

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN SALAVERRY Y
PROPUESTA DE SOLUCIÓN”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SANEAMIENTO

AUTORES:

- BACH. CEDRÓN MEDINA, OLGA ZULEMA
- BACH. CRIBILLEROS BENITES, ANA CECILIA

ASESOR:

ING. MANUEL ANTONIO VILLALOBOS VARGAS

TRUJILLO - PERÚ

2017

ACREDITACIONES

TESIS: “Diagnóstico del Sistema de Aguas Residuales en Salaverry y Propuesta de Solución”

AUTORES: Br. Cedrón Medina Olga Zulema

Br. Cribilleros Benites Ana Cecilia

APROBADO POR:

Presidente

Ing. Ricardo Andrés Narvárez Aranda

Secretario

Ing. Manuel Alberto Vertiz Malabrigo

Vocal

Ing. Rolando Ochoa Zevallos

Asesor

Ing. Manuel Antonio Villalobos Vargas

DEDICATORIA

A mi Dios; mi padre celestial, por su infinito amor al darme la oportunidad de este gran paso, con miras a colaborar en la construcción de una sociedad mejor en termino de salud y bienestar.

A mi padre; Manuel Cedrón Jiménez, por sus buenos valores, quien con su ejemplo hizo sea una persona perseverante para lograr cada objetivo que me proponga, mi héroe, mi ejemplo a seguir, mi guía.

A mi madre; Sonia Rosario Medina Hurtado, por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional, hizo posible todo lo que yo quisiera emprender, acompañándome siempre en ello, con su dedicado amor.

A mis hermanos; Manuel, Cinthia, Lenin y Tatiana quienes son mi fortaleza, para seguir superándome cada día en mi vida.

CEDRON MEDINA OLGA ZULEMA

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y mi fortaleza en mi accionar a diario.

A mis padres, por ser mi soporte y apoyo incondicional en todo momento, por brindarme a diario sus enseñanzas y encaminarme para lograr todos mis sueños.

A mis hermanos, que han sido un ejemplo para mí para lograr todas mis metas.

ANA CECILIA CRIBILLEROS BENITES

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser nuestro padre y guía, A mis
padres, hermanos que son estímulo
poderoso para seguir adelante.

Al Ing. Manuel Antonio Villalobos Vargas,
asesor de nuestra tesis, por su valiosa
guía y asesoramiento a la realización de la
misma.

A nuestros profesores quienes con sus
enseñanzas, consejos y amistad brindada a
lo largo de nuestra vida universitaria
contribuyeron al logro de nuestra formación
profesional.

Gracias a todas las personas que ayudaron
directa e indirectamente en la realización
de este proyecto.

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCION.....	5
CAPITULO I.....	8
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:.....	11
1.3. OBJETIVO GENERAL:.....	12
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	12
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN:.....	12
CAPITULO II.....	13
MARCO TEORICO.....	13
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:.....	13
2.2. BASE TEÓRICAS:.....	14
2.2.1. Marco Legal.....	14
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	20
2.4. HIPÓTESIS.....	23
2.5. VARIABLES:.....	23
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	24
CAPITULO III.....	25
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	25
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.1.1. Enfoque.....	25
3.1.2. Alcance o nivel.....	25

3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	25
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
3.3.1.	Para la recolección de datos.....	25
3.3.2.	Para la presentación de datos.....	26
3.3.3.	Para el análisis e interpretación de datos	26
3.4.	DIAGNÓSTICO DE LAS PTAR DE SALAVERRY Y MOCHE	26
3.4.1.	Situación Actual del Área de Estudio:.....	26
3.4.2.	Análisis de los Parámetros de Calidad de las Aguas Residuales del Efluente	31
3.4.3.	Caracterización de las Aguas Residuales:	34
3.5.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	37
3.5.1.	Criterios para Selección del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales de los Distritos de Moche y Salaverry:	37
3.5.2.	Proceso de Selección:	39
3.5.3.	Registro de evaluación para el diseño de la PTAR, dado por la SUNASS	43
3.6.	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:	45
3.6.1.	Ubicación.....	45
3.6.2.	Determinación de Caudales:.....	47
3.6.2.1.	Consideraciones del Proyecto:.....	47
3.6.2.2.	Proyección de la Población.....	50
3.6.2.2.1.	Demanda de Aguas Residuales	54
3.6.3.	Sistema de Tratamiento Seleccionado:.....	58
3.6.4.	Sistema de Tratamiento de aguas residuales proyectado en Salaverry:	61
3.6.5.1.	Descripción de las unidades de Tratamiento:	64
3.6.6.	Diseño de un Proceso de Lodos activados:	75
3.7.	CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL DESARENADOR.....	77
3.7.3.	Condiciones de Operación de los módulos del Desarenador de Salaverry: ..	81
3.7.4.	Cálculo de los elementos del Desarenador:	82
3.8.	CÁLCULO PARA EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS:	87
3.8.1.	Dimensiones del Reactor Biológico:	93

3.8.2. Diseño del Sistema de Aireación:.....	93
CAPITULO IV	95
RESULTADOS	95
4.1. Diagnóstico de las PTAR de Salaverry y Moche.....	95
4.2. Selección del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales	97
4.3. Diseño de la Planta de Tratamiento	98
4.3.1. Sistema de Lodos Activados	100
CAPITULO V	103
DISCUSION DE RESULTADOS.....	103
CONCLUSIONES.....	105
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	108
ANEXOS:.....	109
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SALAVERRY.....	111

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: PTAR de Salaverry

Figura N°2: PTAR de los Poblados de Moche y Salaverry

Figura N°3: Exigencia de LMP de Vertimientos del Efluente de PTAR(LMP-V), LMP para reúso del efluente(LMP-R), ECA-AGUA y VMA

Figura N°4: Ubicación Actual de las Cuencas de Drenaje, Cámara de Bombeo y sus respectivas PTAR

Figura N°5: Servicio de Alcantarillado Sanitario del Distrito de Moche

Figura N°6: Servicio de Alcantarillado Sanitario del Distrito de Salaverry

Figura N°7: Esquema de una PTAR de Aguas Residuales Domésticas y Eficiencia de Remoción

Figura N°8: Ubicación de los distritos de Moche y Salaverry

Figura N°9: Ubicación de la Zona de Estudio en los distritos de Moche y Salaverry

Figura N°10: Ubicación del Sistema de Tratamiento de aguas residuales

Figura N°11: Esquema del proceso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Salaverry

Figura N° 12: Proyecto de diseño del Sistema de Tratamiento basado en el esquema dado por SUNASS

Figura N°13: Esquema del Sistema de PTAR de Salaverry en CAD.

Figura N°14: Cámara de Rejas

Figura N° 15: Diseño de la PTAR con Sistema de Lodos Activados en 3D

Figura N°16: Esquema General de los Procesos en el Diseño de la Planta con Lodos Activados

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: LMP de efluentes para su vertimiento a un Cuerpo de Agua

Tabla N°2: Parámetros y Frecuencia del Monitoreo de Muestras de Afluentes y Efluentes de las PTAR

Tabla N°3: Guía de la OMS para el reúso de aguas residuales

Tabla N°4: Operacionalización de las Variables

Tabla N°5: Planta de Tratamiento de Las Delicias

Tabla N°6: Planta de Tratamiento de Miramar

Tabla N°7: Planta de Tratamiento de Salaverry

Tabla N°8: Análisis de los Parámetros de Calidad del efluente de la PTAR de las

Tabla N°9: Análisis de los Parámetros de Calidad del efluente de la PTAR de Miramar

Tabla N°10: Análisis de los Parámetros de Calidad del efluente de la PTAR de Salaverry

Tabla N°11: PTAR receptoras de aguas residuales, según Distrito

Tabla N°12: Servicio higiénico que tiene la vivienda

Tabla N°13: Concentración de la Carga contaminante

Tabla N°14: Evaluación de cuatro sistemas de tratamiento de aguas residuales

Tabla N° 15: Censo Nacional año 2007

Tabla N°16: Producción de agua potable año 2017

Tabla N°17: Población año 2017

Tabla N°18: Descargas de Aguas Residuales de los Distritos de Moche y Salaverry

Tabla N°19: Distribución Poblacional en Función de Áreas

Tabla N° 20: Distribución de Descargas

Tabla N°21: Descargas Totales de Aguas Residuales de los Distritos de Moche y Salaverry

Tabla N°22: Proyección de la Población del Distrito de Moche

Tabla N°23: Proyección de la Población de Moche para el proyecto

Tabla N°24: Proyección de la Población del Distrito de Salaverry

Tabla N°25: Proyección de la Población de Salaverry para el proyecto

Tabla N°26: Proyección de la Población Total de los Distritos según Sedalib

Tabla N°27: Proyección de la Población Total de los Distritos para nuestra Propuesta.

Tabla N°28: Descargas Totales de los Distritos de Moche y Salaverry según Sedalib

Tabla N°29: Descargas Domiciliarias de Moche Pueblo en nuestra Propuesta

Tabla N°30: Descargas por infiltración de Moche y Salaverry para nuestra Propuesta

Tabla N°31: Descargas Totales de los Distritos de Moche y Salaverry en nuestra propuesta.

Tabla N°32: Resumen de proyecciones del caudal a tratar durante todo el periodo de diseño

Tabla N°33: Grado de tratamiento obtenido mediante diversos procesos de tratamiento del agua residual.

Tabla N°34: Parámetros de diseño y operación de procesos de lodos activados

Tabla N°35: Parámetros de diseño y operación de procesos de lodos activados

Tabla N°36: Diagnostico Resumen de las PTAR

RESUMEN

El sistema de tratamiento de aguas residuales correspondiente a los distritos de Moche y Salaverry, ubicados en la zona sur oeste de la ciudad de Trujillo está compuesto por tres plantas de tratamientos de aguas residuales que procesan los afluentes de seis cuencas: Moche Pueblo, Las Delicias, Taquila, Miramar, Alto Salaverry y Salaverry Pueblo.

Las PTAR están conformadas por lagunas de estabilización con tratamientos primarios y secundarios, sin embargo, las pruebas químicas realizadas en los efluentes no cumplen con los parámetros establecidos por la SUNASS, especialmente la Demanda Biológica de Oxígeno y la concentración de coliformes, vertiendo aguas contaminadas al mar.

En tal sentido en el presente trabajo se propone efectuar un diagnóstico del estado situacional de las PTAR, con la finalidad de verificar la problemática de los sistemas de tratamiento utilizadas, así como su capacidad para procesar las aguas residuales de la cuencas mencionadas, con un enfoque que permita minimizar la complejidad de la operación y mantenimiento de las diferentes plantas y permita la reutilización de las aguas en proyectos agrícolas, la producción de gas y abonos para de ese modo contribuir a mitigar el impacto ambiental causado por dichas plantas.

Para tal efecto se ha investigado en campo el estado de la operación y mantenimiento, se ha recolectado información relevante de la empresa concesionaria del servicio y se ha entrevistado a personal profesional experto en el tema, para llegar a un diagnóstico coherente que determine elementos de juicio que permitan diseñar a nivel de anteproyecto una PTAR que cumpla con los requisitos formales y el propósito fundamental de la presente investigación.

Como producto del diagnóstico se plantea la unificación de los afluentes en una sola PTAR, ubicada en el lugar que ocupa actualmente la PTAR de Salaverry y se ha diseñado una planta de tratamiento de aguas residuales con procesos primario, secundario y terciario, utilizando el sistema de lodos activados y con una desinfección final del efluente, finalmente se propone que las aguas descontaminadas sean utilizadas en riegos de jardines, plantaciones de tallo alto o limpieza en general y que igualmente se pueden utilizar los lodos en la elaboración de abonos y la producción final de gas como producto combustible.

La planta permitirá atender las necesidades de las cuencas mencionadas en un periodo mínimo de 20 años para una población proyectada de 150, 200 hab., l año 2037.

PALABRAS CLAVE

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Sistema de Lodos Activados, DBO y concentración de coliformes.

ABSTRACT

The wastewater treatment system for the Moche and Salaverry districts, located in the south west of the city of Trujillo, is composed of three wastewater treatment plants that process the tributaries of six accounts: Moche Pueblo, Las Delicias, Taquila, Miramar, Alto Salaverry and Salaverry Pueblo.

The WWTPs consist of stabilization ponds with primary and secondary treatments; however, the chemical tests performed on the effluents do not comply with the parameters established by SUNASS, especially the Biological Oxygen Demand and the concentration of coliforms, by pouring contaminated water into the sea.

In this sense, in the present work it is proposed to carry out a diagnosis of the situational status of the WWTPs, in order to verify the problematic of the treatment systems used, as well as their capacity to process the residual waters of the mentioned basins, with a focus which allows to minimize the complexity of the operation and maintenance of the different plants and allows the reuse of the waters in agricultural projects, the production of gas and fertilizers in order to contribute to mitigate the environmental impact caused by these plants.

For this purpose, the operation and maintenance status has been investigated in the field, relevant information has been collected from the concessionaire's service company, and professional personnel have been interviewed in order to arrive at a coherent diagnosis that determines elements of judgment that allow to design at the level of preliminary draft a WWTP that meets the formal requirements and the fundamental purpose of the present investigation.

As a result of the diagnosis, the unification of the tributaries is proposed in a single WWTP, located in the place where the WWTP of the Port of Salaverry currently occupies, and a wastewater treatment plant with primary, secondary and tertiary processes has been designed, using the system of activated sludge and with a final disinfection of the effluent, it is finally proposed that the decontaminated water be used in irrigation of gardens, high-stalk plantations or cleaning in general and that sludge can also be used in the production of fertilizers and production end of gas as a combustible product.

The plant will meet the needs of the basins mentioned in a minimum period of 20 years for a projected population of 150, 200 hab., Year 2037.

KEYWORDS

Wastewater Treatment Plants, Activated Sludge System, BOD and coliform concentration.

INTRODUCCION

El tratamiento de aguas residuales, para su disposición apropiada, constituye uno de los problemas de salud inherente a la actividad humana diaria. Los procesos de tratamiento suponen inversiones de capital elevadas y costos de operación altos que la mayoría de las comunidades no están en capacidad de asumir ni de financiar. (ROMERO J.A., 2000)

Las aguas residuales del Distrito de Moche y Salaverry reciben tratamiento a través de tres plantas de tratamientos de aguas residuales que procesan los afluentes de seis cuentas: Moche Pueblo, Las Delicias, Taquila, Miramar, Alto Salaverry y Salaverry Pueblo.

Según SUNASS, del total del volumen de aguas residuales evacuadas por las conexiones de alcantarillado, el 54,7% es tratado en las PTAR. Sin embargo, el tratamiento de las aguas residuales en las PTAR operadas por la empresa es deficiente, debido a que, en la mayoría de ellas, los parámetros como coliformes, termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), superan los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas establecidos por la normatividad.

Los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, son evacuados y dispuestos hacia el mar, canal de drenaje (cuyas aguas no tienen, uso posterior hasta llegar al mar) y acequias de agua con uso posterior en riego de cultivos.

En su disposición final, el 45,3% de las aguas residuales recolectadas son dispuestas directamente a ríos y acequias, sin tratamiento.

En la actualidad en las PTAR de Moche y Salaverry, no hay un adecuado tratamiento en las aguas residuales, además, al no tener un programa de mantenimiento y operación, con una debida capacitación al personal encargado, en las PTAR de estudio, pudimos observar que en las zonas no se realiza mantenimiento, se evidencia colmatación, natas y residuos flotantes reluciendo así, un grave problema de contaminación. (Informe N°018-SUNASS-110,2016, pg.4)

En tal sentido el presente trabajo, tiene como objetivo principal elaborar el Diagnóstico de los Sistemas de Tratamiento de aguas residuales en los Distritos de Moche y Salaverry, con la finalidad de verificar la problemática y en base a ella fundamentar la Propuesta de solución, con un enfoque que permita minimizar la complejidad en la operación y mantenimiento de las PTAR al reunificar las plantas existentes.

Según el diagnóstico realizado, se plantea la unificación de los afluentes en una sola PTAR, ubicada en el lugar que ocupa actualmente la PTAR de Salaverry de esta forma proponer un Diseño del Sistema con reciclaje de aguas residuales para mitigar el impacto ambiental producida por elementos contaminantes en dichas aguas, de manera tal que el uso o disposición final de estas aguas, cumpla con las normas y requisitos mínimos definidos por las autoridades sanitarias.

La importancia del Diseño del Sistema de Tratamiento de aguas residuales, se basa en la selección de una tecnología, teniendo como fundamento que para la recolección y tratamiento del agua residual se debe considerar, en mayor medida, alternativas que incluyan el reúso del agua, el proyecto plantea un diseño con Tratamiento Preliminar, Tratamiento Primario, Secundario y Terciario, con un proceso de Lodos Activado y desinfección del efluente, obteniendo un efluente que sea reutilizado en riego de jardines, plantaciones de tallo alto o limpieza en general.

El Diseño de la planta, permitirá atender las necesidades de los Distritos mencionados en un periodo mínimo de 20 años, para una población proyectada de 150,293 habitantes, con una TC, del 4% para Moche y del 7.36% para Salaverry.

El estudio realizado, se encuentra dividido en 5 secciones principales, de las cuales se describe de manera sintetizada el contenido de cada una de ellas.

En el Capítulo I, se describe el Problema de Investigación donde haremos referencia a la zona de estudio que son los Distritos de Moche y Salaverry, haciendo una breve descripción de las seis cuencas que se encuentran e estos distritos, y de los afluentes que ingresan a sus respectivas PTAR, además plantaremos nuestros objetivos, en base a los problemas tomados anteriormente, y así de esta forma poder justificar nuestra tesis.

En el Capítulo II, se verificará los parámetros utilizados para el Sistema de Planta de Tratamiento de aguas residuales, tomados como referencia del Marco Legal dado por la SUNASS, en este capítulo también se mencionará en base a la problemática la hipótesis del estudio, para luego presentar una metodología para la selección de la tecnología a proyectarse y los criterios tomados en cuenta.

En el Capítulo III, presentaremos la metodología a seguir, donde empezaremos haciendo un Diagnostico al Sistema de Tratamiento de aguas residuales, en el cual se hará el análisis de características de las aguas residuales en la PTAR de Moche y Salaverry, situación actual del Sistema existente, haciendo una descripción del área donde se ubicará la planta para su posterior reutilización, con el Análisis de los Factores de Incidencia, los cuales son muy importantes para tener un efluente que cumpla con la normativa y pueda ser reutilizado.

En base al Diagnóstico, se desarrollará la propuesta de solución, siendo el Diseño de un Sistema de aguas residuales con un proceso de Lodos Activados, teniendo en cuenta el Esquema general de una PTAR de Aguas Residuales Domésticas y Eficiencia de Remoción, dado por SUNASS.

En el Capítulo IV, se hará el análisis de los datos calculados, donde constataremos la hipótesis, y así poder asumir los datos encontrados en el Diseño de nuestra Planta de Tratamiento de Aguas residuales como válidos para este Distrito.

Por ultimo en el Capítulo V, convalidaremos los resultados hechos por Sedalib y los datos tomados para nuestra planta de Tratamiento, dando énfasis al análisis tomado para nuestro Diseño.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Distrito de Salaverry está ubicado al Sur de la ciudad de Trujillo, cuenta con una población de 12,690 hab. Al año 2015, se accede a la población desde un desvío de la carretera Panamericana Sur, tiene una extensión de 99 hect.

Las aguas residuales se recolectan en una cámara de bombeo ubicada en el centro urbano, de donde se impulsa hacia un sistema de lagunas de estabilización ubicada en las cercanías del litoral marino.

Figura N°1: PTAR de Salaverry



Fuente: Elaboración propia

El Sistema de tratamiento de aguas residuales de Salaverry tiene la tecnología de Lagunas de Estabilización y está formada por 6 lagunas, 3 primarias y 3 secundarias. Tiene un área de tratamiento de 3.83 hectáreas.

Las lagunas se encuentran en regular estado de conservación, presentan colores verduscos y marrones, lo que indica la presencia de elementos tóxicos en las lagunas primarias. También se puede observar que el efluente discurre libremente por un canal de tierra desde la laguna hasta el mar, lo cual representa un riesgo para la población, ya que como se observa, es accesible desde la carretera de Salaverry, hasta la PTAR. (SEDALIB, 2015)

Además, según un informe de Sedalib, el 11 de febrero del 2017, es decir, a inicios de este año, funcionarios de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad (Sedalib) encontraron residuos de brea y aceite en la cámara de bombeo de aguas servidas, ubicado en el puerto de Salaverry, en la provincia de Trujillo. Esta situación viene causando daños en los equipos de bombeo y el sistema eléctrico, interrumpiendo las labores de la planta.

El funcionario detalló que vienen haciendo las investigaciones del caso, para determinar de dónde provienen los residuos de aceite y brea, los cuales, alegó, podrían haber sido arrojados por trabajadores de alguna empresa que realiza obras en el lugar o los mismos pobladores, quienes serían denunciados ante el Ministerio Público. A esta cámara de bombeo confluye todo el desagüe de las redes de alcantarillado del Puerto de Salaverry, para luego ser bombeados hasta la planta de tratamiento para su purificación. (El Correo, 2017)

Cabe resaltar que, por otro lado, en el distrito de Moche se han identificado los siguientes poblados: Moche pueblo, Las Delicias, Miramar, Curva Sun, Taquila y en el distrito de Salaverry, Salaverry pueblo y el Alto Salaverry; de estas existen tres plantas de tratamiento, quienes no tienen el tratamiento adecuado debido al espacio insuficiente para recibir dichos caudales, la población se ha extendido acercándose cada vez más al PTAR, creando de esta forma una serie de peligros.

De los sistemas de tratamiento existentes en el área de estudio, la de Moche es la más antigua, data del año 1984, a base de lagunas de estabilización, tuvo una serie de inconvenientes por el desarrollo de la población, falta de cercado y los agricultores de la zona que utilizaban las aguas residuales para su riego a falta de agua, en ese entonces no existía el proyecto Chavimochic; es así que en el año 1998, se construye la laguna Las Delicias y se decide utilizar esta para brindar servicio a Moche pueblo. Respecto a las lagunas de Miramar, estas no corresponden a la administración de SEDALIB SA, están muy descuidadas a falta de mantenimiento adecuado. (SEDALIB, 2015)

Figura N°2: PTAR de los Poblados de Moche y Salaverry



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de las cuencas en el ámbito del proyecto, se han determinado 6 cuencas de drenaje, 4 que corresponden al distrito de Moche y 2 al distrito de Salaverry: Moche pueblo, Las Delicias, Miramar, Taquila, Alto Salaverry y Salaverry.

En otro aspecto, no es conveniente, que existan varias PTAR, atendiendo a centros poblados relativamente cercanos, porque genera una serie de riesgos e inconvenientes de tipo operativo, significando con ello, altos costos tanto de mantenimiento, como de operación, por consiguiente, tomando en cuenta que las poblaciones están cercanas estas podrían ser unificadas en un solo lugar y ser tratadas por una sola PTAR, el cual, podría ser el que ocupa actualmente la PTAR de Salaverry.

En tal sentido como propuesta de solución tenemos el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales a nivel de anteproyecto, donde se unifique la llegada de las descargas de las cuencas, con un Sistema de Tratamiento terciario para dar un reusó a estas aguas residuales tratadas.

Por lo tanto, en el presente estudio realizaremos una propuesta para la mejora del tratamiento de aguas residuales que proyectaremos en Salaverry, ya que dispone con más espacio, unificando las cuencas, para así realizar un diseño con un sistema de tratamiento con una mejor tecnología con la finalidad, aportando de esta forma en el crecimiento de estos poblados que se encuentran en crecimiento económico y social.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿Cuál es el diagnóstico del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en los distritos de Moche y Salaverry y la propuesta de solución para obtener un efluente utilizable?

1.3.OBJETIVO GENERAL:

- Elaborar el diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales en los distritos de Moche y Salaverry y plantear un sistema de tratamiento de dichas aguas, que reemplace a las lagunas de estabilización existentes, así como la reutilización del efluente.

1.4.OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diagnosticar el sistema de tratamiento actual, por lagunas de estabilización en los distritos de Moche y Salaverry del Departamento de La Libertad-Perú
- Analizar del Marco Legal establecido por la SUNASS y el Reglamento Nacional de Edificaciones, para el tratamiento de aguas residuales en el Perú.
- Determinar los criterios de selección para diseñar la Planta de Tratamiento de aguas residuales para los distritos de Moche y Salaverry.
- Diseñar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que considere el tratamiento terciario y la reutilización del efluente a nivel de anteproyecto.

1.5.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El producto final del presente estudio constituirá una propuesta de solución al problema de contaminación ambiental por el sistema de tratamiento de aguas residuales en los distritos de Moche y Salaverry, en base a un diagnóstico preliminar.

El estudio plantea una alternativa al proceso actual de tratamiento de aguas residuales, en base a las regulaciones establecidas por la SUNASS y el Reglamento Nacional de Edificaciones que beneficiará de manera directa a las poblaciones de Moche y Salaverry por mitigar el impacto ambiental producido por el vertimiento de aguas contaminadas al mar, de manera indirecta beneficia también al sector turístico y contribuye de manera fundamental a la conservación de nuestro hábitat.

1.6.VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN:

Se cuenta con los recursos humanos, financieros y de tiempo, como acceso a la información y conocimientos entre otros que son necesarios para desarrollar la investigación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

Habiendo realizado una pesquisa bibliográfica a nivel nacional e internacional vía web, se encontró información relevante relacionada al tema de la investigación, de lo cual se destaca lo siguiente:

Antecedente Internacional:

- Macloni, D. (2014), en su tesis “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, se propuso como objetivo diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. La investigación, determinó, en base a los resultados obtenidos, que el sistema propuesto para el tratamiento de aguas residuales alcanzará un 88.62%, de eficiencia global de remoción de la carga contaminante. Porcentaje basado en el nivel de remoción de DBO. El aporte de esta tesis nos servirá de guía para la elaboración de nuestra propuesta de solución en el presente estudio.

Antecedente Local:

- Mondragón, G., Sánchez, Cynthia. (2014), en su tesis “Análisis de la operatividad del sistema de tratamiento de aguas residuales en el continuo urbano de Trujillo-Perú”. La investigación, verificó que la presencia de coliformes termotolerantes presentan un exceso de un 40%, y una mayor DQO en cantidad mayor del 58.5 % del límite admisible, lo cual, refleja un deficiente tratamiento o evacuación de lodos, que conlleva al incremento de contaminación, además, concluyeron, que las lagunas de estabilización, debido a que no cuentan con operadores permanentes, reciben un mantenimiento 1 vez/cada 5 meses en

promedio. Consecuentemente, determinaron que éstas no cuentan con un monitoreo y registro de datos adecuado, tampoco cumplen con los niveles de purificación del agua necesarios, lo cual, genera impactos ambientales negativos y riesgos de salud de los seres humanos. Uno de los factores causantes de dichos impactos es la falta de financiamiento para implementación y operación de las mismas, limitando de esta manera la calidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. El aporte de

esta tesis nos servirá de guía para la elaboración de nuestra propuesta de solución en el presente estudio.

Antecedente Local:

- López, R., Herrera, K. (2015), en su tesis “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para reúso en riego de Parques y Jardines en el Distrito de la Esperanza, se propuso como objetivo diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el Distrito de La Esperanza. La investigación, determinó que el proyecto elaborado contribuirá en la gestión presupuestaria, y en hacer factible el riego de parques y jardines con agua residual tratada, por lo tanto, evitaría así la contaminación, y disminuiría el costo por el uso de agua potable en riego de parques y jardines. El aporte de esta tesis nos servirá de guía para elaborar nuestro presupuesto, con respecto a nuestra propuesta de solución en el presente estudio.

2.2.BASE TEÓRICAS:

2.2.1. Marco Legal

1. Valores de Calidad de las Aguas Residuales en el Marco Legal Peruano:

El marco legal peruano define los siguientes parámetros y valores relevantes para la construcción y operación de PTAR:

- Valores máximos admisibles (VMA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 021-2009-VIVIENDA y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N.º 003-2011-VIVIENDA.
- Límites máximos permisibles (LMP) para vertimientos a cuerpos de agua establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.
- Estándares de calidad de agua (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM.
- Límites máximos permisibles para el reúso de agua tratada.

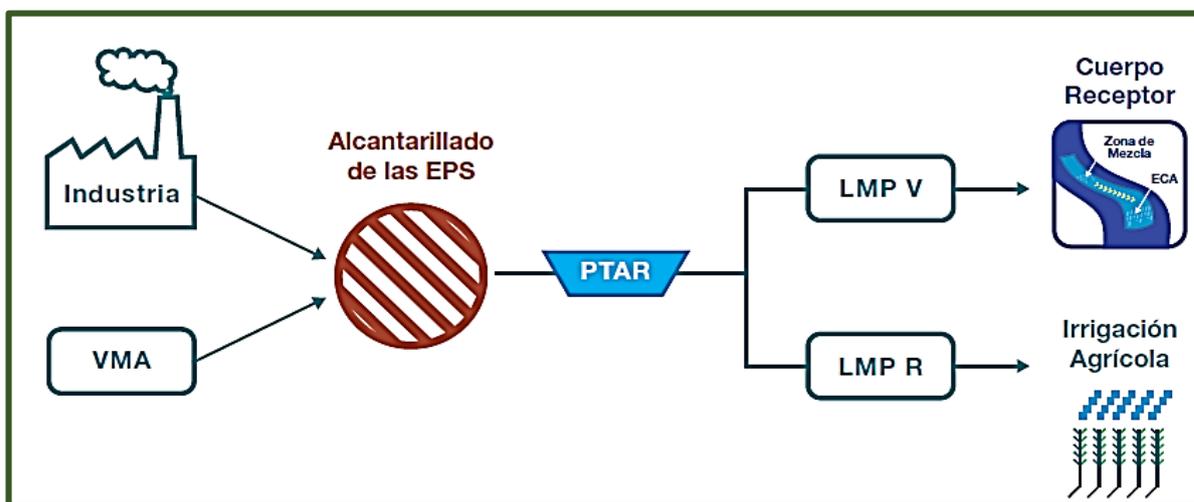
En la Figura N°3 se puede apreciar que los VMA regulan las descargas industriales al alcantarillado público, en tanto que los LMP para vertimientos en un cuerpo de agua regulan

la calidad del efluente de las PTAR y los ECA-Agua regulan la calidad del agua en el cuerpo de agua luego de la zona de mezcla con el efluente de las PTAR.

Para el caso de vertimiento del efluente a un cuerpo de agua cabe precisar que el cumplimiento de los LMP en el efluente de una PTAR no reemplaza la necesidad del cumplimiento del ECA-Agua después de la zona de mezcla y viceversa.

Para el caso del reúso, se deben aplicar los LMP correspondientes a la actividad en la que se hará el reúso. En la actualidad, a falta de LMP específicos, se utilizan los valores recomendados en las guías de la Organización Mundial de la Salud.

Figura N°3: Exigencia de LMP de Vertimientos del Efluente de PTAR(LMP-V), LMP para reúso del efluente(LMP-R), ECA-AGUA y VMA



Fuente: SUNASS (2016)

2. Límites Máximos Permisibles (LMP) - Decreto Supremo N.003-2010-MINAM:

De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, el LMP es “la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar danos a la salud, al bienestar humano y al ambiente”. Los LMP definen la calidad del efluente de las PTAR cuando se vierte a un cuerpo natural de agua. Sin embargo, cuando la PTAR incluye emisario submarino, la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones señala que estos valores no son aplicables.

Los LMP son obligatorios para todas las PTAR sin distinción de tamaño, ni de nivel de tratamiento. En la tabla 1 se muestran los LMP vigentes.

La EPS debe reportar al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) el cumplimiento de los LMP y efectuar el monitoreo frecuente del afluente y efluente de la PTAR según el protocolo de monitoreo señalado en la Resolución Ministerial No 273-2013-VIVIENDA. Este protocolo define:

- Los puntos de la toma de muestras.
- Los parámetros que se deben monitorear en el afluente y efluente de la PTAR.
- La frecuencia del monitoreo (véase la tabla 2)
- El procedimiento de la toma de muestras y el análisis de las muestras.

Cabe mencionar que esta exigencia normativa no limita a la EPS a efectuar la medición de parámetros adicionales o ampliar la frecuencia de algunos parámetros dentro de sus programas de operación y control de los procesos de tratamiento de las PTAR.

Según el Decreto Supremo N.º003-2010-MINAM, la fiscalización del cumplimiento de los LMP está a cargo de la autoridad competente; es decir, el MVCS. Sin embargo, el ente rector aún no cuenta con un reglamento de supervisión, fiscalización y sanción del cumplimiento de los LMP.

Tabla N°1: LMP de efluentes para su vertimiento a un Cuerpo de Agua

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
ACEITES Y GRASAS	mg/L	20
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 mL	10.000
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN 5 DÍAS (DBO5)	mg/L	100 ¹⁾
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	200 ¹⁾
PH		6,5 – 8,5
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	mL/L ²⁾	150
TEMPERATURA	°C	< 35

1) Para los efluentes de PTAR con etapa de tratamiento final por lagunas, el LMP se refiere a la muestra filtrada.
 2) La unidad es probablemente incorrecta. Sería preferible la unidad mg/L.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°2: Parámetros y Frecuencia del Monitoreo de Muestras de Afluentes y Efluentes de las PTAR

PARÁMETROS		FRECUENCIA DEL MONITOREO SEGÚN EL CAUDAL DE OPERACIÓN PROMEDIO ANUAL			
AFLUENTE	EFLUENTE	< 10 L/S	> 10 A 100 L/S	> 100 A 300 L/S	> 300 L/S
ACEITES Y GRASAS		ANUAL	SEMESTRAL	TRIMESTRAL	MESNUAL
COLIFORMES TERMOTOLERANTES					
DBO5					
DQO					
PH					
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN					
TEMPERATURA					
CAUDAL (LECTURA HORARIA O MÁS FRECUENTE)					

Fuente: SUNASS (2016)

El Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM establece el LMP de 200 mg/l para la DQO y de 100 mg/l para la DBO5, lo cual significaría que la relación entre la DQO y la DBO5 es 2 a 1. Sin embargo, en la práctica, la relación se encuentra normalmente entre 3 y 4, cuando se trata de efluentes de tratamientos biológicos. Por lo tanto, no deben diseñarse PTAR nuevas para el LMP de DBO5 de 100 mg/L, sino para una concentración de DBO5 menor de 50 mg/L, a fin de cumplir el LMP de DQO de 200 mg/L. Si en la operación de una PTAR se verifica el cumplimiento del LMP de la DQO, es muy probable que también cumpla el LMP de la DBO5.

3. Límites Máximos Permisibles para el Reúso del Agua Residual Tratada:

Actualmente no existen límites máximos permisibles para el agua residual tratada que será reutilizada para el riego, ni para otros tipos de reúso.

Los ECA-Agua de la categoría 3 definen estándares de la calidad para un cuerpo natural de agua superficial que será utilizado para riego, lo cual no implica que estos valores también puedan ser considerados como LMP para efluentes de PTAR.

En el artículo 150 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos se señala que, para la evaluación de las solicitudes de autorización de reúso de efluentes tratados, se deben tomar en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinara el reúso del agua o que en su defecto se utilicen las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En el mencionado reglamento se señala también que la Autoridad Nacional del Agua es responsable de autorizar el reúso de las aguas residuales tratadas y que la autoridad administrativa del agua correspondiente es la encargada del control y vigilancia del reúso de las aguas residuales tratadas. En el caso del reúso para riego de áreas verdes, se requiere la opinión técnica favorable de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), que dentro de sus funciones vigila los aspectos de salud pública en parques y áreas verdes de uso público.

Se advierte la necesidad de que el país cuente con una guía de buenas prácticas de riego y manejo adecuado de suelos con aguas residuales tratadas por parte de los agricultores. En relación con este tema, las guías de la OMS de 1989 y 2006 dan recomendaciones sobre las medidas de protección de la salud, sistemas de monitoreo, prevención de los riesgos ambientales y desarrollo de una política nacional para el manejo de los beneficios y riesgos del reúso de aguas residuales tratadas.

4. Guía de la OMS para el reúso de aguas residuales:

Para la evaluación de solicitudes de autorización del reúso de efluentes tratados, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los valores de las guías de la OMS de 1989 o la versión actual del 2006 (dependiendo de lo indicado en la solicitud de autorización).

La versión de la guía del año 1989 define 3 categorías de acuerdo con el tipo de reúso. (Véase la tabla 3).

CATEGORÍA	CONDICIONES DEL REÚSO	GRUPO EXPUESTO	HELMINTOS INTESTINALES ^{b)} (HUEVOS/L ^{c)})	COLIFORMES (PROMEDIO POR 100 mL ^{c)})	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A	RIEGO DE CULTIVOS QUE SE CONSUMEN CRUDOS, CAMPOS DEPORTIVOS Y PARQUES PÚBLICOS ^{d)}	TRABAJADORES, CONSUMIDORES, USUARIOS	≤ 1	≤ 1000 ^{d)}	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EN SERIE DISEÑADAS PARA LOGRAR LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA INDICADA O TRATAMIENTO SIMILAR
B	RIEGO DE CEREALES, CULTIVOS INDUSTRIALES, FORRAJES Y ÁRBOLES ^{e)}	TRABAJADORES	≤ 1	NO HAY UN ESTÁNDAR DE CALIDAD RECOMENDADO	RETENCIÓN EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ENTRE 8 Y 10 DÍAS O REMOCIÓN EQUIVALENTE DE HELMINTOS Y COLIFORMES FECALES
C	RIEGO DE CULTIVOS DE LA CATEGORÍA B, SI NO HAY EXPOSICIÓN DE TRABAJADORES Y DEL PÚBLICO	NINGUNO	SIN APLICACIÓN	SIN APLICACIÓN	TRATAMIENTO PRELIMINAR SEGÚN EL REQUERIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DE RIEGO, PERO NO MENOR QUE LA SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

a) En casos particulares, factores epidemiológicos, socioculturales, medioambientales y los lineamientos modificados, respectivamente.
 b) Especies de áscaris, Trichuris y anquilostoma.
 c) Durante el tiempo de riego.
 d) Para césped público donde puede existir contacto directo para el público se recomiendan valores más estrictos (≤ 200 coliformes fecales/100 ml).
 e) En el caso de frutales, el riego debería ser paralizado dos semanas antes de la cosecha y las frutas no deberían ser recogidas del suelo. No se debería usar riego por aspersión.

Tabla N°3: Guía de la OMS para el reúso de aguas residuales

Fuente: SUNASS

5. Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento:

Los residuos sólidos (RRSS) ingresan a las PTAR junto con el agua residual cruda. Los RRSS más gruesos son separados durante el ingreso a la PTAR por medio de cribas y tamices. Otros RRSS los constituyen las grasas y las arenas que son separadas del agua residual mediante los procesos de desengrase y desarenado. Existen otros RRSS que son generados durante los procesos de tratamiento de las aguas residuales, como los lodos.

El Reglamento de la Ley de los Residuos Sólidos dispone que todos los lodos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales sean considerados como residuos peligrosos y deben ser depositados en rellenos de seguridad. Con relación a los RRSS separados en el tratamiento preliminar (residuos gruesos, arena y grasa), por contener sustancias infecciosas, deben ser dispuestos también en rellenos de seguridad.

No se ha considerado el potencial nutritivo del lodo de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Tampoco se han establecido criterios que permitan demostrar que el lodo de las PTAR no es peligroso si se les somete a determinados tratamientos. Tampoco existen criterios para el uso de lodos tratados.

2.3.DEFINICIONES CONCEPTUALES

Afluente:

Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

Agua residual:

Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.

Agua residual doméstica:

Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

Anaerobio:

Condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.

Bacterias:

Grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma bacteriano único, división binaria y que interviene en los procesos de estabilización de la materia orgánica.

By-pass:

Conjunto de elementos utilizados para desviar el agua residual de un proceso o planta de tratamiento en condiciones de emergencia, de mantenimiento o de operación.

Clarificación:

Proceso de sedimentación para eliminar los sólidos sedimentables del agua residual.

Cloración:

Aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua residual para desinfección y en algunos casos para oxidación química o control de olores.

Coliformes:

Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0,5 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 +/- 0,2 °C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):

Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

Demanda química de oxígeno (DQO)

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sal inorgánica de permanganato o dicromato de potasio.

Densidad de energía:

Relación de la potencia instalada de un aireador y el volumen, en un tanque de aeración, laguna aireada o digestor aerobio.

Digestión aerobia

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno.

Digestión anaerobia:

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en ausencia de oxígeno.

Edad del lodo:

Parámetro de diseño y operación propio de los procesos de lodos activados que resulta de la relación de la masa de sólidos volátiles presentes en el tanque de aeración dividido por la masa de sólidos volátiles removidos del sistema por día. El parámetro se expresa en días.

Eficiencia del tratamiento:

Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje.

Efluente:

Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Efluente final

Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Lodo activado:

Lodo constituido principalmente de biomasa con alguna cantidad de sólidos inorgánicos que recircula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aeración en el tratamiento con lodos activados.

Proceso de lodos activados:

Tratamiento de aguas residuales en el cual se somete a aeración una mezcla (licor mezclado) de lodo activado y agua residual. El licor mezclado es sometido a sedimentación para su posterior recirculación o disposición de lodo activado.

2.4.HIPÓTESIS

- La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales correspondiente a los distritos de Moche y Salaverry cumplirá con las normas y regulaciones establecidas por los órganos competentes.

2.5.VARIABLES:

2.5.1. Variable independiente:

- Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Salaverry.

2.5.2. Variable dependiente:

- DBO: Demanda Biológica de Oxígeno (mg/l)
- DQO: Demanda Química de Oxígeno (mg/l)
- Coliformes Termotolerantes: Materia orgánica resistente a temperaturas altas (% de concentración)
- pH
- Temperatura: Medida en °C
- Sólidos Suspendidos Totales (% de concentración)

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N°4: Operacionalización de las Variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
Dependiente				
Calidad del efluente producto del tratamiento de aguas residuales de Salaverry	Mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales	Los indicadores deben encontrarse dentro de los rangos establecidos por la SUNASS	Escala Likert	Procesamiento de Datos
Independientes				
Aceites y grasas	Agua residual que ingresa a la planta	Cantidad de grasa por unidad de medida	mg/L	Laboratorio Químico
Coliformes Termotolerantes		Cantidad de Coliformes	NMP/100ml	Laboratorio Químico
Sólidos Totales		Residuo que queda, después que una muestra de agua residual ha sido evaporada y secada a una temperatura específica de 103 a 105 °C.	mL/L	Laboratorio Químico
Sólidos Suspendidos Totales		Sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, que son retenidos en el elemento filtrante.	mL/L	Laboratorio Químico
Temperatura	Calidad del Efluente	Potencial o Grado Calorífico	°C	Laboratorio Químico
Ph		Índice de Acidez	Unidad	Laboratorio Químico
Sólidos Disueltos Totales		Sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en el agua y que no son retenidas en el material filtrante.	mL/L	Laboratorio Químico
Sólidos Sedimentados		Sólidos que se sedimentan cuando el agua se deja en reposo durante 1 hora.	mL/L	Laboratorio Químico
Sólidos Suspendidos Volátiles		Cantidad de materia orgánica (incluidos los inorgánicos) capaz de volatilizarse por el efecto de la calcinación	mL/L	Laboratorio Químico
DBO		Contenido de oxígeno por unidad de volumen	mg/L	Laboratorio Químico
DQO		Estimación de la materia susceptible a oxidación	mg/L	Laboratorio Químico
Nitrógeno Total		Suma de nitrógenos amoniacal y orgánico	mg/L	Laboratorio Químico

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación para la tesis es Aplicada.

3.1.1. Enfoque

Reciclaje de aguas residuales para mitigar el impacto ambiental producida por elementos contaminantes en dichas aguas.

Reducción de complejidad en la operación y mantenimiento de la PTAR al reunificar las plantas existentes

3.1.2. Alcance o nivel

- Descriptiva, porque describirá las principales características de los componentes del sistema.
- Explicativa, porque se describirá el proceso químico de tratamiento de las aguas residuales.
- Correlacional, porque se indicará la incidencia de los parámetros de evaluación de la calidad del efluente con las variables independientes.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población: No aplicable, por tratarse del **estudio** de un proyecto específico.

3.2.2. Muestra: No aplicable, por tratarse del estudio de un proyecto específico.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Para la recolección de datos

- Obtención de información relevante de parte de las Supervisoras y las EPS (Entidades Prestadoras de Servicio).
- Verificación en campo del Sistema de Tratamiento.

3.3.2. Para la presentación de datos

Para el procesamiento de datos se utilizarán los siguientes programas, tales como:

- AUTOCAD: Diseño mejorado del Sistema de tratamiento de aguas residuales.
- MICROSOFT EXCEL: Se prestará para hacer las hojas de cálculos para el diseño y presupuesto.
- MICROSOFT WORD: Se usará para la edición del informe de la investigación.
- GOOGLE EARTH: Para la ubicación de las cuencas con sus respectivas PTAR.

3.3.3. Para el análisis e interpretación de datos

Para la interpretación y análisis de datos, hemos tomado como referencia la normativa de la SUNASS, en un estudio ultimo realizado en el 2016.

3.4. DIAGNÓSTICO DE LAS PTAR DE SALAVERRY Y MOCHE

3.4.1. Situación Actual del Área de Estudio:

3.4.1.1. Situación Actual de las Cuencas y las PTAR:

A. Situación actual de la PTAR “Las Delicias”

Población Actual: 17,227 hab. (Según el INEI - Censo de Población y Vivienda del año 2007, con una tasa de crecimiento de 2.12 %)

Tabla N°5: Planta de Tratamiento de Las Delicias

CUENCAS ATENDIDAS			SISTEMAS DE EVACUACIÓN	ÁREA	
DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	EXTENSIÓN		ACTUAL	REQUERIDA
MOCHE PUEBLO	Km. 560 de la Carretera Panamericana	87 hectáreas	Bombeo: 1 equipo para 550 lps y 5 m de carga.	1.41 hectáreas	3.3 hectáreas
LAS DELICIAS	Lado Oeste del Distrito	60 hectáreas	Bombeo: 2 equipos para 450 lps y 5 m de carga.		
TAQUILA	Lado Sur del Poblado de Las Delicias	19 hectáreas	Bombeo: 1 equipo para 250 lps y 5 m de carga.		

Fuente: SEDALIB (2016)

Análisis:

Las aguas residuales de las cuencas de Moche Pueblo, Las Delicias y Taquila son evacuadas por sus respectivas redes colectoras a sus cámaras de bombeo ubicada en zonas periféricas a los centros poblados, para ser posteriormente impulsadas a la PTAR “Las Delicias”.

Esta PTAR, tiene dos lagunas, una primaria y otra secundaria, las cuales han sido construidas hace aproximadamente diecisiete años, estructuralmente se encuentran en buen estado, sin embargo, el área de dichas lagunas se encuentra subdimensionada en un 50%, referida al área necesaria para el servicio a la población.

El rendimiento de carga del caudal alcanza solamente un 42%, lo que contribuye a la conclusión de que la PTAR se encuentra subdimensionada.

Además, de conformidad con los análisis químicos efectuados, el efluente procesado, no cumple con LMP fijados por la SUNASS. De igual modo, la ubicación de la PTAR está muy cercana a la población, lo cual, es un gran inconveniente, porque es un área de recreación veraniega; por consiguiente, es de vital importancia la reubicación de ésta.

B. Situación actual de la PTAR “Miramar”

Población Actual: 19, 082 hab. (Según el INEI - Censo de Población y Vivienda del año 2007, con una tasa de crecimiento de 2.24%)

Tabla N°6: Planta de Tratamiento de Miramar

CUENCAS ATENDIDAS			SISTEMAS DE EVACUACIÓN	ÁREA	
DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	EXTENSIÓN		ACTUAL	REQUERIDA
MIRAMAR	Lado Sur del Poblado del Distrito de Moche, Km. 555	111 hectáreas	Bombeo: 1 equipo para 150 lps y 5 m de carga.	1 hectárea	3.2 hectáreas
ALTO SALAVERRY	Km. 557 de la Carretera Panamericana	59 hectáreas	Drena por Gravedad al PTAR de Miramar		

Fuente: SEDALIB (2016)

Análisis:

Las aguas residuales de la cuenca de Miramar son evacuadas por sus respectivas redes colectoras a la cámara de bombeo ubicada en la zona periférica al centro poblado, para ser posteriormente impulsadas a la PTAR de “Miramar”.

Sin embargo, las aguas residuales de Alto Salaverry drenan por gravedad a la PTAR de Miramar. Esta PTAR tiene 6 lagunas de estabilización, además, el área de dichas lagunas se encuentra subdimensionada en un 50%, referida al área necesaria para el servicio a la población.

El rendimiento de carga del caudal alcanza solamente un 24%, lo que contribuye a la conclusión de que la PTAR se encuentra subdimensionada.

De igual modo, por desarrollo urbano la población se está acercando a la ubicación de las lagunas, lo cual, ocasiona problemas de contaminación es por ello, que es de vital importancia la reubicación de ésta.

C. Situación actual de la PTAR “Salaverry”:

Población Actual: 12,690 hab. (Según el INEI - Censo de Población y Vivienda del año 2007, con una tasa de crecimiento de 3.68 %)

Tabla N°7: Planta de Tratamiento de Salaverry

CUENCAS ATENDIDAS			SISTEMAS DE EVACUACIÓN	ÁREA	
DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	EXTENSIÓN		ACTUAL	REQUERIDA
SALAVERRY PUEBLO	Lado Sur de la Ciudad de Trujillo	99 hectáreas	Bombeo: 2 equipos para 150 lps y 5 m de carga.	3.83 hectáreas	1.8 hectáreas

Fuente: SEDALIB (2016)

Las aguas residuales de la cuenca de Salaverry Pueblo, son evacuadas por sus respectivas redes colectoras a la cámara de bombeo ubicada en la zona periférica al centro poblado, para ser posteriormente impulsadas a la PTAR de “Salaverry”.

Esta PTAR tiene 6 lagunas de estabilización, 3 primarias y 3 secundarias, las cuales, se encuentran en regular estado de conservación, ya que presentan colores verduscos y marrones, lo cual, indica la presencia de elementos tóxicos en las lagunas primarias.

Asimismo, se observó que el efluente discurre libremente por un canal de tierra desde la laguna hasta el mar, lo cual representa un riesgo para toda la población, ya que, es accesible desde la carretera hasta la PTAR.

De igual modo, el área de dichas lagunas se encuentra sobredimensionada en un 67%, referida al área necesaria para el servicio a la población, lo que contribuye a la conclusión de que la PTAR tiene la capacidad para atender a dicha población y la requerida a futuro.

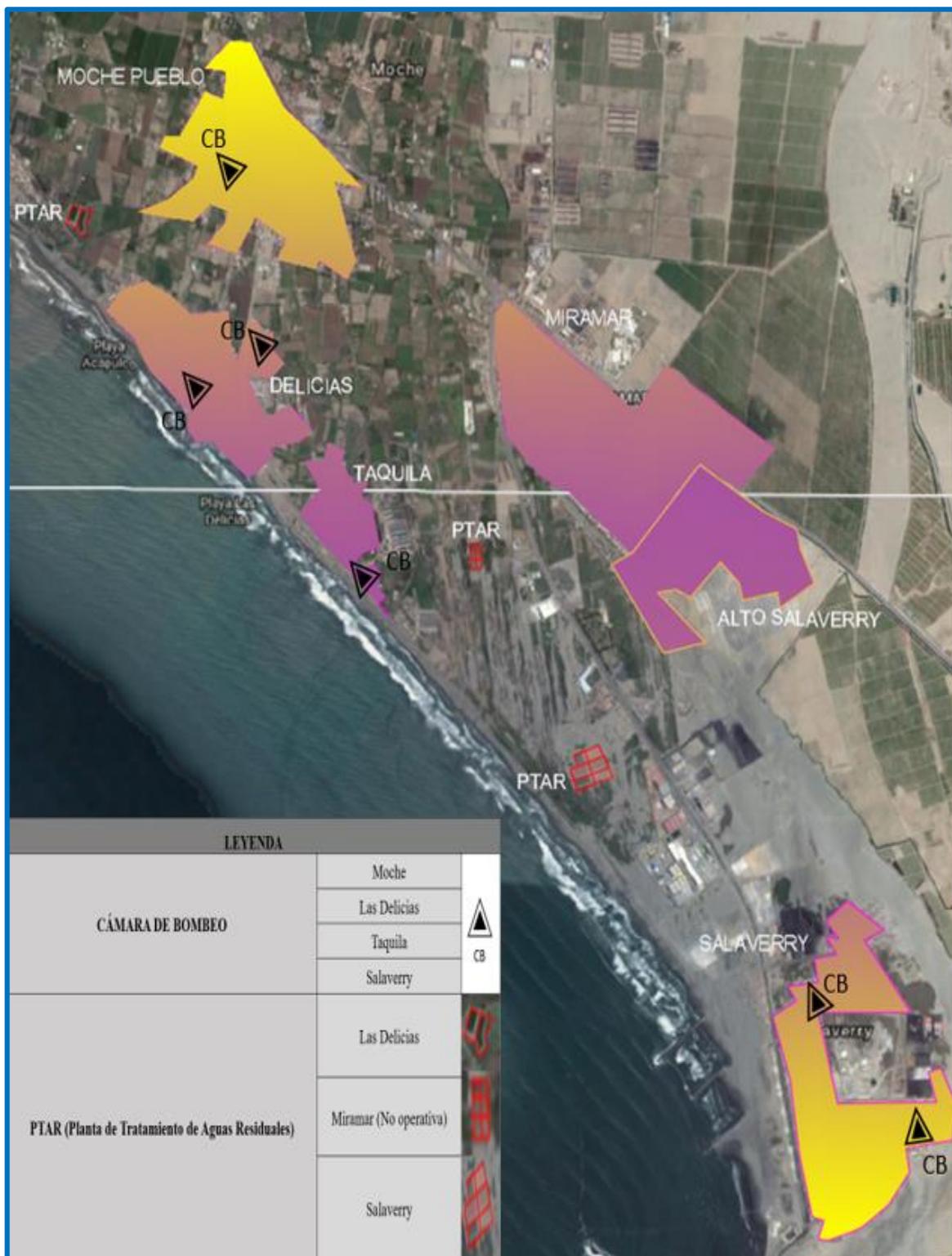


Figura N°4: Ubicación Actual de las Cuencas de Drenaje, Cámara de Bombeo y sus respectivas PTAR

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2. Análisis de los Parámetros de Calidad de las Aguas Residuales del Efluente

De acuerdo, a los resultados de los análisis de laboratorio proporcionados por SEDALIB S.A. correspondientes a las PTAR de las Delicias, Miramar, y Salaverry, se obtuvieron los siguientes datos, los cuales, se muestran a continuación:

A. PTAR Las Delicias

Tabla N°8: Análisis de los Parámetros de Calidad del efluente de la PTAR de las Delicias

PARÁMETROS	UNIDAD	LMP de Efluentes para su vertimiento a un cuerpo de agua (D.S. N.º 003-2010-MINAM)	RESULTADOS	OBSERVACIÓN
Aceites y Grasas	mg/L	20	16	Sí Cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000	1.70E+08	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO ₅)	mg/L	100	56.04	Sí Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	338.0	No Cumple
pH		6.5-8.5	7.42	Sí Cumple
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150	130.2	Sí Cumple
Temperatura	°C	<35	23.8	Sí Cumple

Fuente: SEDALIB, (2016)

Análisis:

Los Coliformes Termotolerantes y el DQO, son los parámetros que no cumplen con los LMP de las aguas residuales tratadas (SUNASS, 2016).

Los Coliformes Termotolerantes, debido a que desde el año 2000, la PTAR no recibe el debido mantenimiento por la colmatación de lodos; no es factible remover la carga bacteria a los niveles que rige la Normativa. Asimismo, el DQO, con relación lineal con los SST, evidencia la actividad fotosintética, presencia de algas.

B. PTAR Miramar

Tabla N°9: Análisis de los Parámetros de Calidad del efluente de la PTAR de Miramar

PARÁMETROS	UNIDAD	LMP de Efluentes para su vertimiento a un cuerpo de agua (D.S. N.º 003-2010-MINAM)	RESULTADOS	OBSERVACIÓN
Aceites y Grasas	mg/L	20	40	No Cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000	1.52E+08	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO ₅)	mg/L	100	82.12	Sí Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	420.0	No Cumple
pH		6.5-8.5	7.70	Sí Cumple
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150	184.0	Sí Cumple
Temperatura	°C	<35	27.2	Sí Cumple

Fuente: SEDALIB (2016)

Análisis:

Aceites y Grasas, los Coliformes Termotolerantes y el DQO, son los parámetros que no cumplen con los LMP de las aguas residuales tratadas (SUNASS, 2016).

Aceites y Grasas, es un parámetro, difícil de remover, porque se encuentra relacionado a los hábitos de consumo de la población, los cuales originan en su mayoría, problemas estéticos en las lagunas.

Los Coliformes Termotolerantes y el DQO, son parámetros que se relacionan debido a la colmatación de unidades; además, debido a la falta de mantenimiento y limpieza de la PTAR, se originan diversos problemas en el funcionamiento de ésta.

C. PTAR Salaverry:

Tabla N°10: Análisis de los Parámetros de Calidad del efluente de la PTAR de Salaverry

PARÁMETROS	UNIDAD	LMP de Efluentes para su vertimiento a un cuerpo de agua (D.S. N.º 003-2010-MINAM)	RESULTADOS	OBSERVACIÓN
Aceites y Grasas	mg/L	20	15	Sí Cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000	1.70E+06	No Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO ₅)	mg/L	100	45.39	Sí Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	356.00	No Cumple
pH		6.5-8.5	7.85	Sí Cumple
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150	123.5	Sí Cumple
Temperatura	°C	<35	27	Sí Cumple

Fuente: SEDALIB (2016)

Análisis:

Los Coliformes Termotolerantes y el DQO, son los parámetros que no cumplen con los LMP de las aguas residuales tratadas (SUNASS, 2016). Esto se debe, a que estos dos parámetros tienen relación en la colmatación de unidades, especialmente en las lagunas primarias.

3.4.3. Caracterización de las Aguas Residuales:

Las aguas residuales de los PTAR de los distritos de Salaverry y Moche, se caracterizan por ser aguas residuales domésticas, las cuales, son de origen residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria).

Estas aguas, tienen un contenido de sólidos inferior al 1%. Si bien su caudal y composición son variables, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos.

Luego, con respecto a la forma de disposición de excretas de los usuarios actuales o potenciales, se resalta que las aguas residuales urbanas, generalmente son recolectadas mediante sistemas de alcantarillado, conducidas a plantas de tratamiento, para control de materia orgánica y microbiológica y posteriormente son conducidas y dispuestas a fin de no contaminar el medio ambiente.

Cabe resaltar que la cantidad de agua que se trata es del 51% del total de agua que genera los Distritos de Moche y Salaverry, el restante es evacuado a pozos sépticos, pozos negros, ríos o acequias.

Tabla N°11: PTAR receptoras de aguas residuales, según Distrito

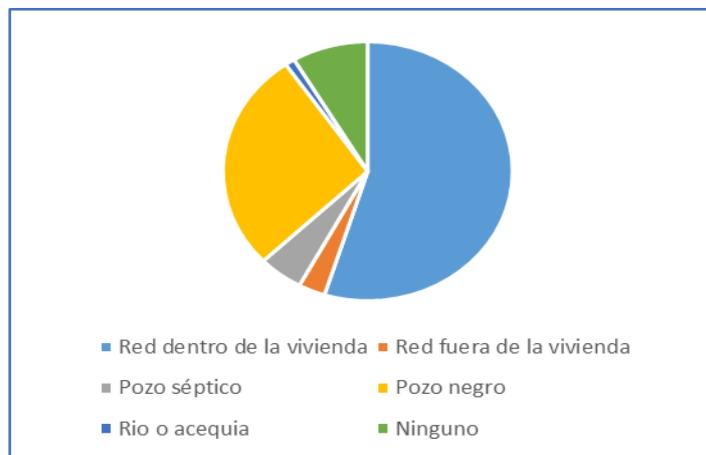
PTAR RECEPTORA	MOCHE	LAS DELICIAS	MIRAMAR	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY
DELICIAS	x	x			
MIRAMAR	x		x		x
SALAVERRY				x	

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al tipo de conexión de los servicios higiénicos para el distrito de Moche se tiene que el 54.9% cuenta con el servicio de alcantarillado sanitario de red pública dentro de la vivienda, mientras que el 3% tiene la red fuera de la vivienda, pero dentro del área del lote,

el 5% tiene pozo séptico, el 27.6% tiene pozo negro o ciego, el 1.1% usa rio acequia o canal, y finalmente el 8.5% no cuenta con ningún tipo de evacuación sanitaria de excretas.

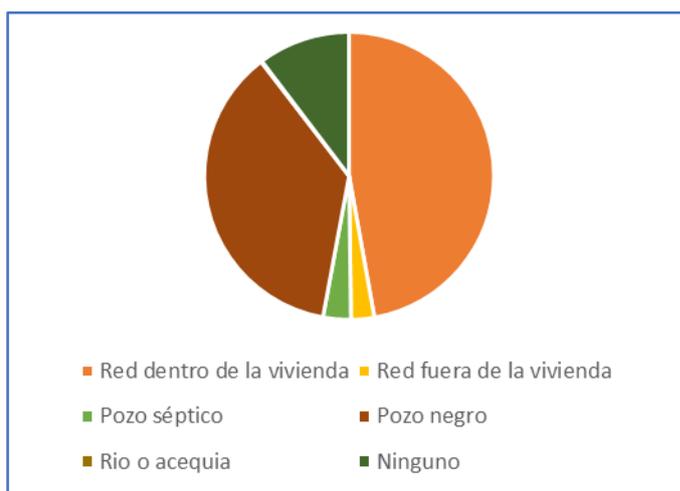
Figura N°5: Servicio de Alcantarillado Sanitario del Distrito de Moche



Fuente: SEDALIB, 2016

Para el distrito de Salaverry se tiene que el 47.2% cuenta con el servicio de alcantarillado sanitario dentro de la vivienda, mientras que el 2.6% tiene la red fuera de la vivienda, pero dentro del área del lote, el 3.1% tiene pozo séptico, el 36.7% tiene pozo negro o ciego, el 0.1% usa rio acequia o canal, y finalmente el 10.3% no cuenta con ningún tipo de evacuación sanitaria de excretas tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Figura N°6: Servicio de Alcantarillado Sanitario del Distrito de Salaverry



Fuente: SEDALIB, 2016

Tabla N°12: Servicio higiénico que tiene la vivienda

Categorías	Distrito Moche		Distrito Salaverry	
	Total	En %	Total	En %
Red de desagüe dentro de la Viv.	3.467	54,90%	1.516	47,20%
Red de desagüe fuera de la Viv.	190	3,00%	85	2,60%
Pozo séptico	313	5,00%	99	3,10%
Pozo ciego o negro / letrina	1.742	27,60%	1.181	36,70%
Río, acequia o canal	70	1,10%	3	0,10%
No tiene	536	8,50%	331	10,30%
Total	6.318	100%	3.215	100%

Fuente: INEI - Censo de Población y Vivienda del año 2007

Finalmente de acuerdo al diagnóstico, hemos considerado que no es conveniente, que existan varias PTAR, atendiendo a centros poblados relativamente cercanos, porque genera una serie de riesgos e inconvenientes de tipo operativo, significando con ello, altos costos tanto de mantenimiento, como de operación, por consiguiente, tomando en cuenta que las poblaciones están cercanas podría ser unificada las cuencas en un solo lugar y ser tratadas por una sola PTAR, la cual, podría ocupar el área de la PTAR de Salaverry, en donde como propuesta de solución tenemos el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales a nivel de anteproyecto, donde se unifique la llegada de las descargas de las cuencas, con un Sistema de Tratamiento terciario para dar un reusó a estas aguas residuales tratadas.

3.5. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Es importante resaltar que la implementación de la propuesta de solución planteada, permitirá reciclar las aguas residuales, para su uso de riego y limpieza respectivamente, así como obtener abono, para el sector agrícola.

3.5.1. Criterios para Selección del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales de los Distritos de Moche y Salaverry:

Los criterios de selección más importantes son los siguientes:

- La Carga contaminante, según sea la carga puede considerarse como de concentración débil, media, fuerte y muy fuerte.

Tabla N°13: Concentración de la Carga contaminante

Carga contaminante	Débil	Media	Fuerte	Muy fuerte
DBO5(mg/l)	< 200	350	500	>750
DQO(mg/l)	< 400	700	1000	>1500

Fuente: Metcalf & Eddy (1995)

En caso la PTAR exceda su capacidad de tratamiento, por carga o concentración, el sistema entra en dificultades operacionales, probablemente pierde su capacidad de remoción, y producirá un efluente inferior en la calidad al requerido.

En las PTAR de los Distritos de Moche y Salaverry, el DBO es de 200 mg/l, que según al cuadro se encuentra en una concentración media.

- La Población, es de gran importancia para el diseño del caudal, según los últimos datos de INEI, proyectada a la población al año 2017, de los Distritos de Moche y Salaverry de 54,189 habitantes, de los cuales sus sistemas de tratamientos existentes a base de lagunas de estabilización, ha tenido una serie de inconvenientes, por el desarrollo de dicha población, ya que el área del tratamiento es muy pequeña para atender a esta.

Siendo así como la relación que existe entre la cantidad de contaminación, expresados en DBO y SSYT y las cantidades per cápita, esta indica la cantidad de residuos que produce una persona durante el día, que se encuentran en las aguas residuales domésticas.

- La Operación de la planta, según los resultados obtenidos de esta, es esencial para que su función sea la más adecuada para obtener aguas con las características adecuadas para uso que se les vaya a dar, es por ello su importancia en el Sistema dando un buen funcionamiento a esta.
- La calidad de efluente, En la actualidad el efluente vertido al mar por las PTAR de los Distritos de Moche y Salaverry no cumple con los ECA-agua, ya que esta no cumple con los aspectos principales que se toman en cuenta que son: la remoción de la contaminación orgánica (DBO5 y DQO) y la remoción de coliformes termotolerantes.
- La Tecnología a aplicarse, es de vital importancia es por ello que se hizo una investigación buscando el Sistema de Tratamiento de aguas residuales más adecuado, que es posible obtener con cada tecnología (frente a la calidad exigida en la descarga o reutilización del agua), aportando la confianza que las tecnologías nos ofrecen, por haber sido probadas o no en un número suficiente de instalaciones en el mundo.
- El requerimiento de área, Nuestra propuesta deriva después de haber hecho el análisis respectivo a los Distritos de Moche y Salaverry, que según su estudio consideramos que la actual PTAR de Salaverry, cumple con el área considerada en nuestro proyecto, además de ser la más alejada de la población.

De esta forma la selección la tecnología a aplicarse esta de acorde, con el área a proyectarse.

- Influencia en el medio ambiente, este criterio este sujeto a la zona que rodea la planta y la cercanía de esta al núcleo poblacional.

3.5.2. Proceso de Selección:

3.5.2.1. Determinación de los parámetros del sistema

Teniendo el estudio respectivo, a los sistemas de tratamientos existente de Moche y Salaverry, con visitas a la zona de estudio e investigaciones con respecto a todo lo referente a las plantas, la cual fue confirmada por los estudios realizados por la SUNASS.

Para realizar dicho estudio para la solución de un problema de aguas residuales, incluye generalmente 5 etapas:

- Caracterización del agua residual cruda y definición de las normas de vertimiento.
- Diseño conceptual de los sistemas de tratamientos propuestos, incluyendo la selección de procesos de cada sistema, los parámetros de diseño.
- Operación y mantenimiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

Las condiciones óptimas de operación y mantenimiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales dependen de las características físicas, sociales y económicas prevalentes en el sitio de localización de la planta, las cuales deben tenerse en cuenta al definir el diseño del Sistema, porque en base a ellas establecerán la confiabilidad, flexibilidad, grado de automatización y control del proceso.

Factores de importancia en la selección de procesos y operaciones del tratamiento son los siguientes:

- Factibilidad: El proceso debe ser factible, en nuestra teoría si lo es, ya que existe el terreno con el área necesaria para la propuesta.
- Aplicabilidad: El proceso debe proveer el rendimiento solicitado, y lo tiene ya que está en la capacidad de producir un efluente con la calidad requerida, según el estudio realizado para nuestro Sistema de Tratamiento de aguas residuales.
- Costo: Al hacer el estudio, el Sistema elegido tiene costos altos, pero al unificar las cuencas que existen en los Distritos de Moche y Salaverry en una sola planta de Tratamiento, reduciría en los gastos de operación y mantenimiento.
- Características del efluente: Dado a que el Sistema de Tratamientos de estas aguas residuales, contará con un pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario el procesamiento será el más adecuado para su disposición adecuada.

Factores adicionales, de influencia en la selección de procesos de tratamiento son su confiabilidad, el cual tiene la categorización indicada en la tabla N°14.

Tabla N°14: Evaluación de cuatro sistemas de tratamiento de aguas residuales

Lagunas de Estabilización Facultativos:

CONFIABILIDAD	BAJA	MÍNIMA	BUENA	MODERADA	MÁXIMA
Resistencia a cargas choque de materiales Orgánicos					X
Sensibilidad de operación intermitente		X			
Destreza operativa de personal		X			
COSTOS					
Requerimientos de terreno					X
Costo de capital		X			
Costo de operación y mantenimiento		X			

Lagunas Aireadas:

CONFIABILIDAD	BAJA	MÍNIMA	BUENA	MODERADA	MÁXIMA
Resistencia a cargas choque de materiales Orgánicos			X		
Sensibilidad de operación intermitente		X			
Destreza operativa de personal	X				
COSTOS					
Requerimientos de terreno					X
Costo de capital				X	
Costo de operación y mantenimiento				X	

Filtros Percoladores:

CONFIABILIDAD	BAJA	MÍNIMA	BUENA	MODERADA	MÁXIMA
Resistencia a cargas choque de materiales Orgánicos				X	
Sensibilidad de operación intermitente				X	
Destreza operativa de personal				X	
COSTOS					
Requerimientos de terreno				X	
Costo de capital				X	
Costo de operación y mantenimiento				X	

Lodos Activados:

CONFIABILIDAD	BAJA	MÍNIMA	BUENA	MODERADA	MÁXIMA
Resistencia a cargas choque de materiales Orgánicos		X			
Sensibilidad de operación intermitente					X
Destreza operativa de personal					X
COSTOS					
Requerimientos de terreno				X	
Costo de capital					X
Costo de operación y mantenimiento					X

Fuente: Metcalf & Eddy (1995)

Según Metcalf & Eddy consideran los factores de la tabla, como los más importantes para la evaluación y selección de las operaciones y procesos unitarios de un sistema de tratamiento de aguas residuales, los cuales coinciden con los factores seleccionados comúnmente, para dicho propósito, en la mayor parte técnica.

En base a los cuadros de Evaluación de los cuatro sistemas, podemos ver que el sistema con más confiabilidad es el Sistema elegido para nuestra tesis, que es de Lodos Activados, aprobado en muchas partes del mundo y en la que no es necesario un requerimiento de terreno alto.

Nuestra propuesta de solución se basa en estos factores que coinciden en los parámetros tomados para nuestro sistema cumpliendo con cada uno de ellos y de esta forma mejorando con el desarrollo de estos distritos de Moche y Salaverry.

3.5.2.2.Reúso

Las Plantas de Tratamiento que existen en Moche y Salaverry, son a base de lagunas de estabilización sin un tratamiento terciario para reúso, estas son echadas al mar.

Para la selección de nuestro proyecto tuvimos en cuenta el Diagnostico actual de la PTAR actual de estas poblaciones y mediante un esquema seguido de SUNASS hicimos la selección de nuestro Sistema de Tratamiento.

Se considera el reúso de efluentes de las PTAR cuando no existen otras fuentes de agua disponibles para riego agrícola y otros usos. En el caso de Tacna, el 100% de las aguas residuales domésticas vertidas al alcantarillado público es reutilizado para el riego.

Dos condiciones legales dificultan el reúso para el riego:

- Se requiere la aceptación del vertimiento del efluente de todos los usuarios del canal de regadío, una condición difícil de cumplir.
- El usuario del efluente de la PTAR es quien solicita la autorización de reúso y debe presentar todos los requisitos establecidos. Sin embargo, el usuario queda expuesto a la variación de la calidad del agua que recibe, debido a la operación y mantenimiento de la PTAR que efectúe la EPS.

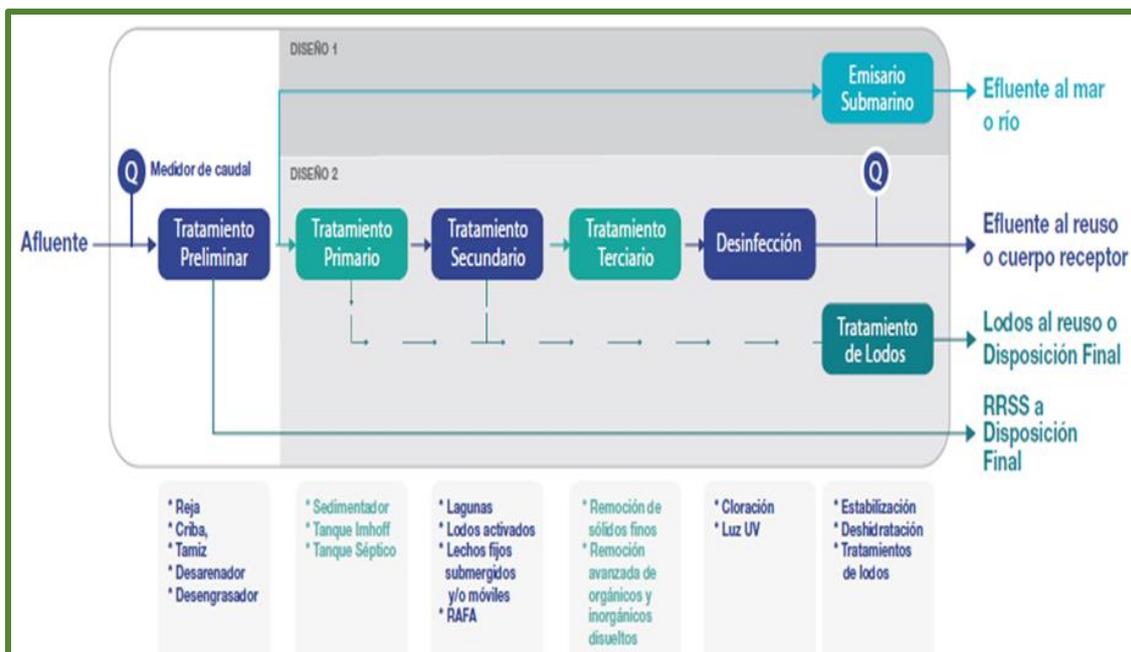
Otro aspecto que se debe tener en cuenta al considerar el reúso como disposición final es el cambio de zonificación que pueda ocurrir en los alrededores de la PTAR; un ejemplo de esto es Lima, donde las zonas periféricas agrícolas en pocos años pasaron a ser zonas urbanas, lo que trae como consecuencia que la demanda del efluente disminuya y eventualmente desaparezca, y deja a la PTAR con la falta de disposición final del efluente. (SUNASS, 2016)

3.5.2.3. Tecnología Aplicada

El tipo de tecnología de una PTAR depende de la calidad del efluente que se requiera alcanzar para ser vertido a un cuerpo natural o reusado sin afectar la salud de las personas y cumplir con la normatividad ambiental vigente.

El Sistema elegido para nuestra tesis consiste en el de Lodos Activados, que con información de SUNASS, en la siguiente figura N°5 se presenta un esquema de las etapas de tratamiento que normalmente tiene una PTAR de aguas residuales domésticas. Cada etapa puede incluir una variedad de diferentes tecnologías, de acuerdo con la calidad del efluente requerido, nuestro caso elegido para reutilización.

Figura N °7: Esquema de una PTAR de Aguas Residuales Domésticas y Eficiencia de Remoción



Fuente: SUNASS (2016)

3.5.3. Registro de evaluación para el diseño de la PTAR, dado por la SUNASS

Inicialmente la selección del tratamiento depende de variables como, tipo de afluentes, requisitos de efluentes y métodos de disposición.

El determinante más importante en la selección del sistema de tratamiento lo constituyen la naturaleza del agua residual cruda y los requerimientos de uso o disposición del efluente.

Se evalúan los siguientes aspectos sobre el diseño y construcción de la PTAR en operación por las EPS:

- Disposición final
- Infiuye en el requerimiento de calidad del efluente. Se trata también la situación legal de las PTAR.
- Tecnologías aplicadas.
- Se describen las tecnologías aplicadas.
- Infraestructura de las PTAR.
- Incluye información sobre el acceso a la energía eléctrica, infraestructura de operación y laboratorios en las PTAR.
- Manejo de residuos sólidos.

3.5.3.1. Consideraciones para el diseño

NORMA OS.090: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

- Estudio del cuerpo receptor, considerando condiciones más desfavorables.
- Definir grado de tratamiento según disposición final de los efluentes de la PTAR.
- Caracterización de aguas residuales domésticas y no domésticas.
- Caudales actuales y futuros.
- Aportes per cápita actuales y futuros.

- Horizonte de diseño
- Requerimiento de tratamiento de lodos.
- Disponibilidad de terreno para construcción de PTAR.

La selección del Sistema de Planta de Tratamiento de aguas residuales de Moche y Salaverry, empezó a partir del conocimiento de la calidad del agua residual, variabilidad de la descarga y la calidad del efluente requerido es decir ajustados a los parámetros dados por las EPS, y de la norma de vertimiento impuesta según la Norma OS. 090, mediante el diagnóstico y estudio se puede construir la base conceptual de la tecnología a implementar.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que siempre existe un límite inferior por debajo del cual es difícil mantener la actividad biológica y uno superior, por encima del cual el tratamiento biológico no está en posibilidad de metabolizar las sustancias resistentes a la actividad biológica.

Con el esquema ya planteado en la figura N° 5 empezaremos a detallar cada componente del Sistema de Tratamiento de aguas residuales propuesto.

3.6. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:

El proyecto que a continuación se describe, se refiere a una planta de tratamiento de aguas residuales, en la cual serán tratadas aguas residuales provenientes de las redes de alcantarillado cercanas a la zona de estudio, con la finalidad de reutilizarlas con fines de riego en un proyecto de arbolización o llevadas al canal madre del río Moche con un agua mucho mejor que la misma que pasa por ese río.

3.6.1. Ubicación

- Región: La Libertad
- Provincia: Trujillo
- Distritos: Salaverry y Moche



Figura N°8: Ubicación de los distritos de Moche y Salaverry

Fuente: Google Maps

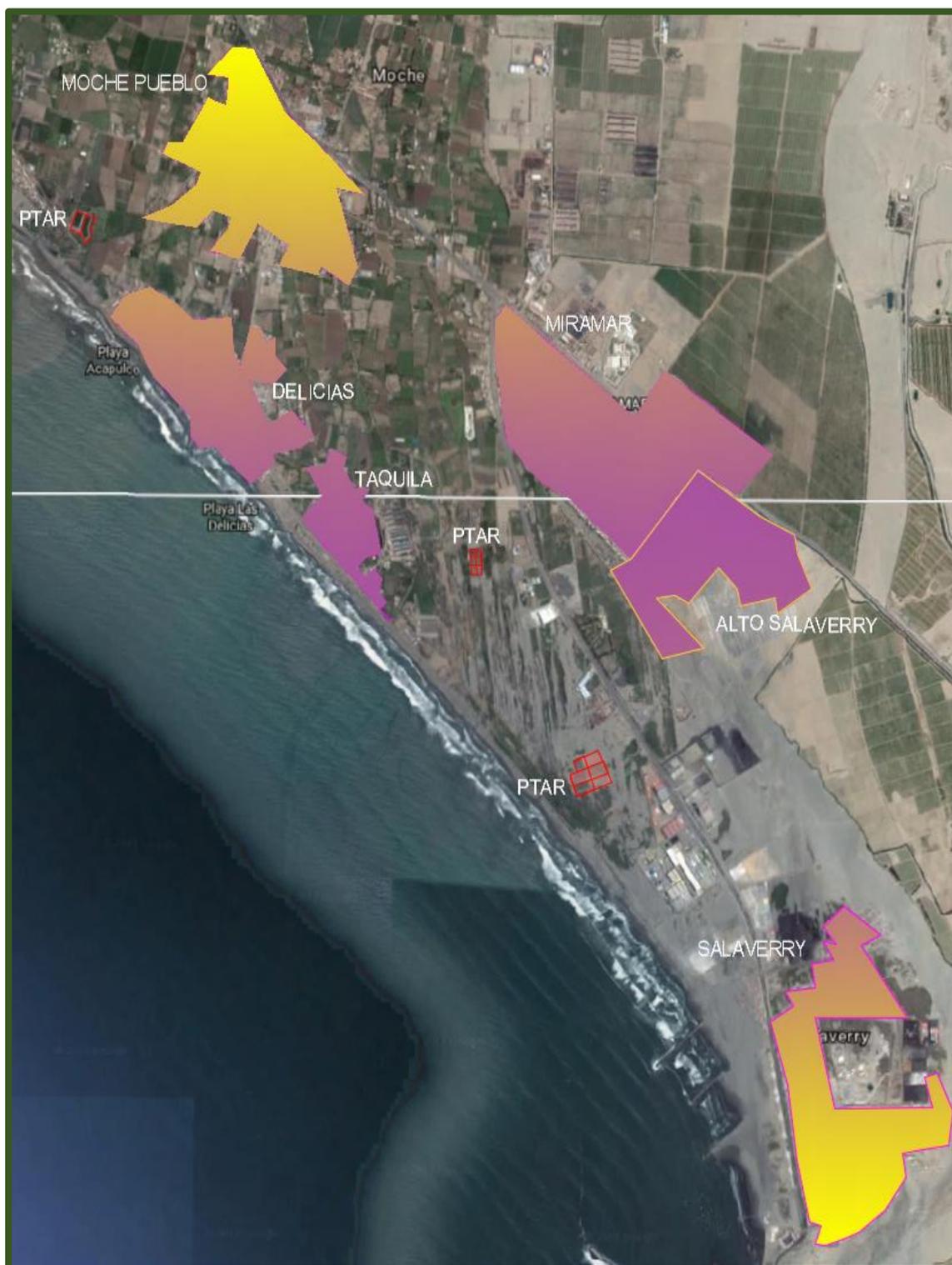


Figura N°9: Ubicación de la Zona de Estudio en los distritos de Moche y Salaverry

Fuente: Elaboración Propia



Figura N°10: Ubicación del Sistema de Tratamiento de aguas residuales

Fuente: Elaboración Propia

3.6.2. Determinación de Caudales:

Para diseñar la planta de tratamiento es necesario conocer los caudales que se disponen, para lo cual hemos tomado información de SEDALIB, donde se hizo un estudio a las 6 cuencas que están ubicadas en Moche y Salaverry, siendo las de Moche pueblo, Taquilla, Miramar, Alto Salaverry y Salaverry, que en función a su población hemos proyectado a 20 años y con esto determinado las consideraciones necesarias del proyecto.

3.6.2.1. Consideraciones del Proyecto:

A. Datos Básicos:

Tabla N° 15: Censo Nacional año 2007

DISTRITOS	HABITANTES
MOCHE	27,262
SALAVERRY	14,228

Fuente: INEI

B. Producción agua potable Moche y Salaverry

Tabla N°16: Producción de agua potable año 2017

	PRODUCCION	PERDIDAS	CONSUMO	CONEXIONES
	lps	%	lps	Un id
MOCHE	32.7	43%	18.6	2,260
DELICIAS	9.2	38%	5.7	1,109
SALAVERRY	29.5	45%	16.2	3,972
Total	71		41	7,341

Fuente: SEDALIB (2016)

C. Periodo de Diseño: De acuerdo a las recomendaciones normativas, se están considerando, según los componentes:

- POBLACION ACTUAL 2017 → 54,189

Tabla N°17: Población año 2017

DESCRIPCION	MOCHE	SALAVERRY
POB AÑO 2007	27,262	14,228
TASA CRECIMIENTO	2.24%	3.68%
POB AÑO 2017	33,936	20,253

Fuente: Elaboración Propia

- PTAR → 20 años

D. Análisis de la Demanda de Aguas Residuales:

- **Demanda actual:**

Las descargas de aguas residuales de los distritos de Moche y Salaverry, según los informes de SEDALIB SA durante el año 2016 han sido los siguientes:

Tabla N°18: Descargas de Aguas Residuales de los Distritos de Moche y Salaverry

DISTRITOS	COBERTURA ALCANT	DESCARGAS
		m3/año
MOCHE	91%	835,582
SALAVERRY	99.90%	379,283

Fuente: SEDALIB (2016)

Teniendo así Moche una cobertura de alcantarillado de 91% y Salaverry de 99.9%.

MIRAMAR	Sedalib le otorga 900m3/día de Agua Potable	10.4	lps
ALTO SALAVERRY	Sedalib le otorga 500m3/día de Agua potable	5.8	lps

Tabla N°19: Distribución Poblacional en Función de Áreas

	DISTRITO DE MOCHE					DISTRITO DE SALAVERRY			
	MOCHE PUEBLO	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR	CURVA DE SUN	TOTAL	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY	TOTAL
AREA(Hect)	87	60	19	111	50	327	99	59	158
	27%	18%	6%	34%	15%	100%	63%	37%	100%
POBLAC(hab)	9,029	6,227	1,972	11,520	5,189	15,256	12,690	7,563	20,253

Fuente: SEDALIB 2016

Tabla N° 20: Distribución de Descargas

	AREAS		DESCARGAS
	Hect		m3/año
MOCHE PUEBLO	87	52%	437,926
DELICIAS	60	36%	302,018
TAQUILA	19	11%	95,639
	166	100%	835,582

Fuente: SEDALIB (2016)

Según esta información obtenida por Sedalib, tomando como referencia la población actual, la cobertura de alcantarillado, sus descargas, y distribución en áreas nos ha servido para obtener sus descargas per cápita.

Si hacemos un análisis de esta información complementada con las áreas de drenaje de cada una de las cuencas, descritas líneas arriba, se tiene lo siguiente:

Tabla N°21: Descargas Totales de Aguas Residuales de los Distritos de Moche y Salaverry

	DISTRITO DE MOCHE					DISTRITO DE SALAVERRY			
	MOCHE PUEBLO	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR	CURVA SUN	TOTAL	SALAVERRY	ALTO SALAV	TOTAL
POBLACION(hab)	9,029	6,227	1,972	11,520	5,189	33,936	12,690	7,563	20,253
COBERTURA	91%	91%	80%	80%	80%		99.9%	80%	
POB SERVIDA	8,216	5,666	1,577	9,216	4,151	28,827	12,677	6,050	18,728
AREA(Hect)	87	60	19	111	50	327	99	59	158
	27%	18%	6%	34%	15%	100%	63%	37%	100%
DESCARGA(m3/año)	437,926	302,018	95,639	262,800	0	1,098,382	379,283	146,000	525,283
DESCARGA(m3/día)	1,200	827	262	720	0	3,009	1,039	400	1,439
DESCARGA(lit/seg)	13.9	10	3	8		35	12	5	17
DPC (Lit/hab/día)	132.9	146	166	78	0		82	66	

Fuente: SEDALIB (2016)

Obtenemos las descargas per cápita de 133, 146 y 166 lit/seg/día, para Moche pueblo, Delicias y Taquila respectivamente; donde podemos deducir que las descargas son relativamente altas, debido a que este sector recibe una significativa cantidad de agua para su consumo, aparte de que carecen de un buen nivel de medición domiciliaria, mientras que, en Salaverry y Alto Salaverry, 82 y 66 respectivamente.

3.6.2.2. Proyección de la Población

La demanda de aguas residuales, de una ciudad, depende del nivel de consumo de agua potable, el mismo que depende del desarrollo poblacional, así como del desarrollo socio cultural, hábitos de consumo, desarrollo de su infraestructura y otros factores.

La composición del caudal de aguas residuales presente en el canal de ingreso a la PTAR de Salaverry, se ha determinado a partir de la información de consumos de usuarios con medición y sin micro medición, además de los flujos de infiltración de aguas subterráneas. La estimación y proyección se calcula en función del crecimiento poblacional en el área de estudio del proyecto.

Población

Para la proyección de la población se han considerado las siguientes tasas de crecimiento

a) Para el distrito de Moche:

Tabla N°22: Proyección de la Población del Distrito de Moche

	MOCHE	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR
AÑO 0	2.24%	2.12%		
PROY	2.00%	2.00%	2.24%	2.24%

Fuente: SEDALIB (2016)

Tabla N°23: Proyección de la Población de Moche para el proyecto

	MOCHE	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR
AÑO 0	2.24%	2.12%		
PROY	4.00%	4.00%	4.48%	4.48%

Fuente: Elaboración propia

Según datos obtenido la TC para Moche y Las Delicias es de 2.24 y 2.12 respectivamente para nuestro proyecto estos datos están siendo duplicado

En este cuadro se observa que, en el año 0, la Tasa de crecimiento correspondiente a Moche, involucra a Miramar, zona que es de alto crecimiento, según datos obtenido la TC para Moche y Las Delicias es de 2.24 y 2.12 respectivamente para nuestro proyecto estos datos están siendo duplicado, es por ello que se está considerando en la proyección la mayor tasa; similar caso ocurre con Taquila ya que se tratan de zonas de reciente creación y por lo tanto de alto crecimiento.

b) Para el distrito de Salaverry

Tabla N°24: Proyección de la Población del Distrito de Salaverry

	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY
AÑO 0	3.68%	
PROY	3%	3.68%

Fuente: SEDALIB (2016)

Tabla N°25: Proyección de la Población de Salaverry para el proyecto

	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY
AÑO 0	3.68%	
PROY	6%	7.36%

Fuente: Elaboración Propia

Para el caso de Alto Salaverry, también se está considerando la mayor TC, por tratarse de un centro poblado reciente.

De la misma forma para Salaverry, ya que se encuentra en desarrollo económico generando que la población aumente en gran manera.

Tabla N°26: Proyección de la Población Total de los Distritos según Sedalib

AÑOS	DISTRITO DE MOCHE						DISTRITO DE SALAVERRY			TOTAL
	MOCHE	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR	CURVA SUN	SUBTOTAL	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY	SUBTOTAL	
RAZON CREC	2.00%	2.00%	2.24%	2.24%	2.24%		3.00%	3.68%		
2,015	8,656	5,970	1,890	11,044	4,975	32,535	11,903	7,094	18,996	51,532
2,016	8,829	6,089	1,933	11,291	5,086	33,228	12,260	7,355	19,614	52,843
2,017	9,006	6,211	1,976	11,543	5,200	33,936	12,628	7,625	20,253	54,189
2,018	9,186	6,335	2,020	11,801	5,317	34,659	13,006	7,906	20,912	55,572
2,019	9,370	6,462	2,066	12,065	5,436	35,398	13,397	8,196	21,593	56,991
2,020	9,557	6,591	2,112	12,335	5,558	36,152	13,799	8,498	22,297	58,449
2,021	9,748	6,723	2,159	12,610	5,682	36,923	14,213	8,811	23,023	59,946
2,022	9,943	6,857	2,208	12,892	5,809	37,710	14,639	9,135	23,774	61,483
2,023	10,142	6,995	2,257	13,180	5,939	38,513	15,078	9,471	24,549	63,062
2,024	10,345	7,134	2,308	13,475	6,072	39,334	15,530	9,819	25,350	64,684
2,025	10,552	7,277	2,359	13,776	6,208	40,173	15,996	10,181	26,177	66,350
2,026	10,763	7,423	2,412	14,084	6,348	41,029	16,476	10,555	27,031	68,060
2,027	10,978	7,571	2,466	14,399	6,490	41,904	16,971	10,943	27,914	69,818
2,028	11,198	7,723	2,521	14,721	6,635	42,797	17,480	11,346	28,826	71,623
2,029	11,422	7,877	2,578	15,050	6,784	43,710	18,004	11,763	29,768	73,477
2,030	11,650	8,035	2,636	15,386	6,936	44,642	18,544	12,196	30,740	75,382
2,031	11,883	8,195	2,695	15,730	7,091	45,594	19,100	12,645	31,745	77,339
2,032	12,121	8,359	2,755	16,081	7,250	46,566	19,673	13,110	32,784	79,350
2,033	12,363	8,526	2,817	16,441	7,412	47,559	20,264	13,593	33,856	81,415
2,034	12,610	8,697	2,880	16,808	7,578	48,574	20,872	14,093	34,964	83,538
2,035	12,863	8,871	2,944	17,184	7,748	49,610	21,498	14,611	36,109	85,718
2,036	13,120	9,048	3,010	17,568	7,922	50,668	22,143	15,149	37,291	87,959
2,037	13,382	9,229	3,078	17,961	8,099	51,749	22,807	15,706	38,513	90,262
2,038	13,650	9,414	3,147	18,362	8,280	52,853	23,491	16,284	39,775	92,628
2,039	13,923	9,602	3,217	18,772	8,466	53,980	24,196	16,883	41,079	95,059
2,040	14,201	9,794	3,289	19,192	8,656	55,132	24,922	17,504	42,426	97,558
2,041	14,485	9,990	3,363	19,621	8,849	56,309	25,669	18,148	43,817	100,126
2,042	14,775	10,190	3,438	20,059	9,048	57,510	26,440	18,816	45,255	102,765
2,043	15,071	10,394	3,515	20,508	9,250	58,737	27,233	19,508	46,740	105,478
2,044	15,372	10,601	3,594	20,966	9,458	59,991	28,050	20,225	48,275	108,266
2,045	15,679	10,813	3,674	21,435	9,669	61,271	28,891	20,970	49,861	111,132

Fuente: SEDALIB (2016)

Se observa que la población actual de 54,189 habitantes (año 2017), aumentaría en 66% al final del periodo de diseño, año 20 de la planificación a 90,262.

Pero para nuestro proyecto, hemos duplicado las TC, teniendo un aumento en la población mostrado en la Tabla N°27 a continuación.

Tabla N°27: Proyección de la Población Total de los Distritos para nuestra Propuesta.

AÑOS	DISTRITO DE MOCHE					SUBTOTAL	DISTRITO DE SALAVERRY		SUBTOTAL	TOTAL
	MOCHE	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR	CURVA SUN		SALAVERRY	ALTO SALAVERRY		
RAZON CREC	4.00%	4.00%	4.48%	4.48%	4.48%		6.00%	7.36%		
0	9,029	6,227	1,972	11,520	5,189	33,936	12,690	7,563	20,253	54,189
1	9,390	6,476	2,060	12,036	5,421	35,383	13,452	8,119	21,571	56,954
2	9,766	6,735	2,152	12,575	5,664	36,892	14,259	8,717	22,975	59,868
3	10,156	7,004	2,249	13,138	5,918	38,466	15,114	9,358	24,472	62,938
4	10,562	7,284	2,350	13,727	6,183	40,107	16,021	10,047	26,068	66,174
5	10,985	7,576	2,455	14,342	6,460	41,818	16,982	10,786	27,768	69,586
6	11,424	7,879	2,565	14,984	6,750	43,602	18,001	11,580	29,581	73,183
7	11,881	8,194	2,680	15,656	7,052	45,463	19,081	12,432	31,513	76,976
8	12,357	8,522	2,800	16,357	7,368	47,403	20,226	13,346	33,572	80,976
9	12,851	8,863	2,925	17,090	7,698	49,427	21,440	14,328	35,768	85,195
10	13,365	9,217	3,056	17,855	8,043	51,537	22,726	15,383	38,109	89,645
11	13,899	9,586	3,193	18,655	8,403	53,737	24,090	16,514	40,604	94,341
12	14,455	9,969	3,336	19,491	8,780	56,032	25,535	17,730	43,265	99,296
13	15,034	10,368	3,486	20,364	9,173	58,425	27,067	19,034	46,101	104,526
14	15,635	10,783	3,642	21,276	9,584	60,920	28,691	20,435	49,126	110,046
15	16,260	11,214	3,805	22,230	10,013	63,523	30,413	21,938	52,351	115,874
16	16,911	11,663	3,976	23,226	10,462	66,237	32,237	23,552	55,790	122,026
17	17,587	12,129	4,154	24,266	10,931	69,067	34,172	25,285	59,457	128,524
18	18,291	12,614	4,340	25,353	11,420	72,018	36,222	27,146	63,368	135,386
19	19,022	13,119	4,534	26,489	11,932	75,096	38,395	29,143	67,539	142,635
20	19,783	13,644	4,737	27,676	12,467	78,307	40,699	31,288	71,987	150,293
21	20,575	14,189	4,950	28,916	13,025	81,654	43,141	33,590	76,731	158,385
22	21,398	14,757	5,171	30,211	13,609	85,145	45,730	36,061	81,791	166,936
23	22,254	15,347	5,403	31,564	14,218	88,786	48,473	38,715	87,188	175,974
24	23,144	15,961	5,645	32,979	14,855	92,584	51,382	41,563	92,945	185,529
25	24,069	16,600	5,898	34,456	15,521	96,544	54,465	44,622	99,086	195,630
26	25,032	17,264	6,162	36,000	16,216	100,674	57,732	47,905	105,637	206,311
27	26,033	17,954	6,438	37,612	16,943	104,981	61,196	51,430	112,626	217,607
28	27,075	18,672	6,727	39,297	17,702	109,473	64,868	55,214	120,082	229,555
29	28,158	19,419	7,028	41,058	18,495	114,158	68,760	59,276	128,037	242,194
30	29,284	20,196	7,343	42,897	19,323	119,043	72,886	63,638	136,524	255,567

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que la población actual de 54,189 habitantes (año 2017), aumentaría al final del periodo de diseño, año 20 de la planificación a 150,293 habitantes.

Para nuestra propuesta, con respecto al diseño de la PTAR, hemos aumentado la TC según nuestro criterio, tomando referencia su estado actual, que al ser poblaciones que están en el desarrollo de crecimiento económico, estos distritos con el pasar de los años si podrían llegar a esta población estimada.

3.6.2.2.1. Demanda de Aguas Residuales

Las aguas residuales, están dados por las descargas domiciliarias y la infiltración de aguas del subsuelo.

Tabla N°28: Descargas Totales de los Distritos de Moche y Salaverry según Sedalib

AÑOS	DISTRITO DE MOCHE						DISTRITO DE SALAVERRY			
	MOCHE	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR	CURVA SUN	TOTAL	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY		TOTAL
2015	0					0	0			0
2016	15	13	5	8	5	47	23	5	28	75
2017	15	14	6	10	5	51	24	6	30	81
2018	16	15	6	11	5	53	25	6	31	84
2019	16	15	7	11	6	55	26	7	32	87
2020	17	16	7	12	6	57	27	7	34	91
2021	18	16	7	12	6	59	28	8	35	95
2022	18	17	7	13	6	62	29	8	37	98
2023	19	17	8	14	7	64	30	9	38	102
2024	20	18	8	14	7	66	31	9	40	106
2025	20	18	8	15	7	68	32	9	42	110
2026	21	19	8	15	7	70	33	10	43	113
2027	21	19	8	16	8	72	34	10	45	117
2028	22	20	9	16	8	74	35	11	46	121
2029	22	20	9	17	8	76	37	12	48	125
2030	23	21	8	17	8	78	38	12	50	128
2031	24	21	8	18	9	80	39	13	52	132
2032	24	22	9	18	9	82	41	13	54	136
2033	25	22	9	19	9	84	42	14	56	140
2034	25	23	9	20	10	86	43	15	58	144
2035	26	22	9	32	15	105	58	27	85	190
2036	27	23	10	33	16	108	59	28	88	195
2037	27	23	10	33	16	110	61	29	90	200
2038	28	24	10	34	16	112	63	30	93	205
2039	29	24	10	35	17	115	65	31	96	211
2040	29	25	10	36	17	117	67	32	99	216
2041	30	25	11	36	18	120	68	34	102	222
2042	30	26	11	37	18	122	70	35	105	227
2043	31	26	11	38	18	125	72	36	109	233
2044	32	27	11	39	19	128	74	37	112	240
2045	32	28	12	40	19	130	77	39	115	246

Fuente: SEDALIB (2016)

Se observa que al final del periodo de diseño, se tiene un caudal promedio de 200 lps.

3.6.2.3. Descarga de Aguas Residuales para nuestra Propuesta

a) Descargas domiciliarias

Teniendo en cuenta el desarrollo poblacional así como los niveles de descargas, se ha determinado el siguiente cuadro de proyecciones de descargas:

Tabla N°29: Descargas Domiciliarias de Moche Pueblo en nuestra Propuesta

AÑO	MOCHE P	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR	CURVA SUN	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY	
0	14	10	3	8	4	12	5	56
1	14	10	3	8	4	12	5	56
2	15	11	4	11	5	13	6	65
3	16	11	4	12	5	14	7	69
4	17	12	4	12	6	15	8	74
5	18	13	5	13	6	16	9	79
6	19	13	5	14	7	18	9	85
7	20	14	5	15	7	19	10	91
8	21	15	6	16	7	21	11	97
9	22	16	6	17	8	23	12	104
10	23	17	6	18	8	24	14	110
11	24	17	7	19	9	26	15	117
12	25	18	7	20	9	28	16	124
13	26	19	7	21	10	30	17	131
14	28	20	8	23	10	32	19	139
15	29	21	5	24	11	34	21	145
16	30	22	5	25	12	37	22	153
17	32	23	5	27	12	39	24	162
18	33	24	5	28	13	42	26	172
19	35	25	5	30	14	45	29	182
20	37	25	5	51	23	75	58	275
21	38	26	6	54	24	80	62	290
22	40	27	6	56	25	85	67	306
23	41	28	10	58	26	90	72	326
24	43	30	10	61	28	95	77	344
25	45	31	11	64	29	101	83	362
26	46	32	11	67	30	107	89	382
27	48	33	12	70	31	113	95	403
28	50	35	12	73	33	120	102	425
29	52	36	13	76	34	127	110	449
30	54	37	14	79	36	135	118	473

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene al final del periodo de diseño, las descargas domiciliarias de Moche y Salaverry serán de 275 lps.

b) Descargas por infiltración

Teniendo en cuenta la norma peruana, se tiene lo siguiente:

Tabla N°30: Descargas por infiltración de Moche y Salaverry para nuestra Propuesta

AÑOS	DISTRITO DE MOCHE						DISTRITO DE SALAVERRY			TOTAL
	MOCHE	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR	CURVA SUN	SUBTOTAL	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY	SUBTOTAL	
Área de aporte	27%	18%	6%	34%	15%	100%	63%	37%		
KM RED	11	7	6	14	6	44	23	13	36	80
Coef infilt(lps/km)	0.15	0.50	0.40	0	0.10		0.50	0		
Inc. red Colectores	1.025	1.025	1.025	1.025	1.025		1.025	1.025		
0										
1	1.60	3.67	2.40	0	0.61	8.3	11	0	11	20
2	1.64	3.76	2.46	0	0.63	8.5	12	0	12	20
3	1.68	3.86	2.52	0	0.64	8.7	12	0	12	21
4	1.72	3.95	2.58	0	0.66	8.9	12	0	12	21
5	1.76	4.05	2.65	0	0.68	9.1	12	0	12	22
6	1.81	4.15	2.72	0	0.69	9.4	13	0	13	22
7	1.85	4.26	2.78	0	0.71	9.6	13	0	13	23
8	1.90	4.36	2.85	0	0.73	9.8	13	0	13	23
9	1.94	4.47	2.92	0	0.75	10.1	14	0	14	24
10	1.99	4.58	3.00	0	0.76	10.3	14	0	14	24
11	2.04	4.70	3.07	0	0.78	10.6	14	0	14	25
12	2.09	4.81	3.15	0	0.80	10.9	15	0	15	26
13	2.15	4.94	3.23	0	0.82	11.1	15	0	15	26
14	2.20	5.06	3.31	0	0.84	11.4	16	0	16	27
15	2.26	5.19	3.39	0	0.86	11.7	16	0	16	28
16	2.31	5.31	3.48	0	0.89	12.0	16	0	16	28
17	2.37	5.45	3.56	0	0.91	12.3	17	0	17	29
18	2.43	5.58	3.65	0	0.93	12.6	17	0	17	30
19	2.49	5.72	3.74	0	0.95	12.9	18	0	18	31
20	2.55	5.87	3.84	0	0.98	13.2	18	0	18	31
21	2.62	6.01	3.93	0	1.00	13.6	18	0	18	32
22	2.68	6.16	4.03	0	1.03	13.9	19	0	19	33
23	2.75	6.32	4.13	0	1.05	14.3	19	0	19	34
24	2.82	6.48	4.24	0	1.08	14.6	20	0	20	35
25	2.89	6.64	4.34	0	1.11	15.0	20	0	20	35
26	2.96	6.80	4.45	0	1.13	15.3	21	0	21	36
27	3.03	6.97	4.56	0	1.16	15.7	21	0	21	37
28	3.11	7.15	4.67	0	1.19	16.1	22	0	22	38
29	3.19	7.33	4.79	0	1.22	16.5	23	0	23	39
30	3.27	7.51	4.91	0	1.25	16.9	23	0	23	40

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene que al final del periodo de diseño, el nivel de infiltración en los colectores de Moche y Salaverry, van de 13 y 18 lps respectivamente, dando un total de 31 lps.

c) Descargas de Aguas residuales

Están dadas por la sumatoria de las aguas residuales domesticas más las de infiltracion, con los siguientes resultados:

Tabla N°31: Descargas Totales de los Distritos de Moche y Salaverry en nuestra propuesta.

AÑOS	DISTRITO DE MOCHE						DISTRITO DE SALAVERRY			
	MOCHE	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR	CURVA SUN	TOTAL	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY		TOTAL
0	0					0	0			0
1	15	13	5	8	5	47	23	5	28	75
2	16	14	6	11	6	54	24	6	31	85
3	17	15	7	12	6	57	26	7	33	90
4	18	16	7	12	6	60	27	8	35	95
5	19	17	7	13	7	63	29	9	37	101
6	20	18	8	14	7	67	31	9	40	107
7	21	18	8	15	8	71	32	10	43	113
8	23	19	8	16	8	75	34	11	46	120
9	24	20	9	17	9	79	36	12	49	128
10	25	21	9	18	9	83	38	14	52	135
11	26	22	10	19	10	87	40	15	55	142
12	27	23	10	20	10	91	43	16	59	149
13	29	24	10	21	11	95	45	17	62	158
14	30	25	11	23	11	100	47	19	66	166
15	31	26	8	24	12	101	50	21	71	172
16	33	27	8	25	13	106	53	22	75	181
17	34	28	9	27	13	111	56	24	80	191
18	36	30	9	28	14	116	59	26	85	201
19	37	31	9	30	15	121	62	29	91	212
20	39	31	9	51	24	154	93	58	151	306
21	41	32	10	54	25	162	98	62	161	322
22	42	33	10	56	26	168	104	67	170	338
23	44	35	14	58	27	179	109	72	181	360
24	46	36	15	61	29	186	115	77	192	378
25	47	37	15	64	30	194	121	83	204	398
26	49	39	16	67	31	202	128	89	217	418
27	51	40	16	70	33	210	135	95	230	440
28	53	42	17	73	34	219	142	102	244	463
29	55	43	18	76	35	228	150	110	260	488
30	57	45	19	79	37	237	158	118	276	513

d) Variaciones de descargas residuales:

Los coeficientes de variacion para las descargas se tienen los siguientes:

- Caudal Promedio diario anual $K=1$
- Caudal Maximo diario $K = 1.3$
- Caudal Maximo Horario $K = 2$

Estos factores se tendrán en cuenta para los cálculos de diseño de los diferentes componentes del sistema proyectado.

Tabla N°32:

Resumen de proyecciones del caudal a tratar durante todo el periodo de diseño

AÑO	CAUDAL (L/s)		
	Qp	Qmd	Qmh
1	75	97.5	150
5	101	131.3	202
10	135	175.5	270
15	172	223.6	344
20	306	398	612

Fuente: Elaboración Propia

De donde las variaciones serán acordes a los componentes para la Planta de tratamiento de Aguas residuales preliminar avanzado: $K1 = 1.30$

3.6.3. Sistema de Tratamiento Seleccionado:

Entre los sistemas de tratamiento mecanizados y las lagunas de estabilización, éstas últimas ofrecen mayores ventajas sobre los sistemas mecanizados en cuanto al costo de construcción más bajo, sin embargo, el alto contenido de algas en el efluente y los problemas de olores y producción de mosquitos, que comúnmente ocurren en condiciones anaerobias es una de las desventajas a esta.

Considerando que el proyecto estaría ubicado en una zona cerca de la población urbana, las molestias que causa a la población, y la emanación de olores de dicha planta, esta ha sido descartada pues las condiciones no son favorables en este caso.

Los sistemas mecanizados, si bien es cierto, son más costosos y requieren un mayor mantenimiento y mano de obra calificada durante su operación, pero éstos ofrecen la posibilidad de obtener efluentes con parámetros controlados para fines de riego, los sistemas de lodos activados ofrecen más ventajas sobre los filtros percoladores.

Para la selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales, la legislación Nacional Norma S.090 presenta los siguientes valores:

Tabla N°33: Grado de tratamiento obtenido mediante diversos procesos de tratamiento del agua residual.

PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCIÓN (%)		REMOCIÓN ciclos log ₁₀	
	DBO	Sólidos en Suspensión	Bacterias	Helmintos
Sedimentación Primaria	25 - 30	40 - 70	0 - 1	0 - 1
Lodos activados (a)	70 - 95	70 - 95	0 - 2	0 - 1
Filtros Percoladores (a)	50 - 90	70 - 90	0 - 2	0 - 1
Lagunas aereadas (b)	80 - 90	(c)	1 - 2	0 - 1
Zanjas de oxidación (d)	70 - 95	80 - 95	1 - 2	0 - 1
Lagunas de estabilización (e)	70 - 85	(c)	1 - 6	0 - 4

Fuente: OS 0.90

De acuerdo a esta norma, el proceso de lodos activados ofrece mayores rendimientos que los filtros percoladores en cuanto a remoción de DBO y Sólidos en Suspensión.

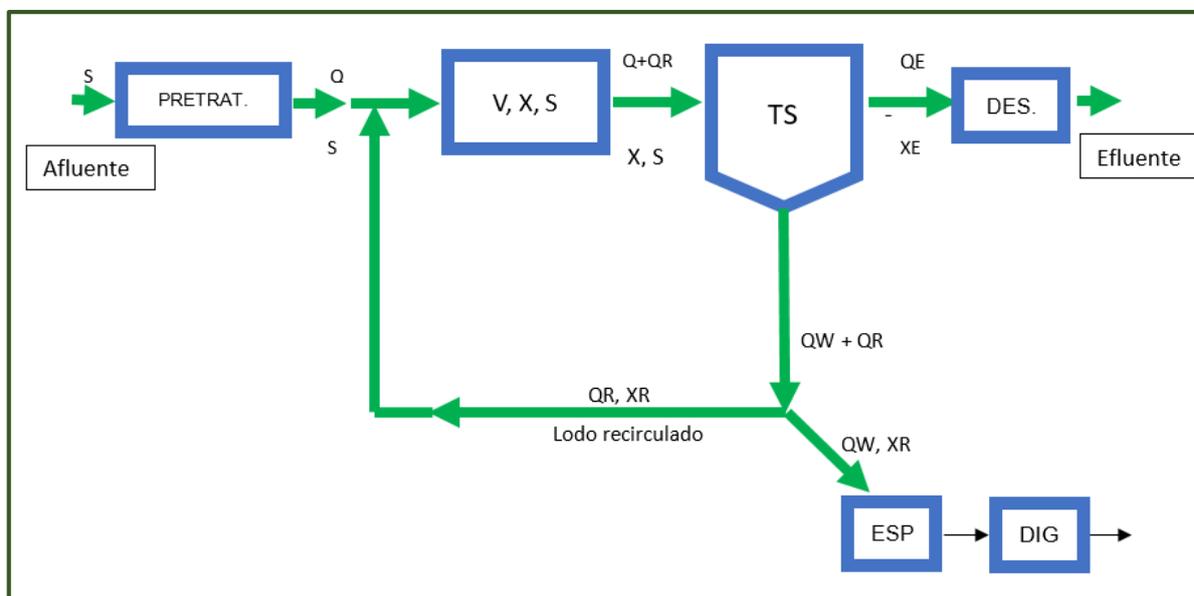
De otro lado, los sistemas de lodos activados están siendo utilizados con buenos resultados en diferentes partes del mundo e incluso en los últimos años se han construido plantas de tratamiento de lodos activados en la ciudad de Lima, una de ellas se ubica dentro del terreno del Jockey Club del Perú y otra en el distrito de Puente Piedra. Esta última viene operando satisfactoriamente con eficiencias de 90 y 95 % de remoción de DBO y Sólidos Suspendidos respectivamente (Fuente: SEDAPAL, mayo 2003).

Para el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Salaverry (PTAR Salaverry), se ha considerado la tecnología de lodos activados, que esquemáticamente puede representarse como se indica en la siguiente figura N°11, suponiendo un reactor de mezcla completa, el cual es un modelo aplicable a las distintas configuraciones de sistema de lodo activado para predecir la calidad del efluente en sistema de flujo pistón.

Considerando las eficiencias de cada proceso de tratamiento, así como las ventajas y desventajas, consideramos que el Sistema de Lodos Activados es una buena alternativa para lograr los objetivos del presente estudio. “El proceso de lodos activados es muy flexible y se puede adaptar casi a la totalidad de los problemas biológicos de aguas residuales” (Metcalf & Eddy, 1995). Para el presente estudio, se ha elegido el proceso de Lodos Activados con Aireación Prolongada o Extendida, por las siguientes razones:

La idea básica de la aireación extendida es simplificar la configuración de las plantas de lodos activados reduciendo el número de operaciones unitarias envueltas en el procesamiento de aguas residuales y los lodos. Comparado con el sistema convencional de plantas de lodos activados, los desarenadores y los tanques de sedimentación primaria pueden ser omitidos. La secuencia de tratamiento de los sistemas de aireación extendida es más fácil: el desague es directamente llevado al tanque de aireación donde se realiza la biodegradación.

Figura N°11: Esquema del proceso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Salaverry



Fuente: Elaboración Propia

Como resultado se obtiene:

- Alta eficiencia de remoción de DBO (> 95%).
- Bajas cantidades de lodos biológicos.
- Los lodos biológicos son altamente estabilizados dentro del tanque de aireación.
- Los lodos biológicos son en general fácilmente deshidratados.
- Se logra un alto grado de remoción de nutrientes biológicos.

En el presente estudio entonces, hemos considerado que el agua residual será tratada directamente en los tanques de aireación para luego pasar a un sedimentador, de este modo, con el Proceso de Aireación Extendida estamos omitiendo el uso de un sedimentador primario (previo al ingreso a los tanques de aireación) y por consiguiente estamos reduciendo costos y área.

Adicionalmente se ha realizado una evaluación económica que nos permita comparar las alternativas de riego.

3.6.4. Sistema de Tratamiento de aguas residuales proyectado en Salaverry:

La PTAR escogida para su Sistema de Tratamiento de aguas residuales de Salaverry consiste, en una planta típica de lodos activados, incluyendo el pretratamiento, el tratamiento primario y el tratamiento de lodos.

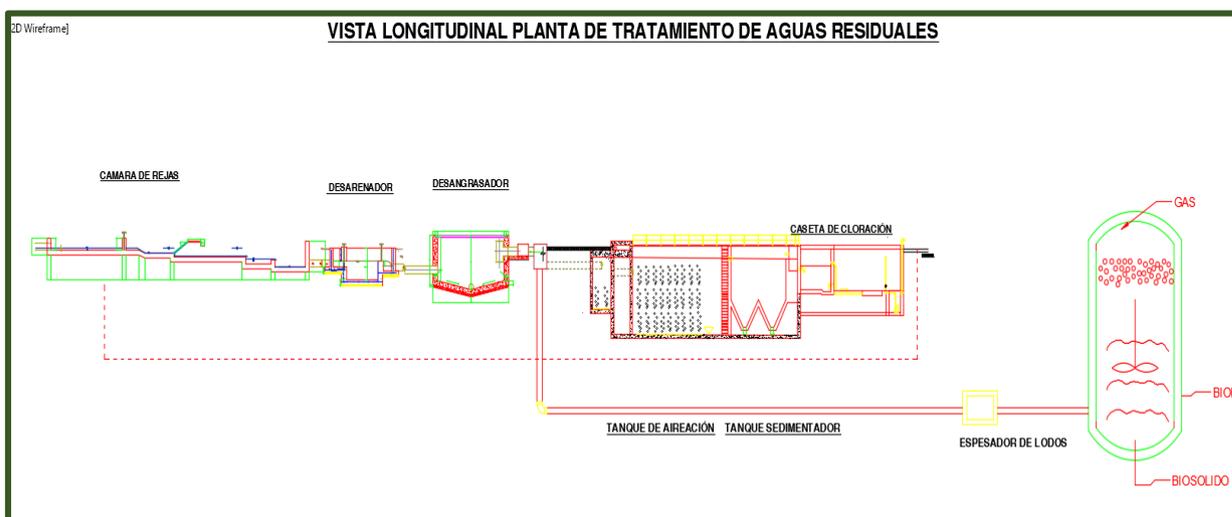
Los lodos recirculados y el agua residual proveniente del sedimentador primario, entran en el tanque de aireación, donde son aireados y mezclados a medida que la mezcla líquida (lodos + agua residual) fluye a lo largo del tanque. Los microorganismos estabilizan aeróbicamente la materia orgánica en el tanque de aireación y fluyen al sedimentador secundario donde el floc biológico es separado del agua residual, dejando un efluente claro de bajo contenido orgánico, para luego ingresar a un proceso de desinfección con cloro gas. Una proporción de los lodos es recirculada al tanque de aireación como simiente y, el exceso, enviado al sistema de tratamiento y disposición de lodos.

Figura N° 12: Proyecto de diseño del Sistema de Tratamiento basado en el esquema dado por SUNASS



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°13: Esquema del Sistema de PTAR de Salaverry en CAD.



Fuente: Elaboración Propia

a. Tratamiento Preliminar

Estos son destinados a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento subsiguiente sin perjudicar a los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques, donde elegimos:

- Rejas
- Desarenador
- Desengrasador

b. Tratamiento Primario

Este se usa para la remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos e incluye, por ello, los procesos biológicos de lodos activados, con un tanque de aireación.

c. Tratamiento Secundario

Para alcanzar un grado de tratamiento superior al tratamiento biológico de Lodos Activados, teniendo en cuenta para este un Sedimentador secundario.

Este esquema ha sido fundamental para nuestro diseño, ya que nos ha servido como guía para seleccionar los equipos necesarios para cada tipo de tratamiento, en el que tenemos un Tratamiento Preliminar, un Tratamiento Primario, y un Tratamiento Secundario con desinfección y Lodos al reúso o Disposición final.

3.6.5. Descripción del Sistema de Planta de aguas residuales proyectado:

Las unidades de tratamiento, consideradas en la PTAR Salaverry son las siguientes:

1. Unidades de pre tratamiento.
 - 1.1. Cámara de rejas.
 - 1.2. Desarenador.
2. Reactor biológico aerobio.
3. Sedimentador secundario.
4. Unidad de desinfección

5. Unidades de Tratamiento de lodos

5.1. Espesador de lodos.

6. Digestor Anaerobio de lodos.

3.6.5.1. Descripción de las unidades de Tratamiento:

1. Unidades del Tratamiento Preliminar:

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso por ella por una criba o rejilla. Para la PTAR Salaverry se ha considerado el diseño de una estación de rejas, con rejillas gruesas con aberturas iguales de 0.64 cm (1/4 de pulgada), construidas con platinas de acero para proteger bombas, válvulas, tuberías y demás equipo, considerando una operación de limpieza mecánica y manual.

La longitud de las rejillas tiene una longitud de 1.5 mts de largo, condiciones para que el operador pueda realizar las actividades de limpieza sin mayor dificultad. En la Parte superior de la rejilla se ha provisto una placa de drenaje o placa perforada, con el objeto de permitir el drenaje temporal del material removido.

El canal de acceso a la rejilla de la PTAR Salaverry, se ha diseñado para prevenir la acumulación de arena u otro material pesado, antes y después de la rejilla. El canal es horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, para promover una distribución uniforme de los sólidos retenidos en ella.

El ancho de las barras consideradas para las rejillas de la PTAR Salaverry, es de 0.5 cm, una profundidad de las barras de 2.5 cm, la abertura o espaciamiento de 2.5 cm, la pendiente vertical de 30°, la velocidad de acercamiento del agua es de 0.3 m/s, y la pérdida de energía calculada a 15 cm.

Considerando que a medida que el material se va acumulando sobre la rejilla, ésta se va ir taponeando y la pérdida de energía, consecuentemente, aumenta. El diseño estructural considerado es el adecuado para impedir la rotura de la rejilla cuando está taponeada.

Las unidades de pretratamiento consideradas en la PTAR Salaverry son las siguientes:

1.1.Cámara de rejas:

La cámara de rejas prevista consiste en una estructura de llegada, las cribas de limpieza mecánica y la consideración de un medidor de caudal para registrar la variación de los flujos que ingresan a la planta.

- i.** Estructura de llegada: La estructura de llegada de la PTAR Salaverry, se ubica al ingreso de la planta y es el lugar donde concluye el emisor. La obra está constituida por una caja de concreto dimensionada en función del caudal pico del año 2037. La estructura cuenta con un ingreso para la aplicación de cloro en los casos en que la presencia de olores sea notoria y afecte al entorno ambiental.
- ii.** Cribas de limpieza mecánica: En la planta de tratamiento de aguas residuales Salaverry, la cámara de rejas es de limpieza mecánica. Esta cámara está compuesta de dos compartimientos. Adicionalmente, para casos de emergencia, la cámara de rejas cuenta con una compuerta para evitar el ingreso del afluente a la planta de tratamiento, derivando las aguas residuales a un bypass, hasta que las contingencias operativas se hayan solucionado. Está compuerta sólo se abrirá en casos de suma emergencia.

El funcionamiento del dispositivo de limpieza de las rejas de la PTAR Salaverry, será controlado por la diferencia del nivel de agua antes y después de las barras y tan pronto como se alcance un desnivel de agua determinado, (por ejemplo 10 cm). Adicionalmente e independiente de la pérdida de carga, una unidad de control accionará el dispositivo de limpieza en forma periódica.

La instalación cuenta con una faja transportadora para retirar el material cribado hacia un contenedor movable. Los residuos almacenados en el contenedor deberán ser retirados periódicamente por el servicio municipal de recolección de residuos sólidos para su disposición final en el relleno sanitario.

La sección transversal de las cámaras de rejas fue dimensionada de manera de permitir una velocidad de flujo entre las rejas no menor a 0.6 m/s ni mayor a 1.4 m/s. El espaciamiento entre los elementos metálicos de las rejas fue establecido en 40 mm a fin de no afectar el funcionamiento de los equipos de impulsión del agua

residual y el espesor de los referidos elementos metálicos están comprendidos entre 8 a 13 mm. La cantidad de material cribado y a ser retenido por las rejillas ha sido estimada en 15 litros por 1000 m³ de agua residual tratada.

La pérdida de energía a través de la rejilla es función de la forma de las barras y de la altura o energía de velocidad del flujo entre las barras.

Para el diseño de la cámara de rejillas de la PTAR Salaverry, se ha utilizado la ecuación de Kirschmer, quien señala que la pérdida de energía en una rejilla limpia puede calcularse por la siguiente ecuación:

$$H = \beta \left[\left(\frac{W}{b} \right) \right]^{4/3} hv \operatorname{sen} \theta$$

Donde:

H = pérdida de energía.

β = Factor de forma de las barras

$\beta = 2.42$ para barras rectangulares de caras rectas.

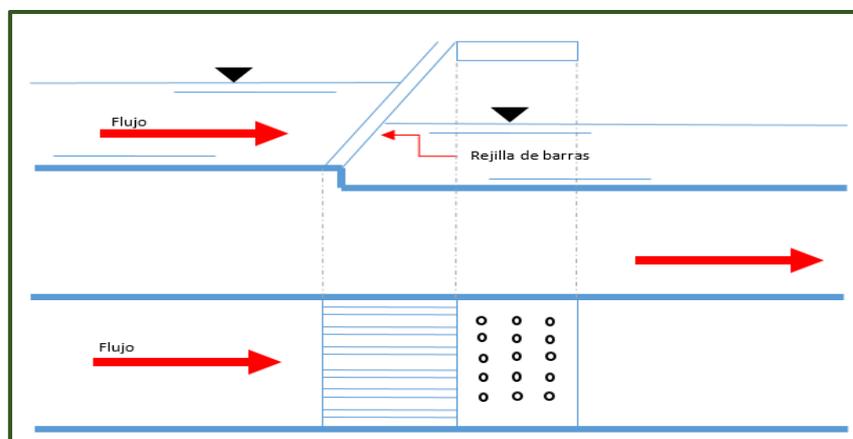
W = Ancho máximo de la sección transversal de las barras, dirección de flujo, m

b = Espaciamiento o separación mínima entre barras, m

hv = Altura o energía de velocidad del flujo de aproximación, m

θ = Ángulo de la rejilla con la horizontal.

Figura N°14: Cámara de Rejas



Fuente: Elaboración propia

Las especificaciones técnicas consideradas para las rejillas de la PTAR en Salaverry son las siguientes:

- Ancho de las barras: 0.5 cm.
- Profundidad de las barras: 2.5 cm
- Abertura o espaciamiento de las barras: 2.5 cm
- Pendiente con la vertical: 30°
- Velocidad de acercamiento de las aguas: 0.3 m/s.
- Pérdida de energía permisible: 15 cm

iii. Medidor de caudal:

Se ha propuesto la construcción de un medidor de caudal tipo Khafagi-Venturi. Este medidor tiene la particularidad de poseer baja pérdida de carga y permitir mediciones confiables sin favorecer la sedimentación del material particulado y además de su fácil construcción. Las mediciones se pueden realizar directamente aguas arriba de la garganta o en la poza de medición situada a un lado del medidor. En la poza podrá instalarse un limnógrafo para el registro continuo de los caudales.

1.2.Desarenador:

Entendiendo que se denominan tanques primarios de sedimentación aquellos que reciben aguas residuales crudas, generalmente antes del tratamiento biológico secundario. El tanque desarenador considerado es rectangular y el agua residual cruda ingresa a través de una serie de aberturas cerca de la superficie extremo de entrada del tanque y se mueve a lo largo de este a velocidad muy baja, hasta descargar por el extremo opuesto sobre un vertedero. A la entrada, una pantalla corta disipa la velocidad del afluente y dirige el flujo hacia abajo.

Las especificaciones técnicas consideradas para el desarenador de la PTAR Salaverry son las siguientes:

- $Q = 0.306 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V = 1.43 \text{ m/s}$

- $D = 8''$ (0,203 m)
- $Q_0 = 0.306 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V_0 = 1,56 \text{ m/s}$
- $D = 0.13 \text{ m}$
- Periodo de diseño = 20 años
- Número de módulos = 2
- Caudal medio diario (año 2023) = 306 L/seg.
- Caudal máximo diario (año 2023) = 398 L/seg.
- Requerimiento de agua en la planta de purificación = 1.1 L/seg
- Caudal de diseño de cada módulo = 153 L/seg.
- Remoción de partículas de diámetro $d=0.05 \text{ mm}$
- Porcentaje de remoción = 75%
- Temperatura = 15°C.
- Viscosidad cinemática del agua: 0,01059 cm²/s
- Grado del desarenador: $n = 1$ (sin deflector)
- Relación Longitud: ancho = 4: 1
- Cota de la lámina en la tubería a la entrada del desarenador = 98.87
- Cota de la batea en la tubería a la entrada del desarenador = 98.74
- Cota de la corona de muros = 99.17

2. Reactor Biológico Aerobio:

El reactor biológico considerado para la PTAR Salaverry, tiene un tanque de aireación fijo para un caudal determinado. Ello significa que el tiempo para la actividad biológica estará limitado a un período fijo para cada caudal de entrada. Dentro de dicho período de retención se efectuará la actividad biológica de los microorganismos, los cuales pasan por diferentes fases de desarrollo, dependiendo de la relación A/M (factor de carga Alimento – Masa Biológica) y demás condiciones ambientales.

En el período de arranque de la PTAR Salaverry se espera que la relación A/M sea muy grande, es decir los microorganismos tendrán exceso de alimento, y como el crecimiento depende del alimento presente, tendrá un crecimiento logarítmico. La materia orgánica del residuo se utiliza a la tasa máxima con una tasa óptima de conversión de material orgánico en células nuevas; el nivel de energía es alto y mantendrá todos los microorganismos completamente esparcidos, crecimiento disperso, haciendo difícil formar floc biológico de lodo activado durante el período en que los microorganismos permanecen en fase logarítmica. A medida que se consume el alimento y se producen nuevas células, la relación A/M disminuye y se llega a un punto en que el alimento ya no se encuentra en exceso, sino que es el factor limitante.

El crecimiento pasa entonces de la fase logarítmica a la fase de declinación; algunas células comienzan aparecer y el floc empieza a formarse, pues las células han perdido energía, ya no se apartan una de otras y la turbulencia promueve su contacto y aglutinación. La concentración de alimento continúa disminuyendo y los microorganismos aumentando, pero a una tasa cada vez menor, la relación A/M alcanza un valor mínimo y se inicia la fase endógena, durante la cual los microorganismos son incapaces de obtener suficiente energía del alimento remanente en el residuo y comienza a metabolizar sus propias reservas de alimento (lisis), aumentando rápidamente la tasa de formación de floc biológico. Si el tiempo de aireación se prolonga lo suficiente, todas las formas biológicas morirán y solamente permanecería la porción inerte de las células.

En general, cuando se obtiene la fase endógena, el floc biológico formado es separado de la fracción líquida mediante sedimentación y recirculación al tanque de aireación. La recirculación del floc biológico concentrado hace que la concentración de microorganismos sea mayor que la inicial; la relación A/M será también menor que la relación inicial y las

bacterias empiezan de nuevo el período de crecimiento. Si el tiempo de aireación permaneciera constante, el sistema progresaría poco a poco dentro de la fase endógena y se obtendría una mejor floculación y un efluente más claro. En conclusión, la remoción orgánica es más rápida en la fase de crecimiento logarítmico, mientras que la formación de floc es mejor en la fase endógena. Consecuentemente para el diseño de la PTAR Salaverry se deberá tener presente las variaciones de la carga orgánica y de caudal de las aguas residuales efluente.

Por otro lado, el diseño del tanque de aireación de la PTAR Salaverry, debe ser suficiente para permitir que los microorganismos alcancen la fase endógena durante los períodos de caudal máximo y máxima carga orgánica. Si el tanque de aireación no es lo suficientemente grande como para que esto ocurra el efluente se hará turbio, pues se perderán microorganismos.

Las especificaciones técnicas del reactor biológico, consideradas para la PTAR Salaverry son las siguientes:

- Caudal de aguas residuales: 306 L/seg
- Volumen del tanque de aireación: 8820 m³
- Tiempo de retención hidráulica: 08 horas
- Carga orgánica: 200 mg/L
- Carga orgánica volumétrica: 600 gr de DBO/m³. d
- Relación Alimento/microorganismos: 0.4 g DBO/g SSV LMD
- DBO agua residual cruda: 200mg/L
- Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación: 3000 mg/L
- Tiempo promedio de retención celular: 15 días
- Caudal de lodo dispuesto: 30 L/seg
- Caudal del efluente tratado: 110 L/seg

- Concentración de Sólidos Suspendedos Volátiles en el efluente tratado: 3 mg/L
- Concentración de Sólidos Suspendedos Volátiles en la recirculación: 300 mg/l
- Tasa de recirculación de lodos: 75%
- Eficiencia en remoción de DB0: 95%

3. Sedimentador Secundario:

Las especificaciones técnicas consideradas para el sedimentador secundario de la PTAR Salaverry son las siguientes:

- $Q = 0.306 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V = 1.43 \text{ m/s}$
- $D = 8'' (0,203 \text{ m})$
- $Q_0 = 0.306 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V_0 = 1,56 \text{ m/s}$
- $D = 0.13 \text{ m}$
- Periodo de diseño = 20 años
- Número de módulos = 1
- Caudal medio diario (año 2023) = 306 L/seg.
- Caudal máximo diario (año 2023) = 398 L/seg.
- Caudal medio diario (2003) = 22.5 L/seg.
- Requerimiento de agua en la planta de purificación = 1.1 L/seg
- Caudal de diseño de cada módulo = 30 L/seg.
- Remoción de partículas de diámetro $d=0.05 \text{ mm}$

- Porcentaje de remoción = 75%
- Temperatura = 15°C.
- Viscosidad cinemática del agua: 0,01059 cm²/s
- Grado del desarenador: n = 1 (sin deflector)
- Relación Longitud: ancho = 4: 1
- Cota de la lámina en la tubería a la entrada del desarenador = 98.87
- Cota de la batea en la tubería a la entrada del desarenador = 98.74
- Cota de la corona de muros = 99.17

4. Unidad de Desinfección:

Las especificaciones Técnicas de la unidad de desinfección de las aguas residuales tratadas de la PTAR Salaverry son las siguientes:

- Concentración de cloro residual= 1.5 mg de cloro activo/lit
- Producto químico utilizado cloro gas, al 99.9 % de cloro activo.
- Equipo de cloración es cloro gas con inyección al vacío
- Botella de cloro gas = 68kg de cloro gas

5. Digestor Anaerobio de Lodos:

Entendiendo que la PTAR Salaverry, cuenta con un reactor biológico con recirculación de lodos, necesariamente se debe de contar con una unidad de tratamiento anaerobio de lodos. Estos lodos producidos en los procesos de tratamiento de aguas residuales están compuestos de la materia orgánica contenida en el agua residual cruda, en forma diferente, pero también susceptible de descomposición. La digestión de lodos se aplica con el propósito de producir un compuesto final más estable y eliminar cualquier microorganismo patógeno presente en el lodo crudo. La digestión anaerobia se usa principalmente para estabilizar los lodos primarios y secundarios. El primario es un lodo digerible con fuerte olor fecal. La reducción de sólidos volátiles es el criterio usado para medir el rendimiento de los procesos de digestión de lodos. El resultado de la digestión es reducir el contenido volátil a cerca del

50% y los sólidos a aproximadamente a un 70% de los valores originales. Los sólidos orgánicos remanentes son de naturaleza homogénea, relativamente estables con olor a alquitrán, sin embargo, la deshidratación de lodo diferido es difícil. El proceso convencional de digestión anaerobia se efectúa en dos etapas: La primera con calentamiento y mezcla, produce mayor cantidad de gas, y la segunda es una etapa de asentamiento tranquilo usada para el almacenamiento, espesamiento del lodo digerido y la formación de un sobrenadante claro. El sobrenadante, rico en material orgánico soluble (DBO hasta 10,000 mg/L), se recircula para tratamiento aerobio en la planta y el lodo digerido es extraído para secado y disposición final.

La digestión de anaerobia de lodos también se practica en digestores convencionales de una sola etapa, siendo similar el proceso, pero efectuándose todo dentro de un solo tanque.

Para la PTAR Salaverry se ha considerado un proceso de digestión de tasa baja es el más antiguo, también conocido como convencional o de tasa estándar. En estos digestores el lodo se dosifica intermitentemente al digestor, sin mezcla y sin calentamiento. En el digestor de tasa baja ocurrirá una estratificación de cuatro zonas: capa de espuma, capa de sobrenadante, capa de sólidos en digestión activa y capa de sólidos digeridos e inertes. El sobrenadante y el lodo digerido se extraen periódicamente. Debido a la estratificación y a la carencia de mezcla, sólo un 50% del volumen total del digestor es usado efectivamente, por ello el proceso de tasa baja se usa en especial en plantas pequeñas como es el caso de la PTAR Salaverry.

Para este caso, como es un sistema de dosificación discontinua de lodo y que se agrega generalmente una vez al día, las bacterias productoras de ácidos e hidrógeno crecen más rápido que las bacterias que utilizan ácido e hidrógeno, la dosificación intermitente conduce a incrementos súbitos de producción de ácido e hidrógeno que pueden ocasionar disminuciones de pH si no existe suficiente alcalinidad; por ello se recomienda una dosificación continua.

5.1.Espesador de lodos:

Para la PTAR Salaverry, se está considerando una unidad de espesamiento de lodos, que es la primera etapa del tratamiento de lodos, en este caso se ha considerado espesamiento por gravedad para mejorar el rendimiento de los digestores, rebajar el costo de la digestión y

reducir el volumen del lodo, normalmente para reducir el costo del tratamiento o procesos aplicados después del espesamiento.

Los espesadores por gravedad, son sedimentadores dotados con barredoras de lodos para producir un lodo más concentrado que el lodo aplicado. El lodo del tratamiento con lodos activados es individualmente difícil de espesar, por lo cual se prefiere mezclarlo con lodo primario. El lodo primario y el lodo de cal sedimentarán más fácilmente y permiten obtener una concentración alta de sólidos sin acondicionamiento químico.

Para el caso del espesamiento de lodos de la PTAR Salaverry se deberá tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Si la temperatura del agua residual es mayor a 20°C, sólo se debe usar espesamiento por gravedad cuando la edad de lodo es mayor a 20 días.
- Se debe mantener el lodo en el espesador menos de 18 horas para reducir efectos indeseables de la actividad biológica.
- Se debe seleccionar un tanque de diámetro menor a 12 m.

Las especificaciones técnicas consideradas para el espesador de lodos de la PTAR Salaverry son las siguientes:

- Forma geométrica del Tanque Espesador = Circular
- Profundidad del Tanque Espesador = 4 m
- Diámetro del Tanque Espesador = 10 m.
- Tiempo de retención hidráulica = 12 horas.
- Tiempo de retención de lodo: 36 horas
- Pendiente del piso: 1:6
- Velocidad periférica de la barredora: 0.10 m/s.

3.6.6. Diseño de un Proceso de Lodos activados:

3.6.6.1. Datos necesarios:

Para los cálculos es necesario determinar los siguientes datos:

- i. Caudales: promedio diario, máximo diario, actuales y de diseño.
- ii. Características: DBO promedio diario, Sólidos suspendidos totales y volátiles, promedio diario, NTK promedio diario, P total promedio diario, pH, valores instantáneos, Alcalinidad y acidez si $\text{pH} > 5,5$ O $9,0$, Grasas y aceites

3.6.6.2. Parámetros de diseño:

Otros de los datos necesarios para empezar con los cálculos se tomó de la tabla

- DBO del efluente(S)= 20 mg/L – Norma ambiental peruana
- Sólidos Suspendidos Totales(SST)=20 mg/L – Norma ambiental peruana
- DBO del afluente(S₀)= 200 mg/L
- Caudal(Q)=306 L/s
- Coeficiente de producción crecimiento(Y)= 0,65 mgSSV/mgDBO - Tabla Bibliográfica
- Coeficiente de declinación endógena(K_d)= 0,05 d⁻¹- Tabla bibliográfica
- Edad de lodos(θ_c)=10 d – Tabla bibliográfica
- Concentración de SSVLM(X)= 2.500 mg/L – Tabla bibliográfica
- Proporción volátil de ST= 80% - Tabla bibliográfica
- Concentración de ST de lodos sedimentados(STLS) = 15.000 mg/L- Tabla bibliográfica.

Tabla N°34: Parámetros de diseño y operación de procesos de lodos activados

Proceso	Período de aireación Θ , horas	Carga volumétrica gDBO m3.d	A/M gDBO gSSVLM d	X SSLM mg/L	Edad de lodos Θ_c , d	Tasa de circulación R, %	Eficiencia DBO %	Observación
Convencional	4 – 8	300 – 600	0,2 – 0,4	1500 – 3000	5 – 15	25 - 75	85 - 95	Sensible a cargas Súbitas. Flujo pistón
Aireación gradual	4 – 8	300 – 600	0,2 – 0,4	1500 – 3000	5 – 15	25 - 50	85 - 95	Uso general
Mezcla completa	3 – 5	800 – 2400	0,2 – 0,6	2500 – 4000	5 – 15	25 - 100	85 - 95	Resistente a cargas choque
Aireación escalonada	3 – 5	600 – 1000	0,2 – 0,4	2000 – 3500	5 – 15	25 - 75	85 - 95	Uso general Flujo en pistón
Aireación corta	1,5 – 3	1.200 – 2400	1,5 – 5,0	200 - 1000	0,2 – 0,5	5 - 25	60 - 75	Efluente de baja Calidad
Estabilización y contacto	0,5 – 1,0 3 – 6	1000 – 1200	0,2 – 0,6	1000 – 3000 4000 – 10000	5 – 15	50 - 150	80 - 90	Operación flexible Usado ampliar PT
Aireación prolongada	18 – 36	100 - 400	0,05 – 0,15	3000 – 6000	20 – 30	50 - 150	75 - 95	Usado en PT pequeñas Flujo en pistón
Krauss	4 – 8	600 – 1600	0,3 – 0,8	2000 – 3000	5 – 15	50 - 100	85 - 95	Usado en residuos Fuertes, bajo en N
Tasa alta	2 – 4	1600 – 16000	0,4 – 1,5	4000 – 10000	5 – 10	100 - 500	75 - 90	Uso general. Mezcla
Oxígeno puro	1 – 3	1600 – 3300	0,25 – 1,5	2000 – 5000	3 – 10	25 - 50	85 - 95	Usado para reducir Volumen para T.
Zanjón de oxidación	8 – 36	80 – 480	0,05 – 0,3	3000 – 6000	10 – 30	75 - 150	75 - 95	Usado en ciudades pequeñas
Reactor secuencial	2 – 4	100 – 400	0,04 – 0,10	2000 – 5000	10 – 30	--	--	El control del proceso Es complicado

Fuente: J. Romero (2009)

Tabla N°35: Parámetros de diseño y operación de procesos de lodos activados

Proceso	Carga volumétrica gDBO m3.d	A/M gDBO gSSVLM d	Edad de lodos Θ_c , d	Oxígeno requerido kgO ₂ /kgDBO	Aireación	Lodos desechos kg/kg DBO removida	Referencia
Convencional	500 - 650	0,25 - 0,35	–	1,1 – 1,3	0,05 - 0,8 m3 per cápita	0,5 – 0,8	20
Convencional	560	0,25 - 0,6	4 - 14	–	–	–	105
Convencional	560	0,20 - 0,50	4 - 14	–	45 – 90 m3/kgDBO	–	7
Aireación prolongada	150 - 300	0,05 - 0,10	–	2,0 – 2,5	0,02 - 0,25m3 per cápita	0,4 – 0,6	20
Aireación prolongada	320	0,06 - 0,25	> 14	–	–	-	105
Aireación prolongada	320	0,05 - 0,20	> 14	–	90 – 125m3/kgDBO	–	7
Tasa alta	1300 - 2000	0,5 - 0,6	–	0,6 – 0,8	0,02 - 0,03m3 per cápita	0,8 – 1,0	20
Tasa alta	1600 - 6400	0,5 - 3,5	0,8 - 4	–	25 – 45m3/kgDBO	–	7
Aireación gradual	560	0,25 - 0,6	4 - 14	–	–	–	105
Aireación gradual	560	0,20 - 0,50	4 - 14	–	45 – 90m3/kgDBO	–	7
Aireación escalonada	800	0,25 - 0,6	4 - 14	–	–	–	105
Aireación escalonada	800	0,20 - 0,50	4 - 14	–	45 – 90m3/kgDBO	–	7
Estabilización y contacto	1100	0,25 - 0,6	4 - 15	–	–	–	105
Estabilización y contacto	1120	0,20 - 0,50	4 - 14	–	45 – 90m3/kgDBO	–	7
Reactor secuencial	100 - 300	0,04 - 0,10	10 - 30	–	–	–	–

Fuente: J. Romero (2009)

3.7. CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL DESARENADOR

3.7.1. Condiciones de la tubería de entrada:

1. Caudal de Diseño en m³/s:

$$Q = Ql / 1000$$

$$Q = \frac{32}{1000}$$

$$Q = 0.032 \text{ m}^3/\text{seg}$$

2. Diámetro de la Tubería de Entrada en metros:

TABLA BIBLIOGRÁFICA

$$D = (8 * 2.54) / 100 = 0.2032$$

3.7.2. Cálculo de Diseño del Desarenador:

1. Velocidad de Sedimentación de la Partícula:

$$Vs = (g(\rho_s - \rho) * d^2) / (18\mu)$$

$$Vs = (981 * (2.65 - 1.00) * (0.05 / 10)^2) / (18 * 0.01059)$$

$$Vs = 0.21 \text{ cm/s}$$

2. Tiempo de la Partícula en llegar al fondo:

$$t = H * 100 / Vs$$

$$t = 1.50 (100) / 0.21$$

$$t = 706.59 \text{ seg.}$$

3. Periodo de Retención Hidráulico:

$$\theta = NHZN * t \text{ (debe estar entre (0.5 y 4 hrs.))}$$

$$\theta = 3.00 * 706.59 / 3600$$

$$\theta = 0.59 \text{ horas.}$$

4. Volumen del Tanque:

$$V = \theta * 3600Qmd / 1000$$

$$V = 0.59 * 3600 * 306 / 1000$$

$$V = 648.65 \text{ m}^3$$

5. Área Superficial del Tanque:

$$As = V/H$$

$$As = 648.65 / 1.50$$

$$As = 432.43 \text{ m}^2$$

6. Ancho del Tanque:

$$B = (As / 4)^{(1/2)}$$

$$B = (432.43 / 4)^{(1/2)}$$

$$B = 10.40 \text{ m}$$

7. Largo del Tanque:

$$L = R * B$$

$$L = 4 * 10,40$$

$$L = 41,59 \text{ m}$$

8. Carga Hidráulica Superficial: (debe estar entre 15 y 80)

$$q = ((Qmd / 1000)(As) * 3600 * 24)$$

$$q = ((306 / 1000) (432,43) * 3600 * 24)$$

$$q = 61,14 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$$

9. Velocidad de Sedimentación de las Partícula Crítica:

$$Vo = q / (3600 * 24)$$

$$Vo = (61,14 / (3600 * 24)) * 100$$

$$Vo = 0,07076 \text{ cm/s}$$

10. Diámetro de la Partícula Crítica:

$$do = ((Vo * 18 * \mu) / (g * (\rho_s - \rho)))^{(1/2)} * 10$$

$$do = ((0,07076 * 18 * 0,01059) / (981 * (2,65 - 1,00)))^{(1/2)} * 10$$

$$do = 0,03 \text{ mm}$$

11. Relación que debe cumplirse:

$$NHZN = (Vs / Vo)$$

$$NHZN = 0.21 / 0.07076$$

$$NHZN = 3.00 \text{ unidad}$$

12. Relación que debe cumplirse:

$$NHZN = \Theta * 3600 / t$$

$$NHZN = 0.59 * 3600 / 706.59$$

$$NHZN = 3.00 \text{ unidad}$$

13. Velocidad Horizontal:

$$Vh = ((Qmd / 1000) / (H * B)) * 100$$

$$Vh = ((306 / 1000) / (1.50 * 10.40)) * 100$$

$$Vh = 1.96 \text{ cm/s}$$

14. Velocidad Horizontal Máxima:

$$Vhmax = 20 * Vs$$

$$Vhmax = 20 * 0.21$$

$$Vhmax = 4.25 \text{ cm/s}$$

15. Velocidad de Resuspensión Máxima:

$$Vr = (8 * k * g * (s - \rho) * d / f)^{(1/2)}$$

$$Vr = ((8 * 0.04 * 981 * (2.65 - 1.00) * (0.05 / 10) / 0.03))^{(1/2)}$$

$$Vr = 9.291 \text{ cm/s}$$

3.7.3. Condiciones de Operación de los módulos del Desarenador de Salaverry:

1. Caudal Medio Diario Extremo de Operación en el módulo:

$$QmdE = Qmaxd / 2$$

$$QmdE = 198.90 / 2$$

$$QmdE = 99.45 \text{ L/s}$$

2. Tiempo de Residencia Hidráulico Extremo por módulo $0.5 < \theta < 4$:

$$\theta_{ext} = V / (QmdE / 1000)$$

$$\theta_{ext} = (648.65 / (99.45 / 1000)) / 3600$$

$$\theta_{ext} = 1.81 \text{ Hrs.}$$

3. Carga Hidráulica Superficial extrema por módulo ($15 < q < 80$):

$$\theta_{ext} = V / (QmdE / 1000)$$

$$\theta_{ext} = ((99.45 / 1000) / 432.43) * 86400$$

$$\theta_{ext} = 19.87 \frac{m^3}{m^2 \cdot d}$$

4. Tiempo de Residencia hidráulico Extremo por módulo ($0.5 < \theta < 4$):

$$\theta_{ext} = V / ((Q_{maxd} + RAP) / 1000)$$

$$\theta_{ext} = (648.65 / ((397.80 + 1.1) / 1000)) / 3600$$

$$\theta_{ext} = 0.45 \text{ Hrs.}$$

5. Carga Hidráulica Superficial Extrema por módulo ($15 < q < 80$):

$$\theta_{ext} = V / (Q_{mdE} / 1000)$$

$$\theta_{ext} = (((198.90 + 1.1) / 1000) / 432.43) * 86400$$

$$\theta_{ext} = 39.96 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$$

3.7.4. Cálculo de los elementos del Desarenador:

A. Vertedero de salida:

1. Altura del vertedero:

$$H_v = ((Q_{md} / 1000 / 1.84 * B))^{(2/3)}$$

$$H_v = (((306 / 1000) / (1.84 * 10.40))^{(2/3)})$$

$$H_v = 0.063 \text{ m}$$

2. Velocidad en el vertedero (de ser mayor a 0.3 m/s):

$$V_v = ((Q_{md} / 1000) / (B * H_v))$$

$$V_v = ((306 / 1000) / (10.40 * 0.063))$$

$$V_v = 0.46 \text{ m/s}$$

3. Vena vertiente:

$$X_s = 0.36 (Vv)^{2/3} + 0.60 (Hv)^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 * 0.46^{2/3} + 0.6 * (0.063)^{4/7}$$

$$X_s = 0.34m$$

B. Pantalla de salida:

1. Profundidad pantalla de salida:

$$Pps = H/2$$

$$Pps = 1.50/2$$

$$Pps = 0.75 m$$

2. Distancia al vertedero de salida:

$$Dvs = 15 * Hv$$

$$Dvs = 15 * 0.063$$

$$Dvs = 0.95 m$$

C. Pantalla de entrada:

1. Profundidad pantalla de entrada:

$$Ppe = H/2$$

$$Ppe = 1.50 / 2$$

$$Ppe = 0.75 m$$

2. Distancia a la cámara de aquietamiento:

$$Dca = L/4$$

$$Dca = 41.59/4$$

$$Dca = 10.40 \text{ m}$$

D. Almacenamiento de lodos:

1. Profundidad máxima Tanque de lodos:

$$PMTL = \text{Largo del tanque} / Re$$

$$PMTL = 41.59 / 10$$

$$PMTL = 4.16 \text{ m}$$

Dist. Pto. De salida a la cámara de aquietamiento:

$$DistCA = L/3$$

$$DistCA = 41.59/3$$

$$DistCA = 13.86 \text{ m}$$

2. Dist. Pto. De salida al vertedero de salida:

$$DistVs = 2 * L/3$$

$$DistVs = 2 * 41.59/3$$

$$DistVs = 27.73 \text{ m}$$

3. Pendiente transversal del vertedero:

$$PTV = (PMTLA - PMTLAP) / B$$

$$PTV = (1.0 - 0.8) / 10.40 * 100$$

$$PTV = 1.92 \%$$

4. Pendiente longitudinal en L/3:

$$PL = (PMTLA - PMTLAP) / DistCA$$

$$PL = (1.0 - 0.8) / 13.86 * 100$$

$$PL = 1.44 \%$$

5. Pendiente longitudinal en 2L/3:

$$PL2 = (PMTLA - PMTLAP) / DistVs$$

$$PL2 = (1.0 - 0.8) / 27.73 * 100$$

$$PL2 = 0.7 \%$$

E. Cámara de quietamiento:

1. Profundidad de la cámara de quietamiento:

$$PCA = H/3$$

$$PCA = 1.50/3$$

$$PCA = 0.50 \text{ m}$$

2. Ancho de la cámara de quietamiento:

$$ACA = B/3$$

$$ACA = 10.40/3$$

$$ACA = 3.47 \text{ m}$$

F. Rebose de la cámara de quietamiento:

1. Caudal de excesos:

$$QE = Qo - Q$$

$$QE = 0.051 - 0.032$$

$$QE = 0.019 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Altura caudal de excesos:

$$He = ((QE) / (1.84 * Le))^{(2/3)}$$

$$He = ((0.019) / (1.84 * 1.0))^{(2/3)}$$

$$He = 0.05 \text{ m}$$

3. Velocidad de excesos:

$$Ve = QE / (He * Le)$$

$$Ve = 0.019 / (0.05 * 1.0)$$

$$Ve = 0.40 \text{ m/s}$$

4. Vena vertiente:

$$X_s = 0.36 (V_e)^{2/3} + 0.60 (H_e)^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 * 0.40^{2/3} + 0.60 * (0.05)^{4/7}$$

$$X_s = 0.30 \text{ m}$$

3.8. CÁLCULO PARA EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS:

1. Carga Orgánica Afluente:

$$CO_a = Q * S_o * 0.0864$$

$$CO_a = 306 * 200 * 0.0864$$

$$CO_a = 5287,68 \text{ Kgr de } \frac{DBO}{\text{día}}$$

2. Concentración de SSV en el Lodo dispuesto:

$$XR = (\%vSST * STLS)$$

$$XR = 0.8 * 15000$$

$$XR = 12000$$

3. DBO Soluble Efluente:

$$S_e = DBO_e - 0.63 SST_e$$

$$S_e = 20 - 0.63 * 20$$

$$S_e = 7.4 \text{ mg/L}$$

4. Carga Orgánica Removida:

$$COR = (S_o - S_e) * (Q) * 0.0864$$

$$COR = (200 - 7.4) * 306 * 0.0864$$

$$COR = 5092,0358 \text{ kgr de DBO/día}$$

5. Biomasa en el Reactor:

$$XV = ((\theta c * Y * Q * (S_o - S_e)) / (1 + K_d * \theta c)) / 1000$$

$$XV = ((10 * 0.65 * (306/1000) * 86400 * (200 - 7.4)) / (1 + 0.05 * 10)) / 1000$$

$$XV = 2.21E + 04 \text{ Kg SSV}$$

6. Volumen del Reactor:

$$V = XV * 1000/X$$

$$V = 2.21E + 04 * \frac{1000}{2500}$$

$$V = 8826,195 \text{ m}^3$$

7. Producción de Lodo:

$$Px = ((Y * Q (So - S)) / (1 + Kd * \theta c)) 1000$$

$$Px = ((0.65 * (306 / 1000 * 86400) * (200 - 7.4)) / (1 + 0.05 * 10)) / 1000$$

$$Px = 2206.55 \text{ kg SSV/día}$$

8. Producción de Sólidos de desecho:

$$\text{Lodo seco} = Px / \% vSST$$

$$\text{Lodo seco} = 2206.55 / 0.8$$

$$\text{Lodo seco} = 2758.19 \text{ Kg/día}$$

9. Caudal de Lodos de desecho:

$$Qw = LS * 1000 / STLS$$

$$Qw = 2758.19 * 1000 / 15000$$

$$Qw = 183.88 \text{ m}^3/\text{día}$$

10. Caudal de Recirculación:

$$QR = Qx / (XR - X)$$

$$QR = ((306 / 1000 * 2500) / 12000 - 2500) * (3600/1) * (24/1)$$

$$QR = 6957.47 \text{ m}^3/\text{día}$$

11. La Relación de Circulación

$$R = QR / Q$$

$$R = 6957.47 / ((306/1000) * 86400)$$

$$R = 0.26\%$$

12. Tiempo de retención Hidráulico Real

$$\theta = V/Q$$

$$\theta = (8826.195) / ((306/1000) * 86400) * 24$$

$$\theta = 8.01216 \text{ horas}$$

13. Cantidad de oxígeno requerido:

$$DO = 1.5 * Q * (So - Se) - 1.42 * XR * Qw / 1000$$

$$DO = (1.5 * ((306/1000) * 86400) * (200 - 7.4) - 1.42 * 12000 * 183.88) / 1000$$

$$DO = 4504.75 \text{ KgO}_2/\text{día}$$

14. Caudal de Aire a condiciones normales

$$Q_{air} = DO / (0.232 * 1.20)$$

$$Q_{air} = 4504.75 / (0.232 * 1.2)$$

$$Q_{air} = 16180.87 \text{ m}^3/\text{día}$$

15. Cantidad real de aire necesario:

$$Q_{air} = Q_{aire} / (EFA/100)$$

$$Q_{air} = 16180.87 / (8.00 / 100)$$

$$Q_{air} = 202260.88 \text{ m}^3/\text{día}$$

16. Relación de Volumen de Aire Requerido por unidad de DBO aplicada al tanque de aireación:

$$RVADBO = Q_{airr}/CO_a$$

$$RVADBO = 202260.88 / 5287.68$$

$$RVADBO = 38.25 \text{ m}^3/\text{kg}$$

17. Relación del Volumen de Aire Requerido por unidad de DBO removida:

$$RVADBOR = Q_{airr}/CO_a$$

$$RVADBOR = 202260.88 / 5092.0358$$

$$RVADBOR = 39.72 \text{ m}^3/\text{kg}$$

18. Carga Orgánica Volumétrica del proceso

$$COV = COa/V$$

$$COV = (5287.68 / 8826.195) * 1000$$

$$COV = 599.09 \text{ g de DBO/m}^3 * \text{día}$$

19. Relación Alimento / Masa Biológica:

$$A/M = COa / VX$$

$$A/M = 5287.68 / 2.21E + 04$$

$$A/M = 0.24 \text{ d}^{-1}$$

20. Eficiencia en Remoción de DBO total es:

$$E = (So - DBOe)$$

$$E = (200 - 20) / 200$$

$$E = 0.90 \text{ eficiencia}$$

21. Eficiencia en Remoción de DBO soluble es:

$$E = (COa - Se) / COa$$

$$E = (5287.68 - 7.4) / 5287.68$$

$$E = 0.999 \text{ eficiencia}$$

3.8.1. Dimensiones del Reactor Biológico:

1. Volumen del reactor:

$$V = XV / X$$

$$V = 2.21E + 04 * 1000/2500$$

$$V = 8826.20 \text{ m}^3$$

2. Volumen efectivo del reactor real:

$$V_{real} = L * A * H$$

$$V_{real} = 70 * 36 * 3.5$$

$$V_{real} = 8820.00 \text{ m}^3$$

3.8.2. Diseño del Sistema de Aireación:

1. Potencia requerida en el Tanque de Aireación:

$$PTTA = (De * V) / 1000$$

$$PTTA = 15 * 8820,00 / 1000$$

$$PTTA = 132.3 \text{ KW}$$

2. Potencia requerida en el Tanque de Aireación:

$$PTTA = (De * V) / 1000$$

$$PTTA = 132.3 * 40 / 30$$

$$PTTA = 176.4 \text{ Hp}$$

3. Número de equipos de aireación en el reactor biológico:

$$NEA = PTTA / PU$$

$$NEA = 176.4 / 10$$

$$NEA = 18 \text{ unidad}$$

4. Suministro diario de Kg de O2 por aireador:

$$SuO = PU * TTOEA * (30/40) * 24$$

$$SuO = 10 * 1.5 * 0.8 * (30/40) * 24$$

$$SuO = 216 \text{ kg de O}_2/\text{día}$$

5. Número de aireadores reales sugeridos:

$$NARR = Coa / SuO$$

$$NARR = 5287.68 / 216$$

$$NARR = 24.48 \text{ unidad}$$

6. Potencia instalada corregida:

$$PIC = NARR * PU$$

$$PIC = 24.48 * 10$$

$$PIC = 244.8 \text{ HP}$$

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de las PTAR de Salaverry y Moche

Las aguas residuales de los PTAR de Salaverry, Moche y las Delicias, son aguas residuales domésticas, las cuales principalmente son de origen residencial (desechos humanos, baños, cocina).

El tratamiento de aguas residuales de los Distritos de Moche y Salaverry son tratadas en 54.7% (2016), y son tratadas por 3 Lagunas de Estabilización, las cuales se encuentran con graves problemas, como la falta de área para el Sistema de Tratamiento existente, mientras el otro 47.3 % son evacuadas directamente a Ríos, acequias o pozos sépticos.

Hecho el diagnóstico se propuso que los Distritos de Moche y Salaverry, al ser poblaciones cercanas las cuales desembocan en 6 cuencas de drenaje que son: Moche pueblo, Las Delicias, Taquila, Miramar, Alto Salaverry y Salaverry, están se podrían unificar y puedan ser tratadas en una sola planta de tratamiento.

Su estado actual es:

Tabla N°36: Diagnostico Resumen de las PTAR

PTAR	AREA		LAGUNAS ESTABILIZ.		RENDIMIENTO	POBLACION
	ACTUAL	REQUERIDA	PRIMARIA	SECUNDARIA		
PTAR LAS DELICIAS	1.41	3.3	1	1	42%	17,227
PTAR MIRAMAR	1	3.2	3	3	NO FUNCIONA	19,082
PTAR SALAVERRY	3.83	1.8	3	3	67%	12,690

Fuente: SEDALIB (2016)

Después de los estudios realizados, elaboramos el diagnostico respectivo encontrando la siguiente problemática:

Respecto a la Infraestructura de las PTAR

Deficiencia en las PTAR existentes de los Distritos de Moche y Salaverry, ya que estas se encuentran subdimensionadas con respecto a la población, esto hace que su rendimiento no supere ni el 50% con respecto a su carga de caudal.

Las PTAR con tecnología insuficiente, lo que se evidencia en la falta de tratamiento preliminar, especialmente de rejillas y desarenadores, falta de medidores de caudal del afluente y efluente.

Las PTAR con tecnología inadecuada, que se manifiesta en la falta de capacidad financiera de las EPS para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento de las PTAR con tecnologías avanzadas.

Falta del Saneamiento legal y Seguridad pública en las PTAR.

Respecto al Marco legal

Las PTAR, no tienen un adecuado funcionamiento, operación y mantenimiento debido a la falta de exigencias del marco legal respecto a la calidad requerida de los efluentes, especialmente de los ECA-Agua y, a la vez, la dificultad en la evaluación de su cumplimiento, debido a la falta de un estudio de calidad de las fuentes hídricas a nivel nacional.

El incumplimiento de la Ley de Residuos Sólidos por falta de lugares autorizados para la disposición final de los lodos y residuos sólidos de las PTAR, es por eso la gran contaminación ambiental.

La falta de normativa para el manejo de lodos para el reúso agrícola, hace que las EPS, solo utilicen tratamiento secundario sin poder dar reúsos a estos.

Respecto a la Operación de las PTAR

Ausencia del manejo de lodos en 50% de las PTAR, los que se deben remover frecuentemente, idealmente, reutilizar en el sector agrícola.

Sobrecarga orgánica o hidráulica en el 50% de las PTAR de Los Distritos de Moche y Salaverry.

Falta de personal bien capacitado, de equipamiento y de recursos financieros necesarios para la adecuada operación y mantenimiento de las PTAR.

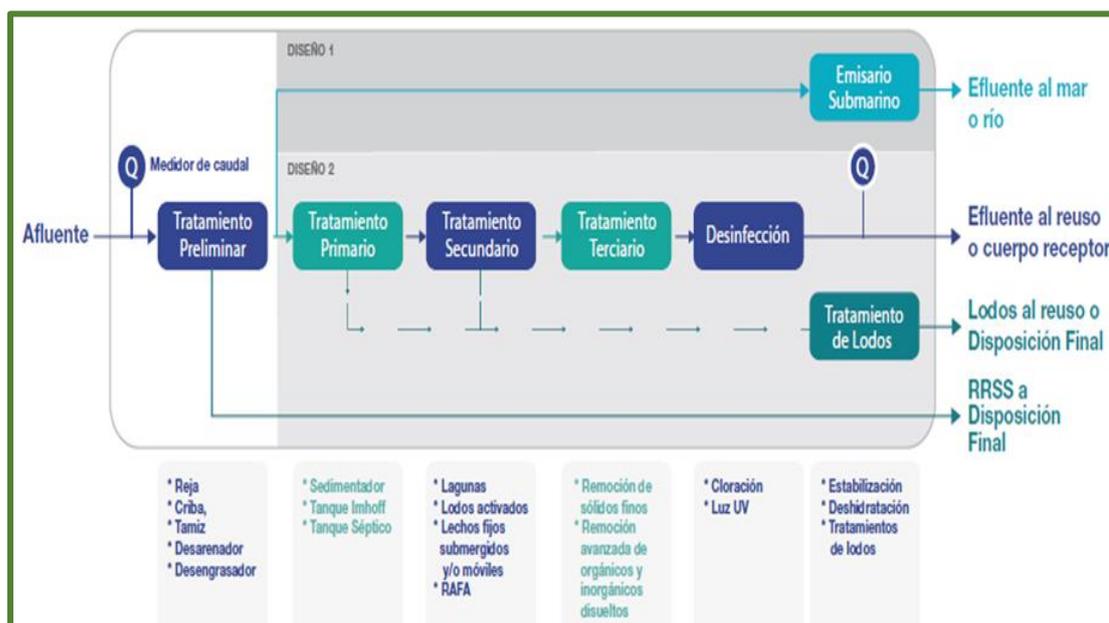
La PTAR no cuenta con un programa completo de monitoreo del afluente, efluente y parámetros de operación, siendo necesario ya que así indica el mantenimiento de un L.E.

4.2. Selección del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales

- Para la selección de nuestro proyecto tuvimos en cuenta el Diagnóstico actual de la PTAR actual de estas poblaciones y mediante un esquema seguido de SUNASS hicimos la selección de nuestro Sistema de Tratamiento.
- En el que se considera un Pretratamiento, Tratamiento Primario, Tratamiento Secundario y Avanzado.
- La tecnología aplicada es de Lodos Activados, donde se considera el reúso de efluentes de las PTAR, para riego agrícola y otros usos.
- Para el diseño se tomó en consideración la Norma OS.090

Vease las Figuras N° 7 y 12:

Esquema de un Sistema de Planta de Tratamiento de aguas residuales dado por SUNASS



Esquema del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales adoptado para nuestro proyecto



4.3.Diseño de la Planta de Tratamiento

Para empezar con nuestro diseño tomamos información del último censo de INEI, para luego proyectar la población en base a una TC, tomada a nuestro criterio, donde creímos conveniente duplicar la TC, a 4.00% para Moche y 7.36% para Salaverry, ya que se encuentran en gran desarrollo económico y social.

Distrito de Moche: Moche pueblo y Las Delicias con el 2.00%, Taquila y Miramar con el 2.24%, registros tomados por Sedalib, mientras que para nuestro proyecto duplicamos estas TC, siendo así para Moche y Delicias el 4%, Taquila y Miramar con 4.48%, donde consideramos una mayor TC.

Tabla N°37: Comparación de las TC de Moche tomadas por las EPS y la propuesta

	MOCHE	DELICIAS	TAQUILA	MIRAMAR	CURVA SUN
AÑO 0	2.24%	2.12%			
SEDALIB	2.00%	2.00%	2.24%	2.24%	2.24%
PROPUESTA	4.00%	4.00%	4.48%	4.48%	4.48%

Fuente: Elaboración propia

Distrito de Salaverry: Salaverry con 3% y Alto Salaverry con el 3.68%, registros tomados por Sedalib, para el caso de Alto Salaverry, también se está considerando la mayor TC, tomado para nuestra propuesta con 7.36%.

Tabla N°37: Comparación de las TC de Salaverry tomadas por las EPS y la propuesta

	SALAVERRY	ALTO SALAVERRY
AÑO 0	3.68%	
SEDALIB	3.00%	3.68%
PROPUESTA	6%	7.36%

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de caudales, tuvimos en cuenta:

- Periodo de Diseño = PTAR: 20 años
- Población (2017) = 54,189 habitantes
- Descargas de Aguas residuales:
 - Moche = 835,582 m³/año
 - Salaverry=379,283 m³/año

Según informe el último reporte poblacional de INEI, es de 54,189 habitantes, en base a esta población y acorde a las tasas de crecimiento se hizo la proyección a 20 años, aumentando casi 3 veces su población, al final de periodo de diseño a 150,293 habitantes.

Con estos datos proyectados de la población, la dotación per cápita, y teniendo en cuenta las descargas habituales para estos distritos de noche y Salaverry, que al final del periodo de diseño, se tiene un caudal promedio de 306 lps.

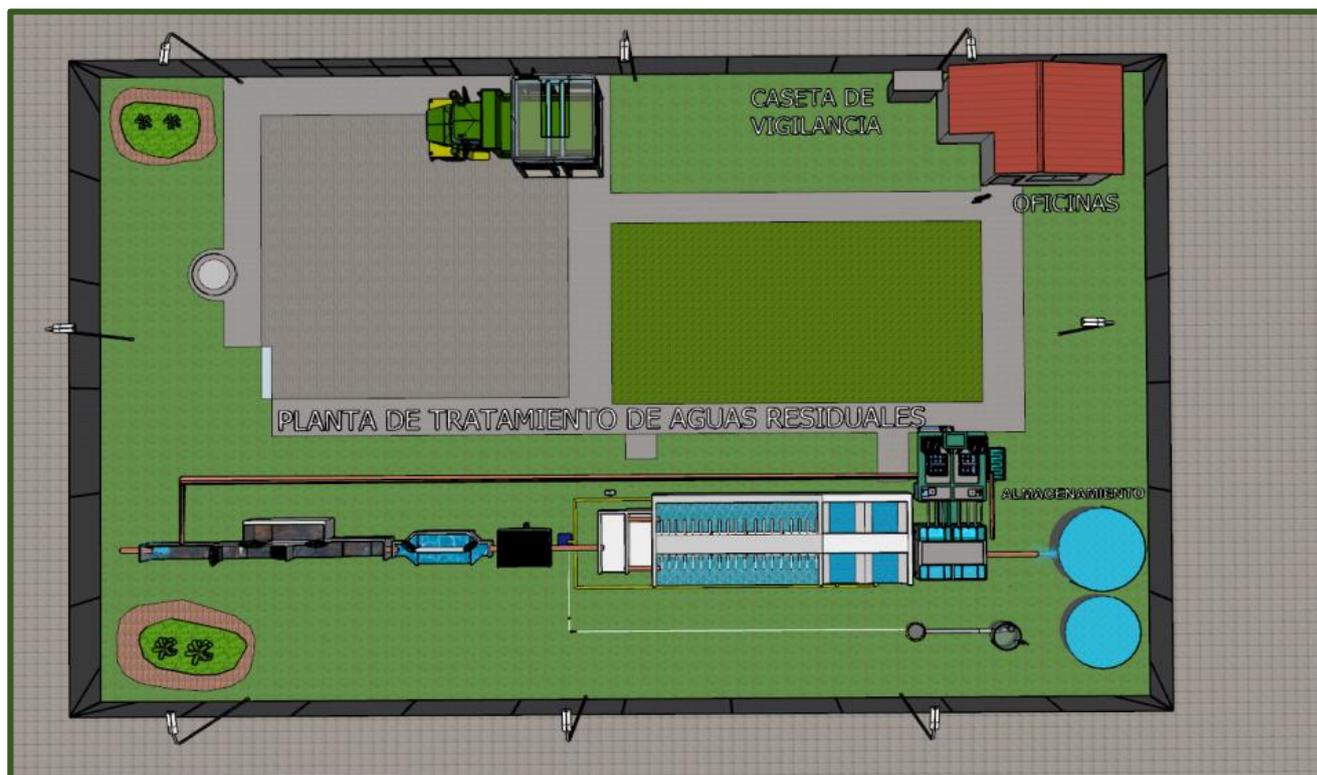
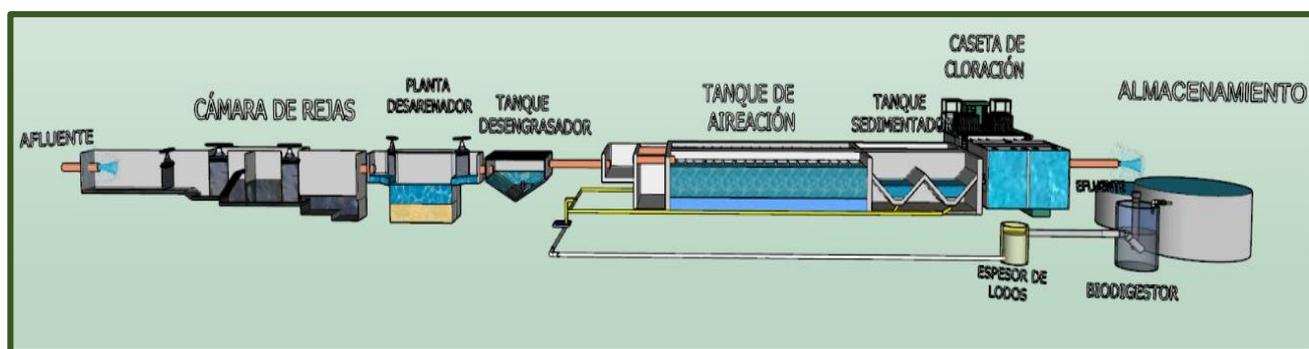
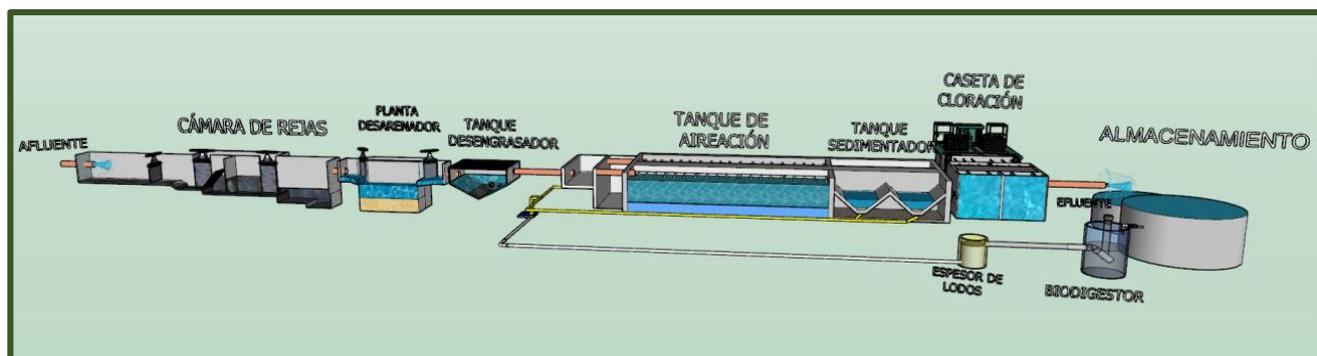
4.3.1. Sistema de Lodos Activados

Considerando las eficiencias de cada proceso de tratamiento, así como las ventajas y desventajas, consideramos que el Sistema de Lodos Activados es una buena alternativa para lograr los objetivos del presente estudio. “El proceso de lodos activados es muy flexible y se puede adaptar casi a la totalidad de los problemas biológicos de aguas residuales” (Metcalf & Eddy, 1995).

Además, que según el diagnóstico realizado estas Distritos no cuentan con el área necesaria para ser tratadas estas aguas residuales, siendo así necesario cambiar esta tecnología con una que cumpla satisfactoriamente las necesidades de esta población que se encuentra en gran desarrollo poblacional.

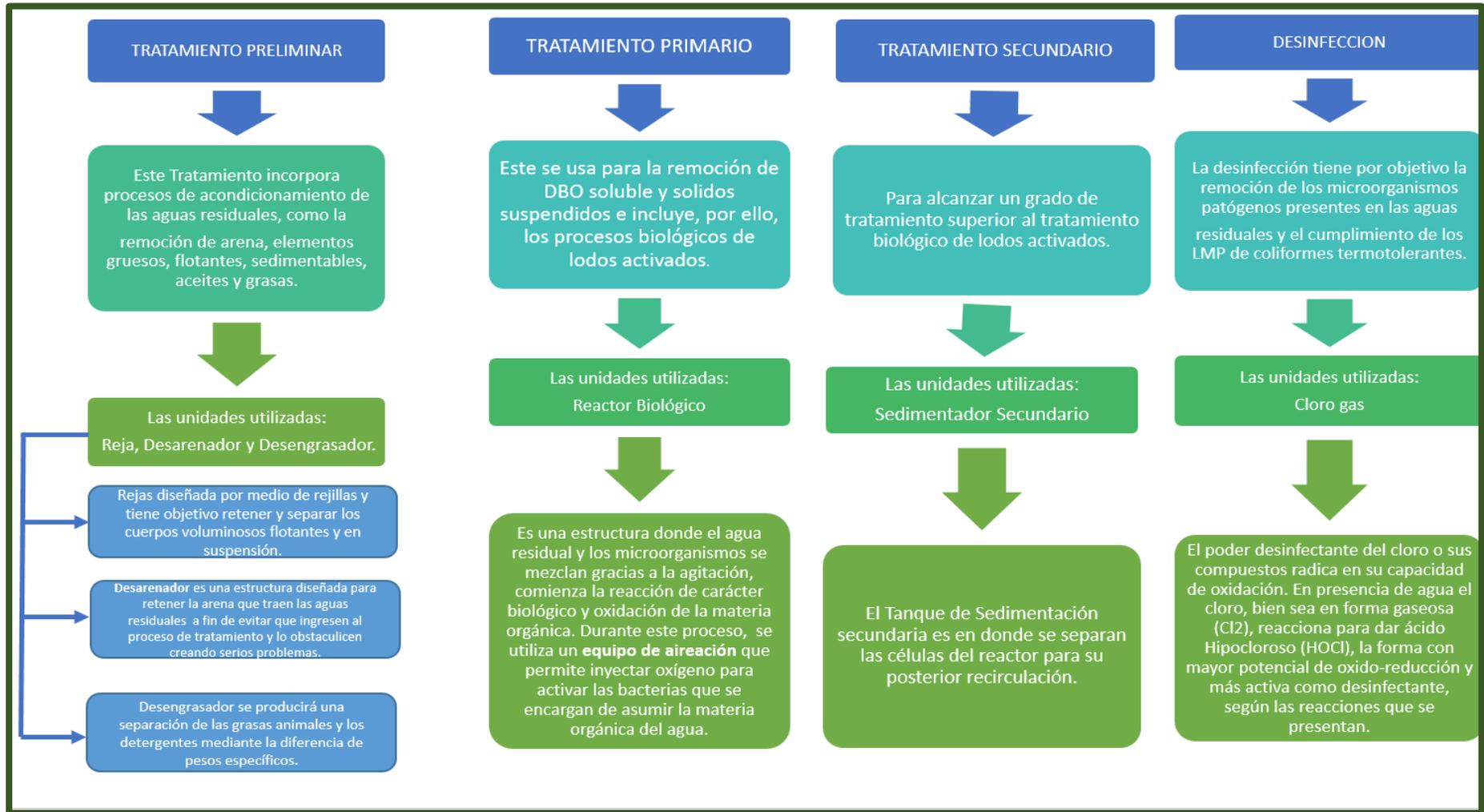
El esquema que presentamos es ideal para obtener el agua clarificada para reúso, además de bajar el grado de contaminación que tienen las actuales PTAR de estas poblaciones.

Figura N° 15: Diseño de la PTAR con Sistema de Lodos Activados en 3D



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°16: Esquema General de los Procesos en el Diseño de la Planta con Lodos Activados



Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

Las aguas residuales de los PTAR de Salaverry, Moche y las Delicias, son aguas residuales domésticas, las cuales principalmente son de origen residencial, sin embargo, existen aguas residuales industriales que desembocan en estas PTAR, y a pesar que la SUNASS solo ha definido las PTAR para uso doméstico, algunas de estas industrias incumplen con esta norma, debido a la falta de Saneamiento Legal y seguridad pública en las PTAR.

Según el Diagnostico respectivo, los resultados obtenidos de las PTAR, de los Distritos de Moche y Salaverry, presentan una serie de inconvenientes afectando de esta forma a la población y contaminando el medio ambiente, debido a la tecnología insuficiente, que se manifiesta por la falta de capacidad financiera de las EPS para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento con tecnologías avanzadas.

Estas PTAR, no tienen la capacidad para poder tratar las aguas residuales de estos Distritos, siendo que la población ha ido en aumento, y estas se encuentran subdimensionadas en base a su población actual, teniendo un rendimiento menor al 50 %, además de que se encuentra cerca al sector poblacional, es por eso necesaria la unificación propuesta para tratar las aguas en una sola PTAR.

En la actualidad, no hay un adecuado tratamiento en los Sistemas de las aguas residuales, el mantenimiento realizado por las EPS, el efluente procesado en la PTAR, a la fecha no cumple con los límites máximos permisibles fijados por las normas establecidas por la SUNASS, las 3 PTAR estudiadas no cumplen con estos aspectos principales necesarios para el cumplimiento de los LMP para el vertimiento en un cuerpo natural, que es el DBO5 y el DQO, siendo estos los más importantes, para obtener el efluente requerido.

La Tecnología actual en estas PTAR, no ha resultado favorable para el servicio, teniendo fallas de dimensionamiento en el diseño, esta no presenta un tratamiento preliminar adecuado como de rejas, desarenador, medidores de caudal, lo que se recomienda el cambio de tecnología, acorde al desarrollo de la ciudad.

El diseño propuesto es el Sistema de Lodos Activados, el cual tiene como unidades un pretratamiento, tratamiento primario y el proceso de desinfección, que, si bien es cierto los Sistemas mecanizados como estos, son de costos de operación y mantenimiento altos, es la mejor alternativa para estos Distritos ya que el área requerida es pequeña, dado el diagnóstico que las PTAR actuales están subdimensionadas.

Estas unidades de tratamiento han sido diseñadas en función a la población, para un periodo de 20 años, en base a nuestro criterio creímos conveniente aumentar la TC, ya que estas zonas encuentran en gran desarrollo, así el Sistema proyectado se encuentre dimensionada para el desarrollo poblacional, atendiendo al 2037 a 150,293 hab.

CONCLUSIONES

Las PTAR, actualmente en funcionamiento no cuentan con la tecnología adecuada para descontaminar el afluente, ya que su sistema, consistentes en lagunas de estabilización, se encuentran subdimensionadas teniendo un rendimiento menor al 50 % con respecto a su carga de caudal.

Las PTAR mencionadas evacuan el efluente, con un DQO de 356mg/L y de Coliformes Termotolerantes de 1.7E+06mg/L, que incumplen los LMP de DBO de 100 mg/L y de Coliformes Termotolerantes de 1E mg/L, además el efluente mencionado es evacuado por un canal abierto, hacia el mar, contaminando las zonas aledañas.

Las tres PTAR existentes, generan mayores recursos para su operación y mantenimiento, en tal sentido se propone unificar el Tratamiento de las aguas residuales de las cuencas de Moche Pueblo, Las Delicias, Taquila, Miramar, Alto Salaverry y Salaverry Pueblo en una sola PTAR, ubicada en la zona que actualmente ocupa la PTAR de Salaverry.

Esta propuesta se viabiliza por la existencia de 6 cámaras de bombeo para conducir el afluente hacia la PTAR propuesta.

Las caracterizaciones de las aguas residuales corresponden a la denominación de domésticas, teniendo en cuenta que las industrias y otros locales que arrojen grasas u otros elementos contaminantes deben tener un tratamiento preliminar privado de aguas residuales antes de ser evacuados a la red pública.

La PTAR propuesta, tiene una Tecnología apropiada para cumplir con los siguientes requerimientos: mitigación del impacto ambiental antes que el costo de la planta y reciclaje del efluente para convertirlo en riego de jardines, plantaciones de tallo alto, limpieza en general, elaboración de abonos y obtención de biogás.

La PTAR propuesta consta de los siguientes componentes:

Tratamiento Preliminar: Cámara de Rejas, Desarenador y Desengrasador.

Tratamiento Primario: Reactor Biológico

Tratamiento Secundario: Sedimentador Secundario

Desinfección: Cloro gas

La capacidad de la PTAR propuesta tendrá un periodo de vida útil mínimo de 20 años, habiéndose realizado los cálculos de su capacidad, para atender una población estimada en 150,293 habitantes extrapolando los datos del censo del 2007, con índices de crecimiento de 4% para moche y de 7.36% para Salaverry, considerando no solo el crecimiento vegetativo sino las expectativas de desarrollo económico de la zona.

RECOMENDACIONES

Con la finalidad de contribuir al impacto ambiental, generado por vertimiento de aguas contaminadas al mar se propone la realización de estudios similares en general, con las características propias de cada zona.

Los presentes estudios deben complementarse con análisis de costos de operación y mantenimiento con el fin de determinar los niveles de inversión.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES NORMA OS. 090, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales,

MENDOZA, S.R., (2000), Sistema de Lagunas de Estabilización, Santa Fe de Bogotá, Colombia, Editorial Mc Graw Hill.

SUNASS, (2016), Diagnostico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las entidades prestadoras de Servicios de Saneamiento, Lima, Perú.

Metcalf & Eddy (1995), Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización, Volumen I-II, 3ra. Edición en español, Mac Graw-Hill. Madrid, España.

Romero, J.A., Tratamiento de Aguas Residuales, Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.

ANEXOS:

- **PTAR DE SALAVERY:**

Figura N°1: Cámara de Rejas de Las Lagunas de Estabilización de Salaverry



Figura N°2: Vista del efluente de la PTAR Salaverry, salida abierta hacia el mar



Figura N°3: Efluentes que vierten las aguas al Mar de Salaverry



Figura N°4: Lagunas de Estabilización de Salaverry





**MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
SALAVERRY**

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la tecnología de lodos activados cuando están apropiadamente diseñadas, construidas y operadas no afecta al medio ambiente ni producen problemas a la comunidad, teniendo una alta capacidad de remoción de la carga orgánica y bacteriana. El reactor biológico bien operado y mantenido puede funcionar satisfactoriamente y sin problemas durante muchos años. Sin embargo, el potencial de máxima utilidad de un sistema de lodo activado es obtenido solamente a través de una adecuada operación, mantenimiento y realizado por operadores debidamente capacitados.

Una buena operación se justifica de muchas formas, acredita al operador y subordinados ante la comunidad, presenta una imagen positiva de la empresa prestadora de servicios y provee tratamiento a un costo razonable y por largos periodos de tiempo sin gravar la tarifa del servicio. Por otro lado, una planta mal operada puede desarrollar malos olores conjuntamente con la proliferación de vectores tales como roedores y mosquitos, suscitando la protesta de la población.

En la actualidad, el Distrito Salaverry cuenta con lagunas de estabilización que se encuentran ubicadas al Sur Este de la ciudad de Trujillo, en el Distrito de Salaverry, Provincia de Trujillo, del Departamento de la Libertad, a una altitud de 7 msnm, teniendo como referencia las siguientes coordenadas 8° 12' 4.78" S y 78° 59' 29.32" O. Se encuentra limitada en la parte norte y este con el Distrito de Moche y Centro Poblado Menor Miramar; luego por el sur con el distrito de Salaverry y por el oeste con el Océano Pacífico.

El actual sistema de tratamiento, consiste en recibir las aguas residuales de la Cámara de Bombeo de Salaverry, en donde se depositan las aguas residuales del sistema de alcantarillado, compuesta por 11.13 Km de redes secundarias y 4.0 Km de redes primarias con diámetros de 200 y 250 mm, que se encargan de recolectar los desagües de 1631 conexiones totales. Estas aguas son transportadas desde la cámara de bombeo hasta las lagunas de estabilización, a través de una línea de impulsión de 12" de diámetro y 2,400 metros lineales de longitud, para dar inicio al proceso de tratamiento de las aguas residuales.

El proceso de tratamiento de las aguas residuales se inicia con los trabajos de recepción del afluente, con un caudal promedio diario de 19.50 L/s, mediante una cámara de rejillas y un medidor de caudal; la conducción mediante canales abiertos y cerrados a 2 lagunas facultativas primarias para iniciar la remoción de sólidos a través de la sedimentación. Luego de realizarse el proceso en las lagunas primarias, dichas aguas pasan mediante el principio de desborde a las subsiguientes lagunas facultativas secundarias.

Las aguas residuales luego de 15 días de permanencia en la planta, son recolectadas por vertederos y dispuestas al canal efluente para ser conducidas hacia el Océano Pacífico.

Se tiene estimado que el volumen mensual de las aguas residuales producidas por la población del Distrito de Salaverry y que llegan a las Lagunas de Estabilización de Salaverry es de 22,246 m³ en forma mensual.

Las Lagunas de Estabilización de Salaverry, cuenta con las siguientes unidades operativas:

- El afluente.
- Cámara de Rejas.
- Lagunas facultativas primarias.
- Lagunas facultativas secundarias.
- Efluente final.

Se encuentra construida de las siguientes estructuras operativas:

- 1. Afluente.** - Se encuentra constituido por la tubería de impulsión de la cámara de aguas servidas de Salaverry. Las aguas residuales crudas presentan las siguientes características:

Parámetro	Unidades	Cantidad
Caudal promedio diario	Lps	25.00
DBO ₅	mg/L.	250.20
DQO	mg/L.	396.21
SST	mg/L.	214.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100	1.50E+04

Foto 1: Afluente de las lagunas de Estabilización de Salaverry.



2. **Estación de rejas.** - Opera bajo el principio de limpieza manual a causa del bajo caudal, está compuesta de dos compartimientos y en uno de ellos se encuentran instaladas las rejas, el segundo funciona como aliviadero. La sección transversal de las cámaras de rejas fue dimensionada de modo de permitir una velocidad de flujo entre las rejas no menor a 0.7 m/s ni mayor a 1.5 m/s. Se encuentra conformada por una estructura de rejas de fierro corrugado de ½” de espesor, donde diariamente se retienen un aproximado de 50.0 Kg de residuos sólidos.
3. **Lagunas Facultativas.** El sistema de tratamiento de aguas residuales de Salaverry cuenta con 03 lagunas facultativas primarias y 03 lagunas facultativas secundarias; encontrándose revestidas, ambas, con arcilla en la parte lateral superficial para evitar la erosión del terreno. Luego de realizarse el proceso en la laguna primaria, dichas aguas pasan mediante el principio de desborde a la subsiguiente laguna facultativa secundaria. Cada laguna secundaria cuenta con un vertedero de salida protegido con una pantalla que evita la salida del material flotante. Las lagunas facultativas presentan las siguientes características:

Lagunas Facultativas Primarias (3). Fueron construidas en el año de 1996, se encuentra impermeabilizada con arcilla y presentan las siguientes características constructivas:

Parámetro	U.M.	Cantidad
Largo	m	110.50
Ancho	m	55.30
Tirante	m	2.00
Área	ha	0.61
Coronación	m	3.00
Volumen	m ³	10,900

Foto 2: Laguna Facultativa Primaria de Salaverry.



Lagunas Facultativas Secundarias (3). Fueron construidas en el año de 1996, se encuentra impermeabilizada con arcilla y presentan las siguientes características constructivas:

Parámetro	U.M.	Cantidad
Largo	m	95.60
Ancho	m	55.30
Tirante	m	1.50
Área	ha	0.53
Coronación	m	3.00
Volumen	m ³	7,260.00

Foto 3: Laguna Facultativa Secundaria de Salaverry.



- 4. Efluente.** Se encuentra constituido por un canal abierto sin revestimiento. Las aguas residuales luego de 15 días de permanencia en la planta (lagunas facultativas), son recolectadas por vertederos y dispuestas al canal efluente para ser conducidas al mar.

Foto 4: Efluente de las Lagunas de Estabilización de Salaverry.



A continuación, se presentan los planos de ubicación, de planta, detalles y secciones transversales de las Lagunas de Estabilización de Salaverry.



Plano de ubicación de las Lagunas de Estabilización Salaverry y los distritos de Trujillo
(Fuente: SEDALIB S.A.)



Origen de las aguas residuales

Las aguas residuales, tienen su origen en la actividad diaria del hombre y procede de las viviendas, oficinas, instituciones, comercio, industrias, etc. El agua residual de origen doméstico está conformada por los desechos líquidos procedentes de la cocina, lavandería, baño, etc. Y se le conoce popularmente como desagüe doméstico. Si la descarga de la vivienda al sistema de alcantarillado no contiene la descarga del inodoro, se le conoce como “agua gris”.

De otra parte, las aguas residuales procedentes de oficinas, instituciones y comercio pueden tener características similares al doméstico, siempre que no exista una actividad comercial que altere la calidad de las aguas residuales procedentes de los servicios higiénicos. Ver figura 3.1. Finalmente, en los que respecta a las descargas de origen industrial, normalmente está compuesta por desechos líquidos procedentes de los procesos industriales, siendo la parte doméstica relativamente mínima.

Recolección

Las aguas residuales producidas por la actividad diaria del hombre, son recolectadas por el sistema de alcantarillado y conducido a la planta de tratamiento de aguas residuales o al punto de disposición final. El caudal de agua residual no siempre tiene un régimen regular descendiendo significativamente durante la noche y dependiendo del tamaño de la población servida, el caudal máximo puede alcanzar hasta tres veces el caudal medio diario.

Composición de las aguas residuales

Las aguas residuales, estén o no diluidas con agua de lluvia, contienen elementos contaminantes que al ser descargados al medio ambiente pueden causar riesgo a la salud del hombre. Los principales contaminantes que contiene el agua residual y que pueden estar disueltos o suspendidos, se agrupan como sigue:

- Materia orgánica de grado variable de biodegradabilidad
- Compuestos nitrogenados de origen orgánico o mineral
- Compuestos fosforados provenientes principalmente de los detergentes.

Adicionalmente se tiene la parte biológica conformada por organismos saprofitos y patógenos tales como helmintos, protozoos, bacteria y virus.

Evaluación de la calidad del agua residual

El diseño y manejo de las plantas de tratamiento de aguas residuales requiere de una evaluación de la calidad de las aguas residuales. Los principales parámetros a ser evaluados a este respecto son:

- Sólidos suspendidos Totales (SST). - Partículas orgánicas o inorgánicas fácilmente separables del líquido por filtración o centrifugación.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO). - Cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química (destrucción) de la materia orgánica. Esta prueba proporciona un medio indirecto de la concentración de materia orgánica en el agua residual.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO5). - Prueba biológica que permite determinar la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable durante 5 días y a 20°C. La DBO5 corresponde a la cantidad de oxígeno necesario en un tiempo determinado para oxidar biológicamente la materia orgánica. La relación DQO/DBO5 proporciona una indicación de la biodegradabilidad de las aguas residuales.
- Contenido de nitrógeno y fósforo (N y P) en diferentes formas químicas. - Estos compuestos conjuntamente con la materia carbonácea o DBO5 indica si las aguas residuales tienen la adecuada proporción de nutrientes como para facilitar la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales.
- Contenido de gérmenes. - Está conformado por Estreptococos, Coniforme fecal, Salmonellas, Ascaris, Trichuris, Amebas, etc. Su presencia permite evaluar el peligro a la salud debido a la contaminación biológica. En el cuadro 3.3 se ilustra la cantidad de organismos excretados en las heces y la dosis infectiva para causar una enfermedad.
- Metales pesados. - La presencia de metales pesados tales como plomo, cadmio, selenio, cromo, cobre, etc. en las aguas residuales pueden ser contraproducentes para su adecuado tratamiento al afectar a la biomasa encargada de la estabilización de la materia orgánica. Por este motivo su contenido debe ser controlado en la fuente de origen.

III. CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.

Biomasa

Los tanques de aireación en lodos activados son colonizados naturalmente por una gran variedad de organismos, la mayor parte de ellos invisibles al ojo humano. Los principales grupos encontrados son:

Bacterias

Son microorganismos que pueden asimilar la mayor parte de la materia orgánica. Ellos eliminan al medio ambiente productos de descomposición bajo la forma de dióxido de carbono, metano y material soluble. Existen dos tipos de bacterias:

- **Anaeróbicas.** - Aquellas que pueden desarrollarse en ausencia de oxígeno, y
- **Aeróbicas.** - Aquellas que necesitan oxígeno para vivir.

En las lagunas de estabilización del tipo facultativo, las primeras son encontradas en las capas más profundas y en el lodo, mientras que las aeróbicas predominan en las capas superficiales de agua. El oxígeno necesario para la respiración proviene del intercambio entre el aire y el agua (mezcla inducida por el viento) pero principalmente proviene de la actividad fotosintética de las algas en suspensión. En el caso de las lagunas aireadas facultativas, el oxígeno necesario para la respiración de las bacterias es suministrado principalmente por los aireadores mecánicos y en mucho menos grado por la aireación natural y por la actividad fotosintética de las algas.

Zooplancton

Este término designa a todos los animales pequeños o microscópicos que viven en los tanques de aireación. Ellos son, por ejemplo, microcrustáceos tales como la daphnia que se alimenta por filtración de los sólidos suspendidos como la materia orgánica, bacterias y algas. Cuando ellos se desarrollan en estaciones cálidas y, en lagunas de baja carga, su actividad puede ser muy intensa y contribuyen particularmente a una alta remoción de la carga orgánica y a clarificar el agua.

Mecanismos de purificación

La cama orgánica, así como sus componentes son descompuestos de diversas maneras, las que están íntimamente interrelacionados y llenen efectos complementarios. En la figura N° 3.2 se presenta en forma gráfica los mecanismos de purificación de las aguas residuales crudas.

Sales minerales

Pequeñas cantidades de sales minerales son asimiladas por los diversos microorganismos tales como algas, bacterias, protozoos, helmintos, así como por el fitoplancton que pudiera desarrollarse en las aguas de las lagunas de estabilización.

Materia orgánica

La materia orgánica disuelta en el agua es descompuesta por las bacterias propiciando el desarrollo de las mismas y que sirven de alimento para el zooplancton. En el caso de las lagunas de estabilización del tipo facultativa, los compuestos orgánicos e inorgánicos producidos por la descomposición de las bacterias contribuyen al crecimiento de las algas.

Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos que contiene el agua residual cruda tienden a sedimentar en el fondo de las lagunas en donde queda retenido y parte de fracción suspendida es absorbida directamente por el zooplancton. El sedimento es biológicamente activo, por lo que el proceso de estabilización continúa a este nivel y en forma independiente de lo que sucede en la fracción líquida.

Los sólidos suspendidos presentes en los efluentes, no son de la misma naturaleza que los encontrados en las aguas residuales y están representados principalmente por pequeñas cantidades de materia orgánica suspendida, bacterias, algas y zooplancton.

IV. DESCRIPCION DE LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SALAVERRY

El proyecto de la nueva PTAR Salaverry, consta de las siguientes unidades operativas:

- Estación Cámara de Rejas.
- Desarenador.
- Reactor Biológico.
- Sedimentador.
- Unidad de desinfección química.
- Digestor Aeróbico.
- Espesador de Lodos.

Unidades Operativas

Estación de rejas. - Opera bajo el principio de limpieza manual a causa del bajo caudal, está compuesta de dos compartimientos y en uno de ellos se encuentran instaladas las rejas, el segundo funciona como aliviadero. La sección transversal de las cámaras de rejas fue dimensionada de modo de permitir una velocidad de flujo entre las rejas no menor a 0.6 m/s ni mayor a 1.4 m/s. Se encuentra conformada por una estructura de rejas de fierro corrugado de ½” de espesor, donde diariamente se retienen un aproximado de 6.51 Kg. de residuos sólidos.

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso por ella por una criba o rejilla. Para la PTAR Salaverry se ha considerado el diseño de una estación de rejas, con rejillas gruesas con aberturas iguales de 0.64 cm (1/4 de pulgada), construidas con platinas de acero para proteger bombas, válvulas, tuberías y demás equipo, considerando una operación de limpieza mecánica y manual.

La longitud de las rejillas tiene una longitud de 1.5 mts de largo, condiciones para que el operador pueda realizar las actividades de limpieza sin mayor dificultad. En la Parte superior de la rejilla se ha provisto una placa de drenaje o placa perforada, con el objeto de permitir el drenaje temporal del material removido.

El canal de acceso a la rejilla de la PTAR Salaverry, se ha diseñado para prevenir la acumulación de arena u otro material pesado, antes y después de la rejilla. El canal es

horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, para promover una distribución uniforme de los sólidos retenidos en ella.

El ancho de las barras consideradas para la rejilla de la PTAR Salaverry, es de 0.5 cm, una profundidad de las barras de 2.5 cm, la abertura o espaciamiento de 2.5 cm, la pendiente vertical de 30°, la velocidad de acercamiento del agua es de 0.3 m/s, y la pérdida de energía calculada a 15 cm.

Considerando que a medida que el material se va acumulando sobre la rejilla, ésta se va ir taponeando y la pérdida de energía, consecuentemente, aumenta. El diseño estructural considerado es el adecuado para impedir la rotura de la rejilla cuando está taponeada. En la PTAR Salaverry, la cámara de rejas es de limpieza mecánica. Esta cámara está compuesta de dos compartimientos. Adicionalmente, para casos de emergencia, la cámara de rejas cuenta con una compuerta para evitar el ingreso del afluente a la planta de tratamiento. El agua represada en la parte final del emisor rebalsará por la caja de interconexión situada sobre el actual emisor.

El funcionamiento del dispositivo de limpieza de las rejas de la PTAR Salaverry, será controlado por la diferencia del nivel de agua antes y después de las barras y tan pronto como se alcance un desnivel de agua determinado, (por ejemplo 10 cm). Adicionalmente e independiente de la pérdida de carga, una unidad de control accionará el dispositivo de limpieza en forma periódica.

La instalación cuenta con una faja transportadora para retirar el material cribado hacia un contenedor móvil. Los residuos almacenados en el contenedor deberán ser retirados periódicamente por el servicio municipal de recolección de residuos sólidos para su disposición final en el relleno sanitario.

La sección transversal de las cámaras de rejas fue dimensionada de manera de permitir una velocidad de flujo entre las rejas no menor a 0.6 m/s ni mayor a 1.4 m/s. El espaciamiento entre los elementos metálicos de las rejas fue establecido en 40 mm a fin de no afectar el funcionamiento de los equipos de impulsión del agua residual y el espesor de los referidos elementos metálicos están comprendidos entre 8 a 13 mm. La cantidad de material cribado y a ser retenido por las rejas ha sido estimada en 15 litros por 1000 m³ de agua residual tratada.

La instalación cuenta con una faja transportadora para retirar el material cribado hacia un contenedor móvil. Los residuos almacenados en el contenedor deberán ser retirados periódicamente por el servicio municipal de recolección de residuos sólidos para su disposición final en el relleno sanitario.

La sección transversal de las cámaras de rejillas fue dimensionada de manera de permitir una velocidad de flujo entre las rejillas no menor a 0.6 m/s ni mayor a 1.4 m/s. El espaciamiento entre los elementos metálicos de las rejillas fue establecido en 40 mm a fin de no afectar el funcionamiento de los equipos de impulsión del agua residual y el espesor de los referidos elementos metálicos están comprendidos entre 8 a 13 mm. La cantidad de material cribado y a ser retenido por las rejillas ha sido estimada en 15 litros por 1000 m³ de agua residual tratada.

La pérdida de energía a través de la rejilla es función de la forma de las barras y de la altura o energía de velocidad del flujo entre las barras.

Para el diseño de la cámara de rejillas de la PTAR Salaverry, se ha utilizado la ecuación de Kirschmer, quien señala que la pérdida de energía en una rejilla limpia puede calcularse por la siguiente ecuación:

$$H = \beta \left[\left(\frac{W}{b} \right) \right]^{4/3} h_v \sin \theta$$

Donde:

H = pérdida de energía.

β = Factor de forma de las barras

$\beta = 2.42$ para barras rectangulares de caras rectas.

W = Ancho máximo de la sección transversal de las barras, dirección de flujo, m

b = Espaciamiento o separación mínima entre barras, m

h_v = Altura o energía de velocidad del flujo de aproximación, m

θ = Ángulo de la rejilla con la horizontal.

Las especificaciones técnicas consideradas para las rejas de la PTAR Salaverry son las siguientes:

Ancho de las barras: 0.5 cm.

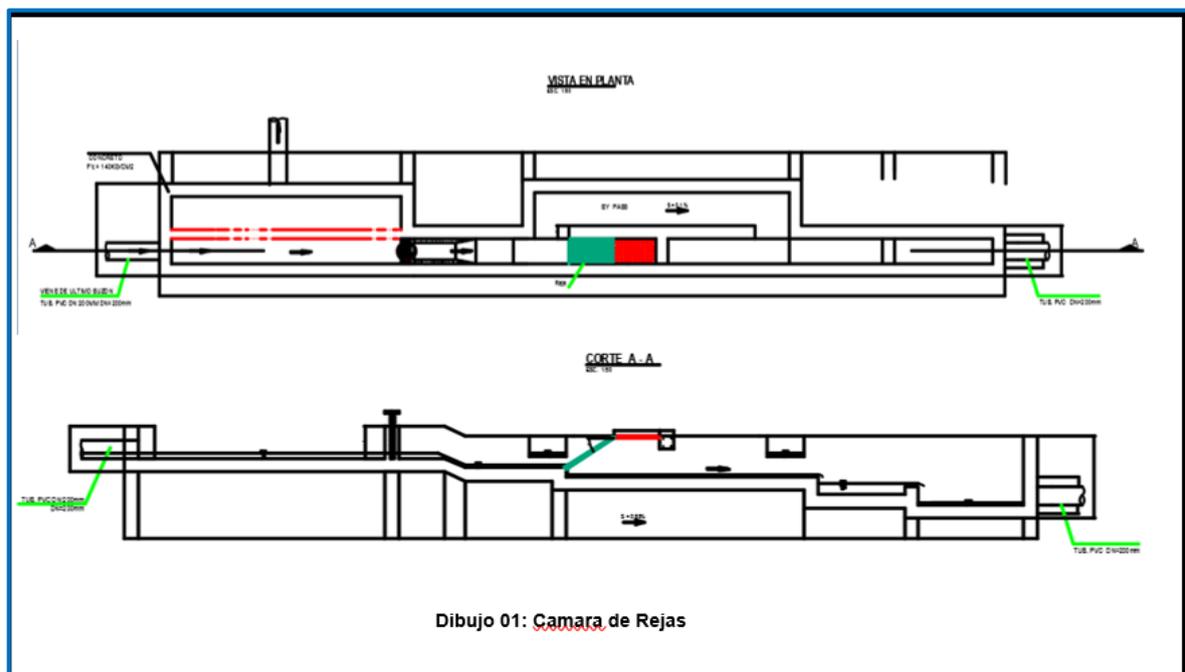
Profundidad de las barras: 2.5 cm

Abertura o espaciamiento de las barras: 2.5 cm

Pendiente con la vertical: 30°

Velocidad de acercamiento de las aguas: 0.3 m/s.

Pérdida de energía permisible: 15 cm

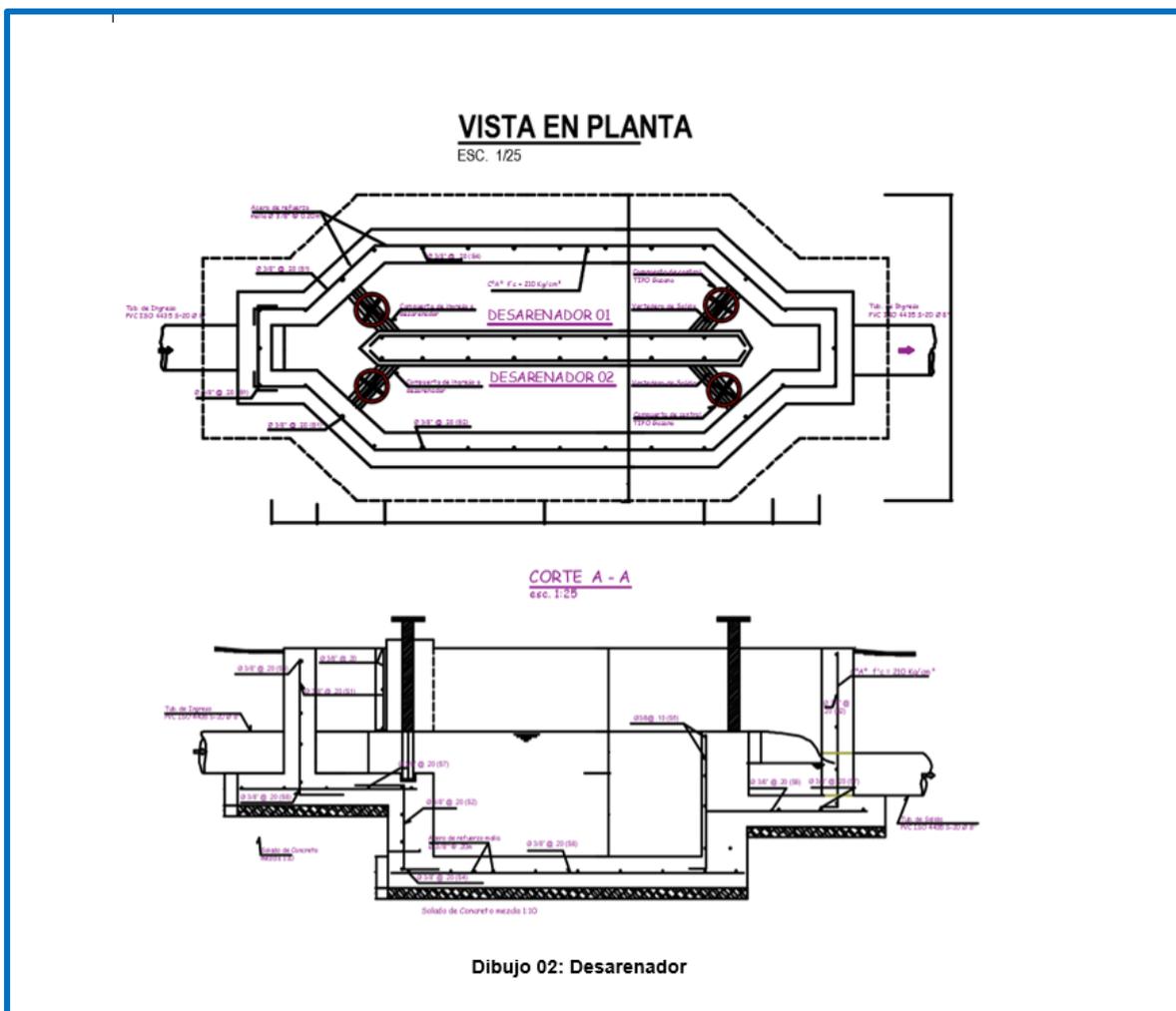


Medidor de caudal. - Se ha propuesto la construcción de un medidor de caudal tipo Khafagi-Venturi. Este medidor tiene la particularidad de poseer baja pérdida de carga y permitir mediciones confiables sin favorecer la sedimentación del material particulado y además de su fácil construcción. Las mediciones se pueden realizar directamente aguas arriba de la garganta o en la poza de medición situada a un lado del medidor. En la poza podrá instalarse un limnígrafo para el registro continuo de los caudales.

Desarenador. - Entendiendo que se denominan tanques primarios de sedimentación aquellos que reciben aguas residuales crudas, generalmente antes del tratamiento biológico secundario. El tanque desarenador considerado es rectangular y el agua residual cruda ingresa a través de una serie de aberturas cerca de la superficie extremo de entrada del tanque y se mueve a lo largo de este a velocidad muy baja, hasta descargar por el extremo opuesto sobre un vertedero. A la entrada, una pantalla corta disipa la velocidad del afluente y dirige el flujo hacia abajo.

Las especificaciones técnicas consideradas para el desarenador de la PTAR Salaverry son las siguientes:

- $Q = 0.306 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V = 1.43 \text{ m/s}$
- $D = 8'' (0,203 \text{ m})$
- $Q_0 = 0.306 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V_0 = 1,56 \text{ m/s}$
- $D = 0.13 \text{ m}$
- Periodo de diseño = 20 años
- Número de módulos = 2
- Caudal medio diario (año 2037) = 306 L/seg.
- Caudal máximo diario (año 2037) = 398 L/seg.
- Caudal medio diario (2037) = 606 L/seg.
- Requerimiento de agua en la planta de purificación = 1.1 L/seg
- Caudal de diseño de cada módulo = 153L/seg.
- Remoción de partículas de diámetro $d=0.05 \text{ mm}$
- Porcentaje de remoción = 75%
- Temperatura = 15°C.
- Viscosidad cinemática del agua: 0,01059 cm^2/s
- Grado del desarenador: $n = 1$ (sin deflector)
- Relación Longitud: ancho = 4: 1
- Cota de la lámina en la tubería a la entrada del desarenador = 98.87
- Cota de la batea en la tubería a la entrada del desarenador = 98.74
- Cota de la corona de muros = 99.17



Reactor biológico aerobio. - El reactor biológico considerado para la PTAR Salaverry, tiene un tanque de aeración fijo para un caudal determinado. Ello significa que el tiempo para la actividad biológica estará limitado a un período fijo para cada caudal de entrada. Dentro de dicho período de retención se efectuará la actividad biológica de los microorganismos, los cuales pasan por diferentes fases de desarrollo, dependiendo de la relación A/M (factor de carga Alimento – Masa Biológica) y demás condiciones ambientales.

En el período de arranque de la PTAR Salaverry se espera que la relación A/M sea muy grande, es decir los microorganismos tendrán exceso de alimento, y como el crecimiento depende del alimento presente, tendrá un crecimiento logarítmico. La materia orgánica del residuo se utiliza a la tasa máxima con una tasa óptima de conversión de material orgánico en células nuevas; el nivel de energía es alto y mantendrá todos los microorganismos completamente esparcidos, crecimiento disperso, haciendo difícil formar floc biológico de

lodo activado durante el período en que los microorganismos permanecen en fase logarítmica. A medida que se consume el alimento y se producen nuevas células, la relación A/M disminuye y se llega a un punto en que el alimento ya no se encuentra en exceso, sino que es el factor limitante.

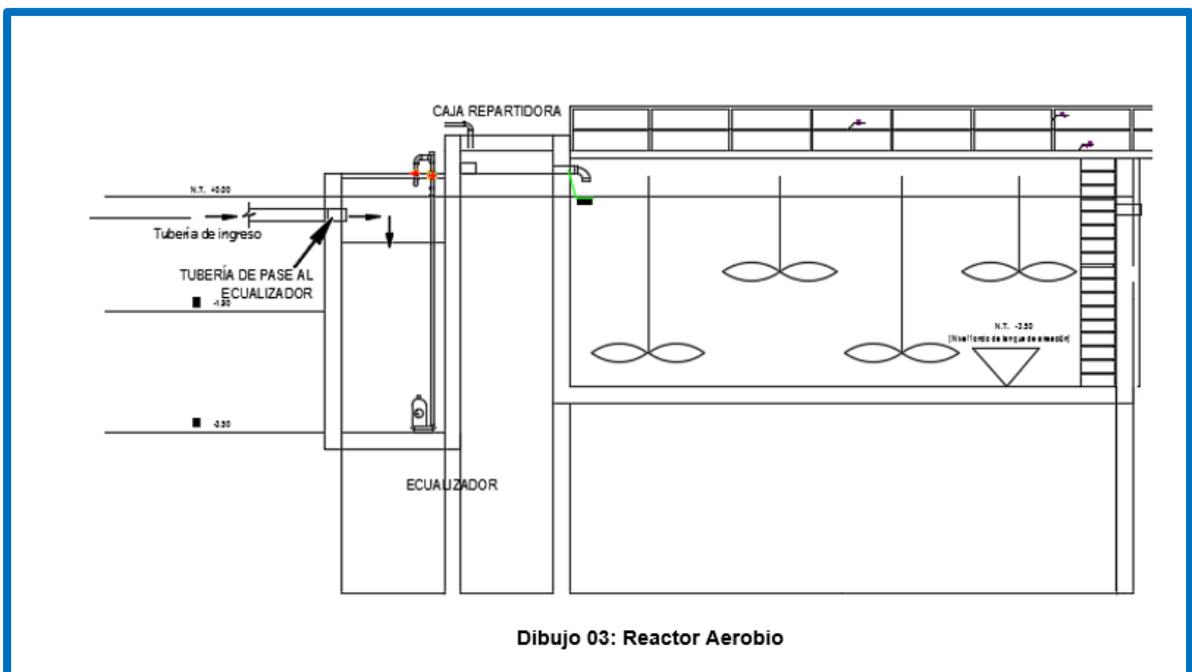
El crecimiento pasa entonces de la fase logarítmica a la fase de declinación; algunas células comienzan aparecer y el floc empieza a formarse, pues las células han perdido energía, ya no se apartan una de otras y la turbulencia promueve su contacto y aglutinación. La concentración de alimento continúa disminuyendo y los microorganismos aumentando, pero a una tasa cada vez menor, la relación A/M alcanza un valor mínimo y se inicia la fase endógena, durante la cual los microorganismos son incapaces de obtener suficiente energía del alimento remanente en el residuo y comienza a metabolizar sus propias reservas de alimento (lisis), aumentando rápidamente la tasa de formación de floc biológico. Si el tiempo de aireación se prolonga lo suficiente, todas las formas biológicas morirán y solamente permanecería la porción inerte de las células.

En general, cuando se obtiene la fase endógena, el floc biológico formado es separado de la fracción líquida mediante sedimentación y recirculación al tanque de aeración. La recirculación del floc biológico concentrado hace que la concentración de microorganismos sea mayor que la inicial; la relación A/M será también menor que la relación inicial y las bacterias empiezan de nuevo el período de crecimiento. Si el tiempo de aeración permaneciera constante, el sistema progresaría poco a poco dentro de la fase endógena y se obtendría una mejor floculación y un efluente más claro. En conclusión, la remoción orgánica es más rápida en la fase de crecimiento logarítmico, mientras que la formación de floc es mejor en la fase endógena. Consecuentemente para el diseño de la PTAR Salaverry se deberá tener presente las variaciones de la carga orgánica y de caudal de las aguas residuales efluente.

Por otro lado, el diseño del tanque de aireación de la PTAR Salaverry, debe ser suficiente para permitir que los microorganismos alcancen la fase endógena durante los períodos de caudal máximo y máxima carga orgánica. Si el tanque de aireación no es lo suficientemente grande como para que esto ocurra el efluente se hará turbio, pues se perderán microorganismos.

Las especificaciones técnicas del reactor biológico, consideradas para la PTAR Salaverry son las siguientes:

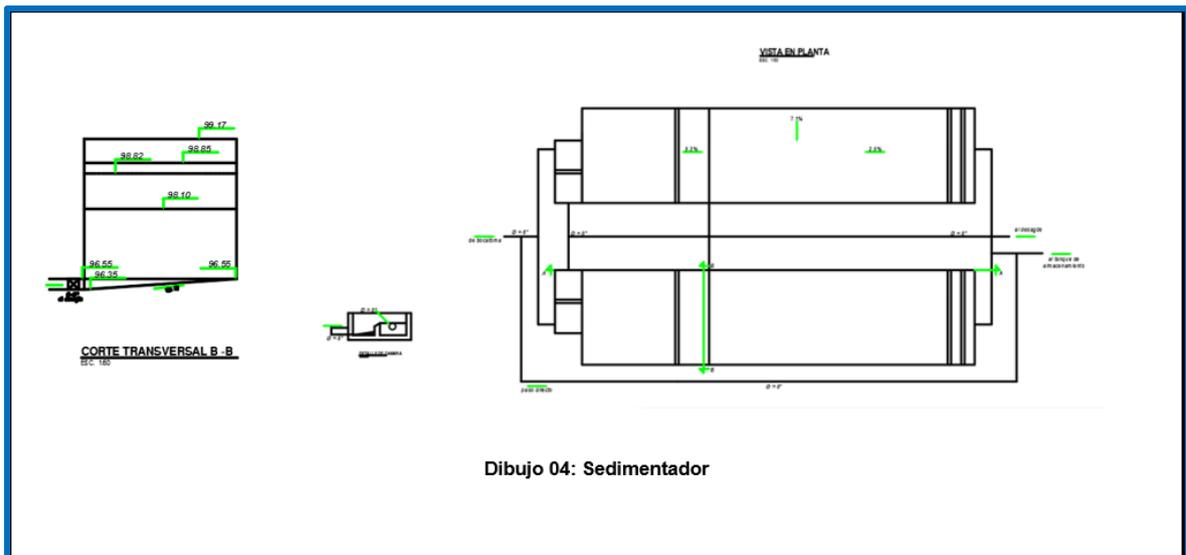
- Caudal de aguas residuales: 306 L/seg
- Volumen del tanque de aireación: 500 m³
- Tiempo de retención hidráulica: 08 horas
- Carga orgánica:
- Carga orgánica volumétrica: 600 gr de DBO/m³. d
- Relación Alimento/microorganismos: 0.4 g DBO/g SSV LMd
- DBO agua residual cruda: 320mg/L
- Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación: 3000 mg/L
- Tiempo promedio de retención celular: 15 días
- Caudal de lodo dispuesto: 30 L/seg
- Caudal del efluente tratado: 110 L/seg
- Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles en el efluente tratado: 3 mg/L
- Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles en la recirculación: 300 mg/l
- Tasa de recirculación de lodos: 75%
- Eficiencia en remoción de DB0: 95%



Sedimentador secundario. - Las especificaciones Técnicas del Reactor biológico: Las características técnicas de diseño del reactor biológico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Salaverry son las siguientes:

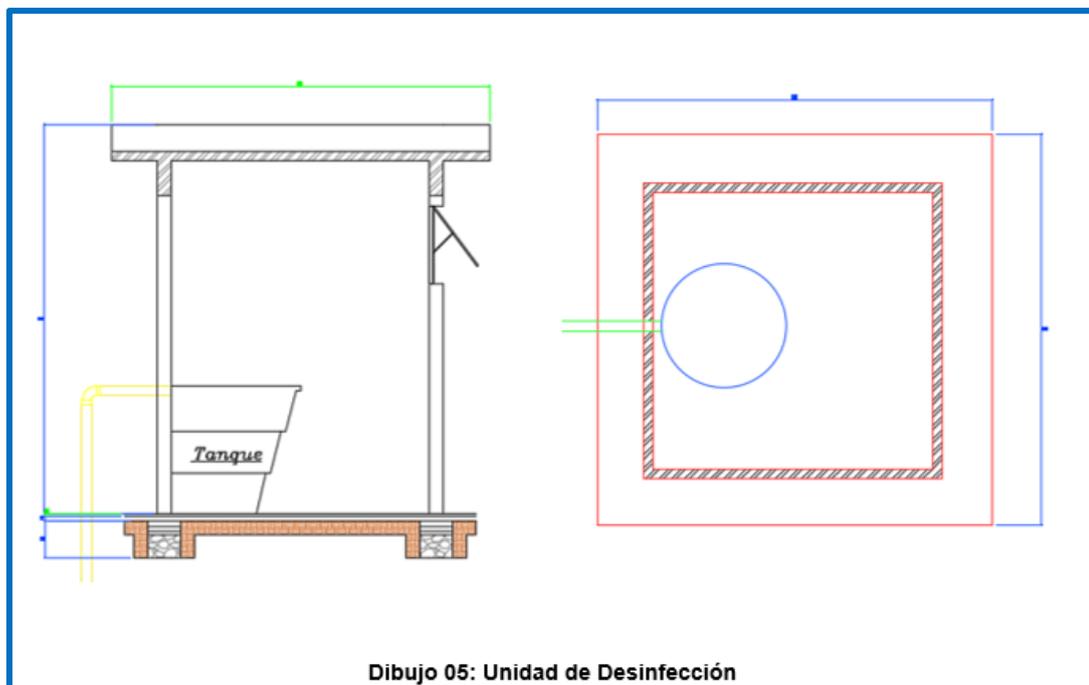
Las especificaciones técnicas consideradas para el sedimentador secundario de la PTAR Salaverry son las siguientes:

- $Q = 0.306 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V = 1.43 \text{ m/s}$
- $D = 8'' (0,203 \text{ m})$
- $V_o = 1,56 \text{ m/s}$
- $D = 0.13 \text{ m}$
- Periodo de diseño = 20 años
- Número de módulos = 1
- Requerimiento de agua en la planta de purificación = 1.1 L/seg
- Caudal de diseño de cada módulo = 30 L/seg.
- Remoción de partículas de diámetro $d=1.00 \text{ mm}$
- Porcentaje de remoción = 75%
- Temperatura = 15°C.
- Viscosidad cinemática del agua: 0,01059 cm^2/s
- Grado del desarenador: $n = 1$ (sin deflector)
- Relación Longitud: ancho = 4: 1
- Cota de la lámina en la tubería a la entrada del desarenador = 98.87
- Cota de la batea en la tubería a la entrada del desarenador = 98.74
- Cota de la corona de muros = 99.17



Unidad de desinfección. - Las especificaciones Técnicas de la unidad de desinfección de las aguas residuales tratadas de la PTAR Salaverry son las siguientes:

- Producto Químico = Cloro Gas
- Concentración = 1.0 ppm de Cloro Activo/ L
- Presentación = Botellones de 68 Kilogramos de Gas Cloro.
- Tipo de dosificación = Al vacío.
- Seguridad = Caseta de seguridad aislada.

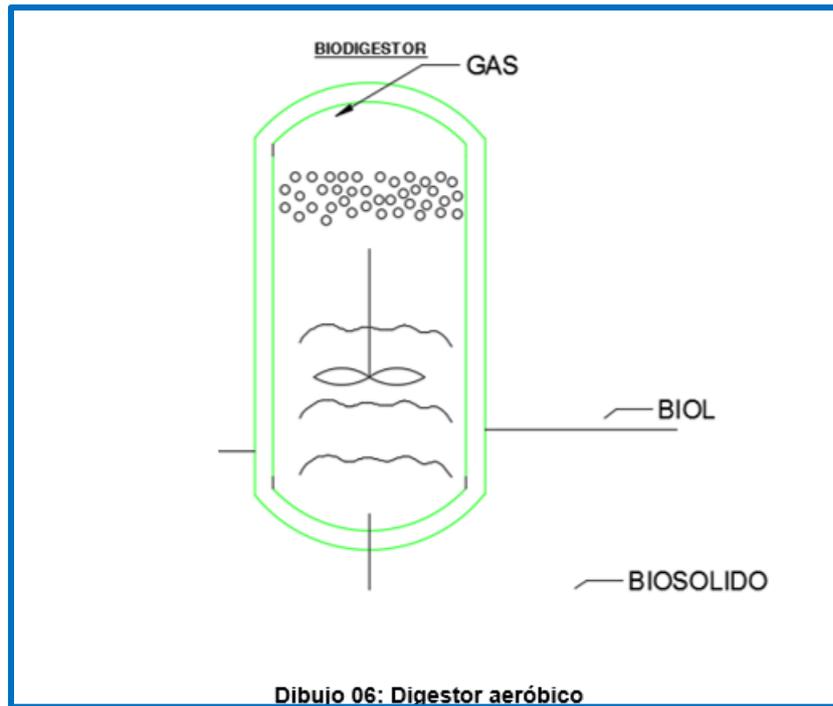


Digestor anaerobio de lodos. - Entendiendo que la PTAR Salaverry, cuenta con un reactor biológico con recirculación de lodos, necesariamente se debe de contar con una unidad de tratamiento anaerobio de lodos. Estos lodos producidos en los procesos de tratamiento de aguas residuales están compuestos de la materia orgánica contenida en el agua residual cruda, en forma diferente, pero también susceptible de descomposición. La digestión de lodos se aplica con el propósito de producir un compuesto final más estable y eliminar cualquier microorganismo patógeno presente en el lodo crudo. La digestión anaerobia se usa principalmente para estabilizar los lodos primarios y secundarios. El primario es un lodo digerible con fuerte olor fecal. La reducción de sólidos volátiles es el criterio usado para medir el rendimiento de los procesos de digestión de lodos. El resultado de la digestión es reducir el contenido volátil a cerca del 50% y los sólidos a aproximadamente a un 70% de los valores originales. Los sólidos orgánicos remanentes son de naturaleza homogénea, relativamente estables con olor a alquitrán, sin embargo, la deshidratación de lodo diferido es difícil. El proceso convencional de digestión anaerobia se efectúa en dos etapas: La primera con calentamiento y mezcla, produce mayor cantidad de gas, y la segunda es una etapa de asentamiento tranquilo usada para el almacenamiento, espesamiento del lodo digerido y la formación de un sobrenadante claro. El sobrenadante, rico en material orgánico soluble (DBO hasta 10,000 mg/L), se recircula para tratamiento aerobio en la planta y el lodo digerido es extraído para secado y disposición final.

La digestión de anaerobia de lodos también se practica en digestores convencionales de una sola etapa, siendo similar el proceso, pero efectuándose todo dentro de un solo tanque.

Para la PTAR Salaverry se ha considerado un proceso de digestión de tasa baja es el más antiguo, también conocido como convencional o de tasa estándar. En estos digestores el lodo se dosifica intermitentemente al digestor, sin mezcla y sin calentamiento. En el digestor de tasa baja ocurrirá una estratificación de cuatro zonas: capa de espuma, capa de sobrenadante, capa de sólidos en digestión activa y capa de sólidos digeridos e inertes. El sobrenadante y el lodo digerido se extraen periódicamente. Debido a la estratificación y a la carencia de mezcla, sólo un 50% del volumen total del digestor es usado efectivamente, por ello el proceso de tasa baja se usa en especial en plantas pequeñas como es el caso de la PTAR Salaverry.

Para este caso, como es un sistema de dosificación discontinua de lodo y que se agrega generalmente una vez al día, las bacterias productoras de ácidos e hidrógeno crecen más rápido que las bacterias que utilizan ácido e hidrógeno, la dosificación intermitente conduce a incrementos súbitos de producción de ácido e hidrógeno que pueden ocasionar disminuciones de pH si no existe suficiente alcalinidad; por ello se recomienda una dosificación continua.



Espesador de lodos. - Para la PTAR Salaverry, se está considerando una unidad de espesamiento de lodos, que es la primera etapa del tratamiento de lodos, en este caso se ha considerado espesamiento por gravedad para mejorar el rendimiento de los digestores, rebajar el costo de la digestión y reducir el volumen del lodo, normalmente para reducir el costo del tratamiento o procesos aplicados después del espesamiento.

Los espesadores por gravedad, son sedimentadores dotados con barredoras de lodos para producir un lodo más concentrado que el lodo aplicado. El lodo del tratamiento con lodos activados es individualmente difícil de espesar, por lo cual se prefiere mezclarlo con lodo primario. El lodo primario y el lodo de cal sedimentarán más fácilmente y permiten obtener una concentración alta de sólidos sin acondicionamiento químico.

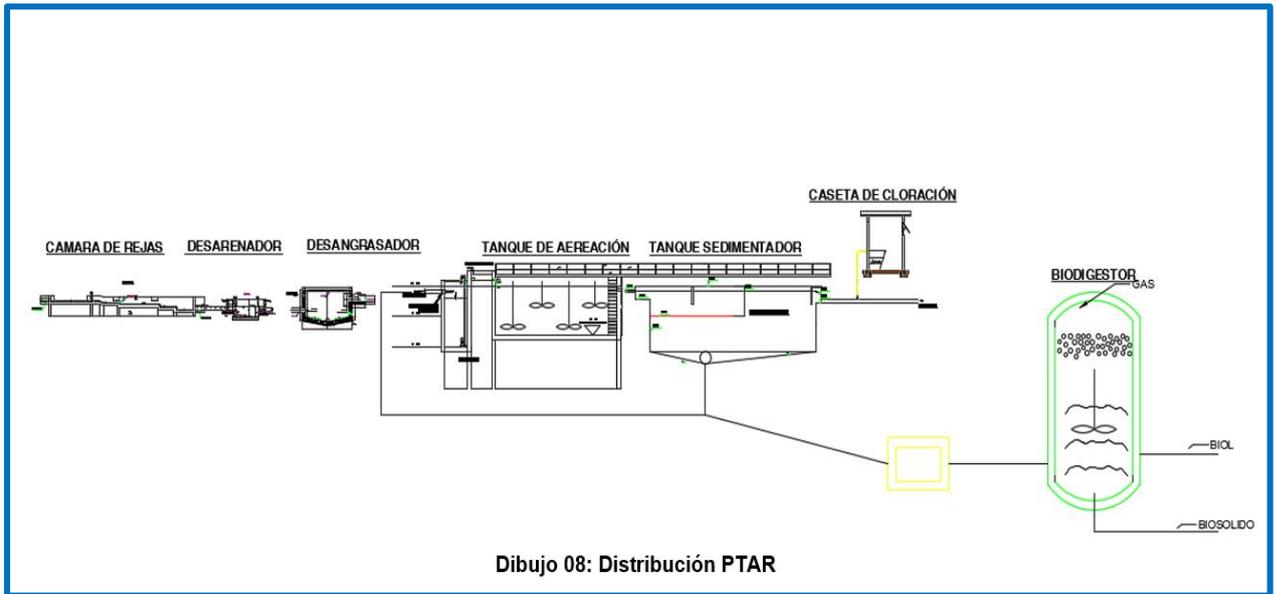
Para el caso del espesamiento de lodos de la PTAR Salaverry se deberá tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Si la temperatura del agua residual es mayor a 20°C, sólo se debe usar espesamiento por gravedad cuando la edad de lodo es mayor a 20 días.
- Se debe mantener el lodo en el espesador menos de 18 horas para reducir efectos indeseables de la actividad biológica.
- Se debe seleccionar un tanque de diámetro menor a 12 m.

Las especificaciones técnicas consideradas para el espesador de lodos de la PTAR Salaverry son las siguientes:

- Forma geométrica del Tanque Espesador = Circular
- Profundidad del Tanque Espesador = 4 m
- Diámetro del Tanque Espesador = 10 m.
- Tiempo de retención hidráulica = 12 horas.
- Tiempo de retención de lodo: 36 horas
- Pendiente del piso: 1:6
- Velocidad periférica de la barredora: 0.10 m/s.





Descripción de Responsabilidades del personal que labora en la PTAR Salaverry:

El conjunto de actividades a desarrollar por el personal durante la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Salaverry está dirigido fundamentalmente a asegurar que los procesos de tratamiento proyectados cumplan con la finalidad prevista y además que la misma planta esté en las mejores condiciones físicas y estéticas. Para tal efecto, se presenta una descripción de las labores que deberán ser ejecutadas al interior de la planta de tratamiento por el personal encargado de la operación y mantenimiento de la misma.

Operador. - Dentro de las actividades a ser desarrolladas por los operadores se encontrarán:

- Coordinar las actividades de su responsabilidad con el Jefe de Planta.
- Cumplir y supervisar el cumplimiento de todas las labores de operación y mantenimiento especificadas para la planta de tratamiento de Salaverry y como tal, ejercita autoridad directa sobre todos los trabajadores.
- Registrar adecuadamente en los respectivos formularios los datos operacionales de la planta de tratamiento, en lo referente a caudal, temperatura, pH, oxígeno disuelto, etc. en los puntos determinados en el programa de monitoreo, así como las observaciones visuales.

- Registrar los volúmenes de sólidos retenidos en las rejillas y en las lagunas de estabilización con la finalidad de optimizar los tiempos de almacenamiento y evacuación de los mismos.
- Colaborar en la toma de muestras de aguas residuales en los lugares de muestreo determinados en el programa de monitoreo.
- Operar los limnógrafos para de medición de nivel de agua en las lagunas y los equipos de toma de muestra.
- Controlar los niveles de oxígeno disuelto en las lagunas facultativas.
- Supervisar la activación o desactivación de las cribas en las horas de mayor o menor volumen de sólidos retenidos.
- Informar al Jefe de Planta sobre los problemas que se susciten en los diferentes procesos de tratamiento con la finalidad de tomar las medidas correctivas del caso.
- Colaborar con el personal responsable en las labores de evaluación e investigación emprendidas en la planta de tratamiento de aguas residuales de Salaverry.
- Supervisar las labores realizadas por los obreros y asesorar a los mismos.
- Otros que el Jefe de Planta determine.

Obreros. - Dentro de las actividades a ser desarrolladas por los obreros se encuentra:

- Participar activamente en todas las labores de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de Salaverry en lo que respecta.
- Mantener limpias todas las estructuras de llegada de las aguas residuales incluyendo la cámara de rejillas y medidor de caudal.
- Mantener limpias las crestas de los diques, vías de acceso y vías interiores de la planta de tratamiento.
- Limpiar los alrededores de las edificaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Retirar las natas de la superficie de agua de las lagunas airadas y facultativas.
- Retirar el material u objetos que interfieren en la distribución de las aguas residuales crudas o tratadas.

- Realizar la limpieza y mantenimiento de los taludes de los diques y colaborar en el mantenimiento de los jardines ornamentales ubicados al ingreso de la planta y los que rodean a las oficinas.
- Apoyar en la toma y transporte de muestras de aguas residuales.
- Apoyar en el transporte de materiales y herramientas de trabajo.
- Comunicar al Operador de turno cualquier problema que pudiera presentarse en las estructuras de pre tratamiento y en cualquier otro lugar de la planta de tratamiento, de modo que se tomen oportunamente las medidas correctivas necesarias.
- Comunicar al Operador de turno sobre cualquier cambio en el aspecto de las lagunas, así como del color de las mismas, para que se tomen las medidas correctivas necesarias.
- Mantener en estado de pulcritud todas las instalaciones que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales de Salaverry.
- Otros que el Operador determine.

Jardinero: El jardinero deberá realizar las siguientes actividades:

- Realizar la limpieza y mantenimiento de los jardines ornamentales ubicados al ingreso de la planta de tratamiento y de los que rodean a las oficinas.
- Colaborar en las labores de limpieza y mantenimiento de los diques.
- Otros que el Jefe de Planta determine.
- Requerimientos Administrativos

Para el desarrollo de las funciones administrativas, la planta de tratamiento deberá contar con el siguiente equipamiento:

Oficina del Jefe de Planta

- Un escritorio con su respectivo sillón.
- Computadora e impresora con su respectivo mueble.
- Teléfono.

- Radio transmisor (walkie talkie)
- Mesa de reuniones con sus respectivas sillas.
- Muebles diversos (archivadores, estantes, etc.)

Laboratorio de la planta de tratamiento

- Mesa con cajones y divisiones para guardar los equipos, cristalería y reactivos
- Taburetes
- Archivador
- Destilador de agua
- Equipo de laboratorio para la determinación de
- Oxígeno disuelto
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Demanda química de oxígeno
- Sólidos sedimentables
- Sólidos suspendidos
- Coliformes totales y termo tolerantes
- Temperatura
- Valor de pH
- Conductividad

Ambiente para la secretaria y recepción

- Un escritorio con su respectivo sillón
- Un mueble para archivar documentación
- Computadora
- Teléfono.
- Material de escritorio
- Sillas para recibir a la visita.

Comedor de personal obrero

- Mesa de comedor
- Banca
- Repostero
- Cocinilla eléctrica

- Refrigeradora

Documentación requerida por el Jefe de Planta

La documentación con que debe contar la jefatura de la planta estará conformada por:

- Memoria técnica del proyecto.
- Un juego completo de planos de construcción.
- Especificaciones técnicas constructivas
- Especificaciones de los equipos electromecánicos
- Manuales de los equipos electromecánicos suministrados por el fabricante
- Material bibliográfico relacionado con los procesos de tratamiento.
- Cuaderno para el registro

SEGURIDAD

Equipo de seguridad

Con la finalidad que el personal cumpla con sus funciones y proteja su integridad física, así como su salud, es necesario que cuente con equipo y las herramientas apropiadas para la realización de su trabajo, así como con los elementos necesarios para su seguridad.

El equipo de protección individual recomendable para el personal de la planta de tratamiento de aguas residuales de Valdivia es el siguiente:

- Cascos de seguridad
- Botas de jebe
- Guantes de cuero
- Mascarillas anti-gas para los operadores de la cámara de rejillas y estación elevadora de aguas residuales
- Mamelucos
- Chalecos salvavidas

Programa de salud y seguridad personal

El Jefe de Planta y los Operadores de Turno son las personas responsables por la correcta aplicación del programa de salud y seguridad en el trabajo que vienen a ser las actividades de mayor frecuencia en este tipo de instalaciones.

Salud

Es responsabilidad de la empresa la preservación y conservación de la buena salud del personal que trabaja en la planta de tratamiento de aguas residuales, así como de sus familiares, en vista de que los trabajadores pueden ser portadores potenciales hacia sus hogares, de diferentes tipos de enfermedades cuyos agentes están contenidas en las aguas residuales. Dentro de este contexto, las siguientes medidas deben ser observadas por todo el personal de la planta de tratamiento:

- No ingerir alimentos o fumar en la jornada de trabajo, principalmente en los alrededores de las lagunas de estabilización y otros procesos de pre-tratamiento.
- Ingerir los alimentos solamente en el comedor existente para el efecto.
- Lavarse las manos con agua y jabón desinfectante antes de la ingestión de los alimentos.
- Lavar al final de la jornada de trabajo y previo a su almacenamiento, todo el material y equipo utilizado para el cumplimiento de sus funciones.
- Mantener en estado de pulcritud los servicios higiénicos.
- Los operadores y obreros al ingreso a la planta de tratamiento y previo a las labores de trabajo deberán cambiarse su ropa de vestir por prendas adecuadas y exclusivas para este fin.
- Durante la manipulación de las compuertas, cucharas de remoción de material flotante, natas, etc., los operadores y obreros deberán utilizar guantes de cuero para prevenir posibles cortes.
- Durante la remoción del material flotante, natas u otro tipo de material acumulado al interior de las lagunas, la persona encargada de esta labor deberá usar el chaleco salvavidas y estar amarrada por la cintura con la soga y sujeta por su compañero de trabajo.
- En la extracción de muestras de agua residual, se deberá utilizar guantes descartables, para evitar contacto directo con las mismas.
- Todos los trabajadores de la planta de tratamiento, periódicamente deberán ser inmunizados contra enfermedades tales como fiebre tifoidea, hepatitis y tétanos; Periódicamente, todo el personal encargado de la operación y mantenimiento de las lagunas de estabilización deberá ser sometido a análisis parasitológico.

- Al finalizar la jornada de trabajo, los operadores y obreros deberán tomar baño o asearse profusamente las principales partes del cuerpo; y Los trabajadores no podrán llevar sus indumentarias de trabajo a sus casas.
- Adicionalmente, la planta de tratamiento de aguas residuales de Valdivia deberá contar con un botiquín de primeros auxilios el cual deberá contener como mínimo implementos y medicamentos contra cortaduras y heridas, así como con servicio de lavado de la ropa.

Seguridad

Con relación a las medidas de seguridad, es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Colocar letreros y señales para la prevención de accidentes en las diferentes vías al interior de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Definir la ruta a ser seguida por los visitantes.
- Colocar cercas de protección en toda la ruta de visita.
- Mantener libre de obstáculos las rutas de visita.
- Mantener en buen estado de conservación las barandas que circundan las compuertas, cámara de rejillas, medidores de caudal, etc.
- Mantener limpias las diversas estructuras hidráulicas de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como los contenedores de residuos sólidos para evitar posibles proliferaciones de insectos y roedores. Para tal efecto se debe disponer el material retenido una vez que los recipientes que los contienen estén llenos y a continuación ser lavados con abundante agua.
- Mantener limpias las vías de acceso, diques y demás espacios verdes.
- Prever la instalación de extintores contra incendios en la estación elevadora de aguas residuales, oficinas y sala de control de aireadores;
- En lugares estratégicos de la planta de tratamiento de aguas residuales, deberá disponerse de salvavidas para el rescate de personas que puedan caer a los reactores o pozas de aguas residuales.
- A su vez, los operadores y obreros de la planta de tratamiento de aguas residuales, deberán usar el equipo de seguridad brindado por la empresa y los encargados de la manipulación de los controles eléctricos deberán ser equipados con los accesorios de seguridad para evitar posibles descargas de energía eléctrica. En los trabajos

relacionados con el mantenimiento de los aireadores, limpieza de diques internos, retiro de natas o flotantes, los trabajadores deberán emplear salvavidas y trabajar en parejas, de modo que uno esté listo a prestar auxilio al otro.

- Finalmente, los visitantes a la planta de tratamiento de aguas residuales, antes de la visita, deberán ser equipados con casco y anteojos de seguridad y ser guiados por un funcionario de alto nivel, el mismo que deberá respetar la ruta definida para estos tipos de visita.

Monitoreo

La información obtenida directamente por el operador y archivada sin procesarla carece valor si no es adecuadamente condensada y presentada de modo que facilite su comprensión a la mayor parte de personas relacionadas con las labores de operación y mantenimiento de las lagunas de estabilización, así como para la toma de decisiones relacionadas con el manejo de la planta de tratamiento, por parte de los niveles directivos.

El programa de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de Salaverry, ha sido diseñado a partir del supuesto de que existirá una conveniente política de registro periódico de los parámetros operacionales recomendados.

En la selección de los parámetros, se ha tenido en cuenta el uso que se pudiera dar a la información recolectada, principalmente en lo relacionado con el aspecto de control y evaluación de los procesos de tratamiento. Cada parámetro seleccionado ha sido cuestionado con el objeto de optar únicamente por aquellos considerados estrictamente como indispensables.

Por si sola la información de las observaciones de campo, meteorológicas u otras carecen de valor, si no se dispone de un adecuado sistema de recuperación, procesamiento y difusión, por lo que se estima conveniente que el Jefe de Planta asuma esta responsabilidad.

Importancia de los registros

Los registros en general son de mucha importancia y necesidad en las labores de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento por que permiten obtener información acerca de los siguientes aspectos:

- Eficiencia de los procesos de tratamiento.
- Efectividad del tipo y frecuencia de mantenimiento de los diferentes procesos con que cuenta la planta de tratamiento.
- Consideraciones para la modificación del plan de operación o mantenimiento;
- Evaluación del desempeño presente, así como de la información necesaria para el diseño de similares plantas de tratamiento.
- Justificación para la asignación presupuestaria de personal, requerimientos adicionales o equipamientos.
- Suministro de la información necesaria para la preparación de los reportes mensuales o anuales.

Generalmente, se acostumbra a clasificar los registros en cuatro grupos:

- Registros de operación o funcionamiento.
- Registros de mantenimiento
- Registros de determinación de costos
- Registros de personal

En el presente caso, se analiza y recomiendan los procedimientos necesarios para el manejo de las lagunas airadas y sedimentadores propiamente dichas. En documento aparte se trata todo lo relacionado con los aspectos electromecánicos.

Registros de operación o funcionamiento. - Están compuestos por:

- Caudal que entra y sale de la planta de tratamiento
- Características fisico-químicas y biológicas de afluentes y efluentes

Registros de mantenimiento. - Están conformados por:

- Mantenimiento de planta
- Registros de mantenimiento preventivo y correctivo
- Mantenimiento de la edificación
- Mantenimiento de lagunas, canales y diques
- Medición de medidores de caudal
- Mantenimiento de estructuras de medición
- Mantenimiento de sensores

Registros de personal. - Están conformados por:

- Registro de personal empleado
- Horas de trabajo por tareas
- Funciones
- Categorización
- Programas de adiestramiento

Archivo de la información. -

Los registros deben ser permanentes, completos y exactos, y ser llenados con bolígrafo y nunca con lápiz de carboncillo, ya que pueden dar lugar a alteraciones o borrones resultando registros falsos que en muchos casos son de mayor peligro que aquellos datos no registrados. Además, las ocurrencias y operaciones realizadas durante el día, el operador debe anotarlos en el "libro de ocurrencias" en el momento oportuno y por ningún motivo al final de la jornada.

Diseño de programas de muestro y medición

El programa de muestreo y medición a ser aplicado en los sistemas de tratamiento de aguas residuales de Valdivia está dirigido a obtener información sobre tres campos:

- a) Control de procesos
- b) Aspectos económicos
- c) Criterio de diseño

El plan que se propone en el presente documento, es muy amplio de modo que puede ser adaptado a los requerimientos o intereses de la Institución o del Jefe de Planta.

Control de procesos

El control de los procesos es la vigilancia del conjunto de componentes o procesos que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales y que, en el presente caso, es la atención prestada al comportamiento de los reactores biológicos.

El control de los procesos reviste gran importancia durante la puesta en funcionamiento y la fase rutinaria de operación del sistema de tratamiento. Básicamente, el procedimiento está conformados por un conjunto de mediciones físicas como: caudal, balance hidráulico,

distribución de agua, etc.; determinaciones químicas tales como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, pH, demanda química de oxígeno y de otros parámetros complementarios y de gran interés en virtud que son importantes en la explicación de los fenómenos que inciden en el comportamiento de las lagunas de estabilización. Todos los resultados de este conjunto de mediciones, permiten un acertado manejo de la planta de tratamiento cuando son comparados con los criterios de diseño establecidos en la base del proyecto.

Aspectos económicos

En ingeniería se conjuga la ciencia y la técnica con la finalidad de ejecutar obras que puedan funcionar satisfactoria y económicamente para el beneficio de la comunidad. Para esto, el ingeniero aprovecha todo conocimiento, bien sea científico o práctico por imperfecto que este último sea.

La experimentación y ensayos fundamentalmente lógicos conducen al desarrollo y a la formulación de modelos matemáticos que explican con mayor o menor precisión el comportamiento de los fenómenos en estudio, que favorecen la elaboración de diseños y proyectos económicos y de alta eficiencia, traduciéndose en la maximización de los beneficios que recibe la comunidad a través de la obra y en la minimización de las inversiones. Precisamente, el análisis y evaluación exhaustiva de los datos de campo pueden conducir al desarrollo de modelos matemáticos o ecuaciones empíricas que permitan diseñar futuras instalaciones dentro del concepto de beneficio costo o a la operación económica como en el caso de la presente instalación.

Criterios de diseño

Este aspecto está íntimamente correlacionado con los dos temas anteriormente tratados. Si la información obtenida ha sido adecuada para el control de proceso de los diferentes componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales, también será de utilidad en el diseño de futuras ampliaciones, siempre que se encuentre bajo condiciones climáticas similares.

Niveles de control

El establecimiento del nivel de control es uno de los aspectos más saltantes en la evaluación de las plantas de tratamiento de aguas residuales, y en el presente caso, de las lagunas de estabilización de Valdivia. Los niveles de control pueden variar de acuerdo a los intereses, política u objetivos de la Institución o Jefe de Planta con respecto al manejo de las lagunas de estabilización o de la disponibilidad de recursos humanos y/o económicos, lo que normalmente conduce a establecer la implementación de programas de control por etapas o niveles.

El sistema de control que se recomienda ha sido diseñado teniendo en cuenta que será necesario obtener información en los tres campos reseñados anteriormente, es decir: control de procesos, aspectos económicos y criterios de diseño.

Para el control podemos mencionar, el nivel "básico", la información obtenida solo proporciona una idea difusa de las condiciones en que se encuentran operando las lagunas de estabilización, precisando muy esporádicamente los detalles sobre cargas orgánicas biodegradables a que se encuentran sometidas las diferentes lagunas de estabilización. Para el caso del nivel "medio" este aspecto es superado y provee una mayor información sobre las tasas aplicadas, brindando una idea sobre las eficiencias de cada uno de los tipos de lagunas o del sistema en su conjunto.

Con la categoría de "avanzado" se cubren, prácticamente, todas las necesidades en cuanto a tipo de información requerida con respecto al control de procesos y criterios de diseño, al permitir determinar eficiencias en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes totales, coliformes termotolerantes, helmintos, etc. Además, permite establecer las condiciones de operatividad de las lagunas de estabilización.

Todos los niveles demandan del apoyo de un laboratorio. El nivel "básico" requiere muy poco equipamiento, mientras que los niveles "medio" y "avanzado", son más exigentes, requiriendo más equipamiento el "avanzado" en virtud de la mayor frecuencia de muestreo.

PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN E INFORMES

Procesamiento de la información

Los primeros signos de que el programa de operación o mantenimiento aplicado en los reactores biológicos no viene dando los resultados esperados, se presentan en el área de asimilación de información. Esto debe conducir a reajustar las frecuencias de puntos de muestreo, determinaciones, procedimientos de muestreo, preservación muestras, métodos de análisis de laboratorio o de campo, o procesamiento información.

Los registros no serán de utilidad a menos que sean procesados y utilizados como indicadores del comportamiento de cada uno de los procesos de tratamiento y demostrar el verdadero estado de funcionamiento del sistema de tratamiento y dependiendo del nivel de control implementado, la eficiencia de cada laguna.

El procesamiento de la información deberá ser efectuado por una persona que tenga las habilidades pertinentes para procesar, condensar y distribuir la información resumida que muestre la relación de los diferentes parámetros entre si, para facilitar su visión conjunto.

En la interpretación de los datos obtenidos, la persona encargada del procesamiento debe identificar los valores máximos y mínimos predominantes para cada uno de los parámetros estudiados y descartar aquellos que presentan una desviación muy notoria que puedan influir sustancialmente en los resultados promedios.

En lo que respecta a los cuidados durante el proceso de asimilación de los resultados. En el caso de los valores numéricos, el promedio semanal es igual a la media aritmética geométrica de dichos valores, mientras que en el caso de las apreciaciones subjetivas bien sea del estado de las lagunas o de las condiciones meteorológicas, el promedio se determina a partir del valor predominante de los resultados en un determinado lapso de tiempo, para lo cual el procesador de la información debe poseer un amplio criterio de análisis.

Terminado la asimilación de los datos, se procede al archivo de los mismos descartándose periódicamente aquellos de poco valor y que han sido procesados convenientemente, mientras que aquellos valiosos, como son los análisis de laboratorio de la calidad del agua residual, así como el caudal afluente y efluente de cada uno de los procesos de tratamiento, deben archivar y almacenarse indefinidamente para trabajo de investigación.

Como se indicó líneas arriba, la información obtenida durante el proceso de monitoreo es difícil y laboriosa de asimilar por lo que debe existir una persona encargada de procesar y sintetizar los resultados para su más fácil comprensión por parte de los interesados. El formulario del cuadro 9.2 se propone para verter la información correspondiente únicamente a los promedios semanales de cada uno de los parámetros observados o analizados, permitiendo objetivizar rápidamente el comportamiento de cada uno de los procesos del tratamiento de las aguas residuales y además; establece una adecuada comparación entre los diferentes componentes del sistema de tratamiento.

Cuando se disponga de suficientes datos, los resultados pueden sintetizarse de acuerdo a sus ciclos de comportamiento, y que, en el caso de las lagunas de estabilización, depende de las condiciones climáticas de la región, por lo que, en el año, pueden presentarse hasta un máximo de cuatro respuestas. No se recomienda obtener promedios mensuales o anuales a causa de que a lo largo del tiempo se produce el incremento del caudal, así como de las descargas orgánicas como consecuencia del constante crecimiento poblacional o del incremento de las conexiones al sistema de alcantarillado.

Para una adecuada interpretación de la información por parte de los interesados, se recomienda que después de completar los formularios correspondientes a un año y a los años acumulados no se inicie la confección de uno nuevo por el primer recuadro, ya que conduce a perder, en ese mismo instante, la visión histórica del comportamiento de los procesos de tratamiento, sino más bien, la información debe ser desplazada a la izquierda de modo que a partir de ese momento se ofrezca la información del periodo que cubre el total del formulario.

En el caso de la información de las pruebas analíticas de laboratorio acumulados en el formato del cuadro 8.8, puede resumirse por medio del formulario mostrado en el cuadro 9.4, el mismo que da a conocer el número de datos tomados para el parámetro de interés, el promedio aritmético, la desviación normal y los valores máximos y mínimos obtenidos durante todo el tiempo en que las estructuras de tratamiento han estado sometidas a vigilancia.

MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS LODOS RESIDUALES ACUMULADOS EN LAS PTAR SALAVERRY DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN LA LEY N.º 27314 LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

El 20 julio del año 2000, el gobierno de turno, ordenó la publicación y cumplimiento de la Ley N° 27314 “Ley General de Residuos Sólidos” y el 22 de julio del 2004 con el Decreto Supremo N°057-04-PCM El Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos con el objeto de establecer derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

La presente Ley se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.

Definición de residuos sólidos (Artículo 14 de la Ley).

Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

1. Minimización de residuos
2. Segregación en la fuente
3. Reaprovechamiento
4. Almacenamiento
5. Recolección
6. Comercialización
7. Transporte
8. Tratamiento
9. Transferencia

10. Disposición final.

Definición de residuos sólidos peligrosos (Artículo 22 de la Ley)

Son residuos sólidos peligrosos aquéllos que por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

Sin perjuicio de lo establecido en las normas internacionales vigentes para el país o las reglamentaciones nacionales específicas, se considerarán peligrosos los que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad.

Calificación de residuo peligroso (Artículo 27 del Reglamento de la Ley)

1. La calificación de residuo peligroso se realizará de acuerdo a los Anexos 4 y 5 del presente reglamento. El Ministerio de Salud, en coordinación con el sector competente y mediante resolución ministerial, puede declarar como peligroso a otros residuos, cuando presenten alguna de las características establecidas en el artículo 22 de la Ley o en el Anexo 6 de este reglamento, o es su defecto declararlo no peligroso, cuando el residuo no represente mayor riesgo para la salud y el ambiente.
2. La DIGESA establecerá los criterios, metodología y guías técnicas para la clasificación de los residuos peligrosos cuando no esté determinado en la norma indicada en el numeral anterior.
3. Se considera también, como residuos peligrosos; los lodos de los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano o de las aguas residuales; u otros que tengan las condiciones establecidas en el artículo anterior, salvo que el generador demuestre lo contrario con los respectivos estudios técnicos que lo sustenten.

Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos EPS-RS (Artículo 28 de la Ley)

La prestación de servicios de residuos sólidos se realiza a través de las Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS), constituidas prioritariamente como empresa privada o mixta con mayoría de capital privado.

Para hacerse cargo de la prestación de servicios de residuos sólidos, las EPS-RS deberán estar debidamente registradas en el Ministerio de Salud y deberán contar con un ingeniero sanitario colegiado calificado para hacerse cargo de la dirección técnica de las prestaciones.

Las EPS-RS deberán contar con equipos e infraestructura idónea para la actividad que realizan.

Obligaciones de las EPS-RS (Artículo 28 de la Ley)

Son obligaciones de las EPS-RS las siguientes:

1. Inscribirse en el Registro de Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos del Ministerio de Salud.
2. Brindar a las autoridades competentes y a los auditores correspondientes las facilidades que requieran para el ejercicio de sus funciones de fiscalización.
3. Ejercer permanentemente el aseguramiento de la calidad de los servicios que presta.
4. Contar con un sistema de contabilidad de costos, regido por principios y criterios de carácter empresarial.
5. Contar con un plan operativo en el que se detalle el manejo específico de los residuos sólidos, según tipo y características particulares.
6. Suscribir y entregar los documentos señalados en los Artículos 37°, 38° y 39° de esta Ley.
7. Manejar los residuos sólidos de acuerdo a las disposiciones establecidas en esta Ley y sus normas reglamentarias.

Medidas necesarias para controlar la peligrosidad (Artículo 32 del Reglamento de la Ley).

El generador o poseedor de residuos peligrosos deberá, bajo responsabilidad, adoptar, antes de su recolección, las medidas necesarias para eliminar o reducir las condiciones de peligrosidad que dificulten la recolección, transporte, tratamiento o disposición final de los mismos. En caso que, en función a la naturaleza del residuo no fuera posible adoptar tales medidas, se requerirá contar con la conformidad de la Autoridad de Salud, la que indicará las acciones que el generador o poseedor debe adoptar.

Transporte de residuos peligrosos (Artículo 45 del Reglamento de la Ley)

Los vehículos utilizados en el transporte de residuos peligrosos sólo podrán usarse para dicho fin salvo que sean utilizados para el transporte de sustancias peligrosas de similares características y de conformidad con la normativa que el Ministerio de Transportes y

Comunicaciones emita al respecto; con excepción de los barcos y otras embarcaciones, que podrán transportar, entre otros, contenedores con residuos peligrosos debidamente embalados.

Queda prohibido el transporte de residuos peligrosos por vía postal y como equipaje de viaje.

Tratamiento (Artículo 17 del Reglamento de la Ley)

Todo tratamiento de residuos previo a su disposición final, será realizado mediante métodos o tecnologías compatibles con la calidad ambiental y la salud, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento y a las normas específicas. Salvo la incineración que se lleve a cabo cumpliendo con las normas técnicas sanitarias y de acuerdo a lo establecido en el artículo 47 del Reglamento, queda prohibida la quema artesanal o improvisada de residuos sólidos.

Tratamiento fuera de las instalaciones del generador (Artículo 49 del Reglamento de la Ley)

El tratamiento de los residuos que se realiza fuera de las instalaciones del generador, debe ser realizado por una Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos EPS-RS, registrada y autorizada conforme lo indicado en el presente Reglamento.

Tratamiento en las instalaciones del generador (Artículo 50 del Reglamento de la Ley)

El generador que trata en sus instalaciones los residuos que genera, en forma directa o mediante los servicios de una EPS-RS, deberá contar con la autorización de la autoridad del sector correspondiente; debiendo para primer caso, cumplir con las obligaciones técnicas de tratamiento exigidas a las EPS indicadas en el Reglamento y normas específicas.

De lo expuesto, debemos manifestar lo siguiente:

- Los residuos sólidos, que se generan en los sistemas de tratamiento de aguas residuales de SEDALIB S.A. son considerados residuos sólidos peligrosos por la Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento.
- SEDALIB S.A. está obligada a acondicionar y almacenar en forma segura, sanitaria y ambientalmente adecuada los residuos sólidos peligrosos que genera.
- SEDALIB S.A. está obligada a implementar un Plan de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos, en los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, con el objetivo de

acondicionar y minimizar su peligrosidad, antes de su disposición final, previa aprobación y autorización de la DIGESA.

- Para el tratamiento de los residuos sólidos de las lagunas de estabilización, se tiene que utilizar una tecnología acorde con la realidad de la empresa, eficiente y económica. La conversión de los lodos residuales en fertilizantes orgánicos vuelve a tomar sentido y justificación.
- Asimismo, SEDALIB S.A. está facultada en contratar los servicios de una Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS) para la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos. Desde el momento del contrato, la empresa que presta los servicios, es la responsable legal del manejo integral de los residuos sólidos que posee SEDALIB S.A.
- Según la Ley General de Residuos Sólidos, si SEDALIB S.A. no trata sus residuos en sus instalaciones, deberá contratar una EPS-RS que brinde los servicios de transporte de residuos peligrosos y disponerlos en un relleno de seguridad. En el Perú el único relleno de seguridad, autorizado por DIGESA es el de BEFESA PERU S.A., ubicado en el Km 64 de la Provincia de Chilca, aproximadamente a 01 hora de la ciudad de Lima.
- SEDALIB S.A. tienen que incluir en su presupuesto anual operativo, las partidas económicas necesarias para dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente en salvaguarda de la salud y el cuidado del medio ambiente.