



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“PROPUESTA DE MITIGACIÓN ALTERNATIVA PARA LA  
OPERACIONALIDAD DEL TRATAMIENTO DE LAS  
AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD  
SEGUNDA JERUSALÉN, RIOJA - 2015”**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario**

**AUTOR**

**Bach. Mahli Helem Rojas Herrera**

**ASESOR**

**Ing. Alfonso Rojas Bardález**

**Código N° 06053415**

**Moyobamba – Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**





**“PROPUESTA DE MITIGACIÓN ALTERNATIVA PARA LA  
OPERACIONALIDAD DEL TRATAMIENTO DE LAS  
AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD  
SEGUNDA JERUSALÉN, RIOJA - 2015”**

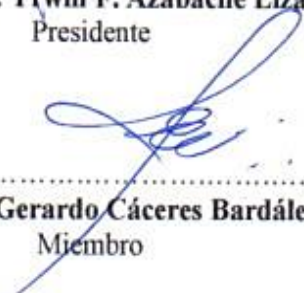
**PRESENTADO POR:**

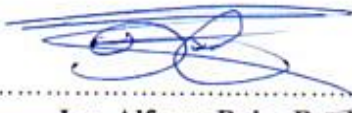
Bach. Mahli Helem Rojas Herrera

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 30 de mayo del 2018

  
.....  
**Ing. M.Sc. Yrwin F. Azabache Liza**  
Presidente

  
.....  
**Ing. M.Sc. Mirtha F. Valverde Vera**  
Secretario

  
.....  
**Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález**  
Miembro

  
.....  
**Ing. Alfonso Rojas Bardález**  
Asesor

## Declaratoria de Autenticidad

Yo Mahli Helem Rojas Herrera, con DNI N° 72293080, bachiller de la Facultad de Ecología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **“Propuesta de mitigación alternativa para la operabilidad del tratamiento de las aguas residuales de la localidad Segunda Jerusalén, Rioja - 2015”**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias que mi acción derive, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 30 de mayo del 2018



  
.....  
**Bach. Mahli Helem Rojas Herrera**  
DNI N° 72693080

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: <i>Rojas Herrera Mahli Helem</i>	
Código de alumno : <i>105255</i>	Teléfono: <i>948004209</i>
Correo electrónico : <i>mahly13.1@gmail.com</i>	DNI: <i>72693080</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: <i>Ecología</i>
Escuela Profesional de: <i>Ingeniería Sanitaria</i>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: <i>Propuesta de mitigación alternativa para la operacionalidad del tratamiento de las aguas residuales de la localidad de Segunda Jerusalén, Kioja - 2015</i>
Año de publicación: <i>2018</i>

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


  
.....  
Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

05 / 10 / 2018



  
.....  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM – T.

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## DEDICATORIA

A DIOS PADRE, por estar siempre en mi vida presente y por permitir q hoy en día este aquí en esta tierra disfrutando del calor de mi madre y mis hermanos a quienes amo.

A mi madre querida Natalia Herrera Marchán por confiar siempre en mí, apoyarme, cuidarme y también por su gran amor incondicional que me brinda.

**Mahli Helem.**

## AGRADECIMIENTO

A la Municipalidad Distrital Elías Soplin Vargas, por brindarme de manera desinteresada, información necesaria.

A mi hermano el Ing. Marcos Uzzi Rojas Herrera por orientarme en la elaboración del presente trabajo.

**Mahli Helem.**



## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I : REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	3
1.1. Antecedentes de la investigación .....	3
1.2. Bases teóricas .....	8
1.3. Definición de términos básicos .....	18
CAPÍTULO II : MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
2.1. Material .....	20
2.2. Métodos.....	20
CAPÍTULO III : RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
3.1. Determinación de los caudales de diseño.....	22
3.1.1. Estudio de población y demanda.....	22
3.1.2. Sistema de desagüe - caudales de diseño .....	23
3.2. Determinación las dimensiones y características de las lagunas facultativas primarias y secundarias .....	24
3.2.1. Diseño de lagunas facultativas primarias .....	24
3.2.2. Diseño de lagunas facultativas secundarias.....	29
3.3. Propuesta de mitigación alternativa de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	34
3.3.1. Calidad esperada del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Segunda Jerusalén. ....	34
3.3.2. Mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	35
3.3.3. Control de la producción de lodos.....	37
3.3.4. Discusión.....	39
CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES .....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
ANEXOS .....	44

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. <i>Tipos de rejas (mm)</i> .....	11
Tabla 2. <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i> .....	20
Tabla 3. <i>Población y demanda</i> .....	22
Tabla 4. <i>Sistema de desagüe – Caudales de diseño</i> .....	23
Tabla 5. <i>Diseño de lagunas facultativas primarias</i> .....	24
Tabla 6. <i>Resumen de dimensiones</i> .....	25
Tabla 7. <i>Verificación de coliformes fecales</i> .....	26
Tabla 8. <i>Diseño de lagunas facultativas secundarias</i> .....	29
Tabla 9. <i>Resumen de dimensiones</i> .....	30
Tabla 10. <i>Verificación de coliformes fecales</i> .....	31
Tabla 11. <i>Parámetros de límites máximos permisibles</i> .....	35
Tabla 12. <i>Mantenimiento de rejas y desarenador</i> .....	36
Tabla 13. <i>Mantenimiento de lagunas de estabilización</i> .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Entrada sumergida y entrada sobre el nivel del agua.....	14
<i>Figura 2.</i> Dimensiones laguna primaria – Detalle en Planta .....	27
<i>Figura 3.</i> Dimensiones laguna primaria – Detalle en Corte .....	28
<i>Figura 4.</i> Dimensiones laguna secundaria – Detalle en Planta .....	32
<i>Figura 5.</i> Dimensiones laguna secundaria – Detalle en Corte.....	33

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1.</i> Curva de crecimiento de población de la localidad de Segunda Jerusalén ....	23
<i>Gráfica 2.</i> Cantidad de coliformes fecales – Laguna primaria .....	26
<i>Gráfica 3.</i> Cantidad de coliformes fecales – Laguna secundaria.....	31

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Segunda Jerusalén, la cual cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales orientado a atender la demanda existente de la población; sin embargo, dicha planta no cuenta con un plan de mitigación que evite que las aguas residuales contaminen el suelo y el río al momento de ser evacuadas. Por lo tanto, ante dicha problemática y el crecimiento acelerado de la población, se determinó el caudal de descarga diaria de 24.13 L/s. respecto a su población, dotación y porcentaje de contribución de diseño; la cual, conforme a su caudal unitario afluente y área unitaria, se propone el diseño de dos lagunas de estabilización alternas a las dos existentes de dimensiones 230 m de longitud por 115 m de ancho para la laguna facultativa primaria, y de 220 m de longitud por 110 m de ancho para la laguna facultativa secundaria; fomentado así, la mitigación y tratamiento de los lodos residuales, diseñadas para un periodo de 20 años. En tal sentido, se determinó el área de extensión de 36,351.17 m<sup>2</sup> a nivel de laguna primaria y 33,456.77 m<sup>2</sup> a nivel de laguna secundaria.

**Palabras claves:** Aguas residuales, Laguna de estabilización, Lodo, Diseño, Mantenimiento y Planta de tratamiento.

## ABSTRACT

The following research work was carried out in the town of Segunda Jerusalén, which has a wastewater treatment plant aimed at meeting the existing demand of the population; however, the plant does not have a mitigation plan that prevents waste water from contaminating the soil and the river when it is evacuated. Therefore, in view of this problem and the accelerated growth of the population, the daily discharge rate of 24.13 L / s was determined. regarding its population, endowment and percentage of design contribution; which, according to its affluent unit flow and unit area, proposes the design of two stabilization ponds alternate to the two existing ones, with dimensions 230 m long and 115 m wide for the primary facultative lagoon, and 220 m long 110 m wide for the secondary facultative lagoon; thus promoting the mitigation and treatment of residual sludge, designed for a period of 20 years. In this regard, the extension area of 36,351.17 m<sup>2</sup> at the level of the primary lagoon and 33,456.77 m<sup>2</sup> at the level of the secondary lagoon was determined.

**Keywords:** Wastewater, Stabilization Lagoon, Mud, Design, Maintenance and Treatment Plant.



## INTRODUCCIÓN

Una planta de tratamiento de aguas residuales tiene como función crear un hábitat cómodo y saludable para los habitantes de una ciudad, proporcionando bienestar y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente que lo rodea. Perú cuenta con 1,833 distritos, de los cuales 1,520 son atendidas por las municipalidades o juntas de administración de servicio de saneamiento u otras; mientras que 312 distritos se encuentran bajo el ámbito de EPS supervisadas por la SUNASS (Fondo Nacional del Ambiente, 2010).

La localidad de Segunda Jerusalén cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales el cual está orientado a atender la demanda existente de la población; por tal motivo dichas lagunas, al cumplir su vida útil, necesitará que se realice una limpieza, el cual para ello no cuenta con un plan de mitigación que evite que dichas aguas residuales contaminen el suelo y el río al ser evacuadas, ante esta problemática se plantea la siguiente interrogativa ¿Será viable la propuesta de mitigación alternativa para garantizar la operacionalidad del tratamiento de las aguas residuales de la localidad Segunda Jerusalén?; cuya hipótesis de ejecución generará un impacto positivo para el bienestar poblacional a través de la mejora de la funcionalidad de la estructura analizada.

Como objetivo general se presenta la propuesta de mitigación alternativa para la operacionalidad del tratamiento de las aguas residuales de la localidad Segunda Jerusalén; y como objetivos específicos se determinó los caudales de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales; se determinó las dimensiones y características de lagunas facultativas primarias y secundarias, y se realizó la propuesta de mitigación alternativa para la operacionalidad del tratamiento de las aguas residuales; todo ello, a través del enfoque de investigación no experimental – aplicativo – descriptivo, de variable dependiente “Operacionalidad del tratamiento de las aguas residuales” y variable independiente “Propuesta de mitigación alternativa”; con justificación social de mejora continua de la calidad de vida poblacional en el servicio de recolección y tratamiento de las aguas residuales a nivel de planta de tratamiento PTAR.

Del estudio realizado se concluyó que el caudal de descarga diaria en la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Segunda Jerusalén es 24.13 L/s; las dimensiones de diseño para las lagunas facultativas primarias son 230 m de longitud por 115 m de ancho; mientras que para las lagunas facultativas secundarias las dimensiones son de 220 m de longitud por 110 m de ancho; el diseño de las lagunas fue calculado para un periodo de 20 años, la cual se construirá en un área de 36,351.17 m<sup>2</sup> equivalente a 3.64 Has en lagunas primas y 33,456.77 m<sup>2</sup> equivalente a 3.35 Has en lagunas secundarias. Recomendando a la Municipalidad de Elías Soplín Vargas, establecer el plan de contingencia para la operación y mantenimiento para la limpieza de lodos en las lagunas, mitigando así los posibles impactos ambientales negativos generados en su proceso de operación, así como a los ingenieros encargados del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, determinar mediante estudios básicos “in situ” el diagnóstico de las condiciones de suelo y superficie destinado para su construcción.

Por lo tanto, el presente proyecto contribuirá a controlar y reducir los niveles máximos de microorganismos patógenos y contaminantes que son causados por las aguas residuales y por ende causar un tipo de malestar al ser humano.

La presente investigación está organizada en tres capítulos: Capítulo I: Revisión bibliográfica, en la cual se establece los antecedentes de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos; Capítulo II: Material y métodos, enfocando las técnicas e instrumentos de recolección de datos y las técnicas de procesamiento y análisis de datos; Capítulo III: Resultados y discusión, en la cual se determinó los caudales de diseño, las dimensiones y características de las lagunas facultativas primarias y secundarias, y la propuesta de mitigación alternativa de la planta de tratamiento de aguas residuales. Así mismo, se presenta las conclusiones, recomendaciones y anexos establecidos en panel fotográfico y ubicación del proyecto establecido.



# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### Internacional

**Franken (2007).** En su libro “Gestión de Agua – Conceptos para el nuevo milenio”. Mencionó que las ventajas que se tiene al usar las lagunas de estabilización es el bajo costo para su operación y mantenimiento, así como la poca energía que se utiliza, ya que la forma de purificar las aguas residuales es de manera natural. La retención de las aguas residuales se realiza mediante el proceso de tratamiento de sedimentación, el cual se da por un determinado tiempo en aquellas lagunas que no tienen aireación, y cuentan con un pH de nueve. En el caso de las lagunas anaeróbicas, los patógenos se destruyen porque el tiempo de retención es mucho mayor. Para el diseño de las lagunas de estabilización se recomienda tomar en cuenta algunos aspectos importantes tales como: Evitar la formación de corrientes de aguas tanto en la entrada como en la salida de las lagunas, diseñar de manera óptima la entrada de las aguas residuales a las lagunas, la ubicación de la salida de las aguas tratadas debería ser en una de las esquinas de la laguna. Las algas que viven en las lagunas de estabilización tienen un rol muy importante en la purificación de las aguas residuales, ya que ellas se nutren gracias a la descomposición de las bacterias; reduciendo así, las cargas de demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno. Es por ello que dichas lagunas logran un eficiente resultado

**Stewart (2005).** En su trabajo de investigación “Manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad”. Sostuvo lo siguiente:

- Al momento de diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se debe contar con un documento guía de como poder retirar los lodos presentes y las consecuencias que podría conllevar si no cumple con el documento establecido.

- Se debe tener en cuenta las condiciones climáticas, para poder estimar el tiempo en que los lodos podrán ser secados, y por ende evitar problemas futuros.
- El retirar los lodos con maquinaria pesada, puede perjudicar la impermeabilidad de la laguna.
- Antes de realizar el retiro manual de los lodos, se debe realizar a cabo los ensayos de huevos de helmintos existentes.
- El personal que realice el retiro manual de lodos, debe contar con su equipo de protección personal.
- Retirar el lodo de forma manual, puede evitar el deterioro de la impermeabilización del fondo de la laguna.
- Es recomendable retirar los lodos por vía húmeda, de esa manera evitamos contacto directo con los lodos.
- Debemos contar con un equipo de bombeo apropiado, para retirar el lodo mediante la vía húmeda.
- El equipo de bombeo se utilizará siempre y cuando exista dos o más lagunas para retirar los lodos mediante vía húmeda.

**Martin (2002).** En su artículo “Depuración de aguas mediante lagunaje múltiple”, comentó que: el proceso depurativo se presenta en las lagunas facultativa secundaria, el cual es de mucha importancia porque permite brindar un mejor tratamiento a las aguas residuales que salen de las lagunas primarias, ya que en ella se realiza el proceso anaeróbico, en el fondo de la laguna y el proceso aerobio en la superficie de las laguna; todo ello contribuye al crecimiento de algas el cual ayuda a purificar dichas aguas. Las lagunas facultativas secundarias tienen aproximadamente una profundidad de 2.00 m., por lo que mayormente se diseñan en número par, con una distancia adecuada para poder realizar la prueba hidráulica, el cual se proyectara a los 30 días. Para que se realice un adecuado tratamiento a las aguas residuales que ingresan a las lagunas, se debe contar con sus respectivas entradas, intercomunicadores y salidas, el cual dará un correcto funcionamiento y esto se verá reflejado en el color de las aguas, que por naturaleza será de color verde intenso, debido a las algas clorofíceas que contienen dichas lagunas. Las algas realizan una actividad fotosintética, proporcionando un pH en base a 8 el cual

ligeramente alcalino, dicha actividad ocasiona que contenga más de 2 mg/L de oxígeno disuelto en la superficie de las aguas.

**Romero (2001).** En su libro de “Tratamiento de Aguas Residuales: Teorías y Principios de Diseño”. Mencionó lo siguiente: Si se realiza un adecuado tratamiento a las aguas residuales, ayudará a mitigar y controlar la contaminación que ocasiona al medio ambiente, para ello se debe realizar un adecuado diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y capacitar al personal que estará encargado de operar y mantener dicha planta.

## **Nacional**

**Fondo Nacional del Ambiente (2010).** Con respecto a la planta de tratamiento, mencionó que la autodepuración es uno de los procesos más esencial que existe para el tratamiento de las aguas residuales, por lo que permite descomponer a los desechos orgánicos, mediante la metabolización y convirtiéndoles en sustancias como el dióxido de carbono, nitrógeno, todo ello se realiza mediante los microorganismos de las algas y bacterias; por tal motivo se recomienda proyectar una PTAR, para satisfacer las necesidades de la población, el cual sea eficiente y económico. Para diseñar una PTAR se necesita los siguientes estudios básicos: el caudal ( $m^3/s$ ), las dimensiones de la planta de tratamiento de aguas residuales, el área del terreno requerido, la viabilidad económica, el agua tratada que sale de la planta. Se busca una tecnología que sea acorde a la necesidad de la población y menos costosa tanto para su diseño y para su operación y mantenimiento, haciendo uso de los recursos humanos y materiales; en tal sentido cabe señalar que el diseño de cada planta de tratamiento de aguas residuales serán diferentes en cada ciudad, ya que dependerá de factores como la población, el clima entre otros. El Fondo Nacional del Ambiente – FONAM, realizó un estudio donde clasifico a las Empresas Prestadoras de Servicio (EPS) por el número de conexiones que brinda, siendo: Tipo S-SEDAPAL (empresa que abastece a mas de 8 millones de conexiones domiciliarias entre ellas, la ciudad de Lima y Callao); Tipo G-EPS Grandes (empresas que abastecen entre 40 mil a 200 mil conexiones domiciliarias); Tipo M-EPS Medianas (estas empresas abastecen entre 10 mil a 40 mil conexiones

domiciliarias) y las Tipo P-EPS Pequeñas (son empresas que abastecen a menor de 10 mil conexiones domiciliarias).

**Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2008).** Realizo un estudio donde más del 65% de las aguas residuales son emitidas a los ríos, canales, sin un previo tratamiento; debido que las plantas de tratamiento se encuentran en completo abandono o descuido en su operación y mantenimiento; es decir, que dichas plantas no desempeñan su funcionamiento al 100%. Las empresas prestadoras de servicio deberían tener mayor conciencia en la importancia que desempeñan las plantas de tratamiento es por ello que deberían diseñar tecnologías más eficientes en su mantenimiento y operacionalidad para brindar un mejor servicio a la población. Los problemas existentes causadas por estas empresas se clasifica en los siguientes:

Deficiencias en la operación:

Uno de los problemas que perjudica a la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales es la falta de control que se tiene en el caudal de las aguas residuales que ingresa a la planta y al proceso de tratamiento que se da tanto en el afluente y efluente. El 26.6% de las plantas de tratamiento de aguas residuales cuentan con medidores de caudal, el cual es uno de los elementos primordiales que se debería tener para poder verificar el ingreso de la carga orgánica hacia la planta de tratamiento. El 70.6% de las plantas de tratamiento de aguas residuales cuentan con datos de DBO<sub>5</sub>; mientras que el 29.4% solo registran datos de coliformes fecales. La función que cumplen las PTAR es mejorar la eficiencia de la carga orgánica de las aguas residuales que ingresan todos los días; para ello se basa en el caudal y la concentración de la materia orgánica.

Principales deficiencias en el mantenimiento:

En una planta de tratamiento de aguas residuales se puede observar algunos problemas que causa deficiencia en el tratamiento, ello puede ser lo siguiente:

- El 37.9% es de arenamiento y exceso de lodos, esta situación se da porque algunas lagunas no cuentan con un pre tratamiento que viene a ser los desarenadores, o en algunos casos la sobrecarga de lodos que existe en las lagunas por no realizar una adecuada operación y mantenimiento, lo que trae como consecuencia deficiencia en la remoción del DBO<sub>5</sub>, coliformes fecales

y huevos de helmintos, y todo ello se da porque la retención de las aguas residuales es en poco tiempo.

- El 72% de las plantas de tratamiento de aguas residuales que son administradas por las empresas prestadoras de servicio (EPS), sus aguas residuales no pasan por un pretratamiento que viene a ser los desarenadores.
- El 14.7% es ocasionado por la presencia de maleza que crece alrededor de los taludes y en algunos casos en el interior de las lagunas por el exceso de lodos, todo ello ocasiona que la capa impermeable de las lagunas sufra algún daño, causados por las raíces que pueden crecer de las malezas, así como los roedores que viven dentro de ella, y si esta capa impermeable se rompe puede causar contaminación de la napa freática.
- El exceso de nitrógeno (N) y fosforo (P), provoca el crecimiento de las algas macrófitas, que puede causar un problema si aumenta excesivamente porque puede interrumpir el intercambio de gases de oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), así como impedir el paso de la luz solar que es muy importante para que se realice el proceso de la fotosíntesis. Ocasionando la formación de hidrógeno sulfurado (H<sub>2</sub>S) el cual provoca olores desagradables para la población.

**Yáñez (1993).** En su trabajo “Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento de Lagunas de Estabilización”. Mencionó que: Para que una planta de tratamiento de aguas residuales, especialmente la laguna de estabilización funcione adecuadamente se debe implementar un plan de operación y mantenimiento, donde el operador puede cumplir con las tareas establecidas y evitar futuros problemas. Es por ello que en muchas ciudades de Latinoamérica han fracasado en el sistema de tratamiento de aguas residuales por medio de la laguna de estabilización, porque no realizan un adecuado operación y mantenimiento. Se debe tener un personal capacitado y que trabaje a tiempo completo, el cual debe de contar con su equipo de protección personal para que pueda realizar el trabajo de operación y mantenimiento, mediante un programa de monitoreo para verificar que las lagunas estén operando adecuadamente y así tener una mejor eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales. Toda planta de tratamiento debe de contar con un plan de mitigación que ayudara a controlar el nivel de contaminación que ocasionara al momento de la remoción de los lodos, para darle un tratamiento hasta la disposición final que se le

dará ya sea a un lecho de secado o los carros recolectores de basura, este trabajo se debe realizar cada cinco a diez años de vida útil. Es por ello que es importante contar tanto con un plan de mitigación como un plan de operación y mantenimiento para cada instalación que tenga la planta de tratamiento, para que al operador se le sea más fácil de operar y mantener en condiciones óptimas las lagunas y así no ocasional malestar a la población y reducir la contaminación ambiental.

## 1.2. Bases teóricas

### a. Fundamento de tratamiento de las aguas residuales

Si no se da un adecuado tratamiento a las aguas residuales, esto puede provocar un impacto negativo al medio ambiente, ya que son fuentes de contaminación que los humanos causan al depositar sus aguas residuales domésticas a los suelos provocando malos olores, como la proliferación de organismos patógeno. Por todo esto es que se necesita contar con una planta de tratamiento para las aguas residuales, brindar un bienestar a la población. (Romero, 2001).

### b. Determinación del caudal de diseño

Para diseñar las lagunas de estabilización se toma como dato el caudal promedio de las aguas servidas que generan la población más el caudal de infiltración que serán depositados en las lagunas.

$$Q_{\text{laguna}} = Q_{\text{medio}} + \text{Infiltración}$$

Se recomienda diseñar las lagunas de forma paralela, para que cuando uno de ellos necesite realizar su limpieza el otro siga funcionando adecuadamente capturando todo el caudal que ingrese en las lagunas. Así se puede evitar la contaminación ambiental. (Metcalf & Eddy, 1997). Por tal motivo el caudal de diseño será dividido entre las dos lagunas paralelas

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{lagunas}} / 2$$

### c. Principales características de las aguas residuales.

Las características de las aguas residuales se clasifican en tres que son características físicas, químicas y biológicas, las cuales deben cumplir a un parámetro establecido para la mejora de la calidad del medio ambiente. (Seoanez, 1999).

### **Características físicas:**

- Temperatura. Debido a que las aguas residuales liberan energía mediante las reacciones bioquímicas hace que su temperatura por si sea alta respecto a las aguas normales,
- Turbidez. Es causada por la materia suspendida que se encuentra en el fondo de la laguna, el cual es un indicador que las aguas residuales son vertidas adecuadamente.
- Color. Cuando las aguas residuales son recientes en las lagunas de estabilización el color es gris, mientras pasa el tiempo cambia a color negro eso se debe a la descomposición de la materia orgánica mediante las bacterias, y por ende el oxígeno disuelto se reduce.
- Olor. El olor que emite las aguas residuales se debe a los gases ocasionados por la descomposición de la materia orgánica mayormente los que contienen ácido sulfhídrico.
- Sólidos Totales. Lo podemos encontrar en las aguas residuales ya sea como solidos suspendidos o filtrantes, el cual se clasifica en base a su tamaño. (Seoanez, 1999)

### **Características químicas:**

Estas características se basan en los compuestos químicos que tienen las aguas servidas, los cuales se divide de la siguiente manera:

- Materia Orgánica. El 90% de la materia orgánica está formada por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites, los cuales se encuentran en los excrementos y orina de seres humanos, así como en los alimentos descompuestos y detergentes.
- Materia inorgánica. Se encuentra mayormente en los sólidos minerales tales como: sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables.
- Gases. Los gases se forman por el oxígeno disuelto, ácido sulfhídrico, anhídrido carbónico y metano, los cuales se encuentra en las aguas residuales. (Seoanez, 1999)

### **Características Biológicas:**

Dentro de las características biológicas se encuentra los microorganismos que se encuentra presente en las aguas residuales que vienen hacer las siguientes:

- Bacterias. La función que cumple las bacterias es descomponer a la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales, dichas bacterias se clasifican según su metabolismo que puede ser heterótrofas o autótrofas.
- Algas. Cumplen una función importante en las lagunas de estabilización que es el de producir oxígeno mediante el proceso de la fotosíntesis. Pero para que ellas se puedan reproducir de manera adecuada necesitan de nutrientes como el nitrógeno, fósforo y anhídrido carbónico.

#### **d. Diseño de planta de tratamiento**

Es importante realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para que la población pueda evacuar correctamente sus aguas servidas y en ella se pueda purificar las aguas residuales, reduciendo de esa manera la contaminación tanto en los suelos como el medio ambiente. En la misma forma se ve reflejado en la calidad del sistema hidrológico que se encuentra ubicado la planta, porque al momento que salen estas aguas de las lagunas ya salen como aguas tratadas la cual se puede mezclar con las aguas superficiales. En los procesos de planteamiento tanto como hidrológico, higiénico, legal y político se debe considerar este impacto que causa las aguas residuales no tratadas. (Mackenzie, 2010).

##### **Procesos de pretratamiento:**

###### **1) Cribas**

Las cribas o llamados también rejas, se debe diseñar al principio de toda planta de tratamiento de aguas residuales ya que aquí se realiza el pretratamiento de las aguas residuales. La función que cumple esta instalación es de retener y separar los sólidos en suspensión de mayor tamaño, así como cuerpos flotantes que llegan de las alcantarillas, este proceso de pretratamiento se realiza para no generar obstrucciones en las tuberías que se dirigen hacia las lagunas facultativas, de lo contrario se interrumpirá el proceso de tratamiento. La clasificación de las rejas en barra se utiliza según su tamaño que puede ser:



Tabla 1

*Tipos de rejillas (mm)*

<b>Tipos de rejillas</b>	<b>Altura (cm)</b>
Rejas gruesas	5 - 10
Rejas medianas	1.5 - 5
Rejas finas (rejillas)	< 1.5

Fuente: *Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009*

Las rejillas deberán estar inclinadas a un ángulo de 45° a 60° con orientación a la horizontal, esto se hace con la única función que cuando se realice la limpieza manual sea óptima; en el caso que la limpieza sea de forma mecánica, el ángulo de las rejillas será mucho mayor; en algunos casos se diseñaran de forma vertical (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009). Para el diseño de las rejillas se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros: la velocidad del agua que entra al canal a través de las rejillas, el gasto, el área de diseño y la pérdida de carga de las aguas residuales. La retención de las partículas pequeñas en las rejillas puede variar según las aguas residuales a tratar o también según el diseño del espacio que exista de las rejillas. Las partículas que son retenidas en las rejillas son desperdicios que la persona bota a las alcantarillas que puede ser papel higiénico, residuos de alimentos, entre otros productos que se pueden descomponer, la humedad que contienen estos desechos es de 75 a 90%, es por ello que las rejillas deben ser limpiadas constantemente.

## **2) Desarenador.**

La limpieza que se debe realizar en los desarenadores será de forma manual, en el caso que la PTAR sea grande se necesitará diseñar un desarenador donde la forma de limpieza será de forma mecánica. La función que cumplen los desarenadores en una planta de tratamiento es controlar el pase de los sólidos orgánicos mayores a 20 mm de diámetro, manteniendo una velocidad constante del flujo del agua a 0.3 m/s mas un 20% de tolerancia. Donde el tiempo de retención de las partículas va a variar entre 20 a 60 segundos. Para el ancho de desarenadores manuales se recomienda diseñar con 0.60m de ancho, y dos unidades como mínimo, para facilitar el trabajo tanto de la planta como del operador cuando se realice la limpieza, por tal motivo también se

debe considerar una compuerta para cumplir con dicha función. La limpieza que se debe realizar por lo menos una vez por semana, donde los desechos deben ser depositados en una cámara de compostaje. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009)

### **Tratamiento primario**

La función que cumple el proceso del tratamiento primario es eliminar o reducir las partículas orgánicas e inorgánicas de mayor tamaño, el cual impide el proceso de tratamiento de las aguas residuales hacia el tratamiento secundario. Uno de los procesos que mas se utiliza en el tratamiento primario es el tanque Imhoff, que es recomendado para una población menor de 5000 habitantes, una de las funciones que cumple este proceso es que digiere los lodos facilitando el tratamiento de las aguas residuales.

### **Tratamiento secundario**

En el tratamiento secundario es una serie de procesos biológicos donde se utilizan a los microorganismos de las cuales la mas conocidas son las bacterias, donde cumplen la función de eliminar por completo a la materia orgánica coloidal y la materia orgánica disuelta, así como también a los compuestos que contentan nitrógeno y fosforo. Uno de los procesos del tratamiento secundario son las lagunas facultativas, donde la proyección para el diseño de dichas lagunas es de 20 años, donde el mantenimiento se debe realizar en un periodo de 5 a 10 años. En el diseño de las lagunas se debe proyectar por lo menos dos unidades en paralelo, para que pueda permitir la limpieza de una y el funcionamiento normal de la otra laguna, y así no afectar la contaminación del medio ambiente. Las lagunas facultativas tienen una profundidad mayor a 1.5 m, para poder evitar que las raíces de las plantas acuáticas lleguen al fondo y causen algún daño, pero en el caso de las lagunas facultativas primarias se debe calcular una altura mayor porque en ella se acumula la mayor parte de lodos. En el diseño de las lagunas facultativas primarias se debe tener en cuenta que la remoción de sólidos en suspensión es el 80%.

- e. **Normas generales para el diseño de sistemas de lagunas.** (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009)

- 1) Una planta de tratamiento está proyectada para un periodo de 20 a 30 años aproximadamente.
- 2) Para el diseño de una planta de tratamiento se debe considerar lo siguiente:
  - Por lo menos debe diseñar dos lagunas en paralelo, para al momento de realizar la limpieza una se cierre y la otra siga operando normalmente.
  - La forma de diseño de las lagunas dependerá según el tratamiento que se le va a dar; como en el caso de las lagunas anaerobias y aeradas se diseñan de forma cuadrada o rectangular, y en caso de las lagunas facultativas se diseñaran en relación largo - ancho de 2 a 3.
  - Los puntos de entrada de las aguas residuales hacia las lagunas deben diseñarse cerca a los bordes de los taludes, y los puntos de descarga se diseñarán en la parte superficial.
  - Se utilizarán tuberías en medio de las lagunas que unirán las lagunas primarias con las secundarias.
  - Los diques deben ser diseñada de forma redondeada en las esquinas para reducir las natas acumuladas.
- 3) Las lagunas deben tener un borde libre mínimo de 50 cm de altura, el cual se diseña para impedir que el oleaje producido por el viento no cause erosión en los diques de las lagunas.

**f. Dispositivos de entrada, interconexión y salida.**

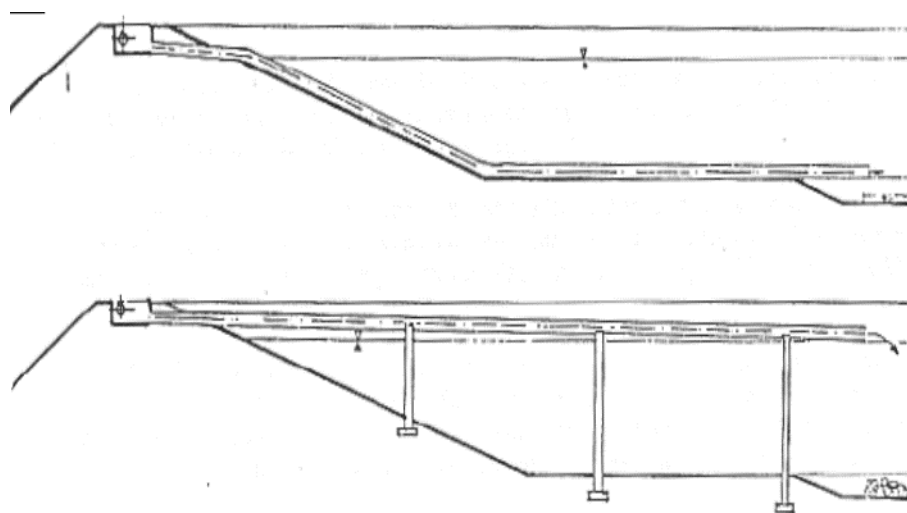
Se debe de evitar utilizar válvulas, por ello se debe diseñar lo más sencillo para el tratamiento de las aguas, pero a la vez lo más efectivo. Los dispositivos que se diseñaran son los siguientes:

**Dispositivo de entrada.**

Los puntos de entrada se deben de ubicar cerca de las lagunas primarias, y debe ser lo más simple de manejarlos.

En caso de la tubería que ingresa las aguas residuales a la laguna existe varias críticas, ya que algunos sugieren que debería ir sobre el nivel del agua, mientras que otros dicen que debería ir sumergida (ver figura 1). Esto se debe que si las tuberías se ubican por debajo del agua el costo será menor y el método en la construcción será mas simple; mientras que si la tubería se

coloca sobre el nivel del agua los lodos no podrán obstruir el paso de las aguas y habrá menos material asentado alrededor de la tubería.



*Figura 1.* Entrada sumergida y entrada sobre el nivel del agua.

Lo que más se recomienda es utilizar las tuberías sobre el nivel del agua ya que es más fácil de visualizar y controlar los caudales con que ingresa el agua residual, a la vez también asegura una velocidad mínima, ello permite que la mezcla sea óptima ya que genera una mejor turbulencia en las aguas por la caída que tiene hacia el afluente. Pero el único inconveniente es que el costo de construcción ya que será mucho mayor a las tuberías sumergidas, porque en este caso se tendría que construir un soporte para las tuberías para que puedan realizar su función. (Centro Panamericano Para Ingeniería Sanitaria, 2000).

#### **Dispositivo de interconexión.**

Este dispositivo de interconexión es una estructura que se ubica tanto a la salida de la laguna primaria y a la entrada de la laguna secundaria, el cual será el paso de las aguas residuales tratadas hacia la laguna donde terminará el tratamiento para luego ser depositadas ya sea a una quebrada, río o mares. Esta conexión se debe diseñar adecuadamente de tal forma que no genere una caída turbulenta a la laguna secundaria generando así espuma, este tipo de casos se da mayormente en los países desarrollados ya que su población utiliza detergentes que generan espuma. Se recomienda utilizar canaletas de interconexión para las lagunas que cuentan con una diferencia de nivel mínima, así como la pérdida de carga; mientras para las lagunas que tienen

una diferencia de nivel considerable o alto se recomienda utilizar un sistema de interconexión cerrada mediante tubería PVC o de acero.

#### **Dispositivo de salida.**

El dispositivo de salida tiene como función determinar el nivel de agua residual que contiene la laguna secundaria, el cual se debe ubicar en el diseño al pie del dique de la laguna secundaria. A ello también se debe diseñar un vertedero ya sea triangular o rectangular para poder realizar la medición y el control adecuado de los afluentes.

#### **g. Balance hídrico de la laguna**

El tratamiento de las aguas residuales mediante el proceso de lagunas debe contar con un caudal equilibrado para poder mantener el balance hídrico de la laguna, así como también mantener el flujo continuo del sistema de las aguas residuales, y la evaluación de ella mediante la evaporización y la medición de infiltración del agua residual. Para brindar un adecuado tratamiento de las aguas residuales es muy importante que obtengamos una carga orgánica adecuada de las lagunas debido al tamaño y capacidad que ellas tienen para cumplir su función, así como también lograr un óptimo balance hídrico de la laguna. (Alfaro & Moscoso, 2008).

#### **h. Aplicación de los procesos y operaciones de tratamiento para aguas residuales**

- El pretratamiento de aguas residuales es el proceso donde se elimina la mayor parte de partículas orgánicas suspendidas, el cual pueden ocasionar problemas en los siguientes procesos de tratamientos, para este proceso de pretratamiento se utilizan algunos sistemas tales como el criba o desbaste que viene a ser rejillas para retener sólidos gruesos como puede ser trapos, papel, entre otros; el sistema de flotación son rejillas para retener grasas y aceites; mientras en el sistema de desarenador remueve o elimina materia orgánica en suspensión.
- La función que cumple el tratamiento primario es remover o eliminar la materia orgánica y sólidos en suspensión, mediante un sistema de tanque Imhoff donde se realiza la sedimentación, este proceso de tratamiento primario mayormente se utiliza en poblaciones pequeñas.

- La función que tiene el tratamiento secundario es de eliminar los compuestos orgánicos biodegradables, mediante el tratamiento biológico que esta conformado por los microorganismos (bacterias). (Rodríguez, 2004)

#### **i. Operación y mantenimiento de las lagunas facultativas**

##### **Operación de las lagunas:**

El personal encargado de operar las lagunas facultativas debe estar capacitado para realizar un adecuado funcionamiento continuo del sistema hidráulico de la planta de tratamiento, así como de los procesos biológicos que realiza las lagunas. El trabajo que debe realizar el personal encargado son actividades de manera semanal como ocasional, las actividades semanales que se debería hacer son las siguientes: (Centro Panamericano para Ingeniería Sanitaria, 2000).

- Mantener limpio las estructuras las lagunas como la cámara de rejillas, desarenador, canaletas y vertederos de la entrada y salida, para un adecuado funcionamiento hidráulico de las aguas residuales.
- Establecer los puntos de control para verificar que las aguas residuales se encuentra dentro de los parámetros establecidos.
- Observar el correcto funcionamiento biológico en los puntos de afluente y efluente de las lagunas.

Los trabajos ocasionales que se realizan, dependerán del comportamiento de las lagunas que se den eventualmente, así como es el caso del Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA).

##### **Mantenimiento de las lagunas:**

El mantenimiento de las lagunas de estabilización es de menor costo y accesible de realizarlo para la empresa prestador del servicio, este mantenimiento se realiza para prevenir algún daño que pueda ocurrir a futuro en las obras civiles, algunas de las actividades a realizar son las siguientes:

- Realizar continuamente limpieza a la infraestructura de la planta de tratamiento.
- Limpiar periódicamente las natas y material que se encuentren en la superficie.
- Limpiar periódicamente las plantas que crecen en los taludes de los diques, y de esa manera minimizar el oleaje de las aguas que son

ocasionadas por el viento. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2011)

**j. Consideraciones en relación con el ambiente.**

Las lagunas de estabilización están diseñadas para brindar un mejor tratamiento a las aguas residuales, así mismo una mejor calidad de vida a la población, es por ello que estos lugares deben mantenerse siempre limpio para evitar la crianza de vectores como los mosquitos, zancudos, etc. Los bordes y pasillos de las lagunas deben de mantenerse limpios, libres de malezas, para evitar la aparición de insectos; así también para poder circular con facilidad dentro de la planta de tratamiento. También se debe de realizar el control del nivel de agua para prevenir la aparición de larvas que se encuentran en la interfase de las lagunas. Los insecticidas se utilizan en los casos extremos de la limpieza de las lagunas. (Palange, 1999).

**Problemas con olores.**

Los malos olores de las lagunas se deben la sobrecarga de aguas residuales en cual son ocasionadas por sulfuro. La presencia de malos olores en las lagunas facultativas proviene por el mal manejo de operación y mantenimiento que se les da; así como la sobrecarga de aguas residuales que se acumulan en dichas lagunas. Cuando se descargan aguas residuales industriales a las alcantarillas sin un previo control, hace que ingresen sustancias tóxicas ya sea excesivamente ácidas o alcalinas, el cual provoca la escasez de algas, que es de suma importancia para el tratamiento de las aguas residuales, es por ello que viene hacer unos de los factores para que se propaguen malos olores. (Palange, 1999). Para que las lagunas no propaguen malos olores estas deben ser construidas en lugares donde la temperatura sea mayor a los 20°C; también se deberá a una buena operacionalidad donde la carga volumétrica máxima de DBO<sub>5</sub> debería ser 300 g/m<sup>3</sup>al día. Es normal que las lagunas difundan olores, pero es por su propia naturaleza, mas no debemos permitir que estos olores aumenten su intensidad. (Cardona & García, 2008).

### 1.3. Definición de términos básicos

**Aerobio:**

Es la fase donde los organismos requieren de oxígeno para que puedan vivir y desarrollarse y así poder tratar a las aguas residuales. (Metcalf y Eddy, 2003).

**Afluente:**

Es el punto de ingreso de las aguas residuales crudas que ingresan a una planta de tratamiento, que provenientes de una red de alcantarillado para poder ser tratadas en cada proceso que se establezca en el diseño de la planta de tratamiento. (Seguí, 2004).

**Aguas Residuales.**

Las aguas residuales son aquellas aguas contaminadas provenientes de empresas industriales, municipales, así como de residuos sólidos, químicos entre otros; donde dichas aguas han sufrido algún tipo de alteración en alguna de sus características, ya sea físicas, químicas o biológicas; contaminando así a los suelos, agua y medio ambiente, así como a la población misma que vive en su entorno. Las aguas residuales se clasifican de la siguiente manera en aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales, aguas residuales de infiltración y aguas residuales pluviales. Donde la mayor contaminación se da por las aguas residuales domésticas e industriales. (Quiroz, 2009).

**Aguas servidas**

Se les llama aguas servidas a las aguas provenientes de las redes de alcantarillado domiciliarias (aguas utilizadas en las actividades diarias de la casa, condominios, centros comerciales entre otros) o industriales. (Romero, 2001).

**Anaerobio:**

En esta fase los microorganismos no necesitan de oxígeno para desarrollarse, es por ello que esta fase es menos eficiente en tratar las aguas residuales que la fase aerobia. (Metcalf y Eddy, 1999).

**Caudal**

Es la cuantía por volumen de agua pasante en un punto establecido por un tiempo determinado. El caudal se expresa de la siguiente manera ( $l/s$  o  $m^3/s$ ). (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).



**Criba gruesa**

Es una reja de barras paralelas con un espacio de 4 a 10 cm y una inclinación de 45° a 60°, esta reja sirve para retener los sólidos flotantes de gran tamaño que existen en las aguas residuales que ingresan a la planta de tratamiento. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).

**Criba media**

Es una estructura de reja de barras paralelas con un espacio de 2 a 4 cm, esta estructura se emplea en el tratamiento preliminar, el cual sirve para remover sólidos flotantes de menor tamaño. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).

**Efluente:**

Es el punto de salida de las aguas residuales ya tratadas de la planta de tratamiento hacia un receptor en este caso puede ser un canal, quebrada, río o mar. (Seghezzo, 2012).

**Laguna facultativa**

Son excavaciones que se realiza con una profundidad aproximada de 1.5 a 2.5m, dichas lagunas están diseñadas para dar un adecuado tratamiento de las aguas residuales que ingresen a las lagunas. Las lagunas facultativas están divididas en tres zonas que son: Zona fótica o aerobia (zona superficial), zona heterótrofa o facultativa (zona intermedia) y la zona anaerobia o de sedimentos (zona de fondo) (Rolim, 2000).

# CAPÍTULO II

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Material

#### **Técnica de recolección de información**

Para realizar el diseño del sistema se revisó diversas bibliografías entre ellas trabajos de investigación realizados en diseño de planta de tratamiento de agua residuales, de los cuales se concluyó las dimensiones de las lagunas primarias y secundarias de estabilización, de la localidad de Segunda Jerusalén.

Tabla 2

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnica</b>	<b>Uso</b>	<b>Instrumento</b>
Observación No experimental	Diagnóstico situacional	Ficha de observación
	Personal técnico administrativo	
Entrevista	Documentación administrativa sobre el servicio prestado	Cuestionario
Revisión documentaria	Informes técnicos del servicio Parámetros técnicos normativos	Hoja de trabajo

Fuente: (Hernández,2014)

### 2.2. Métodos

#### **Parámetros y criterios de diseño**

Los parámetros de diseño son datos establecidos por ciertas instituciones, que permitirá a determinar las dimensiones del tamaño de las lagunas, para un adecuado tratamiento de las aguas residuales y el resultado de la salida de las aguas tratadas estén dentro de los parámetros establecidos. En cambio, los criterios de diseño son datos referenciales utilizados en el cálculo de diseño de cada componente de la planta de tratamiento.

**Período de diseño**

El período de diseño está definido por el perfil de pre-inversión. Este período de diseño será de 20 años.

**Población**

La localidad de Segunda Jerusalén al año 2007 contó con una población de 6,412 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2016). Tomando en consideración la tasa de crecimiento poblacional expresada en los resultados del Censo para el año 2007 nuestra población de inicio proyectada será de 9,619 habitantes. El sistema de abastecimiento propuesto tendrá un horizonte de 20 años, siendo la población final proyectada al cabo de ese tiempo de 23,692 habitantes.

**Dotación**

La Dotación per-cápita de agua empleada es la que se indica en el RNE para climas cálidos y templados que es de 220 L/hab/día.

Las variaciones de consumo se determinan con los siguientes coeficientes:

- Máximo anual de la demanda diaria  $K1 = 1.3$
- Máximo anual de la demanda horaria  $K2 = 2.0$

**Coefficiente de retorno**

El 80% de retorno de agua es el valor coeficiente, respecto a la hora de máxima demanda para el Sistema de Alcantarillado según RNE, más los aportes a la red de alcantarillado externos al de consumo humano, como son: Coeficiente de flujo superficial, Intensidad media de lluvia (registro meteorológico), Área de drenaje, Contribución al sistema de alcantarillado (asumido).

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Determinación de los caudales de diseño

##### 3.1.1. Estudio de población y demanda

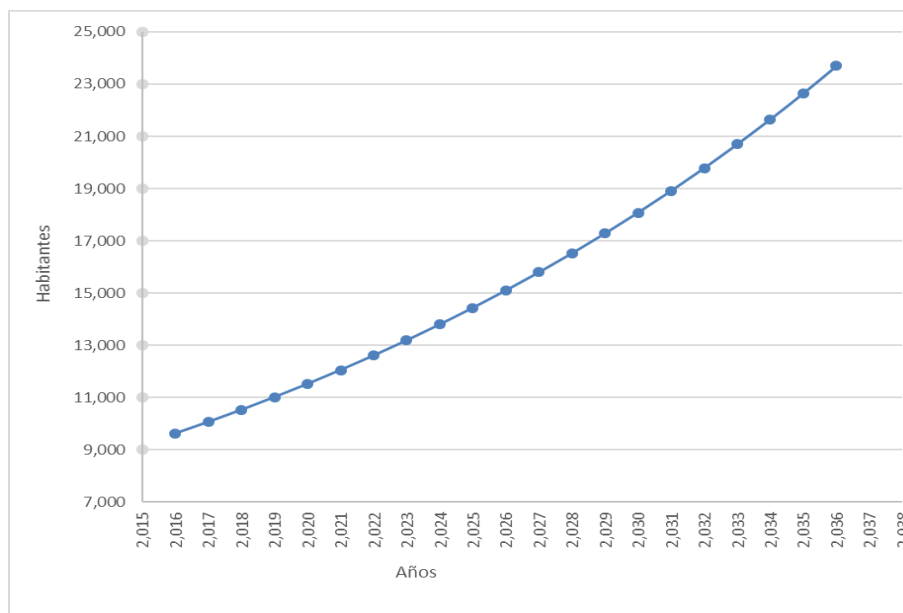
Para la elaboración del estudio de población y demanda del proyecto, se ha considerado los datos del censo de población del sistema de consulta de datos de población y vivienda del INEI del año 2007. En base a los resultados censales se calculó la población para el año 2016 empleando la fórmula.

Tabla 3

*Población y demanda*

N°	Año	Proyección Poblacional	
00	2,016	9,619	Método geométrico
01	2,017	10,062	$Pf = Po * (1+r)^t$
02	2,018	10,526	Donde:
03	2,019	11,012	Pf = Población futura
04	2,020	11,519	Po = 9619 Población actual 2016
05	2,021	12,050	r = 4.61 % Tasa de crecimiento (Según INEI)
06	2,022	12,606	t = 20 años Periodo de años
07	2,023	13,187	
08	2,024	13,795	
09	2,025	14,431	
10	2,026	15,096	
11	2,027	15,792	
12	2,028	16,520	
13	2,029	17,282	
14	2,030	18,078	
15	2,031	18,912	
16	2,032	19,783	
17	2,033	20,695	
18	2,034	21,649	
19	2,035	22,648	
20	2,036	23,692	

Fuente: *Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2016*



Gráfica 1. Curva de crecimiento de población de la localidad de Segunda Jerusalén.

La Dotación per-cápita de agua empleada es la que se indica en el RNE para climas cálidos y templados que es de 220 L/hab/día. Con un coeficiente de retorno al 80 %, más los aportes a la red de alcantarillado externos al de consumo humano, como son: Coeficiente de flujo superficial, Intensidad media de lluvia (registro meteorológico), Área de drenaje, Contribución al sistema de alcantarillado (asumido), obteniendo los siguientes resultados:

### 3.1.2. Sistema de desagüe - caudales de diseño

Tabla 4

#### Sistema de desagüe – Caudales de diseño

1. Poblacion actual	9619 Hab.
2. Tasa de crecimiento	4.61%
3. Periodo de diseño (2036)	20 Años
4. Población futura (Met. Geométrico) $P_f = P_o * (1 + r)^t$	23,692 Hab.
5. Dotación	220 L/hab/día
6. Consumo promedio anual $Q_p = (P_f \times \text{Dot}) / 86400$	60.33 L/s 5,212.51 m³/día
7. Consumo máximo diario $Q_{md} = Q_p \times 1.30$	78.42 L/s
8. Consumo máximo horario $Q_{mh} = Q_p \times 2.00$	120.65 L/s
9. Coeficiente de retorno $C =$	80.00%
10. Caudal de diseño de red de alcantarillado $Q_d = Q_{mh} \times C$	96.52 L/s

Fuente: *Elaboración propia*

## 3.2. Determinación las dimensiones y características de las lagunas facultativas primarias y secundarias

### 3.2.1. Diseño de lagunas facultativas primarias

Tabla 5

#### *Diseño de lagunas facultativas primarias*

<b>A. Datos generales:</b>		
A.1 Población actual	Po	9,619 Habitantes
A.2 Periodo de diseño	t	20 años
A.3 Tasa de crecimiento	r	4.61 %
A.4 Población de diseño al 2036	Pf	23,692 Habitantes
A.5 Dotación	D	220 Lt/hab/día
A.6 Coef. descarga de desague	Cd	80 %
A.7 Concentración DBO <sub>5</sub> 20°C (Contribución Per-capita) (Norma OS.090)	C	50.00 grDBO/hab./día
A.8 Carga inicial de agentes patógenos	Nb	2.00E+11 N° de bacterias/hab./día
A.9 Temperatura del mes más frío	T	20.00 °C
A.10 Pérdida por: infiltración y/o evaporación (q)	q	0.50 cm/día
<b>B. Cálculos:</b>		
B.1 Caudal de aguas residuales $Q = \text{Población} * \text{Dotación} * \% \text{Contribución}$	Q	48.26 L/Seg.
B.2 Carga orgánica total $Co = \text{Población} * \text{Contribución Per-cápita}$	Co	1,184.60 KgDBO <sub>5</sub> /día
B.3 Carga superficial de diseño Para laguna aeróbica, donde no se producirán malos olores: $CSdis = 250 \times 1.05^{(T^{\circ}-20)}$ (NORMA OS.090)	CSdis	250.00 KgDBO <sub>5</sub> /(Ha.día)
B.4 Área total superficial requerida.- Para lagunas primarias. $A = Co/CSdis$	A	4.74 Has
B.5 Número de lagunas (NL).-Seleccionado en paralelo	NL	2 Unidades
<b>C Acumulación de lodos:</b>		
C.1 Tasa de acumulación de lodos	TI	0.04 m <sup>3</sup> /(hab.año)
C.2 Periodo de limpieza	P	5.00 años (5-10 años)
C.3 Volumen total de lodos $Vt = \text{Pob} * \text{Tasa} * P \text{ Limp.}$	Vt	4,975.32 m <sup>3</sup>
C.4 Volumen unitario de lodos $Vu = \text{Vol.Total}/NL$	Vu	2,487.66 m <sup>3</sup>
<b>D Dimensiones de la laguna:</b>		
D.1 Caudal unitario afluente $Qu = Q/NL$	Qu	24.13 L/s
D.2 Área unitaria $Au = A/NL$	Au	2.37 Has
D.3 Relación Largo/Ancho (L/W), entre 2 y 3 .		2
D.4 Ancho aproximado	W	108.84 m.
D.5 Longitud aproximada	L	217.68 m.

<b>E Lagunas primarias facultativas</b>			
E.1	Tasas netas de mortalidad Primarias $K_b(P) = 0.6 \times 1.05^{(T^o-20)}$ (NORMA OS.090)	$K_b(P)$	0.600 (L/día) (0.60 - 1.0 L/día)
E.2	Coliformes fecales en el afluente o ingreso a Laguna CFa = Carga bacteriana * Población / (Q*10) Colif. fecales en el receptor (río, lago, etc.):	CFa	1.14E+08 NMP/100 ml 1.7E+03 NMP/100 ml
<b>F Diseño:</b>			
F.1	Longitud Primarias	Lp	230.00 m.
F.2	Ancho Primarias	Wp	115.00 m.
F.3	Profundidad Primarias	Zp	2.00 m.
F.4	Periodo de Retención $P.R. = (L_p * W_p * Z_p) / (Q_u - q * L_p * W_p)$	P.R.	27.1 días
F.5	Factor de Corrección Hidráulica	HCF	0.80
F.6	Periodo de Retención corregido $P.R_c = P.R * HCF$	P.Rc	21.7 días
<b>G Flujo disperso en laguna primaria</b>			
G.1	Numero de dispersion $d = 1.158 * (P.R_c * (W_p + 2 * Z_p))^{0.489} * W_p^{1.511} / ((T^o + 42.5)^{0.734} * (L_p * Z_p)^{1.489}) =$	d	0.365
G.2	Factor adimensional $a = (1 + 4 * K_b(P) * P.R_c * d)^{0.5} =$	a	4.472
G.3	Caudal efluente unitario $Q_{eu} = Q_u - q * L_p * W_p$	Qeu	22.60 L/s
G.4	Caudal efluente total $Q_{et} = Q_{eu} * N_L$		45.20 L/S
G.5	Coliformes Fecales en el efluente o salida de la Laguna $C_{Fe} = C_{Fa} * 4 * a * 2.718282^{((1-a)/(2*d))} / (1+a)^2$	CFe	5.86E+05 NMP/100ml
G.6	Eficiencia parcial de remoción de C.F. $C.F_a = 100 * (C_{Fa} - C_{Fe}) / C_{Fa}$	CFa	99.48 % > 80 % ==> Tratamiento O.K.

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 6

*Resumen de dimensiones*

Número de lagunas primarias	2	Caudal efluente unitario	
Inclinación de taludes (1:H)	3	Qeu =	22.60 L/s
Profundidad útil	2.00 m.	Qeu =	1952.65 m³/día
Altura de lodos	0.20 m.	Caudal efluente total primario	
Borde Libre	0.80 m.	Qet =	45.20 L/s
Profundidad total	3.00 m.	Qet =	3,905.29 m³/día
Dimensiones de espejo de agua		Area unitaria en la coronación	
Longitud	236.00 m.		30,292.64 m²
Ancho	121.00 m.		3.03 Has
Dimensiones de Coronación		Area total en la coronación	
Longitud	240.80 m.		60,585.28 m²
Ancho	125.80 m.		6.06 Has
Dimensiones de fondo		Area total (+ 20%)	72,702.34 m²
Longitud	222.80 m.		7.27 Has
Ancho	107.80 m.	Área unitaria	36,351.17 m²
			3.64 Has

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 7

*Verificación de coliformes fecales*


---

Colimetría en la mezcla: Determinación de la concentración final de Coliformes Fecales en la mezcla (río).

Caudal del cuerpo receptor: "Qrecep." Quebrada Mishollo en estiaje = 20 L/s

C.F. en la mezcla=  $(CF_{efl} \cdot Q_{efl} + CF_{recep} \cdot Q_{recep}) / (Q_{efl} + Q_{recep})$  C.F. 406,546 NMP/100 ml  
 =====> AGUA NO ACEPTABLE

Verificación "K20" razón de decaimiento del coli-fecal a 20°C:  
 250 < "K20" < 350

$K_{20} = C_0 \cdot 10,000 / (A_{total} \cdot 1.05^{(T^{\circ}-20)})$  K20 207 < 350 =====> LAGUNA AEROBICA  
 Es decir no se producirán malos olores.

---

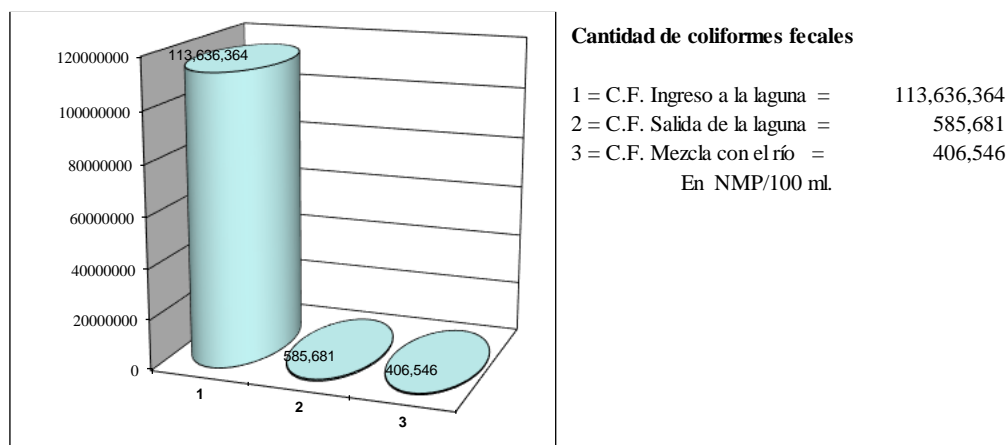
Fuente: *Elaboración propia*

Por lo tanto:

Las dimensiones reales se determinaron sobre la base de las áreas disponibles, la topografía y la mejor ubicación respecto a la localidad y las zonas de disposición de efluentes.

Las dimensiones para el área de espejo de agua, cumple, es decir, la laguna no operará en condiciones anóxicas, no generará malos olores, ni se constituirá en foco infeccioso y de malestar a la población.

El resultante de la mezcla en el río no alterará los usos aguas abajo de la descarga, ni generará impactos negativos, porque los valores son inferiores al límite para la calidad de uso, señalados en la reglamentación de la Ley General de Aguas.



Gráfica 2. Cantidad de coliformes fecales – Laguna primaria



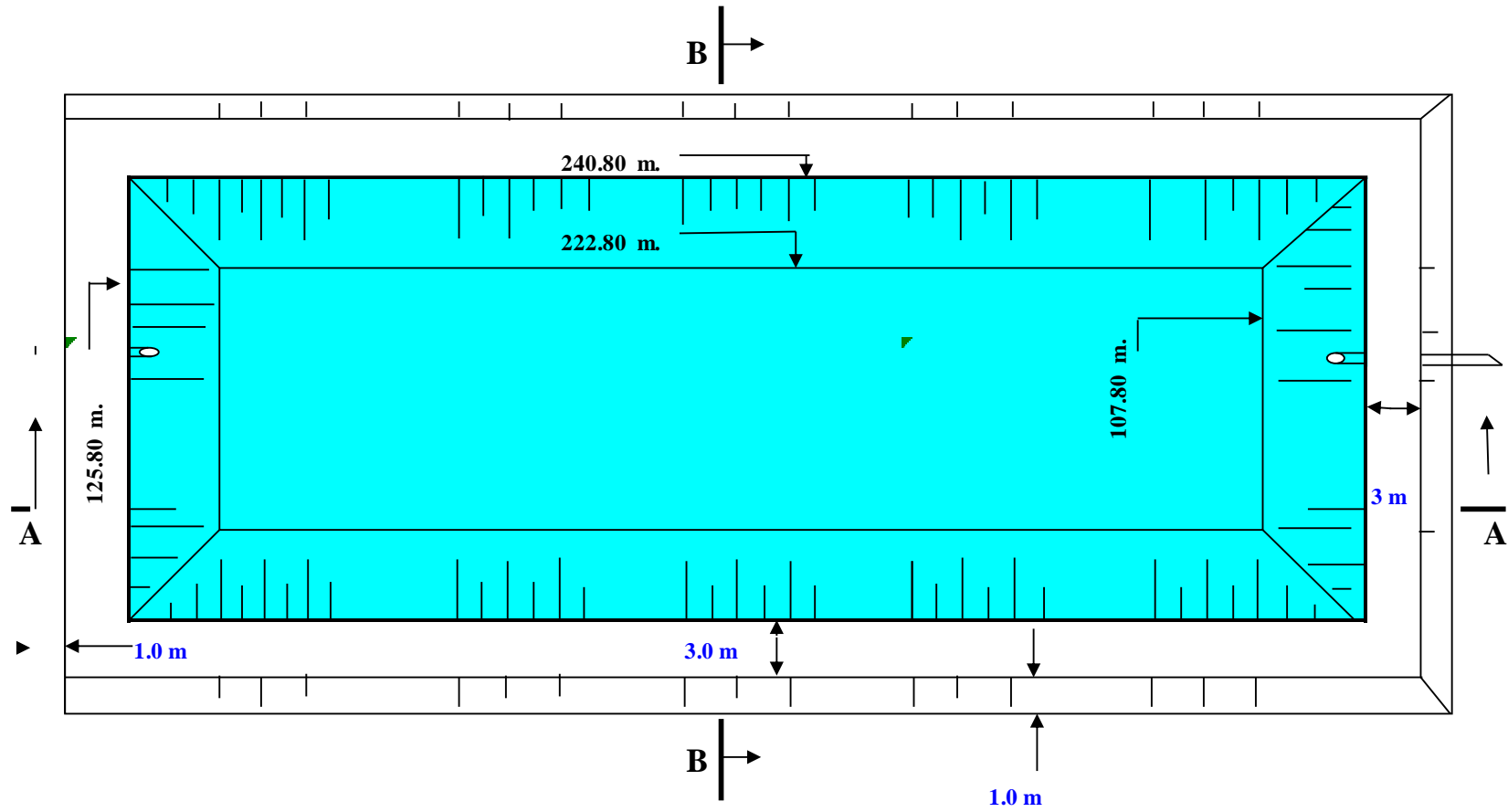


Figura 2. Dimensiones laguna primaria – Detalle en Planta

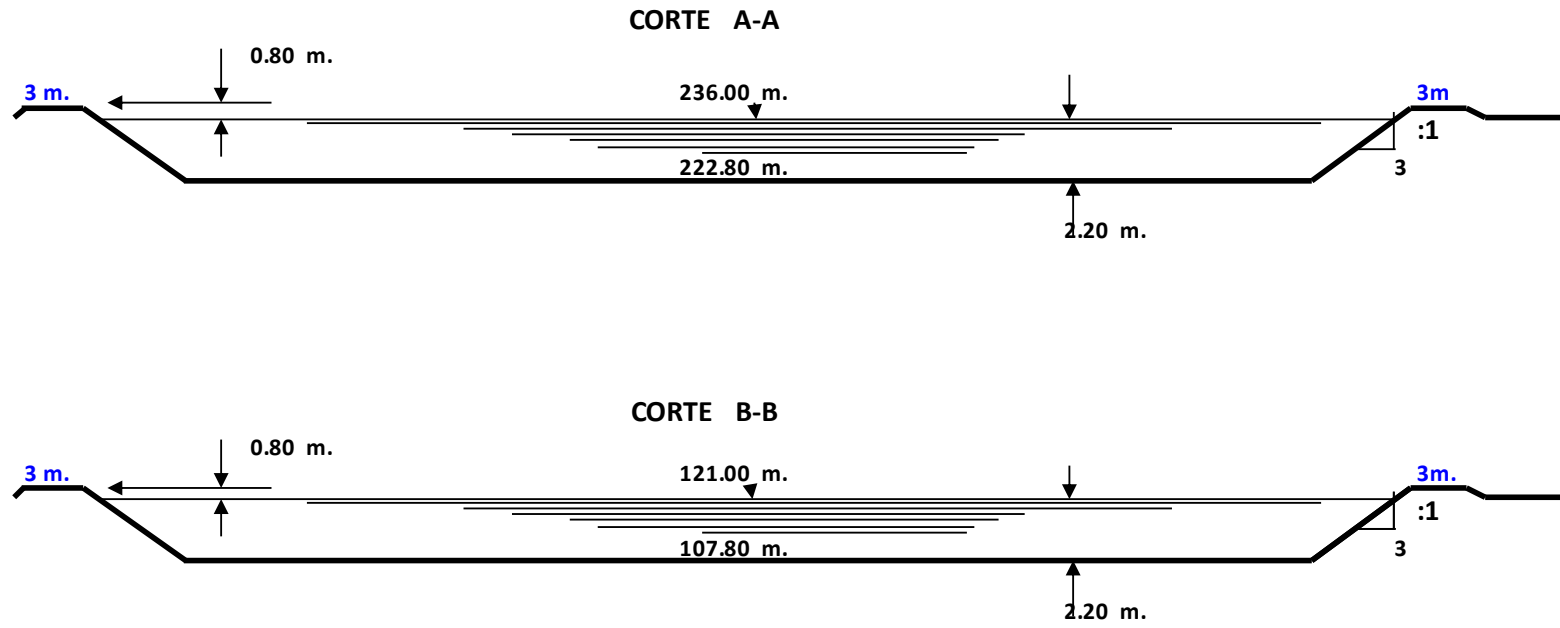


Figura 3. Dimensiones laguna primaria – Detalle en Corte

### 3.2.2. Diseño de lagunas facultativas secundarias

Tabla 8

#### *Diseño de lagunas facultativas secundarias*

<b>A. Datos generales:</b>		
A.1 Población actual	Po	9,619 Habitantes
A.2 Periodo de diseño	t	20 años
A.3 Tasa de crecimiento	r	4.61 %
A.4 Población de diseño al 2036	Pf	23,692 Habitantes
A.5 Dotación	D	220 L/hab/día
A.6 Coef. descarga de desague	Cd	75 %
A.7 Concentración DBO <sub>5</sub> 20°C (Contribución Per-capita) (Norma OS.090)	C	31.00 grDBO/hab./día
A.8 Coliformes fecales en el crudo	Nb	1.14E+08 N° de bacterias/hab./día
A.9 Coliformes fecales despues de la laguna primaria		5.86E+05 N° de bacterias/hab./día
A.10 Temperatura del mes más frio	T	20.00 °C
A.11 Pérdida por: infiltración y/o evaporación	q	0.50 cm/día
<b>B. Cálculos:</b>		
B.1 Caudal de aguas residuales $Q = \text{Población} * \text{Dotación} * \% \text{Contribución}$	Q	45.04 L/s
B.2 Carga orgánica total $Co = \text{Población} * \text{Contribución Per-cápita}$	Co	734.45 KgDBO <sub>5</sub> /día
B.3 Carga superficial de diseño Para laguna aeróbica, donde no se producirán malos olores: $CSdis = 250 \times 1.05^{(T-20)}$ (NORMA OS.090)	CSdis	250.00 KgDBO <sub>5</sub> /(Ha.día)
B.4 Área total superficial requerida.- Para lagunas primarias. $A = Co/CSdis$	A	2.94 Has
B.5 Número de lagunas (NL).-Seleccionado en paralelo	NL	2 Unidades
<b>C Acumulación de lodos:</b>		
C.1 Tasa de acumulación de lodos	TI	0.04 m <sup>3</sup> /(hab.año)
C.2 Periodo de limpieza	P	5.00 años (5-10 años)
C.3 Volumen total de lodos $Vt = \text{Pob} * \text{Tasa} * P \text{ Limp.}$	Vt	4,975.32 m <sup>3</sup>
C.4 Volumen unitario de lodos $Vu = \text{Vol.Total}/NL$	Vu	2,487.66 m <sup>3</sup>
<b>D Dimensiones de la laguna:</b>		
D.1 Caudal unitario afluente $Qu = Q/NL$	Qu	22.52 L/s
D.2 Área unitaria $Au = A/NL$	Au	1.47 Has
D.3 Relación Largo/Ancho (L/W), entre 2 y 3 .		2
D.4 Ancho aproximado	W	85.70 m.
D.5 Longitud aproximada	L	171.40 m.

<b>E Lagunas primarias facultativas</b>			
E.1 Tasas netas de mortalidad Primarias	$K_b(P) = 0.6 \times 1.05^{(T^o-20)}$ <b>(NORMA OS.090)</b>	$K_b(P)$	0.800 (L/día) (0.60 - 1.0 L/día)
E.2 Coliformes fecales en el afluente o ingreso a Laguna	$C_{Fa} = \text{Carga bacteriana} * \text{Población} / (Q * 10) =$ Colif. fecales en el receptor (río, lago, etc.):	$C_{Fa}$	5.86E+05 NMP/100 ml 1.7E+03 NMP/100 ml
<b>F Diseño:</b>			
F.1 Longitud Primarias		$L_p$	220.00 m.
F.2 Ancho Primarias		$W_p$	110.00 m.
F.3 Profundidad Primarias		$Z_p$	2.00 m.
F.4 Periodo de Retención	$P.R. = (L_p * W_p * Z_p) / (Q_u - q * L_p * W_p)$	$P.R.$	26.5 días
F.5 Factor de Corrección Hidráulica		$HCF$	0.80
F.6 Periodo de Retención corregido	$P.R_c = P.R * HCF$	$P.R_c$	21.2 días
<b>G Flujo disperso en laguna primaria</b>			
G.1 Numero de dispersion	$d = 1.158 * (P.R_c * (W_p + 2 * Z_p))^{0.489} * W_p^{1.511} /$ $((T^o + 42.5)^{0.734} * (L_p * Z_p)^{1.489}) =$	$d$	0.354
G.2 Factor adimensional	$a = (1 + 4 * K_b(P) * P.R_c * d)^{0.5} =$	$a$	5.001
G.3 Caudal efluente unitario	$Q_{eu} = Q_u - q * L_p * W_p$	$Q_{eu}$	21.12 L/s
G.4 Caudal efluente total	$Q_{et} = Q_{eu} * NL$		42.24 L/s
G.5 Coliformes Fecales en el efluente o salida de la Laguna	$C_{Fe} = C_{Fa} * 4 * a * 2.718282^{((1-a)/(2*d))} / (1+a)^2$	$C_{Fe}$	1.14E+03 NMP/100ml
G.6 Eficiencia parcial de remoción de C.F.	$C.F_a = 100 * (C_{Fa} - C_{Fe}) / C_{Fa}$	$C.F_a$	100.00 % > 80 % ==> Tratamiento O.K.

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 9

*Resumen de dimensiones*

Número de lagunas primarias	2	Caudal efluente unitario	
Inclinación de taludes (1H)	3	$Q_{eu} =$	21.12 L/s.
Profundidad útil	2.00 m.	$Q_{eu} =$	1824.73 m <sup>3</sup> /día
Altura de lodos	0.20 m.	Caudal efluente total primario	
Borde Libre	0.80 m.	$Q_{et} =$	42.24 L/s
Profundidad total	3.00 m.	$Q_{et} =$	3,649.46 m <sup>3</sup> /día
Dimensiones de espejo de agua		Área unitaria en la coronación	
Longitud	226.00 m.		27,880.64 m <sup>2</sup>
Ancho	116.00 m.		2.79 Has
Dimensiones de coronación		Área total en la coronación	
Longitud	230.80 m.		55,761.28 m <sup>2</sup>
Ancho	120.80 m.		5.58 Has
Dimensiones de fondo		Área total (+ 20%)	
Longitud	212.80 m.		66,913.54 m <sup>2</sup>
Ancho	102.80 m.	Área unitaria	
			33,456.77 m <sup>2</sup>
			3.35 Has

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 10

*Verificación de coliformes fecales*

Colimetría en la mezcla: Determinación de la concentración final de Coliformes Fecales en la mezcla (río).

Caudal del cuerpo receptor: "Qrecep." Quebrada Mishollo en estiaje =

20 L/s

C.F. en la mezcla=  $(CF_{e1} \cdot Q_{e1} + CF_{recep} \cdot Q_{recep}) / (Q_{e1} + Q_{recep})$

C.F

1,318 NMP/100 ml

====&gt; Agua para río, fauna acuática,

Verificación del "K20" razón de decaimiento del coli-fecal a 20°C:

$250 < "K20" < 350$

$K_{20} = Co \cdot 10,000 / (A_{total} \cdot 1.05^{(T^{\circ} - 20)}) =$  K20

140

&lt; 350 ==&gt; LAGUNA AEROBICA

Es decir no se producirán malos olores.

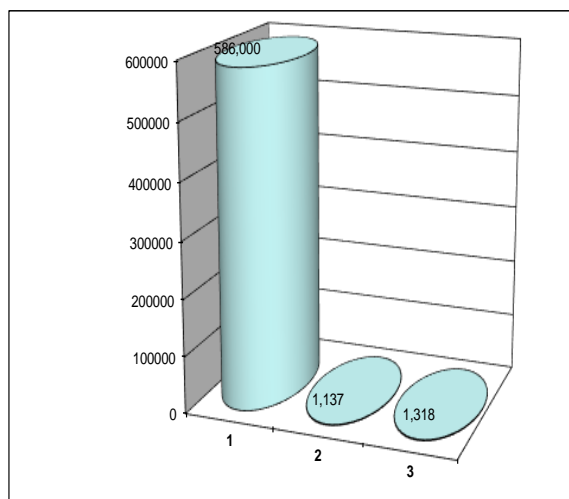
Fuente: *Elaboración propia*

Por lo tanto:

Las dimensiones reales se determinaron sobre la base de las áreas disponibles, la topografía y la mejor ubicación respecto a la localidad y las zonas de disposición de efluentes.

Las dimensiones para el área de espejo de agua, cumple, es decir, la laguna no operará en condiciones anóxicas, no generará malos olores, ni se constituirá en foco infeccioso y de malestar a la población.

El resultante de la mezcla en el río no alterará los usos aguas abajo de la descarga, ni generará impactos negativos, porque los valores son inferiores al límite para la calidad de uso, señalados en la reglamentación de la Ley General de Aguas.

**N° DE COLIFORMES FECALES**

1 = C.F. Ingreso a la laguna = 586,000  
 2 = C.F. Salida de la laguna = 1,137  
 3 = C.F. Mezcla con el río = 1,318  
 En NMP/100 ml.

Gráfica 3. Cantidad de coliformes fecales – Laguna secundaria

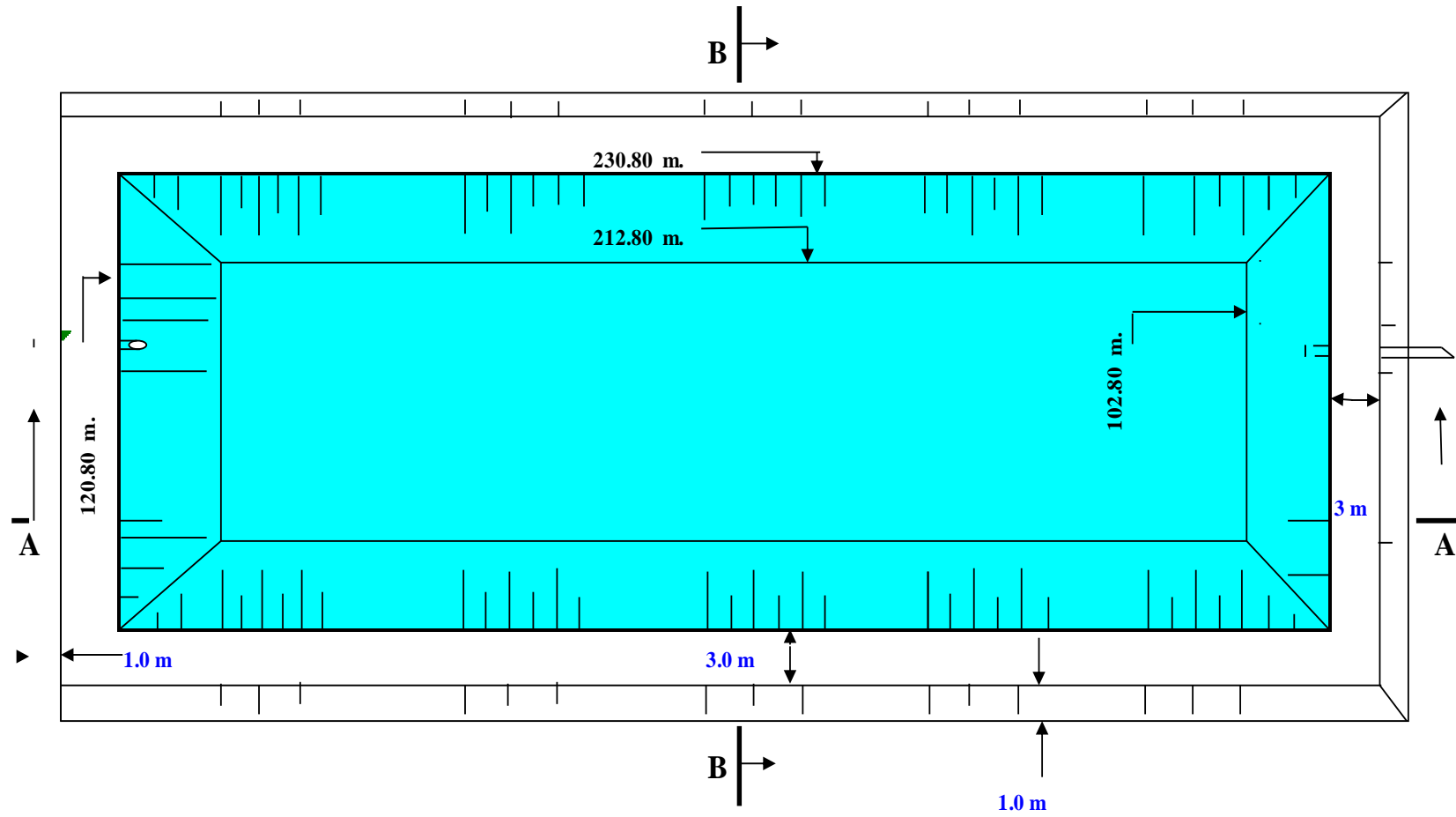


Figura 4. Dimensiones laguna secundaria – Detalle en Planta

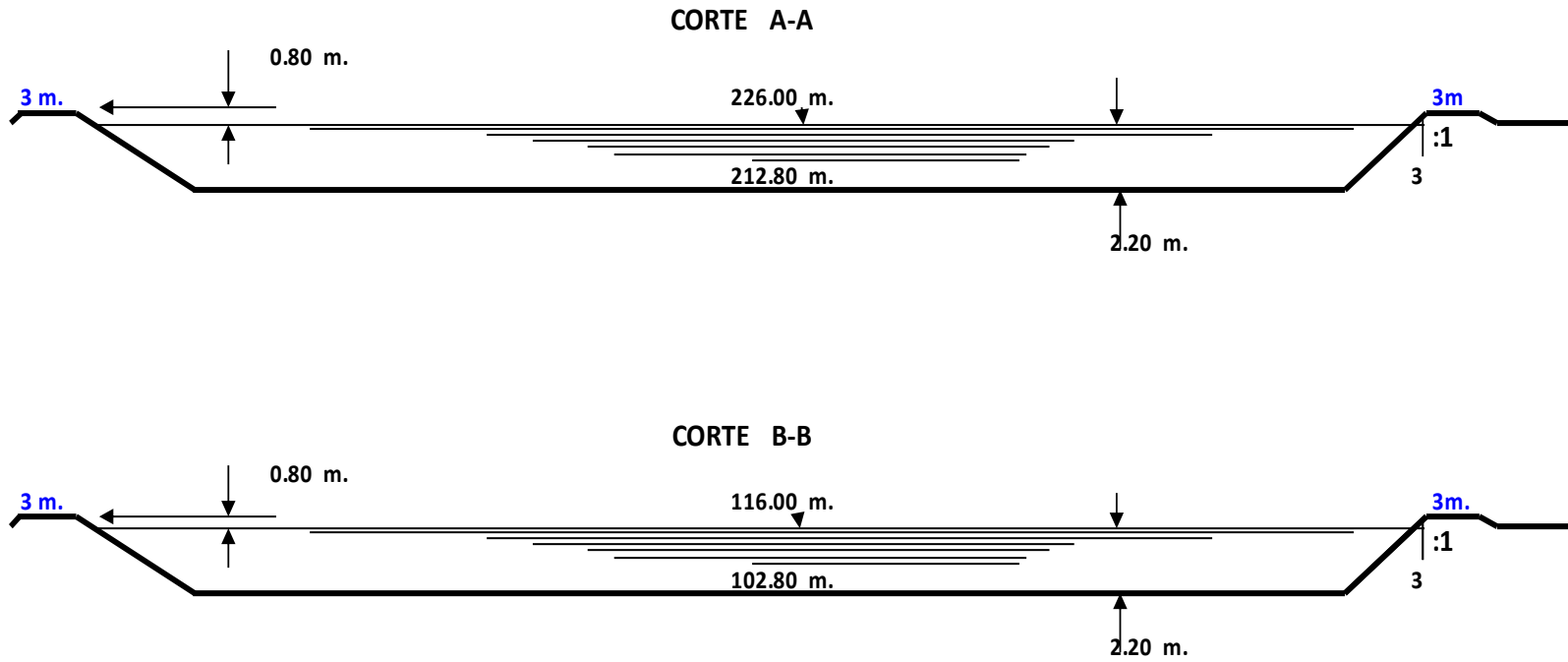


Figura 5. Dimensiones laguna secundaria – Detalle en Corte

### **3.3. Propuesta de mitigación alternativa de la planta de tratamiento de aguas residuales.**

Hasta en la actualidad, existen lugares o pueblos donde sus aguas residuales no son tratadas adecuadamente o son aguas crudas, y estas son depositadas directamente en el suelo, quebradas, ríos, lagunas u océanos, contaminando de esa manera el medio ambiente donde vive la población. Es por ello que se vienen realizando proyectos de saneamiento; para así, poder brindar un mejor estilo de vida y reducir la tasa de morbilidad que causa dichas aguas residuales al no ser tratadas. Pero, para que se de un adecuado tratamiento a las aguas residuales domesticas o municipales, no solo basta con diseñar plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), sino que también se debe dar un adecuada operación y mantenimiento a dichas plantas para que puedan desarrollar su función de depuración correctamente. A ello, nos ubicamos directamente en la localidad de Segunda Jerusalén, que cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, mediante las lagunas de estabilización, el cual tienen la capacidad de recibir y depurar el agua contaminada, para mejorar la calidad del ecosistema; pero no cuenta con un plan de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales el cual es muy importante contar con ella, porque nos ayudara a prevenir el riesgo de contaminación. El personal encargado del mantenimiento de las lagunas debe de estar capacitado e implementado con su equipo de protección personal (EPP); así como, llevar un registro de las actividades que se va a realizar en cada etapa del proceso de tratamiento.

#### **3.3.1. Calidad esperada del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Segunda Jerusalén.**

El Ministerio del Ambiente aprueba los límites máximos permisibles para el adecuado tratamiento de las aguas residuales domesticas y municipales, mediante el D.S N° 003-2010-MINAM, donde las entidades encargadas del manejo de las plantas de tratamiento deben cumplir con los parámetros físicos, químicos y biológicos establecidos por el MINAM, la cual son medidas estándares de concentración que debe tener el afluente o las aguas tratadas que



son emitidas a una quebrada, río o mares, para poder evitar la contaminación al medio ambiente o causar enfermedades en la población. Los organismos encargados de velar porque se cumpla con los parámetros establecidos es el MINAM, así como el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA). En ese sentido como consecuencia del tratamiento de agua residual en la localidad de Segunda Jerusalén antes de su vertimiento a la quebrada Tioyacu, debe cumplir con lo siguiente:

Tabla 11

*Parámetros de límites máximos permisibles*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua</b>
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	10000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	mg/l	200
pH	mg/l	6.5 - 8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/l	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: *D.S N° 003-2010-MINAM, 2010*

### **3.3.2. Mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales**

#### **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo consiste en realizar trabajos de rutinas constantes para prevenir algunos desperfectos que exista en la planta de tratamiento de aguas residuales; el cual ayudara a conservar las instalaciones y equipos en buen estado, para brindar funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento, y a la vez extender su vida útil. Para que la planta de tratamiento funcione adecuadamente se propone realizar las siguientes actividades:

Tabla 12

*Mantenimiento de rejas y desarenador*

<b>Actividades</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Requerimiento</b>
1. Las rejas y desarenador se debe limpiar de forma manual.	Diario	Operador
2. Depositar los residuos sólidos a los lechos de secado.	Diario	Palas, rastrillos, baldes y carretillas
3. Transportar el lodo secado del lecho de secado a una empresa de aseo.	Semanal	Empresas de aseo
4. Pintada de rejas y accesorios.	Semanal	Anticorrosivo, pintura, brocha, cepillo para retiro de óxidos.

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 13

*Mantenimiento de lagunas de estabilización*

<b>Actividades</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Requerimiento</b>
1. Verificar el funcionamiento del sistema de laguna	Diario	Operador
2. Remover y retirar las natas, espumas y materia flotante	Semanal	Recoge hojas con pértiga, carretillas y palas
3. Remover y retirar la vegetación	Semanal	Rastrillo y cribas
4. Verificar el nivel de agua de las lagunas	Semanal	Operador
5. Podar el camino de acceso	Semanal	Podadoras, machetes, rastrillos, palas y picos
6. Podar los taludes internos y externos	Mensual	Podadoras
7. Verificar el nivel de sedimentación	Semanal	Operador
8. Retiro de lodos	Anual	Maquinaria (retroexcavadora), palas, baldes y carretillas

Fuente: *Elaboración propia.*

### **Mantenimiento correctivo**

Cuando algún equipo o componente de la planta de tratamiento de aguas residuales sufra un daño o ruptura ello se debe reparar inmediatamente antes que ocasione un problema mayor. Es importante realizar un mantenimiento constante que ayudara a prevenir algunas fallas o daños que se presente de una manera imprevista dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales, y para ello se debe contar con el personal capacitado y sus herramientas adecuados para que pueda dar solución inmediata al problema.

### **3.3.3. Control de la producción de lodos**

#### **Evaluación del funcionamiento**

Para que una planta de tratamiento de aguas residuales funcione adecuadamente se debe evaluar mediante los siguientes indicadores y parámetros:

- Caudal medio
- Caudal máximo
- Carga de demanda biológica de oxígeno (DBO) afluente y removida
- Carga de sólidos suspendidos totales (SST) afluente y removida
- Eficiencia de remoción de DBO
- Eficiencia de remoción de SST

#### **Remoción de lodo**

Una planta de tratamiento de aguas residuales se debe construir de acuerdo al diseño original, para que el tiempo de vida útil sea mayor y el funcionamiento sea adecuado. El lodo se deberá medir cuando pase los 10 años de funcionamiento, para ver el nivel de profundidad alcanzado, esto se medirá cada año, pasando el tiempo de vida útil. Cuando el lodo alcance la mitad del nivel de agua de la laguna, mediante un procedimiento se deberá sacar su contenido, con la ayuda de un operador.

- Para realizar este tipo de trabajo se recomienda hacerlo en época de verano.
- Para poder realizar la limpieza de la laguna, se debe desviar sus aguas a otra laguna alterna por un periodo de 30 días, para de esa manera poder

remover los lodos una vez que estén secados; de esa manera se evitará contaminar los suelos, ríos y medio ambiente.

- Se debe bajar el nivel de agua hasta que el lodo este expuesto al ambiente. Para que se extraiga el agua de las lagunas se debe realizar mediante sifonaje con mangueras de succión o mediante tuberías, así como también se puede utilizar una bomba.
- Se debe dejar secar el lodo por un tiempo determinado, y cuando este seco dicho lodo se extraerá mediante una pala y carretillas o volquete, el lodo seco se puede usar como abono del suelo para sembrar plantas de tallo alto y que también no puedan ser consumidas.
- Por medio de bombeo se extraerá el lodo de la laguna a limpiar a una laguna de secado.
- El lodo se secará en un tiempo aproximado de 6 meses, donde se almacenará en pilas de 2 m de altura. Después de ello se podrá usar como abono, si en caso no se lo usa se botará en un relleno sanitario.
- Una vez retirado todo el lodo de la laguna, dicha laguna podrá funcionar nuevamente.
- Se debe tener un cuaderno donde se anotará la fecha de limpieza, la cantidad retirada de material y el personal que trabajaron.

### **Monitoreo**

Los puntos de monitoreo ayudaran al operador a realizar un mejor trabajo para obtener sus muestras y de esa manera hacer una evaluación adecuada del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, y de como resultado una mejor operacionalidad de la planta. Ante ello se sacará una muestra del efluente generado antes que tome contacto con el cuerpo receptor en este caso la quebrada Tioyacu. Durante el muestreo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El punto de muestreo debe ser donde haya turbulencia, ya que las aguas son mezcladas y ello permitirá obtener mejor resultado.
- La toma de la muestra se debe realizar bajo la superficie del nivel agua.
- Se debe analizar rápidamente las muestras obtenidas, o conservarlas en un ambiente adecuado hasta que se realice dicho análisis.

### 3.3.4. Discusión

Según (Yanez,1993), manifiesta que en el diseño de lagunas de estabilización; se deben tener en cuenta como criterios de diseño; la carga orgánica a ser aplicada a la laguna, la profundidad, el tiempo de retención del líquido en ésta, y la forma de la laguna; a todo ello, se ha considerado como criterio de diseño para la PTAR de la localidad de Segunda Jerusalén, su dotación per cápita, caudal promedio y contribución del drenaje pluvial; por la cual, se ha calculado para las lagunas primarias su dimensionamiento a una profundidad de 3.00 m como laguna aerobia con un periodo de retención de 26.5 días a un caudal de 24.13 L/s de efluente final. Respecto a su valor económico, la Comisión de regularización de Agua y Saneamiento – CRA, establece en su metodología que las instituciones locales reguladoras del servicio de alcantarillado deben incluir en su tarifario el costo de operación y mantenimiento, garantizando las actividades preventivas y correctivas de la misma, con enfoque de protección ambiental y salud pública; es en tal sentido, la investigación presente propone el incremento moderado de su tarifario hasta 30 % adicional del costo establecido, debiéndose regularizar ello en la etapa de ejecución, su planificación y programación de acuerdo a un estudio socioeconómico detallado, con el fin de establecer una armonía y cultura de pago en sus clientes.

## CONCLUSIONES

Se presenta la propuesta de mitigación alternativa para la operabilidad del tratamiento de las aguas residuales de la localidad Segunda Jerusalén; Concluyendo:

1. Se determinó los caudales de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales equivalente a 24.13 L/s.
2. Se determinó las dimensiones y características de la laguna facultativa primaria de 230m de longitud por 115m de ancho; y laguna facultativa secundaria de 220 m de longitud por 110 m de ancho.
3. Se realizó la propuesta de mitigación alternativa para la operabilidad del tratamiento de las aguas residuales para un periodo de 20 años; la cual se construirá en un área de terreno de 36,351.17 m<sup>2</sup> equivalente a 3.64 Has en laguna primaria; y 33,456.77 m<sup>2</sup> equivalente a 3.35 Has en laguna secundaria.

## RECOMENDACIONES

Plantear la ejecución de la propuesta de mitigación alternativa para la operabilidad del tratamiento de las aguas residuales de la localidad Segunda Jerusalén, por parte de las autoridades públicas; Recomendando:

1. A los ingenieros encargados del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, determinar mediante estudios básicos “in situ” el diagnóstico de las condiciones de suelo y superficie destinado para su construcción.
2. A la municipalidad de Elías Soplín Vargas, establecer el plan de contingencia para la operación y mantenimiento para la limpieza de lodos en las lagunas, mitigando así los posibles impactos ambientales negativos generados en su proceso de operación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, & Moscoso. (2008). *Panorama de experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales en Lima Metropolitana y Callao*. Lima, Perú: IPES Promoción del Desarrollo Sostenible.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. (2011). *Guía de mantenimiento y operación laguna de oxidación*. Lima, Perú: ACODAL.
- Cardona, & García. (2008). *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javierana.
- Centro Panamericano para Ingeniería Sanitaria. (2000). *Regional Project, Integrated Systems for the Treatment and Recycling of Waste Water in Latin America: Reality and Potential*. Lima, Perú: CEPIS/OPS.
- D.S N° 003-2010-MINAM. (2010). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>
- Fondo Nacional del Ambiente. (2010). *Manual de Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú*. FONAM: Lima, Perú.
- Franken. (2007). *Gestión de aguas - Conceptos para el nuevo milenio*. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Hernandez. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: interamericana editores, s.a.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). *Censo poblacional*. Recuperado el 30 de junio de 2016, de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0017/ANEX2.htm>
- Mackenzie. (2010). *Ingeniería sanitaria y de aguas residuales* (Vol. 4). México: Limusa. doi:ISBN: 9789681801670
- Martín. (2002). *Depuración de aguas mediante lagunaje múltiple*. España: Institución Cultural "El Brocense". doi:ISSN 0210-9859
- Metcalf, & Eddy. (1997). *Tratamiento y depuración de las aguas residuales: Determinación de caudales de aguas residuales*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Metcalf, & Eddy. (1999). *Ingeniería de aguas residuales: "Redes de alcantarillado y bombeo"*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Metcalf, & Eddy. (2003). *Ingeniería de las aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Palange. (1999). *Control de la contaminación del agua: Guías para la planificación y financiamiento de proyectos*. Washington, EE.UU.: Documento Técnico del Banco Mundial.



- Quiroz. (2009). *Planta de Tratamiento de aguas residuales para regadío en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Reglamento nacional de edificaciones. (2009). *N.T.P. OS. 090: Planta de tratamiento de aguas residuales*. Perú: Diario oficial el peruano. Obtenido de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Rodríguez. (2004). *Tratamiento Anaerobio de Lixiviados en Reactores UASB*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Rolim. (2000). *Sistemas de lagunas de estabilización*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
- Romero. (2001). *Tratamiento de Aguas Residuales: Teorías y Principios de Diseño*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rossi. (2010). *Manual de Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú*. Lima, Perú: Fondo Nacional del Ambiente (FONAM).
- Seghezzeo. (2012). Exposición de Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente. Trabajo expuesto en “Curso Internacional: Tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas e industriales”. Lima, Perú.
- Seguí. (2004). *Sistemas de Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales. Una fuente alternativa de suministro dentro de una gestión integral del agua*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Seoanez. (1999). *Aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento*. Madrid, España: Colección ingeniería medioambiental.
- Stewart. (2005). *Manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad*. California, EE.UU: Universidad estatal de California.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2008). *Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución*. Perú: Biblioteca Nacional del Perú.
- Yánez. (1993). *Laguna de estabilización: “Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento*. Cuenca, Ecuador: SUNASS.

## ANEXOS

### Anexo A: Panel fotográfico



Fotografía 1. Entrada de aguas residuales a la cámara de rejas.



Fotografía 2. Cámara de rejas



*Fotografía 3. Laguna facultativa primaria.*



*Fotografía 4. Ingreso de las aguas tratadas de la laguna primaria.*



*Fotografía 5.* Observación del fenómeno de eutrofización



*Fotografía 6.* Residuos sintéticos en napa freática



*Fotografía 7. Turbulencia sistémica de habitad de peces*



*Fotografía 8. Laguna facultativa secundaria.*

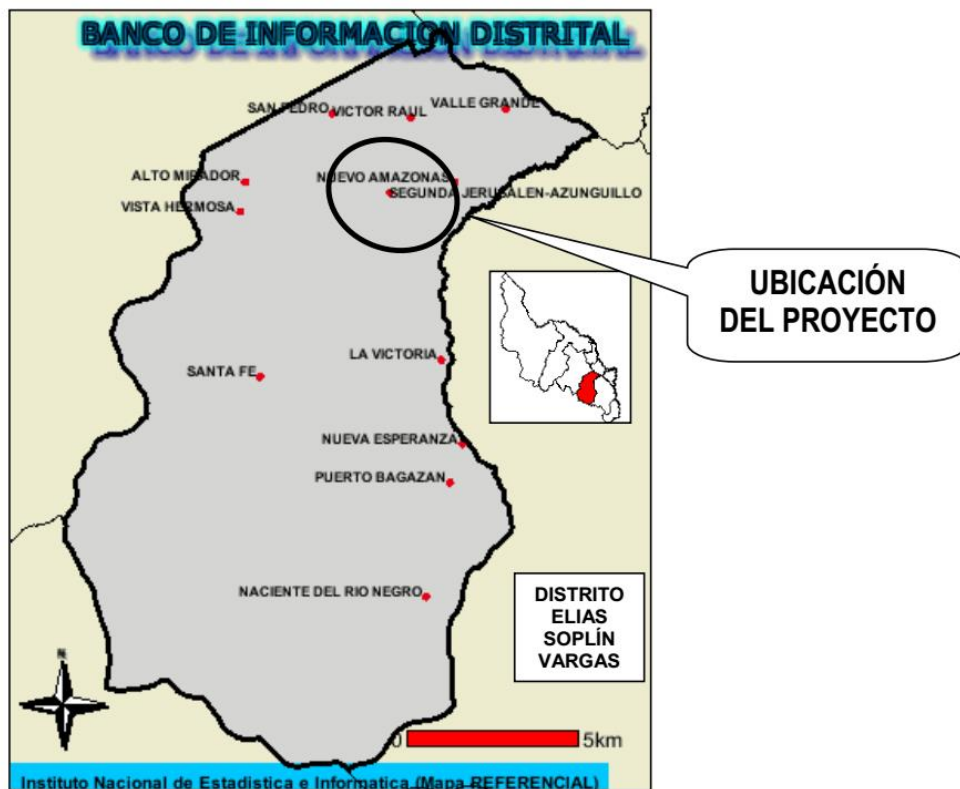
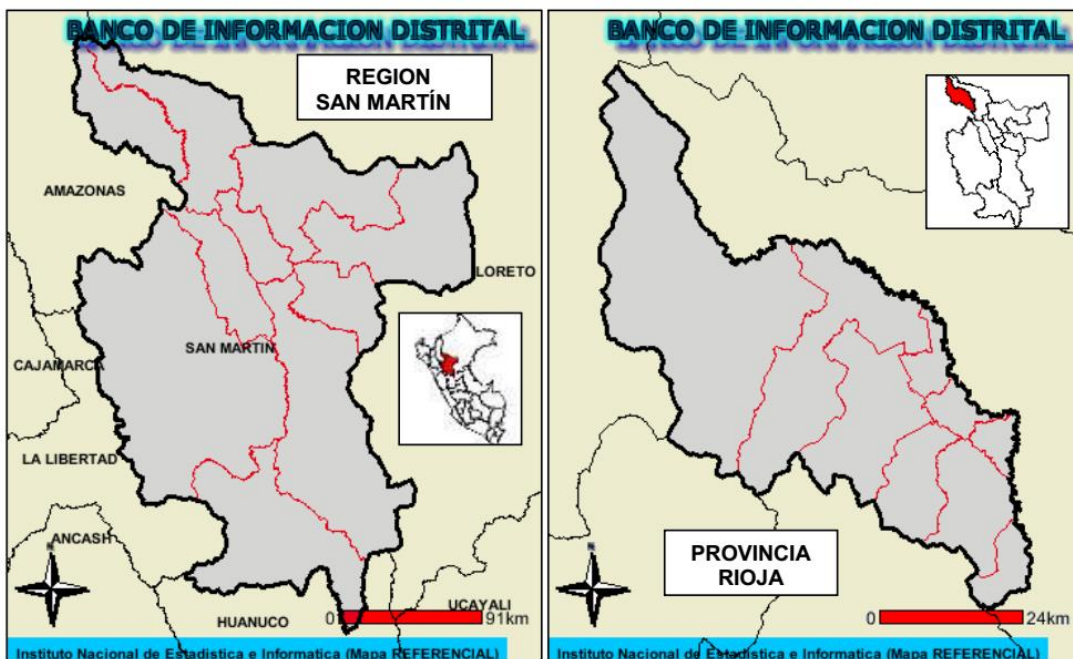


*Fotografía 9.* Canales que rodea a las lagunas.



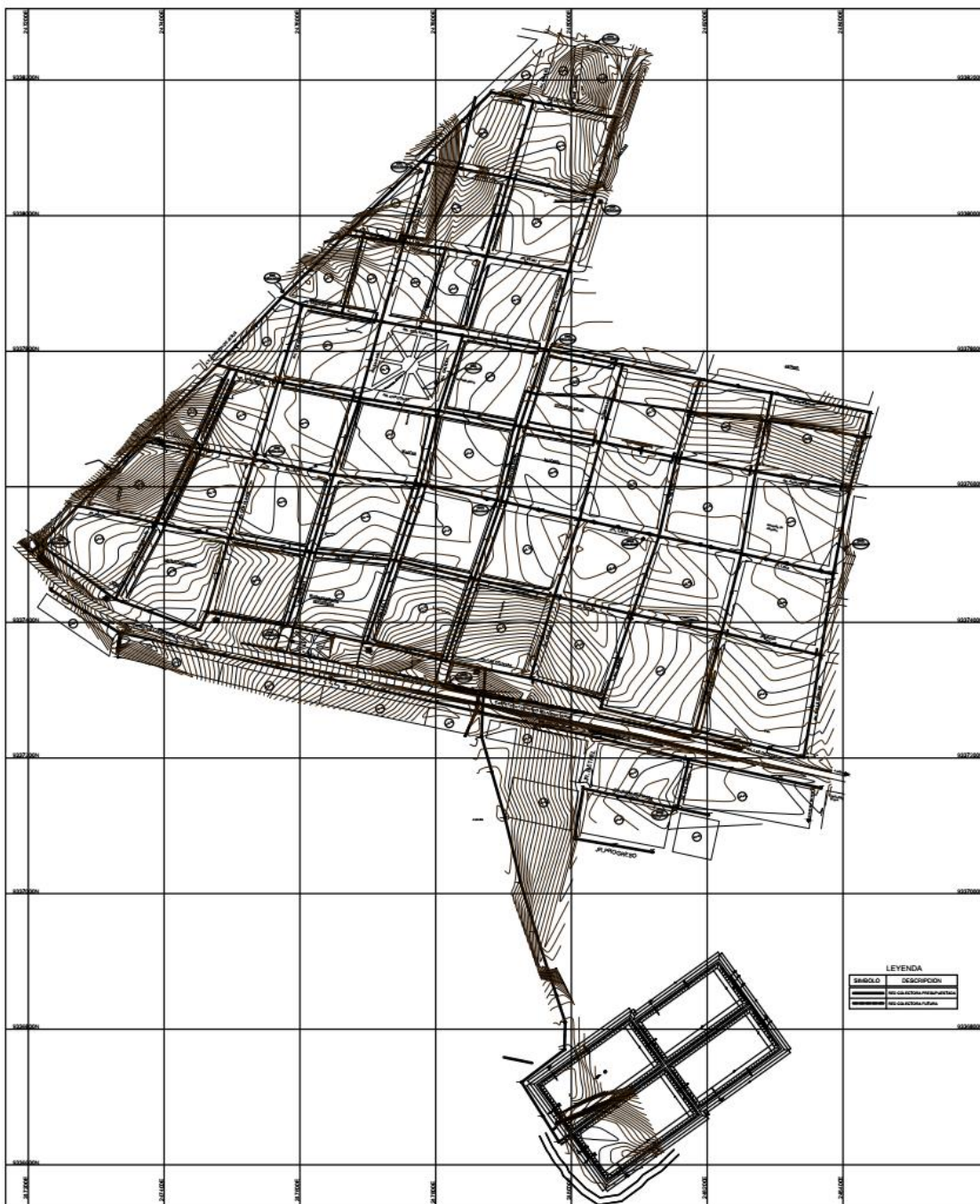
*Fotografía 10.* Terreno para el proyecto de ampliación.

### Anexo B: Ubicación del proyecto



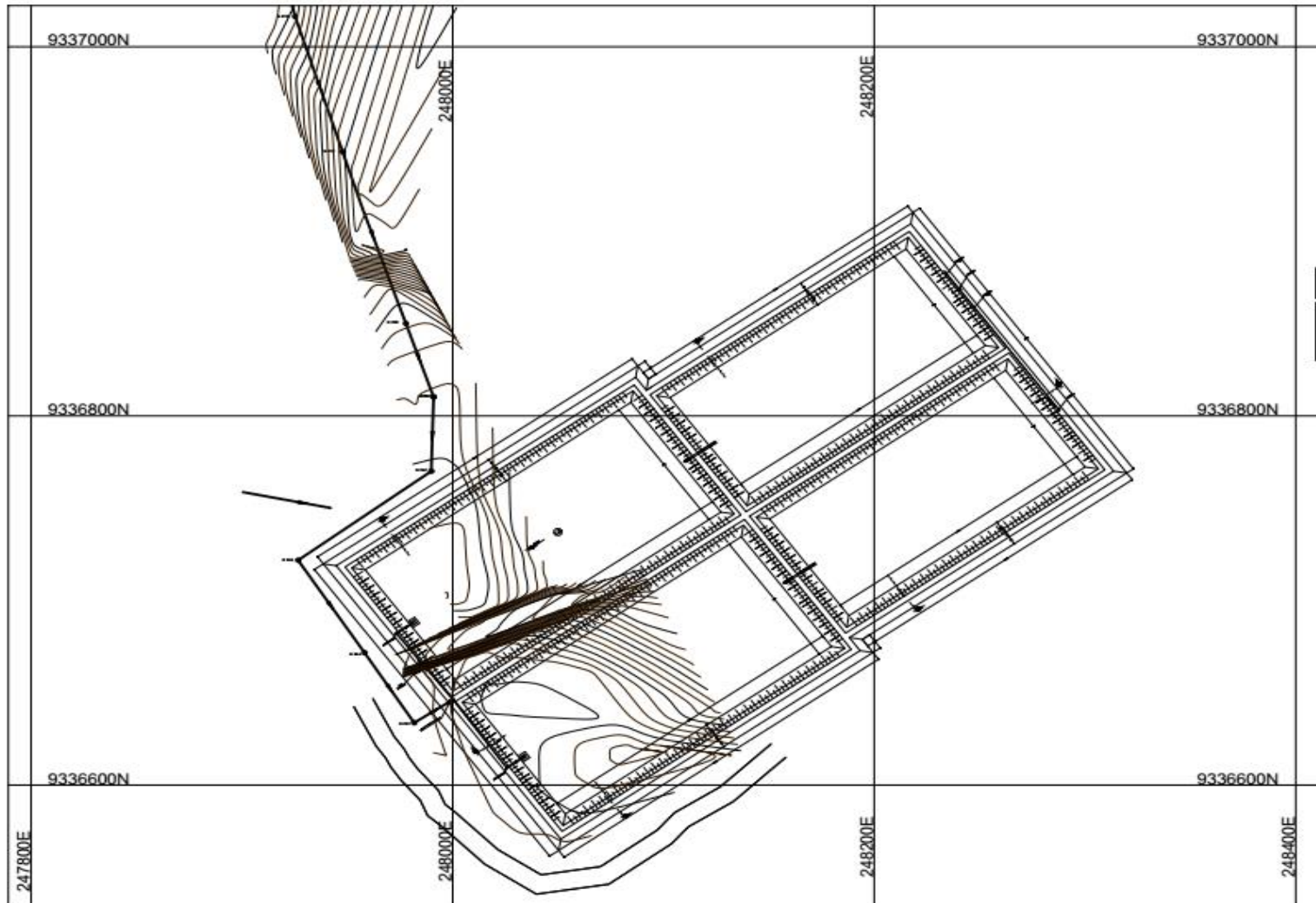
Ubicación del proyecto: Región San Martín, provincia Rioja, distrito Elías Soplín Vargas, localidad Segunda Jerusalén

**Anexo C: Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.**



Detalle de ubicación del proyecto: Localidad Segunda Jerusalén





Detalle de ubicación del proyecto: Planta de tratamiento de aguas residuales – Segunda Jerusalén