



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL**

**TÍTULO:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:  
MONTESINOS SANCHEZ, MAY-KO GONZALO**

**“EVALUACIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOS QUÍMICOS Y  
BACTERIOLÓGICOS DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN EN SANTA  
LUCIA- PROVINCIA DEL GUAYAS”**

**TUTOR:  
GLAS, CLARA**

**Guayaquil, Ecuador**

**2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por May-ko Gonzalo Montesinos Sánchez, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero Civil.

**TUTOR**

---

**Ing. Clara Glas Cevallos**

**REVISOR**

---

**Ing. Miguel Octavio Cabrera**

---

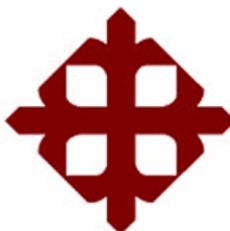
**Dra. Estela Ampuero Msc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Mario Dueñas Rossi**

**Guayaquil, a los 21 del mes de Abril del año 2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **May-ko Gonzalo Montesinos Sánchez**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación Evaluación de los factores Físicos, Químicos, Bacteriológicos de la laguna de oxidación de Santa Lucia, Provincia del Guayas, previa a la obtención del Título **de Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 21 del mes de Abril del año 2014**

**EL AUTOR**

---

**May-Ko Gonzalo Montesinos Sánchez**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**INGENIERIA CIVIL**

**CALIFICACIÓN**

---

**CLARA GLAS**  
**TUTOR**



## **Dedicatoria**

Este trabajo realizado, quiero dedicarlo a Dios porque ha sido mi fortaleza, guía y mi amigo fiel durante toda mi vida.

También quiero dedicar este trabajo a mis padres y mis hermanas, mi sobrina y mi novia porque con su guía y apoyo incondicional he logrado culminar este trabajo.

Para ustedes, Ing. Gonzalo Montesinos M., May-Ling Sánchez H., por guiarme en mi estudio y darme la constancia y esfuerzo para avanzar con mi trabajo de Grado.

Esta contribución va destinada a cada uno de mis compañeros, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, que compartí las aulas de estudios todos los días.

**GONZALO MONTESINOS SÁNCHEZ**



## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, por cada día darme la fortaleza necesaria para seguir adelante, fe para no derrumbarme en medio camino de mis estudios y la fe para alcanzar mis metas y objetivos durante mi carrera Universitaria.

Agradezco a mis padres Gonzalo y May-Ling, mis hermanas Ling-may, María José, por lo que me han apoyado económicamente y el apoyo incondicional de brindarme la formación personal y profesional.

Agradezco a mis profesores, por haberme inculcado los conocimientos necesarios en la carrera universitaria y dichos conocimientos poder aplicarlos en mi carrera profesional.

A la Ing. Clarita Glas, Tutor de Trabajo de grado, por su ayuda en la revisión de mi trabajo de grado.

Al Biólogo Edison Alvarado Jefe de Laboratorio de Aguas (UCSG), por su colaboración y préstamo de los materiales usadas en el laboratorio de aguas.



## Resumen

En el sistema de tratamiento de Aguas residuales del Cantón Santa Lucía, se evaluó los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos y de la infraestructura de las lagunas de oxidación del Cantón Santa Lucía, y se obtuvo un diagnóstico de la situación actual en el sistema de tratamiento de sus aguas residuales, se cuantificó caudales y mediciones de las lagunas para compararlo con la literatura.

De acuerdo a la investigación en el estudio y evaluación de la laguna de oxidación de dicho Cantón, los valores obtenidos son los siguientes:

La Demanda Bioquímica de oxígeno  $DBO_5$ , en el afluente 240,33 mg/L y en el efluente 56,33 mg/L con una remoción en el sistema del 76,56%.

La Demanda Química de oxígeno DQO, en el afluente 388,04 mg/L y en el efluente 146,57 mg/L con una remoción en el sistema del 62,20%.

Los Sólidos Suspendidos SS, en el afluente 130 mg/L y en el efluente 15 mg/L con una remoción en el sistema del 88,46%.

Los Sólidos Totales ST, en el afluente 526,67 mg/L y en el efluente 373,33 mg/L con una remoción en el sistema del 29,11%.

Los Sólidos disueltos SD, en el afluente 396,67 mg/L y en el efluente 358,33 mg/L con una remoción en el sistema del 9,66%.

Los Fósforos, en el afluente 14,73 mg/L y en el efluente 14,23 mg/L con una remoción en el sistema del 3,40%.

Los Sulfatos, en el afluente 9,34 mg/L y en el efluente 4,66 mg/L con una remoción en el sistema del 50,07%.

Los Aceites y Grasas, en el afluente 30 mg/L y en el efluente 30,33 mg/L aumenta 1,10 %.



## Abstract

The treatment system wastewater Canton St. Lucia, the physical, chemical and bacteriological and infrastructure gaps Canton St. Lucia oxidation parameters was evaluated , and a diagnosis of the current situation was obtained in the treatment system their wastewater flows and measurement gaps to compare with the literature was quantified .

According to research in the study and evaluation of oxidation pond of the Canton, the values obtained are:

Biochemical Oxygen Demand BOD<sub>5</sub> in the influent 240,33 mg / L in the effluent and 56.33 mg / L with a removal in the system 76.56 %.

Chemical Oxygen Demand COD in the influent 388.04 mg / L and the effluent 146.57 mg / L with a removal in the system 62.20 %.

SS suspended solids in the influent 130 mg / L and the effluent 15 mg / L with a clearance in the system of 88.46%.

The ST Total Solids in the influent 526.67 mg / L and the effluent 373,33 mg / L with a removal in the system 29.11 %.

The SD dissolved solids in the influent 396.67 mg / L and the effluent 358.33 mg / L with a removal in the system of 9.66%.

The Matches, in the affluent 14.73 mg / L in the effluent and 14.23 mg / L with a removal in the system of 3.40% .

The sulfates in the effluent 9.34 mg / L and the effluent 4.66 mg / L with a removal in the system 50.07 %.

Oils and Fats in the influent 30 mg / L in the effluent and 30.33 mg / L increases 1.10%.



## Contenido

1. CAPITULO I.....	2
1.1. INTRODUCCIÓN DEL TEMA .....	2
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.2.1. HIDROLOGÍA.....	3
1.2.2. CLIMA DE LA ZONA .....	4
1.2.3. VIENTOS .....	5
1.3. OBJETIVO .....	6
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	7
1.5. HIPÓTESIS .....	7
1.6. ALCANCE.....	7
2. CAPITULO II.....	9
2.1. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1.1. GENERALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	9
2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	9
2.1.3. COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	11
2.1.4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	13
2.1.5. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.....	18
2.1.6. LODOS ACTIVADOS .....	22
2.1.7. TANQUES SÉPTICOS .....	22
2.1.8. REACTOR UASB .....	22
2.1.9. TANQUE IMHOFF .....	23
2.1.10. BIOFILTROS.....	23
2.1.11. MONITOREO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE UNA MUESTRA DE CALIDAD DE AGUA.....	24
2.1.12. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA .....	25
3. CAPITULO III.....	34
3.1. DISEÑO DE LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN .....	34
3.1.1. DISEÑO DE LAGUNA FACULTATIVA .....	34
3.1.2. DISEÑO DE LAGUNA DE MADURACION .....	38
4. CAPITULO IV .....	42
4.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO .....	42



4.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS USADOS EN ESTE PROYECTO.....	42
5. CAPITULO V .....	50
5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	50
5.2. VERIFICACIÓN DE VOLUMEN DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.....	57
CONCLUSIONES .....	60
RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA .....	65
GLOSARIO .....	69
5.1. ANEXOS Y TABLAS:.....	72



## LISTA DE FIGURA

Figura 1: Ubicación del proyecto.....	3
Figura 2: Hidrología del Cantón.....	4
Figura 3: Subcuenca de Daule.....	6
Figura 4: Tratamiento Primario (aguas residuales).....	15
Figura 5: Tratamiento Secundario (aguas residuales).....	16
Figura 6: Tratamiento Terciario (aguas residuales).....	17
Figura 7: Secuencia del tratamiento de aguas residuales doméstica.....	18
Figura 8: Esquema de la laguna Facultativa.....	21
Figura 9: Esquema de la laguna de depuración.....	22



## LISTA DE FOTOS

FOTO 1: Evaluación de viento de la Laguna de estabilización.....	5
FOTO 2: Evaluación de dirección de la Laguna de estabilización.....	5
FOTO 3: Laguna de Estabilización Santa Lucía.....	81
FOTO 4: Vegetación (laguna de estabilización).....	82
FOTO 5: Precámara – Afluente (Vista Lateral).....	82
FOTO 6: Precámara – Afluente (Vista Frontal).....	83
FOTO 7: efluente.....	83
FOTO 8: Toma de muestra (Precámara) afluente.....	84
FOTO 9: Toma de muestra efluente.....	84
FOTO 10: Vista lateral (efluente) .....	85
FOTO 11: Muestras .....	85
FOTO 12: Colocación de reactivos a la muestra .....	86
FOTO 13: Verificación de OD (afluente).....	86
FOTO 14: Verificación de OD (efluente).....	87
FOTO 15: Medición de Conductividad.....	87
FOTO 16: Muestras llevadas al laboratorio .....	88
FOTO 17: Levantamiento de precámara.....	88
FOTO 18: Pruebas de aceites y grasas .....	89
FOTO 19: Prueba de Laboratorio de los 3 días.....	89
FOTO 20-21: Equipos de laboratorio.....	90
FOTO 22-23: Prueba de DBO.....	90



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Composición típica del agua residual doméstica.....	13
Tabla 2: Parámetros de diseño para sedimentadores rectangulares.....	16
Tabla 3: Comparación del Sistema Anaeróbicos y aeróbicos.....	19
Tabla 4: TULSMA.....	32
Tabla 5: Resumen de diferentes modelos para diseño de diversos tipos de laguna.....	40
Tabla 6: Parámetros de diseño para remoción de coliformes fecales.....	40
Tabla 7: Ensayos de pH.....	72
Tabla 8: Ensayos de temperatura.....	72
Tabla 9: Ensayos de conductividad.....	72
Tabla 10: Ensayos de DBO.....	72
Tabla 11: Ensayos de DQO.....	72
Tabla 12: Ensayos de sólidos suspendidos.....	72
Tabla 13: Ensayos de sólidos totales.....	73
Tabla 14: Ensayos de sólidos disueltos.....	73
Tabla 15: Ensayos de fósforo.....	73
Tabla 16: Ensayos de sulfato.....	73
Tabla 17: Ensayos de aceites y grasas.....	73
Tabla 18: Ensayos de coliformes totales.....	73
Tabla 19: Valores promedios de los parámetros.....	74
Tabla 20: Eficiencia de remoción.....	74
Tabla 21: Resumen total de los ensayos.....	75



## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: DBO.....	50
Gráfica 2: DQO.....	51
Gráfica 3: SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	52
Gráfica 4: SÓLIDOS TOTALES.....	53
Gráfica 5: SÓLIDOS DISUELTOS .....	53
Gráfica 6: FÓSFORO.....	54
Gráfica 7: SULFATOS.....	55
Gráfica 8: ACEITES Y GRASAS.....	55
Gráfica 9: ESCALA LOGARITMICA DE COL. TOT. AFLUENTE.....	56
Gráfica 10: ESCALA LOGARITMICA DE COL. TOT. EFLUENTE.....	56
Gráfica 11: COMPARACION VOLUMEN DIS VS EXIST.....	58
Gráfica 12: pH.....	76
Gráfica 13: TEMPERATURA.....	76
Gráfica 14: CONDUCTIVIDAD.....	76
Gráfica 15: SOLIDOS DISUELTOS.....	77
Gráfica 16: FÓSFORO.....	77
Gráfica 17: SULFATOS.....	78
Gráfica 18: DQO.....	78
Gráfica 19: DBO.....	78
Gráfica 20: ACEITES Y GRASAS.....	79
Gráfica 21: SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	79
Gráfica 22: SÓLIDOS TOTALES.....	80
Gráfica 23: COLIFORMES TOTALES AFLUENTE.....	80
Gráfica 24: COLIFORMES TOTALES EFLUENTE.....	81



# CAPÍTULO I



## 1. CAPITULO I

### 1.1. INTRODUCCIÓN DEL TEMA

#### TÍTULO DEL TRABAJO

“Evaluación de los factores físicos, químicos, bacteriológicos de la Laguna de Oxidación en Santa Lucía”.

### 1.2. ANTECEDENTES

La Población de Santa Lucía perteneciente a la Provincia del Guayas, tiene su jurisdicción cantonal al norte de la Provincia, con una superficie territorial de 359 KM<sup>2</sup>. y con una población actualizada de 38923 habitantes: repartida de la siguiente manera: 8810 en la población urbana y 30113 en la población rural (2010 INEC).

En el Cantón Santa Lucía hay 18647 hombres y 20276 mujeres.

Santa Lucía está asentada a 6 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), su temperatura oscila alrededor de 26°C.

Las coordenadas geográficas de la cabecera cantonal son: 1° 50' / 1° 40' de Latitud Sur y 80° 0' / 79° 45' de Longitud Occidental.

Los límites geográficos del cantón son:

- Al norte con el cantón Palestina, por medio del recinto El Limón.
- Al sur con el cantón Daule por medio del recinto Piñal de Arriba.
- Al este con el cantón Salitre, sirviendo de límite el río Pula.
- Al oeste con los cantones Lomas de Sargentillo y Pedro Carbo por medio de los esteros La Saiba, Bufay; Pechiche, Aguas Verdes y Grande de Colorado.
- Al noroeste con el cantón Colimes por medio del estero El Mate.

El cantón Santa Lucía cuenta con un sistema de laguna de estabilización formada por 1 laguna facultativa y 1 laguna de maduración, con una compuerta en la entrada y una precámara en la Salida.

La ubicación de la estación de bombeo esta dentro de la ciudad de Santa Lucía, y la laguna aproximadamente se encuentra ubicada a 2 km de la Ciudad Santa Lucía.



**Fig. No.1 Ubicación del proyecto**



### 1.2.1. HIDROLOGÍA

Santa Lucía pertenece a la cuenca baja del Río Daule. El sistema hidrográfico de la cuenca baja del Río Daule recibe el aporte hídrico de la cuenca media, descontándose el aporte de la cuenca alta por estar intervenida por el embalse del Proyecto Daule-Peripa. El río Daule está afectado por la marea del estuario del río Guayas; en los meses de Julio a Diciembre la intrusión salina, avanza por el río Daule unos 70 a 80 kilómetros aguas arriba, alcanzando hasta la población de Santa Lucía.

El río Daule conforma la mayor subcuenca del río Guayas, con un caudal promedio máximo de 950 metros cúbicos/s. y mínimo de 25 metros cúbicos/s. pudiendo llegar a transportar hasta 3600 metros cúbicos/s. en época de fuertes precipitaciones.





### 1.2.3. VIENTOS

Mediante una inspección al sitio se realizaron pruebas de viento teniendo en cuenta que las mediciones en las estaciones referidas están a 6 m sobre el nivel del mar. También se notó que tiene una intensidad promedio de 8 m/s (30 km/h).

Las mayores velocidades en sitio se presentan en los meses de Junio a Diciembre.

Como se muestra en la Figura, los vientos predominantes son de NE a SW (North East – South West).



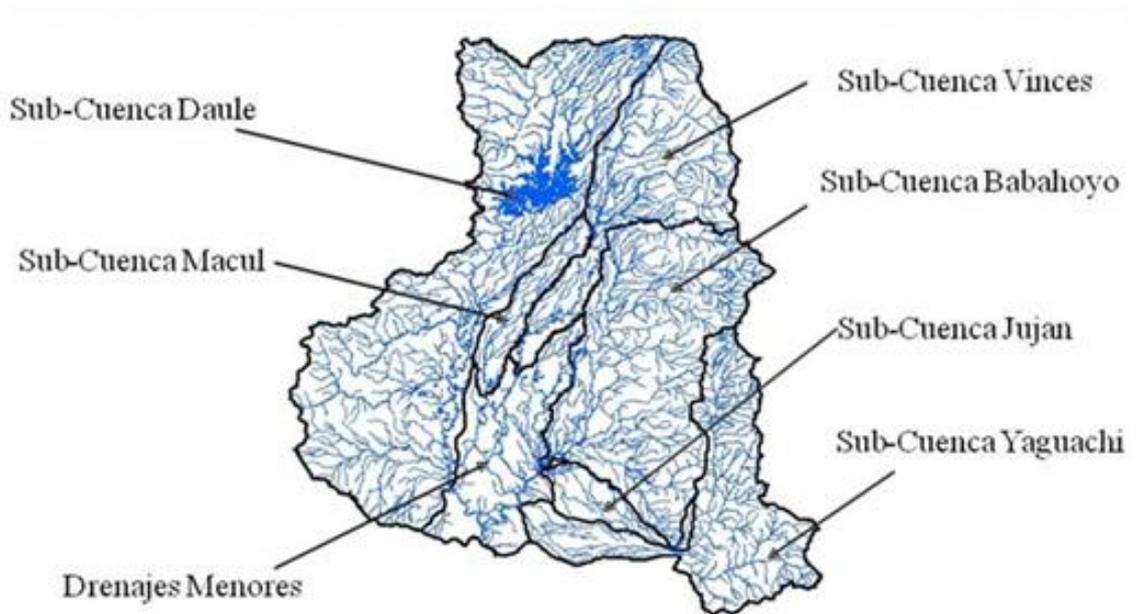
Foto No.1. Evaluación del Viento de la Laguna en el Cantón Santa Lucía



Foto No. 2 Determinación de la dirección del viento de la laguna en el Cantón Santa Lucía.



Fig. No.3 Subcuenca de Daule



Fuente:

[http://www.hidronacion.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=131:la-cuenca-del-rio-quayas&catid=45:noticias&Itemid=210](http://www.hidronacion.org/index.php?option=com_content&view=article&id=131:la-cuenca-del-rio-quayas&catid=45:noticias&Itemid=210)

### 1.3. OBJETIVO

#### a) OBJETIVOS GENERALES

Evaluación de los parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y de la infraestructura de las lagunas de oxidación del cantón de Santa Lucía para obtener un diagnóstico de la situación actual en el sistema de tratamiento de sus aguas residuales, y poder realizar observaciones para mejorar el sistema de tratamiento y así proteger la salud de la población y promover el bienestar de los miembros de la sociedad en dicho Cantón.

#### b) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los sitios de muestreo y realizar los análisis de calidad
- Cuantificar caudales y medir dimensiones de las lagunas para compararlas con las de la literatura.
- Con dicha evaluación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, podremos determinar si la calidad del efluente del



sistema de lagunas de Santa Lucia está dentro de los límites permitidos en la Normativa ambiental vigente.

- Mediante dicha evaluación podremos hacer observaciones para mejorar el tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico generadas en Santa Lucia, Provincia del Guayas, a fin de disminuir el grado de contaminación de su río, lo cual ayudará a la sociedad y nos permitirá mejorar las condiciones ambientales y de salud pública de esta ciudad.
- Informar al municipio sobre el diagnóstico de las lagunas para que este se preocupe y mejore las condiciones actuales.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

##### **Desde el punto de vista científico:**

El problema que se plantea es que las aguas provenientes de la naturaleza son empleadas por el ser humano y desechadas en forma contaminada hacia la misma naturaleza, debería ser tratada antes de producir contaminación de los lagos, nivel freático, ríos, esteros, mares, etc., para lo cual se realizó evaluaciones de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en la entrada y salida del tratamiento.

##### **Desde el punto de vista social:**

Es importante señalar que desde el punto de vista social, se tiene que concientizar al ser humano del cantón de Santa Lucía mediante una campaña de educación ambiental para superar la falta de conocimientos y conciencia de los ciudadanos y de regular las deficientes ordenanzas municipales.

#### **1.5. HIPÓTESIS**

¿Las descargas de las aguas residuales tratadas de las lagunas de oxidación para el tratamiento de aguas servidas de Santa Lucia generan contaminación al rio Daule?

#### **1.6. ALCANCE**

Se evaluó el funcionamiento en las condiciones actuales del sistema de tratamiento de las aguas residuales del cantón Santa Lucia, y se realizó la evaluación de los factores físicos químicos y bacteriológicos, a la vez se realizó pruebas de laboratorio (parámetros de interés ambiental) y así poder determinar la calidad del efluente y eficiencias de remoción y los tiempos de retención del sistema.



# CAPÍTULO II



## 2. CAPITULO II

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. GENERALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES

Según Seoanez (1995), llamamos aguas residuales a los líquidos procedentes de la actividad humana, que llevan en su composición gran parte de agua, y que generalmente son vertidos a cursos o a masas de aguas continentales o marinas.

MetCalf& Eddy (1998), describen a las aguas residuales como la basura líquida proveniente de tocadores, baños, regaderas, cocinas, aguas sucias provenientes de industrias y comercios, etc., que es desechada a las alcantarillas.

Según La FAO, 2007(Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION) define aguas residuales como: “Agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales”.

Las aguas residuales son aguas que están contaminadas con sustancias fecales y orina, aguas de limpieza y lavaplatos, así como también las aguas residuales de los procesos industriales y comercio que descargan al alcantarillado.

#### 2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales se clasifican en:

- Aguas residuales domésticas, pecuarias, industriales, de origen agrícola, urbanas.

##### **Aguas Residuales Domésticas**

Las aguas residuales domésticas están compuestas por aguas:

- residuales
- Lavado
- Limpieza



Estas aguas domésticas tienen contaminantes como patógenos, gérmenes, sólidos, detergentes, fósforo, materia orgánica, nitrógeno, entre otros.

Las aguas residuales domésticas son aquellos líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales.

El uso doméstico del agua comprende el agua abastecida a zonas residenciales, comercios, instituciones y espacios recreacionales, y se mide a partir de contadores individuales. Los usos a los que se destina incluyen el agua que se bebe, la usada para limpieza, higiene, fines culinarios, evacuación de residuos, y regado de jardines y zonas verdes particulares. **(Salvato, J, A. 1985).**

### **Aguas Residuales Pecuarias**

Estas aguas tienen las características muy parecidas a la de las aguas residuales domésticas, debido a que estas aguas residuales provienen de los animales que tienen sangre caliente como los que están en actividad en la ganadería.

### **Aguas Residuales de Origen Agrícola**

Según Xavier Zambrano, Xavier Saltos y Franklin Villamar, 2004, el origen de la contaminación agrícola está en el arrastre, por las aguas de lluvia y el agua de riego, de los productos usados en la agricultura. El agua residual se incorpora a las fases del ciclo hidrológico (escorrentía superficial, subsuperficial, subterránea, etc.) llevando consigo los contaminantes. Los acuíferos, ríos y embalses serán las masas de agua receptoras que sufrirán los problemas de este tipo de contaminación.

Generalmente los compuestos son utilizados como abono o como pesticidas.

### **Aguas Residuales Industriales**

Según **(Salvato, J, A. 1985)**, la cantidad de agua con que los municipios abastecen a las industrias para su uso en los diferentes procesos de producción presenta una gran variabilidad. Las industrias grandes consumidoras de agua, como las refinerías, químicas y conserveras, suelen abastecerse al margen de las redes públicas de abastecimiento de agua. En cambio, industrias cuyas necesidades y consumos son bastante menores, como las dedicadas a productos de tecnología, si se abastecen a través de las redes públicas.



las aguas residuales industriales son aquellas provenientes de industrias de manufactura y requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado municipal; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria, los procesos de tratamiento son también muy variables (**Nemerow y Agardy, 1982**).

En nuestro medio generalmente existe la variada actividad industrial, por lo que hay varios tipos de aguas residuales industriales como el tipo de industria, actividad dentro de la misma, el agua de abastecimiento, Aguas de refrigeración y calefacción, Aguas de limpieza, etc.

### **Aguas residuales urbanas**

Según Seoanez, 1995, las aguas residuales urbanas no alcanzan, el nivel que deberían tener para compensar la diferencia que existe con la capacidad depuradora de los ríos. Las aguas residuales de las urbes, sin residuos industriales, provocan una perturbación que se manifiesta principalmente por la disminución del oxígeno disuelto debido a la materia orgánica que agregan. Estas se originan mediante el aporte de desechos humanos y animales, residuos domésticos, de restos vegetales, de aguas de lluvia, aguas de lavado y otros.

Un factor importante es debido al tiempo de haber sido generada, mientras más tiempo es séptica y pestífera (Agua de color negro); dicha agua residual posee un olor muy similar al sulfhídrico (huevos podridos).

### **2.1.3. COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Según (Metcalf& Eddy, 1991) (Mujeriego, 1990) ,la composición de una agua residual está definida por las cantidades reales de los componentes físicos, químicos y biológicos presentes en ella y puede variar según la composición del agua de abastecimiento público, el número y tipo de establecimientos comerciales e industriales y según la naturaleza de la población residente. Los valores típicos que estos parámetros toman en un agua residual municipal bruta.

Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido de los sólidos, la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO), pH y alcalinidad.

El agua residual en general consta de diversos contaminantes, los cuales tienen sus respectivas características, como son:



**Sólidos suspendidos:** se expresan en mg/L y  $1\text{m}^3$  de Agua residual tiene un peso aproximado de  $1 \times 10^6$  gr. Contiene alrededor de 500 gr de sólidos totales y esto pueden estar ya se en disolución o suspensión.

**Patógenos:** es un factor importante debido a puede transmitir enfermedades.

**Nutrientes:** (fósforo, nitrógeno)

**Contaminantes prioritarios:** En el agua residual podría existir ciertos parámetros de mutagenicidad, carcinogenicidad o toxicidad. Estos contaminantes prioritarios pueden ser Orgánico o Inorgánico.

**Materia orgánica biodegradable:** Es importante la existencia de grasas animales, proteínas en la materia orgánica biodegradable. Su medición generalmente es en función de la DBO y DQO.

**Materia orgánica refractaria:** (pesticidas)

**Sólidos inorgánicos disueltos:** (sulfato, calcio, sodio).

**Metales pesados:** Cuando las aguas residuales son descargadas durante procesos industriales es necesario que sea reutilizada y poder remover algunos metales pesados.



Tabla No.1 COMPOSICIÓN TÍPICA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Constituyente	unidad	Concentración <sup>a</sup>		
		Débil mg/l	Media mg/l	Fuerte mg/l
Sólidos, en total (ST)	mg/L	390	720	1230
Disueltos, en total (SDT)	mg/L	270	500	860
Fijos	mg/L	160	300	520
Volátiles	mg/L	110	200	340
Sólidos Suspendidos, en total (SST)	mg/L	120	210	400
Fijos	mg/L	25	50	85
Volátiles	mg/L	95	160	315
Sólidos Sedimentables	mL/L	5	10	20
DBO <sub>5</sub> (20° C)	mg/L	110	190	350
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L	80	140	260
DQO	mg/L	250	430	800
Nitrógeno (Total como N)	mg/L	20	40	70
Orgánico	mg/L	8	15	25
Amoníaco Libre	mg/L	12	25	45
Nitritos	mg/L	0	0	0
Nitratos	mg/L	0	0	0
Fosforo (Total como F)	mg/L	4	7	12
Orgánico	mg/L	1	2	4
Inorgánico	mg/L	3	5	10
Cloruros <sup>b</sup>	mg/L	30	50	90
Sulfato <sup>b</sup>	mg/L	20	30	50
Aceites y Grasas	mg/L	50	90	100
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV <sub>3</sub> )	mg/L	<100	100 - 400	>400
Coliformes Totales	No./100mL	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>10</sup>
Coliformes Fecales	No./100mL	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>8</sup>
Quistes de <i>Cryptosporidium</i>	No./100mL	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>0</sup>	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>1</sup>	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>2</sup>
Quistes de <i>Giardi Lamblia</i>	No./100mL	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>1</sup>	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>2</sup>	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>3</sup>
Alcalinidad (como Ca Co <sub>3</sub> )	mg/L	50	100	200

<sup>a</sup> Low strength is based on an approximate wastewater flowrate of 750 L/capita-d (200 gal/capita-d)  
Medium strength is based on an approximate wastewater flowrate of 469 L/capita-d (120 gal/capita-d).  
High strength is based on an approximate wastewater flowrate of 240 L/capita-d (60 gal/capita-d)

<sup>b</sup> Values should be increased by amount of constituent present in domestic water supply.

Note: mg/L = g/m<sup>3</sup>

Fuente: Libro "Tratamiento y Depuración de Aguas Residuales" Vol. I, II, III. Metcalf – Eddy. (Mc Graw – Hill 4a Edición) Año 2003.

## 2.1.4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Uno de los factores más importante en el tratamiento de las aguas residuales son las enfermedades de origen hídrico debido a que han estado ligadas mucho tiempo con la falta del sistema de tratamiento y alcantarillado.



El tratamiento de las aguas residuales consiste en los procesos físicos, químicos y biológicos o bacteriológicos y su principal finalidad es de eliminar todos los contaminantes que se encuentran en el agua efluente del uso humano y así evitar enfermedades de origen hídrico.

Existen diversos factores para la selección de un proceso de tratamiento de agua residual, como son:

- Características del agua residual
- Criterios de calidad (legislación ambiental vigente)
- Costos de implantación, operación y mantenimiento.
- Confiabilidad del sistema.
- Capacidad de crecimiento para satisfacer requerimientos futuros.
- Factor económico
- Área disponible

### **Tipos de tratamiento en las aguas residuales**

Los tipos de tratamiento que se pueden dar a una muestra de agua residual son preliminares o pretratamiento, primarios, secundarios y terciarios.

### **Tratamientos preliminares o pretratamiento**

En esta etapa del tratamiento se deben cumplir dos funciones importantes, como son el poder medir y regular el caudal del agua que ingresa a la planta de tratamiento y se debe extraer los sólidos flotantes grandes, como son troncos, trapos, arenas, lechuguinos, y hasta la grasa).

Asímismo, para que dicho proceso pueda efectuarse normalmente, es importante y necesario filtrar el agua para poder retirar de ella las grasas y los sólidos.

Las estructuras encargadas de esta función son las rejillas, tamices, trituradores (a veces), desgrasadores y desarenadores. En esta etapa también se puede realizar la preaireación, cuyas funciones son:

- a) Eliminar los compuestos volátiles que se encuentran presentes en el agua servida, que se caracterizan por ser de mal olor.
- b) Aumentar el contenido de oxígeno del agua residual, lo que ayuda a la disminución de la producción de malos olores en las etapas siguientes del proceso de tratamiento.



## Tratamientos primarios

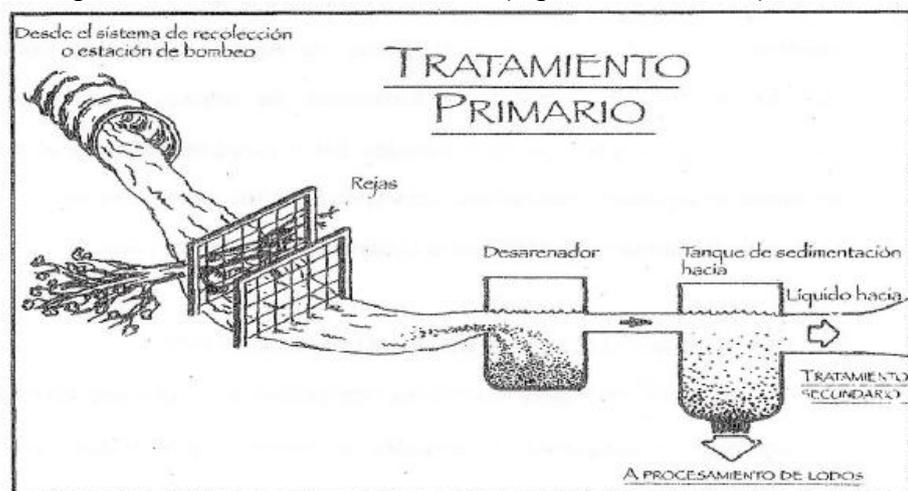
Los sólidos en suspensión son eliminados por el tratamiento primario mediante su sedimentación ya sea floculante o coagulante. El proceso de tratamientos primarios se puede agregar algunos compuestos químicos tales como aluminio, sales de hierro y los polielectrolitos floculantes. Se agrega los compuestos mencionados con el fin de precipitar los sólidos en suspensión y el fósforo.

Las estructuras encargadas de esta función son los estanques de sedimentación primarios o clarificadores primarios. Habitualmente están diseñados para suprimir aquellas partículas que tienen tasas de sedimentación de 0,3 a 0,7 mm/s. Así mismo, el período de retención es normalmente corto, 1 a 2 h.

En el tratamiento primario, alrededor del 60 al 70% de los SS (sólidos en suspensión) son eliminados por la precipitación.

La forma de un tratamiento primario puede ser: cuadrada, rectangular o circular.

Fig. No. 4 Tratamiento Primario (Aguas residuales)



Fuente: Water Environment Federation®, Tratamiento de Aguas Residuales Guía para el alumno, WEF, Estados Unidos de América, 1993, pp. 18

Según (Lissette Peralta 2013), el tratamiento primario se emplea para la eliminación de los sólidos en suspensión y los materiales flotantes, impuesta por los límites, tanto de descarga al medio receptor como para poder llevar los efluentes a un tratamiento secundario.

Procesos utilizados para tratamiento primario de las aguas residuales: Filtración, Sedimentación, Floculación, Coagulación, entre otros.



Tabla No. 2 Parámetros de diseño para sedimentadores rectangulares.

TIPO DE TRATAMIENTO	CARGA SUPERFICIAL, m/d		Profundidad (m)	Carga sobre el vertedero (L/s.m)	Tiempo de retención (h)	% de remoción	
	Caudal promedio	Caudal pico				DBO	SS
Primario seguido de tratamiento secundario	32-49	81-122	3-5	1,4 - 5,8	1,5-2,5	35- 45	50-70
Primario con lodo activado de desecho	24 - 33	48 - 70	3 - 5	1,4 - 5,8	1,5-2,5	35-45	50-70
Primario	24 - 33	45	2,1 - 3,6	1,4 - 5,2	1 - 2	35 - 40	50 - 70

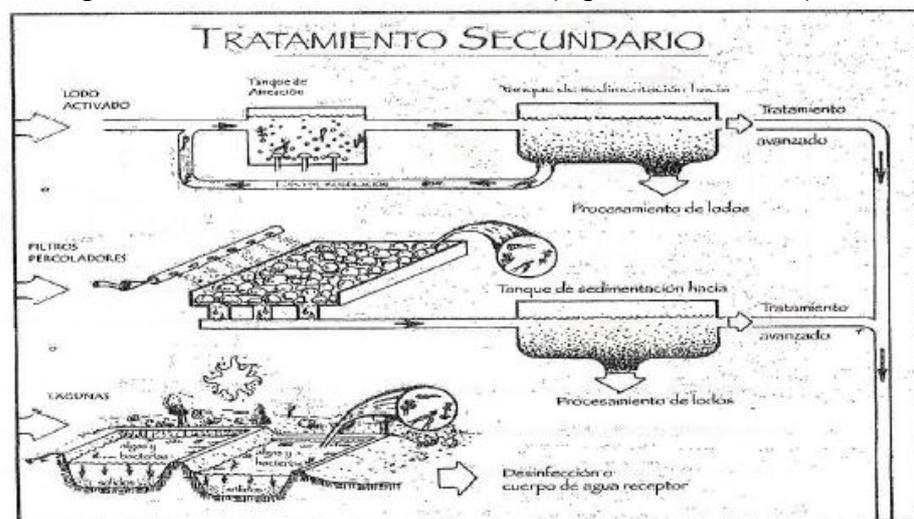
Fuente: Romero, 2005

### Tratamientos secundarios

Tiene como objetivo remover la demanda biológica y eliminar la materia orgánica que se encuentra en estado de disolución y en estado coloidal mediante un proceso de oxidación de naturaleza biológica seguido de sedimentación. Dicho proceso biológico participan los microorganismos que se encuentran presentes en las aguas residuales.

Las bacterias son los microorganismos principales y dichas bacterias se alimentan de los sólidos que se encuentran en suspensión y en estado coloidal produciendo en su degradación agua y anhídrido carbónico, y se origina una biomasa bacteriana que precipita en el decantador secundario. Por tal, el agua queda limpia a cambio de producirse unos fangos con lo cual se debe buscar la manera de que sean eliminados.

Fig. No. 5 Tratamiento secundario (Aguas residuales)



Fuente: Water Environment Federation®, Tratamiento de Aguas Residuales Guía para el alumno, WEF, Estados Unidos de América, 1993, pp. 19



### Tratamiento terciario o avanzado.

Su principal objetivo es de suprimir algunos contaminantes específicos que se encuentran presentes en el agua residual tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en curso de agua favorece la eutrofización, esto quiere decir, un desarrollo incontrolado y acelerado de la vegetación acuática que agota el oxígeno, y mata la fauna existente en la zona.

Debemos saber que no todas las plantas tienen esta etapa ya que dependerá de la composición del agua residual y el destino que se le dará.

Fig. No. 6 Tratamiento terciario - avanzado (Aguas residuales)



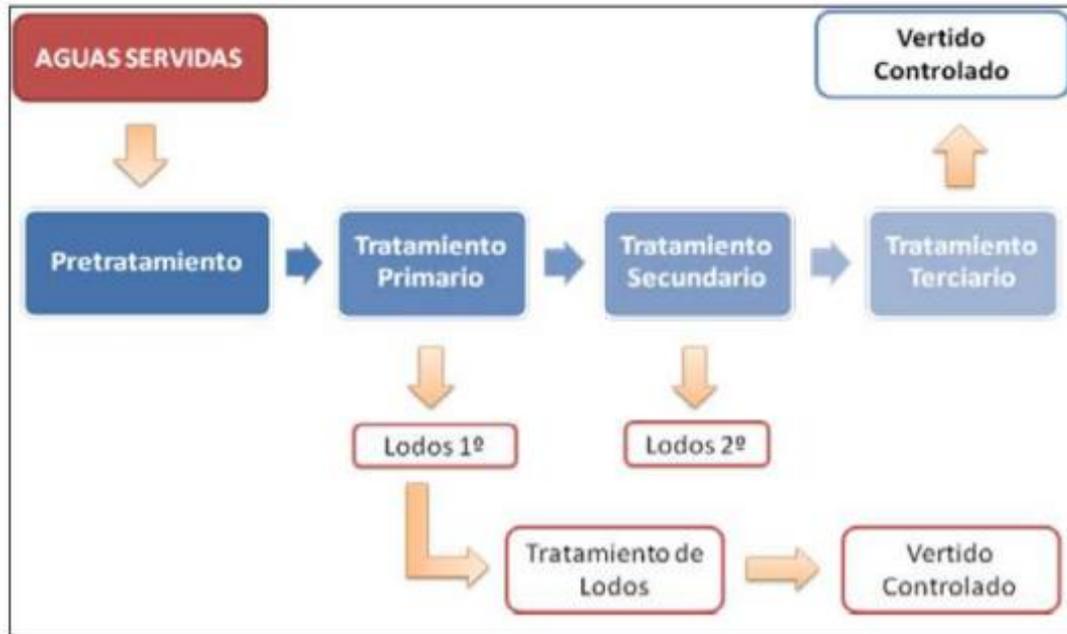
Fuente: Water Environment Federation®, Tratamiento de Aguas Residuales Guía para el alumno, WEF, Estados Unidos de América, 1993, pp. 19

### Esquema general de procesos de tratamiento de aguas.

Grazia (2010), presenta un resumen de la secuencia completa de los procesos de tratamientos que pueden aplicarse a aguas residuales domésticas, y también aguas residuales industriales, se representa en este esquema.



Fig. No. 7 Secuencia de tratamiento de aguas residuales domésticas



. Secuencia completa de tratamientos de aguas residuales domésticas. Fuente: Grazia (2010).

Entre los sistemas de tratamiento de aguas residuales tenemos:

- Lagunas de estabilización
- Lodos activados
- Tanques Sépticos
- UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket),
- Biofiltros, entre otros.

### 2.1.5. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Según Silva (2004), “el funcionamiento de las lagunas de estabilización para el tratamiento de las aguas residuales está gobernado por diferentes factores, procesos de tratamiento, condiciones para cada laguna, criterios de diseño para cada tipo de lagunas de estabilización, entre otros”.

Por la finalidad del tratamiento del agua, las lagunas se clasifican en:

#### - Lagunas Aerobias.

Según Rodríguez, (2009), “las lagunas aerobias se pueden clasificar, según el método de aireación sea natural o mecánico, en aerobias y aireadas”.



Las lagunas aerobias contienen pocos sólidos en suspensión, y en dichas lagunas se produce la degradación de la materia orgánica.

### - Lagunas Anaerobias:

Según Romero, (1999) indica que “en las lagunas anaerobias el tratamiento se lleva a cabo por la acción de bacterias anaerobias. Como consecuencia de la elevada carga orgánica y el corto periodo de retención del agua residual, el contenido de oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año.

El objetivo perseguido es retener la mayor parte posible de los sólidos en suspensión, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo y eliminar parte de la carga orgánica”.

Tabla No. 3 Comparación del sistema aeróbicos y anaeróbicos.

<i>Procesos Aeróbicos</i>	<i>Procesos Anaeróbicos</i>
<p><b>Condiciones Necesarias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Más adecuado para bajas concentraciones de Impurezas.</li> <li>-También para agua relativamente fría.</li> <li>-sin compuestos tóxicos salvo excepciones.</li> <li>-Neutralización previa si el efluente fuera alcalino.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aplicable solo para aguas residuales con alta concentración de impurezas.</li> <li>-Acepta aguas relativamente cálidas. (&gt;25°C).</li> <li>-No deben contener sustancias tóxicas.</li> <li>-Los efluentes alcalinos pueden tratarse sin neutralización previa.</li> </ul>
<p><b>Desarrollo del Proceso.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Únicamente en operación continua.</li> <li>-Para condiciones exigentes, los valores finales se logran a través de varias etapas.</li> <li>-Posibilidad de eliminación integra de N y P.</li> <li>-Generación de lodo activado altamente excesiva.</li> <li>-baja demanda de espacio.</li> <li>-Mantenimiento intensivo para aireación y deshidratación de lodos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-operación no continua o por lotes, es posible sin problemas.</li> <li>-para condiciones exigentes de postratamiento aeróbico.</li> <li>-Escasa eliminación de N y P.</li> <li>- Muy Baja generación de lodo activado en exceso.</li> <li>-alta demanda de espacio.</li> <li>-Reducidas necesidades de mantenimiento.</li> </ul>
<p><b>Sustancias Sobrantes.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lodos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Producción de Biogás.</li> </ul>
<p><b>Costes.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Bajos costes de Inversión</li> <li>-Altos costes operativos de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía Eléctrica para aireación.</li> <li>• Necesidad de Nutrientes (eventualmente).</li> <li>• Eliminación de lodos sobrantes.</li> </ul> </li> <li>-También en Plantas Pequeñas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-con frecuencia altos costes de inversión.</li> <li>-bajos costes operativos, ya que provocan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo consumo de energía eléctrica.</li> <li>• Casi no se requieren nutrientes</li> <li>• Mínimo exceso de lodo.</li> </ul> </li> <li>-Rentable solo con altas cargas de impurezas.</li> </ul>

Fuente: [www.cuentascuentos.com/diferencias-entre-aerobico-y-anaerobico](http://www.cuentascuentos.com/diferencias-entre-aerobico-y-anaerobico)



### - Lagunas Facultativas:

Según Rolim, (2000), las lagunas facultativas son aquellas que poseen una zona aerobia y una anaerobia, siendo respectivamente en superficie y fondo. La finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionando principalmente por las algas presentes.

Según Rolim, 2000, en este tipo de lagunas se puede encontrar cualquier tipo de microorganismos, desde anaerobios estrictos, en el fango del fondo, hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie. Además de las bacterias y protozoarios, en las lagunas facultativas es esencial la presencia de algas, que son los principales suministradoras de oxígeno disuelto.

Según Rolim, 2000, el objetivo de las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes y bacterias coliformes.

La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2 m para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical.

Según Rolim, 2000, las bacterias y algas actúan en forma simbiótica, con el resultado global de la degradación de la materia orgánica. Las bacterias utilizan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar en forma aeróbica los compuestos orgánicos. En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxido de carbono en grandes cantidades, estos son utilizados por las algas en su crecimiento. De esta forma, la actividad de ambas es mutuamente beneficiosa.

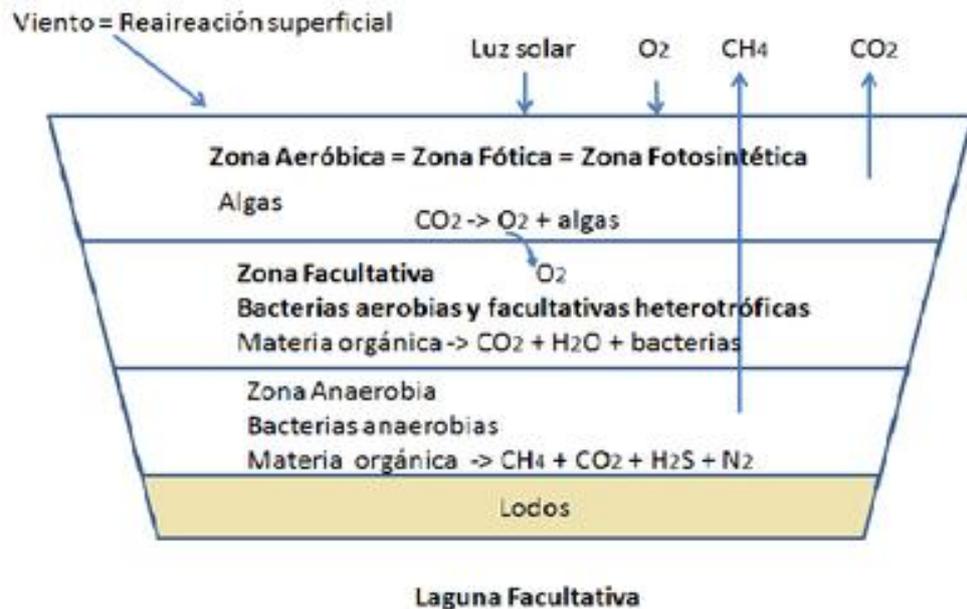
Según Rolim, 2000, en una laguna facultativa existen tres zonas:

1. Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica.
2. Una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias.
3. Una zona intermedia, que es parcialmente aerobia y anaerobia, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo las bacterias facultativas. Los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de fango anaerobio. Los materiales orgánicos sólidos y coloidales se oxidan por la acción de las bacterias aerobias y facultativas empleando el oxígeno generado por las algas presentes cerca de la superficie. El dióxido de carbono, que se produce en el



proceso de oxidación orgánica, sirve como fuente de carbono por las algas. La descomposición anaerobia de los sólidos de la capa de fango implica la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases tales como el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y el  $\text{CH}_4$ , que o bien se oxidan por las bacterias aerobias, o se liberan a la atmósfera.

Fig. No. 8. Esquema de la laguna facultativa



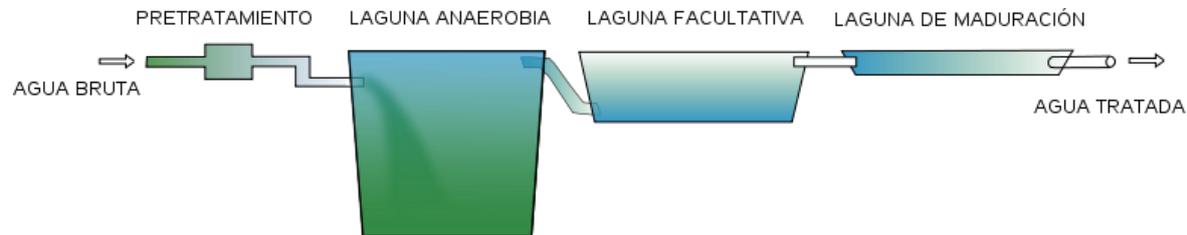
### - Lagunas de Maduración:

Según Rolim, 2000, este tipo de laguna tiene como objetivo fundamental la eliminación de bacterias patógenas. Además de su efecto desinfectante, las lagunas de maduración cumplen otros objetivos, como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado.

Según Rolim, 2000, las lagunas de maduración se construyen generalmente con tiempo de retención de 3 a 10 días cada una, mínimo 5 días cuando se usa una sola y profundidades de 1 a 1.5 metros. En la práctica el número de lagunas de maduración lo determina el tiempo de retención necesario para proveer una remoción requerida de coliformes fecales.

Según Rolim, 2000, las lagunas de maduración suelen constituir la última etapa del tratamiento, por medio de una laguna facultativa primaria o secundaria o de una planta de tratamiento convencional, debido a la eliminación de agentes patógenos, si se reutiliza el agua depurada.

Fig. No. 9 Esquema del sistema de depuración



FUENTE: NACLE2, ESQUEMA DEL SISTEMA DE DEPURACION PORCION LAGUNAJE, 2009

### 2.1.6. LODOS ACTIVADOS

En las aguas residuales, los lodos activados realizan un proceso para el tratamiento de las aguas negras en la cual los lodos biológicamente activos y dichas aguas tendrán un contacto íntimo.

Estos lodos generalmente son desarrollados debido a la aireación prolongada, bajo las condiciones en las que favorece el crecimiento de los organismos que oxidan la materia orgánica

Los materiales orgánicos se oxidan debido a que los lodos que contienen estos organismos permiten el contacto con las aguas negras.

Es importante y muy necesario realizar un control de operación para poder asegurar una fuente de oxígeno suficiente.

### 2.1.7. TANQUES SÉPTICOS

El tanque séptico es una estructura que permite la separación de los sólidos que contienen las aguas residuales.

Los tanques sépticos están ubicadas tanto en zonas urbanas como zonas rurales pero que no existan las redes de alcantarillado, o esta se encuentre lejos como para justificar su instalación.

### 2.1.8. REACTOR UASB

El término reactor UASB viene de las siglas en inglés Uplow Anaerobic Sludge Blanket que también es conocido como RAFA siglas en español reactor anaerobio de flujo ascendente.

Es conocido como un tipo biorreactor tubular que operan en un régimen continuo y flujo ascendente, esto quiere decir que el afluente



entra por la parte inferior del reactor y atraviesa todo el perfil longitudinal y luego sale por la parte superior del reactor.

Como son sistemas anaerobios de flujo ascendente podemos observar que las bacterias pueden llegar a agregarse de forma natural formando gránulos y flóculos. En dichos reactores UASB podemos aplicar mayores cargas orgánicas que en los procesos aerobios, y también se requiere de un menor volumen de reacción y de espacio, y al mismo tiempo se produce una gran cantidad de biogás y por tanto de energía.

El reactor UASB puede remplazarse al sedimentador primario, al digestor anaerobio de fangos, al paso de tratamiento aerobio y al sedimentador secundario de una planta convencional de tratamiento aerobio de las aguas residuales, pero debemos tener en cuenta que el efluente de reactor UASB necesita normalmente un tratamiento posterior para poder lograr la degradación de la materia orgánica.

#### **2.1.9. TANQUE IMHOFF**

El tanque imhoff es una unidad de tratamiento primario y su principal objetivo es la remoción de los sólidos en suspensión.

Cuando hay 5000 habitantes o menos, el tanque imhoff obtiene ventajas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, una de sus ventajas es que cumple 2 funciones:

- a) En el fondo de la laguna de oxidación forma lodos por digestión anaerobia
- b) Permite la separación de los sólidos suspendidos

También tiene una ventaja de que el mantenimiento es mínimo y las aguas servidas que se introducen en los tanques imhoff no se necesita mantenimiento preliminar.

Así como tiene sus ventajas también tiene desventajas, una de las principales es que producen malos olores, son costosas, y su construcción es compleja en arena fluida o en roca.

#### **2.1.10. BIOFILTROS**

El tratamiento de biofiltración del agua tiene como principal objetivo de eliminar los contaminantes dañinos y la materia orgánica al hacer pasar el agua a través de un sistema de suelos, plantas, etc.



### 2.1.11. MONITOREO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE UNA MUESTRA DE CALIDAD DE AGUA

#### Monitoreo de una muestra de agua residual

El Monitoreo de la calidad del agua es importante para controlar y detectar puntos de contaminación en los ríos.

El Monitoreo permanente de calidad de agua, tiene como meta conocer los datos recopilados del campo y ver cómo impacta al medio las diferentes actividades desarrolladas por el hombre; así en un futuro poder controlar la contaminación del agua con la única finalidad de mejorar la Calidad de Agua y de Vida en las áreas de influencia. **(Hahn – Schlam et al, 2006).**

Muestreo es el proceso mediante el cual se selecciona la muestra representativa para poder hacer el análisis, y el proceso de recolección debe considerar algunos aspectos, con el fin de que se cumpla el objetivo que se ha propuesto.

La composición de la muestra puede variar con el tiempo una vez recogida a causa de cambios químicos, reacción con el aire, o interacción de la muestra con el recipiente. Existen técnicas de muestreo y de análisis usadas para la caracterización de las aguas residuales que van desde las determinaciones químicas ya sea cuantitativas y precisas, hasta determinaciones biológicas y físicas cualitativas.

Los principales objetivos del muestreo es asegurar que las muestras sean representativas del material que se analiza y que las muestras analizadas en el laboratorio sean homogéneas. El término muestra representativa significa que el contenido total de la muestra sea el mismo que el del material del cual se ha tomado, mientras que el término homogénea se refiere a que la muestra presente las mismas características en cada punto del cual se ha extraído la alícuota.

Generalmente las muestras pueden ser de dos tipos:

- Puntuales
- Compuestas

#### Monitoreos Puntuales

Son aquellas que se toman aisladamente en un momento instantáneo en el tiempo, y estas son analizadas por separado. Son esencialmente una guía del aspecto y composición del universo que se está evaluando en el instante de la extracción.



La representatividad de una muestra puntual es de valor limitado, pero puede ser usado en el seguimiento de las características rápidamente cambiantes de un desagüe.

La serie de muestras puntuales son útiles para apreciar las variaciones de parámetros tales como: pH, gases disueltos, etc. Las muestras puntuales analizadas in situ son esenciales para las determinaciones de oxígeno disuelto, temperatura, demanda de cloro y cloro residual. Asimismo, las concentraciones debidas a descargas intermitentes de tanques o piletas, pueden determinarse utilizando muestras puntuales.

### **Monitoreos compuestos**

Indican las condiciones medias y dan resultados que son muy útiles para estimar las diferentes cantidades de materiales descargados a lo largo de un período prolongado como por ejemplo: 24 horas o por turno.

Debemos tener en cuenta que si el caudal en donde se toma la muestra es constante, quiere decir que la muestra compuesta está formada por un número adecuado de porciones uniformes recogidas frecuentemente a intervalos regulares. En cambio, si el caudal varía, como ocurre generalmente en los desagües industriales, es aconsejable tomar una muestra compensada. En este caso el volumen de cada porción será proporcional al caudal del efluente que circula en el momento de la extracción.

El muestreo compuesto reduce a un mínimo el trabajo analítico. Las muestras compuestas de procesos industriales continuos están formadas normalmente sobre un turno de trabajo de 8 horas o bien sobre 24 horas. Ocasionalmente pueden ser necesarias muestras compuestas sobre períodos menores de 4, 2 y hasta de 1 hora para estudios especiales.

## **2.1.12. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA**

### **Análisis de calidad de una muestra de agua residual**

La carga orgánica es el producto de la concentración de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) o DQO (demanda química de oxígeno) por el caudal.

La carga orgánica es expresada como peso por unidad de tiempo por unidad de superficie o por unidad de peso.



### **Factores físicos de una muestra de agua residual**

Los factores físicos se relacionan con los sentidos y estos son:

#### **Color**

El color puede producirse en el agua residual por dos causas:

- Causas internas, son causadas por los materiales en suspensión o colorantes.
- Causas externas, causadas por la capacidad que tiene el agua de absorber ciertas radiaciones del espectro visible.

Según la Standard Methods for the examination of water and wastewater, 1995 a su vez el color puede dividirse en un color aparente, la cual es producida por la materia disuelta y suspendida y el color real o verdadero que es el que queda en dicha agua residual una vez que se hayan eliminado los sólidos en suspensión.

Según Crites y Tchobanoglous, 2000, el color de las aguas residuales es causado por los sólidos suspendidos, materia coloidal y sustancias orgánicas en solución. El color causado por los sólidos suspendidos se llama color aparente, mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero.

#### **Temperatura:**

Es importante la temperatura en el agua residual por su efecto sobre la vida acuática ya que afecta a la solubilidad de sales y gases debido a: La disminución de la solubilidad de O<sub>2</sub> en el agua al aumentar su temperatura.

Según CENTA 2008, “la temperatura afecta al comportamiento de los sistemas de lagunas, al actuar sobre la velocidad de las reacciones biológicas. Para los intervalos de temperatura normales en las lagunas, la velocidad de depuración (actividad bacteriana) y mortalidad de los coliformes incrementan con la misma”.

De acuerdo a Crites y Tchobanoglous (2000), la temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana está en el rango de 25 a 35.

La medición de la temperatura es importante ya que muchos sistemas de tratamientos de las aguas residuales dependen de la temperatura (Crites y Tchobanoglous, 2000).



La temperatura del agua residual es mayor que la del agua potable, varía entre 10 y 20°C; esto se debe a que se añade calor al agua en los sistemas de plomería de las edificaciones.

### **Sólidos suspendidos:**

Según Metcalf&Eddy, 1995, Los sólidos suspendidos son visibles y a la vez flotan en las aguas residuales entre superficie y fondo. Estos pueden ser removidos por medios mecánicos o físicos a través de los procesos de filtración o de sedimentación.

Según Metcalf&Eddy, 1995, En esta clasificación es incluida las partículas que flotan como arcilla, sólidos fecales, madera que se encuentra en descomposición, resto de papel, basura y partículas de comidas y el porcentaje en orgánico es el 70% y 30% en inorgánico. Los sólidos suspendidos se encuentran dividido en dos grupos: coloidales y sedimentables.

### **Turbiedad**

Según el Standard Methods, 1989, la turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones.

Este factor se elimina mediante los procesos de filtración, coagulación y decantación.

### **Factores químicos de calidad de agua**

#### **pH**

Según Dominguez, 2008, “el pH (Índice de Ion de hidrógeno), es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La escala de pH contiene una serie de números que varían de 0 a 14, estos valores miden el grado de acidez o basicidad de una solución”. Los valores inferiores a 7 y próximos a cero indican aumento de acidez, los que son mayores de 7 y próximos a 14 indican aumento de la basicidad, mientras que cuando el valor es 7 indica neutralidad.



## **Nutrientes**

Entre los nutrientes más importantes son el fósforo, nitrógeno, potasio y deben estar en las plantas de tratamiento de agua residuales ya que sin los nutrientes no pueden desarrollarse, y por este motivo las personas de las agricultura usan a menudo los fertilizantes orgánicos con el fin de suministrar las sustancias vitales como el maíz, trigo, etc.

## **Oxígeno Disuelto**

Según Rodríguez, 2009, “el (OD) Oxígeno disuelto presenta variaciones importantes en profundidad. La concentración de oxígeno disuelto es máxima en superficie, y a medida que aumenta la profundidad va disminuyendo hasta anularse. La profundidad a la que se anula el oxígeno disuelto se llama “oxipausa”, y su posición depende de la actividad fotosintética, el consumo de oxígeno por las bacterias y el grado de mezcla inducido por el viento. En invierno la capa oxigenada tiende a ser mucho más reducida que en verano”.

## **Sólidos Disueltos:**

Los sólidos disueltos es la denominación que reciben todos los sólidos que se quedan retenidos en un proceso de filtración fina. En general, los sólidos disueltos son en un 40% orgánicos y un 60% inorgánicos.

## **Sólidos Totales:**

Es precisamente esta unidad orgánica de los sólidos presentes en las aguas residuales la que es sujeto de degradación y se constituye como requisito para una planta de tratamiento de aguas residuales.

## **Grasas y Aceites**

Según Félez, 2009, “son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual”.

## **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La DBO es el método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento de las aguas residuales. Si existe suficiente oxígeno



disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido.

Según Thomas, H.A., 1950, “el período de incubación estándar es de 5 días a 20°C, pero se pueden usar tiempos mayores y otras temperaturas, la oxidación bioquímica es un proceso lento, cuya duración es, en teoría, infinita”. En un período de 20 días se completa la oxidación del 95 a 99% de la materia carbonosa, y en los 5 días que dura el ensayo de la DBO se llega a oxidar entre el 60 y 70%. Se asume la temperatura de 20°C como un valor medio representativo de temperatura que se da en los cursos de agua que circulan a baja velocidad en climas suaves, y es fácilmente duplicada en un incubador.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales (CENTA, 2008). Es un método usado con frecuencia en el campo de tratamiento de las aguas residuales, si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido (Crites y Tchobanoglous 2000).

### **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Según Crites y Tchobanoglous, 2000, “la demanda química de oxígeno (DQO) es una prueba usada para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, susceptible de ser oxidado mediante químicos”.

Según Thomas, H.A., 1950, “el ensayo de la DQO también se emplea para la medición de la materia orgánica presente en aguas residuales industriales y municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. En muchos tipos de aguas residuales es posible establecer una relación entre DBO y DQO”.

Puede ser de gran utilidad puesto que la primera necesita 5 días para ser determinado frente a las tres horas que necesita la DQO para ser determinada. Una vez establecida la correlación entre ambos parámetros, pueden emplearse las medidas de la DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento.

### **Carbono Orgánico Total (COT)**

Este método es especialmente indicado para pequeñas concentraciones de materia orgánica. Dicho ensayo se realiza



inyectando una cierta cantidad de la muestra y llevarla a un horno con temperaturas muy altas, o en un medio químicamente oxidante.

Según Grady, C.P.L. Jr., H.C. Lim, 1980, “el ensayo puede realizarse en muy poco tiempo y su uso se está extendiendo muy rápidamente. No obstante, algunos compuestos orgánicos presentes pueden oxidarse, lo cual conducirá a valores medidos del COT ligeramente inferiores a las cantidades realmente presentes en la muestra”.

### **Alcalinidad.**

Según Sawyer, C. Mc Carty, & Parkin, 1994, “la alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. De entre todos ellos, los más comunes son el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio. La alcalinidad ayuda a regular los cambios del pH producido por la adición de ácidos. Normalmente el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos”.

### **Nitrógeno.**

Según la USEPA, 1976, “los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, son necesarias para el crecimiento biológico. No obstante, el nitrógeno y el fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos. Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en que cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales, mediante procesos biológicos”.

Jiménez, 2012, “en las aguas residuales el nitrógeno se encuentra en 4 formas básicas: nitrógeno orgánico, amonio, nitritos y nitratos. Si las aguas residuales son frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana. A medida que el agua se estabiliza, por oxidación bacteriana en medio aerobio se generan nitritos y posteriormente nitratos (nitrificación).

### **Fósforo.**

Este parámetro es muy importante para el crecimiento de las algas y otros organismos biológicos. Ya que en las aguas superficiales



existen varias proliferaciones debido a las algas, los compuestos de fósforos limitan las cantidades ya que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas industriales y domésticas.

Como ejemplo podemos citar el caso de las aguas residuales municipales, cuyo contenido en fósforo puede variar entre 4 y 15mg/l.

Según Levine, A. Tchobanoglous, T. Asano, 1985, las formas más frecuentes en las que se presenta el fósforo en soluciones acuosas incluyen el ortofosfato, el polifosfato y los fosfatos orgánicos.

### **Metales pesados.**

Existen constituyentes muy importantes en las aguas, también se encuentran cantidades de muchos metales como:

- Níquel, plomo, manganeso, cromo, cadmio, Zinc, hierro cobre, mercurio.

Según el Standard Methods, 1989, “las cantidades de muchos de estos metales pueden determinarse, a concentraciones muy bajas, empleando métodos instrumentales entre los que cabe destacar la polarografía y espectroscopia de absorción atómica”.

### **Factores biológicos de calidad de agua.**

#### **Coliformes fecales**

Según Romero, 1999, “los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son, generalmente, pocos y difíciles de aislar e identificar. Por esta razón los coliformes fecales se han establecidos como organismos indicadores biológicos de la contaminación fecal del agua (Tejero et al., s.f.)”.

Según Romero, 1999, “las bacterias coliformes fecales son bacilos gram-negativos, aerobios y facultativos anaerobios, no formadores de esporas, que fermentan la lactosa con producción de gas en 48 + - 3h a 35 o 37°C”.

De los coliformes en general se considera el género *Escherichia*, especie *Escherichia Coli*, como la población de bacterias coliformes más representativas de la contaminación fecal (Romero, 1999).

#### **Coliformes totales**

El grupo coliformes se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de



35 a 37°C, produciendo gas (CO<sub>2</sub>) y ácido en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimático de la B-galactosidasa (Ministerio de salud, 1998).

“Según la Organización Panamericana de la Salud, 1987”. Entre ellos se encuentran la familia Escherichia coli, citrobacter, klebsiella, enterobacter.

Tabla No. 4 TULSMA

Parámetro	Unidad	Limite TULSMA
pH		5,0 - 9,0
Temperatura	°C.	< 35
Conductividad	uS/cm <sup>2</sup>	-
Oxígeno Disuelto	mg O.D./l	-
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	100,00
DQO	mg O <sub>2</sub> /l	250,00
Sólidos Suspendidos	mg/l	100,00
Sólidos Totales	mg/l	1600,00
Sólidos Disueltos	ml/l	
Fósforo	mg P/l	10,00
Sulfatos	mgSO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l	1000,00
Aceites y Grasas	mg/l	0,30
Coliformes Totales	UFC/100ml	Remoción>99.9 %

Fuente: “Rev. Del Anexo 1, libro Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua”.



# CAPÍTULO III



### 3. CAPITULO III

#### 3.1. DISEÑO DE LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

En el diseño de lagunas de estabilización consiste en resolver un sin número de detalles de construcción y especificaciones para que a lo largo de su vida útil exista buen funcionamiento y estabilidad y también determinar su profundidad y su superficie.

El diseño de las lagunas de oxidación se basa en la eliminación de la materia orgánica como  $DBO_5$  (demanda bioquímica de Oxígeno) que es la variable por excelencia.

En la actualidad existe una gran variedad de diseños (condiciones climáticas, situación geográfica, etc.).

Para realizar los cálculos de diseño de laguna de oxidación se debe conocer los siguientes parámetros:

- Carga Superficial. (Kg  $DBO_5$ /ha. día)
- Carga volumétrica. (g  $DBO_5$ /m<sup>3</sup>\*día)
- Tiempo de retención hidráulica. (días)

En el proyecto de Grado se analizó las medidas (metros) de la laguna de oxidación ubicado en Santa Lucia Provincia del Guayas mediante un levantamiento topográfico y con las normas técnicas de lagunas se verificó su capacidad depuradora.

A continuación veremos los procedimientos más generalizados para el diseño de lagunas facultativas y de maduración.

##### 3.1.1. DISEÑO DE LAGUNA FACULTATIVA

La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2 m para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical

Se diseña una laguna facultativa calculando:

- a) la carga orgánica máxima superficial.
- b) el área requerida con un factor de seguridad.
- c) el tiempo de retención hidráulica.



Para el diseño de laguna facultativa se usó el método de Marais.

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD
DOTACION =	180,00	l/hab/día
APORTACION (.75xDOT) =	135,00	l/hab/día
CAUDAL =	1585,00	m3/día
Co Afluente =	240,00	mg/L
C efluente =	56,33	mg/L
DBO (Li) =	240,00	mg/l
TEMPERATURA (T) =	20	°C
PROFUNDIDAD UTIL =	1,5	m

Dónde:

Co = DBO del afluente, mg/L

C = DBO del efluente, mg/L

### CALCULO DE EFICIENCIA DE LAGUNA FACULTATIVA

Se calcula la concentración de la DBO en la laguna facultativa por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{600}{2d+8}$$

Donde:

d= Profundidad de la laguna, m

C = DBO del efluente de la laguna facultativa, mg/L

$$d = \text{profundidad de la laguna} = 1,5 \text{ m}$$

$$C = 54,54 \text{ mg/L}$$



Se calcula la constante de remoción DBO por la siguiente ecuación:

Según Jairo Alberto Romero Rojas,

$$K_t = 1,2 (1.085)^{T-35}$$

$$K_t = 0,35 \text{ d}^{-1}$$

Se calcula el tiempo de retención por la siguiente ecuación:

$$\theta = 1/k_t ((\text{DBO} / C) - 1)$$

$$\theta = 9.72 \text{ d}$$

Se calcula el área superficial:  $(\theta * Q) / \text{prof.}$

Datos:		
Habitantes =	8810	personas
Descargaxhab.		
=	135	lt/día
Q=	1189,35	m <sup>3</sup> /día

$$A = 7706,98 \text{ m}^2$$

Se calculan las cargas orgánicas

$$\text{COS} = (\text{DBO} * Q) / (0.5Q * \text{prof.})$$

$$\text{COS} = 320 \text{ kg DBO/had}$$

$$\text{COV} = (\text{DBO} * Q) / (Q * \theta)$$

$$\text{COV} = 24.69 \text{ g DBO/m}^3\text{d}$$



Se determina la eficiencia mediante la siguiente fórmula:

$(\text{DBO} - C)/2$

$$E = 92,73 \%$$

a) Constante de primer orden para la remoción de coliformes fecales

$$Kt = 2.6 (1.19)^{T-20} = 2,60 \text{ d}^{-1}$$

Mezcla completa (Marais, 1974. Ref. 35)

b) La densidad de los coliformes fecales en el efluente del agua es la siguiente ecuación.

$$N = \frac{N_0}{1 + Kt \theta}$$

N=	Numero de CF / 100mL del efluente
N <sub>0</sub> =	Numero de CF / 100mL del afluente
Kb=	constante de remoción de CF primer orden
θ =	tiempo de retención

$$N = (N_0) / (1 + kt \theta)$$

$$N = \frac{8,06 \cdot 10^7}{26,27}$$

$$N = 3,06 \cdot 10^6 \text{ CF/100 mL}$$



### 3.1.2. DISEÑO DE LAGUNA DE MADURACION

Según Oakley, et al., 2000, “el propósito del uso de lagunas de maduración es el siguiente:

- Tener tiempo de retención adicional para la remoción de patógenos.
- Se debe mejorar la calidad del efluente final.
- servir como un factor de seguridad si las lagunas primarias tuvieran problemas en su funcionamiento. Mientras hay varios modelos para la remoción de coliformes fecales en lagunas de maduración”.

El diseño de las lagunas anaerobias se basa en modelos cinéticos debido a que se requiere la eliminación de dichas bacterias conocido como coliformes fecales.

Según Mara, 1976; W.H.O., 1987, “la ecuación que se recomienda más a menudo para el diseño de lagunas de maduración se basa en suponer una cinética de eliminación de patógenos de primer orden, así como un régimen de flujo en mezcla completa en la laguna”.

La Organización Mundial de la Salud (W. H. O., 1987) recomienda un tiempo de retención mínimo de 5 días si se cuenta con una sola laguna de maduración, y 3 días por laguna cuando hay dos o más operando en serie.

La Tabla siguiente muestra un resumen general de los modelos para el diseño de lagunas con base en el tiempo de retención, la profundidad y la carga orgánica superficial o volumétrica.

### CALCULO DE COLIFORMES FECALES EN LA LAGUNA MADURACION

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD
TEMPERATURA (T) =	20	°C
TIEMPO DE RETENCION LAGUNA FACULTATIVA =	8,57	Días
COLIFORMES FECALES EN EL AFLUENTE =	$3,06 * 10^6$	CF/100mL



c) Constante de primer orden para la remoción de coliformes fecales

$$Kt = 2.6 (1.19)^{T-20} = 2,60 \text{ d}^{-1}$$

Mezcla completa (Marais, 1974. Ref. 35)

d) La densidad de los coliformes fecales en el efluente del agua es la siguiente ecuación.

$$N = \frac{N_0}{1 + K_b \theta}$$

N= Numero de CF / 100mL del efluente  
No= Numero de CF / 100mL del afluente  
Kb= constante de remoción de CF primer orden  
 $\theta$  = tiempo de retención

$$N = (N_0) / (1 + k_b \theta)$$

$$N = \frac{3,06 * 10^6}{26,27}$$

$$N = 0.116 * 10^6 \text{ CF/100 mL}$$



Tabla No. 5

**Resumen de los diferentes modelos empleados para el diseño de los diversos tipos de lagunas de estabilización**

Laguna	Tiempo de Retención $\tau$ , d	Carga orgánica		Profundidad m	Tamaño de la laguna ha	Mezclado	% de remoción de la DBO <sub>5</sub>
		Superficial kgDBO/ha.d	Volumétrica gDBO/m <sup>3</sup> d				
Aerobia							
Baja tasa	10-40	67- 135		0.90- 1.20	< 4 por celda	Mezclado natural	80-95
Alta tasa	4-6	90- 180		0.30-0.45	0.20-0.80	Equipo adicional	80-95
Pulimento	5-20	17		0M - 1.50	0.80 - 4.0 por celda	Mezclado Natural	
Aeradas							
Con mezcla Completa	3-20			2.0-6.0		Equipo Adicional	50-60
Con mezcla Parcial	3- 10			12.0-6.0	0.80	Equipo adicional	70-90
Anaerobias	1 - 5	280-4500	100-400	12.0-5.0	0.20-0.80 por celda	Sin mezclado	60-70
Facultativas	5 - 30	40 - 200*10:- 40		1.5 - 2.0	0.80 - 4.0 por celda	Mezclado superficial	80-90
	31 - 117	29- 50		1.20			
		150 - 250*					
		100*					

\* Valores empleados de climas subtropicales, tropicales y templados  
Valores empleados en la India  
Valores empleados en America  
ADAPTADO: Metcalf y Eddy, 1991 y de la síntesis de los modelos vistos.

Tabla No. 6 Parámetros de diseño para remoción de Coliformes Fecales

Parámetros de Diseño para Remoción de Coliformes Fecales			
Tipo de Laguna	T = 20 ° C	T = 25 ° C	T = 30 ° C
Facultativa			
$k_b$ , días <sup>-1</sup>	0.563	1.09	No se aplica
$t_{99}$ , días (= TRH Promedio)	8.2	4.2	TRH Nominal < 8-10 días
TRH Nominal, días = 0.50 TRH Promedio	16.4	8.4	y CS Aplicada > CS <sub>m</sub>
Primera de Maduración			
$k_b$ , días <sup>-1</sup>	0.940	1.10	1.34
$t_{99}$ , días (= TRH Promedio)	4.9	4.2	3.4
TRH Nominal, días = 0.50 TRH Promedio	9.8	8.4	6.9
= 0.70 TRH Promedio <sup>1</sup>	7.0	6.0	4.9

1. Un TRH Nominal = 0.70 TRH Promedio es posible solamente con mamparas sin efectos significativos del viento con una relación largo/ancho > 20/1. En la práctica se recomienda una relación largo/ancho > 50/1.



# CAPÍTULO IV



## 4. CAPITULO IV

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO

Para dicha investigación del trabajo de grado, se realizó ensayos de campo y laboratorio con el fin de obtener resultados de las pruebas que mencionamos a continuación:

- pH.
- TEMPERATURA
- CONDUCTIVIDAD
- OXÍGENO DISUELTO
- DBO5
- DQO
- SÓLIDOS SUSPENDIDOS
- SÓLIDOS TOTALES
- SÓLIDOS DISUELTOS
- FÓSFORO
- SULFATOS
- ACEITES Y GRASAS
- COLIFORMES TOTALES

### 4.2. METODOLOGÍA Y CRITERIOS USADOS EN ESTE PROYECTO

#### - DETERMINACIÓN DEL pH

##### **Procedimiento**

Para la determinación del pH, se utilizó el pHmetro, se midió la temperatura de la muestra y se ajustó el medidor con el botón de temperatura.

Se insertó los electrodos de la muestra y se leyó el pH (potencial de Hidrógeno) correspondiente, luego se enjuago con agua destilada.

Una vez que el aparato de medición de pH se calibró, se procedió a la medición de la muestra.

#### - DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD

Para la determinación de la conductividad, usamos el conductímetro. Se tomaron las muestras de agua en el afluente y efluente de las lagunas e inmediatamente se colocó el electrodo en cada muestra y se procedió a la lectura de la conductividad.



#### - DETERMINACION DQO

Para la determinación de la demanda química de oxígeno se usó los tubos para digestión termo reactor para operar a una temperatura de 150°C.

Se preparó los reactivos (solución digestión,  $\text{SO}_4\text{H}_2/\text{SO}_4\text{Ag}_2$ , solución estándar de hidrogenado de potasio KHP).

Para evitar contaminantes se lavó los tubos y tapones con ácido sulfúrico y se colocó 2.5 ml de muestra al tubo y se añadió 1.5 ml de solución digestión.

Se añadió 3.5 de reactivo  $\text{SO}_4\text{H}_2/\text{SO}_4\text{Ag}_2$  y se tapó los tubos para agitarlo y obtener una mezcla sin invertir los tubos.

Se colocó los tubos en el digestor de bloque a 150°C durante 2 horas y luego se dejó enfriar los tubos de ensayos a temperatura ambiente y poder mezclar el contenido.

Con la fórmula calculamos la cantidad de DQO.

$$\frac{(A - B) \times M \times 8.000}{V}$$

A= Volumen de sal de Mohr necesario para el blanco (mL).

B= Volumen de sal de Mohr necesario para la muestra (mL).

M= Molaridad de la sal de Mohr.

V= Volumen de la muestra tomada para la determinación (mL).

#### - DETERMINACION DEL DBO5 - METODOS.

##### Aparatos

- Incubadora de aire o baño de agua a 20°C +/-1
- Bomba de aire
- Botellas de incubación (frascos de DBO tipo pírex) color ámbar capacidad 300 ml
- Matraces aforados de 1000 ml
- Pipetas volumétricas de capacidades variadas (0,1 a 10 ml)
- Probetas de 250 ml
- Fiolas de 250 ml
- Buretas de 50 ml
- Bulbo pipeteador



### Procedimiento

- 1.- Usar agua destilada o des ionizada almacenada a 20°C.
- 2.- Airear el agua destilada por 5 minutos.
- 3.- Agregar 1 mL. Por cada litro de agua destilada de: Solución de buffer de fosfato, solución de sulfato de magnesio, solución de cloruro de calcio y solución de cloruro férrico.

La DBO la hallamos con la siguiente expresión

$$DBO = F (T_0 - T_5) - (F - 1) (D_0 - D_5)$$

D<sub>0</sub> = Contenido de oxígeno (mg/l) del agua de dilución al principio del ensayo.

D<sub>5</sub> = Contenido medio de oxígeno (mg/l) del agua de dilución al cabo de 5 días de incubación.

T<sub>0</sub> = Contenido de oxígeno (mg/l) de una de las diluciones de la muestra al principio del ensayo.

T<sub>5</sub> = Contenido de oxígeno (mg/l) de una de las diluciones de la muestra al cabo de 5 días de incubación.

F = Factor de dilución.

### - DETERMINACIÓN DEL SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSION

#### Principio del proceso

La muestra debe estar homogeneizada, en una filtro estándar (fibra de vidrio) el tamaño de retención de partículas es 1.5 μm y se realiza tarado en seco, donde se queda el residuo seco con un peso constante entre 103 – 105 °C.

Los sólidos totales en suspensión son representados por el aumento de peso del filtro.

#### Procedimiento

Se realiza el tarado de forma individual en las placas de vidrio y luego se toma nota de su peso inicial seco determinadas a temperaturas de 103 – 105 °C.



Se realiza la filtración del volumen que se determina su muestra homogeneizada a través de un filtro.

Se procede a realizar el secado a temperaturas anteriormente mencionadas hasta llegar a su peso constante.

### **Cálculos**

$$\text{Sólidos Totales (mg/litro)} = [(A-B)*1000]/\text{Volumen de muestra (ml)}$$

A: peso de residuo seco + filtro (mg)

B: tara del filtro (mg)

### **- DETERMINACIÓN DEL SÓLIDOS TOTALES**

#### **Materiales**

Cápsulas de porcelana de 100ml, Pinza para capsulas, Desecador, Estufa, Baño maría, Balanza analítica, Probeta.

#### **Procedimiento**

Se calentó la capsula de porcelana limpia en una estufa a 100°C por 1 hora y se conservó en el desecador hasta su uso para luego pesar y elegir un volumen de la muestra (50 ml).

Una vez que la muestra se evaporó, se la seco por 1 hora en el desecador por una temperatura de 103 – 105°C, se lo enfrió en el desecador y se lo peso en la cápsula.

Se repitió el ciclo de secado, enfriado, desecado y pesado hasta obtener un peso constante o hasta que la pérdida del peso sea menor al 4% del peso previo menor a 0.5 mg y se escogió el valor menor.

### **- DETERMINACIÓN DEL SÓLIDOS DISUELTOS**

Se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio, posteriormente el filtrado se evapora hasta que se seque en una cápsula pesada y seca a peso constante a 180°C el aumento del peso de la cápsula representa los sólidos totales disueltos.

#### **Materiales**

Cápsulas de porcelana de 100ml, Pinza para capsulas, Desecador, Estufa, Baño maría, Balanza analítica, Probeta.



## - DETERMINACIÓN DEL FÓSFORO

- 1.- se usó 2g de muestra de crisol y se incineró en la mufla a 550a
- 2.- Se enfrió el crisol con las cenizas en un desecador por un tiempo aproximado de 30 minutos.
- 3.- se tomo la solución de clorhídrico 1:3 y se lavo el crisol por 3 veces, las 2 primeras con 10 ml de ácido y la 3era con 20 ml de ácido.  
Luego se vació el contenido de las lavadas en un vaso de precipitados de 250 ml, se agregó de 6 a 8 gotas de ácido nítrico concentrado para proceder al calentamiento hasta la ebullición.
- 4.- Se procedió a verter el contenido en una matraz volumétrica de 100ml y luego se lavó los residuos con agua destilada 3 o 4 veces, usando 15ml por cada lavada para poder depositar el líquido de la lavadas en el matraz volumétrico.
- 5.- Se aforó el matraz volumétrico hasta llegar a 100 ml con agua destilada.
- 6.- Se procedió a realizar la filtración en el contenido del matraz a otra de 200 ml., usando embudo de vidrio con un papel filtro Whatman No.40. Se aforó con agua destilada y se agitó para poder homogenizar el contenido.
- 7.- mediante una pipeta volumétrica se tomó 10ml y se pasó a un matraz volumétrico de 50ml.
- 8.- a la solución le tuvimos que agregar 10 ml de molibdovanadato de amonio, y se aforó el matraz con agua destilada y esperamos 10 minutos antes de hacer la lectura.
- 9.-se leyó el espectrofotómetro a una longitud de onda de 400 nm ya sea en % de o en densidad óptica.
- 10.- se anotó la lectura obtenida.
- 11.-Se usó una gráfica de papel milimétrico, se usó la lectura de paso 8 para determinar la concentración de fósforo en miligramos.

### Cálculos

$$\% \text{ de Fósforo} = \frac{\text{miligramos de fósforo} \times \text{aforo final}}{\text{Alícuota} \times \text{peso de muestra (en miligramos)}} \times 100$$

$$\text{Alícuota} \times \text{peso de muestra (en miligramos)}$$



## - DETERMINACIÓN DEL SULFATOS

Espectrofotómetro Génesis 5" y seleccionamos la longitud de onda a 450 nanómetros.

Se Agregó 10 ml de agua destilada a la celda. Esto será el banco y se presionó la tecla CERO y nos mostró en la pantalla 0.0 mg/l de SO<sub>4</sub>.

Se lleno la celda con 10 ml de muestra y se agrego el reactivo para agitarlo y se mostró un color turbio donde se observó la presencia de sulfatos.

Se introdujo la celda con muestra en el espectrofotómetro y se procedió a leer, la pantalla mostró el resultado en mg/l de sulfatos.

## - DETERMINACIÓN DEL ACEITES Y GRASAS

### Toma de muestras y almacenamiento

Las muestras se tomó en botellas de vidrio boca ancha y se procedió al análisis inmediato.

### Procedimiento para el análisis.

Si la muestra ha sido almacenada a 4°C dejar fuera de la nevera hasta que alcance la temperatura ambiente y proceda de la siguiente manera:

- 1.- Homogenicé la muestra y mida un volumen determinado o conocido
- 2.- Se filtró la muestra utilizando un embudo de BUCHNER y papel filtro
- 3.- Se sacó el papel filtro conteniendo la muestra en una estufa a 100°C, durante 20 minutos, luego se lo peso para tomar la muestra desecada y se cortó en finos pedazos depositándolo en un cartucho de extracción, el mismo que se coloca dentro del tubo de extracción SOXHLET, se arma el equipo aseguándolo en el equipo universal.
- 4.- se agregó solventes orgánico (100ml de hexano), se encendió el calentador y se abrió las válvulas de agua para que trabajen los refrigeradores, durante un tiempo de 4 horas a 20 ciclos por hora, se realiza la extracción hasta agotamiento total de los aceites y las grasas contenidas en las muestras, se calcula que a este periodo de tiempo se han extraído mas del 90% de las grasas presentes.
- 5.- se retiró el balón conteniendo el hexano y las grasas, se procede a recuperar el solvente, sometiendo nuevamente a temperatura.



6.-Se retira el balón con las grasas y se seca en una estufa a 75°C durante 25 minutos y se retiró el balón para dejarlo enfriar en un desecador y así dejarlo enfriar y pesarlo nuevamente.

7.- Se procede a realizar los cálculos respectivos para obtener la concentración de grasas en mg/l, aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{mg/l grasa} = ((A-B) \times 1000 \text{ml} \times 1000 \text{mg}) / (\text{ml muestras})$$

A= Peso del balón + peso de las grasas (Pf).

B= Peso del Balón.

## - DETERMINACION DEL COLIFORMES TOTALES- METODOS

### Equipos y herramientas:

- Recipientes estériles de 100mL
- Reactivos
- Bandeja Quanti-Tray
- Sellador Quanti-Tray
- Lámpara ultravioleta
- Guantes
- Bata de Laboratorio
- Mascarilla
- Botas o calzado adecuado

### Procedimiento

a.- Una vez tomada la muestra esta es preservada a 4°C y trasladada al laboratorio de sistemas ambientales; para proceder al ensayo estas deben primero estar ambientadas a las condiciones de temperatura.

b. Se añadió el contenido del sustrato a una muestra de 100 mL en un recipiente estéril, transparente y no fluorescente y se tapó, agitó el recipiente hasta disolver el nutriente.

c. Se Vertió la mezcla en una charola o bandeja y proceder a sellarla utilizando el sellador Quanti-Tray.

d. Se Colocó la charola o bandeja sellada en una incubadora a  $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$  durante 24 horas, y se colocó las bandejas bajo luz ultravioleta.

f. se leyó los resultados de acuerdo con el cuadro de interpretación de resultados.



# CAPÍTULO V



## 5. CAPITULO V

### 5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la presente investigación se han analizado los parámetros de calidad del agua del afluente y del efluente de la laguna de oxidación y se han tomado las mediciones físicas para verificación de las capacidades de las lagunas según la demanda de la población.

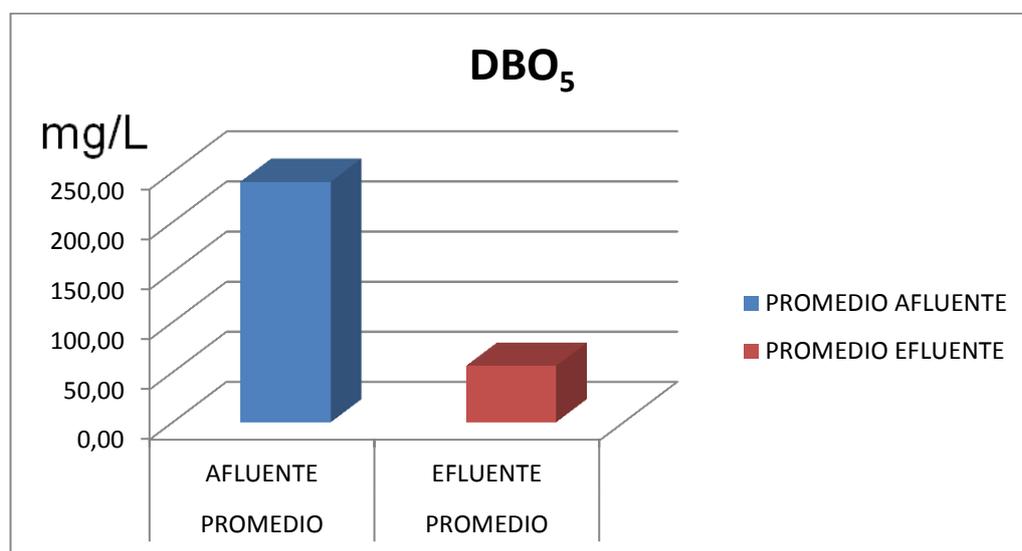
#### Análisis de calidad de agua

##### **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Según CENTA, 2008, Es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales.

La demanda bioquímica de Oxígeno DBO es una prueba de laboratorio que permite obtener la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica debido a diferentes procesos aerobios. A continuación el grafico promedio de la DBO.

Gráfica No.1 Promedios de DBO<sub>5</sub> en Afluente y Efluente



En el gráfico se observa que la barra (promedio afluente) se evidencia una demanda biológica de oxígeno mas alta (240,33 mg/L) que el efluente (56,33 mg/L) se encuentra dentro del rango comparando con TULSMA (100,00 mg/L).



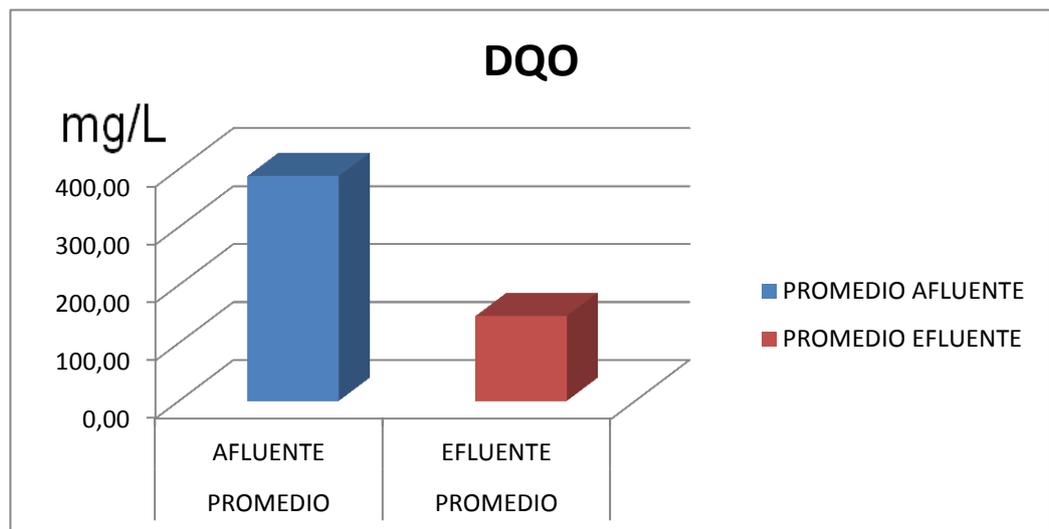
La demanda Bioquímica de Oxígeno posee una eficiencia de remoción de 76.56 %.

### Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno indica la cantidad que necesitan las bacterias para degradar materia orgánica e inorgánica oxidables en las aguas residuales, en el siguiente gráfico se observa que uno de los datos promedio más altos es el de la barra promedio de Afluente (388,04 mg/L) y se observa que los valores promedio de la Demanda química de Oxígeno en el efluente (146,67 mg/L) se encuentra dentro del rango comparando con TULSMA (250,00 mg/L).

La demanda Química de Oxígeno posee una eficiencia de remoción de 62,20 %.

Gráfica No.2 Pro Promedios de DQO en Afluente y Efluente



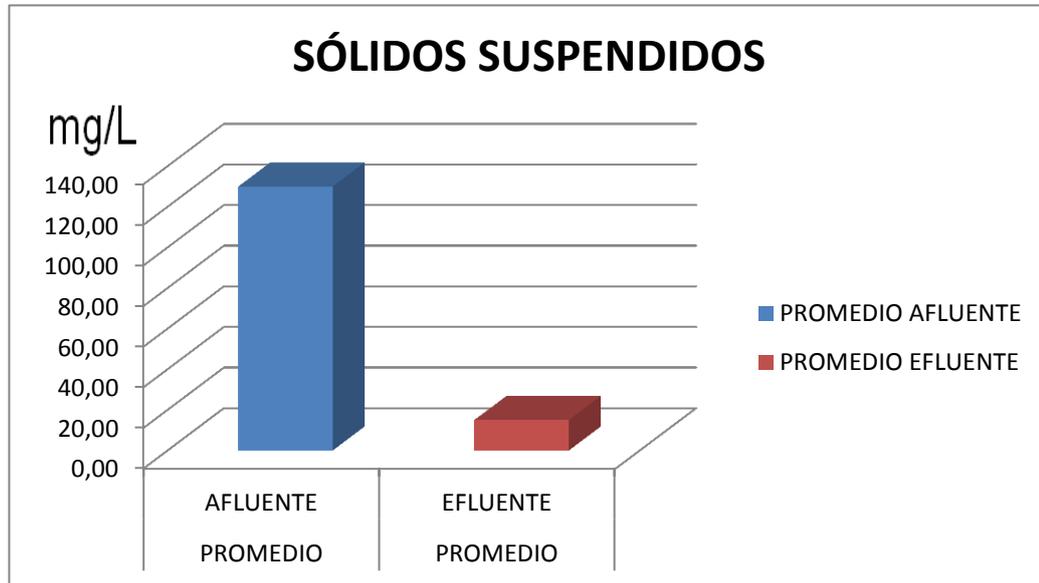
### Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos es la medida de los sólidos sedimentables y de los no sedimentables, que pueden ser retenidos en un filtro, en el siguiente gráfico se observa que uno de los datos de los sólidos suspendidos más altos es el de la barra promedio de Afluente (130,00 mg/L), y se observa que los valores promedio de la Sólidos suspendidos en el efluente (15 mg/L) se encuentra dentro del rango comparando con TULSMA (100 mg/L).

Los Sólidos Suspendidos poseen una eficiencia de remoción de 88,4%.



Gráfica No.3 Promedios de Sólidos suspendidos en Afluente y efluente



### Sólidos Totales

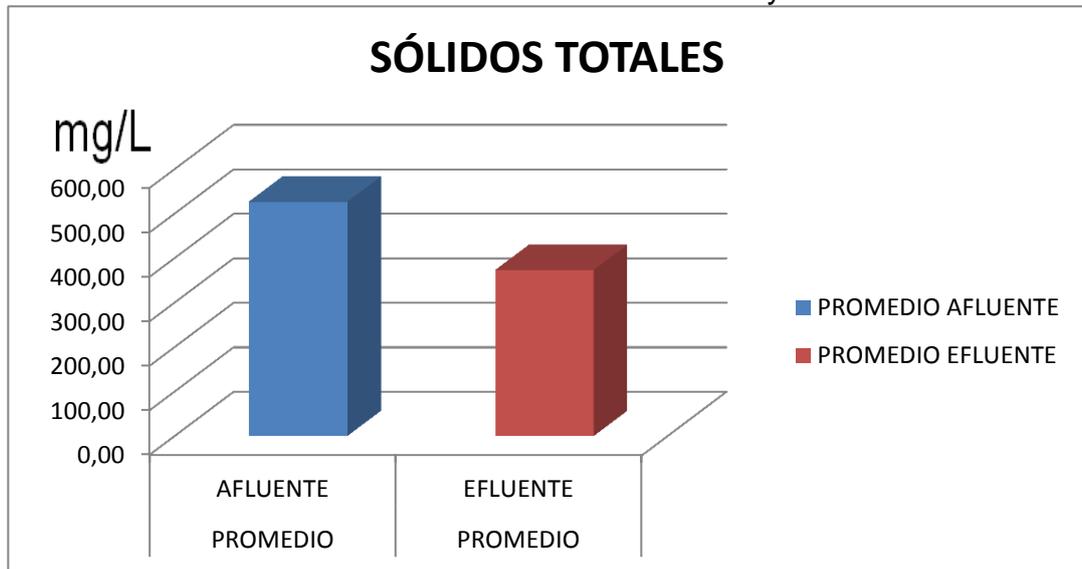
Analíticamente, el contenido de sólidos totales de un agua residual se define como toda la materia que queda como residuo de evaporación a  $105\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ . La materia que tenga una presión de vapor significativa a dicha temperatura se elimina durante la evaporación y no se toma como sólido.

En el siguiente gráfico se observa que uno de los datos promedio más altos es el de la barra promedio de Afluente (526,67 mg/L) y se observa que los valores promedio de los Sólidos totales en el efluente (373,33 mg/L) se encuentra dentro del rango comparando con TULSMA (1600mg/L).

Los Sólidos totales poseen una eficiencia de remoción de 29,11%.



Tabla No.4 Promedios de Sólidos totales en Afluente y Efluente

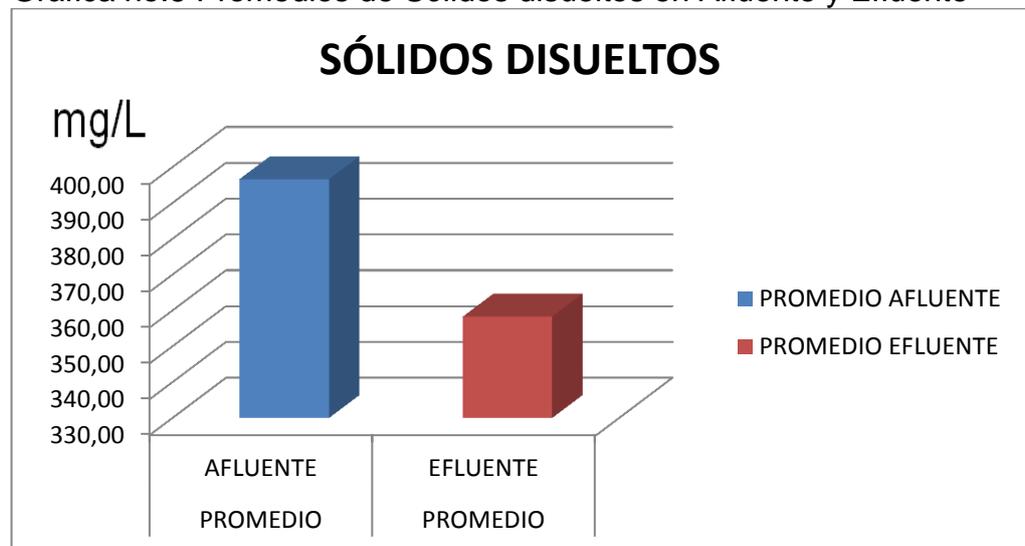


### Sólidos Disueltos

En el siguiente gráfico se observa que uno de los datos promedio más altos es el de la barra promedio de Afluente (396,67 mg/L) y se observa que los valores promedio de los Sólidos Disueltos en el efluente (358,33 mg/L).

Los sólidos disueltos poseen una eficiencia de remoción de 9,66 %.

Gráfica no.5 Promedios de Sólidos disueltos en Afluente y Efluente



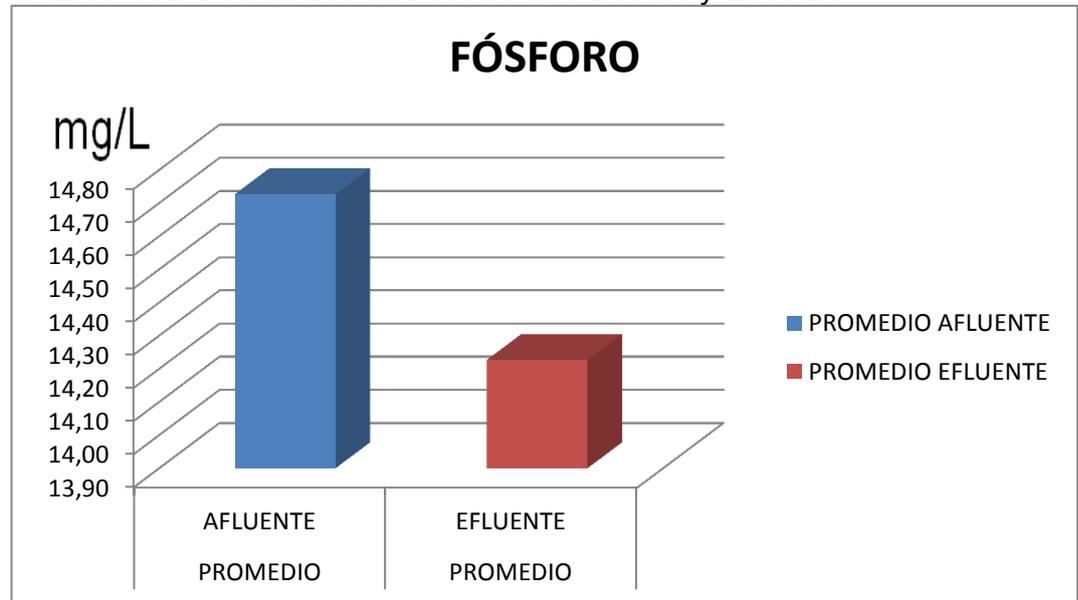


## Fósforo

El fósforo se encuentra en las aguas residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos, es componente principal de muchos preparados comerciales utilizados para la limpieza, en el siguiente gráfico se observa que uno de los datos promedio más altos es el de la barra promedio de Afluente (14,73 mg/L) y se observa que los valores promedio de la fósforo en el efluente (14,23 mg/L) por lo que no cumple con el rango comparado con TULSMA (10 mg/L).

Los Fósforo poseen una eficiencia de remoción de 3,40 %.

Gráfica No.6 Promedios de Fósforo en Afluente y Efluente



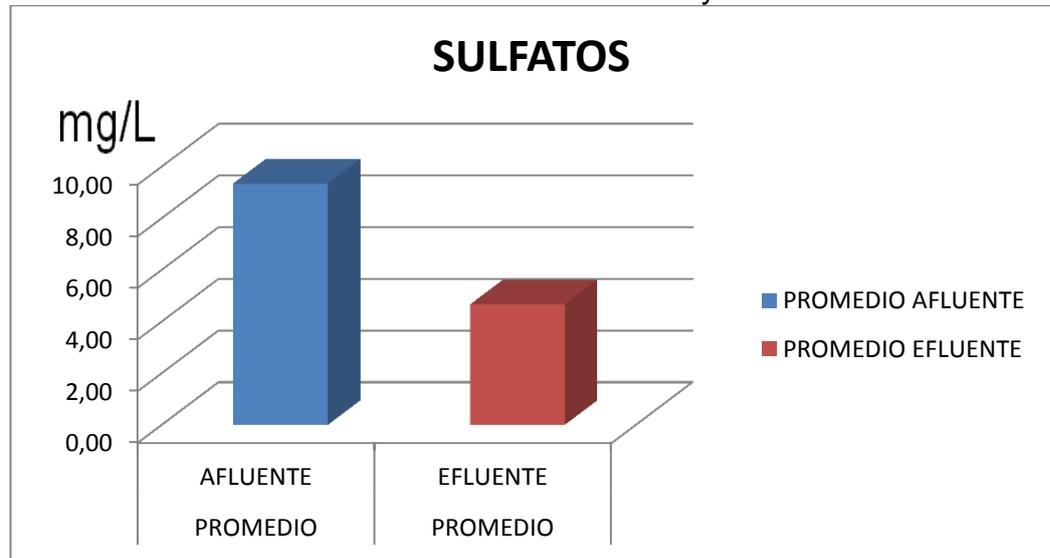
## Sulfato

En el siguiente gráfico se observa que uno de los datos promedio más altos es el de la barra promedio de Afluente (9,34 mg/L) y se observa que los valores promedio de sulfato en el efluente (4,66 mg/L).

Los sulfatos poseen una eficiencia de remoción de 50,07 %.



Gráfica No.7 Promedios de Sulfatos en Afluente y Efluente

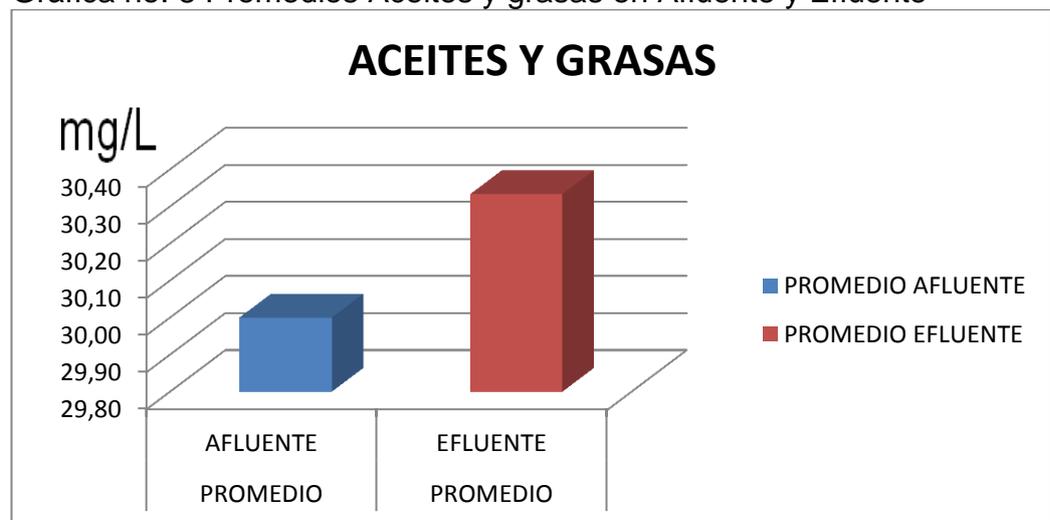


### Aceites y Grasas

En el siguiente gráfico se observa que uno de los datos promedio más altos es el de la barra promedio de Afluente (30,00 mg/L) y se observa que los valores promedio de las Aceites y Grasas en el efluente (30.33 mg/L).

Aceites y Grasas poseen una eficiencia de remoción de 1,10 %.

Gráfica no. 8 Promedios Aceites y grasas en Afluente y Efluente



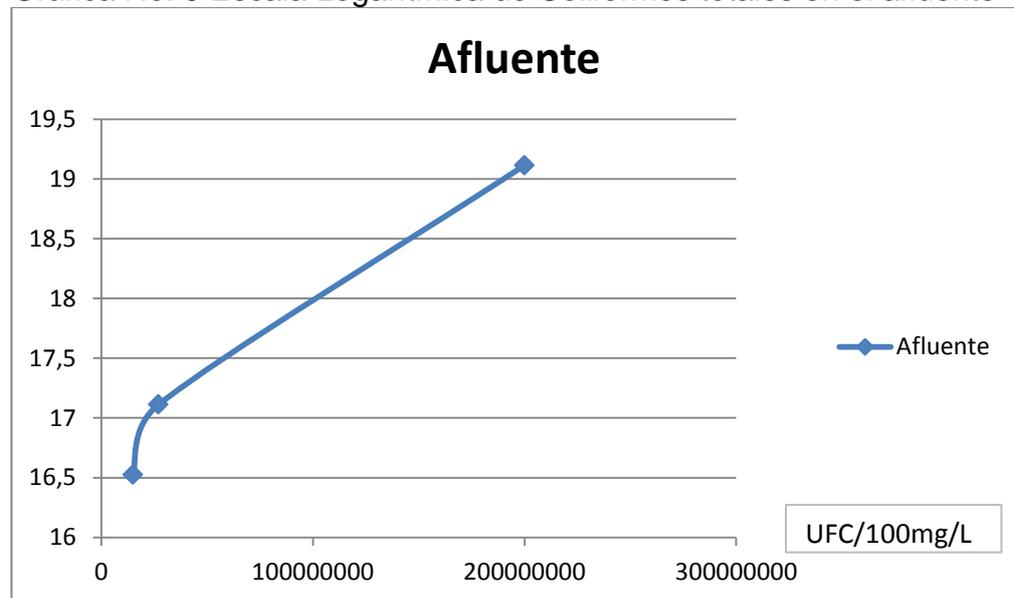


### Coliformes Totales

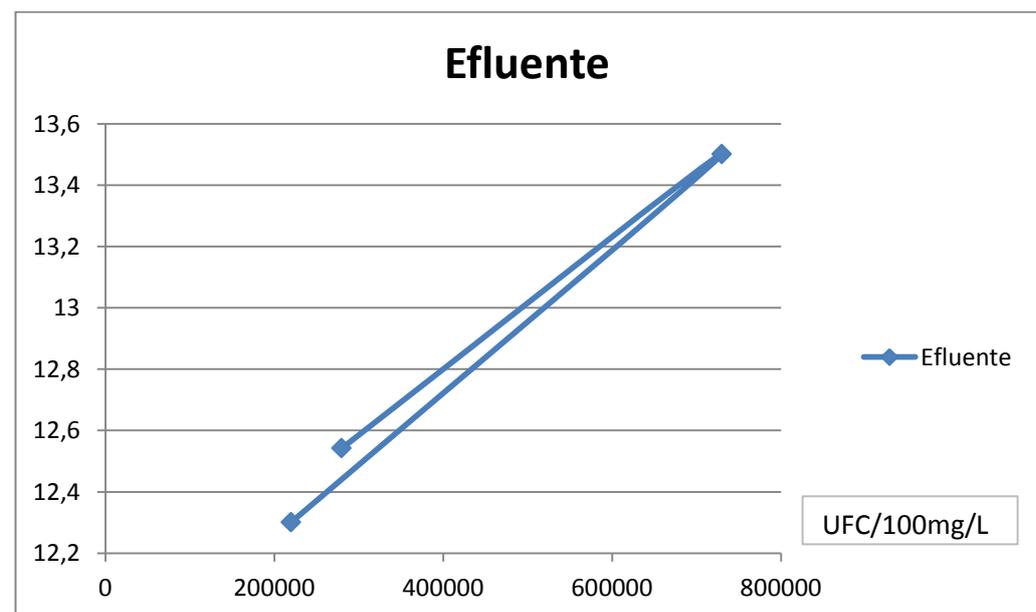
En el siguiente gráfico se observa que uno de los datos promedio más altos es el de la barra promedio de Afluente ( $806,6 \cdot 10^5$  UFC/100ml) y se observa que los valores promedio de los Coliformes Totales en el efluente ( $4,1 \cdot 10^5$  UFC/100ml).

Los coliformes totales poseen una eficiencia de remoción de 74,06 %.

Gráfica No. 9 Escala Logarítmica de Coliformes totales en el afluente



Gráfica No. 10 Escala Logarítmica de Coliformes totales en el efluente





Es evidente que exista coliformes fecales en la laguna de estabilización.

El valor promedio de coliformes totales del afluente es muy elevado en comparación del efluente.

## 5.2. VERIFICACIÓN DE VOLUMEN DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

### Dimensionamiento de las lagunas

LAGUNAS DE ESTABILIZACION		
PARAMETROS	AFLUENTE (mg/L)	EFLUENTE (mg/L)
DBO	240,33	56,33
SS	130,00	15,00

### Laguna Facultativa

Datos:	
Habitantes =	8810 personas
Demanda x hab. =	135 lt/dia
Largo =	120 m
Ancho =	63 m
Q=	1189,35 m <sup>3</sup> /dia

### Laguna maduración

Largo =	120 m
Ancho =	63 m

Carga orgánica de DBO afluente= 240.33 mg/L

Carga orgánica de DBO efluente= 56.33 mg/L

Eliminación de coliformes 184 mg/L



Cálculo de volumen con datos existentes:

	largo	ancho	profundidad	VOLUMEN	Unidades
Laguna facultativa	120	63	1,5	11340	m <sup>3</sup>
laguna maduración	60	63	1	3780	m <sup>3</sup>
<b>volumen total</b>				<b>15120</b>	m <sup>3</sup>

Cálculo de volumen con datos de diseño (Marais) (1,5 m de prof):

$$\text{Área} = 7706,98 \text{ m}^2$$

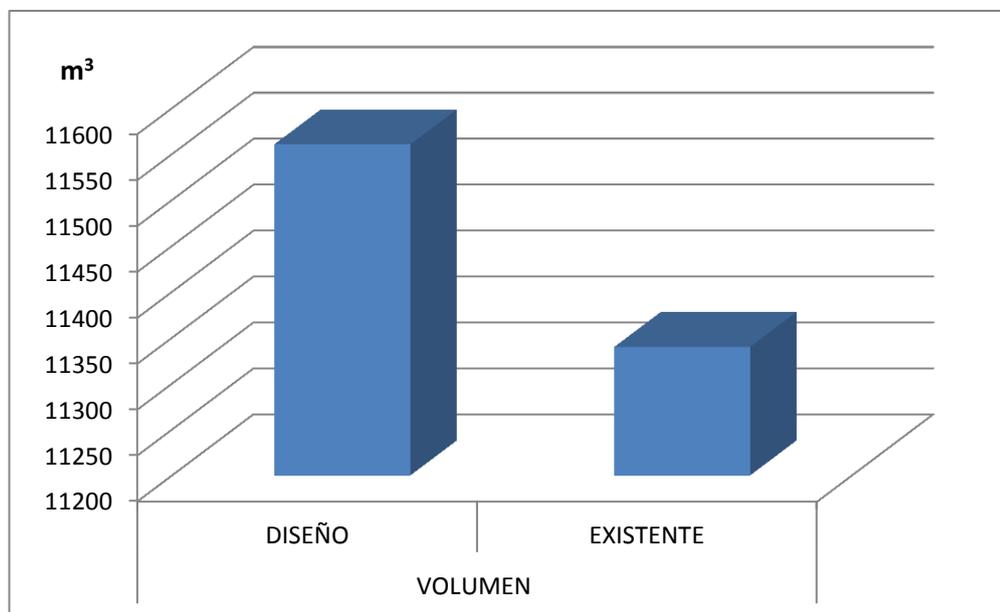
$$\text{Volumen diseño} = 11560,47 \text{ M}^3$$

Volumen de diseño = 11560,47m<sup>3</sup>

Volumen existente = 11340 m<sup>3</sup>

**Debido a que el volumen de diseño es mayor que volumen existente, no hay capacidad para tratar todas las aguas residuales a pesar que la DBO cumple con los límites del TULSMA.**

Gráfica No. 11: Comparación de Volumen (diseño vs existente)





# CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

- El porcentaje de remoción de la laguna de oxidación está dentro de los valores que indica la literatura para este de sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- De acuerdo a las inspecciones verificamos que hace falta de mantenimiento de las lagunas por lo que es importante realizar un programa de monitoreo de análisis y todos los parámetros para el control del correcto funcionamiento del sistema.
- El porcentaje de remoción de las lagunas de oxidación (Reactor de lodos activados) están dentro de los valores que indica la literatura para este de sistemas de tratamiento de aguas residuales
- Todos los parámetros monitoreados en el efluente cumplen con la normativa ambiental vigente del TULSMA para descargas a cuerpos hídricos a excepción del parámetro fósforo y grasas, coliformes totales.
- Durante la inspección al sitio se observó que en los alrededores de las Lagunas de Estabilización existen animales (burros, gallinas, vacas).
- Durante la inspección al sitio se realizó prueba de dirección del viento monitoreada en el sistema de tratamiento de aguas residuales y se observó que no favorece el transporte de los malos olores ni de partículas de los lodos secos hacia la población.
- De las inspecciones al sitio se pudo verificar que el bombeo al sistema de tratamiento no es constante, es bastante irregular, por lo que en ocasiones el agua pasa bastante tiempo estancada o muchos de los casos no está bombeando.



- Se realizó ensayos de laboratorio, por lo que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en el afluente dio un valor promedio de 240,33 Y en el efluente dio un valor de 56,33, por lo que la eficiencia de remoción es de 76,56 %, dicho esto se concluye que el Sistema de Tratamiento respecto a la DBO trabaja adecuadamente aunque se necesita mantenimiento de dichas lagunas.
  
- Se concluye que los valores de Temperatura cumple con las Normas TULSMA ya que tanto en Afluente como Efluente es menor a 35°C.
  
- De las mediciones de campo y de las cuantificaciones de caudal se pudo verificar que los dimensionamientos están bien diseñados y construido y abastecen la demanda actual y la proyección de la demanda a 10 años.
  
- Se pudo verificar que la distancia que existe entre la población y las lagunas de tratamiento es la adecuada (500m) según las normas técnicas (OMS), si cumple.
  
- Se pudo verificar en sitio, que en la muestra tanto Entrada como en la Salida de la Laguna de estabilización no cuenta con Oxígeno Disuelto.



# RECOMENDACIONES



## RECOMENDACIONES

- Se debe realizar mantenimiento de las lagunas, debido a que están llenas de vegetación, un factor importante es también la sedimentación de lodos.
- Se debe colocar un cerramiento alrededor para no permitir la entrada de animales
- Se debe realizar mantenimiento de los taludes
- Se debe realizar mantenimiento de las rejillas oxidadas.
- Se debe realizar el mantenimiento con las pinturas anticorrosivas cada 6 meses para que las estructuras estén en buen estado.
- Se debe realizar el bombeo la mayor parte del día para que no se queden estancadas las aguas residuales.
- Es importante realizar el mantenimiento de las lagunas de estabilización en Santa Lucía – Guayas para que de esta forma se evite que dicha agua contamine el Medio Ambiente es decir que no afecte a la flora, fauna y salud humana.
- Se debe contar con un grupo de personal, ya sea para la vigilancia de las lagunas o para la limpieza de las rejillas y limpieza de la acumulación de lodos en el fondo de las lagunas.



# BIBLIOGRAFÍA



## BIBLIOGRAFÍA

- Libro de Consulta para Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III). Trabajos Técnicos del Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial.
- METCALF y EDDY (2003) Wastewater Engineering Treatment and reuse, 4<sup>th</sup> edition, Editorial McGraw-Hill, USA.
- González, A, (1992). Fundamento, Control, Operación de Tratamiento Para Aguas Residuales Maracay. Contraser. Adiestramiento de Operadores de Sistemas de tratamiento In-situ p-65.
- LOPEZ, E. & RODRIGUEZ, F. (1985). Tratamiento de aguas residuales. Caracas. U.C.V. pp, 45.
- MARAD D., PEARSON H, Stabilization Research, World Water, July 1983
- Hammer M., Hammer M, Jr. (2008) Water and Wastewater Technology, 6<sup>th</sup> Edition, Pearson Education Inc.
- Fair, G.M., J.C. Geyer, y D.A. Okun. 1966. Water and Wastewater Engineering. 2 Volúmenes. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Feachem, R.G. y otros. 1983. Sanitation and Disease: Health Effects of Excreta and Wastewater Management. Chishester, Reino Unido: John Wiley and Sons.
- Feachem, R.G., D.D. Mara, y M.G. McGarry. 1977. Water. Wastes and Health in Hot Climates. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Grover, B., N. Burnett, y M. McGarry. 1983. Water Supply and Sanitation Project Preparation Handbook. 3 Volúmenes. Washington, D.C.
- Organización Mundial de la Salud. 1989. Health Guidelines for Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Serie de Documentos Técnicos No. 778. Ginebra, Suiza.
- METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. Vol. 1 Ed. McGraw Hill. España, 1995.
- <http://www.slideshare.net/lobezno81/tratamiento-de-aguas-residuales-11206028>
- Pescod, M.B. 1992. Wastewater and use in agriculture. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO Irrigation and drainage).  
Cárdenas, J. et, al. 2010. Estudio de impacto ambiental ex-post definitivo del sistema de tratamiento de aguas residuales municipales de la ciudad de Portoviejo. (En línea). Formato PDF. Consultado en agosto 2012.  
Disponible en:  
[www.edpacific.net/EIA%20EXPOST%20%20EDPACIF%2022.pdf](http://www.edpacific.net/EIA%20EXPOST%20%20EDPACIF%2022.pdf)
- Conesa, V. 2009. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Volumen 4. Mundi-Prensa Barcelona. p169
- Crites y Tchobanoglous, 2000. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Colombia. Tomo 1 Mc Graw Hill Interamericana, S.A. p 42, 44, 46, 58, 67.



- Domínguez, J. 2008. Calidad del agua superficial. (En línea). Formato PDF. Consultado en Agosto 2012. Disponible en: <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgae/publicaciones/resumen/hunt/SubCap%201.7%20Calidad%20de%20Agua.pdf>
- Félez, M. 2009. Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos. (En línea). Formato PDF. Consultado en agosto 2012. Disponible en: [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6263/4/03\\_Mem%C3%B2ria.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6263/4/03_Mem%C3%B2ria.pdf) 88 GAD Junín (Gobierno Autónomo Descentralizado). 2011. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial.
- García, Z. 2012. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. (En línea). Formato PDF. Consultado en agosto 2012. Disponible en: [http://www.limawater.de/documents/zgarcia\\_tesis.pdf](http://www.limawater.de/documents/zgarcia_tesis.pdf)
- García, E. 2009. Manual practico de saneamiento en poblaciones rurales. (En línea). Formato PDF. Consultado en Agosto 2012. Disponible en: <http://www.fcpa.org.pe/archivos/file/DOCUMENTOS/5.%20Manuales%20de%20proyectos%20de%20infraestructura/Manual%20de%20saneamiento%20en%20poblaciones%20rurales.pdf>
- Grazia, M. 2010. Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú. Formato PDF. Consultado en mayo 2013. Disponible en: [http://www.fonamperu.org/general/agua/documentos/Oportunidades\\_Mejoras\\_Ambientales.pdf](http://www.fonamperu.org/general/agua/documentos/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf)
- Jiménez, G. 2012. Presencia de Nitritos en aguas. (En línea). Consultado en agosto 2012. Disponible en: <http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/03aguas.html>
- Mujerriego 1990 y Metcalf y Eddy 1991. Citados por Kestle, P. 2004. "Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda. (En línea). Formato PDF. Consultado en Agosto 2012. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/fulltext/uso\\_reuso.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/fulltext/uso_reuso.pdf)
- Orozco, A. (2005). Bioingeniería de aguas residuales. Teoría y diseño. Ed. Rev. p 326, 376, 378. 90
- Rolim, S. (2000). "Sistemas de lagunas de estabilización". Editorial Mc. Graw Hill
- Romero, J. (1999). "Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización". Editorial Alfaomega. Primera y tercera Edición.
- Romero, J. (2000). "Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Primera Edición. p 70, 157, 158.
- Rodríguez, A. (2009). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades. Capítulo IV. Lagunas de estabilización. (En línea). Formato PDF. Consultado en agosto 2012. Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/Capitulo4.pdf>



- Norma Técnica DGNTI-COPANIT 35-2000, Aguas Descargas de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masa de aguas superficiales y subterráneas.
- Norma Técnica DGNTI-COPANIT 39-2000, Aguas Descargas de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales.



# GLOSARIO



## GLOSARIO

**Lodos.-** Son sólidos o residuos semisólidos que se encuentran depositados por las aguas negras, o desechos industriales, ya sea tratados o crudos, acumulados por sedimentación en tanques.

**Afluente.-** conocidas como las aguas negras o parcialmente tratado, que entra a un depósito, estanque.

**Demanda química de oxígeno.-** Es conocido con las siglas DQO y es la cantidad necesaria de oxígeno para poder oxidar los materiales que se encuentran en el agua con un oxidante químico ya sea ácido o dicromato de potasio.

**Aguas residuales domésticas.-** Conocido como aguas negras derivadas principalmente de los edificios comerciales, instituciones, casas, casas y similares, que no están mezcladas con aguas de lluvia o aguas superficiales.

**Grasa.-** en Aguas negras son los jabones de calcio y magnesio, ceras ácidos grasos libres, aceites minerales y otros materiales no grasosos.

**Demanda bioquímica de oxígeno.-** Es conocido con las siglas DBO, y es el oxígeno que requieren todos los microorganismos presentes en el agua para que las bacterias transformen la materia orgánica en compuestos inorgánicos, y no cause daño a la salud.

**Efluente.-** Conocido como el agua que termina un proceso o etapa, sale de un depósito o de un proceso de tratamiento.

**Sedimentación.-** Es el proceso de depositar y asentar la materia que se encuentra suspendida y que arrastra el agua, las aguas negras u otros líquidos, por gravedad.

**Tanque Séptico.-** conocido como tanque de sedimentación de acción simple, y los lodos que se encuentran sedimentados están en contacto con las aguas negras que entran al tanque séptico.

**Sólidos Sedimentables.-** Son sólidos suspendidos que se asientan en el agua, aguas negras u otros líquidos.

**Tratamiento Primario.-** Es el proceso anaeróbico encargado de la eliminación de sólidos.



**Tratamiento Secundario.-** tratamiento seguido del primario y se basa en la que su descomposición de los sólidos restantes es hecha por organismos aeróbicos.

**Percolación.-** Es el líquido que llena o no los poros del medio filtrante.



# ANEXOS



### 5.1. ANEXOS Y TABLAS:

A continuación se muestran las Tablas de cada uno de los parámetros realizados en el laboratorio con su respectiva fecha que se tomó la muestra.

Tabla No. 7 pH

pH		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	7,03	6,75
24/02/2014	7,17	7,03
25/02/2014	6,79	6,87

Tabla No. 8 Temperatura

TEMPERATURA		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	31,3	28,4
24/02/2014	25	25
25/02/2014	26,2	26,2

Tabla No. 9 Conductividad

CONDUCTIVIDAD		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	836	792
24/02/2014	1016	796
25/02/2014	590	772

Tabla No. 10 DBO

DBO		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	228	63
24/02/2014	180	61
25/02/2014	313	45

Tabla No. 11 DQO

DQO		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	386,67	160
24/02/2014	353,33	133,33
25/02/2014	424,12	146,67

Tabla No. 12 Sólidos Suspendidos

SÓLIDOS SUSPENDIDOS		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	100	10
24/02/2014	130	10
25/02/2014	160	25



Tabla No. 13 Sólidos Totales

SÓLIDOS TOTALES		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	450	330
24/02/2014	600	370
25/02/2014	530	420

Tabla No. 14 Sólidos disueltos

SÓLIDOS DISUELTOS		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	350	320
24/02/2014	470	360
25/02/2014	370	395

Tabla No. 15 Fósforo

FÓSFORO		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	10,15	12,75
24/02/2014	22,11	15,31
25/02/2014	11,92	14,62

Tabla No. 16 Sulfatos

SULFATOS		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	5,02	3,41
24/02/2014	10,3	5,74
25/02/2014	12,7	4,84

Tabla No. 17 Aceites y Grasas

ACEITE Y GRASAS		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	32	44
24/02/2014	35	29
25/02/2014	23	18

Tabla No. 18 Coliformes Totales

COLIFORMES TOTALES		
FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
22/02/2014	20 E 7	2,2 E 5
24/02/2014	27 E 6	7,3 E 5
25/02/2014	1,5 E 7	2,8 E 5

**Nota:** Desde la tabla 7 a la tabla 18, representa cada toma de muestra tanto en el Afluente como Efluente de la laguna de Oxidación del Cantón Santa Lucía con su respectiva fecha y sus datos.



En la Siguiete tabla se presenta los valores promedios tanto en Afluente como Efluente, Norma TULSMA y la Eficiencia de Remoción:

Tabla No. 19 Valores promedios de los Parámetros

AFLUENTE	
PARAMETRO	VALORES PROMEDIOS
PH	7,00
TEMPERATURA	27,50
CONDUCTIVIDAD	814,00
OXIGENO DISUELTO	-
DBO5	136,00
DQO	246,67
SOLIDOS SUSPENDIDOS	130,00
SOLIDOS TOTALES	526,67
SOLIDOS DISUELTOS	396,67
FOSFORO	14,73
SULFATOS	9,34
ACEITES Y GRASAS	30,00
COLIFORMES TOTALES	16,16666667

Tabla No. 20 Eficiencia de Remoción

EFLUENTE			
PARAMETRO	VALORES PROMEDIOS	TULSMA	EFICIENCIA DE REMOCION
PH	6,88	5,0 - 9,0	-
TEMPERATURA	26,53	< 35	-
CONDUCTIVIDAD	786,67		-
OXIGENO DISUELTO	-	-	-
DBO5	56,33	100,00	58,58
DQO	146,67	250,00	40,54
SOLIDOS SUSPENDIDOS	15,00	100,00	88,46
SOLIDOS TOTALES	373,33	1600,00	29,11
SOLIDOS DISUELTOS	358,33		9,66
FOSFORO	14,23	10,00	3,40
SULFATOS	4,66	1000,00	50,07
ACEITES Y GRASAS	30,33	0,30	1,10
COLIFORMES TOTALES	4,1* 10 <sup>7</sup>	Remoción>99.9 %	74,64



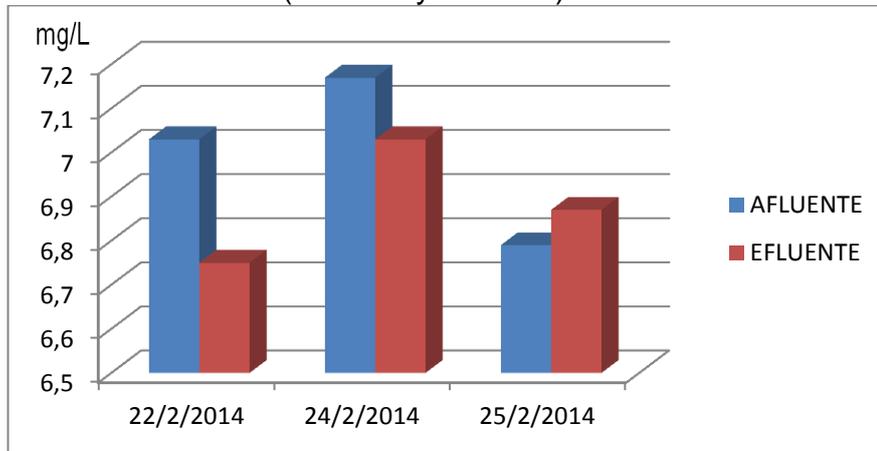
En el siguiente cuadro representa el resumen de los parámetros con sus días que se realizó los ensayos, los promedios de Afluente, promedios de Efluente y eficiencia de remoción

Tabla No. 21 Resumen total de los ensayos

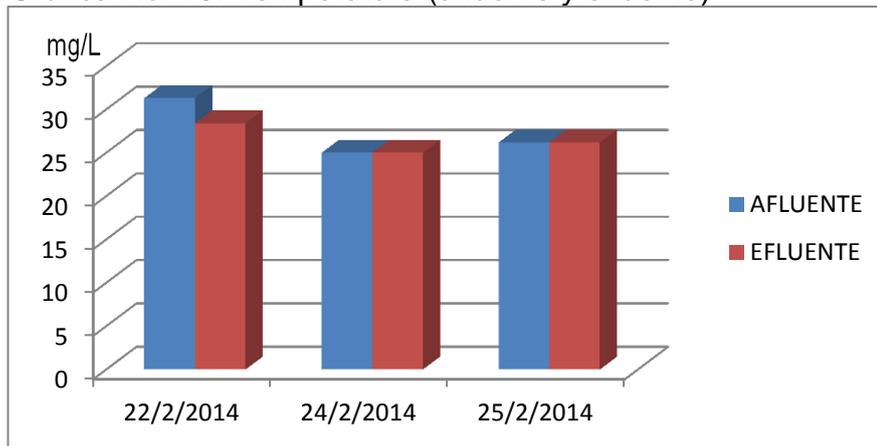
PARAMETROS	AFLUENTE			EFLUENTE			PROMEDIO AFLUENTE	PROMEDIO EFLUENTE	EFICIENCIA REMOCION
	22/02/2014	24/02/2014	25/02/2014	22/02/2014	24/02/2014	25/02/2014			
PH	7,03	7,17	6,79	6,75	7,03	6,87	-	-	
TEMPERATURA	31,3	25	26,2	28,34	25	26,2	-	-	
CONDUCTIVIDAD	836	1016	590	792	796	772	-	-	
OXIGENO DISUELTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DBO5	228	180	313	63	61	45	240,33	56,33	76,56
DQO	386,67	353,33	424,12	160	133,33	146,67	388,04	146,67	62,2
SOLIDOS SUSPENDIDOS	100	130	160	10	10	25	130,00	15,00	88,46
SOLIDOS TOTALES	450	600	530	330	370	420	526,67	373,33	29,11
SOLIDOS DISUELTOS	350	470	370	320	360	395	396,67	358,33	9,66
FOSFORO	10,15	22,11	11,92	12,75	15,31	14,62	14,73	14,23	3,4
SULFATOS	5,02	10,3	12,7	3,41	5,74	4,84	9,34	4,66	50,07
ACEITES Y GRASAS	32	35	23	44	29	18	30,00	30,33	1,09
COLIFORMES TOTALES	$2,00 \cdot 10^8$	$2,70 \cdot 10^7$	$1,50 \cdot 10^7$	$2,20 \cdot 10^5$	$7,30 \cdot 10^5$	$2,80 \cdot 10^5$	80666666,7	410000,0	74,6



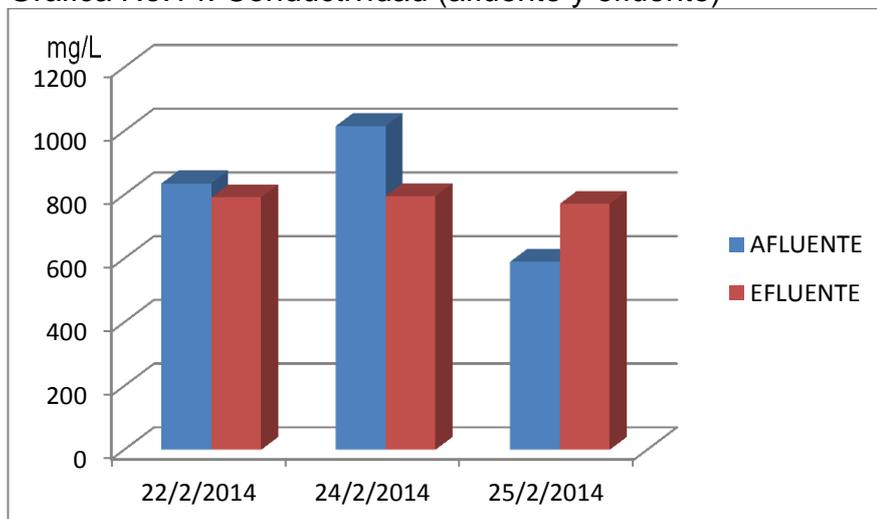
Gráfica No. 12: Ph (afluente y efluente)



Gráfica No. 13: Temperatura (afluente y efluente)

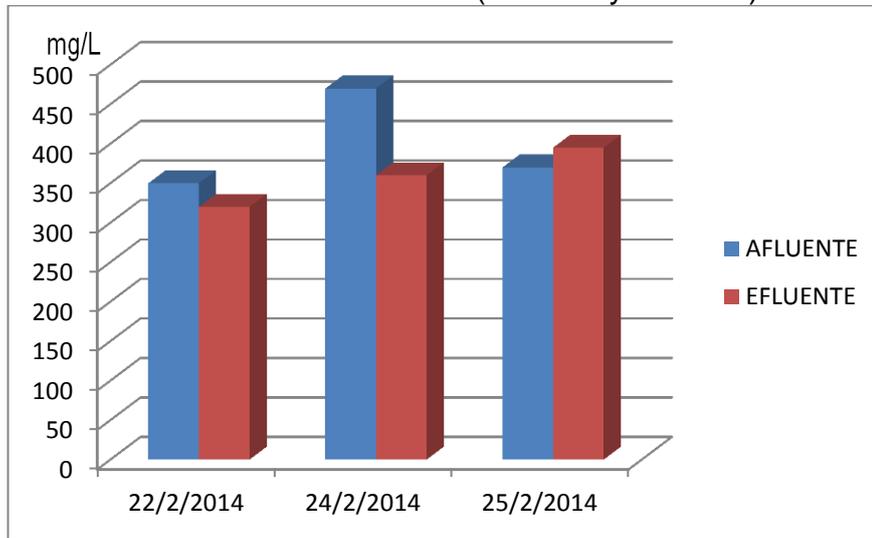


Gráfica No.14: Conductividad (afluente y efluente)

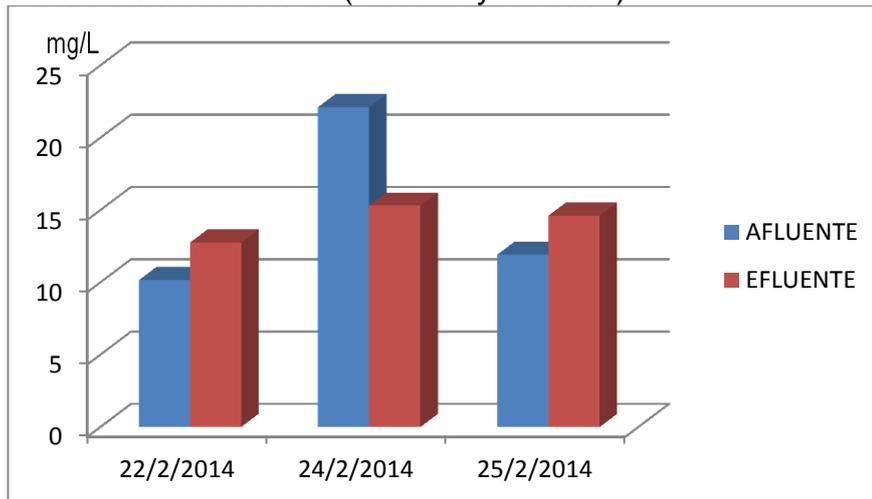




Gráfica No.15: Sólidos disueltos (afluente y efluente)

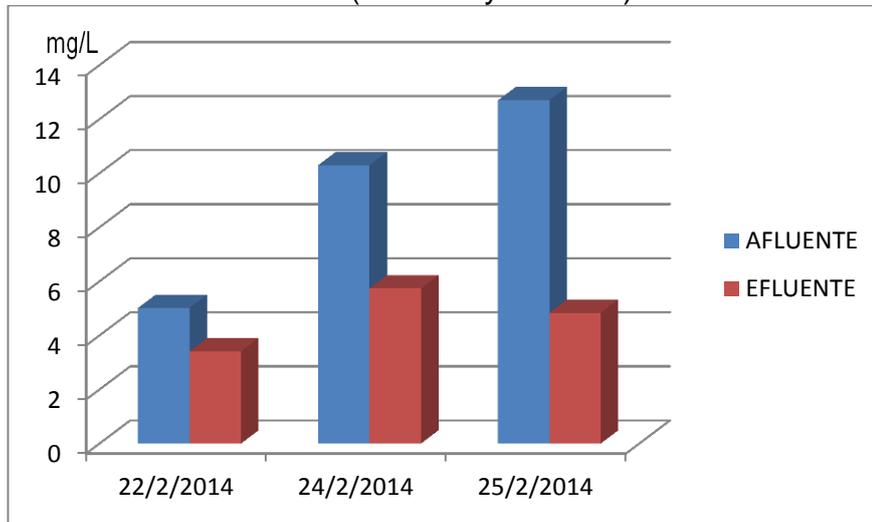


Gráfica No.16: Fósforo (afluente y efluente)

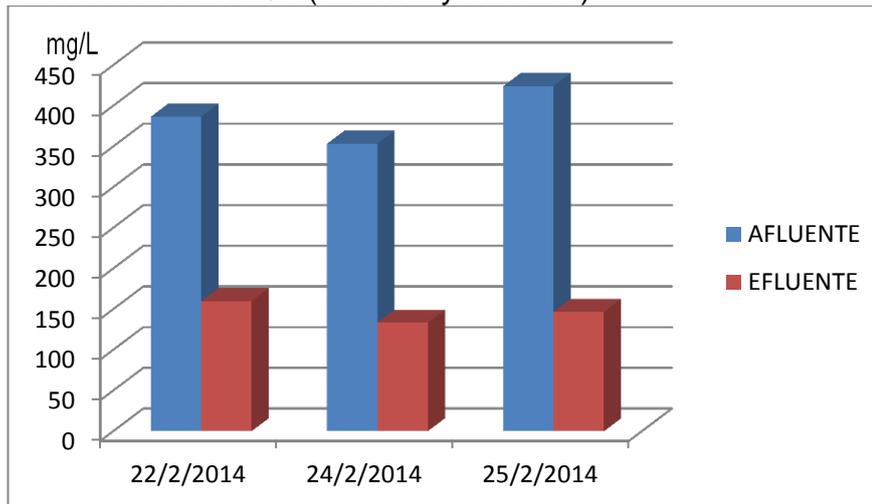




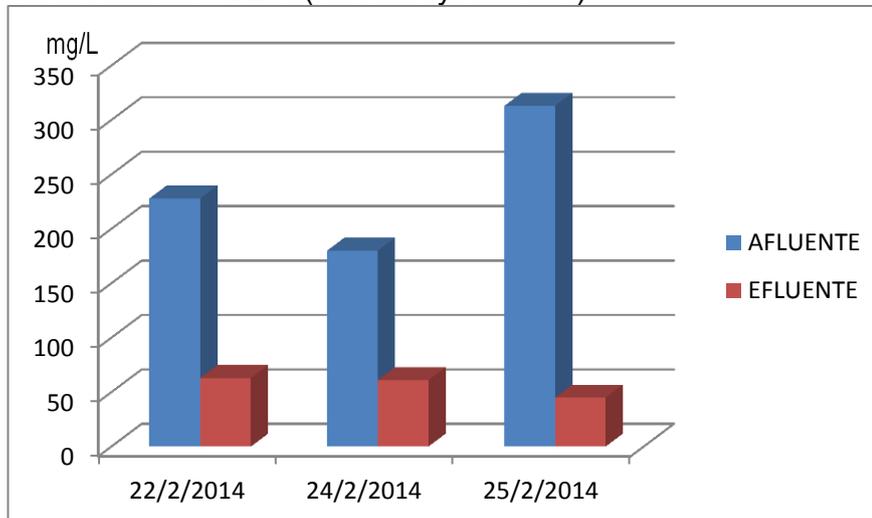
Gráfica No.17: Sulfatos (afluente y efluente)



Gráfica No.18: DQO (afluente y efluente)

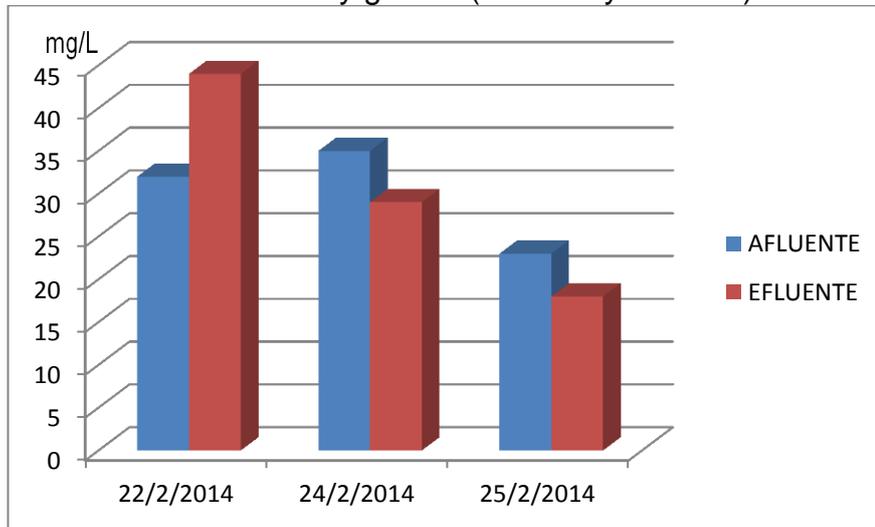


Gráfica No.19: DBO (afluente y efluente)

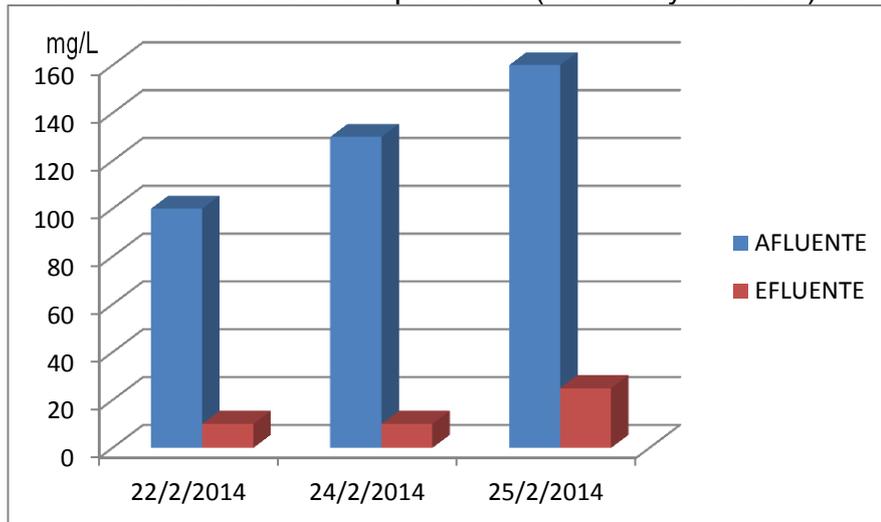




Gráfica No.20: Aceites y grasas (afluente y efluente)

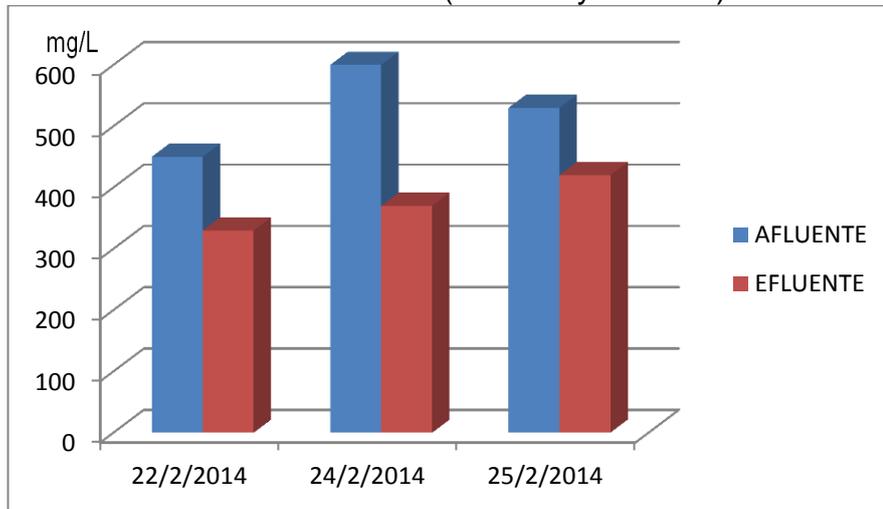


Gráfica No.21: Sólidos Suspendidos (afluente y efluente)

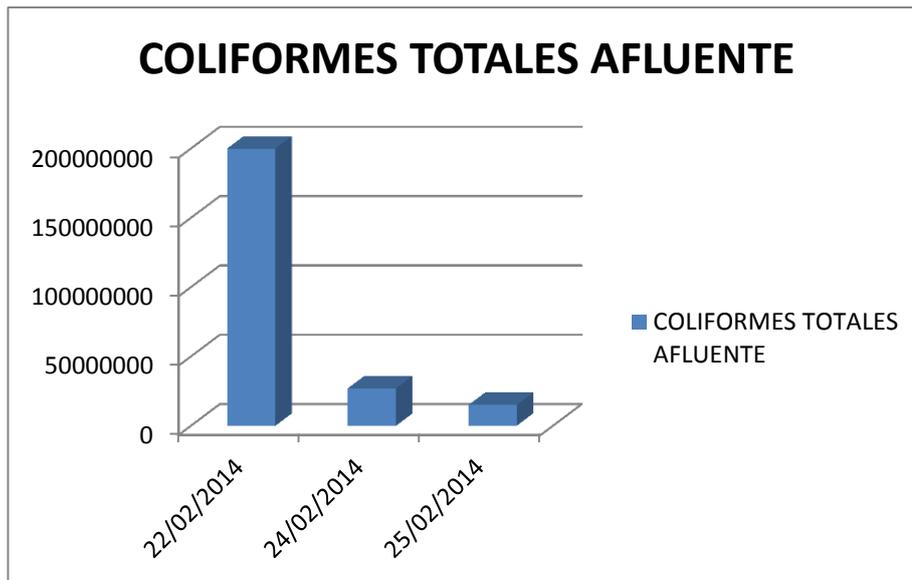




Gráfica No.22: Sólidos totales (afluente y efluente)



Gráfica No.23: Coliformes Totales (afluente)





Gráfica No.24: Coliformes Totales (efluente)

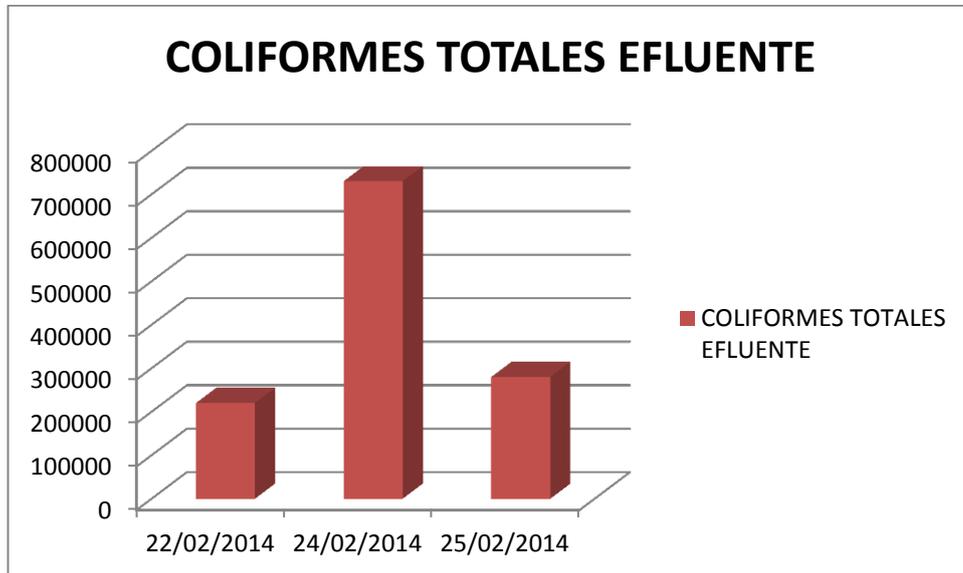


Foto No.1: Laguna de Estabilización Santa Lucia





**Foto No.2: Vegetación (Laguna de estabilización)**



**Foto No.3: Precámara- Afluente (Vista Lateral)**





**Foto No.4: Precámara- Afluyente (Vista Frontal)**



**Foto No.5: Efluente**





**Foto No. 6: Toma de muestra precámara - Afluente**



**Foto No.7: Toma de Muestra - Efluente**





**Foto No.8: Efluente (vista lateral)**



**Foto No.9: Muestras**





**Foto No.10: Colocación de Reactivos a la muestra**



**Foto No.11: Verificación de que no hay Oxígeno Disuelto afluente**





**Foto No.12: Verificación de que no hay Oxígeno Disuelto efluente**



**Foto No.13: Medición de Conductividad (afluente – Efluente)**





**Foto No.14: Muestras llevadas al laboratorio**



**Foto No.15: Levantamiento de Precámara**





**Foto No.16: Prueba de aceites y grasas**



**Foto No.17: Pruebas de laboratorio realizadas en los 3 días**





Foto No.18- 19: Equipos de laboratorio



Foto No.20- 21: Prueba DBO



