enorme potencial auto depurador. Los humedales superficiales se pueden decir que ocupan el espacio que hay entre los medios húmedos y los medios generalmente secos y que poseen aspectos o características de ambos por lo que no pueden ser catalogado o clasificado categóricamente como acuáticos ni terrestres.

Por lo general las profundidades características de estas extensiones de tierras son menores a 0.60 m donde crecen plantas como juncos, que contribuye a la disminución de contaminantes a través de procesos aerobicos de degradación.

Los humedales tienen distintas funciones de gran valor como disminuir inundaciones, brindar un ambiente para la vida salvaje y las aves acuáticas, proveer productividad para certificar las cadenas alimenticias, llenar acuíferos, así como mejorar la calidad del agua.

La utilización de humedales artificiales para la recepción de aguas residuales se remota a conocimientos del siglo. Las ciénagas, humedales y turberas se concibieron como los mejores receptores de aguas residuales, pero además tenían un papel purificador importante (OPS/OMS, 1999).

Siguiendo las directrices del Maz Planck Institute, se construyó en 1974, en una localidad alemana, el primer humedal artificial europeo a escala real (Rodríguez, J. et al. 2007).

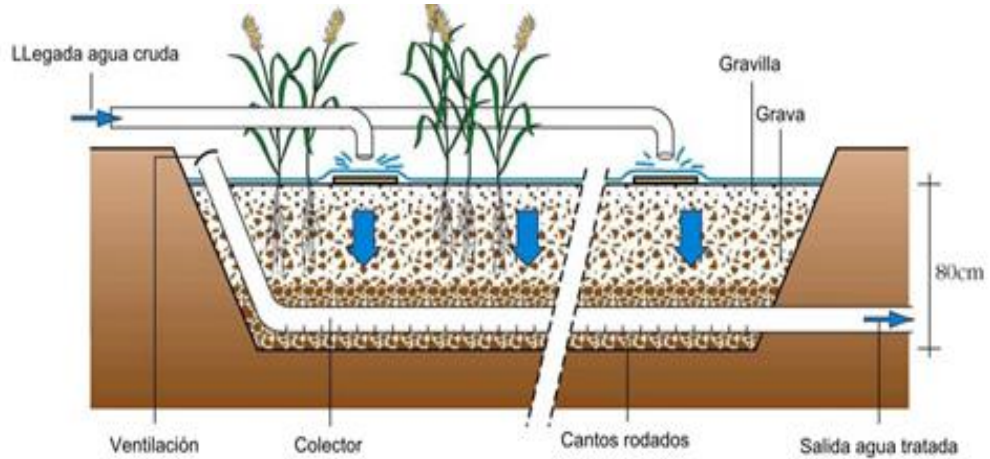
Se empleó, en los inicios de esta tecnología, como sustrato filtrante el propio suelo natural, preocupó que un gran número de instalaciones construidas en los años 70 y 80 presentasen problemas operativos, porque no cumplió con los parámetros propuestos a consecuencia de una acumulación de sedimentos.

La situación cambió a inicio de los 80 en donde comenzó a emplearse como medias filtrantes gravillas y gravas, al objeto de garantizar la adecuada conductividad hidráulica y minimizar los riesgos de acumulación de sedimentos, lo que condujo a un éxito en la implantación de este tipo de tecnología.

El uso de plantas y los microbios asociados para la limpieza del medio ambiente y la depuración de aguas residuales ha ganado espacio en los últimos 10 años con una alternativa o tecnología de bajo presupuesto costo-efectiva no invasiva complementaria para los métodos de recuperación basados en la Ingeniería. Las plantas pueden ser utilizadas para la estabilización, la extracción, la degradación o la volatilización del contaminante.

En las últimas décadas y años se ha aumentado el interés por estos humedales artificiales al nivel mundial, ya que tienen la propiedad de ser sistemas amortiguadores debido a que produce alta productividad de materia vegetal y microorganismos que inducen a la metabolización y conversión de compuestos orgánicos e inorgánicos, a su alta capacidad de retención y absorción por medio de procesos tanto físicos, químicos y biológicos que permiten remover eficientemente distintos contaminantes de diversos orígenes.

**Gráfico 6 humedales artificiales**

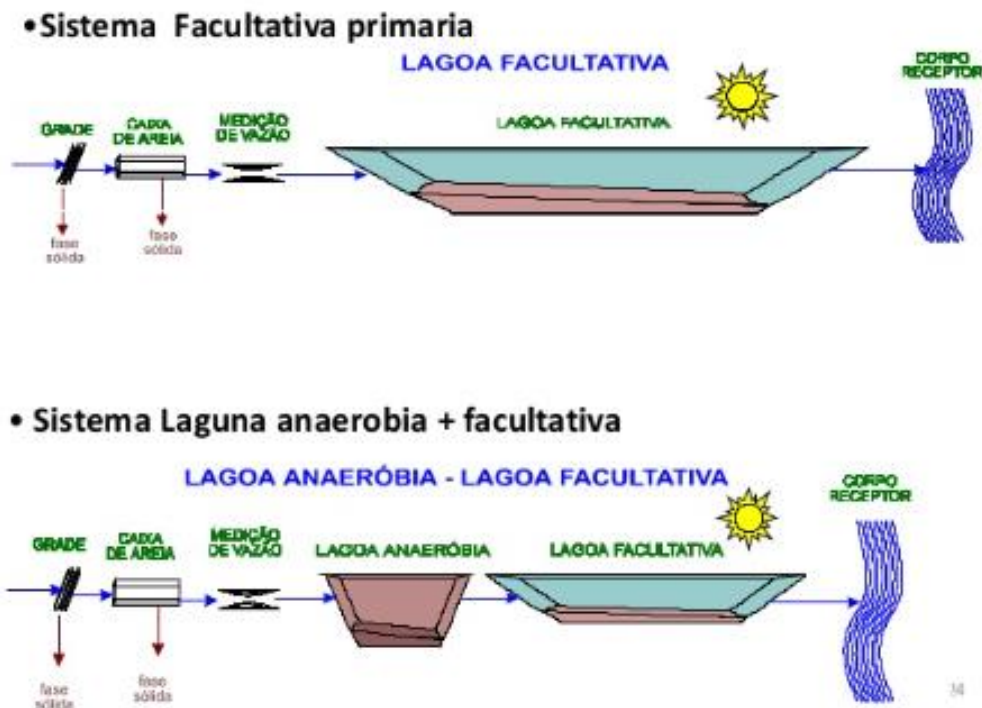


*Fuente: Eaux Résiduaires / WES Chile*

### 3.4.5 Lagunas de estabilización

La tecnología de lagunas de estabilización es uno de los métodos naturales más significativos para el tratamiento de aguas residuales, son esencialmente estanques artificiales que perciben una o varias series de lagunas anaeróbicas, facultativas y de maduración.

**Gráfico 7 lagunas de estabilización**



*Fuente: Eaux Résiduaires / WES Chile*

El tratamiento primario se lleva a cabo en la laguna anaeróbica, el cual se delinea primariamente para la remoción de materia orgánica suspendida. La etapa secundaria en la laguna facultativa resuelve la totalidad de la fracción remanente de la DBO soluble por medio de la acción sistematizada de algas y bacterias heterotróficas. El principal objetivo de la etapa terciaria de estabilización constituyen la tecnología de tratamiento de aguas residuales más costo-efectiva para la remoción de microorganismos patógenos por medio de mecanismos de desafección natural.

Las lagunas de estabilización son exclusivamente correctas para países tropicales y subtropicales dado que la fuerza del brillo solar y la temperatura son elementos clave para la eficacia de los métodos de degradación.

#### Clasificación de las lagunas de estabilización

- Aeróbicas: Soportan cargas orgánicas bajas y contienen oxígeno disuelto en todo instante y en todo volumen del líquido
- Anaeróbicas: Se proyectan para altas cargas orgánicas y no contienen oxígeno disuelto. El proceso es semejante al de un digestor anaeróbico sin mezcla.
- Facultativas: Operan con una carga orgánica media. En las capas superiores hay un proceso aeróbico. En las capas inferiores se tiene un proceso anaeróbico, donde se produce simultáneamente fermentación ácida y metánica.
- De maduración: Se utilizan como una segunda etapa de tratamiento a continuación de lagunas facultativas. Se diseñan para disminuir el número de organismos patógenos, ya que las bacterias y virus mueren en un tiempo razonable, mientras que los quistes y huevos de parásitos intestinales requieren más tiempo. También reducen la población de algas. Hay pequeña remoción de la DBO.
- Aireadas facultativas: Son una extensión de las lagunas facultativas convencionales. Tienen como función suministrar oxígeno al proceso, cuando la actividad de las algas se reduce durante la noche. Esta acción provoca la disminución de la zona anaeróbica e incrementa la aeróbica provocando la concentración de algas en toda la masa líquida.
- Aireadas de mezcla completa: Tienen un nivel de potencia instalados (aireadores) suficientemente alto para suministrar todo el oxígeno requerido y además para mantener

en suspensión los sólidos. Es una variante de aireación prolongada sin recirculación. Tiene mayor permanencia hidráulica.

- Lagunas de sedimentación: Son empleadas para clarificar el efluente de las lagunas aireadas aeróbicas. En ellas se produce el almacenamiento y digestión de los lodos sedimentados.

### **3.5 LINEAMIENTOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

#### **3.5.1 Características**

Una de las obras básicas para preservar el medio ambiente son las obras de tratamiento de aguas residuales. La generación de aguas residuales es un resultado inevitable de toda actividad humana, el tratamiento de las aguas residuales radica en una serie de tecnologías físicas, químicas y biológicas que tiene como finalidad erradicar los contaminantes de residencias, industrias, etc., estas pueden ser depuradas en el sitio en el cual han sido generadas o recogerlas y enviarlas mediante un sistema de tuberías a una planta de tratamiento municipal. El objetivo del tratamiento de las aguas residuales es producir un efluente que cumpla con los límites permisibles para descargar a un cuerpo receptor.

#### **3.5.2 Clasificación de las aguas residuales**

Existen diferentes causas o actividades que originan las aguas residuales, los tipos más comunes son:

- Domesticas
- Pecuarias
- Agrícolas
- Industriales
- Escorrentía

#### **3.5.3 Aguas residuales domesticas**

Son las aguas producidas por las viviendas o servicios comerciales y/o públicos, instituciones entre otros. Se generan por el metabolismo humano y demás utilidades con fines higiénicos, las aguas residuales conocidas como aguas negras son las que provienen de los inodoros los cuales trasladan residuos humanos con una cantidad eminente de

solidos suspendidos, nitrógeno y microorganismos (coliformes fecales). Las aguas grises son las procedentes de lavadoras, tinas, lavamanos, ducha entre otros contribuyen con grandes cantidades de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), solidos suspendidos, fosforo, grasas y microorganismos (coliformes fecales).

**Tabla 1 Composición Aguas Residuales Domesticas**

COSNTITUYENTE	CONCENTRACION		
	FUERTE	MEDIA	DEBIL
SOLIDOS TOTALES	1200	720	350
Disueltos SD	850	500	250
SD fijos SDF	525	300	145
SD volátiles SDV	325	200	105
En suspensión SS	350	220	100
SS fijos SSF	75	55	20
SS volátiles SSv	275	165	80
SOLIDOS SEDIMENTABLES ml/L	20	10	5
DBO5	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
NITROGENO	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniac libre	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
FOSFORO	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
CLORUROS	100	50	30
ALCALIDAD	200	100	50
GRASA	150	100	50

*Fuente: Metclf-Eddy*

#### 3.5.4 Aguas Residuales Pecuarias

Tienen características análogas a las aguas residuales domesticas; provienen de animales de sangre caliente, estas aguas resultan de la actividad ganadera.

Cuando la actividad ganadera se ejecuta de forma intensiva, se producen normalmente vertidos directos a los causes.

### **3.5.5 Aguas Residuales Agrícolas**

El principio de esta contaminación agrícola esta dada en el arrastre por las aguas de lluvia y de riego, de los productos consumidos en la agricultura.

Los contaminantes que contienen son materia orgánica (fertilizantes, pesticidas). Pueden intoxicar ríos, mares, embalses, aguas subterráneas, etc.

### **3.5.6 Aguas Residuales Industriales**

Las aguas residuales industriales provienen de la diversa actividad industrial que existe. Se generan durante los procesos de producción o transformación de los productos que han sido desarrollados en las empresas.

Debido a su concentración elevada de componentes químicos presentes en este tipo de aguas residuales su contaminación no se elimina con un tratamiento convencional, se requiere de un tratamiento avanzado.

### **3.5.7 Aguas Residuales de Escorrentía**

Son aquellas que resultan de las precipitaciones de aguas lluvias, cuando el agua lleva consigo los contaminantes existentes en el suelo tales como aceite, materia orgánica y diferentes contaminantes de la atmosfera, en el campo arrestan abonos, pesticidas, etc.

### **3.5.8 Características químicas y biológicas de las aguas residuales**

La producción de las aguas residuales es una acción inevitable de toda actividad humana. Para conseguir una depuración adecuada y posterior disposición final sobre la fuente receptora de las mismas, es necesario conocer las características físicas, químicas y biológicas de las mismas.

Todo cuerpo de agua tiene la capacidad de asimilar y trasladar cierta cantidad de contaminantes, fundamentalmente de origen orgánico. Los ríos considerados como los receptores naturales de las aguas residuales; si se depositan aguas residuales a un cuerpo de agua en exceso de su capacidad de digestión de contaminantes, esta estará disminuido en su calidad para usos por parte del ser humano.

### 3.5.9 Características físicas

Las principales características físicas de las aguas residuales son:

**Temperatura.** -Es una magnitud física que determina el nivel de calor de los cuerpos. Dentro de agua residual este parámetro puede ser más elevado debido a la incorporación del agua caliente doméstica o industrial, este incremento de temperatura puede colaborar con el desarrollo de microorganismos indeseables.

**Olor.** - el agua residual contiene un olor desagradable; este olor es producido por el ácido sulfúrico H<sub>2</sub>S resultado de la descomposición anaerobia de los sulfatos o sulfuros. Esta característica representa uno de los principales impactos ambientales su presencia provoca dificultades respiratorias, náuseas, pérdida del apetito, entre otras. Su investigación en las plantas de tratamiento es muy importante.

**Color.** - originado por la presencia de sólidos suspendidos, materia coloidal y sustancias en solución. En condiciones normales tienen un color grisáceo y a falta de oxígeno a medida que son transportadas por las redes de alcantarillado adquieren un color negrozco.

**Turbiedad.** -establece una medida de las propiedades de transmisión de la luz del agua.

Determina la calidad del agua vertida en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La turbiedad se considera un factor importante para la investigación de calidad de las aguas residuales.

**Sólidos.** - se refiere a todas las partículas que se encuentran en suspensión, coloidales y disueltos.

**Materia flotante.** - es aquella materia en suspensión presente en las aguas residuales.

Contiene compuestos orgánicos volátiles y materia inorgánica.

### 3.5.10 Características Químicas

Las principales características químicas de las aguas residuales son:

**Potencial de hidrógeno (pH).** -es el grado de acidez o alcalinidad que se encuentran en una disolución. Esta característica representa los iones de hidrógenos como contaminantes.

**Nitrógeno (N).** - nutriente fundamental para el desarrollo de microorganismos y plantas.

En el tratamiento de procesos biológicos es una medida necesaria para evaluar la calidad de las aguas residuales.

**Fósforo (P).** - elemento esencial para el desarrollo de microorganismos y plantas.

**Formas del azufre (S).** - se requiere para la síntesis de proteínas y se liberan en su descomposición. En las aguas -residuales la presencia de sulfatos es un elemento importante para la determinación de problemas que generan mal olor y desgaste en las alcantarillas.

**Aceites y grasas.** - compuestas por carbono, hidrogeno y oxígeno. Sustancias insolubles en el agua y solubles en solventes orgánicos. Su parámetro nos admite establecer la necesidad y tipo de pre-tratamiento.

**Metales pesados.** - poseen una densidad relativa. Pueden ser: plata, cromo, zinc, mercurio, vanadio, manganeso, y otros. Colectivamente son perjudiciales en altas concentraciones.

**Detergentes.** - compuestos constituidos por moléculas orgánicas-

**Materia orgánica.** - constituida por sólidos derivados de algunos residuos animales, plantas y de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos.

Los compuestos orgánicos están formados principalmente por combinaciones de nitrógeno, hidrógeno y oxígeno. Los principales grupos de sustancias orgánicas que se encuentran en el agua residual están: proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%) y aceites y grasas (10%), solidos suspendidos (75%) de la materia orgánica, solidos disueltos (40%).

**DQO.** - parámetro químico de contaminación del medio ambiente que evalúa el material orgánico presente en una muestra líquida mediante la oxidación química. Se define como la cantidad de oxígeno consumida por la fracción de materia orgánica existente.

**DBO.** - es la prevención de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de las sustancias orgánicas biodegradables en un tiempo y temperatura determinados, generalmente en 5 días, a 20 ° C y en ambientes anaeróbicos. En las aguas residuales domésticas el valor de la DB05 constituye un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable.

### **3.5.11 Características Biológicas**

En las aguas residuales existen numerosos microorganismos vivos cuya finalidad es descomponer, transformar y fermentar la materia orgánica utilizando o no el oxígeno disuelto por medio de métodos aerobios y anaerobios.

Los microorganismos pueden ser de origen vegetal: planta, semillas etc. De origen animal: microorganismos vertebrados e invertebrados. De origen protista: bacterias, hongos protozoos y algas. También están presentes microorganismos patógenos como los coliformes (indicadores de contaminación fecal en el control de calidad de agua para consumo humano). Cada uno de estos microorganismos contribuye de manera esencial como indicadores en la contaminación del agua residual para lograr su tratamiento correspondiente.

### **3.5.12 Principales tipos de tratamientos en las aguas residuales**

En la mayoría de los casos las aguas superficiales como ríos, lagos, estuarios, etc. son utilizados como cuerpos receptores de las aguas residuales.

El propósito para el cual se realiza un tratamiento de aguas residuales consiste en aislar de éstas una cantidad suficiente de sólidos y patógenos nocivos para los seres humanos para que puedan ser descargadas en aguas receptoras sin alterar negativamente el buen estado ecológico de estas.

Los principales tipos de tratamientos que se pueden utilizar para la depuración de las aguas servidas son muchos, los cuales pueden incluirse dentro de los siguientes procesos:

- Pre-tratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario o avanzado

### 3.5.13 Pre-tratamientos

Las aguas servidas antes de su tratamiento primario suelen someterse a pre-tratamientos; estas aguas suelen estar conformadas por desechos sólidos muy grandes o voluminosos, el objetivo es destituir del agua la mayor cantidad de las materias transportadas a través de los colectores.

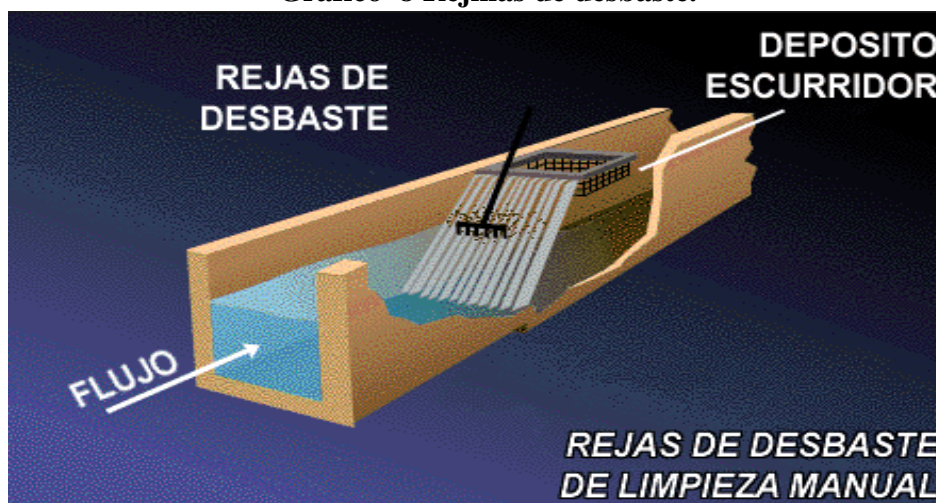
Para estos procesos pueden ser utilizadas las rejillas, los tamices, los microfiltros, desarenadores

### 3.5.14 Rejillas

Con estas rejillas se detiene todo el material sólido de gran tamaño, son barras de hierro que se ubican en dirección perpendicular al flujo de agua residual.

Se construyen con barras de 6 mm de grosor y separadas aproximadamente a 100 mm de distancia, se utilizan solo para los desbastes previos; la limpieza de las rejas debe ser casi diaria. Por la necesidad de una limpieza constante, no es recomendable el uso de rejillas en poblaciones muy pequeñas.

**Gráfico 8 Rejillas de desbaste.**



*Fuente: Proyecto Chuquicamata. Santiago de Chile 2010.*

### **3.5.15 Los tamices**

Los tamices se colocan después de las rejillas, con aberturas menores para remover más cantidad de sólidos con el fin de evitar obstrucciones en la tubería; su abertura máxima es de 2.5 mm. Tiene una inclinación de tal manera que deja pasar el agua deslizando los sólidos por fuera de la malla. Requiere de un desnivel considerable entre el punto de entrada del agua y de salida.

### **3.5.16 Los microfiltros**

Pueden ser de plástico o de acero son planillas giratorias por las cuales circula en agua y recogen la basura y desechos en su interior. Los microfiltros tienen sistemas de lavado para así mantener limpias las mallas. Según la aplicación que estos tengas se selecciona el tamaño de las mallas.

### **3.5.17 Los desarenadores**

Es una estructura diseñada para retener partículas suspendidas como arenas, limos y arcillas presentes en las aguas residuales con el fin de evitar que ingresen al transcurso de tratamiento y obstaculicen los procesos posteriores.

Los tipos más utilizados son:

- De flujo horizontal
  - Desarenador de velocidad variable
  - Desarenador de velocidad constante
- Especiales
  - Desarenadores aireados
  - Desarenadores dinámicos

Se utilizan en pequeños medios de depuración, en las cuales no se recomienda el uso de - desarenadores especiales.

### **3.5.18 Los desengrasadores**

Los desengrasadores tienen la finalidad de eliminar grasas, aceites, espumas de las aguas residuales, para evitar obstrucciones en los procedimientos siguientes. Suelen instalarse para saneamiento de agua residuales industriales normalmente en condiciones aireadas;

las grasas originan muchos problemas en los procesos de depuración. Puede ser independientes del desarenador cuando se pretende un alto rendimiento en la eliminación de grasas.

### **3.5.19 Tratamiento primario**

El tratamiento primario tiene como propósito retirar del agua residual los sólidos sedimentables, orgánicos e inorgánicos, mediante componentes físicos. La sedimentación física es el proceso mediante el cual por gravedad se dejan asentar los sólidos suspendidos produciendo una reducción de la DBO del agua residual.

Los tratamientos primarios más usuales en pequeños núcleos son: la fosa séptica y el tanque Imhoff.

### **3.5.20 Fosa séptica**

La fosa séptica es el mecanismo elemental de los sistemas de saneamiento en pequeñas comunidades.

Se trata de una estructura dividida preferentemente en dos cámaras. Las partículas más ligeras que no se han podido sedimentar en la primera cámara, sedimentan en la segunda. La fosa séptica tiene la función de digerir por fermentación anaerobia la materia orgánica en suspensión presente en las aguas residuales. En este proceso ocurren dos fenómenos:

- La decantación y flotación
- Fermentación anaerobia y facultativa

La decantación logra la disociación de partículas más densas que el líquido, estas partículas se sedimentan y almacenan en el fondo.

La fermentación anaerobia y facultativa origina una pérdida y licuefacción parcial de la materia orgánica degradable, de esta manera disminuye la cantidad de lodos y de materia orgánica presentes en el agua residual.

Los varios comportamientos que se construyen en una fosa séptica son para lograr la amortiguación hidráulica de las contribuciones discontinuas de agua impidiendo la resuspensión de los sólidos depositados y su posterior arrastre. Los

principales componentes que se consideran en el rendimiento de una fosa séptica son la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y las materias en suspensión.

Algunas de las consideraciones acerca de la utilización de las fosas sépticas pueden ser:

No se debe depositar en las fosas sépticas materia sólida no orgánica.

No se deben conectar desagües de aguas lluvias, el ingreso de un volumen excesivo de agua puede desbordar la fosa séptica y por lo consiguiente originaría el rebose de materia no degradada.

No se deben introducir hidrocarburos.

- Filtros de arena
- Aeración por contacto
- Lagunas de estabilización
- Humedales etc.

Este proceso nos permite eliminar partículas coloidales o similares, generalmente se aplican después que el agua residual ha pasado por un proceso de tratamiento primario.

### **3.5.21 Tratamiento terciario o avanzado**

Son procesos que se realizan para aumentar la calidad del efluente al patrón requerido antes de descargar al cuerpo receptor. Se utilizan para retirar la materia residual de los efluentes de procesos de tratamiento biológico con la finalidad de impedir la contaminación de los cuerpos de agua o bien lograr la característica apropiada para el reusó del agua.

Estos métodos son de naturaleza biológica o físico-química, siendo el proceso más utilizado el físico-químico. Este proceso consta de una coagulación, floculación y una decantación.

### **3.5.22 Recolección de las aguas residuales**

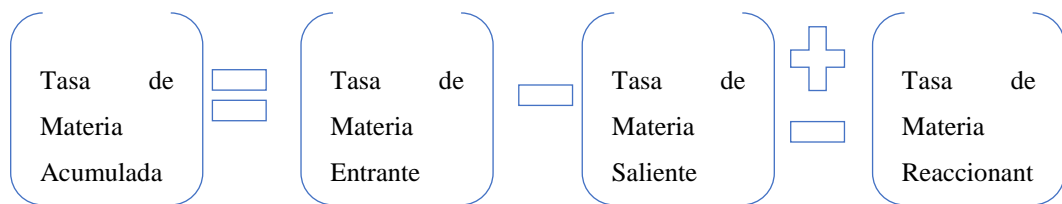
Las aguas servidas domésticas provenientes de las necesidades humanas de la población serán recogidas, por medio de dos alcantarillados localizados de manera idónea los cuales

transportarán independientemente el agua residual hacia una cámara final la cual estará conectada con la estructura correspondiente al tratamiento escogido.

### 3.6 PARAMETRO DE DISEÑO DE HUMEDALES

Recordando que un humedal se calcula como un Reactor Tubular (PFR) y que este tipo de reactor se calcula de igual manera que un Reactor Batch, las ecuaciones nos quedan de la siguiente manera:

**Gráfico 9 Ecuaciones referencial**



*Fuente: Diseño de humedal*

Se supone una cinética de primer orden ( $n = 1$ ) en la ecuación debido a la Ley de Monod, se elimina el término del volumen de un lado y otro. Integrando la ecuación, llegamos a la ecuación (3.3).

Con la ecuación planteada y con las diferentes concentraciones de entrada y salida, se calculan varios escenarios donde el peor escenario es donde se tiene una concentración de entrada de 400 mg/L y a la salida de 30 mg/L, w continúan planteando diferentes escenarios hasta tener el menos desfavorable.

La constante  $k$  de la fórmula que hace referencia a la remoción de materia orgánica de un humedal. Se utiliza tomando la referencia de Poch (2003).

El consumo promedio de DBO5 sugerido por Poch debe multiplicarse por un área determinada para convertirlo en la constante de reacción ( $k$ ) necesaria para el cálculo del humedal como reactor tipo tubular.

El tratamiento de las aguas servidas de la población del lugar de estudio se lo puede realizar mediante el sistema de tratamiento acuático llamado Humedales Artificiales, los mismos que son relativamente fáciles de construir y operar, y muy eficientes energéticamente.

Los humedales artificiales son de superficie libre de agua o de flujo subsuperficial. En el presente proyecto vamos a estudiar los Humedales Subsoperficial porque carecen de problemas de olores, de mosquitos y no se requiere cosechar plantas; las plantas a utilizar son los juncos y las cañas.

En este tipo de humedales subsuperficiales el agua fluye por debajo de la superficie de un medio poroso, sembrado de plantas emergentes. El medio es comúnmente grava gruesa y arena en espesores de 0.45 a 0.60 metros. La vegetación con sus tallos, hojas sumergidas y raíces sirve como medio de soporte de crecimiento bacteria, produce el crecimiento de algas y oxigena.

La fuente importante de oxígeno son las raíces de las plantas, es absolutamente esencial asegurar que las raíces de las plantas penetren hasta la totalidad de la profundidad de diseño del lecho. Los lechos de scirpus alcanzan el 94% de la remoción cuando tienen una penetración completa de las raíces.

**Tabla 2 Características típicas de medio para humedales de flujo subsuperficial**

Medio	Tamaño efectivo (mm)	Porosidad	Conductividad hidráulica m/d
Arena media	1	0.3	500
Arena gruesa	2	0.32	1000
Arena y grava	8	0.35	5000
Grava media	32	0.4	10000
Grava gruesa	128	0.45	100000

*Fuente: Romero Rojas 2010. Tratamiento de aguas residuales*

**Tabla 3 Vegetación Típicas para humedales**

Nombre científico	Nombre común	Profundidad (m)
Scirpus	Junco de laguna	Hasta 0.6
Typha	Espadaña	Hasta 0.3
Phragmites	Caña	Hasta 0.6
Juncos	Junco	Hasta 0.1
Elodea muttalli	Hierba mala	Depende de la iluminación

*Fuente: (Iara Borreo 2003)*

### **3.7 DIMENSIONES DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL BASADO EN LA CARGA ORGÁNICA (DBO5) POR EL ÁREA (MÉTODO ANALÍTICO DE REED Y OTROS 1995).**

#### **3.7.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

La concentración de entrada y salida del humedal, son dos valores determinantes en el cálculo pues de ellos depende el tiempo de retención ya que, si la concentración de entrada es muy alta y la de salida muy baja, se necesitará un mayor tiempo de retención.

El parámetro que se usara para medir las concentraciones es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), se usará porque el objetivo principal del humedal es remover contaminantes básicos y materia orgánica que es lo que se puede medir con la DBO5.

#### **3.7.2 Profundidad de la celda**

En los humedales subsuperficiales, la profundidad de la celda está en función de la profundidad de penetración del sistema radicular de la planta, que es el que suministra el oxígeno para la depuración en este tipo de sistemas.

#### **3.7.3 Determinación del área superficial**

$$A_s = \frac{Q * (\ln C_o - \ln C_e)}{K_t * Y * n} \quad \text{Ec. 3-1}$$

Dónde:

Q = Caudal de entrada

Ln Co = DBO5 entrada

Ln Ce = DBO5 salida

KT: Constante de temperatura proveniente de las ecuaciones.

y: Profundidad de diseño del sistema

n: Porosidad del humedal

### 3.7.4 Determinación del Tiempo de retención hidráulica

De la siguiente tabla, se determinar que para una adecuada remoción de DBO y nitrógeno el tiempo de retención hidráulico puede ser 10 días.

**Tabla 4 criterios para humedales de flujo subperifical**

Criterio	Valor
Tiempo de retención, d	3-4 (DBO) 6-10 (N); 4-14

*Fuente: (Jairo Alberto Romero Rojas 2010.)*

### 3.7.5 Volumen del humedal

$$V = Q * TRH \quad \text{Ec. 3-2}$$

Donde:

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

Q = Caudal medio a través del humedal (m<sup>3</sup>/d)

TRH = tiempo de retención hidráulico (d)

### 3.7.6 Área superficial

$$A = \frac{Q}{Y} \quad \text{Ec. 3-3}$$

Donde

Q: caudal

Y: altura del lecho

Sección transversal del humedal

$$A_t = \frac{Q}{K \frac{\Delta d}{\Delta L}} \quad \text{Ec. 3-4}$$

Donde

$A_t$ : Área transversal

Q: Caudal

K: Conductividad hidráulica del lecho

$\frac{\Delta d}{\Delta L}$ : Pendiente del lecho 2%

### 3.7.7 Ancho del humedal

$$a = \frac{A_t}{Y} \quad \text{Ec. 3-5}$$

Donde

$A_t$ : Área transversal

Y: altura del lecho

### 3.7.8 Área solicitada para la nitrificación

$$A_s = \frac{Q * Ln * \left(\frac{C_o}{C_e}\right)}{K_t * Y * n} \quad \text{Ec. 3-6}$$

Donde

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/d)

C<sub>o</sub>: Concentración del contaminante del afluente (mg/l)

Ce: Concentración del contaminante del efluente (mg/l)

Kt: Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura, d<sup>-1</sup>

Y: Altura del lecho (m)

n: Porosidad

### 3.7.9 Constante de reacción de primer orden

$$K_t = K_R * \phi_R^{(T_w - T_r)} \quad \text{Ec. 3-7}$$

Donde:

KR: Constante de reacción a la temperatura de referencia (20°C) en l/d

Tw: Temperatura del agua considerada en el dimensionamiento

Tr: Temperatura de referencia con la que se ha calculado el coeficiente  $\phi_R$  °C

$\phi_R$ : Coeficiente de temperatura adimensional

**Tabla 5 Coeficiente de temperatura y constantes de reacción a la temperatura de referencia, 20°C separados por tipo de humedal**

Parámetro	DBO5	NH4	N03	Coliformes fecales
<b>Sistemas Fs</b>				
<b>KR, d-1</b>	0.678	0.2187	1	2.6
<b><math>\phi_R</math>, adim</b>	1.06	1.048	1.15	1.19
<b>Sistemas FSS</b>				
<b>KR, d-1</b>	1.104	$0.01854 + 0.3922(\text{hrz})^{2.607}$	1	2.6
<b><math>\phi_R</math>, adim</b>	1.06	1.048	1.15	1.19

*Fuente: (Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales 2009)*

La eliminación de la materia en suspensión viene dada por las fórmulas (3.8) y (3.9), donde HLR es la carga hidráulica (Hydraulic Load Rate):

$$FSS: C_o = C_i * (0.1058 + 0.0011 - HLR) \quad \text{Ec. 3-8}$$

$$FS: C_o = C_i * (0.1139 + 0.00213 - HLR) \quad \text{Ec. 3-9}$$

$$HLR = \frac{100 * q}{A_s} \quad \text{Ec. 3-10}$$

### **Humedales de flujo subsuperficial**

La ley de Darcy, que está definida en la ecuación (4.29), describe el régimen de flujo en un medio poroso que es lo generalmente aceptado para el diseño de humedales SFS. Éstos asumen condiciones de flujo laminar, pero el flujo turbulento puede darse con gravas muy gruesas cuando el diseño utiliza un gradiente hidráulico alto. La ley de Darcy también asume que el flujo en el sistema es constante y uniforme, pero en la realidad puede variar por la precipitación, evaporación y filtración; así como por los cortocircuitos. Si el sistema está diseñado para tener una mínima dependencia del gradiente hidráulico y si las pérdidas y ganancias del sistema están adecuadamente reconocidas, la ley de Darcy puede dar una aproximación razonable a las condiciones hidráulicas en el humedal SFS. En las ecuaciones (3.11) y (3.12) se encuentran los pasos preliminares que dan lugar a la ley de Darcy.

$$V = k_s * S \quad \text{Ec. 3-11}$$

$$V = \frac{Q}{W * y} \quad \text{Ec. 3-12}$$

$$Q = k_s * A_c * \frac{dh}{dL} \quad \text{Ec. 3-13}$$

Donde:

$k_s$ : Conductividad hidráulica de una unidad de área del humedal perpendicular a la dirección del flujo,  $m^3/m^2 \cdot dia$

$A_c$ : Área de la sección transversal perpendicular al flujo,  $m^2$ .

v: Velocidad de “Darcy”, la velocidad del flujo aparente a través de la totalidad del área de sección transversal del lecho, m/d.

dh: Pérdida de carga hidráulica a través del material poroso, m.

dL: longitud del lecho, m.

La resistencia al flujo en los humedales SFS está causado principalmente por el material granular. A lo largo del tiempo, la extensión de las raíces a lo largo del lecho y la acumulación de residuos no degradables en la grava también añaden resistencia. La energía requerida para salvar esta resistencia viene dada por una diferencia de carga entre la superficie de la entrada y la salida del humedal. Esta diferencia será salvada construyendo el humedal con pendiente suficiente en el fondo.

**Tabla 6 Órdenes de magnitud de la conductividad hidráulica (ks) en función del tipo de material granular utilizado como sustrato en un humedal construido de flujo subsuperficia**

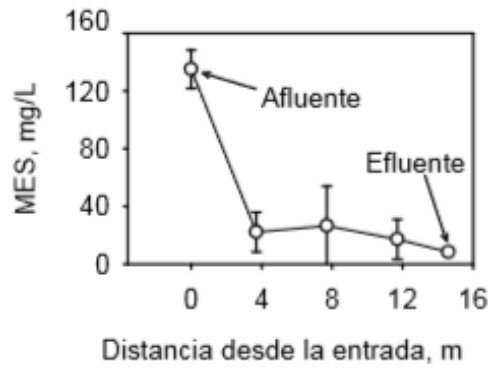
Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Porosidad, n (%)	Conductividad hidráulica ks(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d)
<b>Arena gruesa</b>	2	28-32	100-1000
<b>Arena gravosa</b>	8	30-35	500-5000
<b>Grava fina</b>	16	35-38	1000-10000
<b>Grava media</b>	32	36-40	10000-50000
<b>Roca gruesa</b>	128	38-45	50000-250000

*Fuente: Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales (Reed et al, 1995)*

Ks es difícil de determinar a causa de los múltiples factores que influyen que no son fáciles de determinar, incluyendo tanto los que ocurren en el flujo (flujos preferenciales y cortocircuitos) como en la grava (extensión de raíces y acumulación de sólidos).

Varios investigadores han descubierto que la colmatación en los humedales subsuperficiales se produce entre el 25 y el 33 % inicial de la longitud total del humedal. Como se observa en el Grafico 10 es también donde sucede la mayor parte de la eliminación de la materia en suspensión.

**Gráfico 10 Concentración de MES a lo largo de un humedal**



*Fuente: (Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales 2009)*

Se utilizarán unos valores de  $K_s$  bastante conservativos [22] a fin de evitar que aflore el flujo a la superficie, fenómeno conocido como “surfacing”[12].

1 % de  $K_s$  para el 30 % inicial del humedal.

10% de  $K_s$  para el 70% restante

Las dimensiones del humedal serán determinadas por las expresiones (3.14) y (3.15), donde  $L$  es la longitud del humedal,  $W$  la anchura y  $h$  la profundidad, expresado en metros.

$$W = \frac{As}{h} \quad \text{Ec. 3-14}$$

$$L = \frac{S}{W} \quad \text{Ec. 3-15}$$

Utilizando la ley de Darcy y organizando los términos antes citados, se desarrolla la ecuación (3.16) que permite calcular el ancho mínimo de una celda de humedal SFS que sea compatible con el gradiente hidráulico seleccionado para el diseño.

$$W = \frac{1}{y} \sqrt{\frac{Q * A}{m * k_s}} \quad \text{Ec. 3-16}$$

Siendo  $m$  la pendiente del fondo del lecho en tanto por 1 y  $Q_{med}$  el caudal promedio a través del humedal.

Finalmente se verifica que la relación mínima sea mayor que 1:1, en el caso que sea más ancho que largo se divide el humedal en celdas en paralelo.

En el Grafico 11 se muestran las consideraciones a utilizar en el diseño de la primera parte subsuperficial del sistema de tratamiento:

El humedal subsuperficial tiene 4 zonas, la zona de entrada y la zona de salida son únicamente para distribuir y recoger el vertido sin colmatación. La zona inicial de tratamiento:

Ocupa el 30 % del área total del humedal pero es la parte que más actúa.

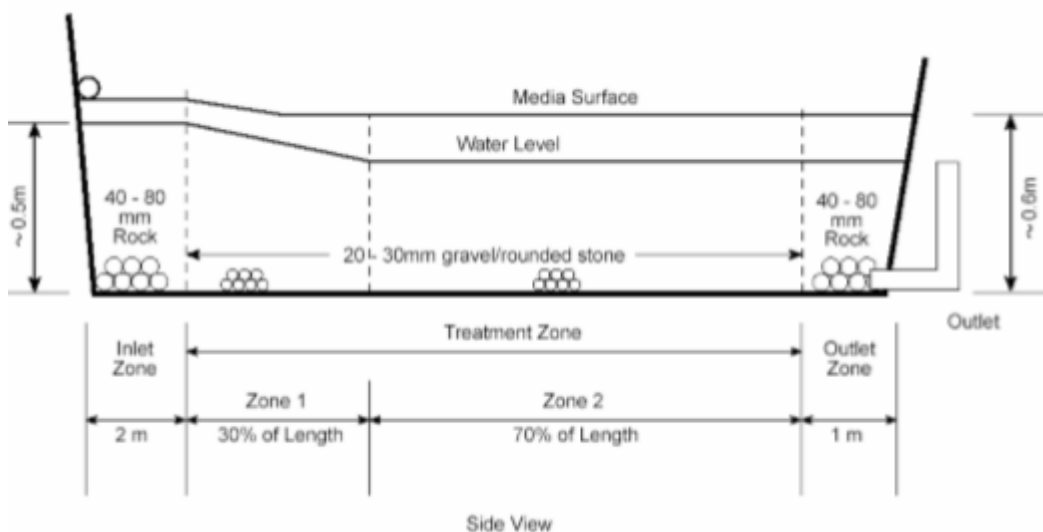
Tiene un gran decrecimiento de la conductividad hidráulica (un 1 % de  $k_s$  cuando esta limpia)

La parte final subsuperficial del tratamiento ocupa el 23% del humedal. La conductividad hidráulica utilizada será el 10% de  $k_s$  cuando esta limpia.

Se utilizará una conductividad hidráulica de 100.000  $m^3/m^2día$  para una gravilla de media 20-30 mm. de diámetro y de 10.000  $m^3/m^2día$  para una gravilla de 10-20 mm. de diámetro

La máxima pérdida de carga permitida en la parte inicial del tratamiento será de un 10%.

**Gráfico 11** Esquema de las zonas de tratamiento en un SFS: zona de entrada (inlet zone), zona inicial de tratamiento (zone 1), zona final de tratamiento (zone 2)



*Fuente: (Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales 2009)*

El área superficial del humedal (As) se determina en primer lugar, usando el modelo de diseño limitante para remoción de contaminantes. La ecuación (4.31) permite calcular directamente el ancho mínimo absoluto aceptable de una celda de humedal compatible con el gradiente hidráulico seleccionado.

Dentro de los rendimientos para los humedales superficiales tenemos lo siguiente:

- **DBO:** 60 – 98 %
- **N:** 30 – 70 %
- **SS:** 60 – 98 %
- **P:** 20 – 60 %

En la siguiente tabla tenemos las siguientes características y costo.

**Tabla 7 Humedad superficial**

	Necesidades de Obra	Necesidades de Equipos	Necesidad de Mantenimiento y de personal		Necesidad de Control		Costo de Construcción	Costo de Mantenimiento
			Funcionamiento	Personal	Control	Frecuencia		
Humedales Superficiales	Poca/Bastante	Muy Poca	Muy Sencillo	Poco	Intermedio	Mucho	Intermedio	Intermedio

*Fuente: Adaptado "Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo" Mariano Seoanez Calvo-2005*

### 3.7.10 Medida de contaminantes en aguas residuales

Cabe resaltar que las aguas residuales de este proyecto son de concentración débil o baja por tratarse de afluente de características domésticas. Los parámetros a considerar de acuerdo a los límites de descarga al sistema de alcantarillado público tomados del anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

**Tabla 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo Permisible</b>
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexágono	mg/l	70
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Fósforo total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	60
Plomo	Pb	mg/l	0.5
Potencia de hidrogeno	Ph		6-sep
Solidos suspendidos totales	Sst	mg/l	220
Solidos totales	St	mg/l	1600
Sulfatos	so4	mg/l	400
Sulfuros	s-2	mg/l	1
Temperatura	°c		<40
Pensativos	Activos al azul de metileno	mg/l	2

*Fuente:* adaptado VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente; Edición Especial N° 270-Registro oficial Febrero 2015.

En conformidad al registro oficial de la actual administración constitucional de la república según acuerdo ministerial No.028 el ministerio del ambiente sustituye el libro VI del texto unificado de legislación secundaria dado el 13 de febrero del presente año 2015; establece los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce los cuales se tomarán en cuenta para la descarga del efluente al cuerpo receptor.

**Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo Permisible</b>
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexágono	mg/l	30
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Fósforo total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	50
Plomo	Pb	mg/l	0.2

Potencia de hidrogeno	Ph		6-9
Solidos suspendidos totales	Sst	mg/l	130
Solidos totales	St	mg/l	1600
Sulfatos	so4	mg/l	1000
Sulfuros	s-2	mg/l	0.5
Temperatura	°c		Condición natural
Pensativos	Activos al azul de metileno	mg/l	0.5

*Fuente:* Adaptado VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente; Edición Especial N° 270-Registro oficial- febrero del 2015.

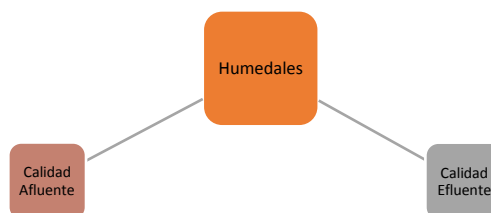
Se ha considerado como alternativa los humedales artificiales, porque brindan significativas ventajas en la desinfección de aguas residuales de pequeñas poblaciones:

Según los estudios realizados podemos establecer algunos criterios para considerar este tipo de tratamiento:

- Bajo costo de implantación y mantenimiento
- El espacio requerido para su implantación es de (2-8 m<sup>2</sup>/h-e)
- Integración al medio
- Rendimientos en DB05 por debajo de 20 mg/L

Para evitar la descarga directa de las aguas residuales de la cabecera parroquial al cuerpo receptor se han proyectado unidades de tratamientos para optimizar la calidad del afluente antes de la descarga final; con lo que se espera lograr un efluente con buenas condiciones físico- químico y bacteriológico.

**Gráfico 12 Esquema de tratamiento**



## **4 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1.1 Investigación bibliográfica**

El contenido de esta investigación se basa en libros, consultas de páginas académicas de internet, normas, especificaciones técnicas aceptadas de la cual se exponen los conceptos más importantes y pertinentes; posteriormente, la situación descrita se evalúa a la luz de esta Teoría y se proponen secuencias de acción o un prototipo de solución.

#### **4.1.1 Investigación de campo**

En la investigación de campo se procedió a recabar información necesaria para la investigación.

#### **4.1.2 Investigación descriptiva:**

Se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad.

Se dio utilidad a la investigación descriptiva, por medio del análisis efectuado en los ensayos realizados, comparando los parámetros obtenidos en referencia a los reales, utilizando las normas de construcción para diseño de humedales superficiales.

### **4.2 MÉTODOS DE INVESTIGACION**

#### **4.2.1 MÉTODO DEDUCTIVO**

Parte de una premisa general para obtener las conclusiones de un caso particular. Pone el énfasis en la teoría, modelos teóricos, la explicación y abstracción, antes de recoger datos empíricos, hacer observaciones o emplear experimentos.

#### **4.2.2 MÉTODO INDUCTIVO**

Se analizan solo casos particulares, cuyos resultados son tomados para extraer conclusiones de carácter general.

A partir de las observaciones sistemáticas de la realidad se descubre la generalización de un hecho y una teoría. Se emplea la observación y la experimentación para llegar a las generalidades de hechos que se repiten una y otra vez.

#### **4.2.3 MÉTODO CUALITATIVO**

Este método nos ofrece una diversidad de caminos en el campo de la investigación y brinda herramientas que permiten comprender a los actores de su realidad integrado de facticidad objetiva y significados. (Bonilla & Rodríguez, 1997).

#### **4.3 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

Para la realización de nuestro proyecto empleamos las siguientes técnicas:

- Observación Directa.

#### **4.4 INSTRUMENTOS**

- Libros
- Investigaciones
- Sitios web
- Artículos
- Bibliografías de varios autores

#### **4.5 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

- Para la recolección de información se obtuvo datos de los ensayos no destructivos realizados en el tanque reservorio.

#### **4.6 POBLACION**

Para la realización del presente proyecto se tomó en cuenta a las parroquias rurales del canton Jipijapa.

#### **4.7 MUESTRA**

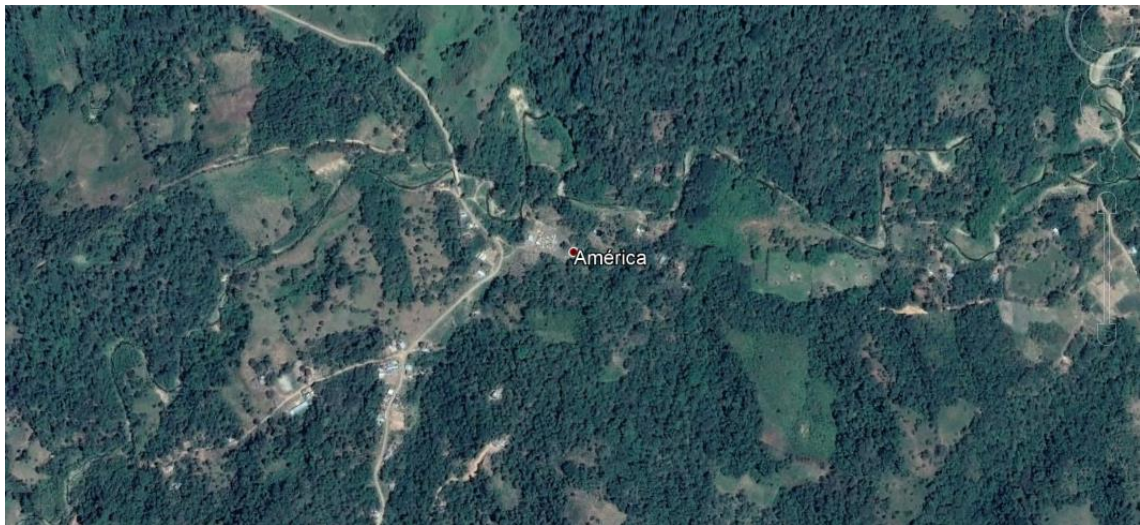
Parroquia rural la América

## 5 ANALISIS Y RESULTADOS

### 5.1 LINEAMIENTO

#### 5.1.1 Ubicación

La parroquia América perteneciente al Cantón Jipijapa, que se encuentra ubicada al Sur occidental de la Provincia de Manabí, tiene una altitud media de 250 y 340 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) de conformidad a la carta IGM.



**Gráfico 13 Ubicación del sitio**  
*Fuente: ( Google Earth 2019)*

#### 5.1.2 Censo poblacional

El presente censo poblacional fue elaborado por la junta parroquial en el año 2012, determinándose que existe un total de 3180 hab. distribuidos por edad de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 10 Censo poblacional**

<b>Edad</b>	<b>Femenino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>0 a 6</b>	150	150	300	9.43
<b>6 a 15</b>	170	220	390	12.26
<b>15 a 20</b>	100	180	280	8.81
<b>20 a 30</b>	140	120	260	8.18
<b>30 a 70</b>	600	700	1300	40.88
<b>&gt; 70</b>	290	360	650	20.44
	145	173	3180	

*Fuente (Junta Parroquial 2010)*

En el análisis poblacional observamos que la población tiene un alto componente de personas adultas y niños menores, dando a notar la alta tasa de migración que existe en el lugar.

### 5.1.3 Abastecimiento de agua potable

En lo referente al consumo de agua, en primer lugar, el suministro y luego las condiciones de consumo establecen una de los principales factores de salud integral en la comunidad. En lo que respecta a la parroquia, la fuente de abastecimiento de agua para consumo humano se refleja de la siguiente manera.

**Tabla 11 Agua para consumo humano**

<b>FUENTE</b>	<b>Porcentaje %</b>
<b>Red publica</b>	60
<b>Pozo</b>	22
<b>Rio, vertiente o canal</b>	12
<b>Carro repartidor</b>	5
<b>Otro</b>	2

*Fuente: (CPE INEN 5 1992)*

Se puede observar según los datos que el 40% obtienen el agua de fuentes no seguras.

La cabecera parroquial dispone de un agua potable, este sistema de agua entubada proporciona un servicio variable y está en función de las fuentes subterráneas.

### 5.1.4 Sistema de alcantarillado

La cabecera parroquial posee un sistema de alcantarillado que según datos obtenidos en campo abastece aproximadamente el 5% de la población.

Se trata de dos pozos los cuales, desde su construcción, 20 años aproximadamente no han tenido ningún tipo de mantenimiento, ni limpieza por parte de las autoridades de saneamiento.

Este sistema de alcantarillado presenta problemas de mantenimiento, olores y fugas en su estructura.

Esta situación genera una contaminación ambiental y es muy perjudicial para la salud de sus habitantes y más para quienes viven en la ribera del río.

En conformidad a los estudios realizado en la cabecera parroquial podemos referirnos que la población perteneciente al lugar es de escasos recursos económicos, su gobierno descentralizado tiene sus capitales limitados para realizar obras de tratamiento de aguas residuales.

De igual manera es de vital importancia diseñar y construir este tipo de obras que dan solución a los problemas de salud que en la mayoría son ocasionadas por la insalubridad que existe en el sector, principalmente aquellas viviendas que se encuentran en la ribera del río el cual se encuentra totalmente contaminado por la no adecuada evacuación de las aguas residuales de origen doméstico del lugar.

## 5.2 OBJETIVO 1

### 5.3 DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

#### POBLACIÓN FUTURA

De acuerdo al censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC-2010 se obtuvo una población de 3060 habitantes.

Por falta de datos se adoptara para la proyección geométrica, los índices de crecimiento indicado en la tabla

**Tabla 12 Tasa de crecimiento poblacional**

REGIÓN GEOGRÁFICA	r (%)
Sierra	1,0
Costa, oriente y Galápagos	1,5

*FUENTE: (CPE INEN 5 1992)*

$$Población\ futura = población\ actual(1 + r)t$$

$$Pf = 3060(1 + 1.5)9 = 3499$$

$$Pf = 3499(1 + 1.5)25 = \mathbf{5077}$$

$$Población\ futura = 5077\text{Habitantes}$$

El caudal medio a través del humedal se lo determino por medio de las condiciones de sitio.

Continuando con el diseño, según datos de la INEN, la temperatura promedio la parroquia La América se encuentra entre los 22 y 24°C, tomando en cuenta esto y la SIGUIENTE Tabla, se concluye que es un clima CÁLIDO.

**Tabla 12 Resumen de población**

<i>PROMEDIO DE TEMPERATURA ANUAL (°C)</i>	<i>CLIMA</i>
<i>Mayor a 22</i>	<b>Cálido</b>
<i>18-22</i>	<i>Semi cálido</i>
<i>12-17.9</i>	<i>Templado</i>
<i>5-11.9</i>	<i>Semifrío</i>
<i>Menor a 5</i>	<i>Frio</i>

FUENTE: CONAGUA 2009

Sabiendo el clima de la zona y el número de habitantes futuro podemos determinar la dotación de agua de consumo mediante la siguiente tabla.

**TABLA: 13 DE DOTACIONES RECOMENDADAS**

<b>POBLACIÓN (habitantes)</b>	<b>CLIMA</b>	<b>DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)</b>
Hasta 5000	Frio	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frio	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frio	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Fuente: CPE INEN 005-9-1 Código Ecuatoriano de la Construcción

Tras tener el dato del consumo doméstico de agua (200 litros/HAB.DIA), se obtienen los caudales de diseño. Además, ya que siempre existen fugas y muchos factores que

afectan el abastecimiento de agua, en este trabajo se supone un 30% de pérdidas, llegando a los siguientes resultados:

$$Q_{md} = \text{Número de habitantes} * \text{Dotacion} / 86400 \text{ s/dia}$$

$$Q_{md} = 5077 \text{ hab} * 200 \text{ litros /hab. dia} * /86400 \text{ seg/dia} = 11.752 \text{ lit/s}$$

Con el gasto promedio podemos obtener el Gasto Máximo Diario y Horario, también llamados Coeficientes de Variación Diaria y Horaria respectivamente.

El Coeficiente de Variación Diaria será de 1.4 y el Gasto de Variación Horaria será de 2, dando por resultado los siguientes valores:

$$Q_{\text{máx}} (\text{Diario}) = 1.4 * Q_{\text{medio}}$$

$$Q_{\text{máx}} (\text{Diario}) = 1.4 * 11.752 = \mathbf{16.4528 \text{ l/s}}$$

$$Q_{\text{máx}} (\text{Horario}) = 2 * Q_{\text{medio}} =$$

$$Q_{\text{máx}} (\text{Horario}) = 2 * 11.752 = \mathbf{23.504 \text{ l/s}}$$

## 5.4 OBJETIVO 2

### 5.5 DETERMINAR EL CAUDAL DE LAS AGUAS RESIDUALES PRODUCIDAS POR LA PARROQUIA “LA AMERICA”

Habiendo calculado el caudal máx. Diario igual 16.4528 l/s y el caudal máximo horario igual a 23.504 l/s definimos como coeficiente de retorno el valor de 0.8, para calcular el caudal de aguas residuales.

$$Q_{as} = C * Q_{max \text{ diario.}}$$

$$Q_{as} = 0.8 * 16.4528 \text{ l/s} = \mathbf{13.1622 \text{ l/s}}$$

Las características físico químicas y bacteriológicas de aguas residuales de la parroquia La América del cantón Jipijapa fueron analizadas en la empresa porto aguas cuyos valores se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla.:14**

TABLA DE RESULTADO DE LABORATORIO				
PARAMETROS	COMPOSICION TIPICA DEL AGUA RESIDUAL FUERTE-MEDIA-DEBIL			RESULTADOS
<b>FISICOS</b>				
COLOR (Unidadesde color)	NO FIJA LIMITES			APRECIABLE
CANCTUBILIDAD (µs/cm)	NO FIJA LIMITES			1941µS/cm
MATERIA FLOTANTES, MF	NO FIJA LIMITES			PRESENCIA
MINERALIZACION (mg/L)	NO FIJA LIMITES			1472,33 mg/l
OXIGENO DISUELTO, LDO (mg/L)	0.02 mg/l			0,96 mg/l
PH	6.5 -9.0			7,5 mg/l
SALINIDAD (%)	NO FIJA LIMITES			0,99%
SOLIDOS TOTALES, ST (mg/L)	1200	720	350	1095 mg/l
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS,STD(mg/L)	850	500	250	978 mg/l
SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS,STS(mg/L)	350	220	100	117mg/l
TEMPERATURA Tª (°c)	NO FIJA LIMITES			26,8 °c
<b>QUIMICOS</b>				
AMONIACO, NH3 (mg/L)	50	25	12	0,5mg/l
BARIO, BA (mg/L)	NO FIJA LIMITES			13mg/l
COBRE, Cu (mg/L)	NO FIJA LIMITES			0,18mg/l
CROMO HEXAVALENTE, Cr (mg/L)	NO FIJA LIMITES			0,14mg/l
CLORUROS	100	50	30	152mg/l
FLUORURO, F (mg/L)	NO FIJA LIMITES			<0,02mg/l
HIERRO, Fe (mg/L)	NO FIJA LIMITES			0,39mg/l
NITRITOS, NO2 (mg/L)	0	0	0	25mg/l
NITRATOS, NO3 (mg/L)				46,6mg/l
FOSFATO, PO4 (mg/L)	15	8	4	7,8mg/l
SULFATO, SO4 (mg/L)	50	30	20	68mg/l
<b>ORGANICOS - BIOLOGICOS</b>				
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO5)	300	200	100	332mg/l
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	1000	500	250	700mg/l
<b>MICROBIOLOGICOS</b>				
COLIFORMES FECALIS (CF)	10 <sup>7</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	1,6e <sup>6</sup> NMP/100ml

Fuente: Porto Aguas

## 5.6 OBJETIVO 3

### 5.7 DISEÑAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA PARROQUIA “LA AMÉRICA”

Se considerará que las aguas residuales a ser tratadas llegan al humedal con las siguientes características especiales de acuerdo al estudio realizado:

- *Concentración orgánica (DBO5): 332 mg/lt*
- *Concentración nitrógeno total: 54 mg/lt*
- *Concentración fósforo: 7.8 mg/lt*
- *Concentración sólidos suspendidos: 117 mg/lt*

Vegetación seleccionada

Para los humedales superficiales, la experiencia técnica recomienda el uso de plantas como el Junco; este tipo de planta es muy abundante en nuestro medio donde se la puede comprar y tiene una facilidad de siembra.

Los scirpus o Juncos de laguna se extienden desde el ecuador hasta los polos. Penetra en grava aproximadamente 0.6 m por lo que son muy usadas en humedales de flujo superficial, son resistentes en climas cálidos.

**Gráfico 14 Junco**



*Fuente: Guía de Jardinería*

Profundidad de la celda

Para nuestro diseño se determina una profundidad máxima de 0.60 m ya que a mayor profundidad menor área, de esta manera no se aumentan los costos que implicarían adquirir un terreno más grande.

Profundidad del Junco: 0.6m

Tiempo de retención hidráulica TRH=10 días ( CPE INEN 5 1992)

Volumen del humedal

$$V = Q * TRH$$

$$V = 1421.5219 \frac{m^3}{d} * 10 d$$

$$V = \mathbf{14215.2192 m^3}$$

Determinación del área superficial requerida para el humedal para una profundidad de 0.60m

$$A = \frac{Q}{Y}$$

$$A = \frac{1421.5219 \frac{m^3}{d}}{0.6 m}$$

$$A = \mathbf{2369.2032 m^2}$$

Sección transversal

Para el factor K se tomó como referencia un valor de 10% del valor para un medio de arena y grava, porosidad del 0.35 y conductividad de 5000m/d.

$$A_t = \frac{Q}{K \frac{\Delta d}{\Delta L}}$$

$$A_t = \frac{1421.5219 \frac{m^3}{d}}{5000 \frac{m}{d} * 0.02}$$

$$A_t = \mathbf{14.252 m^2}$$

Ancho del humedal

$$a = \frac{A_t}{Y}$$

$$a = \frac{14.2152m^2}{0.60 m}$$

$$a = 23.692 m$$

Longitud del humedal

$$L = \frac{A}{a}$$

$$L = \frac{2369.2032 m^2}{23.692 m}$$

$$L = 100m$$

### Chequeo calidad del efluente para nitrógeno

Asumimos un N de afluente igual a 54mg/lit. El valor de nitrógeno en el efluente tiene que ser menor que 50 mg/lit, para tener un factor de seguridad calculamos con un valor de 32 mg/lit

$$As = \frac{Q * Ln * \left(\frac{Co}{Ce}\right)}{Kt * Y * n} \quad \text{Ec. 5-1}$$

Donde

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/d)

Co: Concentración del contaminante del afluente (mg/lit)

Ce: Concentración del contaminante del efluente (mg/lit)

Kt: Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura, d<sup>-1</sup>

El parámetro Kt depende de la temperatura, y es igual a:

$$Kt = K_R * \emptyset R^{(T_w - T_R)} \quad \text{Ec. 5-2}$$

Donde:

$K_R$ : Constante de reacción a la temperatura de referencia (20°C) 1/d

$T_w$ : Temperatura del agua considerada en el dimensionamiento, en °C

$T_r$ : Temperatura de referencia con la que se ha calculado el coeficiente  $\phi R$  en °C

$\phi R$ : Coeficiente de temperatura adimensional

**Tabla 15 Coeficientes de temperatura y constantes de reacción a la temperatura de referencia, 20°C, separados por tipo de humedal.**

Parámetro	DBO5	NH4	N03	Coliformes fecales
<b>Sistemas Fs</b>				
<b>KR, d-1</b>	0.678	0.2187	1	2.6
<b><math>\phi R, adim</math></b>	1.06	1.048	1.15	1.19
<b>Sistemas FSS</b>				
<b>KR, d-1</b>	1.104	$0.01854+0.3922(\text{hrz})^{2.607}$	1	2.6
<b><math>\phi R, adim</math></b>	1.06	1.048	1.15	1.19

*Fuente: Diseño de anteproyecto de sistemas de tratamientos por humedales parroquia Tenguel-Guayaquil.*

Para un medio formado por arena y grava gruesa  $N=0.35$  y  $K=5000$ . Para el caso en estudio la temperatura máxima de las aguas residuales será de 25°C.

Por Nitrógeno

$$K_t = 0.01854 + 0.3922 * (\text{hrz})^{2.6077} * 1.048^{(25-20)}$$

Hrz: Porcentaje de la profundidad del lecho del humedal ocupado por la zona de las raíces (0a1) para el caso en estudio se consideró un valor igual a 0.6.

$$K_t = 0.01854 + 0.3922 * (0.60)^{2.6077} * 1.048^{(25-20)}$$

$$K_t = 0.149$$

### Área solicitada para la nitrificación

$$A_s = \frac{Q * Ln * \left(\frac{C_o}{C_e}\right)}{K_t * Y * n}$$

$$A_s = \frac{1421.5219 * Ln * \left(\frac{54}{32}\right)}{0.149 * 0.6 * 0.35}$$

$$A_s = 23771.4508 \text{ m}^2$$

## Tiempo de retención

$$TRH = \frac{As * y * n}{Q}$$

$$TRH = \frac{23771.4508 * 0.6 * 0.35}{1421.5219}$$

$$TRH = 3.51 \text{ dias}$$

**Tabla 16 Resultados de cálculo para nitrógeno**

	SIMBOLO	UNIDAD	Valor Para 25°C
<b>Caudal</b>	Q	m3/dia	<b>1421.5219</b>
<b>Constante</b>	Kt	Admin	0.14939762
<b>Altura</b>	Y	m3/dia	0.6
<b>Porosidad</b>	N	Admin	0.35
<b>Cons. ExN</b>	Ce	mg/lt	31.96362058
<b>Cons. AxN</b>	Co	mg/lt	54
<b>Area</b>	As	m2	<b>23771.4508</b>
<b>Tiempo</b>	T	Dias	3.51

*Fuente: (Solórzano Alejandro 2019)*

## Remoción de nitrógeno

$$Ce = Cp * e^{-kt} \quad \text{Ec. 5-3}$$

$$Ce = 54e^{-0.149*3.51}$$

$$Ce = 32.00 \frac{mg}{lt}$$

## Chequeo calidad del efluente para DBO5

El DBO5 del afluente es de 332mg/lt, se requiere para un efluente un DB05 de 100 mg/lt, para un factor de seguridad calculamos un valor de 20 mg/lt.

$$Kt = KR * \emptyset R^{(Tw-Tr)} \quad \text{Ec. 5-4}$$

$$Kt = 1.104 * 1.06^{(25-20)}$$

$$Kt = 1.477$$

**Area solicitada para eliminar DBO5**

$$As = \frac{1421.5219 * Ln * \left(\frac{332}{20}\right)}{1.477 * 0.6 * 0.35}$$

$$As = 12875.6084 \text{ m}^2$$

**Tiempo de retención**

$$TRH = \frac{12875.6084 * 0.6 * 0.35}{1421.5219}$$

$$TRH = 1.90 \text{ dias}$$

**Remocion de DBO5**

$$Ce = 332 * e^{-1.477*1.48}$$

$$Ce = 19.66 \frac{mg}{lt}$$

**Tabla 17 Resultados de cálculo para nitrógeno**

	<b>SIMBOLO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Valor Para 25°C</b>
<b>Caudal</b>	Q	m3/dia	1421.5219
<b>Constante</b>	Kt	admin	1.47
<b>Altura</b>	Y	m3/dia	0.6
<b>Porosidad</b>	N	admin	0.35
<b>Cons. ExNDBO5</b>	Ce	mg/lt	20
<b>Cons. AxNDBO5</b>	Co	mg/lt	332
<b>Area</b>	As	m2	12875.6084
<b>Tiempo</b>	T	dias	1.90

*Fuente: (Solórzano Alejandro 2019)*

## 6 CONCLUSIONES

- Los parámetros necesarios para el diseño del sistema de tratamiento son muy importantes porque conforma la estructura y garantizan una buena operación del sistema.
- El caudal estimado se lo determino por medio un aforo en sitio lo cual pudimos obtener los resultados apropiados para realizar nuestros debidos cálculos.
- El diseño de los humedales artificiales ocupa mucha área para su realización por eso se debe estudiar su ubicación.
- Los humedales artificiales son sistemas simples para operar, con bajo mantenimiento y consumo de energía cero, que producen poco desperdicio durante la fase de operación, con bajo impacto de sonido, excelente integración en el entorno natural y con una capacidad de regulación del sistema. Hace hincapié en la gran superficie de tierra que se necesita como principal inconveniente.

## **7 RECOMENDACIONES**

- Es inevitable comparar con el tratamiento convencional los valores económicos obtenidos, aunque la inversión inicial es ligeramente superior, esta diferencia se amortizaría en un período no mayor a dos años debido a los gastos de consumo de energía, disposición y mantenimiento de lodos implica tratamiento convencional.
- La dificultad de las parroquias pequeñas para obtener un presupuesto anual fijo muestra el tratamiento natural como una gran opción que mantiene los niveles de calidad de la purificación con poco mantenimiento que no requiere grandes conocimientos tecnológicos para llevarse a cabo, pudiéndose realizar por mano de obra local.
- Se debe estudiar bien su ubicación para poder realizar un buen trabajo y no tener inconvenientes en el momento de ejecutar la obra.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Manual de Hidráulica, J.M de Acevedo Netto y Acosta A. Guillermo. Sao Paulo, 1975. Ed. HARLA
- Abastecimiento de agua. Arocha R. Simón. Caracas 1980. Ediciones Vega s.r.l.
- Abastecimientos de agua y alcantarillado. Mijares R. Gustavo. 3era Edición, Caracas 1980. Ediciones Vega s.r.l.
- Estaciones de Bombeo, Bombas y Motores utilizados en abastecimiento de agua, Ferreccio N. Antonio. Lima, 1985. CEPIS
- Programa de Protección de la Salud Ambiental. - Módulos para capacitación de personal de servicios de abastecimiento de agua en países de desarrollo. GTZ, Cooperación Técnica República federal de Alemania. Lima, 1988. CEPIS.
- BÉCARES, E. Función de la vegetación y procesos de diseño de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal y flujo superficial”. En: Nuevos Criterios para el Diseño y Operación de Humedales Construidos. García, J., Morató, J. y Bayona, J.M Editores, CPET-Centro de Publicaciones del Campus Nord, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2004, pp 51-62.
- MERZ S.K. Using free water surface Constructed Wetlands to Treat Municipal Sewage. Queensland Department of Natural Resources, Brisbane, 2000.
- DOMBECK, G., WILLIAMS, C. AND CRITES, R. Hydraulics in constructed wetlands, in Proceedings of 70th Annual Water Environment Federation, Chicago, IL.
- TANNER C.C., CLAYTON J.S. Y UPSDELL M.P. Effect of loading rate and planting on treatment of dairy farm wastewaters in constructed wetlands. Removal of oxygen demand, suspended solids and fecal coliforms. Wat. Res.29, 1995, p.17-26.
- BRIX H. Macrophyte-mediated oxygen transfer in wetlands: transport mechanisms and rates. In: Constructed Wetlands for Water Quality Improvement. Moshiri G.A. (ed.), Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1993, pp 391-398

## 9 ANEXOS



**Foto 1. Recolección de la primera muestra en el pozo 1**



**Foto 2. Recolección de la segunda muestra de agua en el pozo 2.**



**Realizando los diversos ensayos de agua en la instalaciones de porto agua a cargo del ing. Diego Alcívar.**