



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**"Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales
domésticas para reúso en parques y jardines, distrito
Jequetepeque-Pacasmayo-La Libertad"**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORAS:

Coronel Hidalgo, Maderlinda Lorenz (ORCID: 0000-0002-7741-7774)

Cueva Gadea, Karina Paola (ORCID:0000-0001-5956-6015)

ASESOR:

Dr. Herrera Viloche, Alex Arquímedes (ORCID:0000-0001-9560-6846)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

TRUJILLO - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios por a estar conmigo a cada paso que doy
A mis padres, Juan Carlos Coronel y Emperatriz Hidalgo, es por ellos que soy lo que soy ahora, a mis hermanos Rommel Y Dariel, a mi hija Carla Sofía por prestarme el tiempo que le pertenecía para poder culminar esta meta.

Coronel Hidalgo, Maderlinda Lorenz

A Dios por brindarme salud y la fortaleza de seguir adelante.

A mi familia por su apoyo constante y comprensión necesarios para alcanzar mis metas.

Cueva Gadea, Karina Paola

AGRADECIMIENTO

Expresamos un profundo agradecimiento en primer lugar, a Dios por brindarnos la capacidad para concluir esta meta.

Gracias a nuestros padres por ser el apoyo incondicional a lograr nuestros sueños, por confiar y creer en nosotras, por los consejos, valores y principios que nos han impartido en el trayecto de nuestra vida.

A nuestro asesor el ingeniero Alex Arquímedes Herrera Viloche, por brindarnos su tiempo y conocimientos para poder llevar a cabo esta investigación

A la Universidad César Vallejo por habernos permitido formarnos en ella, a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, fueron ustedes los responsables de realizar el aporte que nos ayudaría a la culminación de nuestro paso por la universidad.

Coronel Hidalgo, Maderlinda Lorenz

Cueva Gadea, Karina Paola

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización.....	10
3.2.1. Variables.....	10
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.....	10
3.3.1. Población.....	10
3.3.2. Muestra	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
2.4.1. Técnicas.....	11
2.4.2. Instrumentos	11
3.5. Procedimientos	11
3.6. Método de análisis de datos	12
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS	14
4.1. Estudio topográfico	14
4.1.1. Generalidades	14
4.1.2. Ubicación.....	14
4.1.3. Reconocimiento de la zona	14
4.1.4. Metodología de trabajo	14
4.1.5. Procedimiento.....	15
4.1.6. Trabajo de gabinete	16
4.2. Estudio de mecánica de suelos	17
4.2.1. Alcance	17

4.2.2. Objetivos	17
4.2.3. Sismicidad.....	17
4.2.4. Descripción del proyecto.....	18
4.2.5. Descripción de los trabajos	18
4.2.6. Tratamiento del relleno de zanjas.....	20
4.3. Análisis de agua residuales domésticas	20
4.3.1. Caracterización ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Malabrigo	21
4.4. Diseño de la planta de tratamiento	25
4.4.1. Generalidades	25
4.4.2. Funcionalidad	26
4.4.3. Resultados del diseño de lodos activados.....	26
4.5. Diseño estructural de la infraestructura necesaria para la planta de tratamiento	37
4.5.1. Diseño de muro del tanque de aireación.....	37
4.5.2. Diseño de muro del canal de entrada y sedimentador.....	38
4.5.3. Diseño de muro del sedimentador.....	39
4.5.4. Diseño de muro del tanque de contacto con cloro.....	40
4.5.5. Diseño de muro de lecho de secados.....	42
4.5.6. Diseño de cerco perimétrico	43
4.5.7. Diseño de Cimentación de cerco perimétrico.....	46
4.5.8. Diseño de Caseta de Seguridad	50
4.6. Diseño de la red de agua para riego.....	57
4.6.1. Generalidades	57
4.6.2. Áreas verdes.....	57
4.6.3. Dotación	58
4.6.5 Cálculo de capacidad de reservorio	59
4.6.6. Cálculo de la bomba hidráulica	59
4.6.7. Plantas beneficiadas.....	60
4.6.8. Red de distribución	60
V. DISCUSIÓN.....	63
VI. CONCLUSIONES	65
VII. RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS	
Anexo 1	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 – Coordenadas de Estación y punto de BM	16
Cuadro 2 – Resumen de ensayos de laboratorio	19
Cuadro 3 – Clasificación de suelos	19
Cuadro 4 – Parámetros de la Calicata PC-3	19
Cuadro 5 – Análisis de capacidad admisible	20
Cuadro 6 – Demanda de servicio proyectada	26
Cuadro 7 – Dimensionamiento de medidor Parshall	31
Cuadro 8 – Medidas de medidor Parshall	31
Cuadro 9 – Parámetros de diseño.....	32
Cuadro 10 – Cálculo de momento de volteo	48
Cuadro 11 – Metrado de cargas de zapata	48
Cuadro 12 – Metrado de cargas de viga 101	50
Cuadro 13 – Metrado de cargas de viga 102	52
Cuadro 14 – Metrado de cargas de losa aligerada.....	53
Cuadro 15 – Metrado de cargas de zapata	56
Cuadro 16 – Áreas verdes consideradas en el diseño	58
Cuadro 17 – Volumen de almacenamiento de reservorio	59
Cuadro 18 – Datos de diseño de la red de agua para riego.....	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1 – Zonas sísmicas del Perú	18
Figura 2 – Resultados de DBO en aguas residuales.....	21
Figura 3 – Resultados de DQO en aguas residuales	22
Figura 4 – Resultados de SST en aguas residuales	22
Figura 5 – Resultados de AyG en aguas residuales	23
Figura 6 – Resultados de C. term en aguas residuales.....	23
Figura 7 – Resultados de pH en aguas residuales.....	24
Figura 8 – Resultados de temperatura en aguas residuales	25
Figura 9 – Proceso propuesto	32
Figura 10 – Proceso de lodos activados	37

RESUMEN

Hoy en día, muchas localidades peruanas no cuentan con una PTARD y siguen vertiendo sus aguas negras hacia los ríos, contaminando el recurso hídrico. Por ello, se vio conveniente contar con el objetivo general de Realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para reúso en parques y jardines, distrito Jequetepeque -Pacasmayo - La Libertad. La presente investigación es del tipo no experimental descriptivo, y del carácter transversal. La población está compuesta por las aguas residuales domésticas del distrito de Jequetepeque, cuya muestra viene a ser la misma por ser una investigación descriptiva. Se utilizó la técnica de la observación con el fin de recolectar los datos de campo en la topografía, mecánica de suelos y el análisis de aguas residuales. Junto a ello, se tuvo el instrumento de la guía de observación para la organización de los datos obtenidos en campo, lo cual se puede observar en anexos. Se pudo corroborar que las aguas domésticas actualmente sobrepasan los límites máximos permisibles, por lo tanto, es viable el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con el fin de poder reutilizar el agua para riego. Se determinó el uso de lodos activados en la planta de tratamiento por ser una tecnología económica, que no ocupa mucha extensión geográfica. Cabe destacar que la tecnología de lodos activados, remueve un 95% la cantidad de DBO que ingresa a la planta de tratamiento, obteniendo un agua de buena calidad y óptima para el riego de parques y jardines. Se diseñó un tanque elevado de 18 m de altura para la distribución de agua para riego con conexiones en las principales áreas verdes de la ciudad.

Palabras clave: Planta de tratamiento, Lodos activados, reactor aeróbico, sedimentador, PTARD.

ABSTRACT

Today, many Peruvian towns do not have a WWTP and continue to pour their sewage into rivers, polluting the water resource. Therefore, it was deemed convenient to have the general objective of carrying out the design of a domestic wastewater treatment plant for reuse in parks and gardens, Jequetepeque-Pacasmayo-La Libertad district. The present investigation is of the descriptive non-experimental type, and of a transversal nature. The population is made up of the domestic wastewater from the Jequetepeque district, the sample of which is the same for being a descriptive investigation. The observation technique was used in order to collect field data in topography, soil mechanics, and wastewater analysis. Along with this, there was the instrument of the observation guide for the organization of the data obtained in the field, which can be seen in annexes. It could be corroborated that domestic waters currently exceed the maximum permissible limits, therefore, the design of a wastewater treatment plant is viable in order to be able to reuse the water for irrigation. The use of activated sludge in the treatment plant was determined to be an economic technology, which does not occupy much geographical area. It should be noted that activated sludge technology removes 95% of the amount of BOD entering the treatment plant, obtaining good quality water that is optimal for irrigation of parks and gardens. An 18 m high elevated tank was designed for the distribution of irrigation water with connections in the main green areas of the city.

Key words: Treatment plant, activated sludge, aerobic reactor, settler, PTARD.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las plantas de tratamiento de aguas residuales son la solución más adecuada para eliminar los contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Por lo tanto, la finalidad de una planta de tratamiento es separar los sólidos de los líquidos a fin de que estos sean reutilizados en el ambiente. El saneamiento de las aguas residuales es uno de los principales motores de salud pública mundial, garantizar agua salubre e instalaciones sanitarias adecuadas es un gran paso en la lucha contra las enfermedades (Lee, 2004). La organización mundial de la salud (OMS) incluyó dentro de los objetivos de desarrollo del milenio (ODM), reducir el porcentaje de personas que carecen de acceso al agua potable y saneamiento (OMS, 2004).

Según una investigación del Banco Mundial, tanto en el Perú como en América Latina, la gestión de las aguas residuales es uno de los principales retos de infraestructura, pues no solo basta con invertir más dinero, sino que el gasto debe ser más eficiente, promoviendo la recuperación de recursos para hacerlos sostenibles. En América Latina solo el 20% de las plantas de tratamiento generan ingresos para hacerlas sostenibles. Para lograr el objetivo de desarrollo sostenible de la OMS, es necesario introducir nuevos enfoques para considerar el tratamiento de aguas residuales en el contexto de la gestión integral del recurso hídrico, es decir, promover la recuperación de nutrientes y generación de energía disponibles en las aguas residuales (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017).

La cobertura de tratamiento de aguas residuales en el Perú es baja, en el sector urbano la cobertura llega al 70%, no obstante, incrementarla será muy costoso y complicado pues se deberán construir plantas de tratamiento de menor tamaño para poblaciones medianas y pequeñas incrementando así el costo unitario de la planta. Además, las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales existentes tienen problemas técnicos y operativos por lo que son deficientes, no se entiende aún que la gestión de las aguas residuales es la disposición segura del efluente (reúso del agua tratada) y no solo el tratamiento (MVCS, 2017).

El Ministerio de Agricultura y Riego eligió al valle de Jequetepeque y Zaña en La Libertad, para la ejecución de un plan piloto que consiste en la construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para evitar la contaminación de los ríos (Andina, 2018). El valle de Jequetepeque comprende las cuencas de los ríos Jequetepeque y Chaman, contiene 2 provincias de La Libertad y 4 provincias de Cajamarca. En este valle existen 3 localidades que no cuentan con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (distrito de San Pablo, centro poblado Lllallán y distrito de Contumazá) los cuales tienen como receptor de agua sin tratar la quebrada El Shingo y los ríos Jequetepeque y Contumazá. (Sedalib, 2018)

El distrito de Jequetepeque, perteneciente a la provincia de Pacasmayo, genera agua residual de tipo doméstica, sin embargo, a pesar de contar con 2 lagunas de oxidación de concreto no cuenta con autorización de vertimiento y/o reúso del agua tratada. No obstante, las aguas tratadas del distrito son conducidas primero a un dren que desemboca en el mar; la falta de autorización de vertimiento ocasionó que la municipalidad provincial de Pacasmayo sea sancionada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) con una multa de 6 UIT siendo irrelevante que las aguas vertidas sean tratadas o sin tratar (ANA, 2018).

Por lo tanto, se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Jequetepeque que pueda cubrir la demanda de la población y que a su vez cumpla con los parámetros y características, tanto en infraestructura como en tratamiento, que permitan obtener la autorización de vertimiento y reúso de la Autoridad Nacional del Agua permitiendo de esta manera utilizar el agua tratada para el riego de parques y jardines legalmente, contribuyendo a la creación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales auto sostenible y eficiente.

Si bien es cierto, las políticas nacionales en cuanto al saneamiento son congruentes a las mundiales; no se ajusta a la realidad. Poco o nada hacen los municipios locales para que los desechos no sigan siendo arrojados sin tratamientos adecuados a los cuerpos de agua o suelo abierto. Esto sugiere que

los procedimientos para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales no son las adecuadas, frente a la problemática presente en la zona de estudio planteamos la siguiente interrogante: ¿Cuál es el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para reúso en parques y jardines en el distrito de Jequetepeque, Pacasmayo - La Libertad?

El diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales debe contener como mínimo un tratamiento preliminar, tratamiento primario y tratamiento secundario para poder ser reutilizada para riego. Con el adecuado diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se puede disminuir la contaminación de los suelos, corrientes de agua y ríos aledaños al distrito de Jequetepeque; especialmente se puede disminuir la proliferación de enfermedades gastrointestinales, dermatológicas, etc. El desarrollo del presente proyecto permite una mejor gestión del recurso hídrico, contribuyendo a la sostenibilidad de la zona de estudio y mejorando la calidad de vida de los pobladores. Además, se redujo los contaminantes de las fuentes de agua, generando mejores calidades del agua, reduciendo el impacto negativo al ambiente y logrando un beneficio económico al municipio, porque debido a la reutilización de los productos derivados del tratamiento puede lograr la sostenibilidad de la planta.

La presente tesis se justifica teóricamente debido a que se utilizaron nuevas tecnologías en la planta de tratamiento, con el fin de satisfacer las necesidades del distrito de Jequetepeque, de tal manera que, la población no se vea afectada con la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales. Desde el punto de vista práctico, la tesis se justifica debido a que se pudo resolver el problema de las aguas residuales haciéndolas reutilizables para el riego de parques y jardines mediante tecnologías óptimas y eficientes. Metodológicamente, se obtuvieron nuevos conocimientos de las tecnologías tomadas en cuenta en la planta de tratamiento, los cuales pueden servir como referencia para futuras investigaciones similares que puedan existir, además, de seguir mejorando el proceso del diseño. El presente trabajo de investigación beneficia a toda la población de Jequetepeque puesto que tendrán su propia planta de tratamiento de aguas residuales, la cual procesará las aguas negras

con el fin de convertirla en utilizables para el riego de parques y jardines. De esta manera, se busca que la ciudad luzca con mayores áreas verdes.

Para lo cual, se plantea como objetivo general: Realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para reúso en parques y jardines, distrito Jequetepeque -Pacasmayo - La Libertad, teniendo como objetivos específicos los siguientes:

- Realizar el levantamiento topográfico del terreno disponible.
- Analizar el estudio de mecánica de suelos de otros proyectos, con fines de determinar el soporte y estabilización de taludes.
- Analizar las aguas residuales domésticas de ciudades con características similares del distrito de Jequetepeque.
- Realizar el diseño de la planta de tratamiento basándose en la demanda existente, el terreno disponible.
- Realizar el diseño estructural de la infraestructura necesaria para la planta de tratamiento.
- Realizar la red de agua para el riego de parques y jardines del distrito de Jequetepeque.

II. MARCO TEÓRICO

Esta línea de investigación correspondiente al diseño de obras hidráulicas y saneamiento, debido a su importancia en la salud pública y las políticas mundiales de desarrollo sostenible, ha sido estudiada por otros investigadores. Entre las investigaciones previas internacionales tenemos a Román (2016) con su tema “Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Villaflores, Chiapas”, en la cual tuvo el propósito diseñar una planta de tratamiento para aguas residuales considerando un caudal de 190 l/s, es decir, el caudal de diseño es el 80% del consumo de agua; Román utilizó plantas con tratamiento secundarios para lograr una calidad de agua necesaria para reutilizar el agua en regadío.

Morán (2014) con su investigación titulada “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz”, donde se propuso analizar las características actuales del agua residual de la localidad y de esta manera proponer una planta de tratamiento adecuada que permitiese la reutilización de los recursos. En su experiencia determinó que la fase de pretratamiento propuesta alcanza un nivel de remoción del 90% de arenas y 85% de materias flotantes, la fase de tratamiento primario alcanza una remoción de 35.62% de DBO, 62.57% de SST, 15% de materia flotante y 50% de coliformes fecales, en la fase de tratamiento secundario se alcanza un nivel de remoción de 53% de DBO y 10% de coliformes fecales; es decir, la PTAR tiene una eficiencia global de 88.62% por lo tanto el agua tratada puede ser utilizada para el riego.

Además, se han desarrollado investigaciones a nivel nacional como Melgarejo (2015), quien en su investigación “Evaluación para optimizar el sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Marcará, del distrito de Marcará- provincia de Carhuaz – Ancash”, se propuso como objetivo realizar el análisis fisicoquímico y bacteriológico de la ciudad de Marcará, concluyendo que se tiene un caudal de diseño de 5.78 l/s y la planta de tratamiento debe contener procesos de sedimentación, filtración y desinfección.

Así mismo, Arocutipa (2013) en su trabajo de investigación “Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari – Sandia”, tuvo como finalidad evaluar la laguna de estabilización y realizar una propuesta de diseño de una PTAR, concluyendo que la laguna de estabilización existente funciona deficientemente debido, entre otras cosas, a la falta de mantenimiento, se analizaron los efluentes con límites máximos permisibles establecidos en el D.S.003-2010-MINAM determinándose que estos superan más del doble de los parámetros permitidos.

Finalmente, también se han realizado investigaciones locales, tal es el caso de Cedrón y Cribilleros (2017) en su investigación “Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución”; la finalidad de su investigación fue analizar la situación actual de la PTAR para verificar la problemática de los sistemas de tratamiento con un enfoque que permita minimizar la complejidad de operación y mantenimiento que permita la reutilización de los recursos resultantes del tratamiento. Determinaron que la PTAR existentes tiene un rendimiento menor al 50% necesario, el efluente actual no cumple supera los límites mínimo permisible, se diseñó un PTAR con los siguientes componentes: cámara de rejillas, desarenador, desengrasador, reactor biológico, sedimentador secundario y finalmente propone reutilizar los recursos para riego, limpieza, abono y elaboración de biogás.

De igual manera, los investigadores López y Herrera (2015) en su tesis titulada “Planta de tratamiento de aguas residuales para reuso en riego de parques y jardines en el distrito de La Esperanza, provincia Trujillo. La Libertad”, tuvieron como objetivo diseñar un PTAR para reuso del agua tratada en riego en La Esperanza concluyendo que el distrito de La Esperanza gasta 96000 galones mensuales en riego de parques y jardines, sin embargo, propone que el agua tratada mediante una planta de tratamiento de lodos activados puede ser usada para el riego de parques y jardines, dicha planta tendría un costo de construcción de S/ 301866.00 y un costo de operación y mantenimiento mensual de S/ 154866.00.

Las investigaciones existentes fueron analizadas y contrastadas con otras fuentes literarias; se pudo observar que para la realización del diseño de una PTAR primero se tiene que caracterizar el tipo de aguas residuales que existe en la localidad, realizar (si fuera el caso) un diagnóstico de la infraestructura sanitaria existente, seleccionar el PTAR más adecuado, realizar el diseño del pretratamiento y tratamientos y finalmente las opciones de reúso de lodos y agua tratada.

Las aguas residuales domésticas son aquellas que alterado su calidad y provienen de la población, zonas comerciales y recreativos, así como en lugares públicos. Sin importa su procedencia tienen generalmente las mismas características, sin embargo, en algunas localidades las industrias pueden verter sus aguas directamente al drenaje público, en este caso el agua residual ya puede ser considerada doméstica (Sans y Ribas, 1989). Entre las características físicas de las aguas residuales domésticas tenemos los sólidos totales (ST), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT), sólidos sedimentables, la turbiedad que es la medida de la dispersión de luz en el agua y se relaciona con las partículas en suspensión, el color, el olor, la temperatura y la conductividad. Así mismo las características químicas analizables son el pH, alcalinidad, cloruros, gases, oxígeno disuelto, metales, nitrógeno, fósforo, azufre, grasas y aceites. Y por último las características biológicas son la presencia de microorganismos como bacterias, protozoos, helmitos y virus (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Para diseñar una planta de tratamiento de agua residual se requiere del análisis de las características del efluente, los tipos de análisis de diseño son físicos y químicos. Entre los análisis físicos tenemos el análisis de sólidos totales, que es la cantidad total de sólidos orgánicos e inorgánicos que quedan al ser secadas a una temperatura de 103°C (Henry y Heinke, 1999). El análisis de sólidos fijos y volátiles es la medida de la cantidad de sólidos inorgánicos (fijos) y orgánicos (volátiles), y es obtenida calentando la muestra a 550°C durante 15 minutos (Catie, 1989). Análisis de sólidos suspendidos que es la medida de los sólidos

sedimentables que se obtiene pesando los residuos en el filtro después de secarlo (Rigola, 1990).

Los análisis químicos necesarios para realizar el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales son la demanda química de oxígeno (DQO) que es el oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica de una muestra en medio ácido susceptible a dicromato. Y la demanda bioquímica de oxígeno o (DBO) es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica biodegradable (oxidación bioquímica aerobia), cuando el agua presenta gran cantidad de desechos orgánicos la cantidad de bacterias presentes en la descomposición aumenta y, por lo tanto, aumenta el nivel de DBO (Ramalho, 1993).

Una vez analizado los afluentes, es decir, el agua residual doméstica se puede elegir el pretratamiento y tratamientos adecuados para su descontaminación. Algunos pretratamientos son el cribado o cámara de rejillas, este proceso elimina de 5% a 25% de los sólidos en suspensión (Ramalho, 1993); el desarenador, es un canal donde los sólidos conformados por arenas, cenizas y gravas sedimentan por gravedad; removedor de grasas y aceites, proceso previo que deben realizarse para algunos afluentes para que puedan ser arrojados al drenaje público (Crites y Tchobanoglous, 2000). Los tratamientos primarios que se pueden considerar son la fosa séptica, recibe las descargas de residencias individuales, funciona como sedimentador y almacenamiento de lodos; otro tratamiento primario es el tanque Imhoff, es un tanque de dos niveles donde en el nivel superior se realiza la sedimentación y en el inferior el almacenamiento y digestión; el sedimentador primario, sistema que puede eliminar arenas, grasas, aceites, sólidos en suspensión teniendo una efectividad del 50% (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Las opciones de tratamientos secundarios son el filtro anaerobio, también son conocidos como filtros sumergidos y llevan a cabo un tratamiento anaerobio; lagunas de estabilización, son balsas de 1m a 4m donde se realiza la oxigenación del agua mediante aireadores superficiales, turbinas o difusores

(Ramalho, 1993); lagunas facultativas, son balsas de 1.5m a 2m con cargas de materia orgánica que favorecen la aparición de microorganismos aeróbicos y facultativos o anaeróbicos, estas lagunas son las más usadas porque requieren menos terreno y producen menos olor; lagunas aerobias, tienen no más de 80 cm de profundidad para propiciar la aparición de algas que producen oxígeno para la descomposición de la laguna, no obstante, necesita un pretratamiento (Salazar, 2003); lagunas de maduración, tienen un tiempo de retención de 3 a 7 días y reciben el agua procedente de una laguna facultativa, su función principal es eliminar los patógenos hasta los niveles requeridos (Riquelme y Gómez, 2003).

Sea cualquiera de los tratamientos antes mencionados el proceso arroja dos subproductos los lodos y el agua tratada, los lodos representan el 80% del agua residual en peso. La estabilización de lodos consiste en la adición de químicos que permiten la eliminación de los patógenos y compuestos que produzcan malos olores. Estas estabilizaciones se pueden realizar mediante la digestión anaerobia, se realiza en un tanque cerrado donde los lodos se calientan y se liberan gases; tratamiento con cal, se utiliza cuando no hay espacio o las zonas urbanas están muy cerca, consisten en elevar el pH de los lodos a 12 agregándoles cal; compostaje, consiste en la mezcla con basura orgánica generando una reacción exotérmica que elimina los patógenos; patio de secar, consiste en la deshidratación mediante radiación solar, tiene una duración de 3 a 6 meses (Salazar, 2003).

Una vez estabilizados los lodos estos pueden ser reutilizados sin deteriorar los suelos, aguas subterráneas, ni acumular agentes patógenos. El lodo tratado puede ser una gran fuente de nutrientes para el suelo, permite la retención de humedad e incrementa la actividad biológica del suelo. Del mismo modo, el agua tratada puede ser utilizada para el riego, procesos industriales, cría de peces, etc. (Salazar, 2003).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, pues se analizaron los datos tal y como se muestran en su contexto natural sin manipular intencionalmente las variables para ver sus efectos sobre otras. Es una investigación transeccional o transversal porque se analizaron los datos del año 2020, es decir, un único momento. Es una investigación descriptiva porque solo pretende indagar la incidencia de las modalidades de las variables de una población (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Siendo su esquema:



Dónde:

M: Zona de estudio perteneciente al distrito de Jequetepeque.

O: Son los datos recolectados de los estudios de campo.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables

Se trabajó con una sola variable: Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, la cual presenta una categoría independiente por ser única, además es del carácter cuantitativa. Ver matriz de operacionalización en Anexo 3.

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

La población en estudio fueron las aguas residuales vertidas por las viviendas del distrito de Jequetepeque y de donde provienen las aguas residuales domésticas que se trataron en la planta.

3.3.2. Muestra

La muestra la constituye la misma población en esta investigación descriptiva.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Técnicas

Se utilizó la técnica de la observación para la recolección de datos en el levantamiento topográfico, estudio de mecánica de suelos, y la caracterización del agua residual existente.

2.4.2. Instrumentos

Para el levantamiento topográfico se utilizaron fichas de observación para establecer BM's y equipos topográficos especializados para la toma de puntos (Ver anexo 3.1). El estudio de suelos utilizó fichas de registro para establecer la localización, profundidad, y cantidad de muestra de las calicatas. La caracterización de aguas residuales utilizó fichas de inspección sanitaria (Ver anexo 3.3). Sin embargo, los laboratorios tuvieron fichas especiales para cada ensayo que se realizó.

3.5. Procedimientos

Para lograr realizar este proyecto de investigación, lo primero que se llevó a cabo fue el levantamiento topográfico, con el fin de conocer la extensión de la actual planta de tratamiento, además, de conocer el comportamiento del terreno, sus altitudes, etc. Dentro del levantamiento topográfico se detalló las estructuras existentes, el cerco perímetro y las pozas existentes.

Luego del estudio topográfico se procedió a buscar una base de datos de un estudio de mecánica de suelos realizado en la localidad, el cual nos proporciona la información acerca de la capacidad portante del suelo para realizar la planta de tratamiento. Además, permite conocer la estabilidad del suelo frente a los taludes de las estructuras.

Luego se pasó a comparar el análisis de las aguas domésticas de una localidad con características similares a Jequetepeque. Existen análisis físicos

como es la cantidad de sólidos totales de la muestra, la cual se realiza evaporando la muestra y comparando lo restante con lo inicial y de esta manera conocer la cantidad de sólidos con los que se cuenta. Además de los totales, existen sólidos suspendidos y disueltos. A la muestra también se le realizaron análisis químicos para determinar el pH, oxígeno disuelto, temperatura, alcalinidad, gases, entre otros. Por último, los análisis biológicos, para conocer si la prueba tenía microorganismos como bacterias, virus, etc.

Con los datos del análisis de agua se procede a realizar el diseño de la planta de tratamiento, diseñando los diferentes tanques que requiere dicha planta. Se consideró un tratamiento preliminar compuesto por cribas, desarenador y un medidor Parshall. Posteriormente, pasa a un sedimentador primario, el cual drena sus aguas al tanque aeróbico donde se realiza el tratamiento microbiológico con lodos y aplicación de oxígeno mediante difusores. Del tanque aeróbico pasa al sedimentador secundario, donde las partículas sedimentan en su totalidad. El agua clarificada rebalsa y pasa a un tanque de contacto con cloro donde se desinfecta el agua para poder ser reutilizable. Un porcentaje de lodos sedimentados son recirculados al tanque aeróbico para volver al tratamiento microbiológico y la otra parte pasa al lecho de secados para su desecho final.

Luego de tener diseñados los diferentes tanques se procedió a realizar el diseño estructural de los muros, calculando el refuerzo de acero necesario para contrarrestar el empuje del terreno. Además, se diseñó una caseta de control y cerco perimétrico.

Posteriormente se procedió a realizar el diseño de la red de agua con el fin de tener puntos para el respectivo riego de parques y jardines del distrito de Jequetepeque.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos obtenidos a través de las fichas de observación, fichas de registro y fichas de inspección sanitaria fueron procesados mediante softwares

especializados como AutoCAD para generar planos, AutoCAD Civil 3D para realizar planos altimétricos, estos datos son procesados en hojas de cálculo de Excel. Los resultados se organizaron y procesaron con Excel donde se realizaron también tablas y gráficos para ayudar a comprender dichos datos.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación estuvo amparada bajo los estatutos y normas establecidos por la Universidad César Vallejo. Los autores de la investigación no pretenden lucrar ni obtener ningún beneficio personal, sino que se realizó por el beneficio del distrito de Jequetepeque y mejoramiento de la calidad ambiental. Los investigadores se comprometieron a realizar este proyecto haciendo uso de datos reales, teniendo en consideración el medio ambiente y el constante desarrollo del país.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio topográfico

4.1.1. Generalidades

El estudio topográfico se realizó con el propósito de obtener la representación digital del terreno en estudio. Dentro del levantamiento topográfico se realizó la planimetría, es decir, la representación de los puntos en un plano horizontal; y también, la altimetría, que vienen a ser los desniveles de los puntos en un plano vertical. Los puntos topográficos obtenidos fueron georreferenciados con las coordenadas UTM WGS84.

4.1.2. Ubicación

Fue en distrito de Jequetepeque, provincia de Pacasmayo donde se realizó el levantamiento topográfico. Dicho lugar, cuenta con una topografía plana, debido a que no cuenta con pendientes elevadas. Se tomaron puntos desde la entrada al pueblo hasta la planta de tratamiento, donde se realizó más detalle.

4.1.3. Reconocimiento de la zona

Se coordinó con las autoridades de la zona una visita técnica al distrito de Jequetepeque, la cual tomó lugar en el mes de noviembre de 2019, donde se identificó las vías de acceso a la planta de tratamiento y el espacio donde se situará. Posteriormente, a inicios del año 2020, se realizó otra visita donde se definió los equipos topográficos a utilizar y la cantidad de personas que se necesitarían para realizar el levantamiento. Finalmente, se optó únicamente con utilizar una estación total; además, el levantamiento topográfico tomaría un par días en ser realizada.

4.1.4. Metodología de trabajo

4.1.4.1. Personal

- 01 Operador de equipo topográfico (Tesisista 1)
- 01 Asistente topográfico (Tesisista 2)
- 03 Portadores de prisma

4.1.4.2. Equipos

- 01 Estación total
- 03 Prismas con bastón
- 01 Miniprisma con precisión
- 01 Trípode de madera
- 01 Wincha 50 mts.

4.1.4.3. Materiales

- Pintura en spray
- Estacas de madera
- Marcadores y cuaderno de anotación
- Computadora o Laptop
- Memoria USB

4.1.5. Procedimiento

4.1.5.1. Levantamiento topográfico de la zona

Se ubicaron las redes de apoyo, colocando estacas en los puntos de estación, así como, estableciendo los Bm's para el replanteo. Posteriormente, se procedió a realizar la radiación de los puntos en la zona de estudio, determinando 219 puntos en todo el levantamiento topográfico.

4.1.5.2. Puntos de georreferenciación

Para este levantamiento topográfico se utilizó el sistema de coordenadas UTM WGS84. Se utilizó como georreferenciación relativa al punto EST-01, junto con el BM-01 establecido en la estructura del canal, para ser utilizado en el replanteo respectivo.

4.1.5.3. Puntos de estación

Se tuvieron dos puntos de estación, uno en las afuera de la planta de tratamiento y uno dentro. Además, se consideró un punto de BM, ubicado en las afueras de la planta, en la estructura del canal que pasa junto a la planta.

Cuadro 1 – Coordenadas de Estación y punto de BM

DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD
BM-01	9188204	657754.5	18.75
EST-01	9188209	657757.9	18.85
EST-02	9188250	657812.4	19.79

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.4. Toma de detalles y rellenos topográficos

La toma de puntos fue realizada mediante el método de la radiación, para ello, se debió ubicar las estructuras existentes como es el canal, cerco perimétrico, pozas, etc. Luego se realizaron tanto la planimetría como la altimetría, que sirve de apoyo para que no se genere mucho error.

4.1.5.5. Códigos utilizados en el levantamiento topográfico

- Cerco perimétrico : CER
- Pozas : POZA
- Canal : CANAL
- Terreno natural : TN
- Buzón : BZ
- Estación : EST-X
- Bench Mark : BM-X

4.1.6. Trabajo de gabinete

4.1.6.1. Procesamiento de la información de campo y dibujo de planos

Luego de realizar los trabajos en campo, se procedió a extraer los puntos del equipo topográfico. Se utilizó una memoria USB para la extracción para luego ser puesto en una hoja de Excel, con el fin de ordenarlos e importarlos en el software AutoCAD Civil 3D. Se recomienda revisar la hoja de Excel antes de la importación puesto que pueden existir puntos repetidos. Una vez que se ha realizado la importación se crea la superficie y se acomoda la triangulación de puntos para tener la representación del terreno más acorde a la realidad.

La topografía fue emplantillada en una hoja A1, donde se muestra la planta de tratamiento en su totalidad, con los detalles necesarios a una escala 1/250.

4.2. Estudio de mecánica de suelos

4.2.1. Alcance

Con el estudio de suelos conocemos las propiedades y características del suelo en el cual se trabaja, y en el cual se colocará la estructura de la planta de tratamiento. Por tal motivo que es indispensable en el diseño con el fin que no ocurren asentamiento posteriores y daños en la infraestructura de la planta de tratamiento.

4.2.2. Objetivos

Los objetivos que se requieren en un estudio de mecánica de suelos es extraer la muestra de la zona en estudio y transportarlas al laboratorio para su análisis. Dentro de los ensayos que se deben realizar está la granulometría, contenido de humedad, plasticidad y la capacidad portante.

4.2.3. Sismicidad

La sismicidad se define como la probabilidad de que un sismo ocurra en un sitio determinado. Si nos fijamos en la norma E030, donde existe el mapa del Perú dividido en 4 zonas sísmicas, podemos ubicar a la costa peruana como una zona de alta sismicidad. Esto quiere decir que la zona de estudio del presente proyecto se encuentra en la zona 4, sismicidad alta.

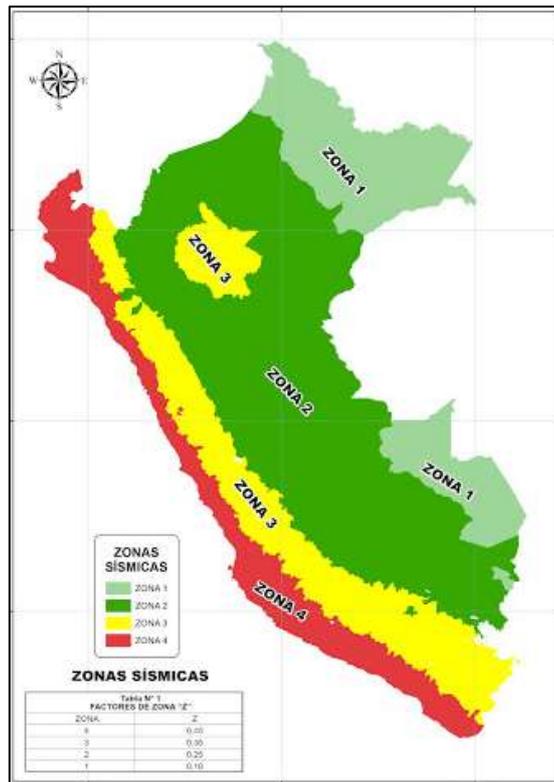


Figura 1 – Zonas sísmicas del Perú

4.2.4. Descripción del proyecto

El presente proyecto tomó lugar en el distrito de Jequetepeque, provincia de Pacasmayo, La libertad. El estudio se realizó con el fin de conocer las características del suelo donde se construirá una planta de tratamiento para el distrito con el fin de reusar el agua para el riego de parques.

4.2.5. Descripción de los trabajos

Los resultados fueron extraídos de un proyecto de inversión pública ejecutado en el distrito de Jequetepeque a cargo de la empresa Geoconsac, la cual tuvo la labor de realizar los estudios de suelos en el proyecto de abastecimiento de agua potable y saneamiento del distrito de Jequetepeque.

4.2.5.1. Resultados de los ensayos de laboratorio

Se realizaron 3 calicatas, de las cuales a una de ella se le realizó el ensayo para calcular su capacidad portante. Los ensayos que se

realizaron fueron Contenido de Humedad, Granulometría, Límites de Atterberg y densidad máxima y mínima; tal y como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2 – Resumen de ensayos de laboratorio

N°	Muestra	Prof(m)	%CH	%Gravas	%Arena	%Finos	%LL	%LP
PC-1	M1	-0.2 a 2.00	12.67%	0.00%	79.30%	20.70%	20.84%	3.31%
PC-2	M1	-0.2 a 2.00	12.84%	0.00%	78.90%	21.10%	19.32%	3.90%
PC-3	M1	-0.15 a 1.60	7.16%	0.00%	83.89%	16.11%	20.89%	4.18%
Reserv.	M2	-1.6 a 3.00	14.52%	0.00%	90.64%	9.16%	17.33%	NP

Fuente: Elaboración propia

Las muestras extraídas de las calicatas fueron clasificadas según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Cuadro 3 – Clasificación de suelos

Cal. N°	Muestra	Clasificación
PC-1	M1	Arena Limosa (SM)
PC-2	M1	Arena Limosa (SM)
PC-3	M1	Arena Limosa (SM)
Reserv.	M2	Arena Limo arcillosa (SC-SM)

Fuente: Elaboración propia

A la calicata PC-3 se le realizaron estudios adicionales para calcular características geotécnicas y su posterior capacidad admisible. El siguiente cuadro muestra los parámetros físicos, mecánicos, químicos e hidráulicos necesarios para poder calcular la capacidad admisible del terreno en estudio.

Cuadro 4 – Parámetros de la Calicata PC-3

Parámetros físicos, mecánicos, químicos e hidráulicos	PC-3 Reserv.
Contenido de humedad (%)	14.52%
Densidad Unitaria (gr/cm ³)	1 gr/cm ³
Contenido de Sales (%)	0.16%
Angulo de fricción interna (°)	31°

Cohesión (kg/cm ²)	0
Parámetros Dinámicos:	
Módulo de Poisson (u)	0.25
Módulo de Elasticidad €	300

Fuente: Elaboración propia

Con los datos necesarios, se realizó el análisis de capacidad admisible teniendo en cuenta dos tipos de cimentaciones, arrojando los siguientes resultados. Ver Cuadro 5.

Cuadro 5 – Análisis de capacidad admisible

Capacidad de carga	Falla General (kg/cm ²)		Falla local (kg/cm ²)		S (cm)
	qu	qadm	qu	qadm	
Cimentación Cuadrada	9.58	3.19	3.19	1.06	1.117
Cimentación Circular	11.15	3.72	3.57	1.19	1.138

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Tratamiento del relleno de zanjas

En el informe de suelos indican que es posible reutilizar el mismo material excavado para el relleno de zanjas, siempre y cuando se retiren las partículas mayores a 2" y realizando un compactado al 95% de la Máxima densidad Seca. Si se requiere utilizar material de préstamo, este debería de ser un suelo gravoso de cantera y compactado por capas de 20 cm al 95 % de la máxima densidad seca.

4.3. Análisis de agua residuales domésticas

Para tener un análisis de aguas residuales domesticas más acorde al distrito de Jequetepeque se utilizó una base de datos proporcionada por SEDALIB, donde se detallan resultados de caracterización ambiental de distintas plantas de tratamiento del litoral costero de La Libertad.

4.3.1. Caracterización ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales Puerto Malabrigo

Se escogió al distrito de Malabrigo puesto que posee características similares al distrito de Jequetepeque, en cuanto a su población y extensión geográfica. Por lo tanto, los resultados de Malabrigo fueron utilizados como un análisis de aguas residuales domésticas en el presente proyecto.

4.3.1.1. Resultados

a. Demanda biológica de oxígeno (DBO)

Se contó con una data de DBO anual desde el año 2012 al año 2016, de acuerdo al siguiente gráfico.

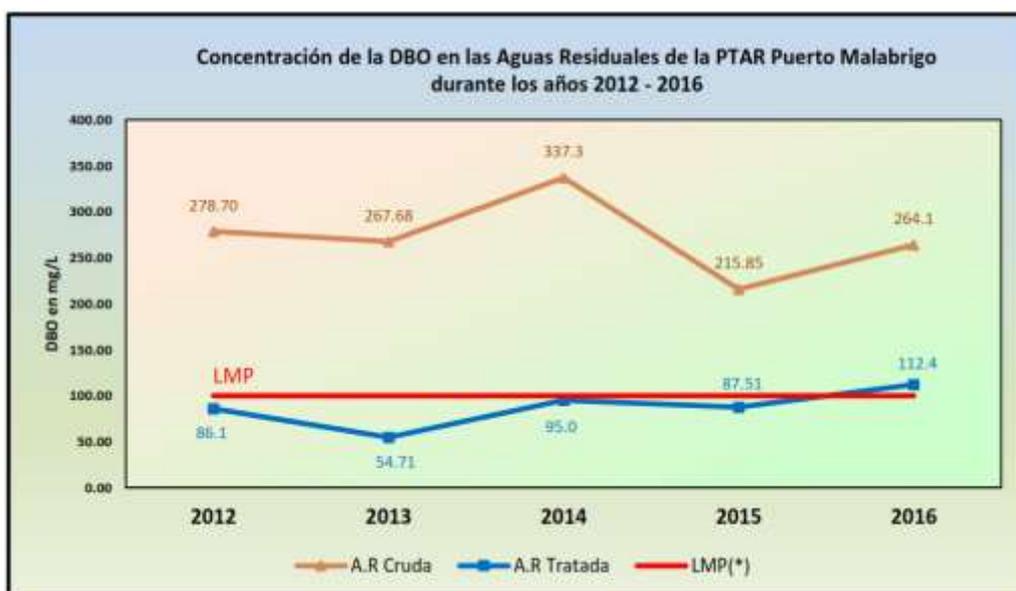


Figura 2 – Resultados de DBO en aguas residuales

Fuente: División de control de calidad de SEDALIB S.A

b. Demanda química de oxígeno (DQO)

Se contó con una data de DQO anual desde el año 2012 al año 2017, de acuerdo al siguiente gráfico.

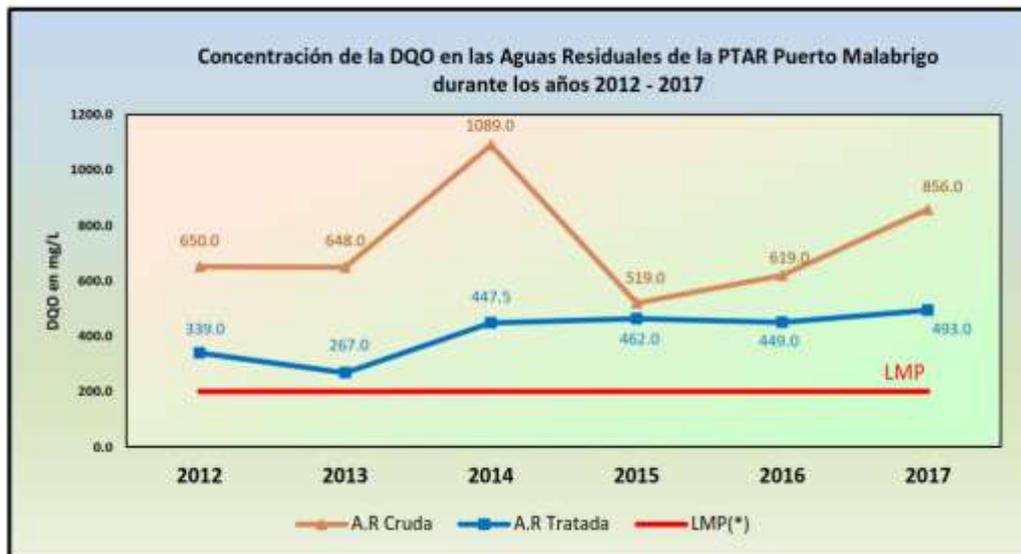


Figura 3 – Resultados de DQO en aguas residuales

Fuente: División de control de calidad de SEDALIB S.A

c. Sólidos suspendidos totales (SST)

Se contó con una data de SST anual desde el año 2012 al año 2017, de acuerdo al siguiente gráfico.

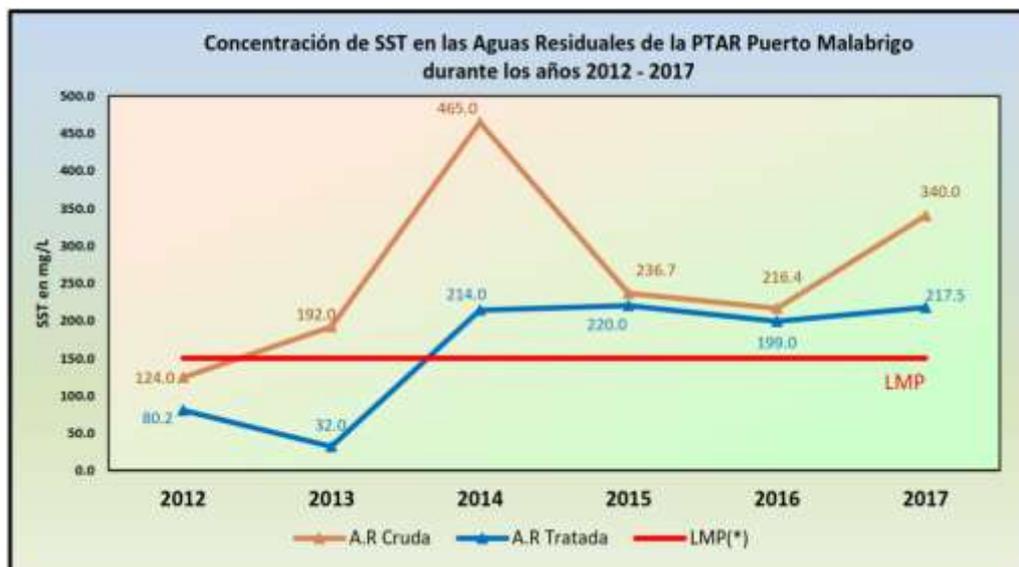


Figura 4 – Resultados de SST en aguas residuales

Fuente: División de control de calidad de SEDALIB S.A

d. Aceites y grasas (AyG)

Se contó con una data de AyG anual desde el año 2012 al año 2017, de acuerdo al siguiente gráfico.

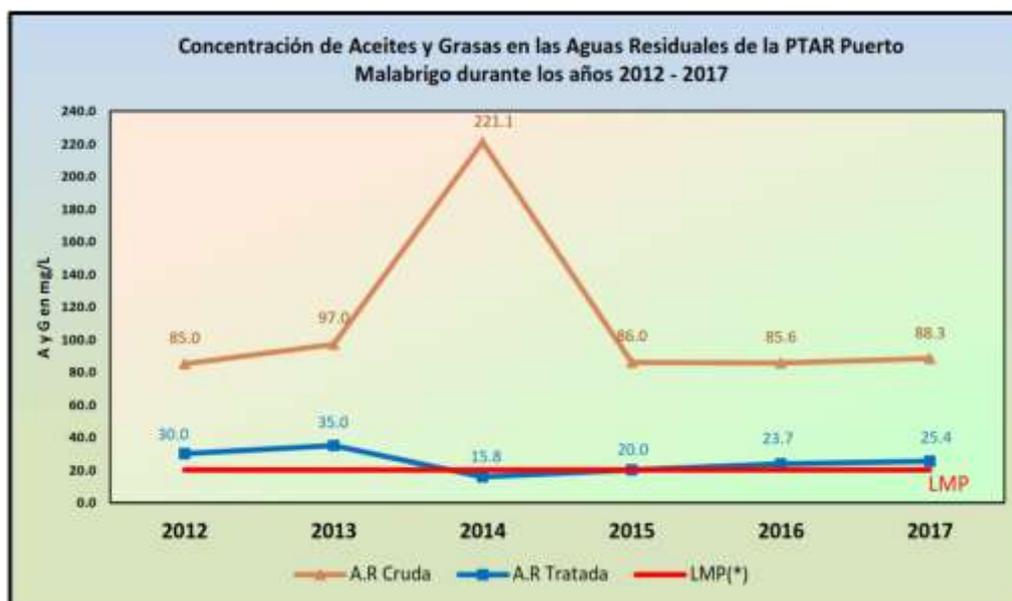


Figura 5 – Resultados de AyG en aguas residuales

Fuente: División de control de calidad de SEDALIB S.A

e. Coliforme termotolerantes (C. term)

Se contó con una data de C. term anual desde el año 2012 al año 2016, de acuerdo al siguiente gráfico.

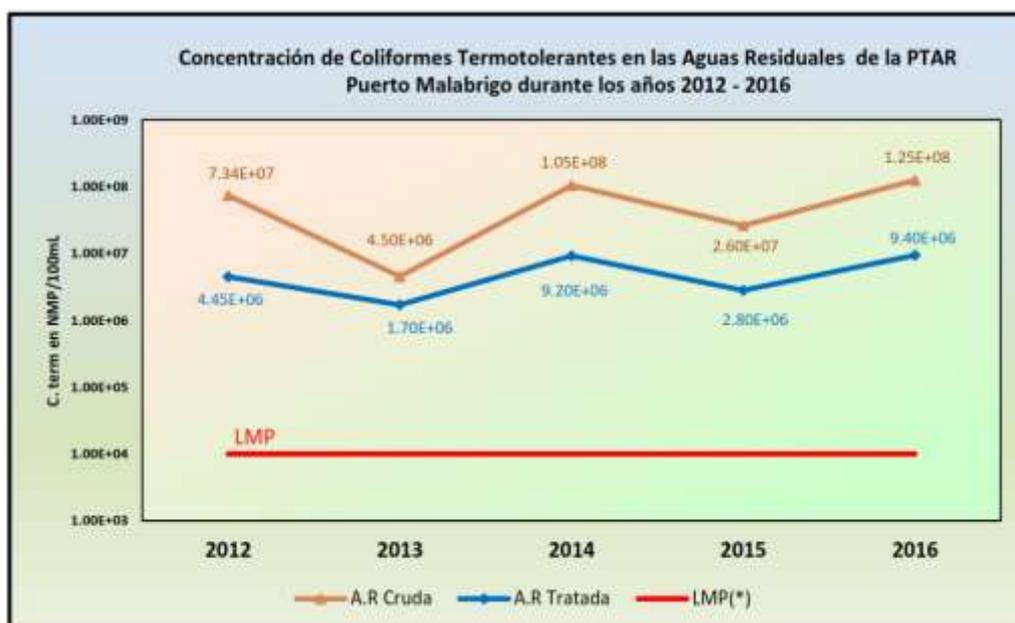


Figura 6 – Resultados de C. term en aguas residuales

Fuente: División de control de calidad de SEDALIB S.A

f. pH

Se contó con una data de pH anual desde el año 2012 al año 2017, de acuerdo al siguiente gráfico.

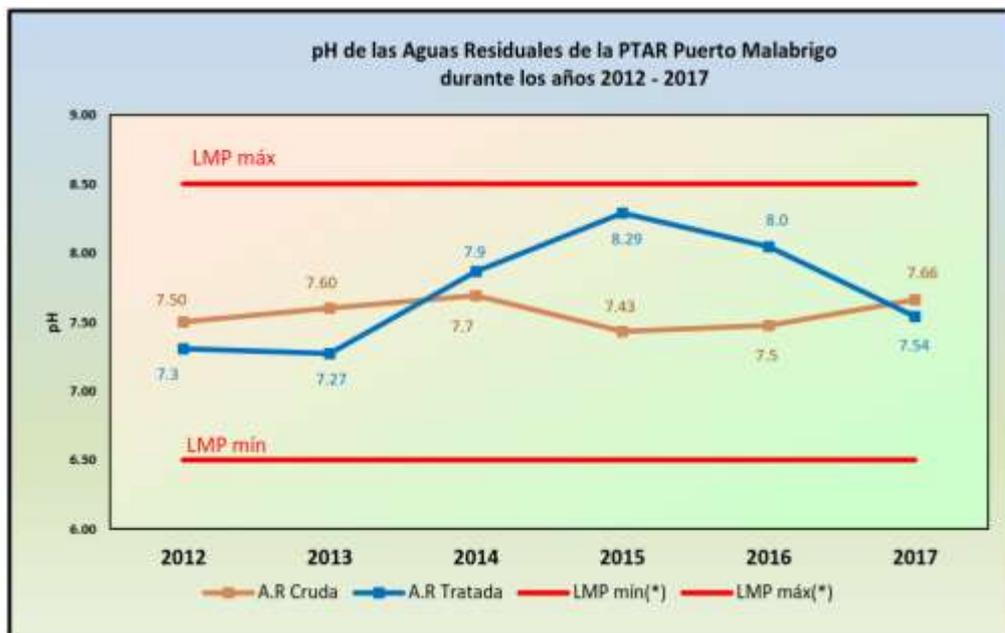


Figura 7 – Resultados de pH en aguas residuales

Fuente: División de control de calidad de SEDALIB S.A

f. Temperatura

Se contó con una data de temperatura anual desde el año 2012 al año 2017, de acuerdo al siguiente gráfico.

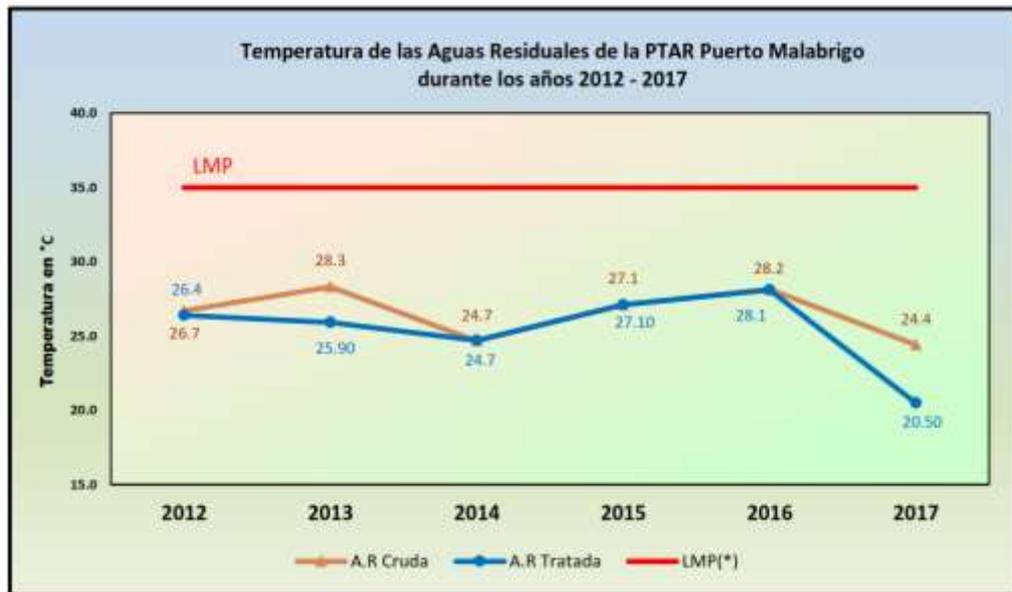


Figura 8 – Resultados de temperatura en aguas residuales

Fuente: División de control de calidad de SEDALIB S.A

4.4. Diseño de la planta de tratamiento

4.4.1. Generalidades

Existen muchas alternativas en el tratamiento de aguas residuales; sin embargo, la más amplia tecnología la presenta el proceso de lodos activados. El proceso se denomina de esa manera debido a que desarrolla una colonia bacteriana en forma de flóculos, los cuales se les conoce como lodos activos, este método permite obtener aguas tratadas favorables para el uso en cultivos.

Se escogió esta tecnología por tener un costo más bajo a comparación de otras tecnologías. Sin embargo, cuenta con un presupuesto más elevado en cuanto a su operación y mantenimiento, que representa a un egreso anual por parte de la Planta de tratamiento. Según López y Herrera (2015), luego de haber realizado una comparación entre la tecnología de lodos activados y de lagunas facultativas, determinaron que es más factible realizar la primera opción puesto que, teniendo en cuenta la inversión inicial, flujo económico, egresos, ingresos y tiempo de recuperación de la inversión, la tecnología de lodos activados presenta un valor neto positivo, haciéndolo factible.

4.4.2. Funcionalidad

El proceso de lodos activados se divide en dos partes principales que son: un área de aireación y otra de sedimentación (Puede existe un área de sedimentación primaria antes de la de aireación). En el tanque de aireación se denomina así por la utilización de aireadores mecánicos que sirven para conformar el ambiente aerobio. Además, se encuentra una mezcla de microorganismos y materias orgánica e inorgánica donde los primeros logran estabilizar a la materia gracias a las reacciones de oxidación biológica. Posteriormente, pasan al tanque de sedimentación donde el agua clarificada es tratada mediante el re-oxigenado y filtrado para luego ser utilizado en riego. En los fondos de los tanques de sedimentación quedan acumulados lodos, los cuales son recirculados hacia el tanque de aireación donde puede ser utilizados con el fin de enriquecer la población de microorganismos activos que se usan. A estos microorganismos se les conoce como flóculos, los cuales ayudan a desarrollar el proceso de depuración biológica.

4.4.3. Resultados del diseño de lodos activados

4.4.3.1. Datos preliminares

Los datos de caudales se tomaron del proyecto de inversión pública "Mejoramiento, ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado y construcción de reservorio (75 m³) del casco urbano, distrito de Jequetepeque, provincia de Pacasmayo – La Libertad" donde se consideró una proyección de 20 años, teniendo los siguientes resultados.

Cuadro 6 – Demanda de servicio proyectada

Año	Población	Dotacion l/hab/día	Demanda Maxima Diaria l/s	Demanda Maxima Horaria l/s
2020	3298	100	4.47	6.87
2029	3606	100	4.88	7.51
2039	3984	100	5.4	8.3

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se trabajará con el valor de Demanda Máxima Horaria en l/s. Según la norma OS.100, se considera un 80% del caudal de agua potable como caudal de agua negras. Quedando el siguiente valor:

$$Q_{maxan}: Q_{maxh} * 80\%$$

Q_{max-AN} : Caudal máximo de aguas negras
 Q_{maxh} : Caudal máximo horario de agua potable

Reemplazando:

$$Q_{max-AN}: 8.3 * 80\%$$

$$Q_{max-AN} = 6.64 \text{ l/s}$$

$$Q_{max-An} = 573696 \text{ l/día}$$

$$Q_{max-AN} = 573.70 \text{ m}^3/\text{día}$$

4.4.3.1. Diseño del pretratamiento

Datos preliminares:

$$Q_{maxh} = 0.0066 \text{ m}^3/\text{s}$$

*Diseño de Rejas

a. Determinación de la eficiencia de barra "E"

e=espesor de barra <5-15> Según norma OS090	=	6.25	mm
s=separacion entre barras <20 50>	=	25	mm
a=ancho de barra	=	40	mm

$$E = \frac{s}{(s + e)}$$

$$E = 0.8$$

b. Determinación de número de barras “N”

Considerando un ancho de canal (B)= 0.15 m

$$N = \frac{(B-s)}{(s+e)}$$

$$N = 4$$

c. Área útil de rejas Aur

Considerando una velocidad entre rejas $v_r = 0.6$ m/s

$$A_{ur} = \frac{Qmh}{v_r}$$

$$A_{ur} = 0.011 \text{ m}^2$$

d. Longitud mojada de rejas

$$L_r = \frac{A_{ur}}{B}$$

$$L_r = 0.074 \text{ m}$$

e. Altura mojada de rejas

Considerando un ángulo de 45°

$$h_r = L_r \cdot \sin(\alpha)$$

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

f. Velocidad de aproximación

$$V_a = V_r \cdot E$$

$$V_a = 0.48 \text{ m/s}$$

Diseño del desarenador**a. Velocidad horizontal de flujo**

$V_h = 0.3$ m/s Según norma OS 090.

b. Área máxima de sección transversal

$$A_{max} = \frac{Vh}{Q_{max}}$$

$$A_{max} = 0.022$$

c. Tirante máximo de desagüe en el canal

$$Y_{max} = \frac{A_{max}}{B}$$

$$Y_{max} = 0.09 \text{ m}$$

d. Área superficial útil del desarenador

Considerando un $Tad = 45 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

$$As = \frac{Q_{max}}{tad}$$

$$As = 0.53 \text{ m}^2$$

e. Longitud útil de desarenador

$$L = 2.12 \text{ m} \frac{As}{B} = 3.00 \text{ m}$$

f. Pendiente

Considerar pendiente mínima de 10%

g. Relación de 10<largo/ancho<20

$$10 < L/B < 20$$

$$10 < 12 < 20$$

h. Cálculo de volumen y profundidad de sólidos arenosos acumulados

Considerando:

$$\text{Tiempo de Limpieza } t_{op1} = 7 \text{ Días}$$

$$\text{Carga de sólidos arenosos } Csa = 0.03$$

$$Vsa = \frac{t_{op} * Q_{med} * Csa}{1000}$$

$$Vsa = 0.19 \text{ m}^3$$

$$Psa = \frac{Vsa}{B * L}$$

$$Psa = 0.10 \text{ m}$$

Diseño de rejas finas al ingreso del desarenador

a. Determinación de la eficiencia de barra "E"

e=espesor de barra <5-15> Según norma OS090	=	6.25	mm
s=separación entre barras <10-15>	=	15	mm
a=ancho de barra	=	30	mm

$$E = \frac{s}{(s + e)}$$

$$E = 0.71$$

b. Determinación de número de barras "N"

Considerando un ancho de canal (B)= 0.25 m

$$N = \frac{(B-s)}{(s+e)}$$

$$N = 7$$

c. Área útil de rejas Aur

Considerando una velocidad entre rejas de= 0.6 m/s

$$Aur = \frac{Qmh}{vr}$$

$$Aur = 0.011 \text{ m}^2$$

d. Longitud mojada de rejas

$$Lr = \frac{Aur}{B}$$

$$Lr = 0.07 \text{ m}$$

e. Altura mojada de rejas

Considerando un ángulo de 45°

$$hr = Lr * \text{sen}(\alpha)$$

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

f. Velocidad de aproximación

$$V_a = V_r * E$$

$$V_a = 0.42 \text{ m/s}$$

Diseño de la unidad de mezcla rápida canaleta

Cuadro 7 – Dimensionamiento de medidor Parshall

Ancho de garganta W(m)	Qmin		Qmaxh	
	m3/s	m3/dia	m3/s	m3/dia
0.0762	0.0008	69	0.0538	4648
0.152	0.0015	130	0.1104	9539
0.229	0.0025	216	0.2519	21764
0.305	0.0031	268	0.4556	39364

Fuente: Marais y Van Andel, 1996

Considerando nuestro ancho de garganta $W = 76.2 \text{ mm}$, Se obtiene los siguientes resultados:

Cuadro 8 – Medidas de medidor Parshall

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N
76.2	466	457	178	259	457	152	305	25	57

Fuente: Elaboración propia

4.4.3.2. Diseño del reactor con aireación extendida

- Datos disponibles:

Caudal máximo horario (Qmh)	=	573.696	m3/día
Materia orgánica entrante (So)	=	272.73	mg DBO ₅ /l
Carga orgánica aplicada	=	156.46	Kg DBO ₅ /día
Eficiencia de remoción del DBO ₅	=	95%	Según Norma OS 090
DBO ₅ (Se)	=	13.64	mg DBO ₅ /l

Cuadro 9 – Parámetros de diseño

Parámetro	Intervalo	Valor	Unidad
Y	0.4-0.8	0.6	KgSSVLM/Kg DBO5
Kd	0.025-0.075	0.045	1/Día
θ_c	20-30	25	días
Xt	3000-6000	3000	mg/l
Qr/Q	0.5-1.5	1	-

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- Y = Coeficiente de producción
- Kd = Coeficiente de respiración
- θ_c = Tiempo de residencia de microorganismos
- Xt = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en reactor
- Qr/Q = Relación de recirculación

Los parámetros están basados a la norma OS 090 de la Norma Técnica Peruana.

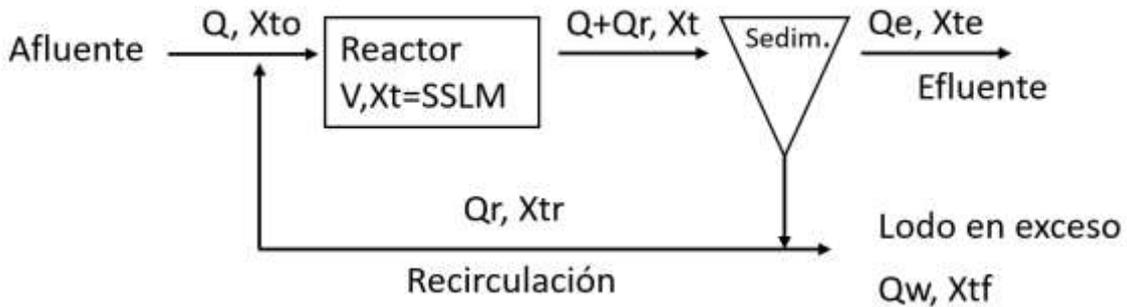


Figura 9 – Proceso propuesto

a. Cálculo del volumen

$$V = \frac{\theta_c * Q * Y(S_o - S_e)}{X_t(1 + K_d * \theta_c)}$$

$$V = 349.74 \text{ m}^3$$

b. Tiempo de retención hidráulico (TRH)

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

$$TRH = 15 \text{ horas}$$

c. Determinación de las dimensiones del estanque

Se propone una altura de reactor de $H=4$ m y relación de $a/h=4$, recomendable por la norma.

$$A_{sup} = \frac{V}{H}$$
$$A_{sup} = 87.435 \text{ m}^2$$

Entonces tenemos:

$$a = 5 \text{ m}$$
$$L = 20 \text{ m}$$

d. Relación: alimento / microorganismo

$$F/M = \frac{S_0}{X_t \cdot V}$$

$$F/M = 0.26 \text{ KgDBO}_5/\text{Kgssv} \cdot \text{m} \cdot \text{día}$$

e. Determinación de la producción observada (Ψ_{obs})

$$\Psi_{obs} = \frac{Y}{(1 + K_d \cdot \theta_c)}$$

$$\Psi_{obs} = 0.28$$

f. Producción de lodos P_x

$$P_x = \frac{\Psi_{obs} \cdot Q \cdot (S_0 - S_e)}{10^3}$$

$$P_x = 41.97 \text{ Kg/día}$$

g. Concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV) en la recirculación (X_r)

$Q_r/Q=1$, Por lo tanto, $Q_r=Q$

$$X_r = \frac{X_t \cdot (Q_r + Q)}{Q_r}$$

$$X_r = 60000 \text{ mg/l}$$

h. Caudal de lodo de purga en la circulación (Qw)

$$Q_w = \frac{V \cdot X_t}{X_r \cdot \theta_c}$$

$$Q_w = 6.99 \text{ m}^3/\text{día}$$

i. Determinación de la demanda de oxígeno (Kg O2/día)

$$F = 0.7$$

$$\text{Kg O}_2/\text{dia} = \frac{Q_{mh} \cdot (S_o - S_e)}{F \cdot 10^3} - 1.42 \cdot P_x$$

$$\text{Kg O}_2/\text{dia} = 152.75 \text{ Kg O}_2/\text{día}$$

j. Determinación del consumo de oxígeno /hp.día (N)

$$N = N_o \cdot \left[\frac{\beta \cdot C_{walt} \cdot CL}{C_{S20^\circ c}} \right] \cdot 1.024 \cdot \alpha$$

N_o = Requisitos de oxígeno en condiciones estándares = 1.5
kgO2/hp.hr

C_{walt} = Concentración de saturación de oxígeno en condiciones de campo = 8.29 mg/L

CL = Nivel de oxígeno en el tanque de aireación = 2 mg/l

$C_{S20^\circ C}$ = Concentración de saturación de oxígeno en condiciones al nivel el mar = 9.08 mg/L

α = Factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno = 0.9

β = Factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno = 0.95

Reemplazando:

$$N = 0.89 \text{ KgO}_2/\text{hp.hr}$$

$$N = 22 \text{ KgO}_2/\text{hp.dia}$$

k. Potencia requerida (Preq)

$$P_{req} = \left[\frac{\text{Demanda de Oxigeno}}{\text{Consumo de Oxigeno}} \right]$$

$$P_{req} = 7 \text{ hp}$$

4.4.3.3. Diseño del tanque de ecualización

Se le denomina como Digestor primario, el cual debe tener un espacio similar a la cámara de aireación. Su limpieza resulta más practica debido a que no funciona al 100% de su capacidad.

4.4.3.4. Diseño del sedimentador

a. Determinación del área superficial del sedimentador (As)

$$A_s = \left[\frac{(1+R) \cdot Q_{mh} \cdot X_r \cdot 3.6}{C_s \cdot 1000} \right]$$

Relación de recirculación (R=Qr/Qp)=1	=	1
Caudal maximo horario Qmh	=	6.64 l/s
Carga de sólidos Cs	=	3.5 kg/m ² .hr
Concentracion de sólidos en la recirculación Xr	=	6000.00 mg/l

$$A_s = 81.96 \text{ m}^2$$

b. Determinación del radio del sedimentador

$$R_s = \sqrt{\frac{A_s}{\pi}}$$

$$R_s = 5.1 \text{ m}$$

Por lo tanto, el diámetro será: 10.2 m, considerar un diámetro de 10.5 m

c. Determinación de h2

$$h_2 = \text{tang}(5) \cdot R_s$$

$$h_2 = 0.4 \text{ m}$$

Relación $R_s/(h_1+h_2) = 3$

$$h_1 = 1.3 \text{ m}$$

e. Volumen de sedimentador

$$V = \left[\pi \cdot R_s^2 \cdot h_1 + (h_2 \cdot \pi \cdot \frac{R_s^2}{3}) \right]$$

$$V = 116 \text{ m}^3$$

4.4.3.5. Diseño de la cámara de contacto con cloro

a. Consideraciones de diseño

Caudal medio (Q)	=	0.635	m ³ /min
Tiempo de retención (t)	=	15 a 30	min Se opta por usar 25 min
Dosis empleada	=	1	mg/l
Altura propuesta (h)	=	1	m

b. Cálculo del volumen teórico

$$V=Q*t$$

$$V=10 \text{ m}^3$$

c. Con altura propuesta se determina el área

$$A = \frac{V}{h}$$

$$A = 9 \text{ m}^2$$

Se considera una relación L/a=2 , resultando:

$$L = 5 \text{ m}$$

$$a = 2.5 \text{ m}$$

4.4.3.6. Diseño del lecho de secado

a. Datos disponibles

Producción de lodos (Px)	=	41.97	Kg SS/día
Tasa de aplicación (Ts)	=	100	Kg SS/m ² .año (Por norma Ts<60-100>)

b. Área de lecho de secado

$$AL = \frac{Px}{Ts}$$

$$AL = 153 \text{ m}^2$$

Se considera una relación L/a=2, resultando:

$$L = 18 \text{ m}$$

$$a = 9 \text{ m}$$

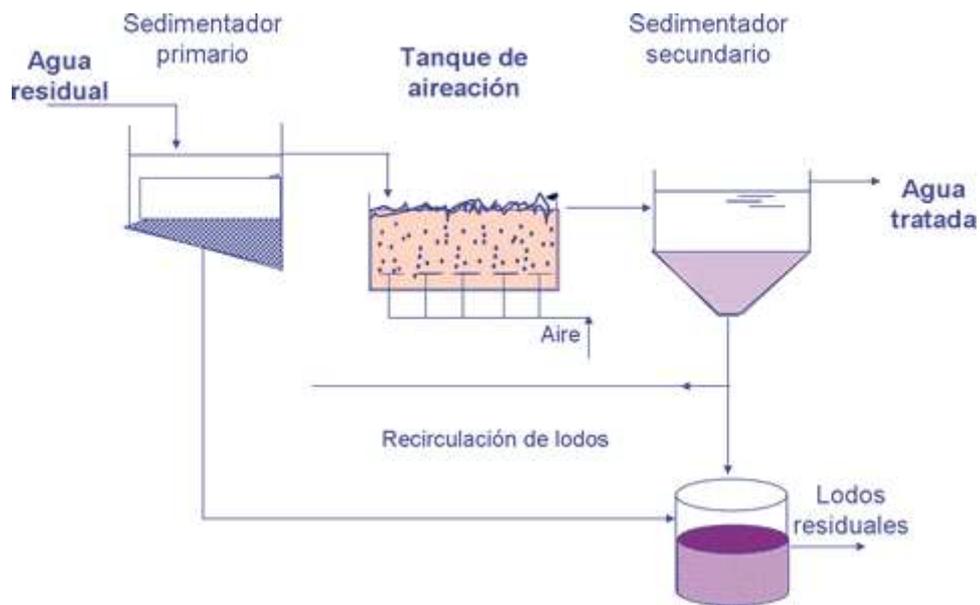


Figura 10 – Proceso de lodos activados

4.5. Diseño estructural de la infraestructura necesaria para la planta de tratamiento

4.5.1. Diseño de muro del tanque de aireación

a. Datos preliminares

$\Phi = 31^\circ$
 $\Theta = 0^\circ$
 $T_s = 0.20 \text{ m}$
 $H = 5.00 \text{ m}$
 $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

b. Cálculo de Ka

$$K_a = \cos\Theta * \left[\frac{\cos\Theta - \sqrt{(\cos\Theta)^2 - (\cos\Phi)^2}}{\cos\Theta + \sqrt{(\cos\Theta)^2 - (\cos\Phi)^2}} \right]$$

$$K_a = 0.4245$$

c. Momentos del muro

$T_m = 0.2$ $b = 100$
 $D_m = 0.16$
 $H = 5$

$$M = \frac{\rho t * K_a * (\cos\Theta) * H^3 * 1.7}{6}$$

$$M = 15033.07 \text{ kg} *$$

d. Cálculo de acero

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'c * b * d^2}} \quad As = w * b * d * \frac{f'c}{fy}$$

$$w = 0.40920$$

$$As = 32.74$$

$$As_{min} = 0.0018 * b * (dm + 0.4)$$

$$As_{min} = 3.6 \text{ cm}^2$$

Se utilizará doble malla de acero de diámetro ϕ 3/4

e. Separación de acero

$$Sp = \frac{b * Ab}{As}$$

$$Sp = 17.41 \text{ cm}$$

$$\boxed{\phi \text{ 3/4 @ 17.5 cm}}$$

Se considerará estribos de ϕ 3/8: 1 @ 5, rto @ 25 cm.

4.5.2. Diseño de muro del canal de entrada y sedimentador

a. Datos preliminares

$$\phi = 31^\circ$$

$$\Theta = 0^\circ$$

$$Ts = 0.15 \text{ m}$$

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

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

b. Cálculo de Ka

$$Ka = \cos\Theta * \frac{\cos\Theta - \sqrt{(\cos\Theta)^2 - (\cos\Phi)^2}}{\cos\Theta + \sqrt{(\cos\Theta)^2 - (\cos\Phi)^2}}$$

$$Ka = 0.4245$$

c. Momentos del muro

$$Tm = 0.2$$

$$b = 100$$

$$D_m = 0.16$$

$$H = 0.5$$

$$M = \frac{\rho t * K a * (\cos \theta) * H^3 * 1.7}{6}$$

$$M = 15.03 \text{ kg} * \text{m}$$

d. Cálculo de acero

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'c * b * d^2}}$$

$$w = 0.00066$$

$$A_s = w * b * d * \frac{f'c}{f_y}$$

$$A_s = 0.0362 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0018 * b * (d_m + 0.4)$$

$$A_{smin} = 2.7 \text{ cm}^2$$

Se utilizará varilla de acero de diámetro $\phi \frac{1}{2}$

e. Separación de acero

$$S_p = \frac{b * A_b}{A_s}$$

$$S_p = 47.04 \text{ cm}$$

$\phi \frac{1}{2} @ 30 \text{ cm}$

Considerar separación máxima de 30 cm.

Por las dimensiones pequeñas considerar una malla de $\phi \frac{1}{2}$ verticales @ 0.30 y horizontal @ 20.

4.5.3. Diseño de muro del sedimentador

a. Datos preliminares

$$\phi = 31^\circ$$

$$\theta = 0^\circ$$

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

$$H = 2 \text{ m}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

b. Cálculo de Ka

$$Ka = \cos\theta * \left[\frac{\cos\theta - \sqrt{(\cos\theta)^2 - (\cos\phi)^2}}{\cos\theta + \sqrt{(\cos\theta)^2 - (\cos\phi)^2}} \right]$$

$$Ka = 0.4245$$

c. Momentos del muro

$$T_m = 0.3 \quad b = 100$$

$$D_m = 0.26$$

$$H = 2$$

$$M = \frac{\rho t * Ka * (\cos\theta) * H^3 * 1.7}{6}$$

$$M = 962.12 \text{ kg} * m$$

d. Cálculo de acero

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'c * b * d^2}}$$

$$w = 0.00756$$

$$As = w * b * d * \frac{f'c}{fy}$$

$$As = 0.98 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = 0.0018 * b * (d_m + 0.4)$$

$$As_{min} = 5.40 \text{ cm}^2$$

Se utilizará varilla de acero de diámetro ϕ 1/2

e. Separación de acero

$$S_p = \frac{b * A_b}{A_s}$$

$$S_p = 47.05 \text{ cm}$$

$$\boxed{\phi \ 1/2 \ @ \ 30 \ \text{cm}}$$

Se considera espaciamiento máximo de 30 cm.

considerar una malla de estribos de acero 3/4 @ 30 cm.

4.5.4. Diseño de muro del tanque de contacto con cloro

a. Datos preliminares

$$\phi = 31^\circ$$

$$\theta = 0^\circ$$

Ts= 0.20 m
 H 1.00 m
 f'c= 210 kg/cm²
 fy= 4200 kg/cm²

b. Cálculo de Ka

$$Ka = \cos\theta * \left[\frac{\cos\theta - \sqrt{(\cos\theta)^2 - (\cos\phi)^2}}{\cos\theta + \sqrt{(\cos\theta)^2 - (\cos\phi)^2}} \right]$$

$$Ka = 0.4245$$

c. Momentos del muro

Tm= 0.2 b= 100
 Dm= 0.16
 Hm= 1

$$M = \frac{\rho t * Ka * (\cos\theta) * H^3 * 1.7}{6}$$

$$M = 120.26 \text{ kg} * \text{m}$$

d. Cálculo de acero

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'c * b * d^2}}$$

$$w = 0.00249$$

$$As = w * b * d * \frac{f'c}{fy}$$

$$As = 0.02 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = 0.0018 * b * (dm + 0.4)$$

$$As_{min} = 3.6 \text{ cm}^2$$

Se utilizará varilla de acero de diámetro ϕ 1/2

e. Separación de acero

$$Sp = \frac{b * Ab}{As}$$

$$Sp = 70.56 \text{ cm}$$

$$\boxed{\phi \ 1/2 \ @ \ 30 \ \text{cm}}$$

Se considera el espaciamiento máximo de 30 cm.

Se considerará estribos de ϕ 3/8: 1 @ 5, rto@30

4.5.5. Diseño de muro de lecho de secados

a. Datos preliminares

$$\begin{aligned}\Phi &= 31^\circ \\ \Theta &= 0^\circ \\ T_s &= 0.15 \text{ m} \\ H &= 1.15 \text{ m} \\ f'_c &= 210 \text{ kg/cm}^2 \\ f_y &= 4200 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

b. Cálculo de Ka

$$K_a = \cos\Theta * \frac{\cos\Theta - \sqrt{(\cos\Theta)^2 - (\cos\Phi)^2}}{\cos\Theta + \sqrt{(\cos\Theta)^2 - (\cos\Phi)^2}}$$

$$K_a = 0.4245$$

c. Momentos del muro

$$\begin{aligned}T_m &= 0.2 & b &= 100 \\ D_m &= 0.16 \\ H &= 1.15\end{aligned}$$

$$M = \frac{\rho t * K_a * (\cos\Theta) * H^3 * 1.7}{6}$$

$$M = 152.91 \text{ kg} * \text{m}$$

d. Cálculo de acero

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'_c * b * d^2}}$$

$$w = 0.00804$$

$$A_s = w * b * d * \frac{f'_c}{f_y}$$

$$A_s = 0.44 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0018 * b * (d_m + 0.4)$$

$$A_{smin} = 2.7 \text{ cm}^2$$

Se utilizará varilla de acero de diámetro ϕ 1/2

e. Separación de acero

$$S_p = \frac{b * A_b}{A_s}$$

$$S_p = 47.04 \text{ cm}$$

\varnothing 1/2 @ 30 cm

Por las dimensiones pequeñas considerar una malla de \varnothing 1/2 verticales @ 0.30 y horizontal @ 20.

4.5.6. Diseño de cerco perimétrico

a. Factores de zona

Teniendo en cuenta la norma E-030

Coeficiente Sísmico (C1)	1.50
Factor de zona (Z)	0.45
Factor de uso (U)	1.00

b. Datos del cerco perimétrico

Peso específico de la albañilería perforada (gm)	1.40	Ton/m3
Peso específico del concreto armado (gCA)	2.40	Ton/m3
Espesor del muro (t)	0.15	m
Espesor efectivo del muro (t)	0.13	m
Altura del muro (h = a)	2.50	m
Ancho de la viga de solera (bv)	0.20	m
Peralte de la viga solera (hv)	0.30	m
Separación de columnas de arrioste (L = b)	3.50	m
Ancho de la columna de arrioste (bc)	0.30	m
Peralte de la columna de arrioste (hc)	0.30	m
Resistencia admisible admisible a tracción por flexión de la albañilería (f't)	22.50	Ton/m2

c. Verificación de espesor de Muro

Valor de " a "	2.50
valor de b:	3.50
b/a:	1.40

El siguiente Valor "m" será obtenido de la tabla 12 de la norma E-070

	menor	dato	mayor
b/a	1.00	1.40	1.20

m	0.0479	0.0775	0.0627
---	---------------	--------	---------------

valor de " m "	0.0775	
valor de " s " = 6 Z C1 g / ft	0.252	/ m
espesor minimo del muro " t " = 0.8 U s m a ²	0.10	m OK

d. Cálculo de resistencia de vigas y columnas de arriostre

resistencia del concreto f'c	210	kg/cm ²
resistencia del acero fy	4200	kg/cm ²
factor Φ para diseño por flexion	0.9	
factor Φ para diseño por corte	0.85	

Variar el valor de "a" hasta T = Cc

Cálculo de la viga solera

Ancho de la viga (bv)	20.00	cm
Alto de la viga (hv)	30.00	cm
peralte efectivo (d)	27.00	cm
Area de acero de refuerzo (Asv)	2.54	cm ²
T = Asv fy	10668	kg
Cc = 0.85 f'c a bv	10668	kg
valor " a "	2.99	cm
Momento flector resistente		
MR = Φ T (d - a/2)	244887	kg x cm
Resistencia a corte del concreto		
Vc = Φ 0.53 √f'c b d	3525	kg

Cálculo de columna de arriostre

Ancho de la columna (bc)	30.00	cm
Alto de la columna (hc)	30.00	cm
peralte efectivo (d)	27.00	cm
Area de acero de refuerzo (Asc)	2.54	cm ²
T = Asc fy	10668	kg

$C_c = 0.85 f'_c a_b v$	10668	kg
valor " a "	1.99	cm
Momento flector resistente		kg x
$MR = \Phi T (d - a/2)$	249669	cm
Resistencia a corte del concreto $V_c = \Phi$		
$0.53 \sqrt{f'_c} b d$	5288	kg

e. Verificación de refuerzo colocado

Revisión de la Albañilería (Norma E-070)

Carga actuante en el muro $w = 0.8 Z U C1$

$\square t$ **79.38** kg/m²
kg x m /

Momento albañilería $M_s = m w a^2$ **38.45** m

Esfuerzo normal de Imomento flector = $f_m =$
 $6 M_s / t^2$ **13.65** Ton/m² **OK**

Diseño de viga (Norma E-060)

Longitud de la viga **3.50** m

Tramo inclinado de carga

distribuida **1.25** m

Tramo recto de la carga

distribuida **1.00** m

Carga ultima de albañilería (w_{u1}) **124.03** kg/m

Carga ultima de viga (w_{u2}) **102.06** kg/m

313.902 m **OK**
318.140 kg **OK**

Diseño de columnas (Norma E-060)

Tramo inclinado de carga distribuida **1.25** m

Carga ultima de albañilería (w_{u3}) **248.06** kg/m

Carga ultima de columna de arriostre (wu4)	68.04	kg/m	
Momento ultimo de columna	977.71	kg x m	OK
Fuerza cortante ultima de columna	558.23	kg	OK

4.5.7. Diseño de Cimentación de cerco perimétrico

a. Datos generales

Datos del Suelo:

Peso específico (g)	1000	Kg/m3
Angulo de fricción (f)	31	grados
Coefficiente de fricción (μ)	0.25	
Capacidad Portante (s)	1.14	Kg/cm2

Datos del muro:

Espesor del muro (t)	0.15	m
Coefficiente Sísmico (C1)	1.50	
Factor de zona (Z)	0.45	
Factor de uso (U)	1.00	
Altura del muro (h)	2.50	m
Ancho de la Viga Solera	0.20	m
Peralte de la viga Solera	0.30	m
Ancho del Sobrecimiento (s/c)	0.15	m
Peralte del Sobrecimiento	0.50	m
Peso específico de la albañilería (gm)	1400	Kg/m3
Peso específico del concreto armado (gCA)	2400	Kg/m3
Peso específico del concreto simple (gCS)	2300	Kg/m3

Datos del cimiento:

Ancho del cimiento (a)	0.80	m
Peralte del cimiento (hc)	0.70	m
Profundidad de cimentación (hf)	1.25	m
Altura de relleno (hr)	0.55	m

Fuerza de empuje:

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45^\circ - f/2) && \mathbf{0.32} \\ K_p &= \tan^2(45^\circ + f/2) && \mathbf{3.12} \\ E_a &= 1/2 * K_a * g_s * (h_c)^2 * B && \mathbf{78.42 \quad Kg} \\ E_p &= 1/2 * K_p * g_s * (h_c)^2 * B && \mathbf{2440.65 \quad Kg} \end{aligned}$$

b. Cálculo del peso total

$$\begin{aligned} P_{\text{solera}} &= \mathbf{144.00 \quad Kg} \\ P_{\text{muro}} &= \mathbf{525.00 \quad Kg} \\ P_{\text{s/c}} &= \mathbf{172.50 \quad Kg} \\ P_{\text{cimiento}} &= \mathbf{1288.22 \quad Kg} \\ P_{\text{relleno}} &= \mathbf{357.50 \quad Kg} \\ P_{\text{TOTAL}} &= \mathbf{2487.00 \quad Kg} \end{aligned}$$

c. Empujes sísmicos

$$\begin{aligned} \text{Empuje sísmico sobre la solera (Hs)} &= \mathbf{67.04 \quad Kg} \\ \text{Empuje sísmico sobre la albañilería (Ha)} &= \mathbf{248.06 \quad Kg} \\ \text{Empuje sísmico sobre el s/c (Hs/c)} &= \mathbf{81.51} \\ \text{Empuje sísmico sobre la cimentación (Hc)} &= \mathbf{608.58 \quad Kg} \end{aligned}$$

d. Fuerza resistente (Fr), Fuerza Actuante (Fa) y cálculo de FSD

Fuerza resistente (Fr)

$$Fr = \mu * P_{\text{total}} + E_p = \mathbf{3062.40 \quad Kg}$$

Fuerzas actuantes (Fa)

$$Fa = H_s + H_a + H_c + H_{s/c} + E_a = \mathbf{1084.61 \quad Kg}$$

$$\mathbf{F.S.D. = Fr/Fa \quad 2.82 > 1.50 \quad OK}$$

e. Momento de Volteo (Mv)

$$M_v = H_i * d_i + E_a * h_a$$

Cuadro 10 – Cálculo de momento de volteo

Elemento	H (Kg)	d (m)	M (Kg-m)
solera	68.04	3.55	241.54
muro de albañilería	248.06	2.45	607.75
sobrecimiento	81.51	0.95	77.43
cimiento	608.58	0.35	213.00
Empuje activo	78.42	0.23	18.30

Mv = 1158.03 Kg x m

Fuente: Elaboración propia

f. Momento Resistente (Mr)

$$Mr = P \text{ total} * a/2 + Ep * hc/3 = 1564.29$$

$$F.S.V. = Mr/Mv \quad 1.35 > 1.35 \quad \text{OK !!!}$$

g. Esfuerzos sobre el terreno

$$Xo = (Mr - Mv)/Ptotal = 0.163 \text{ m}$$

$$e = Xo - a/2 = 0.237$$

$$s t = Ptotal/(2*B(a/2-e)) = 0.76 \text{ Kg/cm}^2 < 1.14 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{OK !!!}$$

h. Diseño de zapata

Datos generales:

b=	0.30	m
t=	0.30	m
ab=	1.27	cm ²
f'c=	210	kg/cm ²
f'y=	4200	kg/cm ²
CP=	1.14	kg/cm ²

• Metrado de cargas:

Cuadro 11 – Metrado de cargas de zapata

	Altura	Largo	Ancho	Área	Peso concreto	Total
VIGA 101		3.5		0.06	2400	504
MURO	2.5		0.15		1400	525
COLUMNA	3.75	0.3	0.3		2400	810
					WD=	1839

Fuente: Elaboración propia

• Carga total:

Sumatoria de Peso WD, WL y peso propio de zapata

$$\text{Peso Propio de Zapata} = 0.01667 * \frac{WD + WL}{7} - CP$$

$$PPZ = 1796.45 \text{ kg}$$

$$AZ = \frac{W}{CAPACIDAD PORTANTE}$$

$$\text{Área Zapata} = 3188.99$$

$$\text{Lado A} = 60 \text{ cm}$$

• Altura de zapata

-Por longitud de anclaje

$$Ld = 0.06 * \frac{Ab * Fy}{\sqrt{f'c}}$$

$$Ld = 22.08 \text{ cm}$$

$$\text{Usar mínimo: } 60 \text{ cm}$$

• Momento de la sección

$$w_{max} = 0.3188$$

$$\phi = 0.9$$

$$d = 52.5 \text{ cm}$$

$$Mc = \phi * f'c * b * d^2 * W_{max} * (1 - 0.59 * W_{max})$$

$$Mc = 7550810.51 \text{ kg*m}$$

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'c * b * d^2}}$$

$$W = 0.0026$$

$$As = w * b * d * \frac{f'c}{fy}$$

$$As = 0.7258 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = 0.0018 * b * (dm + 0.4)$$

$$A_{smin} = 6.048 \text{ cm}^2$$

Usar 5 $\varnothing \frac{1}{2}$

• **Separación de acero**

$$S_p = \frac{(b-15)}{(N-1)}$$

$$S_p = 11.25 \text{ cm}$$

4.5.8. Diseño de Caseta de Seguridad

a. Diseño de Vigas

***Viga 101**

$$h = \frac{Ln}{12}$$

$$h = 0.32 = 0.35 \text{ m}$$

$$b = \frac{h}{2}$$

$$b = 0.16 \text{ m}$$

B mín.: 0.25 m, Por lo tanto, la viga 101: 0.25 x 0.35 m.

Cuadro 12 – Metrado de cargas de viga 101

Metrado de cargas			
CARGA MUERTA	Peso / m²	At	Total
Peso Propio de Losa	350	1.4	490
Cielo Raso	50	1.4	70
Peso Propio de Viga			210
		WD=	770 kg/m
CARGA VIVA	Peso / m²	At	
Sobre Carga	200	1.4	280
		WL=	280 kg/m

Fuente: Elaboración propia

• **Momentos en Viga 101**

$$WU = 1.4 * WD + 1.7 * WL$$

$$M = \frac{Wu * L^2}{n}$$

Se utilizará el factor n:

$$n = 16$$

• **Cálculo de Acero en Viga 101**

f'c=	210	kg/cm2
f'y=	4200	kg/cm2
b=	100	cm
d=	0.31	m

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'c * b * d^2}}$$

$$w = 0.0078$$

$$As = w * b * d * \frac{f'c}{fy}$$

$$As = 1.2 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = 0.0018 * b * (dm + 0.4)$$

$$As_{min} = 6.3 \text{ cm}^2$$

$$As_{final} = 6.3 \text{ cm}^2$$

$$\phi 1/2 = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$6\phi 1/2$$

Estribos de $\phi 3/8$: 1 @ 5, 5 @ 10, 3 @ 15 rto @ 20

***Viga 102**

MA=	1402.485	$h = \frac{Ln}{\text{kg} * \text{m}^2}$
MB=	1402.485	$\text{kg} * \text{m}$
MA-B=	1402.485	$h = 0.23 = 0.25 \text{ m}$
		$\text{kg} * \text{m}$

$$b = \frac{h}{2}$$

$$b = 0.16 \text{ m}$$

B mín.: 0.25 m, Por lo tanto, la viga 101: 0.25 x 0.35 m.

Cuadro 13 – Metrado de cargas de viga 102

Metrado de cargas			
CARGA MUERTA	Peso / m2	At	Total
Peso Propio de Losa	350	1.9	665
Cielo Raso	50	1.9	95
Peso Propio de Viga			150
		WD=	910 kg/m
CARGA VIVA	Peso / m2	At	
Sobre Carga	200	1.9	380
		WL=	380 kg/m

Fuente: Elaboración propia

• Momentos en Viga 102

$$WU = 1.4 * WD + 1.7 * WL$$

$$M = \frac{Wu * L^2}{n}$$

Se utilizará el factor n:

$$n = 16$$

$$MA = 940.8 \text{ kg*m}$$

$$MB = 940.8 \text{ kg*m}$$

$$MA-B = 940.8 \text{ kg*m}$$

• Cálculo de Acero en Viga 102

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 0.31 \text{ m}$$

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'c * b * d^2}}$$

$$w = 0.0114$$

$$As = w * b * d * \frac{f'c}{fy}$$

$$As = 1.19 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = 0.0018 * b * (dm + 0.4)$$

$$As_{min} = 4.5 \text{ cm}^2$$

$$As_{final} = 4.5 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset 1/2 = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$4\emptyset 1/2$$

Estribos de $\emptyset 3/8$: 1 @ 5, 5 @ 10, rto@20

b. Diseño de losa

Luz de losa= 3.80 m

$$h = \frac{Ln}{25}$$

$$h = 0.2 \text{ m}$$

Cuadro 14 – Metrado de cargas de losa aligerada

Metrado de cargas			
CARGA MUERTA	Peso / m²	At	
Peso Propio de Losa	350	0.4	140
		WD=	140 kg/m
CARGA VIVA	Peso / m²	At	
Sobre Carga	200	0.4	80
		WU=	80 kg/m

Fuente: Elaboración propia

• Cálculo de momentos

$$WU = 1.4 * WD + 1.7 * WL$$

$$M = \frac{Wu * L^2}{n}$$

Se utilizará el factor n:

$$n = 24 \text{ y } n = 14$$

$$\begin{aligned} \mathbf{MA} &= 199.75 \text{ kg}\cdot\text{m} \\ \mathbf{MB} &= 199.75 \text{ kg}\cdot\text{m} \\ \mathbf{MA-B} &= 342.43 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{M}{0.9}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{MA_n} &= 221.95 \text{ kg}\cdot\text{m} \\ \mathbf{MB_n} &= 221.95 \text{ kg}\cdot\text{m} \\ \mathbf{MA-B_n} &= 380.48 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

• **Cálculo de acero en losa**

$$\begin{aligned} f'c &= 210 \text{ kg/cm}^2 \\ f'y &= 4200 \text{ kg/cm}^2 \\ b &= 100 \text{ cm} \\ d &= 0.31 \text{ m} \end{aligned}$$

* **Acero en ejes**

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 \cdot M \cdot 100}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}}$$

$$w = 0.0417$$

$$As = w \cdot b \cdot d \cdot \frac{f'c}{fy}$$

$$As = 0.35 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy} \cdot b \cdot d$$

$$As_{min} = 0.006 \text{ cm}^2$$

$$As_{final} = 0.35 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset 3/8 = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$1\emptyset 3/8$$

***Acero en el tramo**

$$w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'c * b * d^2}}$$

$$w = 0.0728$$

$$As = w * b * d * \frac{f'c}{fy} \quad As = 0.62 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy} * b * d$$

$$As_{min} = 0.006 \text{ cm}^2$$

$$As_{final} = 0.62 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset 3/8 = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$1 \emptyset 3/8$$

c. Diseño de columnas

$$a = 0.25 \text{ m}$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$

$$As_{min} = 0.01 * a * b$$

$$As_{min} = 6.25 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset 5/8 = 1.99 \text{ cm}^2$$

$$4 \emptyset 5/8$$

d. Diseño de zapata

Datos generales:

b=	0.25	m
t=	0.25	m
ab=	1.99	cm ²
f'c=	210	kg/cm ²
f'y=	4200	kg/cm ²
CP=	1.14	kg/cm ²

• **Metrado de cargas:**

Cuadro 15 – Metrado de cargas de zapata

	Altura	Largo	Ancho	Área	Peso concreto	Total
VIGA 101		1.9		0.0875	2400	399
VIGA 102		1.4		0.0625	2400	210
LOSA				2.66	350	931
COLUMNA	2.4	0.25	0.25		2400	360
ACABADOS				3.548	50	177.4
					WD=	2077.4 kg
	Área	Peso	Total			
CARGA VIVA	3.548	200	709.6			
		WU=	709.6	kg		

Fuente: Elaboración propia

• **Carga total:**

Sumatoria de Peso WD, WL y peso propio de zapata

$$\text{Peso Propio de Zapata} = 0.01667 * \frac{WD + WL}{7} - CP)$$

$$PPZ = 2722.51 \text{ kg}$$

$$AZ = \frac{W}{CAPACIDAD PORTANTE}$$

$$\text{Área Zapata} = 4832.91$$

$$\text{Lado A} = 70 \text{ cm}$$

• **Altura de zapata**

-Por longitud de anclaje

$$Ld = 0.06 * \frac{Ab * Fy}{\sqrt{f'c}}$$

$$Ld = 34.61 \text{ cm}$$

$$\text{Usar mínimo: } 60 \text{ cm}$$

• Momento de la sección

$$\begin{aligned}w_{max} &= 0.3188 \\ \phi &= 0.9 \\ d &= 52.5 \quad \text{cm}\end{aligned}$$

$$M_c = \phi * f'c * b * d^2 * W_{max} * (1 - 0.59 * W_{max})$$

$$M_c = 9438513.13 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$\begin{aligned}W &= 0.0026 \quad w = 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 * M * 100}{\phi * f'c * b * d^2}} \\ A_s &= w * b * d * \frac{f'c}{f_y} \\ A_s &= 0.907 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$A_{smin} = 0.0018 * b * (d_m + 0.4)$$

$$A_{smin} = 7.56 \text{ cm}^2$$

Usar 6 $\phi \frac{1}{2}$

• Separación de acero

$$\begin{aligned}S_p &= (b-15)/(N-1) \\ S_p &= 11 \quad \text{cm}\end{aligned}$$

4.6. Diseño de la red de agua para riego

4.6.1. Generalidades

Se propuso una red de agua potable para las áreas verdes que contiene el distrito de Jequetepeque, de las cuales destacan los parques, un estadio, cementerio y las jardineras. Existen algunas áreas verdes como son arboles a lo largo de una calle con jardineras personales los cuales deben ser regados por cisterna, los detalles se especificarán a continuación.

4.6.2. Áreas verdes

Se consideraron áreas verdes más importantes del distrito, las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Cuadro 16 – Áreas verdes consideradas en el diseño

Áreas verdes	Área	
Estadio Municipal	7000.00	m2
Parque en la carretera L1-561	686.25	m2
Jardineras en Ca. Guadalupe	1014.17	m2
Jardineras en Ca. Pase de la Capilla	746.17	m2
Plaza de armas	2442.61	m2
Jardineras en la Av. Alameda Norte	3064.52	m2
Cementerio	2563.24	m2
Parque en la Av. Alameda Norte	426.89	m2
TOTAL	17943.85	m2

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, existen arboles ubicados en la carretera L15-561 y en la Av. La Serna, deben ser regados con un tanque cisterna. La planta de tratamiento tendrá un punto de llenado para dichos vehículos.

4.6.3. Dotación

Según la norma IS 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se considera una dotación de 2 l/d por cada m2 de área verde. Por lo tanto, la dotación requerida para el distrito de Jequetepeque es:

$$Dotación = 2 \frac{l}{d} * \text{áreas verdes (m2)}$$

$$Dotación = 2 \frac{l}{d} * 17943.85 \text{ m2}$$

$$Dotación = 35887.70 \text{ l/día} = 0.42 \text{ l/s}$$

4.6.4. Sistema de red de agua

Por características del terreno, se debe contar con una bomba hidráulica para poder llevar el agua desde la planta de tratamiento hacia la ciudad de Jequetepeque, puesto que la ciudad se encuentra en un punto más alto a la planta. La bomba hidráulica provee de agua a un reservorio de 18 m de altura, desde donde empieza la distribución a las áreas verdes de la ciudad.

4.6.5 Cálculo de capacidad de reservorio

Se recomienda almacenar el 25 % de volumen del caudal promedio diario, por lo tanto:

$$V_r = 0.25 * Q_p * 86400$$

De esta manera obtenemos la capacidad necesaria para ambos caseríos:

Cuadro 17 – Volumen de almacenamiento de reservorio

CASERÍO	Qp	VOLUMEN
JEQUETEPEQUE	0.42 l/s	10 m ³

Fuente: Elaboración propia

4.6.6. Cálculo de la bomba hidráulica

$$POT = \frac{Q * Hdt}{76n}$$

Donde:

Q= caudal

Ha=altura dinámica

n= eficiencia de la bomba

- Cálculo de Caudal para un tiempo de llenado de 2H

$$Q = \frac{V}{Tsegundos}$$
$$Q = \frac{9070}{2 * 3600} = 1.26 \text{ l/s}$$

- Cálculo de Altura dinámica

$$HDT = L1 + L2$$

-Longitud de tubería:

$$L1 = 0.90 + 1.34 + 19.64 + 0.53 = 22.41 \text{ m}$$

-Longitud de accesorios: Tener en cuenta que se cuenta con 2 válvulas y 4 codos de 90, en una tubería de 2".

$$Lcodo = 1.71 \text{ m}$$

$$Lvalvula = 1.60 \text{ m}$$

$$L2 = 2 * 1.60 + 4 * 1.71 = 10.04 \text{ m}$$

$$HDT = 22.41 + 10.04 = 32.44 \text{ m}$$

- Cálculo de Potencia de Bomba

$$POT = \frac{1.26 * 32.44}{76 * 65\%}$$

$$POT = 0.84 \text{ hp} = 1 \text{ hp}$$

4.6.7. Plantas beneficiadas

En la red de agua para riego se verán beneficiadas muchas plantas ornamentales cuya finalidad es la decoración de parque y jardines. Entre las principales plantas ornamentales que se beneficiarán son las siguientes:

- Árboles y arbustos
- Céspedes
- Helechos
- Palmeras

4.6.8. Red de distribución

4.6.8.1. Consideraciones básicas

- La red se calcula a partir de la dotación necesaria para abastecer a todas las áreas verdes existentes en la ciudad de Jequetepeque.
- El diámetro mínimo de tuberías en ramales principales debe ser de 1" y en secundarias de ½".
- No se usarán cruces en las uniones de tuberías, si no, tees.
- Se debe tener una presión no mayor a 60 mca, ni menor a 5 mca.

4.6.8.2. Tipo de red de distribución

-Red abierta o ramificada

Compuesto por tuberías dibujándose una figura de ramas desde su punto de distribución con la característica que no llegan a

interconectarse. Generalmente, se utilizan cuando no se pueda realizar mallado o también llamada red cerrada.

4.6.8.3. Diseño de red de agua para riego

-Pendiente

Representa a la inclinación del terreno donde reposará la tubería y se calcula con la siguiente fórmula:

$$S (m/m) = \frac{Z_{inicial} - Z_{final}}{L_{total}}$$

-Diámetro

Se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$D (") = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$$

-Velocidad

Se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$V(m/s) = \frac{1.9735 * Q(l/s)}{D^2}$$

-Pérdida de carga

Se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$H_f = \frac{10.665 * Q^{1.85}}{C^{1.852}} * \frac{L}{D^{4.8705}}$$

-Presión final

Se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$P_{final} = Z_{inicial} - H_f - Z_{final}$$

Cuadro 18 – Datos de diseño de la red de agua para riego

TRAMO		N° CONEXIONES	CAUDAL (l/s)		COTA TERRENO		LONGI. (m)	LONG. INCLIN.	PENDIENTE	DIÁMETRO		VELOC. (m/s)	C	Hf	COTA PIEZOMÉTRICA		PRESION (m.c.a.)	
			q	Q	Inicial	Final				(")	CLAS.				Inicial	Final	Inicial	Final
RES	N-1	18	0.023	0.420	29.00	13.06	437.83	438.12	0.036	2 "	10	0.21	150	0.54	29.00	28.46	0.00	15.40
N-1	CO-1	1	0.023	0.023	13.06	14.09	19.40	19.43	0.053	1/2"	10	0.18	150	0.10	28.46	28.37	15.40	14.28
N-1	N-2	17	0.023	0.397	13.06	15.83	208.40	208.42	0.013	2 "	10	0.20	150	0.23	28.46	28.23	15.40	12.40
N-2	CO-2	1	0.023	0.023	15.83	14.59	28.11	28.14	0.044	1/2"	10	0.18	150	0.14	28.23	28.09	12.40	13.50
N-2	N-3	16	0.023	0.373	15.83	15.98	118.16	118.16	0.001	1 1/2"	10	0.33	150	0.47	28.23	27.76	12.40	11.78
N-3	N-3.1	5	0.023	0.117	15.98	15.60	140.53	140.53	0.003	1 "	10	0.23	150	0.47	27.76	27.29	11.78	11.69
N-3.1	CO-3	1	0.023	0.023	15.60	14.47	172.05	172.05	0.007	1/2"	10	0.18	150	0.86	27.29	26.44	11.69	11.97
N-3.1	N-3.1.1	4	0.023	0.093	15.60	16.47	29.10	29.11	0.030	3/4"	10	0.33	150	0.26	27.29	27.03	11.69	10.56
N-3.1.1	CO-4	1	0.023	0.023	16.47	15.87	71.44	71.44	0.008	1/2"	10	0.18	150	0.36	27.03	26.67	10.56	10.80
N-3.1.1	N-3.1.2	3	0.023	0.070	16.47	16.68	15.30	15.30	0.014	3/4"	10	0.25	150	0.08	27.03	26.95	10.56	10.27
N-3.1.2	CO-5	1	0.023	0.023	16.68	16.17	71.09	71.09	0.007	1/2"	10	0.18	150	0.35	26.95	26.60	10.27	10.43
N-3.1.2	N-3.1.3	2	0.023	0.047	16.68	16.27	76.21	76.21	0.005	3/4"	10	0.16	150	0.19	26.95	26.76	10.27	10.49
N-3.1.3	CO-6	1	0.023	0.023	16.27	16.99	59.04	59.04	0.012	1/2"	10	0.18	150	0.29	26.76	26.47	10.49	9.48
N-3.1.3	N-3.1.4	1	0.023	0.023	16.27	16.09	16.97	16.97	0.011	1/2"	10	0.18	150	0.08	26.76	26.68	10.49	10.59
N-3.1.4	CO-7	1	0.023	0.023	16.09	16.49	56.76	56.76	0.007	1/2"	10	0.18	150	0.28	26.68	26.39	10.59	9.90
N-3	N-4	11	0.023	0.257	15.98	14.97	243.59	243.59	0.004	1 1/2"	10	0.23	150	0.49	27.76	27.28	11.78	12.31
N-4	CO-8	1	0.023	0.023	14.97	14.96	8.41	8.41	0.001	1/2"	10	0.18	150	0.04	27.28	27.23	12.31	12.27
N-4	N-5	10	0.023	0.233	14.97	18.83	301.00	301.02	0.013	1 1/2"	10	0.20	150	0.50	27.28	26.77	12.31	7.94
N-5	CO-9	1	0.023	0.023	18.83	18.81	2.45	2.45	0.008	1/2"	10	0.18	150	0.01	26.77	26.76	7.94	7.95
N-5	N-6	9	0.023	0.210	18.83	17.53	57.81	57.82	0.022	1 1/2"	10	0.18	150	0.08	26.77	26.69	7.94	9.16
N-6	CO-10	1	0.023	0.023	17.53	17.61	3.32	3.32	0.024	1/2"	10	0.18	150	0.02	26.69	26.68	9.16	9.07
N-6	N-7	8	0.023	0.187	17.53	19.38	59.72	59.75	0.031	1 1/2"	10	0.16	150	0.07	26.69	26.63	9.16	7.25
N-7	CO-11	1	0.023	0.023	19.38	19.46	2.38	2.38	0.034	1/2"	10	0.18	150	0.01	26.63	26.61	7.25	7.15
N-7	N-8	7	0.023	0.163	19.38	18.19	59.55	59.56	0.020	1 "	10	0.32	150	0.37	26.63	26.26	7.25	8.07
N-8	CO-12	1	0.023	0.023	18.19	18.17	3.75	3.75	0.005	1/2"	10	0.18	150	0.02	26.26	26.24	8.07	8.07
N-8	N-9	6	0.023	0.140	18.19	18.26	59.70	59.70	0.001	1 "	10	0.28	150	0.28	26.26	25.98	8.07	7.72
N-9	CO-13	1	0.023	0.023	18.26	18.27	1.83	1.83	0.005	1/2"	10	0.18	150	0.01	25.98	25.97	7.72	7.70
N-9	N-10	5	0.023	0.117	18.26	18.17	83.70	83.70	0.001	1 "	10	0.23	150	0.28	25.98	25.70	7.72	7.53
N-10	CO-14	1	0.023	0.023	18.17	19.68	106.21	106.22	0.014	1/2"	10	0.18	150	0.53	25.70	25.17	7.53	5.49
N-10	N-11	4	0.023	0.093	18.17	18.81	3.52	3.58	0.182	3/4"	10	0.33	150	0.03	25.70	25.66	7.53	6.85
N-11	CO-15	1	0.023	0.023	18.81	19.79	1.57	1.85	0.624	1/2"	10	0.18	150	0.01	25.66	25.65	6.85	5.86
N-11	N-12	3	0.023	0.070	18.81	18.60	30.82	30.82	0.007	3/4"	10	0.25	150	0.16	25.66	25.50	6.85	6.90
N-12	CO-16	1	0.023	0.023	18.60	18.80	2.68	2.69	0.075	1/2"	10	0.18	150	0.01	25.50	25.49	6.90	6.69
N-12	N-13	2	0.023	0.047	18.60	17.94	29.52	29.53	0.022	3/4"	10	0.16	150	0.07	25.50	25.43	6.90	7.49
N-13	CO-17	1	0.023	0.023	17.94	17.90	0.95	0.95	0.042	1/2"	10	0.18	150	0.00	25.43	25.42	7.49	7.52
N-13	CO-18	1	0.023	0.023	17.94	18.20	73.24	73.24	0.004	1/2"	10	0.18	150	0.37	25.43	25.06	7.49	6.86

V. DISCUSIÓN

El estudio topográfico pudo constatar que el distrito de Jequetepeque presenta una topografía llana. Con el levantamiento topográfico se pudo diseñar la planta de tratamiento, respetando el área destinada para la obra y el canal existente que pasa cerca al área de estudio. Estos resultados son similares a los expresados por López y Herrera (2015), quienes al realizar el estudio topográfico determinaron que su topografía es llana; esto se da por el hecho que las localidades están en la costa peruana.

Los estudios de mecánica de suelos fueron obtenidos de un proyecto de agua potable y saneamiento del mismo distrito cuya información nos permitió conocer los datos reales del terreno en estudio. El estudio permitió conocer la capacidad portante del terreno, así como, las características físicas del suelo muestreado. Los resultados indican que el suelo es presenta en su mayoría arenas, con poco contenido de humedad. El material extraído luego de la excavación para la construcción de los tanques, puede ser reutilizado como relleno, tal y como lo expresa Geconsac (2019) quien indica que se puede rellenar con el mismo material siempre y cuando se realice un compactado al 95% de la máxima densidad seca.

Los análisis de agua residual tomados fueron reales de una localidad cercana. Los resultados ayudaron en el diseño de la planta de tratamiento a través del método de lodos activados, que alcanza una remoción de DBO de 95%, obteniendo estructuras acordes al volumen y caudal generado por la población. Dicha información se complementa con lo reportado por López y Herrera (2015), donde expresan que es más viable realizar el método de lodos activados por su menor costo y requerimiento de menor extensión geográfica. Dicha tecnología adoptada es más eficiente a la reportada por Morán (2014), quien es su tesis expresa que su planta de tratamiento llega a una eficiencia global de 88.62%.

Los diseños estructurales de los diferentes tanques y cerco perimétrico fueron realizados con el fin de soportar el momento de volteo generados por las fuerzas

de empuje del terreno, tal y como lo expresa la norma E 060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, donde se manifiesta que es muy común encontrar este tipo de fuerzas de volteo en estructuras enterradas, por tal motivo se debe diseñar con un factor de seguridad de volteo.

La red de distribución del agua residual tratada para uso de riego en parques y jardines del distrito de Jequetepeque se realizó mediante un sistema abierto; a su vez las áreas de esparcimiento que no están comprendidas en la red de distribución de agua residual tratada serán abastecidas a través de un camión cisterna, cuyo llenado será dentro de la planta de tratamiento. Tener en cuenta que la red es abierta, tal y como lo muestra Carbajal (2018) en su diseño, con la única comparación que su red está situada en la sierra; sin embargo, se utilizan las mismas fórmulas y consideraciones de diseño.

VI. CONCLUSIONES

- Se realizó el levantamiento topográfico del distrito de Jequetepeque, conociendo la topografía llana de distrito de Jequetepeque. En dicho tramo se tomaron una cantidad de 201 puntos. Teniendo la altitud máxima 25 msnm y una mínima de 18 msnm. En la ejecución del levantamiento se pudo ubicar una carretera de trocha existente y canales.
- Se analizó los estudios de suelos de un proyecto ejecutado en Jequetepeque, usando sus datos para el desarrollo de la presente investigación, los cuales fueron proporcionados por la Municipalidad Distrital de Jequetepeque, quienes por medio de la empresa GECONSAC realizaron un estudio de suelos para el proyecto he dicho distrito. De dicho proyecto se pudo obtener que las muestras de suelos en su mayoría clasifican como Arenas Limosas (SM). De una calicata fue que se extrajo muestra para realizar la capacidad portante, cuyo valor fue de 1.19 kg/cm². Por otro lado, se tuvo un ángulo de fricción de 31°.
- Los datos fueron extraídos de una publicación. titulada “Plan ambiental de SEDALIB S.A. 2017-2021” emitida por la misma entidad. Se obtuvo los resultados de la ciudad de Puerto Malabrigo, quien cuenta con características similares a Jequetepeque. El análisis de agua residual arrojó diversos datos como, por ejemplo: DBO, DQO, SST, Aceites y Grasas, Coliforme termotolerantes, pH y temperatura. Se pudo corroborar que el agua residual domesticas sobrepasa los límites máximos permisibles, como el dato de DBO= 272.73 mg DBO₅/l, cuyo dato máximo permisible debe ser 100 mg/l. Por tal motivo se busca reducir dichos datos por medio de la planta de tratamiento.
- El diseño de la planta se realizó en base a los datos obtenidos del análisis de agua residual con el fin de tener las estructuras necesarias para abastecer la demanda de agua residual del distrito de Jequetepeque. Se optó por diseñar lodos activados, el cual cuenta con un sistema de pretratamiento donde ingresa un caudal de 6.64 l/s y se ubican las rejas,

desarenador (3.00 m) y medidor Parshall ($w=0.0762$). En la zona de tratamiento empieza con el sedimentador primario (20.00 x 5.00 m), el tanque aeróbico (20.00 x 5.00 m), sedimentador secundario ($R= 5.10$ m, $H= 1.70$ m) y el tanque de contacto con cloro (5.00 x 2.50 m), finalmente, el postratamiento está representado por el lecho de secados (18.00 x 9.00 m).

- El diseño estructural se realizó con el propósito de contrarrestar el momento de volteo de las estructuras de la planta debido a que serán enterradas. Además, en la planta de tratamiento se diseñó un cerco perimétrico de albañilería y una caseta de control. Para el diseño de los muros, columnas y vigas se contó con $\emptyset \frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{8}$ para los estribos. En el diseño se tomó en cuenta los valores sísmicos de la zona según la norma E 030, capacidad portante del suelo y ángulo de fricción.
- Se realizó la red de agua para riego de aguas verdes donde se tuvo un total de 17943.85 m², lo cual le corresponde una dotación de 0.42 l/s. Se diseñó una red ramificada con diámetros de tuberías de 2", 1 ½", 1", ¾" y ½". Se controló la presión, llegando a los puntos de conexión con una presión mínima de 5.49 mca y una máxima de 15.40 mca. En total, se tuvieron 18 puntos de conexión en todo el distrito de Jequetepeque. Además, se diseñó un reservorio elevado de 18 m con una capacidad de 9.07 m³. Además, se contará con una bomba de potencia de 1 hp.

VII. RECOMENDACIONES

- Se debe contar con un estudio de suelos de la zona en estudio, con datos actuales, para tener un registro de información útil para ser usada en la investigación. Además, es importante que los datos de estudio de suelos estén firmados por alguna entidad o profesional que constate que los datos son fidedignos.
- La obtención de las aguas residuales debe ser monitoreadas permanentemente con la finalidad de que se puedan aprovechar las aguas residuales en su totalidad sin afectar el desempeño de la planta de tratamiento.
- La tecnología propuesta permitirá tener un agua tratada de mejor calidad con un costo acorde a la economía de la población, de tal manera que se logre la optimización de recursos y la mitigación de impactos ambientales negativos que se generan actualmente en el distrito.
- En la red de agua para riego se priorizó las áreas verdes más importantes de la ciudad, como son parques de recreación, cementerio, plaza mayor y estadio. Cabe destacar, que se tomaron en cuenta algunas calles para mantener el paisaje verde del distrito. Por otro lado, existen calles con presencia de árboles independientes donde se recomienda que su regado sea mediante camiones cisterna.

REFERENCIAS

AROCUTIPA, Juan. Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari – Sandia. Tesis (Ingeniero Agrícola). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2013. 84 pp. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4516>

CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Informe anual 1988-1989. Costa Rica: Catie, 1989. 150 pp.

ISBN: 9977-57-060-4

CEDRÓN, Olga, y CRIBILLEROS, Ana. Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2017. 154 pp. Disponible en http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3561/1/RE_ING.CIVIL_OLGA.CE DR%C3%93N_ANA.CRIBILLEROS_DATOS.PDF

CRITES, Ron, y TCHOBANOGLIOUS, George. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, 2000.

DÍAZ, Heidy, y CABALLERO, Jhon. Simulación de una planta de tratamiento de aguas residuales y su análisis técnico-económico-ambiental en la ciudad de Iquitos mediante el uso de Super pro Designer V6 – 2015. Tesis (Ingeniero Químico). Iquitos: Universidad Nacional de La Amazonía Peruana, 2015. 156 pp. Disponible en <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4712>

ESPINOZA, Guillermo. Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Chile: ANDROS Impresores, 2002. 246 pp.

ESPINOZA, Ramón. Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores. Tesis (Maestro en Gestión y Autorías Ambientales). Piura: Universidad de Piura, 2010. 264 pp. Disponible en <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1478>

GOMEZ, Domingo. Libro de texto: Evaluación De Impacto Ambiental. Lima. Perú. 2013.

GONZALES Jiménez Claves. Topografía para ingenieros civiles. Universidad de Quindío – Armenia. 2007. 191 p.

GRUPO Banco Mundial. Tratamiento y reúso de las aguas residuales. Perú, ¿un reflejo de la región? [fecha de consulta: 18 de octubre de 2005]. Disponible en: <http://pubdocs.worldbank.org/en/150461494428481264/Booklet-Conferencia-FINAL.pdf>

HENRY, Glynn, y HEINKE, Gary. Ingeniería Ambiental. 2° ed. México: Prentice Hall, 1999. 800 pp.

ISBN: 970-17-0266-2

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 5° ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2010. 613 pp.

ISBN: 978-607-15-0291-9

LOPEZ, Rodrigo, y HERRERA, Kathleen. Planta de tratamiento de aguas residuales para reúso en riego de parques y jardines en el distrito de La Esperanza, provincia Trujillo. La Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2015. 133 pp. Disponible en <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/1981>

MELGAREJO, Florcita. Evaluación para optimizar el sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Marcará, del distrito de Marcará, provincia de Carhuaz – Ancash – 2014. Tesis (Ingeniero Sanitario). Ancash: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2015. 262 pp. Disponible en <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1612?show=full>

MINISTERIO de Agricultura y Riesgo. Autoridad Nacional del Agua. Resolución N° 448-2018-ANA/TNRCH. Lima, 2018. 7 pp.

MORÁN, Diego. Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Tesis (Ingeniero Ambiental). Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2014. 118 pp. Disponible en <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/14/Moran-Diego.pdf>

ORTIZ, Lauraceli, VIVES, Floriana, y SILVA, Carlos. Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento. Polibotánica [en línea]. México 2011, n.o.31 [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2019]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n31/n31a10.pdf>

ISSN: 1405-2768

PLANTA de tratamiento de aguas residuales. Aguasistec. 20 de octubre de 2005. <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales.php>

QUIROZ, Pedro. Planta de tratamiento de aguas residuales para regadío en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Tesis (Ingeniero Químico). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2009. 172 pp. Disponible en <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/432>

RAMALHO, R. Tratamiento de aguas residuales. Barcelona: Editorial Reverté, 1993.

RELACIÓN del agua, el saneamiento y la higiene [en línea]. Organización Mundial de la Salud. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2019]. Disponible en https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/

REVISTA Internacional de Contaminación Ambiental [en línea] México 2016, vol.32 no.2 [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000200243

ISSN 0188-4999

RIGOLA, Lapeña. Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y aguas residuales. 1° ed. Colombia: Marcombo, 1990. 155 pp.

RINCÓN, Mario, VARGAS, Wilson, y GONZÁLEZ, Carlos. Topografía. Conceptos y aplicaciones. Colombia: ECOE, 2018. 28 pp.

ISBN: 978-958-771-507-1

RIQUELME, L., y GÓMEZ, R. Los recursos naturales de la región de Murcia. Un análisis interdisciplinar. Murcia, España: Universidad de Murcia, 2003. 442 pp.

RODRÍGUEZ Ángel Muelas. Manual de mecánica de suelos y cimentaciones. Ángel Muelas Rodríguez. UNED- Lima – 2010. 119 p.

RODRÍGUEZ, Marco. Métodos de investigación: diseño de proyectos y desarrollo de tesis en ciencias administrativas, organizacionales y sociales. 1° ra. Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa, 2010.

ROJAS, Raúl. Guía para realizar investigaciones sociales. 38° va. México: Plaza y Valdés, 2013. 437 pp.

ISBN: 968-856-262-5

ROMÁN, Roberto. Planta de tratamiento de aguas residuales de Villaflores, Chiapas, 2016.

RUIZ Cortines, Adolfo. Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector vías generales de comunicación. Primera edición; México – 2002. 117p.

SALAZAR, D. Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales: enfoque Centro América. Guatemala: Proarca/Sigma, 2003.

SANS, Ramón, y RIBAS, Joan. Ingeniería ambiental: Contaminación y tratamientos. Barcelona: Marcombo, 1989. 136 pp.

ISBN: 84-267-0742-4

TERZAGHI, Karl, y PECK, Ralph. Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. 2° ed. Barcelona: El Ateneo, 1973. 698 pp.

TORRES, Ernesto. Proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para reuso del agua en la agricultura. Tesis (Maestro en Ciencias en Producción Agrícola). Marín, Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León, 1994. 204 pp. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/4660/1/1080063779.PDF>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas	Comprende la evaluación de las aguas residuales, levantamientos topográficos y otros estudios de campo necesarios para realizar la selección de los tratamientos y cálculos hidráulicos que permitan realizar un tratamiento eficaz de las aguas residuales (Salazar, 2003).	Levantamiento topográfico	Mediante equipos topográficos especializados.	Distancia (m)	Cuantitativa de razón	
				Área de estudio (m ²)	Cuantitativa de razón	
				Elevación (msnm)	Cuantitativa de razón	
		Estudio de mecánica de suelos	Mediante ensayos en el laboratorio de suelos.	Granulometría (%)	Contenido de humedad (%)	Cuantitativa de razón
					Límites de Atterberg (%)	Cuantitativa de razón
					Análisis físicos (mg/l)	Cuantitativa de razón
		Características del agua residual actual	Mediante ensayos en el laboratorio de química.	Análisis químicos (mg/l)	Análisis biológicos (NMP/100ml)	Cuantitativa de razón
					Población de diseño (hab)	Cuantitativa de razón
					Dotación (l/hab/día)	Cuantitativa de razón
		Diseño de la PTARD	Mediante los criterios vigentes y los cálculos hidráulicos correspondientes.	Caudal de diseño (m ³ /día)	Metrado de cargas (kg/m ²)	Cuantitativa de razón
					Predimensionamiento (m)	Cuantitativa de razón
					Área de acero (m ²)	Cuantitativa de razón
		Diseño estructural	Mediante cálculos estructurales basados en la norma E060.	Caudal demandado (l/s)		
		Diseño de red de agua para riego	Mediante softwares especializados			

Anexo 1 – Instrumentos de recolección de datos
Anexo 1.1 - Instrumento para el levantamiento topográfico

FICHA DE OBSERVACIÓN				
DATOS DEL PROYECTO				
PROYECTO:	Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para reúso en parques y jardines, distrito Jequetepeque-Pacasmayo-La Libertad			
CONSULTOR:	Maderlinda Lorenz Coronel Hidalgo (0000-0002-7741-7774)			
	Karina Paola Cueva Gadea (0000-0001-5956-6015)			
CÓDIGO:		REGIÓN:	La Libertad	
PRECISIÓN:		PROVINCIA:	Pacasmayo	
FECHA:		DISTRITO:	Jequetepeque	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
ELIPSOIDE:	ZONA UTM:	NORTE:	ESTE:	COTA:
CROQUIS DE UBICACIÓN		VISTA FOTOGRÁFICA		
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO TOPOGRÁFICO				
PROFESIONAL RESPONSABLE				

Anexo 1.2 - Instrumento para el estudio de mecánica de suelos

FICHA DE REGISTRO			
DATOS GENERALES			
CALICATA:		DISTRITO:	Jequetepeque
ESTRATO:		PROVINCIA:	Pacasmayo
LOCALIDAD:		REGIÓN:	La Libertad
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO			
TEMPERATURA:		COORDENADAS UTM	
MUESTREO		NORTE:	Jequetepeque
PROFUNDIDAD:		ESTE:	Pacasmayo
CÓDIGO:		ELEVACIÓN:	La Libertad
PRECIPITACIÓN (si/no):		NAPA FREÁTICA (si/no):	
DATOS DE LA MUESTRA			
COLOR:		CONSISTENCIA:	
OLOR:		CANTIDAD:	
TEXTURA:		TRANSPORTE:	

Anexo 1.3 - Instrumento para análisis de muestras de agua

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO					
FECHA:		LUGAR:		CÓDIGO:	
PROPIEDAD	RESULTADOS	VALORES NORMALES NORDOM I			
ANÁLISIS FÍSICOS					
Olor:		Ausente			
Aspecto:		Transparente			
Color:		5 uds pb			
ANÁLISIS QUÍMICOS					
Ph:		7.0 - 8.5			
Conductividad:		400			
Turbidez:		10 NTU			
Total sólidos disueltos:		500			
Nitratos:		45			
Nitritos:		0.1			
Oxígeno disuelto:		Menos de 5.0 ppm			
Cloro residual total:		0.2 - 1.0			
EXÁMENES BACTERIOLÓGICOS					
Coliformes:		Ausente			

Fuente: Ministerio de salud.