

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TEMA:**

**Diagnóstico de la operación y mantenimiento y evaluación de  
impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad  
Palestina, Provincia del Guayas**

**AUTOR:**

**Solorzano Macias, Elvyn Francisco**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
Ingeniero civil**

**TUTOR:**

**Glas Cevallos, Clara Catalina**

**Guayaquil, Ecuador**

**15 de marzo del 2021**



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

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Solorzano Macias Elvyn Francisco**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

**TUTOR (A)**

f. \_\_\_\_\_

**Glas Cevallos Clara Catalina**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Alcívar Bastidas Stefany Esther**

**Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2021**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Solorzano Macias Elvyn Francisco**

### DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diagnóstico de la operación y mantenimiento y evaluación de impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad Palestina, provincia del Guayas**, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

**Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2021**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Solorzano Macias Elvyn Francisco**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

## AUTORIZACIÓN

Yo, **Solorzano Macias Elvyn Francisco**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación " **Diagnóstico de la operación y mantenimiento y evaluación de impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad Palestina, provincia del Guayas**", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2021

EL AUTOR:

f. \_\_\_\_\_

**Solorzano Macias Elvyn Francisco**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

## REPORTE URKUND



### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Solorzano\_Ellyn\_FINAL\_.docx (D98725790)  
**Submitted:** 3/18/2021 7:06:00 AM  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 9 %

#### Sources included in the report:

AJUSTE DEL EFLUENTE DE LAS LAGUNAS OXIDACION DEL CANTON PALESTINA GARCIA VERDEZOTO BORIS ROSERO.docx.pdf (D64842327)  
Rediseño del sistema de lagunas de depuración de aguas servidas del cantón Santa Lucía.pdf (D24161661)  
TITULACION PLAGIO TESIS AQUINO & MOYANO.docx (D80683044)  
REHABILITACION DE LAGUNAS PALESTINA.pdf (D24285056)  
REHABILITACION DE LAGUNAS PALESTINA.docx (D24193377)  
Tesis Bowen-Navia.docx (D63493554)  
betsy\_altamirano\_erika\_gonzalez\_trabajo\_de\_titulacion.pdf (D48149843)  
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO.docx (D14980751)  
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17028/DISE%C3%91O%20Y%20TRATAMIENTO%20DE%20LAGUNAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/10DisenoDeLagunasDeEstabilizacion.pdf>  
<https://www.tratamientodelagua.com.mx/lagunas-de-oxidacion-que-son/>  
<https://www.slideshare.net/ceshesol/fundamentos-de-tratamiento-por-lagunas>  
<https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-1-sistemas-de-depuracion-de-agua/1-2-lagunas-de-estabilizacion>  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/11042/2795/3/ICI\\_179.pdf.txt](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/11042/2795/3/ICI_179.pdf.txt)

#### Instances where selected sources appear:



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por darme cada día la fuerza y la inteligencia necesaria para seguir adelante, la fe para no dejarme derrumbar ante las adversidades que la vida nos pone, para alcanzar mis metas y objetivos propuestos en mi vida.

Agradezco a mis padres Elvyn y Rosa, por todo lo que me han apoyado durante toda mi carrera económica y moralmente brindándome la información personal y profesional.

Agradezco a mis profesores, personal técnico y administrativo de la universidad por haberme inculcado los conocimientos necesarios en la carrera universitaria para poderlos aplicar en mi vida profesional.

A la Ing. Clara Glas, Tutor de trabajo de grado, por su ayuda y sus enseñanzas durante el desarrollo del trabajo, por su tiempo y paciencia disponible que sin duda fueron a gran aportación para mi trabajo de grado.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado a Dios por que es quien me da la fortaleza para seguir adelante día a día, es mi amigo fiel durante toda mi vida.

Es dedicado a mis Padres Elvyn y Rosa, a mis hermanos Erick y Ronald, a mis familiares y amigos, que con su apoyo incondicional he logrado concluir este trabajo.

Para todos aquellos que no perdieron la fe y la esperanza en mí y que de alguna manera colaboraron en la culminación de mi carrera y de mi trabajo de titulación.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas, MSc.**

DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Nancy Fatima Varela Terreros**

DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Fernando Javier Plaza Vera, PHD**

OPONENTE

## Contenido General

RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	2
Antecedentes .....	2
CAPÍTULO 1 .....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1. Lagunas de Oxidación .....	3
1.1 Procesos de tratamiento en sistemas lagunares.....	3
1.1.1 Procesos de tratamiento biológico para las lagunas aerobias .....	4
1.1.2 Procesos de Tratamiento para las lagunas Anaerobias .....	4
1.2 Tipos de lagunas de estabilización .....	5
1.2.1 Lagunas aerobias.....	6
1.2.2 Lagunas anaerobias.....	7
1.2.3 Lagunas facultativas .....	8
1.2.4 Lagunas terciarias o de maduración.....	9
1.2.5 Lagunas con plantas acuáticas .....	10
1.3 Tipos de flujo en los sistemas lagunares. ....	10
1.3.1 Flujo pistón .....	10
1.3.2 Flujo disperso.....	11
1.4 Consideraciones de diseño de las lagunas .....	11
1.4.1 Etapas de los procesos .....	12
1.5 Parámetros de calidad de aguas servidas.....	14
1.5.1 Parámetros físicos .....	14
1.5.2 Parámetros químicos.....	15
1.5.3 Parámetros bacteriológicos .....	16
1.6 Norma del Texto Unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA): calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso de agua dulce.....	17
1.6.1 Descarga de efluentes al recurso de agua dulce.....	17
1.6.2 Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.....	17
1.7 Impacto ambiental generado por las lagunas de oxidación.....	17
1.7.1 Procedimiento de estudio de impacto ambiental .....	18
1.7.2 Mitigación de impacto ambiental .....	18
CAPÍTULO 2 .....	19
2. Descripción .....	19
2.1 Ubicación.....	19

2.2 Historia .....	19
2.3 Población .....	20
2.4 Características Generales.....	20
2.4.1 Clima.....	20
2.4.2 Hidrografía.....	20
2.4.3 Desarrollo económico .....	20
2.4.4 Topografía.....	20
2.4.5 Transporte .....	20
2.5 Servicios Básicos.....	21
2.5.1 Agua potable .....	21
2.5.2 Aguas servidas .....	21
2.5.3 Tratamiento de aguas servidas .....	21
2.5.4 Aguas lluvias.....	22
2.5.5 Desechos Sólidos .....	22
2.5.6 Educación.....	22
CAPÍTULO 3 .....	23
3. Metodología .....	23
3.1 Mediciones de las dimensiones lagunas .....	23
3.2 Mediciones de caudales .....	23
3.3 Verificación de diseño .....	23
3.4 Pruebas de Laboratorio.....	25
3.5 Evaluación de Impactos ambientales .....	25
CAPÍTULO 4 .....	26
4. Análisis de resultados.....	26
4.1 Mediciones de las dimensiones lagunas .....	26
4.1.1 Mediciones en sitio .....	26
4.2 Mediciones de Caudales .....	26
4.3 Verificación de Diseño .....	27
4.3.1 Población .....	27
4.3.2 Caudal de diseño .....	27
4.4 Dimensionamiento lagunares .....	28
4.5 Mediciones calculadas.....	29
4.6 Cálculo de áreas, tiempo de retención y volumen.....	29
4.7 Pruebas de Laboratorio.....	30
4.8 Datos históricos .....	31

4.9 Evaluación de impactos ambientales.....	32
4.10 Plan de Manejo y operación .....	41
4.10.1 Operación adecuada.....	41
4.10.2 Control continuo .....	41
Conclusiones .....	42
Recomendaciones.....	43
Bibliografía .....	44
Anexos .....	45

### Índice de Tablas

Tabla 1 Medidas y tiempo de retención de las lagunas de oxidación. ....	11
Tabla 2 Eficiencia de remoción que se producen en las lagunas de oxidación. ....	11
Tabla 3. ubicación geográfica del sistema de tratamiento .....	19
Tabla 4 Población del cantón Palestina, censo 2010 .....	20
Tabla 5. Datos técnicos de la bomba.....	21
Tabla 6. Mediciones en campo del caudal de ingreso al sistema, día 5 de enero. ....	23
Tabla 6 Mediciones en campo del caudal de ingreso al sistema, día 5 de febrero.....	23
Tabla 7. Mediciones en sitio con cinta de las dimensiones de las lagunas. ....	26
Tabla 8 Método volumétrico para obtener el caudal de ingreso al sistema. ....	26
Tabla 9 Medidas calculadas de las lagunas.....	29
Tabla 10 Medidas calculadas de área, volumen y tiempo de retención de las lagunas. .....	29
Tabla 11 Resultados de las pruebas de laboratorio y verificación con la norma. ....	30
Tabla 12 Eficiencias de remoción en el sistema de tratamiento. ....	30
Tabla 13: Resultados de las pruebas de laboratorio "Grupo Químico Marcos" .....	31

## Índice de figuras

Figura # 1 proceso de tratamiento en la laguna anaeróbica.....	5
Figura # 2 Diagrama de una laguna anaeróbica.....	7
Figura # 3 Diagrama de una laguna facultativa.....	9
Figura #4. Tratamiento primario con laguna facultativa.....	13
Figura # 5. Tratamiento secundario incluyendo laguna anaeróbica .....	13
Figura # 6. Tratamiento terciario incluyendo lagunas de maduración.....	14
Figura # 7 Ubicación de Palestina en el mapa de la provincia del Guayas.....	19
Figura # 8 Vista en Plantas de las lagunas de Oxidación de Palestina.....	24
Figura # 9 Esquema y vista en perfil del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	24
Figura # 8. FORMULARIO DE REGISTRO AMBIENTAL.....	34

## RESUMEN

La ciudad de Palestina tiene una planta de tratamiento de aguas servidas compuesta por laguna facultativa y laguna de maduración, no tiene pretratamiento. La investigación consistió en medir las lagunas actuales y cuantificar caudales de ingreso y medir profundidades de las lagunas, con estos datos se realizaron los diseños de las lagunas. El caudal que ingresa a la laguna facultativa es de  $577,3 \frac{m^3}{dia}$ , mientras que el caudal de diseño proyectado es de  $6912.71 \frac{m^3}{dia}$ , mayor al caudal que esta ingresando al sistema de tratamiento, dando un indicio de que en algún tramo del sistema se puede estar desviando o infiltrando el agua residual cruda. Se determino con esto que las lagunas actuales no tienen capacidad para la población actual, menos para la futura. Las dos lagunas están subdimensionadas. A pesar de esto según los reportes de laboratorio la PTAR descarga aguas tratadas que cumplen con la normativa ambiental, pero como habíamos indicado el caudal que ingresa a la laguna no corresponde al generado por la población conectada al sistema. Los principales impactos ambientales generados por el funcionamiento del alcantarillado y PTAR son por las muy probables infiltraciones de aguas servidas en el suelo afectando la calidad del suelo y de las aguas subterráneas. Por lo que es necesario una revisión completa del sistema de alcantarillado y estación de bombeo para verificar el ingreso del caudal, además monitorear la planta para garantizar la calidad del efluente y la ampliación del sistema de tratamiento hasta completar las áreas requeridas.

**Palabras Claves:** Agua residual, pre tratamiento, sistemas lagunares, parámetros de calidad de agua, eficiencia de remoción, lagunas de estabilización.

## ABSTRACT

The city of Palestina has a sewage treatment plant composed of a facultative lagoon and a maturation lagoon, it does not have pretreatment. The research consisted of measuring the current lagoons and quantifying inflow flows and measuring the depths of the lagoons, with these data the designs of the lagoons were carried out. The flow that enters the facultative lagoon is 577.3 m<sup>3</sup> / day, while the projected design flow is 6912.71 m<sup>3</sup> / day, higher than the flow that is entering the treatment system, giving an indication that in some section the system may be diverting or infiltrating raw wastewater. With this, it was determined that the current lagoons do not have capacity for the current population, less for the future. The two lagoons are undersized. Despite this, according to the laboratory reports, the PTAR discharges treated water that complies with environmental regulations, but as we had indicated, the flow that enters the lagoon does not correspond to that generated by the population connected to the system. The main environmental impacts generated by the operation of the sewage system and PTAR are due to the very probable infiltrations of sewage into the soil, affecting the quality of the soil and groundwater. For this reason, a complete review of the sewerage system and pumping station is necessary to verify the entry of the flow, in addition to monitoring the plant to guarantee the quality of the effluent and the expansion of the treatment system to complete the required areas.

**Key words:** Waste water, pre-treatment, lagoon systems, water quality parameters, removal efficiency, stabilization ponds.

# **INTRODUCCIÓN**

## **Antecedentes**

Las plantas de tratamiento de aguas servidas y la calidad de sus descargas a los recursos hídricos es de suma importancia para los gobiernos municipales, es así como el GAD de Palestina preocupada por la situación actual de las lagunas de oxidación manifiesta su inquietud ante el autor de la presente investigación, para que estas sean evaluadas y se diagnostique o se den mejoras en su operación y mantenimiento con el objetivo de evitar descargas residuales tratadas que puedan generar contaminación al río Daule.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diagnosticar el sistema de tratamiento de aguas servidas y evaluar los impactos ambientales generados por la operación de las lagunas de oxidación de la ciudad de Palestina.

### **Objetivos específicos**

- Cuantificar caudales y medir dimensiones de las lagunas para verificar diseños.
- Analizar pruebas de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos históricos y actuales y comparar con los límites permitidos en la Normativa ambiental vigente.
- Determinar el impacto ambiental y de las descargas al río Daule por la operación actual de las lagunas de oxidación.
- Realizar el plan de manejo ambiental y O &M.

### **Metodología**

- Realización del levantamiento de información de las lagunas existentes, como caudales, medidas superficiales, profundidades, entre otras, para verificación de diseños.
- Análisis de los datos históricos y actuales de calidad de agua para determinar eficiencias.
- Revisión de normativa actual de medio ambiente.
- Realización de entrevistas para determinar la operación de la PTAR.
- Revisión de planes de operación y mantenimiento de la PTAR
- Elaboración de un plan ambiental y de O&M
- Redactar el documento de trabajo de titulación, con sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1. Lagunas de Oxidación

Las lagunas de estabilización o de oxidación son métodos que están entre los más (Rodríguez Serrano, 2008) comunes y eficientes tratamientos que pueden existir. Son procesos por el cual el agua pasa a través de un canal diseñado especialmente para tratar aguas residuales por procesos naturales como las bacterias y algas, básicamente por la actividad que realizan y las relaciones simbióticas con otros organismos (Tilley E, Ulrich L, Lüthi C, Reymond P, Schertenleib R y Zurbrügq C, 2018).

Los sistemas de lagunas de oxidación se utilizan generalmente para tratar aguas residuales de origen doméstico donde la mayor fuente de contaminación fluye por las alcantarillas debido a los excrementos humanos y animales y en menor proporción en las aguas resultantes del lavado de ropa, preparación de alimentos y duchas. También tienen su uso industrial, en donde tengan área disponible para este tipo de sistemas. El principal objetivo de sanear el efluente para ser volcado a los cuerpos receptores sin contaminantes, estas lagunas requieren poco mantenimiento y mano de obra no calificada, pero si necesita controlarse adecuadamente la biomasa que se desarrollara en el sistema. (Lizama, 2014).

La eliminación de la materia orgánica en las lagunas de estabilización es resultado de una serie compleja de procesos físicos, químicos y biológicos, entre los cuales se pueden destacar dos grandes grupos: como la sedimentación de los sólidos en suspensión, que suelen representar una parte importante ( 40-60% como DBO<sub>5</sub>) de la materia orgánica contenida en el agua residual, produciendo una eliminación del 75-80% de la DBO<sub>5</sub> del efluente y la transformación bilógica que determinan la oxidación de la materia orgánica contenida en el lugar residual (Rodríguez Serrano, 2008).

Generalmente las lagunas se comienzan a excavar en las estacas de zonas interiores, hasta que se alcance el nivel inferior con una área superficial y volumen suficientes para proveer los extensos tiempos de tratamiento que requieren para degradar la materia orgánica mediante los mecanismos de auto depuración, no basta con hacer simplemente un mantenimiento de limpieza, sino que es fundamental generar y conservar la biomasa correcta.

#### 1.1 Procesos de tratamiento en sistemas lagunares

El tratamiento de las aguas residuales es una combinación de operaciones físicas y procesos biológicos y químicos que remueven el material suspendido, coloidal o disuelto de dichas aguas.

Dentro de las operaciones físicas tenemos la utilización de rejillas para la remoción de materiales gruesos, desarenadores para la remoción de arenas, sedimentador para remoción de material sedimentable, entre otros.

Dentro de los procesos biológicos existen dos grandes tipos que realizan los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica de las aguas residuales: la oxidación aerobia y la digestión anaerobia.

### 1.1.1 Procesos de tratamiento biológico para las lagunas aerobias

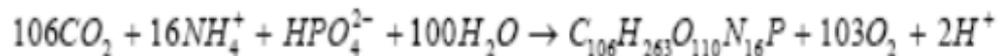
Aunque se han desarrollado diferentes tipos de procesos biológicos, los más empleados en el tratamiento de aguas residuales urbanas son:

- a) **Oxidación de la materia orgánica por bacterias aerobias** la respiración bacteriana provoca la degradación de la DBO<sub>5</sub> del agua residual hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O produciendo energía y nuevas células.



Se clasifican en cultivo en suspensión y cultivo fijo de donde se los derivan los Lodos Activados y lagunas aireadas, para el cultivo en suspensión, biofísicos rotativos y filtros percoladores para el cultivo fijo.

- b) **Producción fotosintética de Oxígeno** la fotosíntesis algal produce, a partir de CO<sub>2</sub> nuevas algas de O<sub>2</sub>, que es utilizado en la respiración bacteriana como la desnitrificación con cultivo en suspensión y la desnitrificación con cultivo fijo (Rodríguez Serrano, 2008).



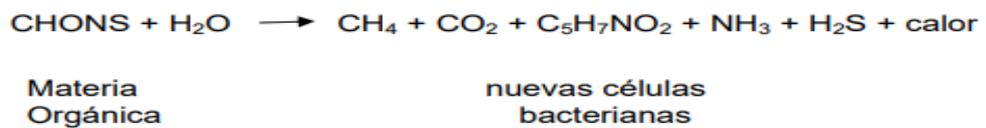
### 1.1.2 Procesos de Tratamiento para las lagunas Anaerobias

**Digestión anaerobia de la materia orgánica** con producción de metano que puede ser de alta carga, baja carga y de doble etapa. Estos no se suelen calentar ni mezclar el contenido del digestor, y los tiempos de retención varían entre 30 y 60 días. En los procesos de alta digestión se carga el contenido del digestor se calienta y mezcla completamente. (Andrade, Fernando Xavier y Peña, & Maria, 2017).

- **Hidrólisis:** es la descomposición biológica de polímeros orgánicos en moléculas de cadena más corta y fácilmente solubles. Esta etapa condiciona las siguientes y es limitante en aquellas aguas residuales con contenidos importantes de sólidos en suspensión, debido a que los microorganismos de las siguientes fases, solo actúan sobre los compuestos disueltos (Corrales, Sainz, 2005).
- **Acidogénesis:** aquí, los productos generados en la anterior fase son transformados en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y una mezcla de ácidos grasos volátiles. Los microorganismos que participan en esta fase crecen muy rápido y son muy resistentes al medio. En esta fase no existen reducciones considerables de DQO (Sainz, 2005).

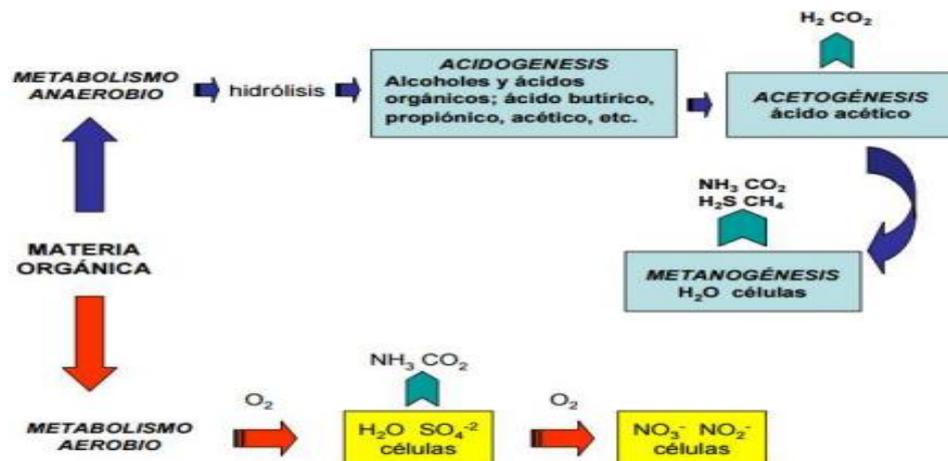
- **Acetogénesis:** en esta fase se aceleran los procesos metabólicos bacterianos y se produce ácido acético a partir de ácidos grasos volátiles generados en la anterior etapa y un grupo de microorganismos específicos (Corrales, 2015).
- **Metanogénesis:** aquí se obtiene metano a partir del ácido acético obtenido en la anterior fase o por reacción del hidrógeno con el CO<sub>2</sub> generado en la anterior etapa. Se lleva a cabo por un grupo de bacterias anaerobias estrictas y de crecimiento lento (Sainz, 2005).

La reacción global que tiene lugar en el proceso de digestión anaerobia es la siguiente: Materia orgánica + microorganismos → Productos finales (CO<sub>2</sub>+ CH<sub>4</sub> + N<sub>2</sub> + S<sup>2-</sup>, etc.) + nuevos microorganismos.



En la siguiente Figura se muestran los productos que se forman a partir de la degradación aerobia y anaerobia:

Figura # 1 proceso de tratamiento en la laguna anaeróbica.



## 1.2 Tipos de lagunas de estabilización

Las lagunas de oxidación o estabilización se clasifican según su acción biológica que predomina teniendo los siguientes tipos:

- Aerobias
- Anaerobias
- Facultativas
- Maduración
- Con plantas acuáticas

### **1.2.1 Lagunas aerobias**

Son aquellas que son sometidas a un tratamiento y que contienen relativamente algunos sólidos en suspensión. En esta laguna se produce la degradación de la materia orgánica mediante la actividad de bacterias aerobias que consumen oxígeno producido fotosintéticamente por las algas (Rodríguez Serrano, 2008).

Las lagunas aerobias se pueden clasificar, según el método de aireación sea natural o mecánico, en aerobias y aireadas.

- a) Laguna aerobia sin aeración superficial se puede diseñar para una producción máxima de algas o de oxígeno (lagunas aerobias de alta tasa), o bien, para mantener las condiciones aerobias a través de toda la laguna (lagunas aerobias de baja tasa). En este tipo de reactores, el oxígeno es provisto por la fotosíntesis y la reaeración (Comision Nacional del Agua, 2007).
- b) Lagunas aireadas: en estas lagunas la cantidad de oxígeno que se suministra por los medios naturales no es suficiente para que se lleve a cabo la oxidación de la materia orgánica, necesitándose un suministro adicional de oxígeno por medios mecánicos.

La concentración de DBO, que incluye la producida por las algas excede, y en mucho, la concentración de la DBO del influente, pero como las algas no forman parte de la carga contaminante, se deben separar antes de evaluar la eficiencia de la laguna (Comision Nacional del Agua, 2007).

Debido a limitaciones inherentes al diseño, las lagunas aerobias son empleadas normalmente para remover materia orgánica. El oxígeno disuelto utilizado para el metabolismo bacteriológico aerobio es suministrado por la transferencia de oxígeno entre el aire y la superficie del agua y por algas fotosintéticas. La cantidad de oxígeno abastecido por la aeración natural superficial depende en gran medida, de la turbulencia generada por el viento y radiación solar (Jimenez Cisneros , 2002)

Esta laguna aerobia tiene capacidad de tratar entre 70-150 kg/ha al día de materia orgánica. Para que estas lagunas trabajarán bajo un sistema aerobio completo deberían tener una profundidad de 0.60 m, pero por problemas sanitarios que podrían presentarse o pérdidas significativas por la evaporación son construidas con mayor profundidad (Martínez M, 2008).

La opinión del autor se relaciona en que la laguna aerobia necesita grandes áreas por unidad de DBO comparadas con los otros sistemas de tratamientos (facultativos o anaerobios) y no son recomendadas en climas fríos, también son de poca profundidad y los microorganismos se encuentran en suspensión y prevalecen las condiciones aerobias. (Comision Nacional del Agua, 2007)

La eficiencia de conversión de materia orgánica en las lagunas aerobias es alta (80 al 95% DBO<sub>5</sub>), sin embargo, debe recordarse que, aunque la DBO soluble haya sido removida del agua residual el efluente tendrá una cantidad importante de algas y bacterias que pueden ejercer una demanda bioquímica de oxígeno, igual o mayor a la del agua residual sin tratar. Este aspecto se controla mediante la remoción de algas (cosecha) o la filtración del efluente (Comision Nacional del Agua, 2007).

### 1.2.2 Lagunas anaerobias

La depuración se realiza en ausencia de oxígeno libre o combinado. Este tratamiento se lleva a cabo por la acción de bacterias anaerobias. Como resultado de la elevada carga orgánica y el bajo periodo de retención del agua residual. 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. La estabilización de estas lagunas tiene lugar mediante las etapas del proceso que son las siguientes: Hidrólisis, formación de ácidos y formación de metano.

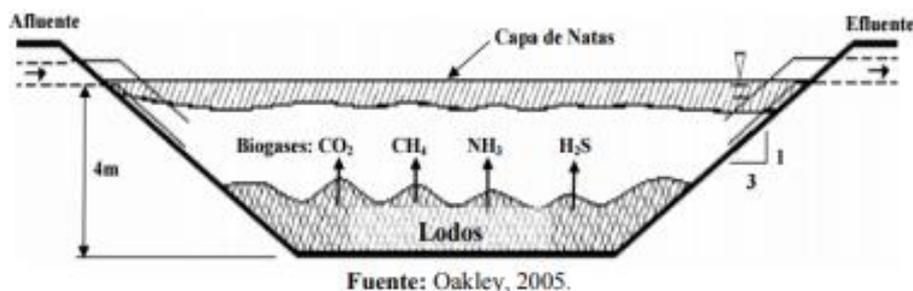
Estas lagunas son únicamente cuerpos receptores del agua de desechos, en las que estas reposan a cielo abierto, lo que representa una desventaja por la producción de olores que hacen desagradable el proceso; por otro lado, el gas producido por la acción bacteriana no es recuperado. Debido a su forma de operación, las lagunas anaerobias requieren de tiempos de resistencia de las aguas muy prolongados, pudiendo llegar estos a ser hasta de tres meses, para alcanzar altas eficiencias de remoción materia orgánica. Por esas mismas razones, la carga orgánica que pueden soportar es muy baja, comparada con lo que se puede manejar con otros sistemas, dicha carga difícilmente puede ser superior a 1kg de DQO/m<sup>3</sup>/día (Gaspar, 1996)

En climas cálidos y con un diseño adecuado, podrá obtenerse una remoción aproximada de hasta 60 por ciento respecto de DBO a 20° C y un máximo de 75 por ciento a 25 grados celsius. El proceso es sensible a factores ambientales y operativos, como las temperaturas, las variaciones de pH y las variaciones bruscas de carga orgánica, lo que puede producir periodos de baja eficiencia. Además, presenta una acumulación normal de natas, lo que genera un aspecto poco agradable (Comision Nacional del Agua, 2007).

En esta laguna es importante mencionar que su proceso se lo realiza en ausencia de Oxígeno.

El dimensionamiento de las lagunas anaerobias se comienza con la carga orgánica superficial. Estas ecuaciones que se aplican son las mismas a las de las lagunas facultativas y se obtienen cargas orgánicas superficiales del orden de 280 a 4,500 kg/ha. Día. La experiencia Latinoamericana sugiere un tiempo de retención bajo (tomando en cuenta la zona de almacenamiento de lodos) de 1 día (Tilley et. Al, 2018).

Figura # 2 Diagrama de una laguna anaeróbica



### **1.2.3 Lagunas facultativas**

Estas lagunas poseen zonas aerobias y anaerobias, en superficie y fondo. En este tipo de lagunas se puede encontrar cualquier tipo de microorganismos, desde anaeróbicos estrictos, en el fango de 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 las principales suministradoras de oxígeno disuelto (Sandoval Bermeo & Cisneros Ventimilla , 2012).

Estas lagunas se excavan en el terreno y se alimentan con agua residual procedente de un proceso previo de desbaste o con el efluente de un tratamiento primario. Los sólidos de gran tamaño 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 abundantes algas presentes en la superficie (Ortiz Bardales, 2014).

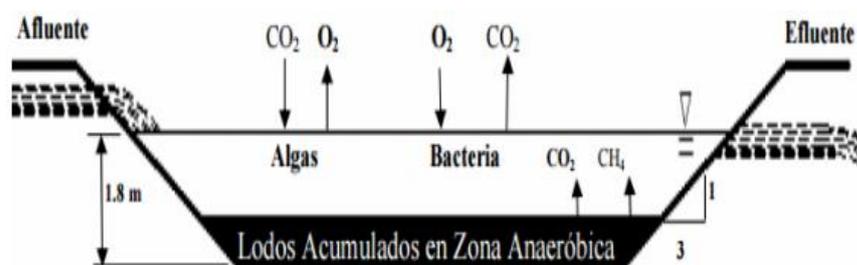
Según (Contreras Olvera & Villa Manosalvas, 2016) en una laguna facultativa existen tres zonas:

- 1) Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica, como se ha descrito anteriormente.
- 2) Una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por la 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.

En cuanto al efluente de una laguna facultativa esta deberá presentar en su superficie una coloración verde oscuro brillante y no deberá detectarse olor, si se presentan estas condiciones debe considerarse un buen funcionamiento. Por el contrario, si presenta mal olor y coloración gris o negro, se considera que tiene un mal funcionamiento, pero si presenta una coloración verde opaco o amarillo, se considera un funcionamiento regular, con disminución de pH y Oxígeno Disuelto.

Por tanto, en la demanda biológica de oxígeno su determinación está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Es importante su determinación para el dimensionamiento de la planta, cuando no se cuenta con datos locales, en este tipo de laguna facultativa se considera un valor promedio entre 200 y 300 mg/l (Ortiz Bardales, 2014).

Figura # 3 Diagrama de una laguna facultativa.



Fuente: Oakley, 2005.

### 1.2.4 Lagunas terciarias o de maduración

Tienen como objetivo fundamental la eliminación de bacterias patógenas (Contreras Olvera & Villa Manosalvas, 2016). En estas lagunas prevalecen las condiciones ambientales adversas para estos organismos como: radiación ultravioleta, alto oxígeno disuelto, temperaturas más bajas. Las lagunas de maduración son una etapa posterior al tratamiento para los procesos de eliminación de la DBO, ya que generalmente se diseñan como una serie de lagunas. La eficiencia de remoción de coliformes es muy alta (Laura Ortega, 2018)

Un problema en el diseño de estas lagunas es que no han sido extensamente estudiados los factores que afectan la muerte bacteriana (Comision Nacional del Agua, 2007). Los parámetros que han sido mencionados como aquellos que interfieren son: pH alto, la producción de compuestos extracelulares tóxicos por las algas, el agotamiento de los nutrientes y la exposición al sol o a la luz ultravioleta atendida de la temperatura, incluyeron los efectos de la concentración de algas, la carga orgánica, la intensidad y duración de la luz, el tiempo de retención hidráulica, la rapidez de degradación del sustrato y el coeficiente de dispersión para la muerte bacteriana. Mancini y Ridgewood por su parte, indicaron que la muerte bacteriana también depende del coeficiente de extinción de la luz y la profundidad del agua para conseguir un mezclado perfecto. Asimismo, Parhad y Rao determinaron que la generación de efectos antagónicos y antibióticos afecta la tasa de decaimiento bacteriana

En la práctica el número de lagunas de maduración lo determina el tiempo de retención necesario para proveer una remoción requerida de coliformes fecales. Están diseñadas principalmente para el tratamiento terciario, formando parte de las lagunas de oxidación o estabilización por lo que tiene características y procesos similares (Contreras Olvera & Villa Manosalvas, 2016).

Si se utiliza un sistema lagunar de proceso anaeróbico y laguna facultativa secundaria, esto producirá un efluente apto solo para el riego restringido. Por lo tanto, se necesitan lagunas de maduración adicionales si se requiere una mayor calidad de efluente para el riego sin restricciones. Con un adecuado dimensionamiento se puede conseguir remociones de coliformes fecales mayores del 99%. Debido a que la alimentación de estas lagunas presenta un alto grado de estabilización de la materia orgánica, la demanda de oxígeno disuelto es mucho menor que en las facultativas, y la fotosíntesis y aireación superficial permiten obtener un ambiente aerobio en toda la columna de agua.

Estas lagunas se utilizan cuando se pretende disminuir la concentración de coliformes fecales y son la última etapa del tratamiento con sistemas lagunares. Este tratamiento consiste en un proceso físico-químico que utiliza la precipitación, la filtración y la cloración para reducir drásticamente los niveles de nutrientes inorgánicos, especialmente los fosfatos y nitratos del efluente final.

### **1.2.5 Lagunas con plantas acuáticas**

Los sistemas de plantas acuáticas están en los estanques poco profundos como plantas acuáticas flotantes o sumergidas. Los sistemas más completamente estudiados son aquellos que usan la lenteja de agua y otros más. Estos sistemas están basados en las plantas dominantes. El primero usa plantas flotantes y se distingue por la habilidad de estas plantas para derivar el dióxido carbono y las necesidades de oxígeno de la atmósfera directamente. Las plantas reciben sus nutrientes minerales desde el agua (Frers, 2008).

Las lagunas con plantas acuáticas son un sistema de tratamiento de agua residual (estanque o cauce) poco profundo, no más de 0.60m, construido por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas, y contando con los procesos naturales para tratar el agua residual. Los humedales artificiales o wetlands construidos tienen ventajas respecto de los sistemas de tratamiento alternativos, debido a que requieren poca o ninguna energía para funcionar. Si hay suficiente tierra barata disponible cerca de la instalación de los wetlands de cultivo acuático, puede ser una alternativa de costo efectivo. Los humedales artificiales o wetlands proporcionan el hábitat para la vida silvestre, y son, estéticamente, agradables a la vista (Frers, 2008).

La depuración de aguas residuales con plantas acuáticas enraizadas, es otro sistema que utiliza plantas del tipo halófitas, que se caracterizan por vivir en aguas poco profundas arraigadas en el suelo, cuyos tallos y hojas emergen del agua, pudiendo llegar hasta los 2-3 m de altura. Las especies que son utilizadas con este fin son: Ciperáceas (ej. Junco de laguna), Gramíneas (ej. Hierba del maná, carrizo), Iridáceas (ej. Lirio amarillo, espaldaña fina), Juncáceas (ej. Juncos), Tifáceas (ej. Eneas, espaldañas). Las especies del género Tifáceas toleran bajos pH y son capaces de acumular en sus tejidos altas concentraciones de metales pesados, por lo que se pueden usar en minería (Novotnyand O, 1994).

Por lo tanto, este sistema de tratamiento consiste en el paso continuo del agua residual previamente decantada, por una serie de canales con lecho artificial de grava o arena en los que las plantas se desarrollan y por el cual el agua residual fluye de forma horizontal inundando el sustrato y mejorando su calidad.

## **1.3 Tipos de flujo en los sistemas lagunares.**

Los regímenes de flujo que se presentan en las lagunas de estabilización son el de mezcla completa que se encuentra el régimen denominado flujo disperso y el flujo de pistón.

### **1.3.1 Flujo pistón**

En este flujo no existe mezclado en la dirección del flujo, lo que existe es un mezclado en la dirección perpendicular al mismo. En general el flujo pistón se caracteriza porque

la masa de agua que entra al sistema y pasa a través del sistema, es descargada en el mismo orden en que esta ingresó, en teoría, cada elemento del líquido seguirá un patrón de agotamiento de nutrientes, con una tasa de remoción inicialmente rápida que se hace cada vez más lenta según el líquido se mueve a lo largo del estanque (Cruz, Alayon Torres , & Monsegny, 2000).

### 1.3.2 Flujo disperso

Se caracteriza porque la masa de agua que entra al sistema se dispersa instantáneamente, haciendo que las características del agua sean las mismas en cualquier punto. La mayoría de las lagunas de estabilización no alcanzan las condiciones de mezcla completa (Cruz, Alayon Torres , & Monsegny, 2000).

### 1.4 Consideraciones de diseño de las lagunas

Las principales consideraciones que se han tomado en cuenta de los diferentes autores al diseñar las lagunas se describen a continuación:

Tabla 1 Medidas y tiempo de retención de las lagunas de oxidación.

<b>Autores</b>	<b>Año</b>	<b>Tipo de lagunas</b>	<b>Profundidades</b>	<b>Tiempo de Retención</b>
Sandoval D, Cisneros V	2012	Aerobias	1-1.5 m	20 - 30 días
Conagua	2007		0.3 - 0.45 m	3 - 5 días
Jiménez E	2001		1-1.5 m	20 -30días
Cortes F, Treviño A	2017	Anaerobias	3 - 5 m	2 - 5 días
Tilley et. Al.	2018		2.5 - 5m	2 - 5 días
Ortiz P	2014		4 -5 m	2 - 5 días
Mercado A.	2013	Facultativas	1.8 – 2.0 m	10 - 23 días
Ortiz P	2014		1.5 - 1.2 m	7 - 20 días
Cortes F, Treviño A	2017		1.5 - 2.5 m	10 - 23 días
Mercado A.	2013	Maduración	1 - 1.5 m	3 - 7 días
Quin et al.	1991		0.9 - 1.5 m	3 - 10 días

Fuentes: Conagua, 2007; Tilley et. al. 2018 y Roston, 2001.

#### 1.4.1 Eficiencia de remoción en las lagunas

Tabla 2 Eficiencia de remoción que se producen en las lagunas de oxidación.

<b>Lagunas</b>	<b>Eficiencia en DBO</b>	<b>Eficiencia en SS</b>	<b>Eficiencia en Coliformes</b>
Anaerobias	70 - 90 %	50-60%	60-99,9%
Aerobias	80-95%	20-60%	60 – 99%
Facultativas	70-85%	-120%	60-99%

Fuentes: Conagua, 2007; Tilley et. al. 2018 y Roston, 2001.

## **1.4 Sistemas combinados**

Estos sistemas combinados forman un tratamiento más ajustado a los presupuestos y son más seguros que los sistemas convencionales y se diseñan igual que los sistemas individuales.

En estos sistemas se pueden realizar distintas combinaciones de las lagunas en función de sus características del agua a tratar, de las exigencias del efluente y de la disponibilidad de terreno, básicamente, Para agua residual de origen doméstico o equivalente, los sistemas más adecuados son:

- a) Facultativa + Aerobia
- b) Facultativa + Facultativa + Aerobia
- c) Anaerobia + Facultativa + Aerobia
- d) Anaerobia + Facultativa + Maduración
- e) Facultativa + Facultativa + Maduración

Estas combinaciones no son las que básicamente se tienen que aplicar para un sistema de tratamiento de aguas residuales, sino que son una referencia de las distintas combinaciones que se pueden dar en este sistema. Como ejemplo podemos ver la combinación utilizada en este proyecto la cual es una laguna facultativa con una laguna de maduración.

### **1.4.1 Etapas de los procesos**

Las etapas según (Cortes, Treviño, Tomasini, 2017) son las siguientes:

#### 0) Pre tratamiento

Es el primer proceso realizado de acondicionamiento de las aguas. Este proceso busca acondicionar el agua residual para facilitar posteriormente los tratamientos propiamente dichos, y preservar así la instalación de erosiones y taponamientos.

El pre tratamiento incluye equipos tales como rejas y tamices, desarenador y desengrasadores. En una estación depuradora se suelen seguir el proceso de tratamiento con el tratamiento primario en decantadores, en los que se hace decantar por gravedad las partículas en suspensión presentes en las aguas.

#### 1) Primarias

Se denominan así debido a que reciben el agua residual cruda y pueden ser lagunas facultativas o anaerobias. El proceso principal del tratamiento primario es la decantación, fenómeno provocado por la fuerza de gravedad que hace que las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separen sedimentándose. Normalmente, en decantadores denominados dinámicos, los fangos son arrastrados periódicamente hasta unas purgas mediante unos puentes móviles con unas rasquetas que recorren el fondo. En los denominados decantadores circulares, inmensos, el agua entra por el centro y sale por la periferia, mientras que los fangos son arrastrados hacia un pozo de bombeo de donde son eliminados por purgas periódicas.

El tratamiento primario permite eliminar en un agua residual urbana aproximadamente el 90% de las materias decantables y el 65% de las materias en suspensión. Se consigue también una disminución de la DBO de alrededor del 35%.

• **Sistema Facultativa primaria**

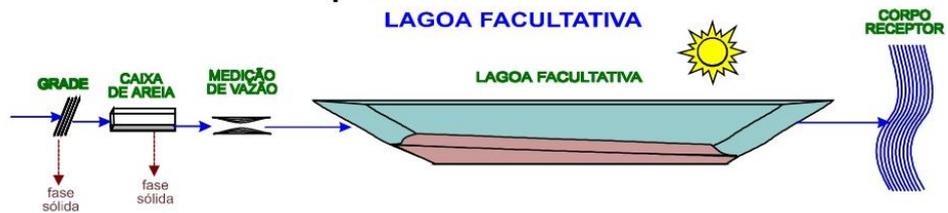


Figura #4. Tratamiento primario con laguna facultativa.

2) Secundarias.

En este proceso la laguna está diseñado para degradar sustancialmente el contenido biológico del agua residual. Los más usuales son: el proceso denominado fangos activos que es un aspecto en el tratamiento de aguas residuales lo constituye la manipulación y el destino final de los lodos producidos en los tratamientos biológicos pueden provenir de sedimentadores, estos lodos están constituidos fundamentalmente de materia orgánica, con una fracción volátil y el denominado de lechos bacterianos o percoladores que es un sistema de depuración biológico aerobio cuyo funcionamiento se basa en hacer circular, a través de un medio poroso, aire y agua residual (Contreras Olvera & Villa Manosalvas, 2016).

El tratamiento secundario incluye una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos para realizar la eliminación de contaminantes, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes (Contreras Olvera & Villa Manosalvas, 2016).

Existen otros procesos de depuración aerobia de aguas residuales empleados principalmente en pequeñas poblaciones: sistema de lagunaje, filtros verdes, lechos de turba o con tractores biológicos rotativos. Son las llamadas tecnologías blandas, pero nosotros nos vamos a centrar en los dos primeros.

• **Sistema Laguna anaerobia + facultativa**



Figura # 5. Tratamiento secundario incluyendo laguna anaeróbica

### 3) Terciario

Este tratamiento nos muestra una última etapa para mejorar la calidad del efluente al estándar antes de que este sea descargado al ambiente receptor. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, entre los procesos más importantes terciarios tenemos: filtración de arena, lagunaje, humedales artificiales, remoción de nutrientes y desinfección.

Es el procedimiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales, pero no ha sido ampliamente adoptado por ser muy caro. El agua residual que recibe un tratamiento terciario adecuado no permite un desarrollo microbiano considerable.

#### ▪ Sistema laguna Anaerobia + facultativa + maduración

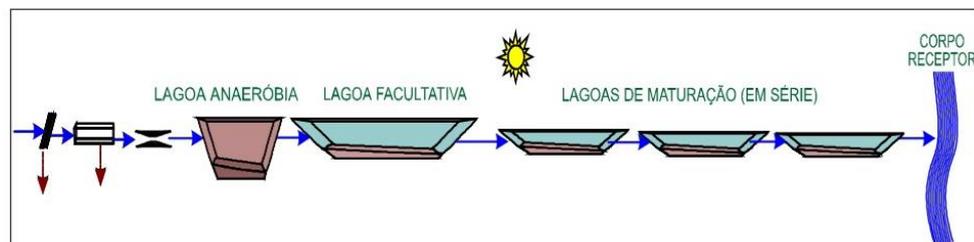


Figura # 6. Tratamiento terciario incluyendo lagunas de maduración.

## 1.5 Parámetros de calidad de aguas servidas.

La manera más fácil y práctica de estimar la calidad de las aguas servidas consiste en la definición de índices de determinados parámetros como:

### 1.5.1 Parámetros físicos

No son índices absolutos de contaminación. Los parámetros físicos más importantes son:

#### Temperatura

La temperatura se relaciona con la radiación solar y afecta tanto a la velocidad de la fotosíntesis como el metabolismo de las bacterias responsables de la depuración. Esos fenómenos son retardados por las bajas temperaturas por eso el diseño debe hacerse con las condiciones de temperatura más adversas (Ortiz Bardales, 2014; Contreras Olvera & Villa Manosalvas, 2016).

Este factor es el más importante para la laguna de maduración debido a la velocidad de desaparición de microorganismos patógenos. A mayor velocidad de eliminación de patógenos mayor será la temperatura. Por lo tanto, la eficiencia en la reducción de patógenos es máxima durante los meses de verano.

## SS (Sólidos Suspendidos)

Este término se refiere a partículas que pueden ser visibles, agregar turbidez y filtrarse. Comúnmente, la cantidad de sólidos suspendidos entregados a las aguas residuales domésticas se estima en alrededor de 0.2 a 0.22 lbs/día/cápita. Es la fracción de sólidos presentes en agua como material disuelto. En el laboratorio se distinguen de los disueltos por medio de la filtración. Los sólidos suspendidos comprenden a los sedimentables, flotantes y no sedimentables (coloidales). Pueden contener sustancias orgánicas o inertes. La turbidez en el agua es causada por una gran variedad de sólidos suspendidos, los cuales, según su tamaño, pueden ser partículas coloidales o dispersiones gruesas, dependiendo de la turbulencia y de las características ópticas del material suspendido. Los sólidos suspendidos son de especial significado desde el punto de vista estético. Las aguas naturales contienen cantidades muy variables de sólidos suspendidos (Ramos, Sepúlveda, Villalobos, 2002).

### 1.5.2 Parámetros químicos

Son los más importantes para definir la calidad del agua. La prospección debe comprender la determinación de los siguientes parámetros:

#### DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra, se expresa en mg/l (García Ruesta, 2008).

Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO<sub>5</sub>. Según las reglamentaciones, se fijan valores de D.B.O. máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua. De acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo. (García Ruesta, 2008).

#### DQO (Demanda Química de Oxígeno)

Es la cantidad de materia químicamente oxidable. La correlación entre DQO: DBO<sub>5</sub> es la biodegradabilidad del desagüe. La DQO no siempre guarda relación con la DBO, aunque generalmente es mayor. Por ejemplo, los desechos de la industria del papel contienen valores muy superiores de DQO, ya que la celulosa (compuesto orgánico) es muy poco biodegradable. En los desechos de las refinerías puede suceder lo contrario, a menos que se modifique la DQO para impedir la pérdida de los compuestos volátiles. (Jiménez E, 2001). Como, por ejemplo: las aguas procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.

## Grasas y aceites

Estos tipos de materiales son el tercer grupo de mayor importancia en las aguas residuales. El término "grasas" comúnmente utilizado incluye sebo, aceites y ceras, así como otros constituyentes que puedan ser determinados por extracción con triclorotrifluoroetano. Estos tipos de contaminantes orgánicos son de los más estables a la descomposición por bacterias. Generalmente su presencia en el agua es debida a actividades humanas. Ocasionan grandes problemas en los sistemas de recolección y tratamiento, pues afectan también la actividad biológica en aguas superficiales, ya que se mantienen en flotación junto a una gran cantidad de residuos sólidos formando emulsiones que impiden el intercambio de gases en la superficie del agua (Ramos R, Sepúlveda R, Villalobos F, 2002).

## Oxígeno Disuelto

Casi todos los organismos vivientes dependen del oxígeno en una forma u otra para realizar sus procesos metabólicos, del cual obtienen la energía necesaria para su crecimiento y reproducción. El oxígeno se encuentra disuelto en agua, debido a la presión del vapor saturado y la temperatura a la que se encuentra el agua. Una vez disuelto en el agua, el oxígeno se difunde lentamente y su distribución depende del movimiento de agua aireada. A la temperatura de 0°C el punto de saturación del oxígeno es de 14 ppm. Cuando la concentración del oxígeno disminuye a menos del punto de saturación, se disuelve más aire (Ortega K, 2018). La concentración saludable y el estándar de calidad típica de O<sub>2</sub> es de 3 a 5 mg/l en agua dulce de río, el oxígeno disuelto no deberá bajar de 80% de saturación (Ramos R, Sepúlveda R, Villalobos F, 2002).

Por eso el oxígeno disuelto es importante sobre todo de choque del paso entre lagunas facultativas con concentraciones bajas o moderadas de oxígeno a laguna de maduración con concentraciones elevadas, da lugar a un aumento en la velocidad de eliminación de patógenos (Kott, 1982).

## Ph

Para el valor de Ph se lo determina por la actividad fotosintética del fitoplancton y la degradación de la materia orgánica producto de las bacterias. El pH de las lagunas presenta variaciones durante el día y el año. Cuanto mayor es la intensidad luminosa, los valores del pH son más altos. Estas variaciones diarias son muy marcadas en verano, cuando pueden alcanzarse valores de pH en torno a 9 o mayores, partiendo de valores de 7-7.5, al final de la noche (Rolim, 2000).

En las lagunas de maduración la eliminación de patógenos aumenta con el pH de la laguna. La actividad fitoplancton da lugar a un aumento de pH, mientras que la actividad metabólica de las bacterias genera CO<sub>2</sub> que provoca un descenso en el pH.

### **1.5.3 Parámetros bacteriológicos**

Se refiere a la presencia de microorganismos patógenos de diferentes tipos: bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. Los parámetros bacteriológicos más comunes son:

## Coliformes fecales

Los coliformes fecales o termo tolerantes son aquellos coliformes que fermentan la lactosa entre 44,5°C – 45,5°C. Es el microorganismo cuyo hallazgo indica el más alto grado de certeza de contaminación fecal en el agua. En la práctica puede ser necesario diferenciar si esta contaminación fecal es de origen humano o animal, por las implicancias sanitarias que tiene.

En agua potable se tolera que hasta un 10% de las muestras tomadas en el mes presenten coliformes, sin embargo, solo el 5% de las muestras pueden tener 5 o más coliformes (Burchard L,2014)

## Coliformes Totales

Los coliformes totales grupos de bacterias aerobias y anaerobias facultativas, se usan para evaluar moluscos bivalvos frescos en los que se permite un máximo de UFC/GR.

## **1.6 Norma del Texto Unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA): calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso de agua dulce.**

### **1.6.1 Descarga de efluentes al recurso de agua dulce.**

Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

Los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, frías o cálidas.

### **1.6.2 Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.**

Se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe: Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales. Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto primario se presentan a continuación.

## **1.7 Impacto ambiental generado por las lagunas de oxidación.**

El estudio de impacto ambiental es un análisis de la afectación que pueda generar la construcción de una obra, una industria o una operación de procesos, cada proyecto que se desarrolla este compuesto de diferentes etapas dentro de las cuales se deben analizar y prever todos los posibles escenarios que podrían generar afectación al ambiente.

Estos diferentes escenarios se identifican dependiendo de las actividades desarrolladas en cada proyecto, en el caso en particular las operaciones unitarias que se generan en las plantas de tratamiento de aguas servidas, para la ciudad de Palestina es el caso de

las lagunas de oxidación, se analizan los impactos ambientales que se puedan generar en la operación y funcionamiento de estas lagunas y su afectación al entorno social y físico.

Se identifican los potenciales impactos que genera cada proceso unitario de tratamiento, indicando las actividades que provocarían dichos impactos en función de sus componentes ambientales potencialmente afectados, siendo estos los siguientes:

a) Medio físico

Afecta a los siguientes factores: Clima, olores, gases, suelo y agua.

b) Medio Biótico

Afecta a los siguientes factores: Flora y fauna.

c) Medio socioeconómico

Afecta a los siguientes tópicos: población y demografía, servicios sociales como salud, educación, vivienda, recreación y cultura; infraestructura, bienestar y aspectos estéticos.

### **1.7.1 Procedimiento de estudio de impacto ambiental**

Para la ejecución de este trabajo se aplicará la ficha de registro ambiental proporcionado por el SUIA (Sistema único de impacto ambiental) a utilizarse para la operación y funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

### **1.7.2 Mitigación de impacto ambiental**

El impacto ambiental se pretende reducir al mínimo las intrusiones humanas en los diversos ecosistemas, elevar al máximo las posibilidades de supervivencia de todas las formas de vida, por muy pequeñas e insignificantes que resulten desde nuestro punto de vista, y no por una especie de magnanimidad, por reconocer que no se sabe realmente lo que la pérdida de cualquier especie viviente puede significar para el equilibrio ecológico.

Es evidente la necesidad de preservar el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas y que mantienen cercanía absoluta con las lagunas de oxidación, cuya finalidad es evitar procesos de contaminación en los suelos y niveles freáticos que deriven el colapso de las mismas.

## CAPÍTULO 2

### 2. Descripción

#### 2.1 Ubicación

Palestina es uno de los cantones de la provincia del Guayas. Su cabecera cantonal es la ciudad de Palestina, la cual es sede administrativa del cantón donde se concentra la parte urbana del cantón. Sus límites son: al norte con el cantón Colimes, al sur con el cantón Santa Lucía, al este con la provincia de Los Ríos y al oeste con el cantón Salitre.

El territorio que ocupa se extiende en un área de 200 km<sup>2</sup>. Se encuentra ubicada en la región centro occidental a unos 75 km de la capital de la provincia (Contreras Olvera & Villa Manosalvas, 2016).

Tabla 3. ubicación geográfica del sistema de tratamiento



Ubicación Geográfica	
Sistema de Coordenadas WGS84	1°37'34.68" S
	79°58'37.2" W
Sistema de Coordenadas UTM	9820216
	613795 17M

Figura # 7 Ubicación de Palestina en el mapa de la provincia del Guayas.

#### 2.2 Historia

Palestina antes de ser cantón perteneció a Daule y en el año de 1986 recibió la solicitud de cantonización, pero solo años después enviarían la ley de cantonización al presidente de la República de aquel entonces, el Ing. León Febres Cordero quien firmó el ejecutivo el 25 de julio de 1988 día en el cual la comunidad de Palestina celebra su cantonización.

La ciudad y el cantón Palestina, al igual que las demás localidades del Ecuador, se rige por una municipalidad. La alcaldía de Palestina es una entidad de gobierno seccional que administra el cantón de forma autónoma al gobierno central. La municipalidad está organizada por la separación de poderes de carácter ejecutivo representado por el alcalde, y otro de carácter legislativo conformado por los miembros del consejo.

## 2.3 Población

Su población según INEC – censo 2010

<b>Cantón Palestina – Censo 2010</b>	<b>Población (hab.)</b>	<b>%</b>
Población Urbana	8809	52.80
Población Rural	7875	47.20
<i>Población Total=</i>	<i>16684</i>	<i>100</i>

Tabla 4 Población del cantón Palestina, censo 2010

Según la información del INEC-censo de población 2010 la ciudad de Palestina constaba en su área urbana con 8809 habitantes. Según la fórmula de crecimiento geométrico aplicado para la proyección al 2021 con una tasa de crecimiento poblacional del 1.58% es de 10467 habitantes que, comparados con los datos proporcionados por el Gad del cantón de Palestina, menciona que la población de Palestina esta alrededor de unos 10,000 habitantes, coincide con la población proyectada hasta la actualidad.

## 2.4 Características Generales

### 2.4.1 Clima

El cantón Palestina, cuenta con un clima tropical con una temperatura mínima de 22°C y una máxima de 32°C con un promedio anual de 23 a 25°C grados, vientos de 6 km/h, humedad del 82% y una precipitación promedio de 1.000 a 1.500 mm durante los meses de diciembre a mayo.

### 2.4.2 Hidrografía

El rio Daule fluye por el noroeste con respecto a su cabecera cantonal. Con un ancho de 150 m y 400 m. Al este de la cabecera cantonal se encuentran los ríos Macul y Pula, como límite con la provincia de Los Ríos. Cuenta también con esteros, entre ellos el más importante es el Lagarto.

### 2.4.3 Desarrollo económico

Los habitantes del cantón se dedican especialmente a la agricultura y ganadería. Hay varias piladoras de arroz, fábricas de quesos y derivados de la leche. La producción como mango, maíz, algodón y criaderos de langostas se las cultiva en las partes con altitudes medias del cantón.

### 2.4.4 Topografía

El terreno del sector es plano, no hay elevaciones de importancia. Su altitud media es de 9 metros sobre el nivel del mar.

### 2.4.5 Transporte

Las vías principales de acceso están asfaltadas en buenas condiciones, las siguientes cooperativas tienen como destino el cantón: Rutas Balzareñas, Vinceñas, Empalmeñas, Sucre, FIFA, TIA, el viaje dura una hora y cuarenta minutos desde Guayaquil.

## 2.5 Servicios Básicos

La ciudad de Palestina cuenta con servicios básicos tales como: abastecimiento de agua potable, red de alcantarillado sanitario y recolección de residuos sólidos urbanos.

### 2.5.1 Agua potable

La ciudad de Palestina según el municipio de dicho cantón se abastece de agua para consumo mediante un pozo profundo con una bomba sumergible, y con un pretratamiento de clorificación, luego es distribuida a través de red pública con servicio continuo. Los porcentajes de cobertura del servicio de agua son los siguientes: el 54% de la población está conectado a la red pública, 41% se abastece de pozos propios hechos artesanalmente, el 4% la recolecta agua del río Daule y el 1% se abastece de tanqueros enviados por el GAD. Este servicio va hacer rediseñado para que el 70% de la población de Palestina esté conectado a la red pública. La tarifa de AAPP es en promedio de 2 dólares mensuales.

### 2.5.2 Aguas servidas

El 70% de la población de la cabecera cantonal de Palestina cuenta con redes de alcantarillado sanitario. El 25% descargan sus aguas servidas a pozos sépticos fabricados artesanalmente. El 4.89% utilizan letrinas y el 0.11% están conectados a pozo ciego.

### 2.5.3 Tratamiento de aguas servidas

Las aguas servidas de Palestina son recolectadas y llevadas por su alcantarillado sanitario hasta la estación de bombeo, para luego ser enviadas hasta la planta de tratamiento formadas por lagunas de Oxidación que a su vez están compuestos por un sistema de: laguna facultativa y laguna de maduración. Las aguas servidas tratadas de este sistema descargan directamente sobre el río Daule, el cual está ubicado a 8 metros de la planta de tratamiento.

El sistema de lagunas de oxidación dista con respecto al límite urbano de la cabecera cantonal, 700 metros aproximadamente.

La estación de bombeo se encuentra dentro de la cabecera cantonal de Palestina y consta de una bomba con sus correspondientes pozos de bombeo, tuberías de succión y descarga. Con la finalidad de proporcionar la energía suficiente para poder transportar las aguas servidas hasta la planta de tratamiento.

Las características de esta bomba son las siguientes mostradas en la tabla:

<b>Datos del equipo en la Estación de Bombeo</b>	
Tipo bomba	Sumergible 7.5 HP
Caudal promedio	700 GPM - 160 m <sup>3</sup> /h
Tiempo vaciado diario	2 horas
Caudal promedio AASS por día	320 m <sup>3</sup>

Tabla 5. Datos técnicos de la bomba.

La bomba según el municipio posee un horario de encendido y apagado establecido, este horario es en la mañana de 9:00 a 11:00 am y en la tarde es de 3:00 a 5:00 pm.

#### **2.5.4 Aguas Lluvias**

Las aguas lluvias de Palestina tiene una cobertura actual según el Gad de Palestina del 100%. de las tuberías para aguas lluvias que están separadas de las demás tuberías de aguas servidas.

#### **2.5.5 Desechos Sólidos**

En cuanto a la eliminación de los residuos sólidos urbanos según el Gad de Palestina, 60% de los desechos de la población son llevadas por el carro recolector hasta el botadero más cercano ubicado en el cantón Palenque provincia de Los Ríos, debido a que el botadero de Palestina esta clausurado por no cumplir con el cierre técnico. El 1% de estos residuos son arrojados en terrenos vacíos, el 38.62% son quemados, el 0.38% la arrojan al río, acequia o canal.

#### **2.5.6 Educación**

El cantón Palestina para la educación de la población urbana y rural cuenta con 6 establecimientos educativos tanto escuelas como colegio y una extensión universitaria que al momento se encuentra inhabilitada. Entre las escuelas fiscales mixtas tenemos: Luis Alberto Suastegui, Rosa Borja de Icaza, Nueva Palestina, Clara Prado Olvera y Unidad Educativa San Bartolomé con sus niveles educativos básica Elemental y básica Media. También en estudios básicas superior se tiene el colegio fiscal Palestina.

Según el Gad cantón Palestina cuenta con 6 establecimientos educativos mismo mencionados por el censo 2010, con una extensión universitaria que actualmente no está funcionando.

## CAPÍTULO 3

### 3. Metodología

La investigación se desarrolló bajo la metodología cualitativa y cuantitativa. La cualitativa es principalmente por la observación y descripción de procesos de la planta de tratamiento, para luego proceder a su interpretación, enfocándose así en los aspectos técnicos y ambientales.

Para la cuantificación se realizaron las mediciones en las lagunas, además se cuantificaron los caudales y verificaron los diseños con las mediciones en sitio. También se realizaron los análisis de las pruebas de laboratorio de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos tomando muestras en el sistema y se compararon con los límites permitidos en la normativa ambiental vigente, para el plan de manejo ambiental se identificaron los impactos ambientales y plantearon soluciones para mitigarlos.

#### 3.1 Mediciones de las dimensiones lagunas

Las mediciones de las dimensiones de las lagunas se las realizó el 9 de noviembre del 2020 a las 10:00 am, las cuales fueron tomadas en sitio con cinta. Para cada laguna se obtuvieron los siguientes datos como: ancho, largo y profundidad. La profundidad fue medida con una estaca la cual estaba marcada milimétricamente. Se la introdujo en cada laguna, para obtener la medida de la profundidad más un borde libre.

#### 3.2 Mediciones de caudales

Para determinar el caudal se contabilizó el agua residual afluyente a la laguna facultativa los días 5 de enero y 5 de febrero del 2021, se utilizó el método volumétrico haciendo una medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen ya conocido, tomando el caudal en el ingreso al sistema de tratamiento de aguas residuales.

Este proceso se lo realizó tres veces para obtener resultados más ajustados a la realidad los cuales se los muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Mediciones en campo del caudal de ingreso al sistema, día 5 de enero.

Número de veces	Tiempo (seg)	Volumen (lts)
1	2,57	20
2	2,43	20
3	2,09	20

Tabla 6 Mediciones en campo del caudal de ingreso al sistema, día 5 de febrero.

#### 3.3 Verificación de diseño

Para la verificación de las medidas a partir de los datos de los caudales y de la población, para ambas lagunas calculamos sus medidas por el método de flujo disperso de Yánez. Para la laguna facultativa, obtenemos los siguientes datos: carga superficial

de diseño, área de la laguna, volumen de la laguna y las dimensiones como el largo y el ancho.

En cambio, para la laguna de maduración, obtenemos los siguientes datos: se analiza por tanto un tiempo de retención hidráulico, es decir, se propone un tiempo de retención hidráulico y se revisa la concentración de los coliformes fecales en el efluente: éstos deben ser menor de 1000 NMP/100mL, para luego calcular un área y volumen y finalmente las dimensiones de largo y ancho. Con estos datos calculados se obtuvieron las medidas de diseño que luego fueron comparados con los tomados con cintas en sitio.



Figura # 8 Vista en Plantas de las lagunas de Oxidación de Palestina



Figura # 9 Esquema y vista en perfil del sistema de tratamiento de aguas residuales

### **3.4 Pruebas de Laboratorio**

Se realizaron recorridos técnicos en el sistema de tratamiento los días 21 y 22 de diciembre del 2020 para identificar los puntos de toma de muestra. El día 23 de diciembre del 2020 a las 9:00 am se realizó la toma de la muestra, en el afluente muy cercana a la tubería de descarga a la laguna facultativa antes de que entre en contacto con el agua de la laguna y en la tubería de descarga al río Daule, antes de que entre en contacto con el río.

Para la toma de estas muestras se utilizó 1 recipiente de 1 galón para cada muestra tomada para los parámetros: sólidos totales, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y DBO. También para el parámetro de coliformes fecales se utilizó 1 recipiente esterilizado para cada muestra de 100 ml. La toma de temperatura se la realizó minutos antes de comenzar el muestreo, con un termómetro para piscina colocado en la laguna facultativa.

Luego las muestras fueron trasladadas desde el sistema de tratamiento de aguas residuales de Palestina hasta los laboratorios de "Elicrom" en la ciudad de Guayaquil para su respectivo análisis.

### **3.5 Evaluación de Impactos ambientales**

Los impactos ambientales que son generados por las descargas de las aguas servidas y sus descargas al río Daule fueron identificados, analizados y caracterizados.

Para el análisis de los principales impactos y plan de manejo ambiental, se utilizó el formulario de registro ambiental que fue obtenido de la página del Ministerio del Ambiente (SUIA).

Para el cumplimiento legal de la determinación y análisis de impactos ambientales por la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas el Ministerio del Ambiente solicita la presentación del registro Ambiental indicado anteriormente.

El registro Ambiental del SUIA contiene:

1. Información del proyecto
2. Datos generales
3. Marco legal referencial
4. Descripción del proceso
5. Descripción del área de implantación
6. Principales impactos ambientales
7. Plan de manejo ambiental (PMA)
8. Inventario forestal

## CAPÍTULO 4

### 4. Análisis de resultados

#### 4.1 Mediciones de las dimensiones lagunas

De las mediciones en sitio de las dimensiones y de los cálculos matemáticos de las lagunas se obtuvieron los siguientes resultados:

##### 4.1.1 Mediciones en sitio

Las dimensiones mostradas en este cuadro son las obtenidas con cinta en el sitio de las lagunas de oxidación.

Definiciones de medidas	Laguna Facultativa	Laguna de Maduración
Largo	33 m	45 m
Ancho	24 m	23 m
Profundidad	2.4 m	1.5 m

Tabla 7. Mediciones en sitio con cinta de las dimensiones de las lagunas.

#### 4.2 Mediciones de Caudales

Para las mediciones de caudales se tomaron diferentes tiempos y volúmenes, para luego sacar un promedio de ambos y obtener el caudal promedio que será el caudal que está ingresando al sistema de tratamiento de aguas servidas.

Número de veces	Tiempo (seg)	Volumen (lts)
1	4,44	21
2	3,32	21
3	3,41	20
Promedio	3,72	20,66

Número de veces	Tiempo (seg)	Volumen (lts)
1	2,57	20
2	2,43	20
3	2,09	20
Promedio	2,36	20

Tabla 8 Método volumétrico para obtener el caudal de ingreso al sistema.

$$T(\text{seg}) = 3,04 \text{ seg}$$

$$V (\text{lts}) = 20,33 \text{ lts}$$

$$Q_{\text{prom}} = \frac{V}{T} = 6,68 \text{ lts/seg} = 577,3 \text{ m}^3/\text{día}$$

### 4.3 Verificación de Diseño

#### 4.3.1 Población

Para esta verificación de diseño proyectamos la población en la actualidad (2021) hasta los 20 años de vida útil del sistema.

$$P_{\text{actual}} = 10467 \text{ habitantes (2021)}$$

$$P_{\text{futura}} = 10467 \left(1 + \left(\frac{1.58}{100}\right)\right)^{2021-2041}$$

$$P_{\text{futura}} = 14322 \text{ habitantes (2041)}$$

Para el presente estudio considerando que la cobertura del alcantarillado sanitario es del 70%, se trabaja con 10026 habitantes.

#### 4.3.2 Caudal de diseño

La dotación para el cálculo del caudal que se utilizó para el diseño de las lagunas es de 151 l/hab\*día, esta dotación es el promedio ponderado de la situación de Palestina respecto al servicio público de agua potable.

Se considero una dotación de 160 l/hab\*día para el 54% de la población que tiene redes de agua potable, y una dotación de 70 l/hab\*día para el 16% de la población que se abastece por otras fuentes de agua, sean estas pozos profundos propios artesanales o tanqueros.

$$Q = 10026 \text{ hab} \times 151 \frac{\text{lts}}{\text{hab} \times \text{día}}$$

$$Q = 1513,92 \frac{\text{lts}}{\text{día}}$$

$$Q_{\text{md}} = 0.8 \times 1513926 \frac{\text{lts}}{\text{día}}$$

$$Q_{\text{md}} = 1211140,6 \frac{\text{lts}}{\text{día}}$$

Factor de mayoración

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{10.026}} = 2,95$$

$$Q_{\text{max\_h}} = 1211140,6 \frac{\text{lts}}{\text{día}} \times 2,95 = 3572865,32 \frac{\text{lts}}{\text{día}}$$

$$Q_{\text{infl}} = 0.1 \times 130 \text{ Ha} = 13 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

$$Q_{\text{ec}} = 0.2 \times 130 \text{ Ha} = 26 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 80 \frac{\text{lts}}{\text{seg}}$$

#### 4.4 Dimensionamiento lagunares

##### Laguna Facultativa

- a) Carga orgánica superficial

$$\lambda_s = 357(1.085)^{T-20} \quad (\text{Iván Yáñez})$$

$$\lambda_s = 357(1.085)^{22-20}$$

$$\lambda_s = 420,26 \frac{\text{kg} \cdot \text{DBO}}{\text{Ha} \cdot \text{Día}}$$

Donde:

$\lambda_s$  = Carga orgánica superficial.

T = temperatura mínima del cantón (°C)

- b) Área de la laguna facultativa

$$A_f = 10 L_i Q_{\text{med}} / \lambda_s$$

$$A_f = \frac{10 (138.75)(6912)}{420,26}$$

$$A_f = 22820,15 \text{ m}^2$$

Donde:

$A_f$  = Área de la laguna facultativa en (m<sup>2</sup>)

$Q_{\text{med}}$  = Caudal en el afluente (m<sup>3</sup> / día)

- c) Volumen de la laguna

$$V = (A) (Z)$$

$$V = (22820) (2.4)$$

$$V = 54768 \text{ m}^3$$

Donde:

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

Z = Profundidad de la laguna, (mts)

$$\text{THR} = \frac{54768}{6912} = 7,9 \text{ días}$$

- d) Dimensionamiento. Relación larga/ancho 1: 3 (para minimizar cortocircuitos). Para determinar el ancho y longitud promedio de la laguna facultativa; aplicar las ecuaciones.

$$B_{prom} = \sqrt{\frac{A}{X}} \qquad L_{prom} = \frac{A_{prom}}{B_{prom}}$$

$$B_{prom} = 87 \text{ m} \qquad L_{prom} = 263 \text{ m}$$

Donde:

$B_{prom}$  = Ancho promedio (mts)

$L_{prom}$  = Longitud promedio (mts)

#### Laguna de Maduración

Tiempo de retención hidráulico. Se analiza por tanteos; es decir, se propone un tiempo de retención hidráulico y se revisa la concentración de los coliformes fecales en el efluente: éstos deben ser menor de 2000 NMP/100 ml según TULSMA.

$$TRH = 1,5 \text{ días} \qquad N = \frac{N_0}{(1+kb t)}$$

$$K_b = 2.6(1.19)^{22-20}$$

$$K_b = 3.68$$

$$N = \frac{13000}{(1+3.68(1,5))} = 2000 \text{ NMP/100 ml}$$

1. Volumen de la laguna.

$$V = (Q_i)(TRH)$$

$$V = (6912) (1,5)$$

$$V = 10368,22 \text{ m}^3$$

2. Área de la laguna

$$A = V/Z$$

$$A = \frac{10368}{1.5} = 6912 \text{ m}^2$$

3. Dimensionamiento. Relación larga/ancho 1: 3 (para minimizar cortocircuitos). Para determinar el ancho y longitud promedio de la laguna facultativa; aplicar las ecuaciones.

$$B_{prom} = \sqrt{\frac{A}{X}} \qquad L_{prom} = \frac{A_{prom}}{B_{prom}}$$

$$B_{prom} = 48 \text{ m} \qquad L_{prom} = 144 \text{ m}$$

Si se considera el diseño con el caudal que actualmente ingresa a la laguna de 577m<sup>3</sup>/día, las dimensiones sería para la facultativa de 24m x 64m y la de maduración sería 23m x 38m.

#### 4.5 Mediciones calculadas

Las medidas mostradas en el siguiente cuadro son obtenidas aplicando las mismas fórmulas para la verificación de diseño, pero con diferentes valores de caudales de diseño: para el ingreso al sistema y mediadas tomadas en sitio de 577,3 m<sup>3</sup>/día, para la población actual de 3199.71 m<sup>3</sup>/día y para la proyección a 20 años de 3965.11 m<sup>3</sup>/día.

Definiciones de las medidas	Medidas tomadas en sitio		Cálculo según medición de caudal al ingreso al sistema		Cálculo con la población actual		Cálculo con proyección a 20 años	
	Laguna facultativa	Laguna de maduración	Laguna facultativa	Laguna de maduración	Laguna facultativa	Laguna de maduración	Laguna Facultativa	Laguna de maduración
Ancho (m)	24	23	24	23	71	38	87	48
Largo (m)	33	45	64	38	213	114	263	144
Profundidad (m)	2.4	1.5	2.4	1.5	2.4	1.5	2.4	1.5

Tabla 9 Medidas calculadas de las lagunas.

#### 4.6 Cálculo de áreas, tiempo de retención y volumen

Con el resultado de los diferentes caudales de diseño, se realizarán los cálculos del área y tiempo de retención de las lagunas.

Definiciones de las medidas	Medidas tomadas en sitio		Cálculo según medición de caudal al ingreso al sistema		Cálculo con la población actual		Cálculo con proyección a 20 años	
	Laguna facultativa	Laguna de maduración	Laguna facultativa	Laguna de maduración	Laguna facultativa	Laguna de maduración	Laguna facultativa	Laguna de maduración
Área (m <sup>2</sup> )	792	1035	1536	874	15123	4332	22881	6912
Volumen (m <sup>3</sup> )	1900.8	1552.5	3686	1311	36295	6498	54914	10368
Tiempo de retención (Días)	3,3	1,5	7,5	1,5	8	1,5	7,9	1,5

Tabla 10 Medidas calculadas de área, volumen y tiempo de retención de las lagunas.

## 4.7 Pruebas de Laboratorio

Las pruebas tomadas el día 23 de diciembre del 2020 a las 9:00 am fueron analizadas en el laboratorio "ELICROM", quien nos dio los siguientes resultados:

No.	Parámetros	Valores en el afluente	Valores en el efluente	Según TULSMA tabla 9	Observaciones
1	DBO	138.75 mg/l	31.5 mg/l	100 mg/l	Sí cumple
2	Sólidos suspendidos totales	779 mg/l	62 mg/l	130 mg/l	Sí cumple
3	Sólidos totales	1403 mg/l	805 mg/l	1000 mg/l	Sí cumple
4	Coliforme Fecales	1,30E+04	2,00E+03	2,00E+03	Sí cumple
5	Aceites y Grasas	6,5 mg/l	6,5 mg/l	30 mg/l	Sí cumple

Tabla 11 Resultados de las pruebas de laboratorio y verificación con la norma.

Los datos mostrados en esta tabla se comparan con la norma actual vigente del texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente que en su tabla 9 menciona a las descargas en efluentes de agua dulce. Todos los valores analizados cumplen la normativa vigente.

Cabe indicar que el valor de DBO que ingresa a la planta de tratamiento (138,75 mg/l) está por debajo de un valor promedio típico de un agua residual domestica que es de 225 mg/l, así como el valor de los coliformes fecales que ingresa a la PTAR es de  $1,3 \cdot 10^4$  NMP/100ml; mientras que un valor típico de coliformes fecales es de promedio  $1 \cdot 10^6$  NMP/100ml; no así con los valores de sólidos suspendidos y sólidos totales que están por encima del promedio de un agua residual domestica cruda que según literatura están alrededor de 300 mg/l y 800 mg/l, respectivamente.

También en la siguiente tabla podemos observar los resultados obtenidos de los mismos parámetros comparando su eficiencia de remoción.

No.	Parámetros	Valores en el afluente	Valores en el efluente	Eficiencia de Remoción
1	DBO	138,75 mg/l	31,5 mg/l	77%
2	Sólidos suspendidos totales	779 mg/l	62 mg/l	92%
3	Sólidos totales	1403 mg/l	805 mg/l	43%
4	Coliformes Fecales	1,30E+04	2,00E+03	84%
5	Aceites y Grasas	6,5 mg/l	6,5 mg/l	0%

Tabla 12 Eficiencias de remoción en el sistema de tratamiento.

Para el cálculo de la eficiencia de remoción utilizamos la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{afluente} - \text{efluente}}{\text{afluente}} \times 100\%$$

En la tabla 12 se observan las eficiencias de remoción de los diferentes parámetros analizados, obteniendo buenos resultados en DBO y en sólidos suspendidos, con un valor de 77 y 92% respectivamente. Para los valores de sólidos totales la eficiencia baja a un 43%. La tabla también muestra que para los valores de aceites y grasas no hay remoción, ya que se tiene una eficiencia del 0%, a pesar de esta eficiencia si cumple con la normativa ambiental.

#### 4.8 Datos históricos

Según el informe del diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas otorgado por el Gad municipal de Palestina, muestra sus resultados de las pruebas que fueron analizadas por el laboratorio Ambiental "Grupo Químico Marcos", en la siguiente tabla:

Parámetros	Unidad	Resultado		Según TULSMA tabla 9	Observaciones
		Afluente	Efluente		
DQO	mgO <sub>2</sub> /l	507,86	316,72	200	No cumple
DBO	mgO <sub>2</sub> /l	162,90	123,60	100	No cumple
SST	mg/l	<6	33	130	Si cumple
Nitrógeno	mg/l	22	15,3	30	Si cumple
Fósforo	mg/l	3,16	4,65	10	Si cumple
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>4839,4	>4839,4	2000	No cumple

Tabla 13: Resultados de las pruebas de laboratorio "Grupo Químico Marcos"

Cabe indicar que estos parámetros fueron monitoreados en los primeros meses de operación de la planta, se observa que no cumple la normativa en DBO y DQO. Y no porque tenga un porcentaje de remoción, sino porque los valores del agua cruda son inferiores a la norma que cumple en SST, Nitrógeno y fosforo. Estos valores no fueron considerados en el análisis por ser datos históricos de más de 2 años de ser realizados. Pero nos indica que a pesar de que los resultados de diciembre 2020 cumplen la normativa, se debe seguir monitoreando la planta para verificar el cumplimiento en diferentes épocas del año.

## 4.9 Evaluación de impactos ambientales

### 1. Impacto a la flora y fauna

Este impacto se debe a la afectación que pueden generar las aguas residuales crudas y tratadas sobre la flora y fauna.

Puede haber infiltraciones de aguas servidas y afectan a la microflora y microfauna del suelo, puede haber descargas de aguas servidas tratadas al río, con cierto grado de contaminación que afecta a la microflora y microfauna del río.

En actividades de mantenimiento de las lagunas, se retiran de ellas sólidos flotantes, grasas y biomasa sea por plantas acuáticas flotantes que, en las actividades de mantenimiento son retiradas y son colocadas en ocasiones en los bordes de las lagunas para que la energía solar retire la humedad y reduzca el volumen de estos sólidos, los que podría también afectar a la flora y fauna.

También se realizan actividades de limpieza, poda de maleza y cierta vegetación.

### 2. Impacto social

Se produce ya que al no estar el 100% de la población conectada al sistema de tratamiento de aguas residuales, esta genera que la población que no está conectada al sistema tenga que construir sus propios sistemas para evacuar las aguas residuales de sus hogares, pero sin tener en cuenta las medidas de seguridad tanto del entorno en el que vive como el de su comunidad causando malos olores y derramamiento del agua por la poca capacidad del sistema.

En el entorno cercano a la PTAR no hay viviendas por lo que directamente la planta no genera afectación social.

### 3. Impactos a la calidad del aire

Generación de malos olores: esto se produce debido al proceso de oxidación de la materia orgánica por acción bacteriana en el instante de que el agua cruda ingresa a la laguna facultativa y actuando sobre la materia orgánica, dando origen a la putrefacción y gases mal olientes.

Ruido generado por la bomba: esto es producto de la falta de mantenimiento de la bomba tanto a su sistema eléctrico, como a su parte interna. También se debe tener otra bomba para que al momento de darle mantenimiento o dañarse la principal, otra este trabajando y la evacuación de las aguas sea continuo controlando el flujo.

### 4. Impacto a la calidad del suelo

Infiltración de aguas servidas: se lo determinó con los cálculos realizados del caudal que genera la población y el caudal que llega al sistema, el cual nos indicó que los caudales que genera la población son mayores que el caudal que llega al sistema, es por esto que se pudiera pensar que en alguna parte de la tubería el agua se está infiltrando contaminando así el suelo.

Contaminación al suelo por desechos, sean estos productos de sólidos flotantes o sedimentables en las lagunas, la falta de rejillas como parte de un pretratamiento, puede permitir el ingreso de sólidos de cierto tamaño a la PTAR, unos se depositan en el fondo y otros flotan a la superficie que luego son retirados de la laguna y colocados sobre el suelo; o desechos producto de actividades de mantenimiento del sistema. Si no se retiran estos desechos de las lagunas su descomposición vuelve a contaminar el agua.

#### 5. Impacto a la calidad del agua

Las aguas servidas que se pueden infiltrar en el suelo pueden llegar a contaminar las aguas subterráneas, por lo que se debería también monitorear fuentes cercanas.

En el caso de las descargas de aguas residuales tratadas al río Daule, si bien es cierto cumple con la normativa ambiental para descargar aguas a cuerpos de agua dulce, existe una afectación debido a que la calidad de agua del río es mejor que la calidad de las descargas.

Figura # 8. FORMULARIO DE REGISTRO AMBIENTAL

<b>• DESCRIPCIÓN DE PROCESOS – FASES</b>		
<b>MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>IMPACTOS POTENCIALES</b>
<p>Maquinaria: Volquetas Equipos: Podadora y bomba de succión de lodos. Y herramientas menores: Espátulas, palas Recipientes para almacenamiento de sólidos.  Guantes de caucho.  Manguera con boquilla de salida a presión para limpieza de las instalaciones. Rastrillos</p>	<p>*Retiro y limpieza de maleza. *Retiro de lodos en el fondo de las lagunas. *Desbroce de árboles. *Verificar que en las tuberías y la bomba se encuentre limpio y libre de obstrucciones y en perfectas condiciones * Retirar la espuma que se acumula en la parte superior de la laguna.  Realizar la limpieza de las cajas de revisión existentes en las lagunas al ingreso y salida.</p>	<p>Contaminación de la flora por el desbroce. Contaminación del aire por ruido y malos olores. Contaminación del suelo por material desbrozado, gases de combustión e infiltración de agua servida. Retirar la espuma de la superficie de la laguna para permitir el acceso a la luz solar Contaminación del agua por las descargas de aguas servidas al río Daule. Medio socioeconómico por la afectación al crecimiento y calidad del arroz.</p>

<b>• PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FACTOR</b>	<b>IMPACTO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte de materiales de construcción</li> <li>• Movimiento de maquinaria y equipo</li> <li>• Excavación, relleno y compactación de material granular</li> </ul>	<p>Agua Suelo Aire Humano</p>	<p>Cambios en los patrones de drenaje. Emisiones de material particulado, gases, ruido. Cambios en la calidad del suelo. Salud y seguridad de los trabajadores. Generación de empleo.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retiro y limpieza de maleza.</li> <li>• Retiro de lodos en el fondo de las lagunas</li> </ul>	<p>Humano Suelo Aire</p>	<p>Cambios en la calidad del suelo, vegetación abundante y generación de maleza Generación de malos olores y el humano.</p>
desbroce de árboles.	Fauna	Alteración del paisaje. Alteración con la flora.
Verificar que en las tuberías y en la bomba se encuentre limpio y libre de obstrucciones y en perfectas condiciones	<p>Agua Humano</p>	<p>Salud y seguridad de los operadores. Cambios en la calidad del agua</p>
Retiro de la espuma que se acumula en la parte superior de la laguna	Agua	Permite el acceso a la radiación solar.

<b>• PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b>				
<b>Plan de prevención y mitigación de impactos (PPM)</b>				
Actividad	Responsable	Periodo	Solución	Presu- puesto
<b>Determinación de responsabilidades del técnico para prevenir los problemas operativos.</b>	Proponente	1 y 2 semana de inicio	Revisar toda la información sobre la planta en el manual y procedimientos de operación y realizar capacitación al personal operativo.	0,00
<b>Control de materiales para mantenimiento, reparación y limpieza.</b>	Proponente	1 vez cada semana	Inspección de la planta de tratamiento para detallar en un listado todos los materiales rutinarios que pueden ser requeridos.	0,00
<b>Mitigar los impactos Ambientales causados por: Descargas al rio Filtraciones de Aguas Servidas El ruido Por la generación de malos olores.</b>	Proponente	Las pruebas son 1 vez cada mes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mediciones y pruebas de laboratorios para verificar la contaminación de las descargas.</li> <li>• Realizar un pretratamiento para mitigar las filtraciones.</li> <li>• Mantenimiento mensual de la bomba.</li> </ul>	200
<b>Plan de manejo de desechos (PMD)</b>				
Actividad	Responsable	Periodo	Solución	Presu- puesto
<b>Manejo de residuos sólidos no peligrosos</b>	Proponente	Desde el primer día.	Colocar los tachos metálicos del ingreso al sistema para una buena disposición y un mejor traslado de los desechos.	60,00
<b>Manejo de desechos de desbroce</b>	Proponente	1 vez a la semana se hará el cambio de las bolsas.	Disponer de bolsas o sacos para que el material desbrozado pueda ser trasladado.	40,00
<b>Plan de relaciones comunitarias (PRC)</b>				

Actividad	Responsable	Periodo	Solución	Presupuesto
<b>Información y participación ciudadana</b>	Proponente	1 vez al mes darle mantenimiento al rotulo.	Colocar un rótulo informativo para que la población tenga conocimiento de la ubicación de la planta de tratamiento.	200,00
<b>Plan de contingencias (PC)</b>				
Actividad	Responsable	Periodo	Solución	Presupuesto
<b>Plan de Contingencias</b>  <b>Plan de derramamiento de aguas servidas</b>	Proponente		El personal encargado del sistema debe contar con un Plan de contingencia aprobado por el cuerpo de bombero. Como solución al derramamiento de las aguas servidas podemos colocar un desarenador para que las partículas puedan ser retenidas evitar el taponamiento de las tuberías.	50,00
<b>Plan de comunicación y capacitación (PCC)</b>				
Actividad	Responsable	Periodo	Solución	Presupuesto
<b>Capacitación y entrenamiento ambiental</b>	Proponente	2 veces al mes se tendrá capacitación al personal operativo.	La capacitación del personal operativo debe ser mensual. Entre las capacitaciones tenemos los siguientes temas a tratarse: Plan de contingencias Plan de Mantenimiento Normativas del TULSMA sobre las descargas a cuerpos de agua dulce. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planes de evacuación.</li> <li>• Capacitación sobre las medidas ambientales.</li> </ul>	600,00
<b>Plan de seguridad y salud ocupacional (PSSO)</b>				

Actividad	Responsable	Periodo	Solución	Presu- puesto
<b>Seguridad y Salud ocupacional – Contar con el equipo y material EPP rutinario y de mantenimiento.</b>  <b>Medidas de bioseguridad</b>	Proponente	3 veces a la semana la revisión de los equipos de protección personal.	Equipos de EPP rutinarios como: guantes, tapabocas, protectores auditivos, linternas, botas de seguridad, botiquín de primeros auxilios. También extintores contra incendios, pero teniendo un control de su mantenimiento como revisión anual con cambios de sellos y cargado. Las medidas de bioseguridad como: guantes, mascarillas, gel antibacterial y alcohol.	150,00
<b>Plan de monitoreo y seguimiento (PMS)</b>				
Actividad	Responsable	Periodo	Solución	Presu- puesto
<b>Control Visual periódica a las instalaciones y áreas de trabajo.</b>	Proponente	Dos veces por semana	Mantener un control visual diario para verificar que la planta este en correcto funcionamiento y evitar posible contaminación.	0,00
<b>Pruebas de Laboratorios</b>	Proponente	Una vez cada 2 meses	Realizar pruebas de laboratorios mensuales para evitar las contaminaciones de las descargar al rio. Entre las pruebas de mayor importancia tenemos la DBO y coliforme fecales que son las primeras en ser verificadas, luego tenemos pruebas que pueden ser tomadas anualmente como: Aceites y grasas, DQO, solidos	300,00

			suspendidos, solidos totales, cloruros.	
<b>Plan de rehabilitación (PR)</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Periodo</b>	<b>Solución</b>	<b>Presu- puesto</b>
<b>Reparo de la cobertura de uso de suelo</b>	Proponente		Realizar una evaluación de las áreas que fueron reportadas como afectadas como parte de la construcción de las lagunas, como resultado de la evaluación se determinara la necesidad de realizar o no procesos de rehabilitación.	50,00
<b>Plan de cierre, abandono y entrega del área (PCA)</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Periodo</b>	<b>Solución</b>	<b>Presu- puesto</b>
<b>Planificación para el cierre</b>	Proponente		Se suspenderá el sistema de tratamiento y se procederá a realizar el desmontaje y transporte de equipos y desalojo de material y se realizará la conformación de áreas verdes en el sitio.	0,00
<b>Transporte de desalojo de Materiales</b>	Proponente		Se procederá al transporte de escombros que serán depositados en un lugar autorizado se rellenaran los sitios en los que se ubicaban las lagunas y se realizara la conformación de áreas verdes en el sitio.	200,00

<b>Cronograma del Plan de Manejo Ambiental</b>														
<b>Descripción</b>	<b>Meses</b>												<b>Costo \$</b>	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.	[Barra azul continua de mes 1 a 12]												200	
Plan de Manejo de Desechos.	[Barra azul continua de mes 1 a 12]												200	
Plan de Relaciones Comunitarias	[Barra azul]									[Barra azul]				200
Plan de Contingencias.	[Barra azul continua de mes 1 a 12]												50	
Plan de Comunicación y Capacitación		[Barra azul]					[Barra azul]					[Barra azul]		600
Plan de Seguridad y Salud Ocupacional.	[Barra azul continua de mes 1 a 12]												150	
Plan de Monitoreo y Seguimiento.	[Barra azul continua de mes 1 a 12]												300	
Plan de rehabilitación											[Barra azul]	[Barra azul]	[Barra azul]	50
Plan de cierre, abandono y entrega del área.												[Barra azul]	[Barra azul]	200
<b>Total de Presupuesto</b>														<b>\$ 1950</b>

## **4.10 Plan de Manejo y operación**

Para un excelente mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales se necesita mantener una operación adecuada de la planta, control continuo y mantenimiento

### **4.10.1 Operación adecuada**

Esta operación se refiere a los trabajos que influyen directamente en la eficiencia de la planta de tratamiento. Para este caso no hay mucho que se pueda realizar para afectar directamente la eficiencia. Una buena operación de esta planta de tratamiento de lagunas consiste en la ejecución de varios trabajos como:

- Mantenimiento mensual de la bomba sumergible: cambio de aceite, Verificación de la conexión de voltaje, verificar la existencia de sonidos inusuales.
- Limpieza de la rejilla, por lo menos dos veces al día, con el fin de evitar que este desgaste las instalaciones. También es importante recordar que los trabajadores lleven puesta la ropa adecuada, guantes y botas.
- Limpieza de todo el sistema lagunar durante el control, por lo menos una vez a la semana. Para evitar los taponamientos, retirar la nata, así como plásticos, bolsas, etc. Desde la orilla con un rastrillo.
- Corte de maleza para lograr que la vegetación que existe en el perímetro de las lagunas se mantenga pequeña, así evitar el crecimiento de árboles, ya que sus raíces pueden destruir la membrana de las lagunas y también la estructura de la construcción.
- Retiro de los lodos ya sea a través de una desconexión y un vaciado completo de la laguna o también ubicar en un pequeño bote una bomba, pero este método presenta algunas deficiencias, como desconocer si efectivamente se retiraron todos los lodos.

### **4.10.2 Control continuo**

Para un buen control es necesario una documentación del suceso, la oportunidad de estimar la eficiencia en el futuro. Este control nos ayuda a identificar problemas existentes que no se hubiesen notado. Para conseguir datos que nos ayuden a identificar posibles fallas en la planta es importante medir caudal, sacar muestras y que un laboratorio realice su análisis.

- Medir el caudal al ingreso y a la salida del sistema mediante el método volumétrico que no es un método de exactitud, pero brinda una idea general del volumen que está pasando por la planta de tratamiento.
- Tomar muestras en el efluente y afluente del sistema para su respectivo análisis en laboratorios certificados de los parámetros de calidad de agua residuales entre los más importantes tenemos: Temperatura, ph, coliformes fecales, DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, nitrógeno, fósforo, oxígeno disuelto, conductividad, aceites y grasas. Estos resultados compararlos con los requerimientos medio ambiental y definir si están o no dentro de lo que la ley dictamina.
- Control de la profundidad de las aguas ya que en épocas de lluvias estas pueden llegar a tener un reboce.

## Conclusiones

- La ciudad de Palestina tiene una cobertura de alcantarillado sanitario del 70% cuenta con una estación de bombeo y una planta de tratamiento de aguas servidas compuesta por laguna facultativa y laguna de maduración, no tiene pretratamiento.
- Se tomaron medidas con cinta métrica, en sitio de cada una de las lagunas, la facultativa tiene 33m x 24m y la de maduración tiene 45m x 23 m. Así mismo con una vara métrica se tomó la profundidad de las lagunas, teniendo los siguientes resultados, la laguna facultativa 2,40m y la de maduración 1,50m.
- El caudal cuantificado que ingresa a la laguna facultativa es de  $577,3 \frac{m^3}{día}$  mientras que el caudal calculado a partir del 70% de la población actual es de  $6912,71 \frac{m^3}{día}$ , mayor al caudal que esta ingresando al sistema de tratamiento dando un indicio de que en algún tramo del sistema se puede estar desviando o infiltrando el agua residual cruda.
- De los cálculos se determinó un subdimensionamiento en la laguna facultativa la que actualmente tiene un área de  $792 \text{ m}^2$ , y debería tener para la población actual  $15123,38 \text{ m}^2$  y para la población futura a 20 años debería tener un área de  $22829,28 \text{ m}^2$ .
- También se determinó que existe un subdimensionamiento en la laguna de maduración, la que actualmente presenta un área de  $1035 \text{ m}^2$  mientras que para la población actual se requiere un área de  $4332 \text{ m}^2$  y de  $6912 \text{ m}^2$  para la población futura.
- Siendo el caudal actual calculado 10 veces más que el valor del caudal de ingreso al sistema de tratamiento de aguas servidas, se concluye que la planta de tratamiento no tiene capacidad para tratar las aguas servidas de la población actual de Palestina.
- En cuanto a las pruebas de laboratorio obtuvimos que el agua residual cruda ingresa con  $138,75 \text{ mgDBO}_5/l$  a la laguna facultativa, dejando un efluente final de descarga al cuerpo hídrico de  $31,5 \text{ mgDBO}_5/l$ , dándonos como resultado un buen funcionamiento del sistema, ya que estamos cumpliendo con los límites establecidos por la norma TULSMA para descargas de efluentes en agua dulce.
- De las lagunas se obtuvieron las siguientes eficiencias de remoción en los parámetros: DBO del 77%, Sólidos suspendidos totales del 92%, Sólidos totales del 43%, Aceites y grasas del 0% y Coliforme fecales del 84%. Con estos valores podemos concluir que las eficiencias son buenas.
- Los principales impactos ambientales generados son por las muy probables infiltraciones de aguas servidas en el suelo afectando a la calidad del suelo y de aguas subterráneas.

## Recomendaciones

Las lagunas de oxidación por ser consideradas uno de los sistemas de tratamientos de aguas residuales más elementales que se conocen tanto desde el punto de vista constructivo como operacional se recomienda lo siguiente:

- Realizar análisis de laboratorio periódicamente tanto al afluente y efluente de la laguna facultativa y de la descarga al río de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.
- Revisión de fugas en infiltraciones de las aguas servidas en el alcantarillado sanitario o en la estación de bombeo.
- Construir un pretratamiento que incluya unas rejillas para retener los sólidos gruesos presentes en las aguas servidas y evitar que estos generen taponamientos u otro tipo de problemas en las lagunas facultativas. También incluir una canaleta Parshall o un vertedor para medir el caudal que ingresa desde la estación de bombeo y obtener unos caudales más ajustados a la realidad.
- Aumentar árboles a unos 3 metros de la zona en la parte del ingreso y en el lado derecho del sistema de tratamiento para minimizar los olores producidos por las lagunas, sin afectar el ingreso de los rayos del sol a las lagunas.
- El Gad municipal de Palestina asigne un operador capacitado para que se realice visitas periódicas a la planta para constatar y solucionar mediante su capacidad las diferentes situaciones existentes en el sistema de tratamiento.
- Construcción de un nuevo cerramiento técnico con un rotulo informativo en el sistema de tratamiento para evitar accidentes por el ingreso de personas no autorizadas.
- Desbroce y limpieza periódica de maleza existente en las tuberías de: ingreso al sistema, entre las lagunas facultativa y de maduración y en la descarga al río para evitar taponamientos o daños en las mismas.
- Traslado de la estación de bombeo debido a que actualmente está dentro de la bodega municipal donde se reparan la maquinaria que presta servicio al Gad de Palestina y repotenciarla porque al tener una sola bomba cualquier daño afecta el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento. Cabe indicar que la bomba está dañada hace 10 días.

## Bibliografía

- Andrade, L., Fernando Xavier y Peña, M., & Maria, D. C. (2017). *Optimización energética de las lagunas aireadas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ucumbamba*. Cuenca : Universidad de cuenca facultad de ciencias quimicas y facultad de ingenieria .
- Comision Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y saneamiento*. Coyoacan, Mexico, D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales .
- Contreras Olvera, D. M., & Villa Manosalvas, G. (2016). *Propuesta de rehabilitacion del sistema de lagunaje para el tratamiento de aguas residuales de la cabecera cantonal de Palestina*. Guayaquil: Universidad de guayaquil facultad de Ingenieria Quimica MASTRIA Ambiental.
- Cruz, L. E., Alayon Torres , W., & Monsegny, C. E. (2000). Metodología para la seleccion del regimen de flujo en lagunas de estabilizacion . *Ingenieria e Investigacion* , 1-6.
- Elizabeth Tilley, L. U. (14 de enero de 2018). *Lagunas de estabilizacion* . Obtenido de Lagunas de estabilizacion : <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/laguna-de-estabilizaci%C3%B3n>
- Frers, C. (2008). El uso de Plantas acuaticas para el tratamiento de guas residuales . *Revistas cientificas Complutense*, 1-5.
- Garcia Ruesta, C. (2008). *Evaluacion, optimizacion y rediseño de las lagunas de estabilizacion el cucho, sullana*. Piura: Universidad de Piura, facultad de Ingenieria. Programa academico de Ingenieria civil.
- Jimenez Cisneros , B. E. (2002). *La Contaminacion Ambiental en Mexico*. Mexico D.F.: LIMUSA, S.A de C.V.GRUPO NORIEGA.
- Laurales Ortega, R. K. (2018). *Estudio de modelo matematico de flujo disperso para la reduccion de la carga organica del efluente de la laguna de oxidacion de sapallanga*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro de Peru.
- Lizama, E. R. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda biquimica de oxigeno . *cientifica de America Latina, el caribe, españa y Portugal*, 1-11.
- Ortiz Bardales, P. (2014). *Taller "Operacion y Mantenimiento de sistemas de Alcantarillado Sanitario y Plantas de Tratamiento de aguas Residuales"*. La ceiba, Atlantida: Medio Ambiente.
- Rodriguez Serrano, J. A. (2008). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades*. Mexico, Hermosillo: Universidad de sonora.Division de Ingenieria.
- Sandoval Bermeo , D. P., & Cisneros Ventimilla , V. D. (2012). *Tratamiento de aguas servidas en lagunas de oxidacion para una poblacion de 1000 habitantes*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad de ciencias quimicas.

## Anexos

### Anexo # 1: Tabla de límites de descarga a un cuerpo de agua dulce del libro de TULSMA.

TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real <sup>1</sup>	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1.600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

**Anexo # 2: Tabla de criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos Obtenido del libro TULSMA.**

**TABLA 9. Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		200
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración
Coliformes totales	nmp/100 ml		4 000
Coliformes fecales	nmp/100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras *sustancias tóxicas		mg/l	<b>Cero</b>
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Residuos de petróleo			<b>Ausencia</b>
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano visible	mg/l	0,3
Sólidos flotantes			<b>Ausencia</b>
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:1

### Anexo # 3: Resultado de las pruebas de laboratorio "ELICROM" al ingreso del sistema.

	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS FISICOS-QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b> <b>INFORME DE ENSAYOS</b> <b>N.º WE-1318-001-20</b> <b>ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS</b> <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PALESTINA</b>	 Acreditación N.º OAE LE C 10-010 LABORATORIO DE ENSAYOS  

#### IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PALESTINA  
 CANTÓN PALESTINA  
 ELVYN FRANCISCO SOLORIZANO MACIAS  
 0960188679

Guayaquil, 23 de diciembre del 2020

#### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Origen de Muestra:	AGUA RESIDUAL	Muestreado por:	CLIENTE
Punto de Muestreo:	INGRESO DE LAGUNA	Muestreador:	CLIENTE
Coordenadas Geográficas:	N/A	Fecha y Hora de Muestreo:	23/12/20 09:00:00
Tipo de Muestreo:	Simple	Condiciones Ambientales del Muestreo:	N/A
Código de la Muestra:	1318-001-20	Fecha y Hora de Recepción de Muestras:	23/12/20 12:18:00
Norma Técnica de Muestreo:	N/A	Condiciones Ambientales del Análisis:	19.8 °C; 63.2 %HR
Plan/Procedimiento de Muestreo:	N/A / N/A		

#### RESULTADOS

##### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO \$	RESULTADO \$	UNIDADE \$	U K=2	PROCEDIMIENTO	MÉTODO	ANALIZADO	LÍMITE PERMISIBLE	EVALUACIÓN
COLIFORMES FECALES <sup>1)</sup>	1.30E+04	NMP/100mL	---	PEE.EL.098	SM 9221 E	2020-12-23 KAM	---	---

##### CONSTITUYENTES ORGÁNICOS AGREGADOS

PARÁMETRO \$	RESULTADO \$	UNIDADE \$	U K=2	PROCEDIMIENTO	MÉTODO	ANALIZADO	LÍMITE PERMISIBLE	EVALUACIÓN
ACEITES Y GRASAS <sup>4)</sup>	< 6.5	mg/L	---	PEE.EL.039	SM 8520 G	2020-12-24 MRR	---	---
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO <sup>2)</sup>	138.75	mg/L	19.45	PEE.EL.030	SM 5210 B	2020-12-23 MRR	---	---

##### PROPIEDADES FÍSICAS Y AGREGADAS

PARÁMETRO \$	RESULTADO \$	UNIDADE \$	U K=2	PROCEDIMIENTO	MÉTODO	ANALIZADO	LÍMITE PERMISIBLE	EVALUACIÓN
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES <sup>3)</sup>	779	mg/L	93	PEE.EL.027	SM 2540 D	2020-12-24 MRR	---	---
SÓLIDOS TOTALES <sup>5)</sup>	1403	mg/L	153	PEE.EL.028	SM 2540 B	2020-12-24 MRR	---	---

1. Parámetros que se encuentran incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE
2. Parámetros que se encuentran incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el A2LA
3. Parámetros que no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE
4. Parámetros que no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el A2LA
5. Parámetros acreditados cuyo resultado está fuera del alcance de acreditación del SAE
6. Parámetros cuyo resultado corresponde al análisis realizado por el laboratorio acreditado subcontratado
7. Las opiniones e interpretaciones se encuentran fuera del alcance del SAE y A2LA
8. Ensayo realizado en las instalaciones del cliente

---	No Aplica	U	Incertidumbre	PEE.EL	Procedimiento Especifico de Ensayo de Elicrom
< LD	Menor al Límite de Detección	N/D	No detectado	SM	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 23rd Ed.

#### DESVIACIONES DEL PROCEDIMIENTO

No se presentó ninguna desviación del procedimiento durante el muestreo y el análisis.

#### OBSERVACIONES

Muestra suministrada por el cliente. Los resultados se aplican a la muestra como se la recibió.

#### DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

No Aplica

## Anexo # 4: Resultado de las pruebas de laboratorio "ELICROM" a la salida del sistema.

	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS FISICOS-QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS</b> <b>INFORME DE ENSAYOS</b> <b>Nº WE-1318-002-20</b> <b>ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS</b> <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PALESTINA</b>	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación Nº OAE LE C 10-010 LABORATORIO DE ENSAYOS  
---	---	--

### IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PALESTINA  
 CANTÓN PALESTINA  
 ELVYN FRANCISCO SOLORIZANO MACÍAS  
 0960186679

Guayaquil, 29 de diciembre del 2020

### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Origen de Muestra:	AGUA RESIDUAL	Muestreado por:	CLIENTE
Punto de Muestreo:	SALIDA DE LAGUNA	Muestreador:	CLIENTE
Coordenadas Geográficas:	N/A	Fecha y Hora de Muestreo:	23/12/20 10:00:00
Tipo de Muestreo:	Simple	Condiciones Ambientales del Muestreo:	N/A
Código de la Muestra:	1318-002-20	Fecha y Hora de Recepción de Muestras:	23/12/20 12:18:00
Norma Técnica de Muestreo:	N/A	Condiciones Ambientales del Análisis:	19.8 °C; 63.2 %HR
Plan/Procedimiento de Muestreo:	N/A / N/A		

### RESULTADOS

#### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	U K=2	PROCEDIMIENTO	MÉTODO	ANALIZADO	LÍMITE PERMISIBLE	EVALUACIÓN
COLIFORMES FECALES <sup>1)</sup>	2.00E+03	NMP/100mL	---	PEE.EL.096	SM 9221 E	2020-12-23 KAM	---	---

#### CONSTITUYENTES ORGÁNICOS AGREGADOS

PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	U K=2	PROCEDIMIENTO	MÉTODO	ANALIZADO	LÍMITE PERMISIBLE	EVALUACIÓN
ACEITES Y GRASAS <sup>1)</sup>	< 6.5	mg/L	---	PEE.EL.039	SM 5520 G	2020-12-24 MRR	---	---
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO <sup>2)</sup>	31.50	mg/L	4.41	PEE.EL.030	SM 5210 B	2020-12-23 MRR	---	---

#### PROPIEDADES FÍSICAS Y AGREGADAS

PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	U K=2	PROCEDIMIENTO	MÉTODO	ANALIZADO	LÍMITE PERMISIBLE	EVALUACIÓN
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES <sup>3)</sup>	62	mg/L	7	PEE.EL.027	SM 2540 D	2020-12-24 MRR	---	---
SÓLIDOS TOTALES <sup>4)</sup>	805	mg/L	88	PEE.EL.028	SM 2540 B	2020-12-24 MRR	---	---

1. Parámetros que se encuentran incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE
2. Parámetros que se encuentran incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el A2LA
3. Parámetros que no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE
4. Parámetros que no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el A2LA
5. Parámetros acreditados cuyo resultado está fuera del alcance de acreditación del SAE
6. Parámetros cuyo resultado corresponde al análisis realizado por el laboratorio acreditado subcontratado
7. Las opiniones e interpretaciones se encuentran fuera del alcance del SAE y A2LA
8. Ensayo realizado en las instalaciones del cliente

---	No Aplica	U	Incertidumbre	PEE.EL	Procedimiento Especifico de Ensayo de Elicrom
< LD	Menor al Límite de Detección	N/D	No detectado	SM	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 23rd Ed.

### DESVIACIONES DEL PROCEDIMIENTO

No se presentó ninguna desviación del procedimiento durante el muestreo y el análisis.

### OBSERVACIONES

Muestra suministrada por el cliente. Los resultados se aplican a la muestra cómo se la recibió.

## Anexo # 5: Formulario de registro ambiental.

<b>TRAMITE (suia)</b>	0001-UCSG
<b>FECHA</b>	04/02/2021
<b>PROPONENTE</b>	Elvyn Francisco Solorzano Macias
<b>ENTE RESPONSABLE</b>	UCSG

### 1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

#### 1.1 PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD

Operación y mantenimiento y evaluación de impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad Palestina, provincia del Guayas.

#### 1.2 ACTIVIDAD ECONÓMICA

Código de catalogo MAE-2021-036	Categoría III Impactos Medios: Sistema de tratamiento de aguas residuales.
------------------------------------	--

#### 1.3 RESUMEN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD

Sistema de tratamiento de aguas residuales de Palestina está compuesto por lagunas de oxidación: laguna facultativa y laguna de maduración. Este sistema tiene una cobertura del 70% de la población urbana que es el aproximado a unos 10000 habitantes, su efluente descarga al río Daule. Las dimensiones de las lagunas son: Facultativa ancho 24 m, largo 33m y profundidad 2.7 incluyendo un borde libre. Maduración: ancho 23m, largo 45m y profundidad de 1.5m.

1.4 SISTEMA DE COORDENADAS (WGS-84)					
ESTE (X)		SUR (Y)		ALTITUD (msnm)	
612581		9820233		17	
612565		9820264			
612543		9820314			
612573		9820334			
ESTADO DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD					
<input type="checkbox"/>		Construcción			
<input type="checkbox"/>		Rehabilitación y/o Ampliación			
<input checked="" type="checkbox"/>		Operación y mantenimiento			
<input type="checkbox"/>		Cierre y Abandono			
DIRECCIÓN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD					
El sistema de tratamiento se encuentra ubicado en la vía Palestina – San Jacinto a 700 m de la cabecera cantonal de Palestina.					
PROVINCIA		CANTÓN		PARROQUIA	
Guayas		Palestina		Palestina	
TIPO DE ZONA					
Urbana		<input type="checkbox"/>			
Rural		<input checked="" type="checkbox"/>			
TELEFONO/CELULAR					
0960186679					
<input type="checkbox"/>		Industrial			
<input checked="" type="checkbox"/>		Otros: Saneamiento (Desechos sólidos)			
ESPACIO FISICO DEL PROYECTO					
2900		Área de implantación (m <sup>2</sup> )			1830
x	SI		NO	Consumo de agua por mes (m <sup>3</sup> )	97
x	SI		NO	Consumo energía eléctrica por mes (KW/h)	80
x	SI		NO	Tipo de vías:	Vías Principales Calle Velasco Ibarra – Asfaltada
x	SI		NO		Vías Secundarias Vía San Jacinto – de lastre
<input type="checkbox"/>		Alquiler			
<input type="checkbox"/>		Concesionadas			
<input checked="" type="checkbox"/>		Propia			
<input type="checkbox"/>		Otros			

## 2. MARCO LEGAL REFERENCIAL

### **Constitución de la República del Ecuador**

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: 27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural

### **Ley de Gestión Ambiental**

Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo

### **Ley de Fomento y Desarrollo Agropecuario**

Art. ...- Los centros agrícolas, cámaras de agricultura y organizaciones campesinas sujetas de crédito del Banco Nacional de Fomento y las empresas importadoras de maquinaria, equipos, herramientas e implementos de uso agropecuario, nuevos de fábrica, podrán también importar dichos bienes reconstruidos o repotenciados, que no se fabriquen en el país, dotados de los elementos necesarios para prevenir la contaminación del medio ambiente, previa autorización del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con la obligación de mantener una adecuada provisión y existencia de repuestos para estos equipos, así como del suministro de servicios técnicos de mantenimiento y reparación durante todo el período de vida útil de estos bienes, reconociéndose como máximo para el efecto, el período de diez años desde la fecha de la importación. El Ministerio de Agricultura y Ganadería sancionará a las empresas importadoras de equipos reconstruidos o repotenciados, que no suministren inmediatamente los repuestos o servicios, con una multa de mil a cinco mil dólares de los Estados Unidos de Norteamérica y, dichas empresas quedarán obligadas a indemnizar al comprador tanto por daño emergente como por lucro cesante, por todo el tiempo que la maquinaria o equipos estuvieren paralizados por falta de repuestos o servicios de reparación

### **Acuerdo Ministerial 134**

Mediante Acuerdo Ministerial 134 publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 812 de 18 de octubre de 2012, se reforma el Acuerdo Ministerial No. 076, publicado en Registro Oficial Segundo Suplemento No. 766 de 14 de agosto de 2012, se expidió la Reforma al artículo 96 del Libro III y artículo 17 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, expedido mediante Decreto Ejecutivo No. 3516 de Registro Oficial Edición Especial No. 2 de 31 de marzo de 2003; Acuerdo Ministerial No. 041, publicado en el Registro Oficial No. 401 de 18 de agosto de 2004; Acuerdo Ministerial No. 139, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 164 de 5 de abril de 2010, con el cual se agrega el Inventario de Recursos Forestales como un capítulo del Estudio de Impacto Ambiental

### **Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas**

Art. 150.- Los constructores y contratistas respetarán las ordenanzas municipales y la legislación ambiental del país, adoptarán como principio la minimización de residuos en la ejecución de la obra. Entran dentro del alcance de este apartado todos los residuos (en estado líquido, sólido o gaseoso) que genere la propia actividad de la obra y que en algún momento de su existencia pueden representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores o del medio ambiente.

Art. 151.- Los constructores y contratistas son los responsables de la disposición e implantación de un plan de gestión de los residuos generados en la obra o centro de trabajo que garantice el cumplimiento legislativo y normativo vigente

### **Acuerdo Ministerial No. 061**

Art. 262 "De los Informes Ambientales de Cumplimiento. - Las actividades regularizadas mediante un Registro Ambiental serán controladas mediante un Informe Ambiental de Cumplimiento, inspecciones, monitoreos y demás establecidos por la Autoridad Ambiental Competente.

Estos Informes, deberán evaluar el cumplimiento de lo establecido en la normativa ambiental, plan de manejo ambiental, condicionantes establecidas en el permiso ambiental respectivo y otros que la autoridad ambiental lo establezca. De ser el caso el informe ambiental contendrá un Plan de Acción que contemple medidas correctivas y/o de rehabilitación.

**Art. 263 De la periodicidad y revisión.** - Sin perjuicio que la Autoridad Ambiental Competente pueda disponer que se presente un Informe Ambiental de Cumplimiento en cualquier momento en función del nivel de impacto y riesgo de la actividad, una vez cumplido el año de otorgado el registro ambiental a las actividades, se deberá presentar el primer informe ambiental de cumplimiento; y en lo posterior cada dos (2) años contados a partir de la presentación del primer informe de Cumplimiento.

### **Reglamento para Funcionamiento de Aeropuertos en Ecuador**

**Ordenanza que Regula la Aplicación del Subsistema de Manejo Ambiental, Control y Seguimiento Ambiental en el cantón Guayaquil**

### 3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPLANTACIÓN

#### Clima

Clima  Cálido - húmedo  
 Cálido – seco

#### Tipo de Suelo

Tipo de suelo  Arcilloso  Arenosos  
 Francos  Rocosos  
\_\_\_\_\_

#### Pendiente del Suelo

Pendiente del suelo  Llano (pendiente menor al 30%)  Montañoso (terreno quebrado)  
\_\_\_\_\_

#### Demografía (población más cercana)

Demografía  Entre 0 y 1.000 hbts.  Entre 1.001 y 10.000 hbts.  
 Entre 10.001 y 100.000 hbts.  Más de 100.000 hbts.

#### Abastecimiento de agua población

Abastecimiento de agua población  Agua lluvia  Agua potable  
 Conexión domiciliaria  Cuerpo de aguas superficiales  
 Grifo publico  Pozo profundo

Evacuación de aguas servidas población		
Evacuación de aguas servidas población	<input checked="" type="checkbox"/> Alcantarillado	<input type="checkbox"/> Cuerpos de aguas superficiales
	<input checked="" type="checkbox"/> Fosa séptica	<input checked="" type="checkbox"/> Letrina
	<input type="checkbox"/> Ninguno	
Electrificación		
Electrificación	<input type="checkbox"/> Planta eléctrica	<input checked="" type="checkbox"/> Red publica
	<input type="checkbox"/> Otra	
Vialidad y acceso a la población		
Vialidad y acceso a la población	<input checked="" type="checkbox"/> Caminos vecinales	<input type="checkbox"/> Vías principales
	<input type="checkbox"/> Vías secundarias	<input type="checkbox"/> Otras
Organización social		
Organización social	<input type="checkbox"/> Primer grado (comunal, barrial, urbanización)	<input type="checkbox"/> Segundo grado (Cooperativa, Precooperativa)
	<input checked="" type="checkbox"/> Tercer grado (Asociaciones, recintos)	
Componente fauna		
Piso zoo geográfico donde se encuentra el proyecto	<input checked="" type="checkbox"/> Tropical Noroccidental (0-800 msnm)	
	<input type="checkbox"/> Tropical Oriental (0-800 msnm)	
Grupos faunísticos	<input checked="" type="checkbox"/> Anfibios	<input checked="" type="checkbox"/> Aves
	<input checked="" type="checkbox"/> Insectos	<input checked="" type="checkbox"/> Mamíferos
	<input checked="" type="checkbox"/> Peces	<input type="checkbox"/> Reptiles
	<input type="checkbox"/> Ninguna	

## Anexos Fotográficos



Foto # 1: Ubicación del sistema de tratamiento de aguas residuales de Palestina



Foto # 2: Cerramiento perimetral del sistema de tratamiento.



Foto # 3: Lagunas de oxidación del cantón Palestina



Foto # 4: Primer proceso Laguna facultativa



Foto # 5: Segundo proceso laguna de maduración.



Foto # 6: Tubería de ingreso del agua cruda a la laguna facultativa. 9/11/2020



Foto # 7: Tubería de ingreso del agua cruda a la laguna facultativa. 5/01/2021



Foto # 8: Tubería de descarga al río. 9/11/2020



Foto # 9: tubería de descarga al río Daule. 23/12/2020.



Foto # 10: Caja de registro del sistema de tratamiento de aguas residuales.



Foto # 11: Toma de muestra en la tubería de ingreso en la laguna facultativa.



Foto # 12: Termómetro para piscina, usado para tomar la temperatura en las lagunas de oxidación.



Foto # 13: Mediciones de caudales por el método Volumétrico.



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Elvyn Francisco Solorzano Macias**, con C.C: # 092951157-4 autor del trabajo de titulación: **Diagnóstico de la operación y mantenimiento y evaluación de impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad Palestina, provincia del Guayas** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **15 de marzo de 2021**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Solorzano Macias Elvyn Francisco**

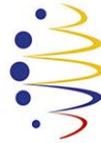
C.C: **092951157-4**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Diagnóstico de la operación y mantenimiento y evaluación de impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad Palestina, provincia del Guayas.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Elvyn Francisco Solorzano Macias		
<b>TUTOR(ES)</b>	Clara Catalina Glas Cevallos		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	15 de marzo de 2021	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	56
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Procesos lagunares, Evaluación de impactos ambientales y Plan de operación y manejo de una PTAR.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Agua residual, pre tratamiento, sistemas lagunares, parámetros de calidad de agua, eficiencia de remoción, lagunas de estabilización.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras):	La ciudad de Palestina tiene una planta de tratamiento de aguas servidas compuesta por laguna facultativa y laguna de maduración, no tiene pretratamiento. La investigación consistió en medir las lagunas actuales y cuantificar caudales de ingreso y medir profundidades de las lagunas, con estos datos se realizaron los diseños de las lagunas. El caudal que ingresa a la laguna facultativa es de 577,3 m <sup>3</sup> /día, mientras que el caudal de diseño proyectado es de 6912.71 m <sup>3</sup> /día, mayor al caudal que está ingresando al sistema de tratamiento, dando un indicio de que en algún tramo del sistema se puede estar desviando o infiltrando el agua residual cruda. Se determino con esto que las lagunas actuales no tienen capacidad para la población actual, menos para la futura. Las dos lagunas están subdimensionadas. A pesar de esto según los reportes de laboratorio la PTAR descarga aguas tratadas que cumplen con la normativa ambiental, pero como habíamos indicado el caudal que ingresa a la laguna no corresponde al generado por la población conectada al sistema. Los principales impactos ambientales generados por el funcionamiento del alcantarillado y PTAR son por las muy probables infiltraciones de aguas servidas en el suelo afectando la calidad del suelo y de las aguas subterráneas. Por lo que es necesario una revisión completa del sistema de alcantarillado y estación de bombeo para verificar el ingreso del caudal, además monitorear la planta para garantizar la calidad del efluente y la ampliación del sistema de tratamiento hasta completar las áreas requeridas.		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4-0960186679	<b>E-mail:</b> franciscosolor_1993@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Clara Glas Cevallos		
	<b>Teléfono:</b> +593-4-0960186679		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			