



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE  
MANABÍ**

**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO:**

**“DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE RETENCIÓN  
HIDRÁULICA EN LAS LAGUNAS FACULTATIVAS DE 2.00 Y  
2.50 METROS DE PROFUNDIDAD”**

**AUTORES:**

**ALCÍVAR PINCAY TOMMY RAMÓN  
ALVIA ANCHUNDIA JUNIOR GREGORIO**

**TUTOR:**

**ING. GUSTAVO MERO BAQUE MSC.**

**MANTA – MANABÍ – ECUADOR:**

**2019**

# **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Ing. Gustavo Baque MSc., Docente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, en calidad de tutor del trabajo de titulación.

## **CERTIFICO:**

Que el trabajo de titulación: “Determinación del periodo de retención hidráulica en las lagunas facultativas de 2.00 y 2.50 metros de profundidad” Ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo y se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos plasmados en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de sus autores: Alcívar Pincay Tommy Ramón, y Alvia Anchundia Junior Gregorio siendo de su exclusiva responsabilidad.

---

Ing. Gustavo Mero Baque, MSc.

TUTOR

Manta, septiembre del 2019

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Quienes inscriben, Alcivar Pincay Tommy Ramón con C.C.: 131368064-5 y Alvia Anchundia Junior Gregorio con C.C.: 131450216-0, declaran que la información presentada dentro del trabajo investigativo ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando los derechos intelectuales de terceros conforme las citas reflejadas al pie de las páginas correspondientes.

La responsabilidad del presente trabajo corresponde a sus autores.

---

Alcívar Pincay Tommy Ramón  
AUTOR

---

Alvia Anchundia Junior Gregorio  
AUTOR

Manta, septiembre del 2019

# APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO



## **UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**

### **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el trabajo de titulación siguiendo la modalidad de proyecto de investigación, titulado: “Determinación del periodo de retención hidráulica en las lagunas facultativas de 2.00 y 2.50 metros de profundidad”, elaborados por los egresados: Alcívar Pincay Tommy Ramón y Alvia Anchundia Junior Gregorio, de la Carrera de Ingeniería Civil.

---

Dr. Darío Páez Cornejo.  
DECANO.

---

Ing. Gustavo Mero Baque, MSc.  
TUTOR.

---

Ing. Alex Junqui Cedeño.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

---

Ing. Horacio Cedeño Muñoz.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a Dios, por la sabiduría para alcanzar mis metas propuesta desde pequeño y por permitirme alcanzar con éxito mi proyecto de investigación.

A mis padres, Diofre Alcívar, Fátima Pincay a mi abuela María Castro y en memoria de mi abuelo Ramón Pincay, que sin lugar a duda me han brindado su apoyo incondicional en todos los momentos buenos y malos, por aconsejarme por el camino correcto y por ser parte fundamental en mi desarrollo tanto personal como profesional.

A mi esposa, Angely por sus palabras de aliento que me inspiran a seguir adelante dando lo mejor de mí siempre y que en un futuro cercano podamos completar nuestras metas tanto profesionales como personales.

A mis hermanos, Katherine, Ángel, Rixon, Leonel, Ahylin, Melina a mi cuñado Andres, por siempre estar en los momentos más importantes de mi vida, por su tiempo y conocimientos brindados, por su apoyo fundamental y su invaluable ayuda.

Alcívar Pincay Tommy Ramón

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la inteligencia y la fuerza necesarias la misma que me permitió superar cada obstáculo que día a día surgían en el camino y sobre todo haberme dado la vida para cumplir con este objetivo.

A mis padres Gregorio y Rosa por inculcarme los valores que hoy me hacen una excelente persona sobre todo por sus esfuerzo y sacrificio. A mis hermanos, Eduardo, Damián y Katherine, quienes fueron mi motivación del día a día, por el cual yo me preparaba para no decepcionarlos y ser ejemplos de superación para ellos.

A mi enamorada Judith Anchundia por darme aliento en los momentos más dificultoso de mi vida como estudiante, además por enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mis tíos que siempre confiaron en mí, gracias por darme un granito de arena de sus enseñanzas, a mis primas que siempre me dieron su mano en todo lo que yo necesitaba y a mis amigos de la infancia, de la adolescencia y de hoy por el apoyo durante toda mi etapa estudiantil.

Alvia Anchundia Junior Gregorio

# AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por darme la oportunidad de vivir, por permitirme ser parte de una gran familia, por brindarme salud día a día y por brindarme la oportunidad de llegar a este momento tan significativo en mi carrera.

A mis padres y hermanos, quienes han sido pilares fundamentales, dándome ánimos para seguir adelante y no desvanecer, por haberme brindado la oportunidad de tener una carrera profesional, por cada uno de sus consejos que me han ayudado a crecer como persona y por apoyarme en cada una de mis metas propuestas.

A mis compañeros, Renato, Efrén, Junior, Jairo, Andres, Ángel, que sin lugar a duda me han acompañado en este largo camino y nos hemos apoyado mutuamente.

A nuestro tutor de tesis, Ing. Gustavo Mero, quien nos ha guiado sabiamente en cada una de las etapas que conlleva la culminación de este proyecto de investigación.

Tengo la inmensa satisfacción de haber coincidido con grandes personas, mis amigos, con quienes he compartido grandes momentos y que de una u otra manera han sido parte importante de este proceso, gracias por su amistad, por su apoyo y por todo lo brindado a lo largo de todos estos años.

Alcívar Pincay Tommy Ramón

## **AGRADECIMIENTOS**

Infinitamente agradecido con Dios, por darme la vida, salud y sabiduría para poder superar los distintos problemas que surgen diariamente, además por brindarme la oportunidad de llegar a este momento tan significativo en mi carrera.

A mis padres y hermanos, por el ánimo para seguir adelante y no desvanecer, por haberme brindado la oportunidad de ser un profesional, por cada uno de sus consejos que me han ayudado a crecer como persona y por apoyarme en cada una de mis metas propuestas.

A mi tutor Ing. Gustavo Mero Baque por la orientación de este trabajo de investigación, por la enseñanza no solo del proyecto de investigación también por la enseñanza para crecer como una persona de bien.

A mi querida enamorada Judith le agradezco por su ayuda durante el desarrollo de mi proyecto de investigación, por ser parte fundamental de mi vida, por ser mi inspiración y por ser la persona que se preocupa por mí en cada momento.

A mis amigos José Alvia L, José Alvia P, Yandry Chávez, Efrén Loo, Tommy Alcívar, José Foyain, José Intriago, Jordán Gilces y Shirley Lucas con quienes he compartido grandes momentos, gracias por su apoyo y su amistad en todos estos años.

Alvia Anchundia Junior Gregorio

## RESUMEN

La esencia de la presente investigación es la determinación del periodo de retención hidráulica, para aquello se simuló en recipientes de fibra de vidrio dos lagunas facultativas con profundidades de 2.00 y 2.50 metros. El proyecto está enfocado en el análisis experimental con la finalidad de lograr identificar la mejor alternativa para el tratamiento de aguas residuales en función de su profundidad y así llegar al tiempo de retención hidráulica adecuado para este tipo de laguna, lo que nos permite determinar el cumplimiento de los límites máximos permitidos para poder realizar las descargas de agua servidas a un cuerpo receptor tal como lo establece el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA).

Una vez obtenida la simulación de las distintas lagunas se procedió a tomar muestras de cada recipiente y de esta manera poder analizarlo en el laboratorio. En total se tomaron 7 muestras de aguas residuales para cada recipiente. En el campo se tomaron parámetros del clima como la coloración del agua, la temperatura ambiental y la evaporación. Mientras que en el laboratorio se analizaron las respectivas muestras en la que se determinaron los parámetros de potencial de hidrogeno (pH), sólidos suspendidos (SS), sólidos totales (ST), demanda química de oxígeno (DQO), Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días de reposo (DBO<sub>5</sub>).

Al culminar la investigación se determinó que el periodo de retención hidráulica óptimo fue de 13 días para el recipiente de 2.00 metros y de 14 días para el recipiente de 2.50 metros, debido a que los parámetros estudiados cumplieron con las normas vigentes de descarga a un cuerpo de agua marina.

La determinación del periodo de retención hidráulica en las lagunas simuladas, permitió emitir criterios y recomendaciones a la hora de proponer alternativas que contribuyan a un eficiente diseño de tratamiento de aguas residuales, al mismo tiempo servirá para futuros trabajos de diseños de lagunas de estabilización y de igual manera para futuras investigaciones.

## **ABSTRACT**

The essence of the present investigation is the determination of the hydraulic retention period, for that two optional lagoons with depths of 2.00 and 2.50 meters were simulated in glass fiber containers. The project is focused on the experimental analysis in order to identify the best alternative for wastewater treatment based on its depth and thus reach the appropriate hydraulic retention time for this type of lagoon, which allows us to determine compliance of the maximum limits allowed to carry out the discharges of water served to a receiving body as established by the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of Environment (TULSMA).

Once the simulation of the different lagoons was obtained, samples were taken from each container and thus analyzed in the laboratory. In total, 7 sewage samples were taken for each container. In the field, climate parameters such as water color, ambient temperature and evaporation were taken. While in the laboratory the respective samples were analyzed in which the parameters of hydrogen potential (pH), suspended solids (SS), total solids (ST), chemical oxygen demand (COD), Biochemical oxygen demand a 5 days of rest (BOD5).

Upon completion of the investigation, it was determined that the optimal hydraulic retention period was 13 days for the 2.00 meter container and 14 days for the 2.50 meter container, because the parameters studied complied with the current norms for unloading to a body of sea water.

The determination of the period of hydraulic retention in the simulated lagoons, allowed to issue criteria and recommendations when proposing alternatives that contribute to an efficient design of wastewater treatment, at the same time will serve for future works of stabilization lagoon designs and same way for future research.

## **PALABRAS CLAVES.**

Lagunas facultativas, aguas residuales, tratamiento, periodo de retención, Demanda bioquímica de Oxígeno.

## **KEYWORDS.**

Facultative lagoon, residual water, treatment, retention period, demand of bioquimical oxygen.

## TABLA DE CONTENIDOS.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
PALABRAS CLAVES. ....	xi
KEYWORDS. ....	xi
INTRODUCCIÓN. ....	1
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
JUSTIFICACIÓN .....	5
OBJETIVOS .....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Hipótesis.....	6
CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE .....	7
1.1. Situación actual.....	7
1.2. Aguas Residuales. ....	8
1.2.1. Clasificación de las aguas residuales según su procedencia. ....	9
1.2.1.1. Aguas residuales domésticas o urbanas.....	9
1.2.1.2. Aguas residuales industriales.....	10
1.2.1.3. Aguas residuales de la agricultura y ganadería. ....	10
1.2.1.4. Aguas residuales derivadas de la lluvia ácida.....	11
1.3. Etapas del tratamiento de las aguas residuales.....	11
1.3.1. Tratamiento Preliminar.....	11
1.3.2. Tratamiento Primario. ....	12
1.3.3. Tratamiento Secundario.....	12
1.3.4. Tratamiento Terciario.....	12
1.4. Lagunas de estabilización .....	13
1.4.1. Lagunas en serie. ....	14
1.4.2. Lagunas en paralelo. ....	15

1.5.	Tipos de lagunas de estabilización. ....	16
1.5.1.	Lagunas aerobias. ....	16
1.5.2.	Lagunas anaerobias. ....	16
1.5.3.	Lagunas facultativas. ....	17
1.5.3.1.	Indicaciones de buen funcionamiento de las lagunas facultativas.....	18
1.5.3.2.	Problemas de funcionamiento de las lagunas facultativas.....	19
1.6.	Parámetros considerados para evaluar la eficiencia del funcionamiento en el tratamiento de las aguas residuales.....	19
1.6.1.	Parámetros físicos. ....	19
1.6.1.1.	La temperatura.....	19
1.6.1.2.	Sólidos Totales (ST).....	20
1.6.1.3.	Color .....	20
1.6.1.4.	Olor .....	20
1.6.1.5.	Evaporación .....	21
1.6.2.	Parámetros químicos.....	21
1.6.2.1.	La demanda bioquímica de oxígeno. ....	21
1.6.2.2.	La Demanda Química de Oxígeno (DQO). ....	22
1.6.2.3.	PH (Potencial de hidrogeno). ....	22
1.6.2.4.	Oxígeno disuelto .....	22
1.6.2.5.	Plomo.....	23
1.6.2.6.	Nitritos y nitratos .....	23
1.6.3.	Parámetros Biológicos.....	23
1.6.3.1.	Algas .....	24
1.6.3.2.	Bacterias .....	24
1.6.3.3.	Hongos, mohos y levaduras.....	24
1.7.	Tiempo de retención hidráulica. ....	24
1.8.	Marco legal.....	24
1.8.1.	Acuerdo Ministerial N°. 028, Sustituyese el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA). ....	25
1.9.	Métodos de prueba .....	34
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS. ....		35
2.1.	Diseño metodológico.....	35
2.1.1.	La investigación bibliográfica. ....	35

2.1.2. La investigación de campo. ....	35
2.1.2.1. Observación: .....	35
2.1.3. Método analítico.....	36
2.1.4. Método experimental .....	36
2.2. Caracterización de la zona de estudio. ....	36
2.3. Materiales y métodos.....	38
2.4. Procedimiento. ....	38
2.4.1. Preparación y ubicación de los recipientes de ensayo. ....	39
2.4.2. Características y dimensiones de los recipientes. ....	40
2.4.3. Llenado de recipientes con agua residual.....	40
2.5. Plan de muestreo.....	42
2.5.1. Tipo de muestreo.....	42
2.5.2. Número de muestras. ....	42
2.5.3. Frecuencia de las muestras.....	43
2.5.4. Manejo y conservación de la muestra.....	43
2.5.5. Preparación de recipientes. ....	43
2.5.6. Llenado del recipiente.....	43
2.5.7. Identificación de las muestras.....	44
2.5.8. Transporte de la muestra.....	44
2.6. Ensayo de Laboratorio. ....	44
2.7. Parámetros a evaluar en laboratorio.....	45
2.7.1. DQO (Demanda Química Orgánica).....	45
2.7.2. Determinación de Demanda bioquímica de oxígeno. ....	46
2.7.3. Determinación de pH. ....	46
2.7.4. Sólidos totales en suspensión. ....	47
2.7.5. Sólidos Totales .....	47
CAPÍTULO 3. PROPUESTA. ....	48
3.1. Análisis e interpretación de resultados.....	48
3.1.1. Resultados obtenidos en campo.....	48
3.1.1.1. Evaporación. ....	48
3.1.1.2. Color del agua residual. ....	49
3.1.1.3. Resultado de la temperatura ambiente. ....	51
3.1.2. Análisis de resultados obtenidos en laboratorio.....	52

3.1.2.1.	Potencial de Hidrógeno.....	53
3.1.2.2.	Sólidos Suspendidos.....	54
3.1.2.3.	Sólidos totales.....	55
3.1.2.4.	Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) .....	56
3.1.2.5.	Demanda Bioquímica de Oxígeno. ....	57
3.2.	Situación actual de la planta de tratamiento.....	59
3.3.	Propuesta.....	59
3.3.1.	Ecuaciones para el cálculo del diseño de lagunas de estabilización facultativas. (Modelo de Hermann y Gloyna; Método de Yáñez).....	60
CONCLUSIONES.....		65
RECOMENDACIONES .....		67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		68
ANEXOS .....		72
ANEXOS A.....		72
ANEXOS B.....		73
ANEXOS C. ....		77
ANEXO D.....		82

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

## CAPITULO I

<b>Ilustración 1.1.</b> Sistema de lagunas en serie. ....	14
<b>Ilustración 1.2.</b> Sistema de lagunas en paralelo. ....	15
<b>Ilustración 1.3.</b> Esquema de una laguna facultativa. ....	17

## CAPITULO I

<b>Ilustración 2.1.</b> Vista aérea de la planta de tratamiento de aguas residuales de Manta .....	37
<b>Ilustración 2.2.</b> Nivelación y ubicación de los recipientes de ensayos. ....	39
<b>Ilustración 2.3.</b> Afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Manta. ....	41
<b>Ilustración 2.4.</b> Transporte y llenado de recipientes de 2.00 y 2.50 metros....	41

# ÍNDICE DE TABLAS

## CAPITULO I

<b>Tabla 1.1.</b> Límites de descarga e un cuerpo de agua dulce. ....	29
<b>Tabla 1.2.</b> Límites de descarga e un cuerpo de agua marina .....	31
<b>Tabla 1.3.</b> Factores indicativos de contaminación .....	33

## CAPITULO II

<b>Tabla 2.1.</b> Localización georreferenciada de los recipientes de ensayos. ....	40
<b>Tabla 2.2.</b> Medidas de los recipientes de 2,00 Y 2.50 metros de profundidad. ....	40

## CAPITULO III

<b>Tabla 3.1.</b> Valores de evaporación durante los días de ensayos.....	48
<b>Tabla 3.2.</b> Coloración del agua residual durante ensayos de investigación.....	50
<b>Tabla 3.3.</b> Temperatura ambiental de la ciudad de Manta.....	51
<b>Tabla 3.4.</b> Variación de pH en los recipientes de 2.00 y 2.50 metros. ....	53
<b>Tabla 3.5.</b> Sólidos suspendidos en recipientes de ensayos de 2.00 y 2.50 metros. .....	54
<b>Tabla 3.6.</b> Sólidos totales para recipiente de 2.00 y 2.50 metros de profundidad. .....	55
<b>Tabla 3.7.</b> Valores de DQO en los recipientes de 2.00 y 2.50 metros de profundidad. ....	56
<b>Tabla 3.8.</b> Valores de DBO en los recipientes de 2.00 y 2.50 metros de profundidad. ....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

<b>Gráfico 3.1.</b> Variacion de la evaporacion en cada recipiente.....	49
<b>Gráfico 3.2.</b> Representacion didactica de la coloracion del agua residual del recipiente de 2.00 metros. ....	50
<b>Gráfico 3.3.</b> Representacion didactica de la coloracion del agua residual del recipiente de 2.50 metros.....	51
<b>Gráfico 3.4.</b> Temperatura ambiental del lugar de estudio.....	52
<b>Gráfico 3.5.</b> Variacion del pH en el recipiente de 2.00 y 2.50 metros.....	53
<b>Gráfico 3.6.</b> Curva de los solidos suspendidos en funcion del tiempo de retencion. ....	54
<b>Gráfico 3.7.</b> Curva de los solidos totales en funcion del tiempo de retencion .	55
<b>Gráfico 3.8.</b> Remocion de DQO para lagunas facultativa de 2.00 y 2.50 metros de profundidad . ....	57
<b>Gráfico 3.9.</b> Remocion de DBO para lagunas facultativas de 2.00 y 2.50 metros de profundidad .....	58

## ÍNDICE DE ECUACIONES.

<b>Ecuación 1.</b> Volumen de la laguna.....	60
<b>Ecuación 2.</b> Área promedio de la laguna .....	60
<b>Ecuación 3.</b> Carga orgánica.....	60
<b>Ecuación 4.</b> Ancho promedio de la laguna.....	60
<b>Ecuación 5.</b> Largo promedio de la laguna.....	60
<b>Ecuación 6.</b> Ancho superior de la laguna.....	61
<b>Ecuación 7.</b> Largo superior de la laguna.....	61
<b>Ecuación 8.</b> Ancho inferior de la laguna.....	61
<b>Ecuación 9.</b> Largo inferior de la laguna.....	61
<b>Ecuación 10.</b> Área superior de la laguna .....	61
<b>Ecuación 11.</b> Área inferior de la laguna .....	61

## INTRODUCCIÓN.

Más de 1000 millones de toneladas de aguas residuales son vertidas anualmente al agua subterránea, a ríos y océanos del mundo, contaminándolos con metales pesados, disolventes, aceites, grasas, detergentes, ácidos, sustancias radioactivas, fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos. Esta contaminación química del medioambiente se ha convertido en uno de los problemas globales más urgentes de la humanidad.

Durante mucho tiempo, donde no existía el tratamiento adecuado de las aguas residuales, era común desviarlas hacia un cuerpo receptor natural, ya sea un río, un lago, o el mar, provocando la contaminación de los mismo. Esta situación ha venido cambiando enérgicamente, hoy en día un gran porcentaje de ciudades gozan de sistemas de tratamiento de aguas residuales con la necesidad de cuidar en entorno medio ambiental. (Arriols, 2018).

Las lagunas de estabilización de la ciudad de Manta fueron construidas cuando la ciudad tenía 40 mil habitantes, pero esta cifra ha aumentado teniendo una población de 226.477 habitantes según el censo realizado en el año 2010. Y aunque se han realizado ampliaciones de las lagunas de estabilización y se han construido nuevas infraestructuras esto sigue siendo insuficiente para la población existente en la actualidad. (INEC, 2010)

Diversas investigaciones sobre la planta de tratamiento de la ciudad de Manta han demostrado que la calidad de aguas residuales que se descargan al mar no cumplen con los parámetros permisibles que exige las tablas de descargas de efluentes a un cuerpo de agua marina que se encuentran en el Libro VI del texto Unificado de Legislación secundaria del Medio Ambiente.

(Velasco Taipe, 2017) indica que “En la planta de tratamiento de la ciudad de Manta se descarga un efluente con 252 mg/L DQO, 128 mg/L DBO, 2048,66 mg/L Sólidos Totales Disueltos, 2176,44 mg/L Sólidos Totales, de acuerdo a la norma en el TULSMA LIBRO VI ANEXO 1 estos parámetros no cumplen con los límites máximos permisibles de descarga.”

(SORNOZA BRIONES & VILLACRÉS SEGOVIA , 2017) demuestran que “Las lagunas de estabilización del cantón Manta, descargan las aguas sin regirse a las normas técnicas establecidas, ya que los valores dados por el laboratorio están fuera de los límites permisibles”.

La laguna de estabilización de la ciudad de Manta dentro de su objetivo tiene que realizar la remoción de las cargas orgánicas de las aguas residuales, la principal característica de este sistema de tratamiento de depuración es que necesita de la energía solar, para que su operación sea eficiente, las aguas negras deben permanecer en ella durante un tiempo de retención hidráulica óptimo el cual es variable en función de las cargas aplicadas, así como de las condiciones ambientales del lugar. Para poder realizar el vertido se debe cumplir con lo establecidos por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), para garantizar la calidad de efluente en cuanto a sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

El presente documento comprende de tres capítulos los cuales están organizado de la siguiente manera:

Una parte introductoria, luego se establece el estado de arte en el capítulo I que consta de definiciones esenciales para dar al lector el contexto en el cual se desarrolló la investigación y permita interpretar de manera clara y concisa el problema, tales como su funcionamiento y sus características así mismo se presenta el fundamento legal el cual está dirigido por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) donde se establecen lineamientos que regulan los parámetros que debe tener el vertido de

un sistema de tratamiento de aguas residuales a la naturaleza sin que la misma genere daños al medio ambiente.

En el capítulo II está enmarcado al diseño metodológico de la investigación, la caracterización del lugar y de los materiales empleado para realizar la investigación, los procedimientos para tomar y conservar la muestra de acuerdo a la NORMAS TECNICAS ECUATORIANAS NTE INEN 2 169:98 y una descripción de cada ensayo que se realizó en el laboratorio para determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales.

En el capítulo III en base a los resultados obtenidos en el laboratorio se presenta la propuesta del proyecto de investigación, partiendo de un análisis e interpretación de los resultados obtenidos tanto en el campo y en el laboratorio y como propuesta se realiza el cálculo de una laguna de estabilización en función a los datos obtenidos.

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El creciente volumen de aguas residuales que se vierten a distintos efluentes sin tener un tratamiento adecuado hoy en día es un problema para las autoridades, las cuales se ven en problemas al tener que enfrentar problemas de contaminación ambiental y una gran variedad de enfermedades que afecta a cada uno de sus habitantes, todo esto debido a que la mayor parte de las aguas residuales en el mundo son descargada a la naturaleza sin ningún tratamiento de saneamiento.

En la actualidad los países desarrollados tienen un gran avance en temas de saneamiento con un gran porcentaje en tratamiento de aguas servidas, en tanto que los países en vía de desarrollo este tratamiento se reduce a menos del 10%.

En la actualidad la ciudad de Manta se encuentra con un alto nivel de contaminación ambiental especialmente de sus playas y sus ríos, cabe resaltar que Manta posee su propio sistema de tratamiento de aguas residuales pero a través de la realización de algunos estudios se ha demostrado que su operación es ineficiente, para este estudio se plantea determinar el tiempo óptimo para que los principales parámetros contaminantes de las aguas residuales cumplan con las normas ambientales vigentes "TULSMAN" y se encuentren aptas para poder descargarla a un cuerpo receptor sin que afecta al ecosistema ni a sus habitantes.

## JUSTIFICACIÓN

Los problemas que en la actualidad se viven por la falta de agua potable y por el mal uso de esta misma implica darle una gran importancia a este tema y para esto se necesita mucha información específicamente del tratamiento de aguas residuales.

La simulación de dos lagunas facultativas de 2.00 y 2.50 metros de profundidad permite conocer si los distintos parámetros para el vertimiento de aguas residuales cumplen su función de auto depurar los agentes contaminantes que se encuentran en la misma. En la actualidad el Ministerio del medio ambiente es quien regula el tema de contaminación en el Ecuador, para aquello se han establecido normativas que regulen el vertimiento de aguas contaminadas a la naturaleza, el libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente "TULSMAN" permite comparar los niveles máximos permisibles establecida en su contenido.

Los contenidos de sólidos suspendidos y solidos totales, así como (pH), DBO y DQO son los parámetros más utilizado para evaluar la calidad de las aguas residuales, para que se cumplan estos parámetros y asegurar una buena calidad del vertido de las aguas residuales, el tratamiento se lo debe realizar a través de un tiempo de retención hidráulica óptimo que debe tener un sistema de tratamiento de agua servidas, dada esta importancia es así como justificamos nuestro tema de investigación.

# OBJETIVOS

## Objetivo General

- Determinar el periodo de retención hidráulica en el tratamiento de aguas residuales mediante sistema de tratamiento de tipo facultativo de 2.00 y 2.50 metros de profundidad en la ciudad de Manta.

## Objetivos Específicos

- Investigar fuentes bibliográficas relacionadas con las características de las aguas residuales y su tratamiento en lagunas de estabilización de características facultativa.
- Simular en recipientes de fibra de vidrio de 2,00 y 2,50 metros de profundidad lagunas de estabilización de tipo facultativo.
- Realizar muestreo de manera periódica a las aguas residuales en lagunas de tipo facultativo de 2,00 y 2,50 metros de profundidad.
- Realizar el análisis de cada muestra en el laboratorio.
- Evaluar los parámetros físicos y químicos para determinar si la calidad del efluente cumple con los valores permisibles de las normas ambientales.
- Proponer el diseño de una laguna facultativa con los datos obtenidos.

## Hipótesis

Los resultados que se obtengan en el laboratorio mediante el análisis de las muestras de aguas residual tomadas en lagunas de tipo facultativas de 2.00 y 2.50 metros, dará como resultado el periodo de retención hidráulica óptimo para poder descargar a efluente naturales agua que no generen contaminación.

# CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE

## 1.1. Situación actual

La falta de plantas de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades, en las industrias, hoteles y explotaciones mineras, agrícolas y ganaderas, ocasiona grandes desechos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente. La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos y rellenos sanitarios. (Rodríguez, 2017).

En las últimas décadas el mundo ha venido mostrando preocupación y está tratando de resolver los problemas relacionados con la disposición de los efluentes líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial de las aguas de abastecimiento.

Las fuentes de agua (ríos, acuíferos, lagos, mar), han sido incapaces por sí mismas para absorber y neutralizar esta carga contaminante, y por ello estas masas de agua han perdido sus condiciones naturales de apariencia física y su capacidad para sustentar una vida acuática adecuada, que responda al equilibrio ecológico que de ellas se espera para preservar los cuerpos de agua. Como resultado, pierden aquellas condiciones mínimas que les son exigidas para su racional y adecuado aprovechamiento como fuentes de abastecimiento de agua, como vías de transporte o fuentes de energía.

La situación actual del tratamiento de aguas residuales refleja de manera categórica la necesidad de mantener un equilibrio medioambiental y de salud. Los procesos que se llevan a cabo, hoy en día, para el tratamiento de las aguas residuales han demostrado cumplir con los objetivos generales para lo cual fue concebido, satisfaciendo así la necesidad por mantener un entorno ambiental amigable.

Hasta la fecha se han registrado algunos avances. En América Latina, por ejemplo, el tratamiento de aguas residuales se ha llegado casi a duplicar desde finales del decenio de 1990. Actualmente, entre un 20% y un 30% de las aguas residuales recogidas en las redes de alcantarillado urbano son objeto de tratamiento. Sin embargo, todavía queda mucho camino por recorrer ya que esos

porcentajes significan también que entre un 70% y un 80% de las aguas negras se vierten sin ser tratadas. (UNESCO, 2017).

En Ecuador solo el 8% de las aguas negras tienen algún nivel de tratamiento, esto debido al acelerado y desordenado crecimiento urbano, y a la falta de una política de conservación de los contaminadores de los cuerpos de aguas, esto es de responsabilidad de los municipios, MAE y SENAGUA como entes de regulación y control a nivel nacional. (Senagua, 2012).

De acuerdo con estudios, las cuencas hidrográficas de Manabí y Guayas son las más contaminadas por las descargas de los hogares y las industrias.

La carga de mucha materia orgánica en los ríos provoca que la cantidad de oxígeno en el agua se reduzca.

De manera general se puede decir que el Estado no cuenta con infraestructura ni mecanismos apropiados para controlar ni sancionar con firmeza a Gobiernos locales que no controlan la calidad del agua, en varias ciudades se puede apreciar que sus autoridades no ejecutan proyectos enmarcados en este campo teniendo una población con problemas sanitarios importantes. (Cabrera, Garcés, & Paredes, sf).

## **1.2. Aguas Residuales.**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO siglas en inglés) define a las aguas residuales como:

Agua que no tiene valor inmediato por el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. (FAO, 2008).

El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación. (Soluciones Ecológicas Industriales Ltda., s.f)

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamientos en lagos o corrientes convencionales. Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos: sin embargo, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismo que oxidan y convierten la materia orgánica en  $CO_2$ , es por esto que los tratamientos de las aguas de desechos son procesos en los cuales los microorganismo juegan papeles cruciales. (Baron, 2009).

### **1.2.1. Clasificación de las aguas residuales según su procedencia.**

A la hora de clasificar las aguas residuales nos vamos a encontrar con que existen diferentes sistemas de hacerlo. Esto se debe al valor que tomemos como referencia. De este modo, las aguas residuales se pueden clasificar según su cantidad y tipo de sustancias químicas que aportan, según sus características de tipo bacteriológico, según la relación entre agua y materia en suspensión y materia disuelta, o, el que suele ser el parámetro más común de todos, según su procedencia. (Arriols, Ecología verde, 2018)

Clasificar las aguas residuales según su procedencia tiene una ventaja sobre el resto de sistemas, que consiste, simplemente, en que es un método mucho más sencillo con el que trabajar a la hora de realizar la clasificación. De hecho, el resto de métodos, requieren de una serie de materiales científicos y de estudio que permitan analizar la calidad del agua residual ante el que nos encontramos. De esta forma, se trata de sistemas de clasificación muy útiles, pero dentro del ámbito científico y ambiental.

#### **1.2.1.1. Aguas residuales domésticas o urbanas.**

Este tipo de agua residual es la que nos viene primero a la cabeza cuando pensamos en ella, ya que se trata de un tipo de agua residual con el que estamos en contacto todos los días. Este tipo de agua residual es el resultado del uso del agua en las viviendas y núcleos urbanos, donde también se concentran gran cantidad de comercios o lugares de trabajo. Se trata de un agua residual que es

especialmente alta en contaminantes orgánicos y sólidos sedimentables, así como en bacterias. Se trata del agua que desechamos cuando tiramos de la cadena del inodoro, cuando nos duchamos, cuando usamos el fregadero de la cocina o, incluso, del agua de las piscinas.

Según (Carvacho Avaca & Fuentes Pérez, 2007) afirman que “el mayor volumen de aguas servidas corresponde a aquellas que son propias de la vida del ser humano como la limpieza, preparación de alimentos y necesidades fisiológicas, calculando que cada persona consume 200 litros diarios para satisfacer estas necesidades.” Las cuales son descargadas al sistema de alcantarillado sanitario.

#### **1.2.1.2. Aguas residuales industriales.**

Este tipo de agua residual es el que resulta de los procesos que se llevan a cabo en el sector secundario de la economía, es decir, el referido a las actividades industriales. Aquí se incluye el agua que se desecha desde las fábricas, a las plantas de producción energética o cualquier otra actividad que esté destinada a la fabricación de productos consumibles o productos manufactureros. Este tipo de agua residual se caracteriza por contener un elevado nivel de componentes contaminantes del tipo de metales pesados, entre los que se encontrarían el plomo, el níquel, el cobre, el mercurio, o el cadmio entre muchos otros. Así mismo, también se trata de aguas residuales que contienen cantidades ingentes de elementos químicos artificiales de una variedad amplísima.

Son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración. (Rull, 2007).

#### **1.2.1.3. Aguas residuales de la agricultura y ganadería.**

Este tipo de aguas residuales son menos frecuentes en la agricultura, ya que la mayor parte de ella se utiliza para el regadío, aunque sí que es cierto que, algunos cultivos, así como actividades destinadas al tratamiento de ciertos productos agrícolas, hacen uso de abundante agua y producen aguas residuales.

Sin embargo, la inmensa mayoría de las aguas residuales del sector primario proviene de la ganadería, especialmente de la ganadería intensiva. Estas aguas contienen elevados niveles de contaminantes derivados tanto de ciertos

productos químicos que se usan para criar al ganado como, especialmente, los que se derivan de los purines de los animales, es decir los desechos fecales y los orines de los animales que permanecen en estabulación. Estos contaminantes son muy peligrosos, ya que pueden afectar a la fertilidad de los suelos, llegando a poder convertir un suelo fértil, en un completo páramo debido a la toxicidad y la saturación de las partículas fecales que contienen.

#### **1.2.1.4. Aguas residuales derivadas de la lluvia ácida**

La lluvia ácida es un tipo de agua residual suele pasar inadvertida para la mayoría de las personas. A pesar de ello, constituye un verdadero ejemplo de agua residual generada por la acción que el ser humano tiene en la atmósfera. Este tipo de agua residual se produce por efecto de la lluvia al arrastrar los contaminantes presentes en la atmósfera, especialmente en los núcleos urbanos, que llegan al suelo y lo contaminan. La mayor parte de esta agua, al tener lugar en las ciudades, terminan en el alcantarillado público, donde se unen con las aguas residuales domésticas o urbanas.

### **1.3. Etapas del tratamiento de las aguas residuales.**

#### **1.3.1. Tratamiento Preliminar.**

Es el tratamiento donde se remueven los sólidos de gran tamaño y las arenas presentes en las aguas negras. Se conoce también como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales que pueden provocar daños al funcionamiento de los equipos involucrados en los diferentes procesos y operaciones que conforman el sistema de tratamiento. (Marquez, 2016).

Son las medidas que se utilizan para preparar las aguas residuales para el inicio del tratamiento, con ellas se logra la remoción de sólidos y arenas para proteger las bombas y otros equipos que forman parte del sistema de tratamiento, así como mejorar el aspecto estético de las aguas. Se conoce este tratamiento como desbaste.

### **1.3.2. Tratamiento Primario.**

Es el tratamiento donde se remueve una fracción los sólidos sedimentables y en suspensión por medios físicos y/o químicos. El Efluente del tratamiento primario suele tener una cantidad alta de materia orgánica y una DBO alta.(Garcia, 2018) afirma:

El tratamiento primario consiste en un conjunto de procesos físico-químicos que se aplican para reducir el contenido de partículas en suspensión del agua. Estos sólidos en suspensión pueden ser sedimentables o flotantes. Los primeros son capaces de llegar al fondo tras un periodo corto de tiempo mientras que los segundos están formadas por partículas muy pequeñas (menor de 10 micras) integradas en el agua por lo que no son capaces de flotar ni sedimentar y para eliminarlas se requiere de otras técnicas.

### **1.3.3. Tratamiento Secundario.**

Es el tratamiento donde se transforma la materia orgánica biodegradable por la acción biológica en materia estable. Está principalmente diseñado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos, en algunos casos se incluye desinfección en esta etapa.(Garcia, 2018) afirma:

El tratamiento secundario consiste en un conjunto de procesos biológicos que pretenden eliminar la materia orgánica que hay en las aguas residuales. Estos procesos biológicos consisten en el trabajo que desempeñan algunas bacterias y microorganismos y que se basa en la transformación de la materia orgánica en biomasa celular, energía, gases y agua. Este tratamiento tiene una eficacia del 90%.

### **1.3.4. Tratamiento Terciario.**

Son tratamientos adicionales, que siguen a los tratamientos secundarios convencionales, para la eliminación de nutrientes, compuestos tóxicos y excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión. (Marquez, 2016).

En ocasiones particulares se hace necesario mejorar las características del efluente obtenido después de un tratamiento preliminar, primario y secundario, ya sea para adaptarlas a otro uso, o cuando por problemas particulares existe en un efluente organismos o sustancias que originen situaciones indeseables

que provoquen la necesidad de la remoción con procesos adicionales de pulimiento antes de su disposición final.

#### **1.4. Lagunas de estabilización**

Estas instalaciones pueden definirse como estructuras para represado, sujetas a normas de control en cuanto a forma, profundidad y superficie. Se diseñan y se construyen específicamente para el tratamiento de aguas negras, por proceso de auto purificación biológicos, químicos y físicos. El funcionamiento de las lagunas descansa en dos formas primitivas de vida: algas y bacterias. La fuente de energía es el sol. Esta energía unida a las propiedades fotosintéticas de las algas, las capacita para utilizar los desechos orgánicos parcialmente fermentados, principalmente bióxido de carbono para producir más células de algas y liberar oxígeno que estimula las actividades de las bacterias aerobias. (López , 2010).

Su principal aplicación es el tratamiento completo de aguas negras y ciertos desechos industriales. Tienen las siguientes ventajas:

- costos mínimos de operación y mantenimiento;
- tratamiento eficaz de alto grado;
- bajas inversiones de capital.

Cuando se diseña para recibir desechos pre-tratados o se usan como tratamiento secundario, después del tratamiento primario convencional, se llama laguna de oxidación.

Desde el punto de vista de la Salud Pública, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Deberá evitarse el contacto humano con el contenido de las lagunas.
- Debe prohibirse cualquier uso de las lagunas con fines recreativos.
- El ganado no debe tener acceso a ellas.
- Debe evitarse el desarrollo de mosquitos por el control adecuado del crecimiento de plantas, tanto en las orillas como dentro de la laguna.
- Debe evitarse la proximidad de las lagunas a los abastecimientos de agua y a otras fuentes o instalaciones susceptibles de contaminación.

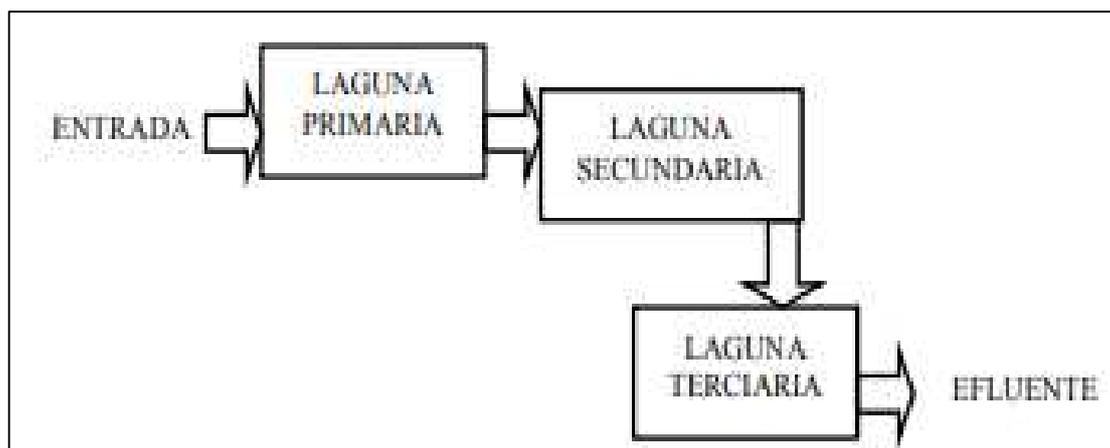
- De ser posible, deberá impedirse su localización en zonas de suelo poroso y formaciones de roca fisurada o bien tomarse precauciones especiales para lograr un sellado efectivo del piso y bordos.

Una laguna de estabilización de aguas residuales es una estructura simple para embalsar agua, de poca profundidad de 1 a 4 m y con períodos de retención de uno a cuarenta días. Las lagunas de estabilización, tienen como propósito explícito conseguir que las aguas acumuladas en ellas lleguen a cumplir un conjunto de parámetros cuantitativos, fijados por ley, que permitan su descarga al ambiente receptor sin ocasionar problemas ambientales ulteriores e, inclusive, ser utilizadas para riego de cultivos en general. (Martinez Guillen & Guzman Saenz, 2003).

De acuerdo con la secuencia del flujo de una batería de lagunas, se pueden tener lagunas en serie o en paralelo.

#### 1.4.1. Lagunas en serie.

Conjunto de lagunas que se suceden unas a otras y que están relacionadas entre sí como lo indica la Ilustración 1.1. La calidad bacteriológica del efluente al colocar varias lagunas facultativas en serie ofrece una gran mejoría en la estabilización de las aguas residuales.



**Ilustración 1.1.** Sistema de lagunas en serie.

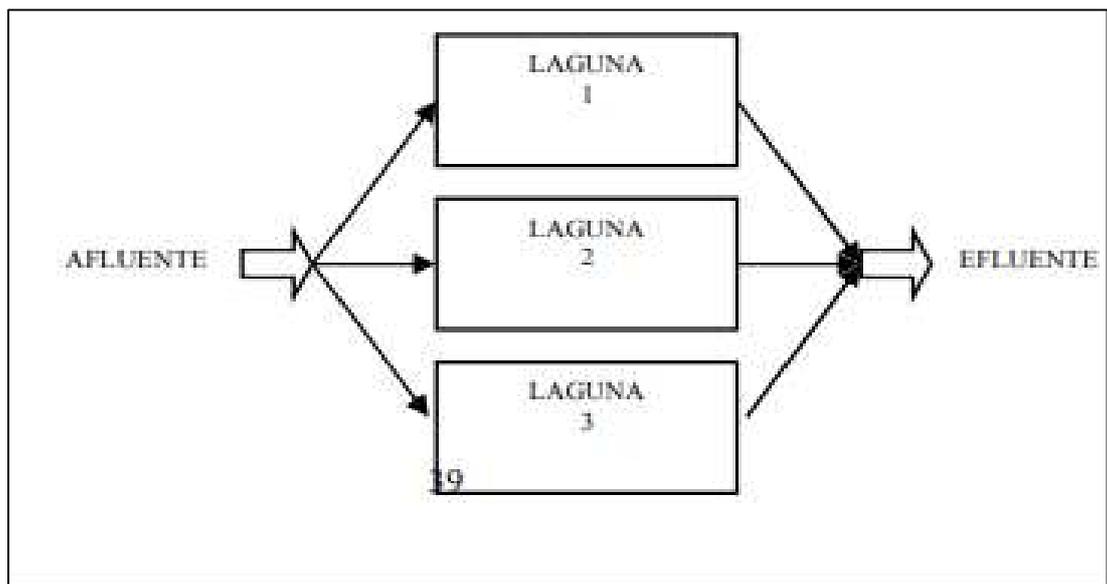
**Fuente:** (Martínez Guillen & Guzmán Sáenz, 2003)

El funcionamiento del sistema de lagunas en serie, resulta beneficioso en aquellos casos en que el alto nivel de DBO o eliminación de coliformes sea importante. Los efluentes de las lagunas facultativas en serie tienen una concentración de algas mucho menor que la obtenida en los sistemas en paralelo, con una disminución resultante del color y la turbidez. Este tipo de sistema se acepta cuando hay disponibilidad de terreno. (Robledo , 2012)

#### 1.4.2.Lagunas en paralelo.

Son dos o más circuitos que se conectan independientemente a uno principal y se identifica en la ilustración 1.2.

El uso de estas lagunas no incrementa considerablemente la calidad del efluente, pero en cambio, ofrece muchas ventajas de construcción y operación; ya que las lagunas primarias acumulan una gran cantidad de lodos, y requieren ser limpiadas periódicamente. (Martinez Guillen & Guzman Saenz, 2003)



**Ilustración 1.2.** Sistema de lagunas en paralelo.

**Fuente:** (Martínez Guillen & Guzmán Sáenz,2003)

Un buen diseño debe de tener por lo menos de dos lagunas primarias en paralelo. Las lagunas primarias acumulan gran cantidad de lodos por lo que en ocasiones requieren de ser limpiadas periódicamente. Las lagunas anaerobias, en algunos casos deben de ser limpiadas de los lodos inorgánicos acumulados debido a su menor tiempo de retención. (Robledo , 2012)

## **1.5. Tipos de lagunas de estabilización.**

### **1.5.1.Lagunas aerobias.**

Son grandes depósitos de poca profundidad donde los microorganismos se encuentran en suspensión y prevalecen condiciones aerobias. El oxígeno es suministrado en forma natural por la aeración de la superficie artificial o por la fotosíntesis de las algas. La población biológica comprende bacterias y algas principalmente protozoarios y rotíferos en menor medida. Las algas constituyen la mejor fuente de oxígeno, para mantener las condiciones aerobias y los protozoarios y rotíferos ayudan a mejorar la calidad del efluente al alimentarse de las bacterias.

Reciben aguas residuales que han sido sometidos a un tratamiento y que contienen relativamente pocos sólidos en suspensión. En ellas se produce la degradación de la materia orgánica mediante la actividad de bacterias aerobias que consumen oxígeno producido fotosintéticamente por las algas. ( Cárdenas Murillo , 2012)

### **1.5.2.Lagunas anaerobias.**

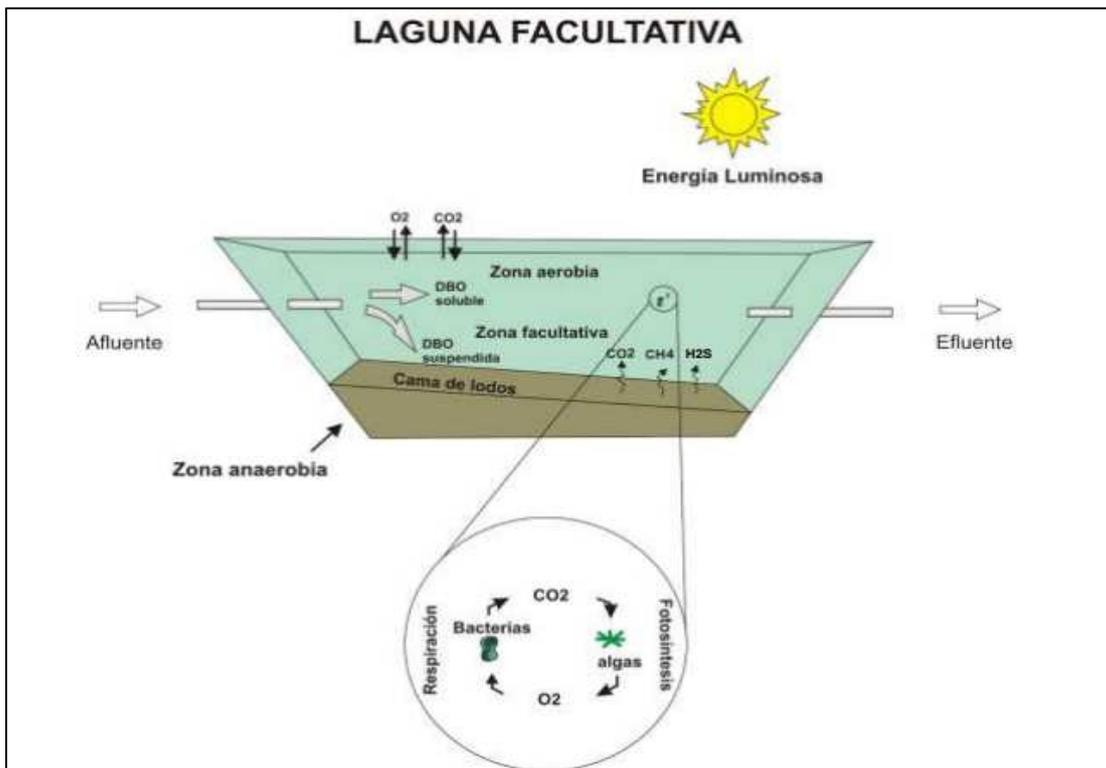
Si el oxígeno está ausente en toda la laguna se clasifica como laguna anaerobia, y es cuando la carga orgánica aumenta mucho, la DBO excede la producción de oxígeno de las algas, actuando como un digestor anaeróbico abierto. Son estanques de mayor profundidad, con tiempos de retención del agua residual en ellas de 5 días. En éste tipo de lagunas anaerobias no se remueven los flotantes para conservar el calor y para aislar la laguna del oxígeno atmosférico.

El tratamiento se lleva a cabo por la acción de bacterias anaerobias. Como consecuencia de la elevada carga orgánica y el corto periodo de retención del agua residual, el contenido de oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año. ( Cárdenas Murillo , 2012)

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 particularidad o ventaja de esta clase de tratamiento, es que pueden procesar altos niveles de carga orgánica, a diferencia de las aeróbicas, su principal desventaja, es que son susceptibles de generar malos olores.

### 1.5.3. Lagunas facultativas.

Las lagunas facultativas son las más utilizadas, tienen la característica de poseer una zona superior aerobia y otra zona inferior anaerobia, existe una zona de transición en donde viven las bacterias facultativas como se muestra en la ilustración 1.3. Este tipo de lagunas se proyectan para tiempos de retención altos y cargas orgánicas bajas.



**Ilustración 1.3.** Esquema de una laguna facultativa.

**Fuente:** Von Sperling (2007), citado por (Vanegas-Benavides & Reyes Rodríguez, 2017)

Una laguna facultativa se caracteriza por presentar tres zonas:

- 1) La zona superficial, donde las bacterias aerobias y algas coexisten simbióticamente como en las lagunas aerobias;
- 2) La zona del fondo, de carácter anaerobio, donde los sólidos se acumulan y son descompuestos, fermentativamente, y
- 3) Una zona intermedia, parcialmente aerobia y parcialmente anaerobia, donde la descomposición de la materia orgánica se realiza mediante bacterias aerobias, anaerobias y facultativas.

En las lagunas facultativas se deja que los sólidos en suspensión en el agua residual se depositen en el fondo. Como resultado de ello no se precisa la presencia de algas. El producto de la descomposición en la zona anaerobia hace que se liberen sólidos coloidales y sustancia disueltas que sirven de alimento a los microorganismos facultativos y aerobios que se encuentran en la capa superior de la laguna.

Las lagunas facultativas se dividen a su vez en lagunas cerradas y en lagunas de descarga controlada. Las primeras se aplican en climas en los cuales las pérdidas por evaporación son mayores que el gasto del influente que la precipitación pluvial. Mientras que las de descarga controlada tienen largos tiempos de retención y el efluente se descarga una o dos veces al año cuando la calidad es satisfactoria.

#### **1.5.3.1. Indicaciones de buen funcionamiento de las lagunas facultativas.**

(Vanegas & Reyes, 2017) afirman que: la inspección visual de las lagunas de estabilización proporciona información relativa a la forma en que están operando. Algunos de los indicadores cualitativos más importantes en el funcionamiento y estabilidad del sistema son el color, la observación al microscopio de los organismos y el olor.

La emisión de malos olores normalmente es causada por sobrecarga de la laguna, el aumento repentino en la carga orgánica, los cambios en la composición del agua residual o el desarrollo de condiciones anaerobias. Generalmente, provienen de los depósitos de lodo flotante y de la vegetación en putrefacción de la propia laguna.

Rolím (1999) citado en Vanegas & Reyes, (2017) menciona que una laguna facultativa o de maduración está funcionando adecuadamente cuando:

- El agua presenta una coloración verde intensa y está prácticamente libre de sólidos sedimentados. La coloración es más pálida para las lagunas de maduración. Las coloraciones verde – azuladas denotan la presencia de algas verdiazules (cianofíceas), que tienen efectos negativos por su menor productividad y tendencia a la formación de agregados que impiden que los rayos solares penetran con mayor profundidad;
- La superficie del agua está libre de toda materia sólida;

- Existe ausencia de plantas acuáticas y malas hierbas en los taludes.

### **1.5.3.2. Problemas de funcionamiento de las lagunas facultativas**

En caso que la laguna facultativa esté presentando problemas en su funcionamiento, el Ing. Sergio Rolím (1999) afirma que se pueden presentar acumulación de materias flotantes, aparición de malos olores, desarrollo de coloraciones rosa o rojo, anomalías de flujo, crecimiento de malas hierbas y plantas acuáticas y desarrollo de mosquitos y otros insectos. (citado en Vanegas & Reyes, 2017, p.6).

Por otra parte, las lagunas facultativas pueden sobrecargarse orgánicamente, en este caso, opera como laguna anaerobia. El fenómeno de sobrecarga en una laguna facultativa se refleja en la inhibición del desarrollo de las microalgas por la presencia del sulfuro de hidrógeno, ácidos volátiles o un ambiente fuertemente reductor. La ausencia de luz debida al contenido de materia suspendida en el cuerpo de agua y la absorción de la radiación solar por las natas formadas (generalmente de color negro) fomentan la generación de sulfuro ferroso, limitando también la producción fotosintética de oxígeno. Una laguna operando en esas condiciones se encuentra propensa a un mal funcionamiento, generación de olores ofensivos, propagación de insectos y a una pobre eficiencia

## **1.6. Parámetros considerados para evaluar la eficiencia del funcionamiento en el tratamiento de las aguas residuales.**

### **1.6.1. Parámetros físicos.**

#### **1.6.1.1. La temperatura.**

La temperatura es un parámetro muy importante que afecta tanto a las propiedades fisicoquímicas como a las biológicas del agua. Aumentos en la temperatura disminuyen la solubilidad de los gases disueltos en agua como el O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, y su viscosidad. Sin embargo, la velocidad de las reacciones bioquímicas se ve incrementada con la temperatura y esto puede afectar a la viabilidad de las especies en un sistema acuático. (Pachés Giner & Martínez Guijarro, 2018).

### **1.6.1.2. Sólidos Totales (ST)**

Es un índice de la cantidad de sustancias presentes en el agua, bien sea sólidos sedimentables, suspendidos y disueltos presentes en dicha muestra, este parámetro proporciona información específica acerca de la calidad del agua; cuando se reduce este patrón a su vez se disminuye las unidades de color y turbiedad del cuerpo de agua. (Funeme Mayoral, 2017)

- **Sólidos Sedimentables:** Son aquellos que después de un tiempo de espera tienden a sedimentarse, es decir, a caer al fondo del recipiente, lago, laguna etc.
- **Sólidos Suspendidos:** Corresponde a la cantidad de material que es retenido en una membrana luego de haber realizado una filtración al vacío, este factor es determinante en la calidad del agua, puesto que la alta presencia de sólidos suspendido aumenta la turbiedad y por consiguiente se reduce el paso de luz al cuerpo de agua (reducción actividad fotosintética).

### **1.6.1.3. Color**

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbidez o presentarse independiente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color, se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etc. (Pradillo, 2016)

Se considera que el color natural del agua puede originarse por las siguientes causas:

- la descomposición de la materia;
- la materia orgánica del suelo;
- la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos

En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados.

### **1.6.1.4. Olor**

El olor presente en las aguas residuales es resultado de los gases que se liberan cuando la materia orgánica se descompone, se debe principalmente por el alto

contenido de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y otras sustancias volátiles, los cuales se origina por la acción de microorganismos anaerobios. Es muy importante tener en cuenta esta característica porque las personas de una población determinada pueden ver afectada su calidad de vida por este olor que es desagradable. Se pueden eliminar el mal olor en las aguas residuales con el uso de membranas y agentes oxidantes que permiten descomponer los enlaces de las moléculas generadoras de malos olores. (Sárquis Martínez, 2017).

#### **1.6.1.5. Evaporación**

Como se cita en (Cortés Martínez, Treviño Cansino, & Tomasini Ortiz, 2017,p.35).

La evaporación e infiltración determinan la reducción del caudal en el efluente de una laguna; al reducirse el gasto, la concentración de contaminantes y salinidad es mayor. Los efectos anteriores perjudican el tratamiento biológico de la planta. La evaporación e infiltración dependen también de las condiciones climáticas y geológicas del lugar donde se piense hacer el estudio. Por ejemplo: temperatura, humedad del aire, viento y suelo. La evaporación que debe tomarse para el diseño de un sistema de tratamiento es la tasa neta de evaporación anual y la del mes más cálido.

### **1.6.2. Parámetros químicos**

#### **1.6.2.1. La demanda bioquímica de oxígeno.**

Se define la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) como la cantidad de oxígeno utilizada por los microorganismos heterótrofos en el proceso de degradación biológica de la materia orgánica presente en el agua. Permite determinar la parte biodegradable de la materia orgánica presente en una muestra. (Pachés Giner & Martínez Guijarro, 2018).

El consumo de oxígeno en una muestra de agua residual es debido principalmente a tres clases de compuestos:

- Compuestos orgánicos carbonáceos utilizados por los organismos heterótrofos aerobios como fuente de alimento (DBO carbonosa)
- El amoníaco y otros compuestos de nitrógeno reducidos ( $N-NH_4$  ,  $N-NO_2$  y  $N$  orgánico ) que son oxidados a nitrato por las bacterias nitrificantes

(género, Nitrosomonas y Nitrobacter ), consumiendo oxígeno ya que estas bacterias autótrofas son aerobias (DBO no carbonosa; DBO nitrogenosa)

Según (Funeme, 2017) afirma que: “la cantidad de materia orgánica contenida en la muestra es directamente proporcional a la cantidad de oxígeno que requiere una población bacteriana para digerirla”

#### **1.6.2.2. La Demanda Química de Oxígeno (DQO).**

La DQO es la cantidad de oxígeno requerido para oxidar por vía química la materia orgánica de una muestra, sea de agua natural, residual municipal o industrial, a CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N-NH<sub>4</sub>, P-PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, etc. La DQO determina la cantidad total de materia orgánica incluyendo tanto la parte biodegradable (que se puede determinar con la DBO) como la parte no biodegradable. (Pachés Giner & Martínez Guijarro, 2018).

Es la cantidad de oxígeno que consumen los diversos microorganismos en el agua para degradar la materia orgánica presente en una muestra de agua, es similar a la DBO<sub>5</sub>, pero se diferencia que en esta prueba se utilizan soluciones ácidas para oxidar completamente la carga orgánica presente en la muestra de agua. (Funeme, 2017)

#### **1.6.2.3. PH (Potencial de hidrogeno).**

El pH mide la concentración de protones, es decir, de iones H<sup>+</sup> que contiene una disolución determinada. Es una medida de la acidez o basicidad de una disolución acuosa. Es una de las medidas más importantes y frecuentes en el control de la calidad del agua, porque en todas las fases de potabilización y de tratamiento de aguas residuales los procesos de neutralización ácido-base, ablandamiento de agua, precipitación, coagulación, desinfección y corrosión son dependientes del pH. Además, en sistemas naturales el pH afecta al equilibrio carbónico-carbonato, a la especiación química de elementos y, por tanto, a la diversidad de especies.

#### **1.6.2.4. Oxígeno disuelto**

En el agua se pueden encontrar diversos gases como el nitrógeno N<sub>2</sub>, el oxígeno O<sub>2</sub>, y el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. De todos ellos, la concentración de oxígeno es vital para la biodiversidad. Parámetros como la temperatura, la presión parcial del gas en la atmósfera, la solubilidad, la actividad biológica (fotosíntesis-

respiración-degradación de la materia orgánica) y la nitrificación puede causar modificaciones en la concentración de este gas en el agua. Por todo ello, el análisis de este parámetro es fundamental para el control de la calidad del agua en sistemas naturales y para evaluar la contaminación y el seguimiento de los distintos tratamientos que se aplican a las aguas residuales.

#### **1.6.2.5. Plomo**

Prácticamente no existe en las aguas naturales superficiales, pudiendo detectarse su presencia en algunas aguas subterráneas. Su presencia en aguas superficiales generalmente proviene es consecuencia de vertidos industriales. En instalaciones antiguas, la mayor fuente de plomo en el agua de bebida proviene de las tuberías de abastecimiento y de las uniones de plomo. Si el agua es ácida, puede liberar gran cantidad de plomo de las tuberías, principalmente en aquellas en las que el líquido permanece estancado por largo tiempo. (Pradillo, 2016).

#### **1.6.2.6. Nitritos y nitratos**

Las concentraciones altas de nitratos generalmente se encuentran en el agua en zonas rurales por la descomposición de la materia orgánica y los fertilizantes utilizados. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

### **1.6.3. Parámetros Biológicos**

(Pradillo, 2016) define que: Las aguas poseen en su constitución una gran variedad de elementos biológicos, desde microorganismos hasta peces. El origen de los microorganismos puede ser natural, provenir de contaminación por vertidos industriales o por arrastre de los existentes en el suelo por acción de la lluvia. La cantidad de microorganismos va acompañando las características físicas y químicas del agua, ya que cuando el agua tiene temperaturas templadas y materia orgánica disponible, la población crece y se diversifica.

### **1.6.3.1. Algas**

Contienen fundamentalmente clorofila necesaria para las actividades fotosintéticas y por lo tanto necesitan la luz solar para vivir y reproducirse. La mayor concentración se da en los lagos, lagunas, embalses, remansos de agua y con menor abundancia en las corrientes de agua superficiales. Las algas a menudo tienen pigmentos que pueden colorear el agua.

### **1.6.3.2. Bacterias**

Las que se pueden encontrar en el agua son de géneros muy numerosos, pero las patógenas para el hombre son las bacterias coliformes y los estreptococos, que se utilizan como índice de contaminación fecal.

### **1.6.3.3. Hongos, mohos y levaduras**

Pertenecen al grupo de bacterias, pero no contienen clorofila y en general son incoloras. Todos estos organismos son heterótrofos y en consecuencia dependen de la materia orgánica para su nutrición.

## **1.7. Tiempo de retención hidráulica.**

El tiempo de retención está relacionado con la actividad que realizan las bacterias, por lo tanto, se define como el tiempo necesario para que los microorganismos realicen la estabilización de la materia orgánica que se encuentra en la laguna de estabilización.

El tiempo de retención hidráulica cambia dependiendo de las condiciones climáticas, variando entre 5 y 30 días de acuerdo a la temperatura de la zona, siendo el tiempo menor en lugares donde la temperatura del agua es mayor, ya que se logra reducir el área de la laguna. (Ortiz Bardales, 2014).

## **1.8. Marco legal.**

Para el sector de servicios básicos de saneamiento y manejo de recursos hídricos y sus obras de recuperación, conservación y protección en materia ambiental es de interés social, para lo cual existen leyes y normativas ejecutables. Entre la que se resalta la Constitución de la República del Ecuador la misma que se encarga del manejo, el control y evaluación de los tratamientos de aguas residuales particularmente en su capítulo segundo, derechos del buen vivir, sección segunda, Art. 14 indica que, “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.” (Constitución, 2008).

El marco legal que sostiene el bienestar y el derecho de vivir en un ambiente sano a los ciudadanos ecuatorianos se rigen a través de leyes, ordenanzas, reglamentos y acuerdos que se resumen a continuación:

- Ley de Gestión Ambiental.
- Ley Orgánica de Salud.
- Ley de la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. –
- Ley de Aguas.
- Ley Orgánica de Recurso Hídricos.
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).
- Acuerdo Ministerial N°. 028, Sustituyese el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA).
- Ordenanza para regular el funcionamiento de del sistema de alcantarillado sanitario, drenaje pluvial y control de vertederos de aguas residuales residenciales y no residenciales del cantón Manta.
- Reglamento Reformatorio al Reglamento de Descargas y Efluentes Líquidos de EAPAM, aprobado en marzo 29 del 2006

Para la presente investigación solo se definirá el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), ya que es la norma vigente que se encarga de controlar los parámetros máximo permisibles para descargar aguas residuales a un efluente natural causando el menor daño posible al medio ambiente.

### **1.8.1. Acuerdo Ministerial N°. 028, Sustituyese el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA).**

#### **Disposiciones preliminares**

**Art. 1 Ámbito.** - El presente Libro establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental.

**Art. 2 Principios.-** Sin perjuicio de aquellos contenidos en la Constitución de la República del Ecuador y las leyes y normas secundarias de cualquier jerarquía que rijan sobre la materia, los principios contenidos en este libro son de aplicación obligatoria y constituyen los elementos conceptuales que originan, sustentan, rigen e inspiran todas las decisiones y actividades públicas, privadas, de las personas naturales y jurídicas, pueblos, nacionalidades y comunidades respecto a la gestión sobre la calidad ambiental, así como la responsabilidad por daños ambientales.

**Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua.**

La norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

**La presente norma técnica determina o establece:**

- Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
- Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- Permisos de descarga;
- Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas, de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;
- Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.

## **Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos**

- Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
- Criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
- Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.
- Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
- Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
- Criterios de calidad para aguas de uso estético

## **Normas generales de descarga de efluentes**

- Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
  - Descarga a un cuerpo de agua dulce.
  - Descarga a un cuerpo de agua marina.
- Permisos de descarga
- Parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas.

## **Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina**

- Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante y la Entidad Ambiental de Control. Dichos sistemas deberán ajustarse a lo establecido en la presente Norma, sin embargo los municipios podrán establecer regulaciones más restrictivas de existir las justificaciones técnicas.
- Se prohíbe todo tipo de descarga en:

1. Las cabeceras de las fuentes de agua.
  2. Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
  3. Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.
- Los regulados que exploren, exploten, refinén, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua deberán contar y aplicar un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control.
  - Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen.
  - En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.
  - Para el caso de industrias que capten y descarguen en el mismo cuerpo receptor, la descarga se hará aguas arriba de la captación.
  - Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se establece lo siguiente:
    1. a) Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de cincuenta (50) metros, y la aplicación aérea de los mismos, dentro de una franja de cien (100) metros, medidas en ambos casos desde las orillas de todo cuerpo de agua,
    2. b) La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente, requerirá el informe y autorización previa del Ministerio de Agricultura y Ganadería.
    3. c) Además de las disposiciones contenidas en la presente Norma, se deberá cumplir las demás de carácter legal y reglamentario sobre

el tema, así como los listados referenciales de la Organización para la Agricultura y Alimentos de Naciones Unidas (FAO).

- Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación (ver tabla 1.1).

**Tabla 1.1.** Límites de descarga e un cuerpo de agua dulce.

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	NO DETECTABLE
Aldehídos		mg/l	2,0
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
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		<sup>1</sup> Remoción > al 99,9 %
Color real	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)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0

<sup>1</sup> Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Materia flotante	<b>Visibles</b>		<b>Ausencia</b>
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de 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 Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	130
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> =	mg/l	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: TULSMA 2015

Toda descarga a un cuerpo de agua marina, deberá cumplir, por lo menos con los siguientes parámetros:

**Tabla 1.2.** Límites de descarga e un cuerpo de agua marina

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas		mg/l	0,3
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,2
Cianuro total	CN-	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		<sup>2</sup> Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O5.	mg/l	200
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	400
Fósforo Total	P	mg/l	10
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,2
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	250
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,25
Temperatura	°C		< 35

<sup>2</sup> Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000 quedan exentos de tratamiento

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Zinc	Zn	mg/l	10

**Fuente:** TULSMA 2015.

Se prohíbe la descarga de efluentes hacia cuerpos de agua severamente contaminados, es decir aquellos cuerpos de agua que presentan una capacidad de dilución o capacidad de carga nula o cercana a cero. La Entidad Ambiental de Control decidirá la aplicación de uno de los siguientes criterios:

a) Se descarga en otro cuerpo de agua

b) Se exigirá tratamiento hasta que la carga contaminante sea menor o igual a 1,5 del factor de contaminación de la tabla 1.3 (Factores Indicativos de Contaminación)

Ante la inaplicabilidad para un caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia de un parámetro relevante para la descarga bajo estudio, la Entidad Ambiental de Control tomará el siguiente criterio de evaluación. El regulado deberá establecer la línea de fondo o de referencia del parámetro de interés en el cuerpo receptor. El regulado determinará la concentración presente o actual del parámetro bajo estudio en el área afectada por sus descargas. Así, se procede a comparar los resultados obtenidos para la concentración presente contra los valores de fondo o de referencia. Se considera en general que una concentración presente mayor tres veces que el valor de fondo para el agua es una contaminación que requiere atención inmediata por parte de la Entidad Ambiental de Control. (ver tabla 1.3).

**Tabla 1.3.** Factores indicativos de contaminación

<b>FACTOR DE CONTAMINACIÓN (CONCENTRACIÓN PRESENTE/ VALOR DE FONDO)</b>	<b>GRADO DE PERTURBACIÓN.</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
< 1,5	0	Cero o perturbación insignificante
1,5 – 3,0	1	Perturbación evidente.
3,0 – 10,0	2	Perturbación severa.
> 10,0	3	Perturbación muy severa.

**Fuente:** TULAS 2003

Los valores de fondo de mayor confiabilidad serán aquellos derivados de muestras a tomarse en aquellas partes inmediatas fuera del área bajo estudio, que se considere como no afectada por contaminación local. En el caso de ausencia total de valores de fondo de las áreas inmediatas fuera del área bajo estudio, se podrá obtener estos valores de estudios de áreas regionales o nacionales aplicables. Para determinar el valor de fondo o de referencia, al menos 5 muestras deben ser tomadas, si se toman entre 5 a 20 muestras, el valor más alto o el segundo más alto deben ser seleccionados como valor de fondo. Si se toman más de 20 muestras, se podrán utilizar los valores medidos que correspondan con el 90vo. o 95vo. Percentil. Los valores de fondo empleados no podrán ser menores a los presentados en esta Norma, de acuerdo a los parámetros de calidad y usos establecidos. La Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras

Si la concentración presente es menor a tres veces que el valor de fondo, la Entidad Ambiental de Control dará atención mediata a esta situación y deberá obligar al regulado a que la concentración presente sea menor o igual a 1,5 que el valor de fondo.

Los valores de fondo de mayor confiabilidad serán aquellos derivados de muestras a tomarse en aquellas partes inmediatas fuera del área bajo estudio,

que se considere como no afectada por contaminación local. En el caso de ausencia total de valores de fondo de las áreas inmediatas fuera del área bajo estudio, se podrá obtener estos valores de estudios de áreas regionales o nacionales aplicables.

La Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras.

- Los municipios serán las autoridades encargadas de realizar los monitoreos a la calidad de los cuerpos de agua ubicados en su jurisdicción, llevando los registros correspondientes, que permitan establecer una línea base y de fondo que permita ajustar los límites establecidos en esta Norma en la medida requerida.
- Se prohíbe verter desechos sólidos, tales como: basuras, animales muertos, mobiliario, entre otros, y líquidos contaminados hacia cualquier cuerpo de agua y cauce de aguas estacionales secas o no.
- Se prohíbe el lavado de vehículos en los cuerpos de agua, así como dentro de una franja de treinta (30) metros medidos desde las orillas de todo cuerpo de agua, de vehículos de transporte terrestre y aeronaves de fumigación, así como el de aplicadores manuales y aéreos de agroquímicos y otras sustancias tóxicas y sus envases, recipientes o empaques.

### **1.9. Métodos de prueba**

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros determinados en esta Norma Oficial Ecuatoriana, se deberán aplicar los métodos establecidos en el manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", en su más reciente edición. Además, deberán considerarse las siguientes Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **2.1. Diseño metodológico**

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo ya que está encaminada en el cumplimiento de las normas ambientales vigentes, de tal manera que no solo se restringe en la recolección de datos mediante el muestreo y el análisis de la calidad del agua residual, también se fundamenta en la operación y en la eficiencia del sistema de lagunas facultativas de 2.00 y 2.50 metros de profundidad.

#### **2.1.1. La investigación bibliográfica.**

Esta metodología permite recopilar información por medio de libros, artículos científicos y páginas webs que contenga información de interés relacionado a los sistemas de lagunas facultativas de manera general y particular, es decir que este tipo de investigación proporciona el conocimiento y los resultados de investigaciones existentes.

#### **2.1.2. La investigación de campo.**

Los datos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de la investigación se obtuvieron directamente en el sitio de estudio, para la presente investigación realizamos visitas técnicas, lo que nos permitió entender el funcionamiento y la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manta y a través de los muestreos podemos determinar la calidad del agua que será descargada a un efluente natural.

##### **2.1.2.1. Observación:**

La observación es la técnica de la investigación que permite estar en contacto con una situación o fenómeno en el lugar de los hechos, para este estudio se utilizó la observación directa, debido a que se realizara visitas periódicas para evaluar la calidad del agua y el funcionamiento de la planta de tratamiento.

Los métodos a utilizar son los siguientes:

### **2.1.3. Método analítico**

Este método permite comprender la esencia de un todo, para aquello partimos de lo general que son los problemas de contaminación y enfermedades producidos por las descargas de aguas residuales si un tratamiento adecuado.

Este método permite llegar del análisis a lo más concretos que para el tratamiento de aguas residuales son los distintos parámetros que indican la calidad del agua: La Demanda bioquímica de oxígeno, La Demanda química de oxígeno, El Potencial de hidrógeno, Los Sólidos suspendidos y Los Sólidos totales.

### **2.1.4. Método experimental**

Este método permite controlar y manipular las variables independientes, debido a esto simulamos 2 lagunas facultativas en recipientes de fibra de vidrio de diferentes profundidades. Al tomar las muestras de agua residual en cada recipiente nuestras variables dependientes tomaron valores distintos a los que indican las normativas ambientales, dependiendo de la profundidad y del tiempo de retención hidráulica.

## **2.2. Caracterización de la zona de estudio.**

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manta se encuentra ubicado al Sur de la misma. Están ubicadas junto al cauce del río Manta, a unos mil quinientos metros aguas arriba del cruce del río con la vía circunvalación.

Las aguas servidas que se tratan en este lugar se vierten al río Manta para ser conducida hasta el mar para su disposición final. La operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Manta está dirigida por la Empresa pública de Aguas de Manta EPAM

El sistema de tratamiento de aguas servidas de Manta fue diseñado por gestión de la Autoridad Portuaria de Manta con un convenio entre Aquaestudio y CEPA, su estudios y diseños se realizaron en 1971 y entro en operación en el año de 1973. Se inició con un sistema de dos lagunas anaerobias y dos lagunas facultativas las cuales operan en paralelo, en el año de 1990 se realizaron dos lagunas más de tipo facultativa la cual tenían la función de una laguna de

pulimentos. Debido al crecimiento de la población de Manta en el año 2012 se realizan un nuevo diseño de lagunas, las cuales trabajan paralelamente en grupo de cuatros y al mismo tiempo en serie. Las instalaciones tienen un área total de 25 Ha.



**Ilustración 2.1.** Vista aérea de la planta de tratamiento de aguas residuales de Manta

**Fuente:** Google Earth

Actualmente el sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manta, se compone de tres etapas:

La primera etapa está formada por un tratamiento primario, las cuales están formadas por lagunas anaerobias, en esta fase las aguas servidas son retenidas durante un periodo de 3 días.

En la segunda etapa se utilizan un sistema de lagunas facultativas y las cuales cumplen la función de tratamiento secundario, en esta etapa el agua es retenida por un periodo que va desde los 3 y 4 días.

La última etapa de este sistema está formada por lagunas de maduración o de pulimentos, las cuales cumplen la función de tratamiento terciario en la que se

destaca la eliminación de bacterias, e inclusive algas, en esta fase el periodo de retención varía entre 5 y 7 días.

### **2.3. Materiales y métodos.**

Para la realización de este proyecto de investigación se utilizaron los siguientes materiales:

#### **De campo.**

- Recipiente de 2.00 y 2.50 metros de profundidad
- Baldes y cabo
- Equipos de protección (Botas, Guantes quirúrgicos, Guantes de caucho, alcohol y mascarilla).
- Hielera Portátil.

#### **De Laboratorio.**

- Espectrofotómetro
- Reactivos
- Placas Petri
- Laminar Digestor para DQO
- Respirometro para DBO5
- Incubadora para DBO5
- HACH/HQ40d Portable Multi-Electrodo Intellical CDC401/ LDO101/ PHC301.
- Brand:HACH/ Type: DR-890/portable spectrophotometer.
- HACH/DRB200/ Digital Reactor Bloc

#### **De oficina.**

- Computadoras
- Teléfonos
- Libros

### **2.4. Procedimiento.**

Se inició con la identificación del afluente del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manta, la misma que nos permitió llenar dos recipientes de fibra de vidrio de 2.00 y 2.50 metros de profundidad y que

representan un sistema de tipo facultativo. Una vez obtenidas las muestras se las trasladan inmediatamente al laboratorio para el respectivo análisis de los parámetros físicos y químicos: (Sólidos Suspendidos(SS), potencial de Hidrogeno (pH), Sólidos totales (ST), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO<sub>5</sub>)). Con los resultados se obtiene el periodo de retención hidráulico óptimo que servirá para fines de investigación y para emitir una propuesta que beneficie a los ciudadanos y al medio ambiente.

#### **2.4.1. Preparación y ubicación de los recipientes de ensayo.**

Los recipientes de 2.00 y de 2.50 metros fueron ubicados cerca del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Manta, permitiendo llenar los recipientes sin ningún inconveniente, además porque el sitio presentaba las condiciones óptimas para simular una laguna de característica facultativa. Para la ubicación de los recipientes se procedió a limpiar y a nivelar el terreno con el fin de que no haya afectaciones al comportamiento mientras ocurre el proceso de degradación de la materia orgánica.



**Ilustración 2.2.** Nivelación y ubicación de los recipientes de ensayos.

**Fuente:** Autores

Los puntos de referencia de la ubicación de los recipientes de detalla a continuación:

**Tabla 2.1.** Localización georreferenciada de los recipientes de ensayos.

<b>Recipiente</b>	<b>Zona</b>	<b>Coordenada Este</b>	<b>Coordenada Norte</b>	<b>Elevación</b>
<b>2.00 metros</b>	<b>17 M</b>	527671.08 m E	9893030.47 m S	20 msnm
<b>2.50 metros</b>	<b>17 M</b>	527673.80 m E	9893029.15 m S	20 msnm

Fuente: Autores

### **2.4.2. Características y dimensiones de los recipientes.**

Para la simulación de un sistema facultativo se utilizaron dos recipientes de forma cilíndrica del mismo material, en cuanto a altura uno tiene 2.00 metros y el otro 2.50 metros. Están elaborados con fibra de vidrio, tienen 1 cm de espesor y su base está elaborada con láminas geosintética la misma que evita la infiltración.

Las dimensiones y la capacidad de cada recipiente para simular un sistema de laguna facultativas a escala real han sido determinada mediante otros estudios y en base a la experiencia y conocimiento del Ing. Gustavo Mero. En la tabla 2.2. se resumen las características de cada recipiente.

**Tabla 2.2.** Medidas de los recipientes de 2,00 Y 2.50 metros de profundidad.

<b>Recipiente</b>	<b>Altura total de recipiente</b>	<b>Borde libre</b>	<b>Profundidad de llenado</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Volumen de agua residual</b>
	<b>(m)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m<sup>3</sup>)</b>
<b>R 2.00</b>	2,3	30	2	0,6	0,565
<b>R 2.50</b>	2,8	30	2,5	0,6	0,707

Fuente: Autores

### **2.4.3. Llenado de recipientes con agua residual.**

La estación de bombeo Miraflores se encarga de impulsar el agua residual que llega a sus instalaciones, estas aguas son captada en el afluente de la planta de tratamiento para posteriormente ser introducida al tratamiento primario.

Los recipientes se llenaron directamente del afluente, debido a que en este punto no se recibe tratamiento alguno.



**Ilustración 2.3.** Afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Manta.

**Fuente:** Autores

Mediante tachos y equipo de protección se procedió a llenar los recipientes de 2.00 y 2.50 metro simulando un sistema lagunar de tipo facultativo, el mismo que permitió determinar la calidad de agua residual para poder descargarse a un cuerpo receptor, para aquello se realizó una comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio con las normas ambientales vigentes.



**Ilustración 2.4.** Transporte y llenado de recipientes de 2.00 y 2.50 metros.

**Fuente:** Autores

## **2.5. Plan de muestreo.**

Tomar una muestra no es tan fácil como parece. Además, puede tener sus implicancias en las actividades posteriores que son la preparación y los análisis, es decir que los efectos de los errores durante el muestreo pueden ser más graves que los errores cometidos durante los análisis de las muestras o en la preparación de las mismas. (Reutelshöfer & Guzmán Bejarano, 2015)

Para esta investigación dentro del plan de muestreo se incluye la identificación del lugar y la condición en la cual se realizó el muestreo, así mismo como el intervalo de tiempo y del tipo de muestra que se analizó.

Para la determinación de la muestra partimos de las Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98, Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestra y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo. Cuyas normas establecen las precauciones generales que se debe tomar para conservar y transportar una muestra de agua cuando no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis.

### **2.5.1. Tipo de muestreo.**

El tipo de muestreo que se llevó a cabo es el muestreo puntual, este método permite la recolección de muestras sobre la superficie, a una profundidad conocida y en el fondo. Las muestras representan los parámetros de calidad de agua residual en el lugar que fue tomado y además porque las muestras puntuales son fundamentales para verificar si la calidad de agua cumple con los límites máximos permitidos.

Se utilizó una ficha de campo durante cada toma de muestra, la misma que permitió recolectar datos de gran importancia para la investigación como: El color del agua residual con el pasar de los días, la temperatura ambiente y la evaporación. (Ver Anexo A)

### **2.5.2. Número de muestras.**

El agua residual en circunstancias de tratamiento tiene características muy variables por consecuencia de factores, como la temperatura, el viento, y la radiación solar. Para esta investigación y con el propósito de entender el

comportamiento de un sistema de laguna facultativa, se decidió tomar 7 muestras de agua residual para cada recipiente.

### **2.5.3. Frecuencia de las muestras.**

Las muestras de agua residual fueron tomadas en periodo de 3 y 4 días, con el fin de observar el comportamiento que presenta en el agua residual durante su tratamiento y también con la finalidad de obtener resultados con mayor precisión.

### **2.5.4. Manejo y conservación de la muestra.**

Es muy importante escoger y preparar los recipientes para el llenado de la muestra a analizarse, puede ser en envases de plástico o envases de vidrio. Para el caso de esta investigación se consideró utilizar envases de plástico de 500ml de capacidad.

### **2.5.5. Preparación de recipientes.**

El uso del recipiente es muy apropiado por lo que debe estar libre de cualquier contaminación se recomienda lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra.

El recipiente con el que se toma la muestra se llama muestreador y debe estar siempre limpio y sin restos de agua de la muestra anterior.

Cuando se llega al punto de muestreo se debe identificar las muestras con letra legibles.

### **2.5.6. Llenado del recipiente.**

En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos, químicos, y microbiológicos se debe llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH)

Para el llenado de los envases de cada uno de los recipientes de fibra de vidrio (de 2,00 y 2,50 metros respectivamente), se lo realizó de forma manual, para este estudio se obtuvo muestras de 500 ml. Cabe destacar que como lo indica la NTE INEN 2 169:98, Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestra el llenado del envase debe ser total para el análisis de propiedades

físicas y químicas, es decir no se deben dejar burbujas de aire atrapadas ya que puede alterar la muestra.

### **2.5.7. Identificación de las muestras.**

Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, para que en el laboratorio se permita la identificación sin error.

Anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionados, tipo da análisis a realizarse, etc.)

### **2.5.8. Transporte de la muestra.**

Una vez que la muestra ha sido tomada con éxito siguiendo los parámetros antes expuestos debe ser transportada al laboratorio, se debe utilizar una hielera donde será depositado el envase con la muestra previamente cerrada, la hielera permitirá mantener la muestra a una temperatura ideal con el fin de evitar la alteración de la misma. Se recomienda además no agitar las muestras.

## **2.6. Ensayo de Laboratorio.**

Las aguas servidas que generan las personas y las industrias poseen una gran diversidad de sustancias, para estimar su estado de contaminación y también para conocer en cualquier sistema de tratamiento su eficiencia de degradación se necesita de muchos ensayos y mucho capital. Los parámetros más utilizados para medir la contaminación de las aguas residuales son DBO, DQO, pH, Solidos totales y suspendidos, a más de estos parámetros si se piensa en reutilizar el agua se debe tomar en cuenta el contenido de Nitrógeno, Sulfatos, conductividad eléctrica, fosforo y otros de acuerdo a la necesidad del estudio.

Una vez obtenidas las muestras de manera técnica y cumpliendo con todos los parámetros: tanto de llenado de los recipientes, como del envasado de las muestras y posterior transportación se procede al análisis en el laboratorio. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Empresa Pública Aguas de Manta – EPAM, la cual está ubicada en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Manta.

El equipo de laboratorio que se utiliza para los análisis de calidad del agua son:

- HACH/HQ40d Portable Multi-Electrodo Intellical CDC401/ LDO101/ PHC301.
- Brand:HACH/ Type: DR-890/portable spectrophotometer.
- HACH/DRB200/ Digital Reactor Block.

## **2.7. Parámetros a evaluar en laboratorio.**

Para este estudio se realizará una descripción de

- Potencial de hidrógeno
- Sólidos suspendidos totales
- Sólidos totales
- Demanda química de oxígeno DQO.
- Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>

### **2.7.1. DQO (Demanda Química Orgánica)**

La Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno en mg/l consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que se encuentran disponible en el agua, para determinar la demanda química de oxígeno se utiliza el método de dicromato, el cual tiene la ventaja de utilizar la cantidad de reactivos muchos menores con respecto a otros métodos.

Entre los materiales a utilizar tenemos: agua destilada, viales para DQO, jeringas, fotómetro, un medidor, gradilla de enfriamiento, equipo de protección personal y un termo reactor para llevar a cabo la reacción.

Lo primero que se debe realizar antes de la preparación de las muestras es pre calentar el termo reactor a una temperatura de 150°C, en la preparación hay que identificar las muestras de agua residual y la muestra de agua destilada, esta muestra de agua destilada servirá para encerar. A continuación agregamos 2 ml de agua destilada a un vial el cual contiene ácido sulfúrico y dicromato de potasio y en el otro vial agregamos 2 ml de agua residual del recipiente de 2.00 metros de profundidad y de la misma manera de la muestra del recipiente de 2.50 metros de profundidad, ingresamos las muestras al termo reactor por 2 horas, cuando hayan finalizado las 2 horas en las gradillas se procede a enfriar a temperatura

ambiente y posteriormente se procede a determinar el valor de la DQO para cada muestra mediante un equipo de medición.

### **2.7.2. Determinación de Demanda bioquímica de oxígeno.**

Este ensayo es de suma importancia para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales, la demanda bioquímica de oxígeno permite conocer la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica.

En este ensayo se debe utilizar los siguientes materiales: una botella graduada de vidrio de 1000 ml, soluciones de DBO, tapa aireada, micro pipetas, aguja de aireación, espectrofotómetro, digestor, inóculo, vaso precipitado de 50 ml, tres botellas winkler y un medidor.

El ensayo es realizado mediante la incubación de una muestra de agua residual durante 5 días en completa oscuridad a una temperatura de 20°C. El procedimiento consiste en agregar 500 ml de agua destilada a la botella graduada, posterior a ello se agrega 1ml de cada solución para DBO las cuales contienen sulfato de magnesio, cloruro de hierro y cloruro de calcio y se le agregan 500 ml de agua destilada, se agita la solución y se deja airear por una hora. En base a el DQO se calcula el valor del volumen que debe ir en el inóculo, estos inóculos se guardan en la incubadora por 5 días con total oscuridad a 20°C, finalmente se mide el DBO a través de una sonda.

### **2.7.3. Determinación de pH.**

El pH es básico para conocer la actividad de los iones hidrógenos, es utilizada para conocer la intensidad de una muestra y verificar si se encuentra en condición de acidez o alcalina. El valor de pH en las aguas residuales es de gran importancia ya que pH muy altos al ser descargados a un río puede originar la muerte de peces e inclusive afectar a la flora y fauna de manera drástica y si el pH se encuentra con un valor por debajo de los 6.5 sería corrosivo y ácido.

La sonda digital PHC301 IntelliCal se utiliza para medir el pH del agua, es recomendado para determinar la calidad de aguas residuales y agua potable

De la muestra de agua residual se toman 100 ml, se enciende el equipo HACH/HQ40d Portable Multi-Electrodo Intellical CDC401/ LDO101/ PHC301, se

ingresa la sonda PHC301 a la muestra y se procede a leer el valor del potencial de hidrogeno.

#### **2.7.4. Sólidos totales en suspensión.**

Los sólidos suspendidos comprenden los limos muy finos, bacterias e inclusive virus, una de sus características es que no sedimentan fácilmente.

Para este estudio se utiliza:

- Equipo de filtración
- Filtros para análisis gravimétrico
- Estufa
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Probetas de diferentes volúmenes

Antes de determinar los sólidos suspendidos se debe retirar las partículas gruesas que se observen en la muestra, esta mezcla debe pasar por un filtro estándar, se retira el filtro y se cubre con papel de aluminio para posteriormente secarse en una estufa a 103-105°C durante una hora.

Cuando la muestra se encuentre lista se anota el peso del filtro y se espera hasta que la muestra se encuentre a temperatura ambiente y finalmente se procede a pesar el aumento de peso del filtro lo que lo representan los sólidos suspendidos.

#### **2.7.5. Sólidos Totales**

Los sólidos totales es un parámetro en el cual se incluye toda la materia que permanece como residuo una vez que se ha llevado a cabo una evaporación de la misma a una temperatura que varía entre 103-a 105°C.

El procedimiento para determinar los sólidos totales se basa en medir 50 ml de la muestra de agua residual, este volumen debe ser pesado para posteriormente evaporarlo a través de una estufa en donde permanecerá por una hora a una temperatura de 103-105 °C, se seca y se procede a pesar, se debe repetir el mismo proceso tomando la muestra que sean necesaria para obtener un peso constante.

## CAPÍTULO 3. PROPUESTA.

### 3.1. Análisis e interpretación de resultados.

Mediante la investigación realizada dentro de la planta de tratamiento de la ciudad de Manta, se han obtenido los siguientes resultados tanto en el campo y en el laboratorio.

Vale recalcar que estos datos servirán como requisito para determinar el tiempo de retención hidráulica óptimo para el diseño de lagunas de tipo facultativo de 2.00 y de 2.50 metros de profundidad.

#### 3.1.1. Resultados obtenidos en campo.

##### 3.1.1.1. Evaporación.

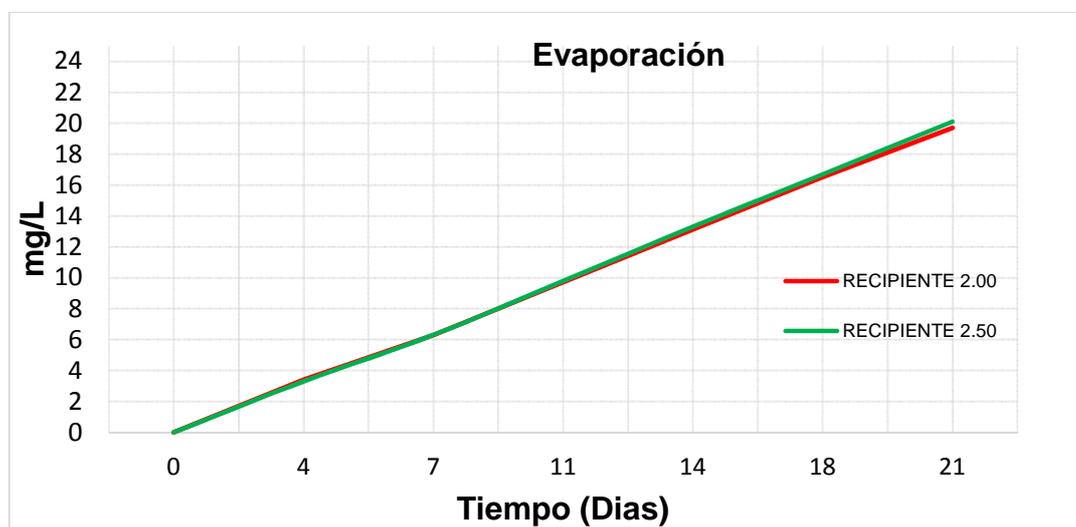
La disminución del agua residual permite obtener información de la evaporación que se produce en el sistema de tratamiento, vale recalcar que estos valores son variables y depende exclusivamente de la climatología del lugar, a continuación, se detallan los resultados que se han presentado durante los días de ensayos para cada recipiente.

**Tabla 3.1.** Valores de evaporación durante los días de ensayos.

Evaporación (cm)			
Día	Fecha	Recipientes	
		2.00 metros	2.50 metros
0	3/12/2018	0	0
4	7/12/2018	3,4	3,3
7	10/12/2018	6,3	6,3
11	14/12/2018	9,7	9,8
14	17/12/2018	13,1	13,3
18	21/12/2018	16,5	16,7
21	24/12/2018	19,7	20,1

**Fuente:** Autores.

Para el recipiente que simula una laguna facultativa de 2.00 metros de profundidad la evaporación durante los días de ensayos fue de 19.7 cm, mientras que para el recipiente de 2.50 metros de profundidad de la evaporación fue de 20.1 cm.



**Gráfico 3.1.** Variación de la evaporación en cada recipiente.

En el gráfico 3.1 se puede identificar que la evaporación para ambos recipientes es muy semejante, claramente se ve que la diferencia de pérdida de agua residual por evaporación es muy mínima en ambos recipientes, concluyendo que en la evaporación no influye la profundidad, pero se observa que hay días en que hay una mayor evaporación y esto es debido a las condiciones climáticas del lugar de estudio.

### **3.1.1.2. Color del agua residual.**

Las lagunas de estabilización durante el proceso de tratamiento del agua residual tienden a cambiar de color con el pasar de los días, al momento de poner en marcha el tratamiento por lo general el agua residual es de color gris, si con el pasar de los días el agua tiende a cambiar su color a verde indica que el sistema de tratamiento está operando correctamente.

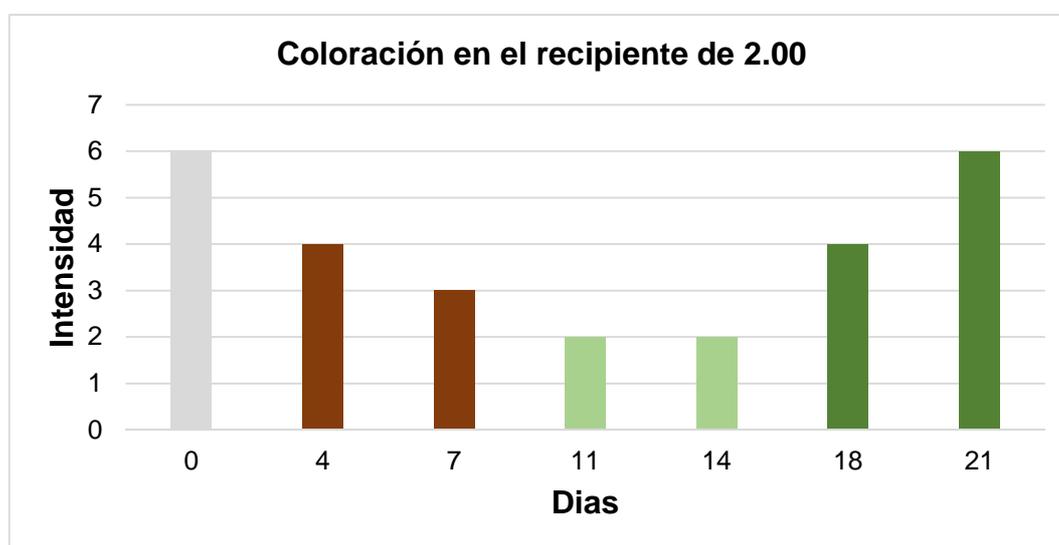
**Tabla 3.2.**Coloración del agua residual durante periodo de ensayos

Día	Fecha	Coloración	Recipiente 2,00 m	Recipiente 2,50 m
			Intensidad	Intensidad
0	3/12/2018	Gris	Alta	Alta
4	7/12/2018	Marrón	Media	Media
7	10/12/2018	Marrón	Media	Media
11	14/12/2018	Verde	Baja	Baja
14	17/12/2018	Verde	Baja	Baja
18	21/12/2018	Verde	Media	Media
21	24/12/2018	Verde	Alta	Alta

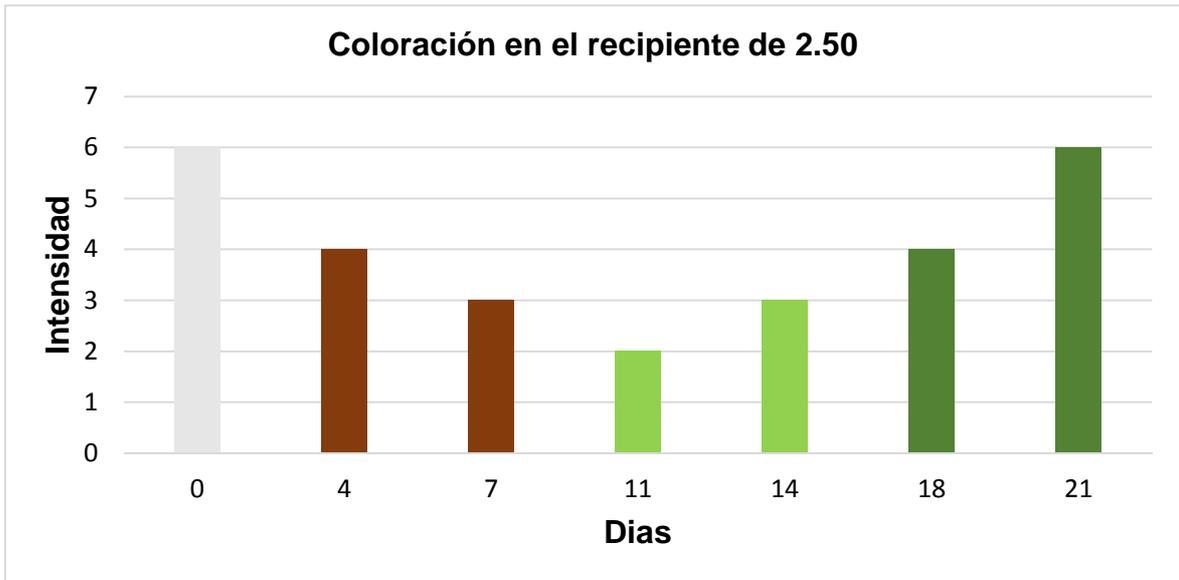
Fuente: Autores

### ***Análisis e interpretación de resultados.***

En los gráficos 3.2 y 3.3 se aprecia que la coloración para ambos recipientes es similar sin importar la profundidad de los mismos, cabe indicar que la coloración está ligada a factores biológicos producto de la descomposición orgánica que realizan las bacterias y las algas. Para este estudio ambos recipientes funcionaron satisfactoriamente.



**Gráfico 3.2.** Representación didáctica de la coloración del agua residual del recipiente de 2.00 metros



**Gráfico 3.3.** Representación didáctica de la coloración del agua residual del recipiente de 2.50 metros

### 3.1.1.3. Resultado de la temperatura ambiente.

Para el presente estudio se obtuvieron los siguientes valores de la temperatura ambiental:

**Tabla 3.3.** Temperatura ambiental de la ciudad de Manta.

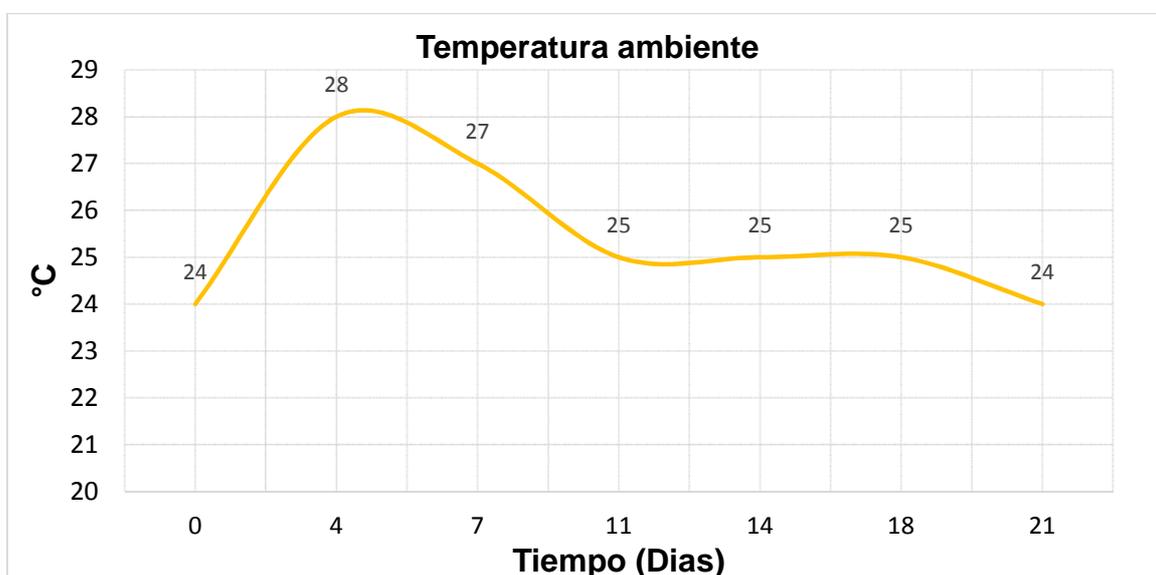
Día	Fecha	Temperatura	
0	3/12/2018	24	°C
4	7/12/2018	28	°C
7	10/12/2018	27	°C
11	14/12/2018	25	°C
14	17/12/2018	25	°C
18	21/12/2018	25	°C
21	24/12/2018	24	°C

Fuente: Autores

### **Análisis e interpretación de resultados.**

La temperatura es la principal causante de alterar la vida acuática, debido a que esta se encarga de modificar las propiedades del agua como: el oxígeno disuelto, el pH y además porque en aguas cálidas los sólidos se sedimentan más que en el agua fría.

En el gráfico 3.4 se observa una variación de temperatura durante los días de ensayos, la temperatura mínima fue de 24°C y la máxima temperatura fue de 28°C, el promedio de temperatura ambiente para todas las lecturas es de 25.42°C.



**Gráfico 3.4.** Temperatura ambiente del lugar de estudio.

### **3.1.2. Análisis de resultados obtenidos en laboratorio.**

Debido a que el efluente del tratamiento de las aguas residuales que se realiza en las lagunas de oxidación descarga en el cauce del río Manta y posteriormente desemboca en el océano pacífico, los análisis de los resultados se comparan con la tabla de descarga de agua residuales a un cuerpo marino.

### 3.1.2.1. *Potencial de Hidrógeno.*

Las muestras que se tomaron de los recipientes de 2.00 y 2.50 metros de profundidad, dieron valores de potencial de hidrógeno dentro del rango permitido por la normativa ambiental. Los resultados se muestran en la tabla 3.4.

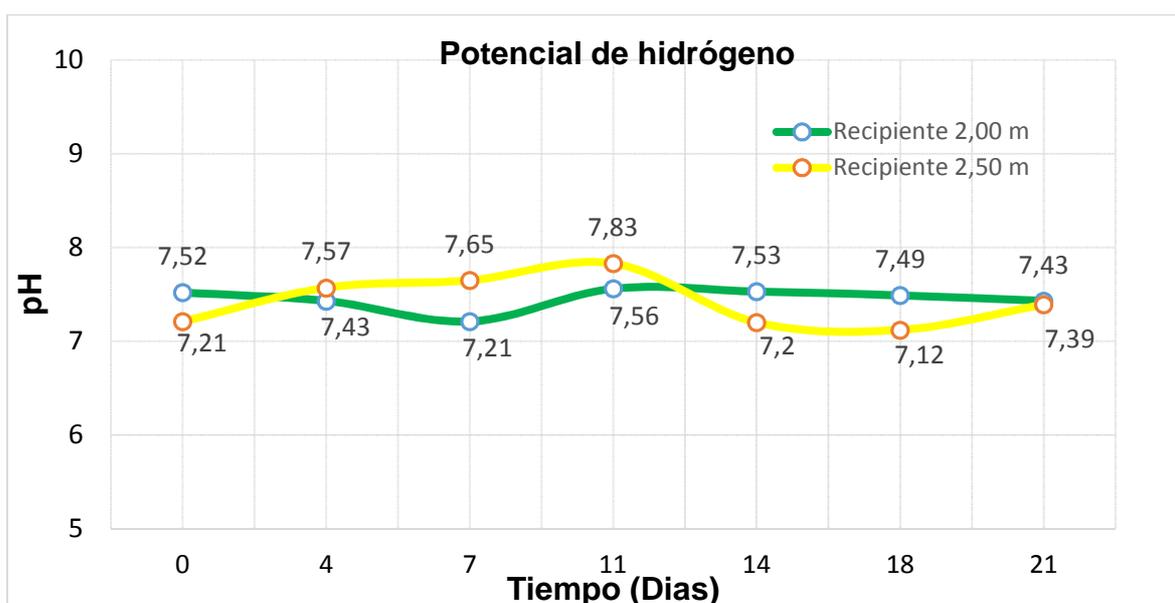
**Tabla 3. 4.** Variación de pH en los recipientes de 2.00 y 2.50 metros.

N° Ensayos	Días	Fechas	Recipiente 2,00 m	Límite permisible	Recipiente 2,50 m	Límite permisible
				(6-9)		(6-9)
1	0	3/12/2018	7,52	cumple	7,21	cumple
2	4	7/12/2018	7,43	cumple	7,57	cumple
3	7	10/12/2018	7,21	cumple	7,65	cumple
4	11	14/12/2018	7,56	cumple	7,83	cumple
5	14	17/12/2018	7,53	cumple	7,2	cumple
6	18	21/12/2018	7,49	cumple	7,12	cumple
7	21	24/12/2018	7,43	cumple	7,39	cumple

Fuente: Autores

#### **Análisis e interpretación de resultados.**

En aguas residuales el pH es utilizado para determinar si durante el proceso de tratamiento el agua toma un valor alcalino o ácido, generalmente estos valores deben estar en un rango de 6.00 a 9.00. Durante los 21 días de ensayos el pH se encuentra dentro del rango permitido, pero ligeramente alcalina ya que su promedio es de 7.42 pH.



**Gráfico 3.5.** Variación de pH en el recipiente de 2.00 Y 2.50 metros.

### 3.1.2.2. Sólidos Suspendidos.

Los resultados de laboratorio correspondientes a los sólidos suspendidos se detallan a continuación:

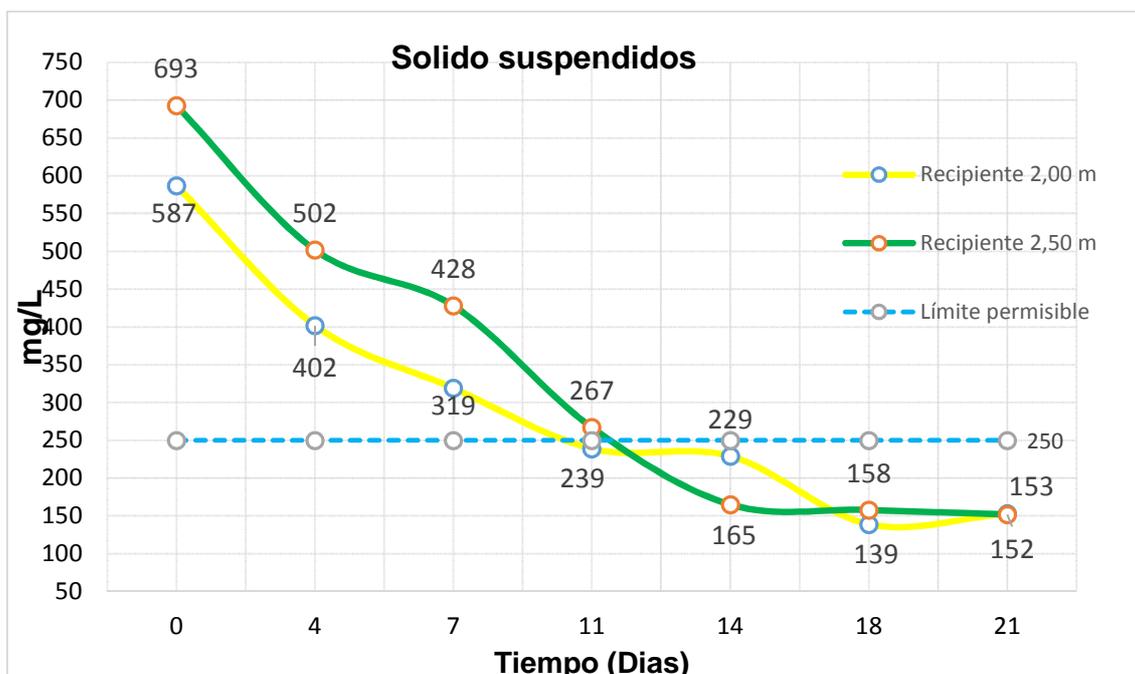
**Tabla 3.5.** Sólidos suspendidos en recipientes de ensayos de 2.00 y 2.50 metros.

N° Ensayos	Días	Fechas	Recipiente 2,00 m	Límite permisible	Recipiente 2,50 m	Límite permisible
				250 mg/L		(250 mg/L)
1	0	3/12/2018	587	No cumple	693	No cumple
2	4	7/12/2018	402	No cumple	502	No cumple
3	7	10/12/2018	319	No cumple	428	No cumple
4	11	14/12/2018	239	cumple	267	No cumple
5	14	17/12/2018	229	cumple	165	cumple
6	18	21/12/2018	139	cumple	158	cumple
7	21	24/12/2018	153	cumple	152	cumple

Fuente: Autores

### **Análisis e interpretación de resultados.**

Mediante los resultados obtenidos en la tabla 3.5 se observa que los sólidos en suspensión simulando un sistema facultativo se encuentran dentro del rango máximo permisible. El valor permitido para descargas de efluentes a un cuerpo marino es de 250 mg/L.



**Gráfico 3.3.** Curva de los sólidos suspendidos en función del tiempo de retención.

Se puede observar en el gráfico 3.6 que el recipiente de profundidad 2.00 metros su periodo óptimo es de 11 días, mientras que el recipiente de 2.50 metros de profundidad cumple a los 14 días de tratamiento en un sistema de tipo facultativo.

### 3.1.2.3. Sólidos totales.

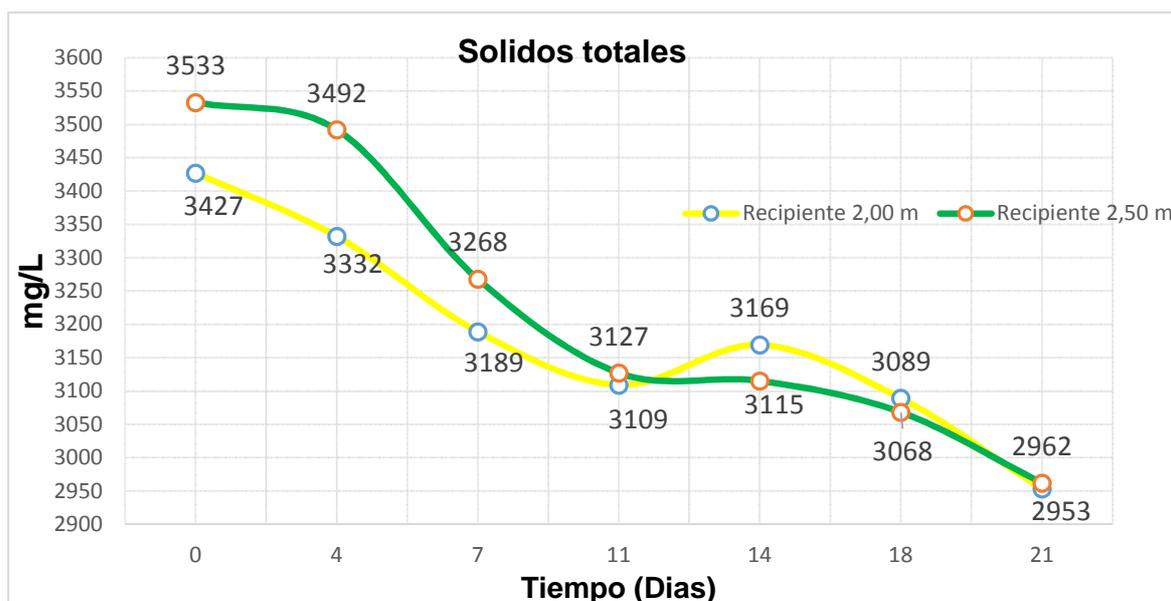
Entre los criterios para determinar la calidad de las aguas residuales y poder ser descargadas a un efluente natural sin causar afectaciones a la naturaleza se encuentra los sólidos totales y cuyos resultados se muestran en la tabla 3.6.

**Tabla 3.6.** Sólidos totales para recipiente de 2.00 y 2.50 metros de profundidad.

N° Ensayos	Días	Fechas	Recipiente 2,00 m	Recipiente 2,50 m	Límite permisible agua marina
1	0	3/12/2018	3427	3533	No existe límite
2	4	7/12/2018	3332	3492	No existe límite
3	7	10/12/2018	3189	3268	No existe límite
4	11	14/12/2018	3109	3127	No existe límite
5	14	17/12/2018	3169	3115	No existe límite
6	18	21/12/2018	3089	3068	No existe límite
7	21	24/12/2018	2953	2962	No existe límite

Fuente: Autores

### Análisis e interpretación de resultados.



**Gráfico 3.7.** Curva de los sólidos totales en función del tiempo de retención.

Todos los contaminantes de las aguas residuales contribuyen a una carga de residuos sólidos totales. Para la presente investigación en la cual se realizaron los ensayos en el laboratorio se observó una variación mínima desde inicio hasta el final del periodo de prueba, pero de acuerdo a la tabla del Libro VI del Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente no se especifica valor alguno cuando se descarga un efluente de aguas residuales a un cuerpo de agua marina.

#### **3.1.2.4. Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)**

Para la demanda química de oxígeno en las lagunas facultativa de 2.00 y 2.50 metros se obtuvieron los resultados que se detallan en la tabla 3.7.

**Tabla 3.7.** Valores de DQO en los recipientes de 2.00 y 2.50 metros de profundidad.

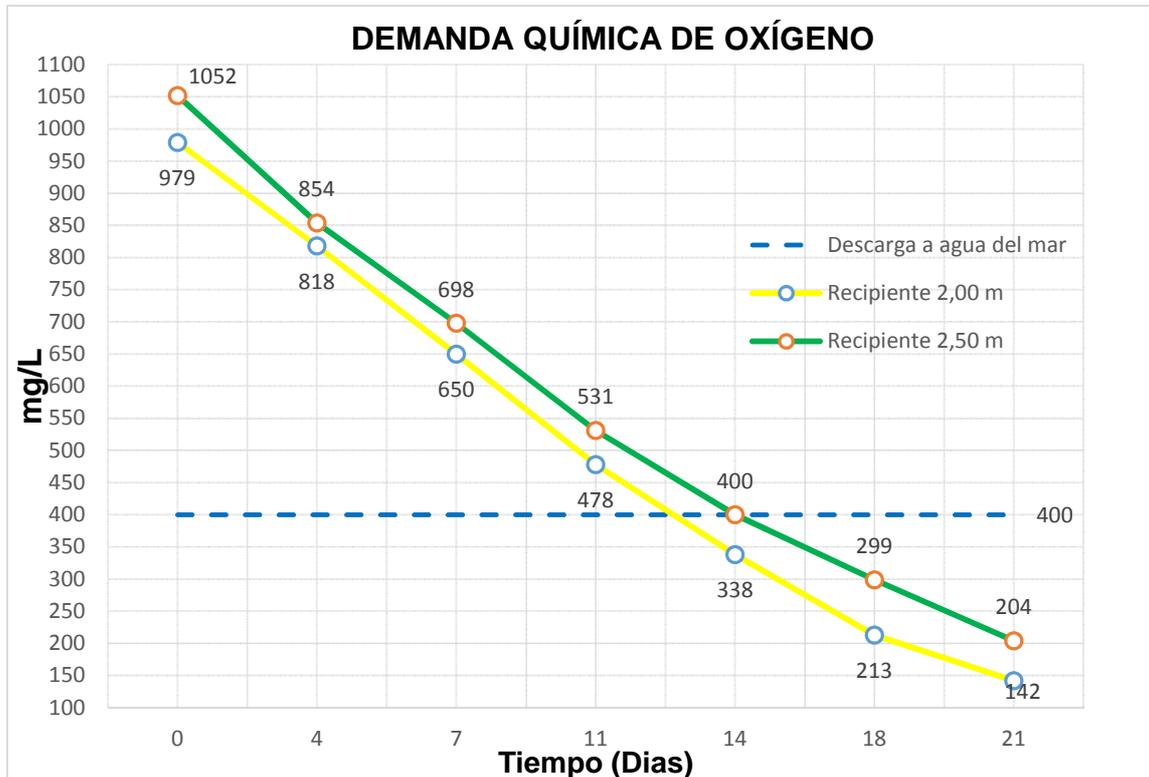
Días	Fechas	Recipiente 2,00 m (mg/L)	Límite	Recipiente 2,50m (mg/L)	Límite
			permisible		permisible
			(400 mg/L)		(400 mg/L)
0	3/12/2018	979	No cumple	1052	No cumple
4	7/12/2018	818	No cumple	854	No cumple
7	10/12/2018	650	No cumple	698	No cumple
11	14/12/2018	478	No cumple	531	No cumple
14	17/12/2018	338	cumple	400	cumple
18	21/12/2018	213	cumple	299	cumple
21	24/12/2018	142	cumple	204	cumple

Fuente: Autores

#### **Análisis e interpretación de resultados.**

Para el presente estudio, el Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente (Tulsma) es la norma que se encarga de regular los límites que permiten verter un efluente a un cuerpo natural sin causar contaminación al medio ambiente y al ecosistema, cabe destacar que estas normas indican que para descargar las aguas residuales tratadas a un cuerpo marino debe tener un valor de DQO menor a los 400 mg/L.

Los ensayos obtenidos en el laboratorio arrojaron resultados muy considerables, ya que los valores de DQO para ambos recipientes nos dan a conocer que se necesitan de un tiempo de retención de 13 días para el recipiente de 2.00 metros de profundidad, en tanto que el recipiente de 2.50 metros su periodo optimo es de 14 días.



**Gráfico 3.8.** Remoción de DQO para lagunas facultativa de 2.00 y 2.50 metros de profundidad

### 3.1.2.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Para la demanda bioquímica de oxígeno en las lagunas facultativa de 2.00 y 2.50 metros se obtuvieron los resultados que se detallan en la tabla 3.8.

De acuerdo a la normativa ambiental vigente el valor mínimo de DBO para realizar el vertimiento de un efluente un cuerpo marino es de 200 mg/L.

**Tabla 3.8.** Valores de DBO en los recipientes de 2.00 y 2.50 metros de profundidad.

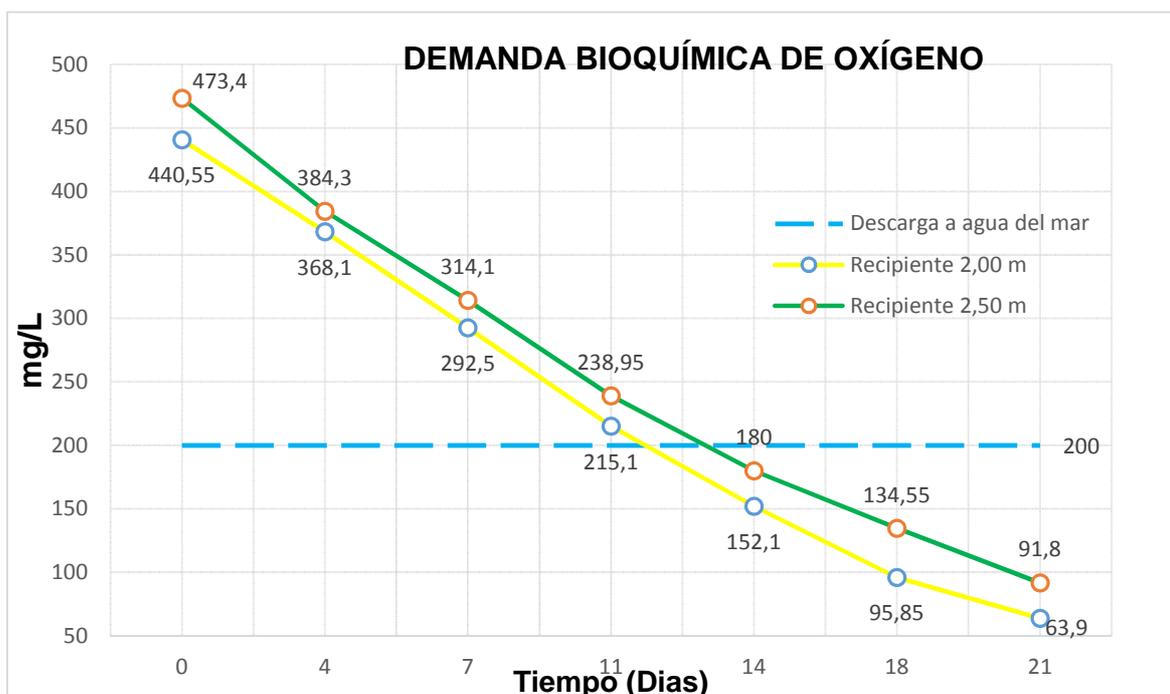
N° Ensayos	Días	Fechas	Recipiente 2,00 m	Límite	Recipiente 2,50 m	Límite
				permissible		permissible
				(200 mg/L)		(200 mg/L)
1	0	3/12/2018	440,55	No cumple	473,4	No cumple
2	4	7/12/2018	368,1	No cumple	384,3	No cumple
3	7	10/12/2018	292,5	No cumple	314,1	No cumple
4	11	14/12/2018	215,1	No cumple	238,95	No cumple
5	14	17/12/2018	152,1	cumple	180	cumple
6	18	21/12/2018	95,85	cumple	134,55	cumple
7	21	24/12/2018	63,9	cumple	91,8	cumple

Fuente: Autores

### **Análisis e interpretación de resultados.**

En el día 0 se obtuvo un valor de demanda bioquímica de 440,55 mg/L, para que este afluente pueda ser descargado a un cuerpo de agua marina debe tener un periodo de retención hidráulica de 13 días.

Para el recipiente de 2.50 metros al tomar la muestra se obtuvo un valor de 473,4 mg/L, para poder descargar estas aguas residuales a un cuerpo marino el tiempo de retención hidráulica óptimo para este recipiente es de 14 días con un DBO de 180 mg/L.



**Gráfico 3.9.** Remoción de DBO para lagunas facultativa de 2.00 y 2.50 metros de profundidad.

### **3.2. Situación actual de la planta de tratamiento**

La planta de tratamiento de aguas residuales de Manta en la actualidad se encuentra en operación y está a cargo de la EPAM, durante la visita técnica se observó lo siguiente:

- Las lagunas están operando normalmente, en cuanto a su infraestructura es satisfactorio ya que sus instalaciones se encuentran en buen estado.
- No cuenta con personal suficiente para llevar a cabo el control y mantenimiento de las unidades que conforman el Sistema de Tratamiento.
- Las lagunas están en operación, pero se observa la presencia de residuos sólidos la cual interfiere en el proceso de la degradación de la materia orgánica.
- Los diques de cada laguna se encuentran en buenas condiciones.
- Existen la presencia de malos olores los cuales afectan a las personas que habitan alrededor del lugar de estudios.

Este sistema comprende las tres fases de tratamiento de agua residuales, mediante un sistema en paralelo el caudal que ingresa diariamente es distribuida en 4 lagunas anaerobia, posterior al tratamiento primario se trasladan a 4 lagunas facultativas y cuyo proceso termina en las lagunas de pulimentos.

### **3.3. Propuesta.**

Para el planteamiento de la propuesta se ha considerado diseñar en base al caudal de ingreso diario y al periodo de retención determinado. Se diseñarán 4 lagunas facultativas con un periodo de retención de 8 días y una profundidad de 2,50 metros cuya función será de reducir los factores físicos y 4 lagunas facultativas secundarias con un periodo de retención de 6 días y 2,00 metros de profundidad. Se plantea este diseño ya que resulta conveniente optimizar recursos y es fundamental emplear un diseño en el que la calidad de agua cumpla con los parámetros que establecen las normas ambientales.

El modelo a emplear es el de Hermann y Gloyña, ya que permite tener una relación entre el periodo de retención hidráulica y el caudal del, la misma que permite obtener el volumen y el área de la laguna, para el dimensionamiento se utilizará el método de fluido disperso. (Comisión Nacional del Agua, 2007).

### 3.3.1. Ecuaciones para el cálculo del diseño de lagunas de estabilización facultativas. (Modelo de Hermann y Gloyna; Método de Yáñez).

**Ecuación 1.** Volumen de la laguna.

$$V = Q * Pr$$

**Donde:**

Q=Caudal medio de ingreso a lagunas.

Pr=Periodo de retención hidráulica.

**Ecuación 2.** Área promedio de la laguna.

$$A_{prom} = V/h$$

**Donde:**

h= altura de la laguna

**Ecuación 3.** Carga orgánica.

$$C.O. = Q_i(DBO_i)/1000$$

**Donde:**

Q<sub>i</sub>=Caudal de ingreso a una laguna.

DBO<sub>i</sub>=Demanda bioquímica de oxígeno.

**Ecuación 4.** Ancho promedio de la laguna.

$$B_{prom} = \sqrt{A_{prom}/x}$$

**Donde:**

X=Relación entre largo y ancho de la laguna.

**Ecuación 5.** Largo promedio de la laguna.

$$L_{prom} = A_{prom}/B_{prom}$$

**Ecuación 6. Ancho superior de la laguna**

$$B_{sup} = B_{prom} + x$$

**Ecuación 7. Largo superior de la laguna.**

$$L_{sup} = L_{prom} + x$$

**Ecuación 8. Ancho inferior de la laguna**

$$B_{inf} = B_{prom} - x$$

**Ecuación 9. Largo inferior de la laguna.**

$$L_{inf} = L_{prom} - x$$

**Ecuación 10. Área superior de la laguna**

$$A_{sup} = B_{sup} * L_{sup}$$

**Ecuación 11. Área inferior de la laguna**

$$A_{inf} = B_{inf} * L_{inf}$$

## **Laguna facultativa primaria**

Para determinar los parámetros se consideran los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

$$DBO = 314,1 \text{ mg/L}$$

$$\text{Caudal medio de ingreso a lagunas } Q_i = 40000 \text{ m}^3/\text{día}$$

Número de laguna facultativas primarias=4

$$\text{Caudal medio de ingreso a una laguna } Q_i = 10000 \text{ m}^3/\text{día}$$

Altura de la laguna (h)= 2.50 m

Relación largo-ancho: 1.70: 1.00

Tiempo de retención hidráulica = 8 días

### 1. Volumen de la laguna

$$V = Q * Pr = (10000 \text{ m}^3/\text{día})(8 \text{ días}) = 80000 \text{ m}^3$$

### 2. Área promedio de la laguna

$$A_{prom} = V/h = 80000 \text{ m}^3/2.50 \text{ m} = 32000 \text{ m}^2$$

### 3. Carga orgánica

$$C.O = \frac{Q_i DBO_i}{1000} = \frac{(10000 \text{ m}^3/\text{día})(314.1 \text{ mg/L})}{1000} = 3141 \text{ Kg/día}$$

### 4. Cálculo del ancho y largo promedio de la laguna

Relación largo ancho  $x=1.7$

$$B_{prom} = \sqrt{\frac{A_{prom}}{x}} = \sqrt{\frac{32000 \text{ m}^2}{1.7}} = 137.19 \text{ m}$$

$$L_{prom} = A_{prom}/B_{prom} = 19375 \text{ m}^2/137.19 \text{ m} = 137.19 \text{ m}$$

### 5. Cálculo del ancho y largo superior de la laguna

$$\frac{1}{1.5} = \frac{1.5}{x} \quad x = 2.25 \text{ m}$$

$$B_{sup} = B_{prom} + x = 137.19 \text{ m} + 2.25 \text{ m} = 139.44 \text{ m}$$

$$L_{sup} = L_{prom} + x = 137.19 \text{ m} + 2.25 \text{ m} = 139.44 \text{ m}$$

### 6. Cálculo del ancho y largo inferior de la laguna

$$\frac{1}{1.5} = \frac{1.5}{x} \quad x = 2.25 \text{ m}$$

$$B_{inf} = B_{prom} - x = 137.19 \text{ m} - 2.25 \text{ m} = 134.94 \text{ m}$$

$$L_{inf} = L_{prom} - x = 137.19 \text{ m} - 2.25 \text{ m} = 134.94 \text{ m}$$

## 7. Cálculo del área superior e inferior de la laguna

$$A_{sup} = B_{sup} * L_{sup} = 139.44 * 235.48 = 3238.54 \text{ m}^2$$

$$A_{inf} = B_{inf} * L_{inf} = 134.94 * 230.98 = 31171.57 \text{ m}^2$$

### Laguna facultativa secundaria.

Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_{corr}$ ) =  $152.1 \text{ mg/L}$

Caudal medio de ingreso a una laguna  $Q_i = 10000 \text{ m}^3/\text{día}$

Altura de la laguna (h) = 2.00 m

Tiempo de retención hidráulica = 6 días

Relación largo-ancho: 1,70: 1,00

#### 1. Volumen de la laguna

$$V = Q * Pr = (10000 \text{ m}^3/\text{día})(6 \text{ días}) = 60000 \text{ m}^3$$

#### 2. Área promedio de la laguna

$$A_{prom} = V/h = 60000 \text{ m}^3/2.00 \text{ m} = 30000 \text{ m}^2$$

#### 3. Carga orgánica

$$C.O = \frac{Q_i DBO_i}{1000} = \frac{(10000 \text{ m}^3/\text{día})(152.1 \text{ mg/L})}{1000} = 1521 \text{ Kg/día}$$

#### 4. Cálculo del ancho y largo promedio de la laguna

Relación largo ancho  $x=1.7$

$$B_{prom} = \sqrt{\frac{A_{prom}}{x}} = \sqrt{\frac{30000 \text{ m}^2}{1.7}} = 132.84 \text{ m}$$

$$L_{prom} = A_{prom} / B_{prom} = 30000 \text{ m}^2 / 132.84 \text{ m} = 225.83 \text{ m}$$

### 5. Cálculo del ancho y largo superior de la laguna

$$\frac{1}{1.5} \frac{1.5}{x} \quad x = 2.25 \text{ m}$$

$$B_{sup} = B_{prom} + x = 132.84 \text{ m} + 2.25 \text{ m} = 135.09 \text{ m}$$

$$L_{sup} = L_{prom} + x = 225.83 + 2.25 \text{ m} = 228.08 \text{ m}$$

### 6. Cálculo del ancho y largo inferior de la laguna

$$\frac{1}{1.5} \frac{1.5}{x} \quad x = 2.25 \text{ m}$$

$$B_{inf} = B_{prom} - x = 132.84 \text{ m} - 2.25 \text{ m} = 130.59 \text{ m}$$

$$L_{inf} = L_{prom} - x = 225.83 \text{ m} - 2.25 \text{ m} = 223.58 \text{ m}$$

### 7. Cálculo del área superior e inferior de la laguna

$$A_{sup} = B_{sup} * L_{sup} = 135.09 * 228.08 = 30812.07 \text{ m}$$

$$A_{inf} = B_{inf} * L_{inf} = 130.59 * 223.58 = 29198.04 \text{ m}$$

## CONCLUSIONES

Realizada la presente investigación tenemos las siguientes conclusiones:

El potencial de hidrogeno (pH) de acuerdo a la normativa ambiental debe estar comprendida en un rango de 6 a 9 pH, los ensayos presentaron valores aceptables para ambos recipientes obteniéndose un valor promedio de 7.45 para el recipiente de profundidad 2.00 metros y 7.42 para el recipiente de profundidad 2.50 metros.

Los valores de los sólidos suspendidos para los recipientes ensayados muestran un declive considerable en ambos recipientes, ya que se presentaron valores por debajo de los 250 mg/L en el día 11 y 12 para los recipientes de 2.00 y 2.50 metros respectivamente.

Los Sólidos Totales (ST) como lo señala el Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente no existe un límite para efectuar descargas al agua marina, debido a que en la misma se presenta una gran cantidad de solidos totales. Cabe resaltar que la remoción de este parámetro durante los ensayos realizados fue muy mínima.

La DQO llega a las instalaciones con un valor promedio de 1000 mg/L, los ensayos realizados en el laboratorio muestran que para el recipiente de 2.00 metros se necesita un tiempo de retención de 13 días para obtener un efluente menor a 200mg/L, el tiempo de retención para el recipiente de 2.50 metros es de 14 días para poder verter el agua residual sin generar grandes efectos ambientales.

El efluente que llega a la planta de tratamiento tiene una DBO promedio de 500mg/L, la normativa ambiental requiere un valor mínimo de 200 mg/L para que este efluente se pueda descargar a un cuerpo marino. Los ensayos obtenidos nos muestran que para que se cumplan estos valores con los requerimientos que exigen el TULSMA, el recipiente de 2.00 metros debe tener un periodo de retención de 13 días y el recipiente de 2.50 debe tener un periodo de retención de 14 días.

En base a los resultados obtenidos se propone el diseño de un sistema de lagunas facultativas en paralelo, la propuesta consiste en 4 lagunas primarias cuyas medidas serán 139.94 x 235.48 con un periodo de retención de 8 días y cuatro lagunas secundarias de dimensiones 135.09 x 228.08 con un periodo de retención hidráulica de 6 días

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda efectuar la alternativa planteada en esta investigación tomando en cuenta la importancia de cuidar a la naturaleza y en especial de las playas que están contaminadas, ya que se percibe una mala imagen para los turistas que a diario visitan la ciudad de Manta.

A la Empresa Pública aguas de Manta (EPAM) que se planteen alternativas y metodologías eficientes que reduzca los impactos negativos generados por las descargas de aguas residuales sin tener un tratamiento adecuado.

Ejecutar nuevas investigaciones sobre el tratamiento de aguas residuales con la finalidad de que se analicen nuevas variables que se presentaron en este estudio; ya que al final de los ensayos ocurrieron precipitaciones e inclusive se observó aves muertas en las lagunas las cuales modifican los parámetros para evaluar la calidad de las aguas residuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arriols, E. (29 de mayo de 2018). *Ecología verde*. Obtenido de Soluciones a la contaminación del agua: <https://www.ecologiaverde.com/soluciones-a-la-contaminacion-del-agua-1313.html>
- Arriols, E. (6 de agosto de 2018). *Ecología verde*. Obtenido de Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- Baron, L. M. (2009). *Aguas Residuales*. El Cid Editor | apuntes.
- Cabrera, H., Garcés, M., & Paredes, P. (sf). Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas. *Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en el Ecuador*. Recuperado el 20 de diciembre de 2018, de [http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod\\_page/content/148/ECUADOR\\_producci%C3%B3n\\_de\\_aguas\\_servidas\\_tratamiento\\_y\\_uso.pdf](http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod_page/content/148/ECUADOR_producci%C3%B3n_de_aguas_servidas_tratamiento_y_uso.pdf)
- Cárdenas Murillo , J. G. (2012). *MODELACION DINAMICA DE LAS LAGUNAS DE OXIDACION DE LA CIUDAD DE PORTOVIEJO*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1697/1/Tesis%20final%20para%20sustentacion11240jl.pdf>
- Carvacho Avaca, C. P., & Fuentes Pérez, T. L. (2007). *Diagnostico del funcionamiento de los sistemas de alcantarillado de aguas servidas domesticas, en las viviendas sociales de la comuna de Lampa, región metropolitana*. Santiago de Chile.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Paquetes Tecnológicos para el Tratamiento de Excretas y Aguas Residuales en Comunidades Rurales*. México.
- Constitución. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi.

- Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A., & Tomasini Ortiz, A. C. (2017). *Dimensionamiento de lagunas*. Durango, Mexico: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Obtenido de [https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros\\_html/dimensiones-lagunas/files/assets/common/downloads/publication.pdf](https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/dimensiones-lagunas/files/assets/common/downloads/publication.pdf)
- FAO. (2008). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.
- Funeme Mayoral, C. N. (2017). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL EMBALSE DEL MUÑA PARA SU POSIBLE TRATAMIENTO*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6660/1/FunemeMayoraICarenNiyeth2017.pdf>
- Garcia, A. (06 de agosto de 2018). *Ecología verde*. Recuperado el 01 de 12 de 2018, de Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- López , A. (2010). *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas*. Instituto Politécnico Nacional.
- Marquez, B. F. (12 de 09 de 2016). *lagua*. Obtenido de Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo I): <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>
- Martinez Guillen, A. A., & Guzman Saenz, N. d. (2003). ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN COMO TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA BASE MILITAR NO. 10 DE JUTIAPA, COLONIA MILITAR DE JUTIAPA, BASE AÉREA DEL SUR EN RETALHULEU Y ESCUELA POLITÉCNICA EN SAN JUAN SACATEPÉQUEZ. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. Recuperado el 1 de 12 de 2018, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0097\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0097_MT.pdf)

- Ortiz Bardales, P. (2014). *Fundamentos de Tratamientos por Lagunas*. La Ceiba.
- Pachés Giner , M., & Martínez Guijarro, R. (2018). *Manual de prácticas de laboratorio*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Pradillo, B. (12 de 09 de 2016). *lagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- Reutelshöfer, T., & Guzmán Bejarano, L. F. (2015). *Guía para la toma de muestras de agua residual*. La Paz, Bolivia: PERIAGUA.
- Robledo , D. N. (Agosto de 2012). PROPUESTA DE UN SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA ZONA PONIENTE DE LA CIUDAD DE TAPACHULA, CHIAPAS. Mexico. Recuperado el 1 de 12 de 2018, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2478/TESIS.pdf?sequence=1>
- Rodriguez, H. (13 de 03 de 2017). *lagua*. Obtenido de Las aguas residuales y sus efectos contaminantes: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Rull, A. S. (2007). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Marcombo.
- Sárquis Martínez, P. (1 de Marzo de 2017). *domos agua*. Obtenido de <https://www.domosagua.com/blog/control-olores-plantas-tratamiento-aguas>
- Senagua. (2012). *Política Pública Nacional del Agua*. Quito,Ecuador.
- Soluciones Ecológicas Industriales Ltda. (s.f). *Plantas agua servidas*. Obtenido de Plantas agua servidas: <http://www.soecol.cl/plantas-aguas-servidas/>
- SORNOZA BRIONES , V. M., & VILLACRÉS SEGOVIA , B. L. (2017). “ANÁLISIS DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE TIPO FACULTATIVO DE 2.5 METROS DE PROFUNDIDAD EN LA CIUDAD DE MANTA”. Manta, Manabi, Ecuador: Universidad LaicaEloy Alfaro de Manabi.

- UNESCO. (21 de Marzo de 2017). *¿Son las aguas residuales el nuevo 'oro negro'?* Obtenido de <https://es.unesco.org/news/son-aguas-residuales-nuevo-oro-negro>
- Vanegas-Benavides, C. M., & Reyes Rodríguez, R. V. (2017). CARGA SUPERFICIAL MÁXIMA EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVAS DE NICARAGUA. *Nexo Revista Científica*, 01-18. Obtenido de <https://www.camjol.info/index.php/NEXO/article/view/5169>
- Velasco Taipe, G. P. (Diciembre de 2017). EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE MANTA. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14029/1/T-UCE-0008-Q005-2017.pdf>

# ANEXOS

## ANEXOS A.

**Anexo A-I.** Ficha técnica para utilización de levantamiento de información de campo (*in situ*) durante el periodo de ensayos

<b>DATOS DE CAMPO</b>				
Parámetros		Horario	Fecha:	
			2.00 metros	2.50 metros
<b>PARAMETROS CLIMÁTICOS</b>	Temperatura °C	am		
		pm		
	Coloración	am		
		pm		
	Evaporación m	am		
		pm		
<b>PARAMETROS PARA MUESTREO</b>	Tipo de envase	am		
		pm		
	Llenado de envase	am		
		pm		

---

Egresado

---

Egresado

---

Tutor

## ANEXOS B

### ANEXO. ARCHIVO FOTOGRÁFICO.



**Foto 1.** Nivelación del recipiente de 2,0 metros de profundidad.



**Foto 2.** Nivelación del recipiente de 2,5 metros de profundidad.



**Foto3.** Afluente de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de Manta.



**Foto 4.** Llenado de agua residual en recipiente de 2,0 metros de profundidad



**Foto 5.** Toma de muestra del recipiente de 2.50 metros de profundidad



**Foto 6.** Toma de muestra del recipiente de 2.00 metros de profundidad.



**Foto 7.** Toma de muestra de agua residual 17/12/2018.



**Foto 8.** Equipo de medición de parámetros bioquímicos, pH, conductividad eléctrica, salinidad, TDS, y oxígeno disuelto del agua residual HACH HQ40d.



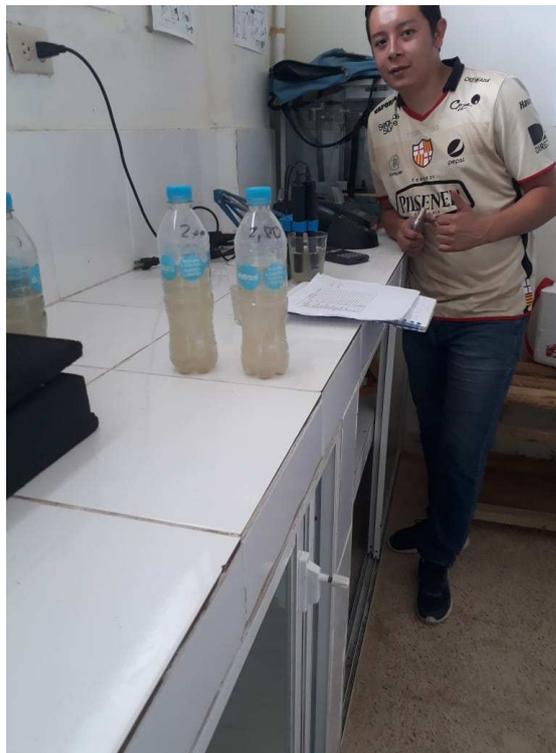
**Foto 9.** Sonda Intelcal CDC401/LDO101/PHC301 para lectura digital de parámetros pH, OD, STD, salinidad, conductividad, SS, etc.



**Foto 10.** Análisis de muestra para determinar el valor de los sólidos suspendidos en DR-890/ fotospectrometro.

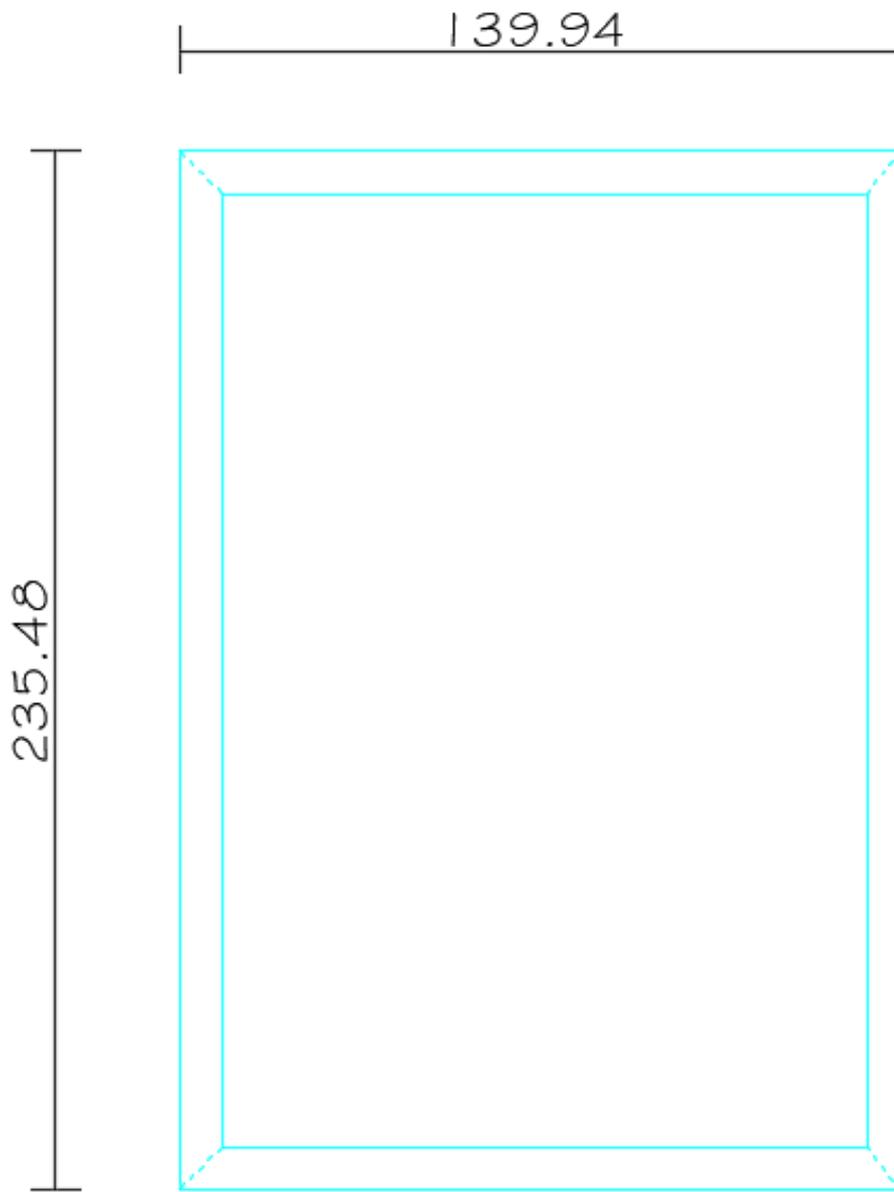


**Foto 11.** Colocación de las muestras para análisis en laboratorio

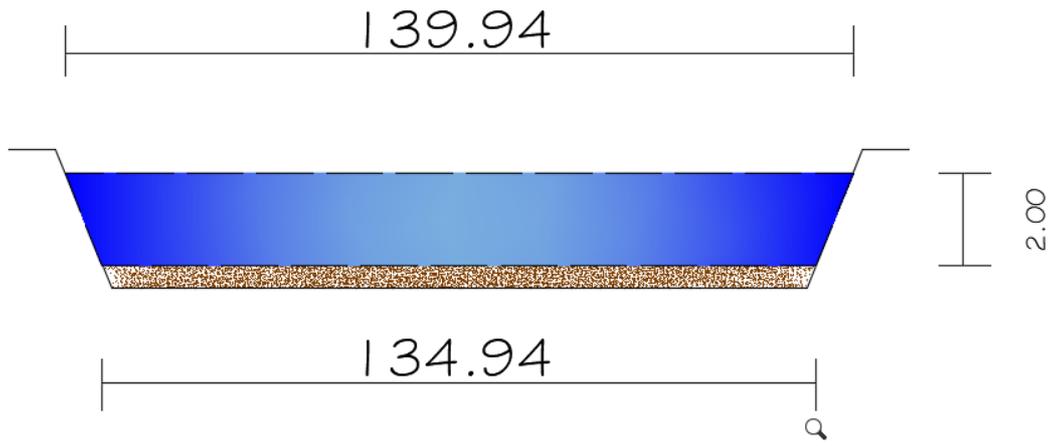


**Foto 12.** Observación y análisis de resultado en el laboratorio de EPAM

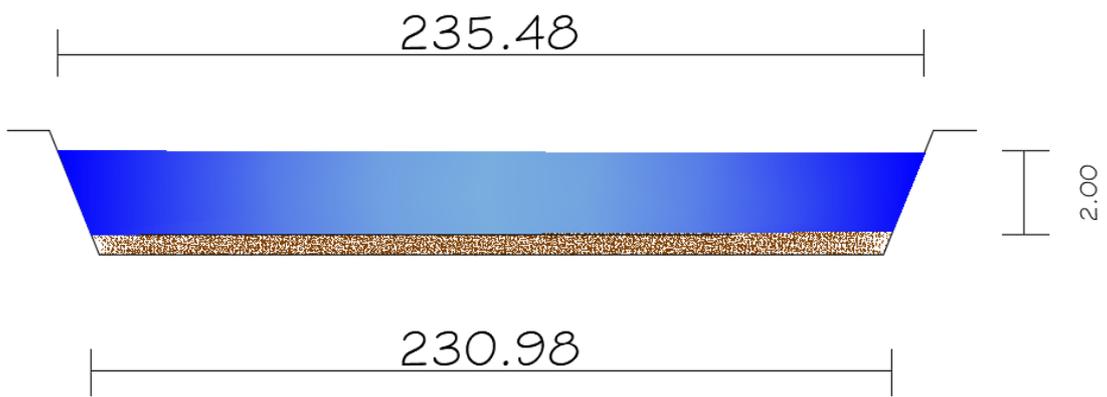
**ANEXOS C.**



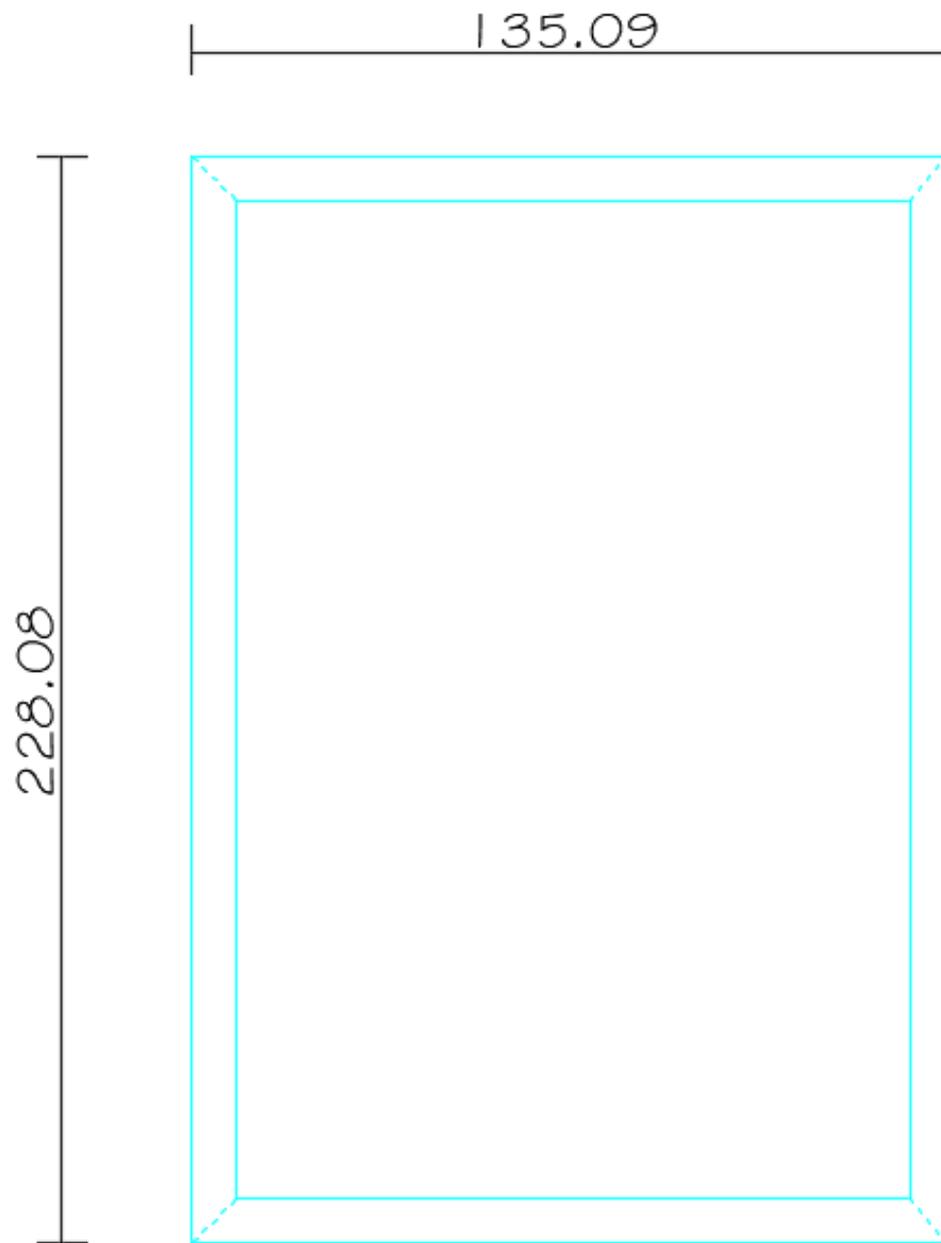
***Vista en planta de la laguna facultativa (primaria)***



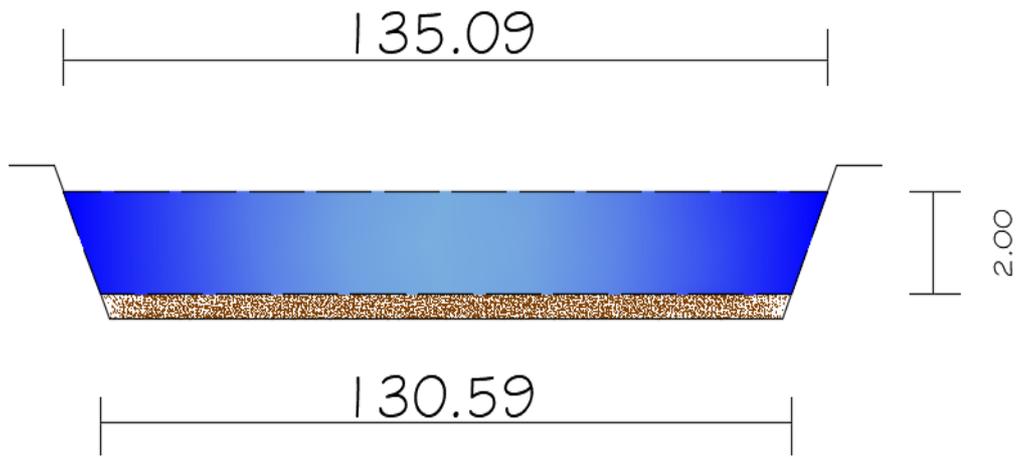
**Corte: ancho de la laguna facultativa (primaria)**



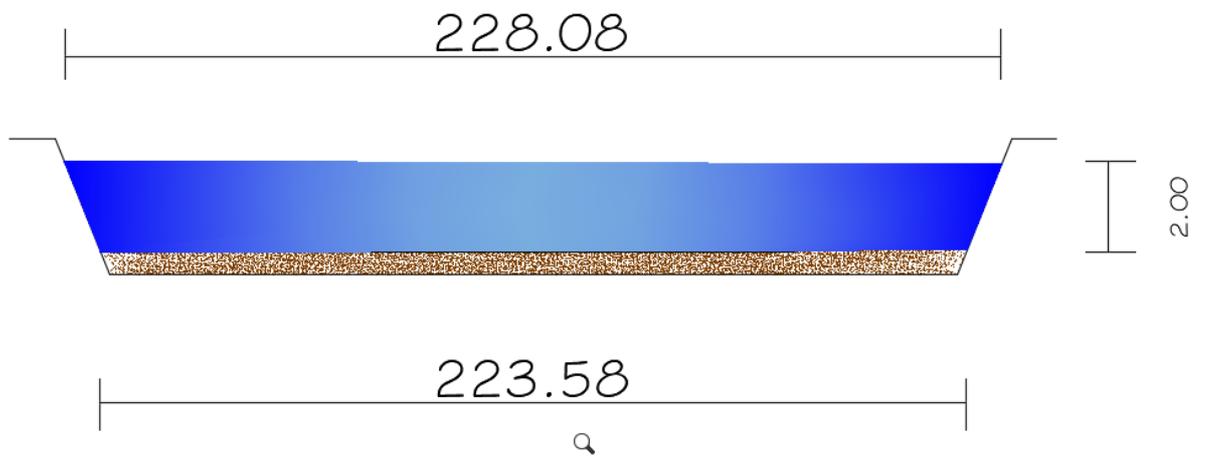
**Corte: largo de la laguna facultativa (primaria)**



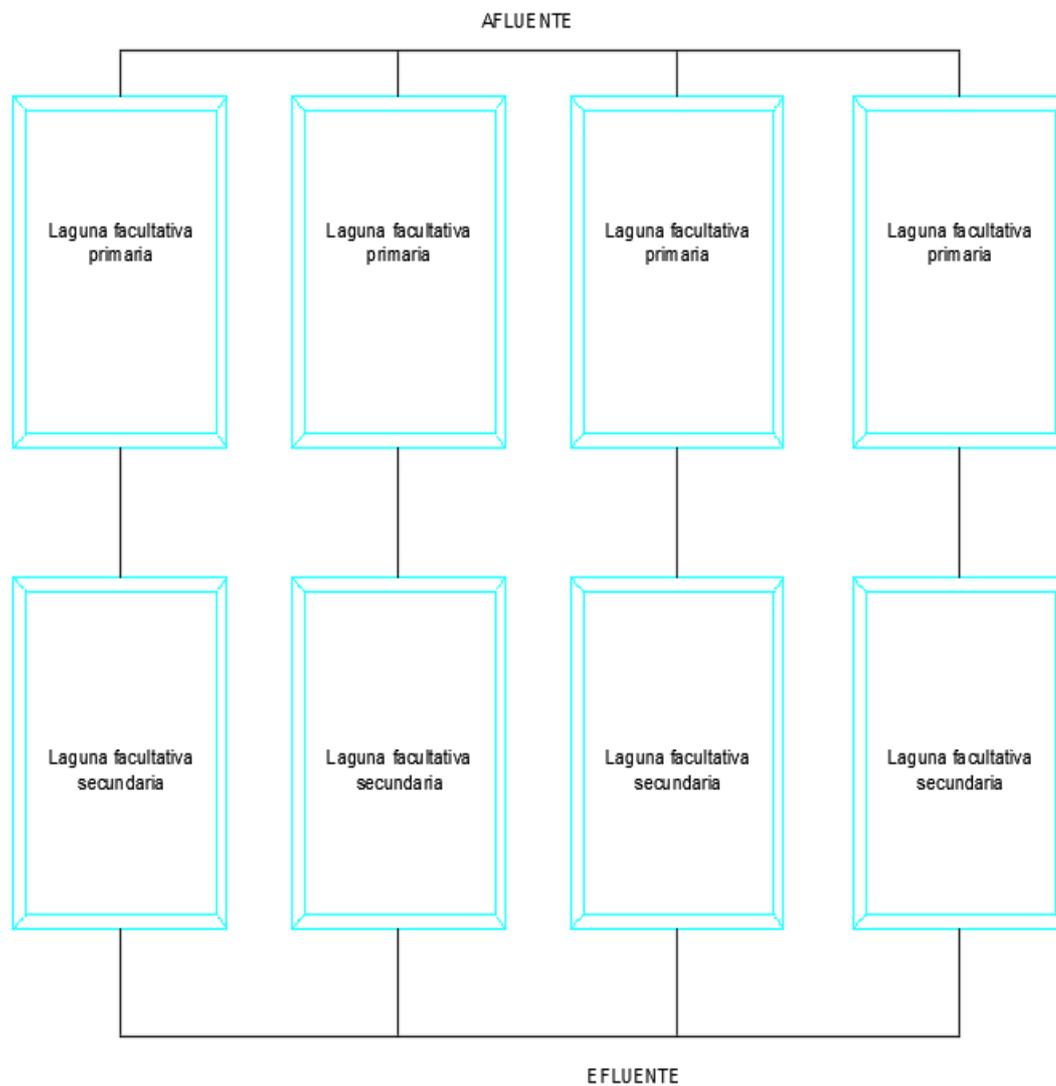
***Vista en planta de la laguna facultativa (Secundaria)***



**Corte: ancho de la laguna facultativa (secundaria).**



**Corte: largo de la laguna facultativa (secundaria)**



***Vista en planta: Sistema de tratamiento propuesto***

## ANEXO D

<b>INFORME DE ENSAYO</b>					
CLIENTE	ALCIVAR PINCAY TOMMY, ALVIA ANCHUNDIA JUNIOR				
DIRECCION	MANABI, MANTA, VIA SAN JUAN				
MUESTREO REALIZADO POR	LABORATORIO DE PLANTA DE TRATAMIENTO EPAM			LUGAR DE MUESTREO	MANTA
FECHA DE MUESTREO	03/12/2018	HORA DE MUESTREO	10:00	REPORTE FINAL	09/12/2018
FECHA DE RECEPCION	03/12/2018	FECHA DE ANALISIS	03/12/2018		
TIPO DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL				
<p style="font-size: small;">Nota: Los resultados reportados corresponden unicamente a las muestras recibidas en el laboratorio, la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación escrita de este laboratorio.</p>					
DATOS DE LA MUESTRA					
TIPO	AGUA RESIDUAL	CANTIDAD	2	EMBASE	CERRADO, LLENO
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	M1.- AGUAS SERVIDAS DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION				
PARAMETROS	METODOS	UNIDAD	Lagunas Facultativas		
			2,00 MT	2,50 MT	
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	SONDA INTELICAL CDC401	μ/cm	5400	5390	
TEMPERATURA	SONDA INTELICAL CDC401	°C	30,1	30	
SALINIDAD	SONDA INTELICAL CDC401	‰	2,91	2,99	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SONDA INTELICAL CDC401	mg/lit	2840	2840	
OXIGENO DISUELTO	SONDA INTELICAL LDO1D1	%	0	0	
POTENCIAL DE HIDROGENO	SONDA INTELICAL PHC301	pH	7,52	7,21	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES(SST)	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	587	693	
SOLIDOS TOTALES	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	3427	3533	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	979	1052	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	440,55	473,4	

**EPAM**  
 DPTO. MEDIO AMBIENTE  
 Lic. Paul Macías Lopez

Jefatura Ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales EPAM



### INFORME DE ENSAYO

CLIENTE	ALCIVAR PINCAY TOMMY, ALVIA ANCHUNDIA JUNIOR			
DIRECCION	MANABI, MANTA, VIA SAN JUAN			
MUESTREO REALIZADO POR	LABORATORIO DE PLANTA DE TRATAMIENTO EPAM		LUGAR DE MUESTREO	MANTA
FECHA DE MUESTREO	07/12/2018	HORA DE MUESTREO	10:00	REPORTE FINAL 13/12/2018
FECHA DE RECEPCION	07/12/2018	FECHA DE ANALISIS	07/12/2018	
TIPO DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL			

Nota: Los resultados reportados corresponden unicamente a las muestras recibidas en el laboratorio, la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación escrita de este laboratorio.

#### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO	AGUA RESIDUAL	CANTIDAD	2	EMBASE	CERRADO, LLENO
------	---------------	----------	---	--------	----------------

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: M1.- AGUAS SERVIDAS DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION

PARAMETROS	METODOS	UNIDAD	Lagunas Facultativas	
			2,00 MT	2,50 MT
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	SONDA INTELICAL CDC401	μ/cm	5590	5660
TEMPERATURA	SONDA INTELICAL CDC401	°C	32,1	28,9
SALINIDAD	SONDA INTELICAL CDC401	‰	3	3,06
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SONDA INTELICAL CDC401	mg/lit	2930	2990
OXIGENO DISUELTTO	SONDA INTELICAL LDO101	%	0	0
POTENCIAL DE HIDROGENO	SONDA INTELICAL PHC301	pH	7,43	7,57
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES(SST)	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	402	502
SOLIDOS TOTALES	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	3332	3492
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	818	854
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	368,1	384,3

Lic. Paul Macias Lopez

EPAM  
DPTO. MEDIO AMBIENTE

Jefatura Ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales

 <b>INFORME DE ENSAYO</b>					
CLIENTE	ALCIVAR PINCAY TOMMY, ALVIA ANCHUNDIA JUNIOR				
DIRECCION	MANABI, MANTA, VIA SAN JUAN				
MUESTREO REALIZADO POR	LABORATORIO DE PLANTA DE TRATAMIENTO EPAM			LUGAR DE MUESTREO	MANTA
FECHA DE MUESTREO	10/12/2018	HORA DE MUESTREO	10:00	REPORTE FINAL	16/12/2018
FECHA DE RECEPCION	10/12/2018	FECHA DE ANALISIS	10/12/2018		
TIPO DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL				
Nota: Los resultados reportados corresponden unicamente a las muestras recibidas en el laboratorio, la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación escrita de este laboratorio.					
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
TIPO	AGUA RESIDUAL	CANTIDAD	2	EMBASE	CERRADO, LLENO
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	M1.- AGUAS SERVIDAS DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION				
PARAMETROS	METODOS	UNIDAD	Lagunas Facultativas		
			2,00 MT	2,50 MT	
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	SONDA INTELUCAL CDC401	µ/cm	5440	5380	
TEMPERATURA	SONDA INTELUCAL CDC401	°C	30,1	29,8	
SALINIDAD	SONDA INTELUCAL CDC401	‰	2,93	2,9	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SONDA INTELUCAL CDC401	mg/lit	2870	2840	
OXIGENO DISUELTO	SONDA INTELUCAL LDO101	%	0	0	
POTENCIAL DE HIDROGENO	SONDA INTELUCAL PHC301	pH	7,21	7,65	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES(SST)	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	319	428	
SOLIDOS TOTALES	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	3189	3268	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	650	698	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lit	292,5	314,1	




**EPAM**  
DPTO. MEDIO AMBIENTE

Lic. Paul Macias Lopez

Jefatura Ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales EPAM



### INFORME DE ENSAYO

CLIENTE	ALCIVAR PINCAY TOMMY, ALVIA ANCHUNDIA JUNIOR			
DIRECCION	MANABI, MANTA, VIA SAN JUAN			
MUESTREO REALIZADO POR	LABORATORIO DE PLANTA DE TRATAMIENTO EPAM		LUGAR DE MUESTREO	MANTA
FECHA DE MUESTREO	14/12/2018	HORA DE MUESTREO	10:00	REPORTE FINAL 20/12/2018
FECHA DE RECEPCION	14/12/2018	FECHA DE ANALISIS	14/12/2018	
TIPO DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL			

Nota: Los resultados reportados corresponden unicamente a las muestras recibidas en el laboratorio; la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación escrita de este laboratorio.

#### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO	AGUA RESIDUAL	CANTIDAD	2	EMBASE	CERRADO, LLENO
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	M1.- AGUAS SERVIDAS DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION				
PARAMETROS	METODOS	UNIDAD	Lagunas Facultativas		
			2,00 MT	2,50 MT	
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	SONDA INTELUCAL CDC401	$\mu/cm$	5450	5430	
TEMPERATURA	SONDA INTELUCAL CDC401	$^{\circ}C$	27,8	27,9	
SAUNIDAD	SONDA INTELUCAL CDC401	$\%$	2,94	2,93	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SONDA INTELUCAL CDC401	mg/lt	2870	2860	
OXIGENO DISUELTO	SONDA INTELUCAL LDO101	$\%$	0,12	1,42	
POTENCIAL DE HIDROGENO	SONDA INTELUCAL PHC301	pH	7,56	7,83	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES(SST)	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	239	267	
SOLIDOS TOTALES	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	3109	3127	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	478	531	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DRR200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	215,1	238,95	

Lic. Paul Macias Lopez



DPTO. MEDIO AMBIENTE

JEFE AMBIENTAL

Jefatura Ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales EPAM

**INFORME DE ENSAYO**

CLIENTE	ALCIVAR PINCAY TOMMY, ALVIA ANCHUNDIA JUNIOR			
DIRECCION	MANABI, MANTA, VIA SAN JUAN			
MUESTREO REALIZADO POR	LABORATORIO DE PLANTA DE TRATAMIENTO EPAM		LUGAR DE MUESTREO	MANTA
FECHA DE MUESTREO	17/12/2018	HORA DE MUESTREO	11:00	REPORTE FINAL 24/12/2018
FECHA DE RECEPCION	17/12/2018	FECHA DE ANALISIS	17/12/2018	
TIPO DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL			

Nota: Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras recibidas en el laboratorio, la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación escrita de este laboratorio.

**DATOS DE LA MUESTRA**

TIPO	AGUA RESIDUAL	CANTIDAD	2	EMBASE	CERRADO, LLENO
------	---------------	----------	---	--------	----------------

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	M1.- AGUAS SERVIDAS DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION				
------------------------------	--	--	--	--	--

PARAMETROS	METODOS	UNIDAD	Lagunas Facultativas	
			2,00 MT	2,50 MT
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	SONDA INTELUCAL CDC401	$\mu/cm$	5320	5490
TEMPERATURA	SONDA INTELUCAL CDC401	$^{\circ}C$	29,6	30,2
SAUNIDAD	SONDA INTELUCAL CDC401	$\%$	2,98	2,94
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SONDA INTELUCAL CDC401	mg/lt	2940	2950
OXIGENO DISUELTO	SONDA INTELUCAL LDO101	$\%$	1,2	2,7
POTENCIAL DE HIDROGENO	SONDA INTELUCAL PHC301	pH	7,53	7,2
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES(SST)	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	229	165
SOLIDOS TOTALES	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	3169	3115
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	338	400
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	152,1	180

Lic. Paul Macias Lopez

**EPAM**  
 OPTO. MEDIO AMBIENTE

**JEFE AMBIENTAL**

Jefatura Ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales EPAM



### INFORME DE ENSAYO

CLIENTE	ALCIVAR PINCAY TOMMY, ALVIA ANCHUNDIA JUNIOR			
DIRECCION	MANABI, MANTA, VIA SAN JUAN			
MUESTREO REALIZADO POR	LABORATORIO DE PLANTA DE TRATAMIENTO EPAM		LUGAR DE MUESTREO	MANTA
FECHA DE MUESTREO	21/12/2018	HORA DE MUESTREO	10:20	REPORTE FINAL 27/12/2018
FECHA DE RECEPCION	21/12/2018	FECHA DE ANALISIS	21/12/2018	
TIPO DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL			

Nota: Los resultados reportados corresponden unicamente a las muestras recibidas en el laboratorio, la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación escrita de este laboratorio.

#### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO	AGUA RESIDUAL	CANTIDAD	2	EMBASE	CERRADO, LLENO
------	---------------	----------	---	--------	----------------

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	M1.- AGUAS SERVIDAS DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION				
------------------------------	--	--	--	--	--

PARAMETROS	METODOS	UNIDAD	Lagunas Facultativas	
			2,00 MT	2,50 MT
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	SONDA INTELICAL CDC401	µ/cm	5580	5510
TEMPERATURA	SONDA INTELICAL CDC401	°C	31,1	31,2
SAUNIDAD	SONDA INTELICAL CDC401	‰	3,01	2,97
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SONDA INTELICAL CDC401	mg/lt	2950	2910
OXIGENO DISUELTO	SONDA INTELICAL LDO101	%	4,32	5,91
POTENCIAL DE HIDROGENO	SONDA INTELICAL PHC301	pH	7,49	7,12
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES(SST)	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	139	158
SOLIDOS TOTALES	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	3089	3068
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	213	299
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DRB200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/lt	95,85	134,55

Lic. Paul Macias Lopez

EPTC MEDIO AMBIENTE

JEFE AMBIENTAL

Jefatura Ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales EPAM



### INFORME DE ENSAYO

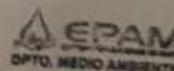
CLIENTE	ALCIVAR PINCAY TOMMY, ALVIA ANCHUNDIA JUNIOR			
DIRECCION	MANABI, MANTA, VIA SAN JUAN			
MUESTREO REALIZADO POR	LABORATORIO DE PLANTA DE TRATAMIENTO EPAM		LUGAR DE MUESTREO	MANTA
FECHA DE MUESTREO	24/12/2018	HORA DE MUESTREO	10:00	REPORTE FINAL 31/12/2018
FECHA DE RECEPCION	24/12/2018	FECHA DE ANALISIS	24/12/2018	
TIPO DE MUESTREO	AGUA RESIDUAL			

Nota: Los resultados reportados corresponden unicamente a las muestras recibidas en el laboratorio, la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación escrita de este laboratorio.

#### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO	AGUA RESIDUAL	CANTIDAD	2	EMBASE	CERRADO, LLENO
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	M1.- AGUAS SERVIDAS DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION				
PARAMETROS	METODOS	UNIDAD	Lagunas Facultativas		
			2,00 MT	2,50 MT	
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	SONDA INTELICAL CDC401	µ/cm	5310	5340	
TEMPERATURA	SONDA INTELICAL CDC401	°C	28	28,8	
SALINIDAD	SONDA INTELICAL CDC401	‰	2,86	2,87	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	SONDA INTELICAL CDC401	mg/l	2800	2810	
OXIGENO DISUELTTO	SONDA INTELICAL LDO101	%	6,32	5,31	
POTENCIAL DE HIDROGENO	SONDA INTELICAL PHC301	pH	7,43	7,39	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES(SST)	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/l	153	152	
SOLIDOS TOTALES	DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/l	2953	2962	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DR8200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/l	142	204	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DR8200/ digital reactor block, DR/890 PORTABLE SPECTROPHOTOMETER	mg/l	63,9	91,8	

Lic. Paul Macías Lopez



OPTO. MEDIO AMBIENTE

JEFE AMBIENTAL

Jefatura Ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales EPAM